Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
Kampus Kalijudan
Jl Kalijudan no. 37, Surabaya
Telp (031) 3893933 psw : 102
Email : psppi@ukwms.ac.id

ISSN 2987-677X

PROSIDING

Seminar Praktik Keinsinyuran IV 2024

Peran Insinyur Indonesia dalam Mewujudkan Indonesia 4.0

ISSN 2987-677X

PROSIDING

SEMINAR PROFESI KEINSINYURAN

Surabaya, 29 Juni 2024



SEMINAR PRAKTIK KEINSINYURAN IV

PERAN INSINYUR INDONESIA DALAM MEWUJUDKAN INDONESIA 4.0

 ISSN 2987-677X

PROSIDING SEMINAR PRAKTIK KEINSINYURAN IV
TEMA
PERAN INSINYUR INDONESIA DALAM MEWUJUDKAN INDONESIA 4.0

PENANGGUNG JAWAB

Ketua Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Dr. Ir. Ivan Gunawan, S.T., M.MT., CSCM., IPM., ASEAN Eng.

TIM REVIEWER

1. Ir. Lusia Permata Sari Hartanti, S.T., M.Eng., CIOMP., IPM., ASEAN Eng.

2. Ir. Andrew Joewono, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.

3. Ir. Hadi Santosa, M.M., IPM.

TIM EDITOR

1. Dra. Ir. Adriana Anteng Anggorowati, M.Si., IPU

2. Ir. Rasional Sitepu, M.Eng., IPU., ASEAN Eng.

3. Dr. Ir. Suratno Lourentius, MS., IPM.

PANITIA

Ketua : Ir. Hartono Pranjoto, M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.

Wakil Ketua : Ir. Andrew Joewono, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.

Sekretaris : Veronika Desi Adriarni, S.Sos.

Sie Acara:

1. Ir. Rasional Sitepu, M.Eng., IPU., ASEAN Eng.

2. Dra. Ir. Adriana Anteng Anggorowati, M.Si., IPU

3. Dr. Ir. Suratno Lourentius, MS., IPM.

KEYNOTE SPEAKER

Ir. Hartono Pranjoto, M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.

No. ISSN : 2987-677x

Penyelenggara : Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Tanggal : 29 Juni 2024

ISSN 2987-677X

PRAKATA TIM EDITOR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa. Prosiding yang berisi makalah-makalah yang dipresentasikan dalam Seminar Praktik Keinsinyuran IV dengan Tema: PERAN INSINYUR INDONESIA DALAM MEWUJUDKAN INDONESIA 4.0 telah selesai disusun. Editing makalah yang kami lakukan hanya sebatas pada tata tulis atau format penulisan di antaranya batas tepi, penomoran isi, penomoran halaman, penomoran tabel, penomoran gambar, spasi, font, dan kesalahan pengetikan. Kami tidak mengubah isi dari makalah, sehingga orisinalitas, pengambilan sumber referensi, dan seandainya ada plagiat atas karya orang lain merupakan tanggungjawab penulis yang bersangkutan. Semoga semua pihak dapat maklum atas proses panjang yang kami butuhkan. Kami ucapkan terima kasih atas segala bantuan baik moril maupun materiil selama proses editing prosiding Seminar Praktik Keinsinyuran hingga prosiding dapat diterbitkan. Kami juga mohon maaf apa apabila banyak kekurangan dalam editing Seminar Praktik Keinsinyuran ini. dapat diselesaikan, disusun, dan diterbitkan

Surabaya, 22 Juli 2024.

TIM EDITOR

 ISSN 2987-677X

SAMBUTAN KETUA PANITIA

Kami mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan Rahmat-Nya sehingga Seminar Praktik Keinsinyuran IV yang bertema: "PERAN INSINYUR INDONESIA DALAM MEWUJUDKAN INDONESIA 4.0" dapat terselenggara sesuai rencana. Seminar Praktik Keinsinyuran merupakan agenda wajib serta media publikasi dan diseminasi hasil-hasil praktik keinsinyuran dari calon insinyur dari Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Dengan bangga, kami menghadirkan keynote speaker yang sudah tidak diragukan lagi rekan jejak keinsinyurannya Ir. Hartono Pranjoto, M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng., ACPE. Beliau akan memberikan gambaran teknologi masa depan yang dapat mengubah peran Indonesia dalam rantai pasok dunia. Pada kesempatan ini, kami menyampaikan terima kasih kepada Dekan Fakultas Teknik beserta jajarannya yang telah memberikan dukungan penuh bagi terselenggaranya Seminar Praktik Keinsinyuran IV ini. Kami juga berterima kasih kepada keynote speaker, para pemakalah, seluruh panitia yang telah membantu dan berpartisipasi untuk kesuksesan pelaksanaan Seminar Praktik Keinsinyuran IV ini. Terima kasih sebesar-besarnya kepada seluruh peserta seminar yang sangat antusias untuk berpartisipasi dalam seminar ini. Atas nama panitia, kami menyampaikan permohonan maaf atas kekurangannya dalam pelaksanaan seminar ini. Selamat berseminar.

Surabaya, 29 Juni 2024
Ketua Panitia

 ISSN 2987-677X

SINOPSIS

Seminar Praktik Keinsinyuran merupakan kulminasi dari tiga mata kuliah wajib dalam kurikulum Program Studi Profesi Insinyur: Studi Kasus, Pemateri pada Seminar, Workshop, Diskusi, dan Praktik Keinsinyuran. Seminar Praktik Keinsinyuran IV ini mengangkat tema PERAN INSINYUR INDONESIA DALAM MEWUJUDKAN INDONESIA 4.0. Inisiatif *Making Indonesia 4.0 ini* merupakan strategi Indonesia untuk dapat bersaing dalam industri global. Konektivitas industri 4.0 melalui teknologi, informasi, dan komunikasi yang terintegrasi akan meningkatkan efisiensi dan kualitas produk industri manufaktur. Tujuan mulia tersebut membutuhkan dukungan dari para Insinyur yang bertugas merancang dan mengembangkan metode, teknik, atau alat untuk mempermudah kehidupan manusia. Perkembangan teknologi, informasi, dan komunikasi yang begitu pesat dewasa ini bagaikan dua sisi mata uang. Di satu sisi dapat mendukung *Roadmap Making Indonesia 4.0* dan di sisi lain dapat membawa dampak negatif seperti *fraud* dan *piracy*. Oleh karena itu, peran Insinyur menjadi semakin penting untuk mengendalikan pemanfaatan teknologi, informasi, dan komunikasi guna mendukung peningkatan efisiensi dan efektivitas dalam melakukan sesuatu melalui siklus penyempurnaan dan modifikasi.

 ISSN 2987-677x

DAFTAR ISI

DEWAN REDAKSI i
PRAKATA TIM EDITOR ii
SAMBUTAN KETUA PANITIA iii
SINOPSIS iv
DAFTAR ISI v
Pengembangan Inovasi Varian Minuman Sirup Mangrove 1-5
Upaya Pengolahan dan Pemanfaatan Air Limbah Domestik untuk Wilayah Zona Merah pada Industri Makanan 6-12
Metode Rule-Based untuk Sistem Sensor dalam Otomatisasi Penyortiran Jeruk Citrus 13-17
Pemanfaatan Limbah Padat Kopi sebagai Bahan Bakar Alternatif dalam Bentuk Ampas Kering, Briket dan Pupuk di PT Torabika Eka Semesta 18-22
Menurunkan Variance Raw Material Malkist Abon dari 7.08% menjadi 5.42% dengan Pembuatan Ruang Saur Abon Sistem HVAC 23-26
Pengembangan Peta Kendali untuk Memonitor Karakteristik Kualitas Produk Busan 1.000 Kg di PT Daesang Ingredients Indonesia 27-30
Analisis Total Productive Maintenance Mesin Niagara Filter dengan Metode Overall Equipment Effectiveness dan Failure Mode and Effect Analysis di PT A 31-35
Meningkatkan Efektivitas Filtrasi Membran RO dengan Menambahkan NaOH sebagai Pengatur Keasaman pada Air Umpan Proses Filtrasi dengan Unit RO pada PT X 36-39
Perbandingan Analisa FFA (Free Fatty Acid) dengan Reference Standard Method AOCS (American Oil Chemist Society) Ca 5a-40 dan Metode Analisa dengan Instruksi Kerja (Work Instruction) di Pabrik Minyak Kelapa Sawit 40-44
Pemeliharaan Kolam Pelabuhan Tanjung Perak – Surabaya 45-49
Pembangunan Pengendali Banjir Kali Kemuning Di Kabupaten Sampang Dari Sisi Geologi Tanah, Geografi, dan Masyarakat Sekitar 50-52
Study Kelayakan Pembangunan Biogas Plant Di Kecamatan Pujon Kabupaten Malang Jawa Timur 53-58
Unjuk Kerja Teknik Kriptografi Kombinasi Aes - Turbo Code Dengan Variasi Ukuran Frame 59-65
Metode Pemasangan Prefabricated Vertical Drain Underwater Sebagai Platform Penguat Lapisan Tanah Pembangunan Breakwater 66-69
Deformasi Plastis dan Heat Treatment Pasca Pengecoran Perunggu Timah Cu20Wt.%Sn terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis 70-74
Potensi Energi Listrik Pada Biomassa Terhadap Implementasi Variable Speed Drive Untuk Pompa Pengiriman Soft-Water 75-79
Peningkatan Kesesuaian Pengukuran Berat Bahan Baku Lime Stone Croarser melalui Kalibrasi Timbangan 80-85
Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan Digital Shoreline Analysis System (DSAS) di Pesisir Surabaya 86-89
Perencanaan Sistem Drainase Dan Penataan Utilitas Perkotaan Sebagai Upaya Penanggulangan Banjir 90-97

 ISSN 2987-677x

Konsultansi Managemen Konstruksi Pembangunan Rumah Khusus Akibat Bencana Badai Siklon Tropis Seroja di Kabupaten Lembata, Kabupaten Flores Timur, Kabupaten Alor, Kabupaten Kupang, Kabupaten Sumba Timur, dan Kota Kupang 98-104
Analisis Perbaikan Infrastruktur dan Maintenance Jalan Paving ROW80 Area JIIPE, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik 105-110
Metode dan Analisis Perhitungan Change Contract Order / Addendum Pada Pekerjaan Konstruksi Penambahan Infrastruktur RSUP dr. Ben Mboi Kupang Nusa Tenggara Timur 111-118
Manajemen Risiko Bidang Pengembangan Akademik sebagai Upaya Penguatan Tata Kelola Perguruan Tinggi yang Berkelanjutan 119-123
Rancang Bangun Inflatable Vest Sebagai Alat Terapi Deep Pressure Untuk Penyandang Autisme 124-127
Studi Eksperimental Torsi Pada Roda Gigi Polimer Menggunakan Additive Manufacturing 128-132
Aplikasi Metode Modified KNearest Neighbour (MKNN) pada Klasifikasi Data Balita Stunting 133-136
Analisis Perbaikan Gearbox Hoist Crane (CC-05) dengan Pendekatan Benefit-Cost Ratio 137-143
Penentuan Rute Terpendek Pada PT. Sukses Expamet dengan Menggunakan Algoritma Modifikasi Clarke and Wright Savings 144-148
Pemecahan Masalah Tata Letak Mesin Banyak Baris dengan Fuzzy Interflow menggunakan Algoritma Genetika 149-151
Optimalisasi Jalur Pengiriman Batubara Menggunakan Algoritma Dijkstra (Studi Kasus: PT Mitra Alam Persada) 152-155
Analisis Material Waste Pekerjaan Konstruksi dan Pembongkaran di kota Surabaya ... 156-159
Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Konstruksi dengan Metode FTA Pada CV. X 160-16
Pengaruh Filler terhadap Kekuatan Sambungan Las Tig pada Baja Stainless 165-169
Pekerjaan Flat Floor Proyek Perluasan Fasilitas Baru Pabrik Obat Erela - Salatiga 170-173
Manajemen Konstruksi Pembangunan Sarana Prasarana Pendukung Pos Lintas Batas Negara (PLBN) Terpadu Napan 174-179
Metode Pemasangan Angkur Sistem Jepit dengan Double Mal pada Pekerjaan Struktur Baja 180-184
Komparasi Durasi Pelaksanaan Desain Pilar Jembatan dengan Pondasi Di Bawah Air Terhadap Design Pilar Jembatan Dengan Pondasi Pilar Di Atas Air 185-188
Solusi Inovatif untuk Meningkatkan Akses Air Bersih di Desa Terpencil: Studi Kasus di Pulau Flores 189-193
Penanganan Permukiman Kumuh dan Peluang Adaptasi Resilient Housing Masyarakat Pesisir Maumere Kab. Sikka 194-198
Penentuan Position Error Menggunakan Teknik Uji Terbang GPS Horseshoe Heading dan Groundspeed Track pada Pesawat CN-235 MPA 199-203

 ISSN 2987-677x

Peningkatan Efisiensi Proses Etching pada Produksi Chip DRAM Menggunakan Gas COS/O2: Studi Kasus Pengendalian Critical Dimension 204-207
Sistem Back Up PLN ATS AMF Menggunakan Genset 75Kw 208-211
Sensor Ultrasonik sebagai Sistem Pengendali Aliran Air pada Depo Air 212-216
Rekonfigurasi Single Busbar menjadi Double Busbar GI 150 kV Bulukandang untuk Meningkatkan Kehandalan Sistem 217-220
Analisis Peningkatan Kualitas Daya Listrik melalui Implementasi Active Harmonic Filter (AHF) dan Static Var Generator (SVG) 221-226
Desain Alat Penyiraman Jamur Tiram Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Mempertimbangkan Aspek K3L 227-231
Pemanfaatan Udara Panas Buang Ruang Trafo dan Kompressor sebagai Energi Baru Terbarukan Sumber Daya Listrik bagi Penerangan dengan Kemampuan 1000Watt 232-236
Pengaruh Kecepatan Angin di Inlet Terhadap Distribusi Udara di Dalam Kandang Pada Hasil Produksi Pemeliharaan Ayam Broiler 237-240
The Overview Literature Review on Competence-Based Education in The Industrial Engineering Using PRISMA 2020 241-246
Sistem Irigasi Sprinkle untuk Pertanian Lahan Sawi dengan Menggunakan Tenaga Surya 247-254
Implementasi Teknis dan Sosial pada Pelaksanaan Pembangunan Rumah Pompa dan Saluran Kebonsari Surabaya 255-261
Walrus Optimizer untuk Perencanaan Menu Makanan Ibu Hamil 262-266
Analisis Perilaku Masyarakat Membangun Terhadap Garis Sempadan Bangunan Pada Kawasan Perumahan Sawojajar 267-274
Peningkatan Kualitas Infrastruktur Pendukung Ketahanan Pangan Dan Wisata Desa Di Desa Gedangan Kecamatan Karangrejo Kabupaten Tulungagung 275-281
Analisis Manajemen Resiko Proyek Penataan Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (Kspn) Bromo Tengger Semeru Ngadisari Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo 282-289
Analisa Kelayakan Investasi 290-292
Strategi Efektif dalam Penanganan dan Pemeliharaan Komponen di Industrial Pulp PT X Kalimantan Utara 293-296

ISSN 2987-677X

Pengembangan Inovasi Varian Minuman Sirup Mangrove

Ivy Dian Puspitasari Prabowo[1], Tarsisius Dwi Wibawa Budianta[2]

[1]Program Studi Seni Kuliner, Akademi Sages

[2]Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ ivy.prabowo@sages.ac.id

Tren inovasi sirup menjadi minuman kekinian memberikan peluang baru. Penelitian ini mengeksplorasi dampak inovasi varian minuman terhadap penjualan sirup mangrove dengan fokus pada aspek organoleptik. Metode penelitian ini secara kuatitatif dengan mengumpulan data uji kesukaan organoleptik rasa dan uji pembanding kontol (sirup mangroove) dan minuman kekinian dari sirup mangrove. Inovasi minuman mangrove dapat dijadikan menjadi (1)*Mangrove Milk Tea,* (2)Teh Telang Mangrove, dan (3)*Squash* Mangrove. Hasil uji organoleptik rasa *mangrove milk tea* memiliki skor nilai 4,32 (suka), teh telang mangrove 3,90 (suka), dan *Squash* Telang 4,76 (sangat suka). Hasil uji pembanding 83,3% panelis lebih memilih *mangrove milk tea,* 76,7% panelis lebih menyukai teh telang mangrove, dan 93,3% panelis lebih menyukai *Squash* telang dibandingkan dengan rasa original dari sirup mangrove. Kesimpulan dari penelitian ini adalah inovasi varian minuman sirup mangrove sangat diperlukan untuk mengembangkan nilai jual dan minat konsumen.

Kata kunci: Inovasi Produk, Mangrove, Minuman, Organoleptik

Pendahuluan

Mangrove adalah sebuah konsep baru dalam industri minuman yang memadukan keunikan ekologi dan cita rasa alami dari hutan bakau dengan kebutuhan akan minuman yang sehat dan berkesan bagi konsumen. Berbeda dengan minuman konvensional lainnya, mangrove tidak hanya menawarkan rasa yang menyegarkan, tetapi juga mengusung pesan konservasi dan keberlanjutan lingkungan. Dengan memanfaatkan bahan baku alami yang berasal dari hutan bakau, industri mangrove tidak hanya menciptakan produk minuman yang berbeda dan menarik bagi konsumen, tetapi juga dapat berpotensi untuk menjadi alat penting dalam mendukung upaya konservasi dan restorasi hutan bakau. Kawasan hutan bakau di Indonesia mencapai 8.600.000 hektar (Gunarto, 2004). Kawasan hutan mangrove di Wonorejo Surabaya memiliki luas 200 hektar.

Pemanfaatan mangrove menjadi sirup pernah dipublikasikan oleh(Ramses et al., 2018; Sentoso et al., 2021; Tian & Tolangara, 2023; Trisbiantoro et al., 2019) Diana et al., 2022); Handayani, 2018). Penjualan sirup mangrove adalah bagian penting dari industri minuman lokal di wilayah pesisir yang kaya akan mangrove. Tradisionalnya, sirup sering dianggap sebagai bahan dasar untuk membuat minuman dengan mencampurkannya dengan air. Namun, dengan berkembangnya tren gaya hidup sehat dan semakin kompleksnya selera konsumen, industri minuman telah menghadirkan berbagai inovasi untuk mengubah citra sirup dari sekadar bahan dasar menjadi minuman yang lebih menarik dan menarik.

Meskipun memiliki potensi yang besar, penjualan sirup mangrove seringkali mengalami tantangan dalam meraih pasar yang lebih luas. Salah satu strategi yang dapat digunakan untuk meningkatkan penjualan sirup mangrove adalah melalui inovasi varian produk menjadi varian minuman kekinian. Industri minuman terus mengalami evolusi yang signifikan, terutama dalam hal inovasi produk untuk menyesuaikan dengan tren konsumen dan permintaan pasar yang terus berubah. Salah satu inovasi yang menarik dalam industri minuman adalah transformasi sirup menjadi minuman kekinian yang memikat pasar dengan rasa unik.

Mangrove memiliki sifat biokimia mangrove yang unik, perusahaan minuman dapat menciptakan varian minuman yang menawarkan beragam rasa dan manfaat kesehatan (Handayani, 2018; Patra & Thatoi, 2011). Inovasi sirup menjadi minuman kekinian mencakup berbagai aspek, termasuk pengembangan rasa baru yang unik, penggunaan bahan-bahan alami dan organik, serta penambahan nilai fungsional seperti kandungan nutrisi tambahan atau efek kesehatan yang ditingkatkan. Buah mangrove mengandung 73,7% air, lemak 1,2%, protein 23,5%, dan kadar abu 0,3% (Prabowo, 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk menjelajahi potensi dan dampak inovasi varian minuman terhadap meningkatan penjualan sirup mangrove yang didalami dari segi organoleptik. Dengan memahami peran inovasi varian minuman, diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih baik bagi produsen sirup mangrove dalam mengembangkan produk. Produk-produk yang

 ISSN 2987-677X

berasal dari mangrove memiliki prospek penjualan dan keuntungan yang tinggi (Pandiangan et al., 2022)

Metode

Penelitian dilakukan dengan pengambilan sample Sirup mangrove yang didapatkan dari salah satu UMKM sirup Mangrove Wonorejo. Sirup mangrove tersebut dilakukan pengembangan inovasi varian minuman. Selanjtunya dilakukan pengumpulan data secara kuatitatif organoleptik rasa yang diujikan kepada 30 panelis tidak terlatih dengan rentan usia 18-25 tahun. Panelis diminta untuk memberikan penilaian nilai rasa terhadap inovasi minuman kekinian dari mangrove dengan nilai 1-5 (sangat tidak suka – sangat suka), selanjutnya panelis juga diminta untuk memberikan penilaian *paired comparison test* (uji pembanding) panelis diminta untuk memilih manakah yang lebih disukai minuman dari sirup mangrove (kontrol) atau minuman yang telah diinovasi.

Hasil Kerja

Mangrove milk Tea



Gambar 1 Mangrove Milk Tea

Varian menu yang pertama adalah Mangrove Milk Tea yang terbuat dari 30mL sirup mangrove, 30 mL skim kental manis, 200mL susu, 250mL teh, dan cincau potong sebagai tambahan. Cara pembuatan menu Mangrove milk tea ini adalah dengan mencampurkan semua bahan, diaduk hingga rata, dan terakhir ditambahkan es batu.

Varian menu Mengrove Milk Tea memiliki rasa yang *creamy* berasal dari susu dan skim kental manis yang digunakan. Rasa asam dari buah mangrove tertutupi juga oleh manisnya skim kental manis dan sirup mangrove itu sendiri. Aroma yang timbul adalah aroma susu dan aroma wangi dari teh, sehingga aroma asli dari buah mangrove juga tertutupi.

Teh Telang Mangrove



Gambar 2 Teh Telang Mangrove

Varian menu yang kedua adalah Teh Telang Mangrove yang terbuat dari 40mL sirup mangrove, 10mL sirup mangrove tanpa gula, 200mL teh bunga telang. Cara pembuatan menu Teh Telang ini adalah dengan mencampurkan semua bahan dan terakhir ditambahkan es batu.

Varian menu Teh Telang Mangrove memiliki penampilan yang menarik yaitu warna biru dari bunga telang dan dapat berubah warna menjadi ungu akibat adanya asam. Asam yang digunakan dalam pembuatan

 ISSN 2987-677X

minuman ini yaitu dengan menggunakan sirup mangrove tanpa gula. Mangrove memiliki rasa yang asam dengan aroma yang khas (Abubakar et al., n.d.; Harun et al., 2015). Rasa dan aroma Teh Telang mangrove seperti sirup mangrove karena teh bunga telang tidak memiliki rasa (hambar) dan tidak memiliki aroma yang khas (Marpaung, 2020).

Squash Mangrove

Gambar 3 Squash Mangrove

Varian menu yang ketiga adalah Squash



Mangrove yang terbuat dari 30mL sirup mangrove, 20 mL sirup mangrove tanpa gula, 100mL teh, 100mL soda dengan rasa jeruk nipis, dan biji selasih sebagai tambahan. Cara pembuatan menu Squash Mangrove ini adalah dengan mencampurkan semua bahan, diaduk hingga rata, dan terakhir ditambahkan es batu.

Varian menu Squash Mangrove memiliki rasa yang segar karena ada sensasi dari soda dan asam dari mangrove (Abubakar et al., n.d.; Harun et al., 2015). Aroma yang timbul adalah perpaduan aroma teh dan jeruk nipis dari soda.

Uji Organoleptik

Uji organoleptik ini dilakukan dengan menggunakan metode hedonik untuk menunjukan nilai kesukaan konsumen terhadap rasa varian minuman dari sirup mangrove. Penilaian organoleptik memberikan gambaran tentang bagaimana produk dinilai oleh panelis atau konsumen. Hasil rata-rata kesukaan konsumen terhadap rasa varian minuman dari sirup mangrove dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Rata-rata Nilai Organoleptik

Varian menu	Rata-rata Kesukaan	Keterangan
Sirup mangrove yang dicairkan (Kontrol)	3,87	Suka
Mangrove *Milk Tea*	4,32	Suka
Teh Telang mangrove	3,90	Suka
Squash Mangrove	4,76	Sangat Suka

Hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa rasa Squash Mangrove mendapat skor tertinggi dengan nilai 4,76 (sangat disukai), diikuti oleh Mangrove *Milk Tea* dengan nilai 4,32 (suka), dan Teh Telang Mangrove dengan nilai 3,90 (suka). Hal ini menunjukkan bahwa Squash Telang memiliki penerimaan terbaik dari panelis, diikuti oleh Mangrove Milk Tea, dan Teh Telang Mangrove. Hasil uji organoleptik terhadap kontrol yaitu sirup mangrove yang dilarutkan memiliki nilai 3,87 atau tidak beda nyata dengan varian Teh Telang Mangrove (3,90). Rasa dan aroma Teh Telang mangrove tidak berbeda dengan rasa sirup mangrove yang dilarutkan air karena teh bunga telang tidak memiliki rasa (hambar) dan tidak memiliki aroma yang khas. Sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan Marpaung (2020) bahwa Bunga telang tidak memiliki bau.

Ketiga varian memilki nilai organoleptik kesukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol atau dapat disimpulkan bahwa panelis lebih menyukai sirup mangrove divariasikan dibandingkan dengan hanya dilarutkan air saja. Hal tersebut dibuktikan dengan pengujian uji pembanding (*paired comparison test*) pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Uji Pembanding

Varian menu	Jumlah panelis yang lebih memilih varian minuman dibanding kontrol	Presentase
Mangrove *Milk Tea*	25	83,3%
Teh Telang mangrove	22	76,7%
Squash Mangrove	28	93,3%

Pada uji pembanding ini panelis diminta untuk memilih produk manakah yang lebih disukai. Pada uji ini menggunakan pembaning kontrol yaitu sirup mangrove yang dilarutkan dengan air. Hasil uji pembanding menunjukkan bahwa 83,3% panelis lebih memilih Mangrove *Milk Tea,* 76,7% lebih menyukai Teh Telang Mangrove, dan

 ISSN 2987-677X

93,3% lebih menyukai *Squash* Mangrove dibandingkan dengan rasa original dari sirup mangrove. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga variasi produk yang diuji berhasil menghasilkan minuman yang lebih disukai oleh sebagian besar panelis dibandingkan dengan rasa original dari sirup mangrove.

Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa inovasi varian minuman mangrove, terutama *Squash* Telang, telah berhasil meningkatkan penerimaan konsumen terhadap produk tersebut. Skor nilai organoleptik yang tinggi dan persentase panelis yang lebih memilih varian minuman mangrove daripada rasa original menunjukkan bahwa inovasi tersebut berhasil menciptakan minuman yang lebih menarik dan diminati oleh pasar. Hal ini memperkuat pentingnya pengembangan inovasi varian minuman dalam industri minuman, terutama dalam memenuhi selera konsumen yang terus berubah dan meningkatkan daya saing produk (Rohmani et al., 2018).

Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa inovasi varian minuman sirup mangrove sangat diperlukan untuk mengembangkan minat konsumen. Perlu dilakukan penelitian-penlitian lebih lanjut untuk membantu meningkatkan penjualan UMKM dengan meningkan variasi menu.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada orang-orang berperan penting yang membantu dalam proyek penulis dan kepada UMKM Sirup Mangrove Wonorejo Surabaya.

Referensi

Abubakar, S., Abdul Kadir, M., Abubakar, Y., Hi Kader, I., Labenua, R., Tyas Asrining Pertiwi, R., Ahmad, A., Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Kelautan, P., & Khairun Ternate Penulis Korespodensi, U. (n.d.). *PEMBERDAYAAN MASYARAKAT MELALUI PENGOLAHAN BUAH MANGROVE DAU (Bruguiera gymnorrhiza) SEBAGAI KUE KERING GOOD TIME DAN SELAI DAU DI PULAU MAITARA DESA MAITARA UTARA KOTA TIDORE KEPULAUAN* (Vol. 1).

Diana, R., Ma tius, P., Rantika Meilani, C., Handayani Hardi, E., Retno Susmiyati, H., Puspita Palupi, N., Penajam Kampus Gunung Kelua, J., & Timur, K. (2022). *Pemanfaatan Jenis-Jenis Mangrove Sebagai Produk Makanan Olahan Di Muara Badak Ulu, Kutai Kartanegara*. *1*(1), 47–51. https://doi.org/10.32522/abdiku.v1i1

Gunarto. (2004). Konservasi Mangrove Sebagai Pendukung Sumber Hayati. *Perikanan Pantai. Jurnal Litbang Pertanian*, *23*(1), 15–21.

Handayani, S. (2018). Identification of Mangrove Plant Types as Alternative Food Materials in Sidoarjo District East Java. *Jurnal Teknologi Pangan*, *12*(2), 33.

Harun, N., Efendi, R., Studi Teknologi Hasil Pertanian, P., & Teknologi Pertanian, J. (2015). THE EVALUATION Of DODOL QUALITY BASED ON STICKY RICE FLOUR AND PEDADA FRUIT(Sonneratia caseolaris). In *Jom Faperta* (Vol. 2, Issue 2).

Marpaung, A. M. (2020). Tinjauan manfaat bunga telang (clitoria ternatea l.) bagi kesehatan manusia. *Journal of Functional Food and Nutraceutical*, *1*(2), 63–85. https://doi.org/10.33555/jffn.v1i2.30

Pandiangan, D., Nainggolan, N., Nainggolan, E. A., Taghulihi, Y., Putri, V., Nainggolan, G., Suyono, E., Korespondensi, P., Fmipa, B., Sam, U., & Manado, R. (2022). PKM Ibu-Ibu PKK Desa Palaes Minahasa Utara Untuk Pemanfaatan Daun atau Bunga Mangrove sebagai Minuman Fungsional. *Jurnal Perempuan Dan Anak Indonesia*, *4*(1), 16–25. https://doi.org/10.35801/jpai.4.1.2022.43568

Patra, J. K., & Thatoi, H. N. (2011). Metabolic diversity and bioactivity screening of mangrove plants: A review. In *Acta Physiologiae Plantarum* (Vol. 33, Issue 4, pp. 1051–1061). https://doi.org/10.1007/s11738-010-0667-7

Prabowo, R. E. (2015). *PROSIDING SEMINAR NASIONAL MULTI DISIPLIN ILMU & CALL FOR PAPERS UNISBANK (SENDI_U) Kajian Multi Disiplin Ilmu untuk Mewujudkan Poros Maritim dalam Pembangunan Ekonomi Berbasis Kesejahteraan Rakyat PELUANG BISNIS KULINER BUAH MANGROVE*.

Ramses, Ashari, E., & Ramdani. (2018). INOVASI MINUMAN DAN PANGANAN BERBAHAN BAKU BIDARA LAUT (XIMENIA AMERICANA) DAN MANGROVE DARI PESISIR KOTA BATAM. *Pengabdian Kepada Masyarakat*, *2*(Desember), 197–204.

Rohmani, S., Yugatama, A., & Prihapsara, F. (2018). *Inovasi Minuman Sehat Berbahan Kedelai dalam Upaya Pemberdayaan Masyarakat melalui Wirausaha di Kabupaten Sukoharjo (Innovations Healthy Drinks in Source of Soybean in Community Empowerment through Entrepreneurship in Sukoharjo District)*. *4*(1).

Sentoso, S. M., Christy Ardi, A., Ayu Rahmasari, N., Artha Millenia, R., Arnold Christian Bangun, J., Diska Puspasari, A., Putri Ninda Budi, N., Wangsa Putra, R.,

 ISSN 2987-677X

Widi Jovenski, T., Dampi, A., Atma Jaya Yogyakarta, U., Babarsari No, J., Depok, K., Sleman, K., & Istimewa Yogyakarta, D. (2021). Pemanfaatan Buah Mangrove menjadi Olahan Makanan/Minuman di Desa Jangkaran, Kulon Progo. In *Jurnal Atma Inovasia (JAI)* (Vol. 1, Issue 1).

Tian, A., & Tolangara, A. (2023). Tian dkk (2023) UJI KANDUNGAN SENYAWA DAN ORGANOLEPTIK BUAH MANGROVE UNTUK DIJADIKAN SIRUP DAN MINUMAN SERBUK MANGROVE. *Jurnal Bioedukasi*, *6*(1).

Trisbiantoro, D., Kusyairi, A., & Madyowati, S. O. (2019). PENINGKATAN EKONOMI KREATIF DENGAN BAHAN DASAR BUAH MANGROVE MENJADI MINUMAN DAN MAKANAN KHAS DI DESA BANYUURIP, KECAMATAN UJUNG PANGKAH KABUPATEN GRESIK. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, *4*(2), 93–97. http://jurnal.untag-sby.ac.id/index.php/jpm17

ISSN 2987-677X

Upaya pengolahan dan pemanfaatan air limbah domestik untuk wilayah zona merah pada industri makanan

Emroni Kurniawan[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ emroni.kurniawan@mayora.co.id

Air limbah merupakan sisa air yang dibuang pada umumnya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta menggangu lingkungan. Suatu industri juga menghasilkan air limbah domestik yang dapat mencemari lingkungan. Air limbah domestik dilakukan pemanfaatan atau *recycle* melalui fasilitas *Sewage Treatment Plant* (STP) dengan proses biologi yang mampu *meremoval* parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD); *Biochemical Oxygen Demand* (BOD); *Total Suspended Solid* (TSS); Minyak & Lemak; Total Coliform; pH; dan Klorin Residual sebesar 80 mg/L; 12 mg/L ;30 mg/L; 0 mg/L; 200 MPN/100 mL; 6-9 dan < 1 mg/L. Pemanfaatan atau *Recycle* air limbah digunakan untuk kegiatan penyiraman tanaman dan jalan, pendinginan atap dan *Flushing* toilet.

Kata kunci: Air limbah, *Recycle*, *Sewage Treatment Plant* (STP)

Pendahuluan

Air limbah merupakan sisa air yang dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya, dan pada umumnya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta menggangu lingkungan. Limbah industri bersumber dari kegiatan industri baik karena proses secara langsung maupun proses secara tidak langsung. Limbah harus dikelola dengan alasan lingkungan, bahwa limbah dapat (berpotensi) mencemari lingkungan kehidupan manusia. Limbah yang dihasilkan harus memenuhi standar baku mutu limbah dan sesuai dengan baku mutu lingkungan yang berlaku bagi kondisi lingkungan dimana kegiatan industri sedang berlangsung. Karena itu setiap parameter harus tersedia nilainya sebelum masuk sistem pengolahan dan setelah limbah keluar sistem pengolahan harus diterapkan nilai-nilai parameter kunci yang harus dicapai.

Pengelolaan air limbah dapat dilakukan dengan cara pengolahan dan pemanfaatan. Pengolahan air limbah domestik pada industri umumnya tidak dikendalikan secara optimal dan bahkan bisa lebih mencemari lingkungan dari pada air limbah hasil produksi. Namun, industri Makanan Ringan tetap berupaya mengolah air limbah domestiknya dengan teknologi STP yang selanjutnya dimanfaatkan 100% untuk kegiatan penyiraman tanaman dan jalan, pendinginan atap dan *Flushing* toilet. Melalui pengolahan STP tersebut, maka didapatkan hasil air olahan yang telah memenuhi baku mutu yang kemudian dimanfaatkan sehingga akan menghemat pemakaian air bersih bagi industri. Selain itu, upaya pengolahan dan pemanfaatan ini juga ditegaskan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK) No. 5 Tahun 2021 melalui penyusunan dokumen untuk Persetujuan Teknis Pembuangan dan/atau Pemanfaatan Air Limbah, sehingga setiap industri harus mengolah air limbahnya baik air limbah hasil produksi maupun domestik dan menuangkan detail informasi tersebut ke dalam kajian teknis atau standar teknis (Kementerian LHK RI 2021). Selain untuk mengurangi pencemaran air limbah pada badan air dan pengelolaan lingkungan, upaya pengolahan dan pemanfaatan air limbah industri juga dilakukan untuk menciptakan pembangunan berkelanjutan dan berwawasan lingkungan sesuai dengan (*Sustainable Development Goal*) SDG's 2030.

PT. M dan PT. K adalah Perusahaan yang bergerak dalam produksi makanan ringan berupa *wafer, chocolate, cocoa powder, cocoa liquor, cocoa butter, malt powder, mungbean powder* dan suklat. Air limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri makanan ini berupa air limbah produksi dan air limbah domestik. Air limbah dari kegiatan domestic 173,49 m^3. Air limbah domestik sudah ada yang diolah menggunakan instalasi pengolahan air limbah domestik maupun Biotenk namun sebagian lagi belum dilakukan pengolahan. PT. M dan PT. K terletak didaerah zona merah yaitu daerah yang tidak memungkinkan untuk membuang air limbah ke sungai, sehingga air limbah yang dihasilkan dilakukan pemanfaatan atau *recycle* untuk kegiatan penyiraman tanaman dan jalan, pendinginan atap dan *Flushing* toilet. Pengolahan air limbah yang dilakukan oleh perusahaan merupakan suatu bentuk respon terhadap kebijakan pembangunan nasional yang berwawasan lingkungan yang tertuang dalam peraturan perundangan.

Tujuan penelitian ini adalah memberikan alternatif solusi terhadap industri yang berlokasi di zona merah dalam pembuangan air limbah industri makanan melalui pemanfaatan air limbah.

Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis kuantitatif disertai deskriptif dan perhitungan sederhana berdasarkan data primer dari industri makanan. Teknik pengumpulan data dilakukan secara trianggulasi (gabungan) dari perolehan data primer, survey lapangan, dan studi pustaka.

Data tersebut meliputi data pemakaian air, hasil uji air eksternal, dan jumlah karyawan.

 ISSN 2987-677X

Fokus penelitian diperuntukkan untuk upaya pengelolaan lingkungan dengan pemanfaatan air limbah kembali.

Persamaan yang digunakan adalah untuk perhitungan kebutuhan air bersih, timbulan air limbah domestik, dan timbulan *sludge* hasil olahan STP adalah sebagai berikut :

1. Kebutuhan Air Bersih Domestik
   Debit $(Q)Domestik = Ax\ B$ .....(1)
   Keterangan:
   A = Jumlah orang (karyawan)
   B = Kebutuhan air bersih per orang

   kebutuhan air bersih per orang = 20 – 40 L/orang (Kementerian PUPR, 2007)

2. Kebutuhan Air Bersih Non-Domestik
   $Q\ non\ Domestik = C\ x\ D$ .....(2)
   Keterangan :
   C = Jumlah peruntukan unit
   D = Kebutuhan per unit (*disesuaikan dengan fasilitas non-domestik*) berdasarkan Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya PU, 1996

3. Perhitungan Timbulan Air Limbah
   $\boldsymbol{Q = 80\%\ x\ B}$ .....(3)
   Keterangan:

   Presentase air limbah rata-rata sebesar 70 – 80% dari penggunaan air bersih (Pratiwi & Purwati, 2015)

Hasil Dan Pembahasan

Adanya kegiatan industri makanan dan perdagangan besar (distributor) tidak lepas dari adanya timbulan limbah yang dihasilkan. Air limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri makanan ini berupa air limbah produksi dan air limbah domestik. Kedua air limbah tersebut diolah secara terpisah, yaitu pengolahan dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk air limbah hasil produksi dan STP untuk air limbah domestik.

A. Kebutuhan Air Bersih & Usaha dan/atau Kegiatan yang Berpotensi Menghasilkan Air Limbah Domestik

Operasional Industri makanan untuk proses produksi berlangsung selama 24 jam, sedangkan untuk kegiatan perkantoran berlangsung selama 8 jam (pukul 08.00 WIB – 16.00 WIB) dengan 1 jam waktu istirahat selama 6 hari dalam seminggu.

Penggunaan air bersih untuk kegiatan domestik karyawan dan penunjang lainnya bersumber dari *Deep Weel* (air sumur) dan Perusahaan Dalam Air Minum (PDAM), total kebutuhan air bersih sebesar 332,11 m^3/hari. Air limbah hasil pengolahan limbah akan dilakukan pemanfaatan yang utama akan dimanfaatkan untuk penyiraman Ruang Terbuka Hijau (RTH), utilitas mesin produksi seperti *Wetscrubber*, *Flushing* toilet, *cleaning* area dan pendinginan atap. Estimasi penggunaan air bersih untuk kegiatan domestik karyawan dan penunjang lainnya disajikan dalam **Tabel 1** berikut.

Tabel 1. Kebutuhan Air Bersih dan Timbulan Limbah Domestik

No	Unit Kegiatan	Jumlah	Penggunaan Air	Total Kebutuhan (m^3/hari)	Jenis penggunaan (m^3/hari)	Air Limbah yang dihasilkan (m^3/hari)	Dialirkan ke IPAL Domestik (m^3/hari)
Plant Wafer							
1	Karyawan	2.475 Orang	Pemakaian = 50 L/orang/hari $\frac{50\frac{L}{orang}}{hari} \times 2.475\ orang \times \frac{1\ m^3}{1000\ L} = 123{,}75\ {}^{m^3}/_{hari}$	123,75	MCK	99	99
2	Mushollah	42 Orang	Pemakaian = 5 L/orang/hari $\frac{5\frac{L}{orang}}{hari} \times 42\ orang \times \frac{1\ m^3}{1000\ L} = {}^{m^3}/_{hari}$	0,21	Wudhu	0,16	0,16
3	Masjid	300 Orang	Pemakaian = 5 L/orang/hari $\frac{5\frac{L}{orang}}{hari} \times 300\ orang \times \frac{1\ m^3}{1000\ L} = {}^{m^3}/_{hari}$	1,5	Wudhu	1,2	1,2
4	Kantin	152 orang	Pemakaian = 15 L/orang/hari $\frac{15\frac{L}{orang}}{hari} \times 152\ orang \times \frac{1\ m^3}{1000\ L} = 123{,}75\ {}^{m^3}/_{hari}$	2,28	Cuci tangan	1,82	1,82
5	Laboratorium	15 orang	*Asumsi pemakaian air untuk cuci tangan 0,22 m^3/hari	0,22	Cuci tangan	0,18	0,18
6	Boiler	1 unit Kapasitas 5 ton/jam	-	44	Sebagai utilitas produksi	1	1
7	Incinerator	1 unit Kapasitas 100 kg/jam	-	5	Sebagai utilitas produksi	5	5
			Jumlah	176,96		108,36	

 ISSN 2987-677X

Tabel 1. Lanjutan

No	Unit Kegiatan	Jumlah	Penggunaan Air	Total Kebutuhan (m^3/hari)	Jenis penggunaan (m^3/hari)	Air Limbah yang dihasilkan (m^3/hari)	Dialirkan ke IPAL Domestik (m^3/hari)
Utilitas							
1	WTP, Cooling tower, dan chiller Plant Wafer (Backwash)	Utilitas	-	**19**	Pencucian peralatan	**1,5**	**1,5**
2	WTP Cooling tower, dan chiller Plant Cokelat (Backwash)	Utilitas	-	**19**	Pencucian peralatan	**1,5**	**1,5**
			Jumlah	38		3	
Plant Cokelat							
1	Karyawan	1.216 Orang	Pemakaian = 50 L/orang/hari $\frac{50\frac{L}{orang}}{hari} \times 1.216\ orang \times \frac{1\ m^3}{1000\ L} = 123{,}75\ {}^{m^3}/_{hari}$	60,8	MCK	48,64	48,64
2	Musholla h	50 Orang	Pemakaian = 5 L/orang/hari $\frac{5\frac{L}{orang}}{hari} \times 50\ orang \times \frac{1\ m^3}{1000\ L} = {}^{m^3}/_{hari}$	0,25	Wudhu	0,2	0,2
3	Masjid	250 Orang	Pemakaian = 5 L/orang/hari $\frac{5\frac{L}{orang}}{hari} \times 250\ orang \times \frac{1\ m^3}{1000\ L} = {}^{m^3}/_{hari}$	1,25	Wudhu	1	1
4	Kantin	120 Orang	Pemakaian = 15 L/orang/hari $\frac{15\frac{L}{orang}}{hari} \times 120\ orang \times \frac{1\ m^3}{1000\ L} = 123{,}75\ {}^{m^3}/_{hari}$	1,80	Cuci tangan	1,44	1,44
5	Laboratorium	7 Orang	*Asumsi pemakaian air untuk cuci tangan 0,10 m^3/hari	0,10	Cuci tangan	0,08	0,08
6	Boiler 1	1 unit Kapasitas 4 ton/jam	-	42	Sebagai utilitas produksi	1	1
8	Incinerator	1 unit Kapasitas 200 kg/jam	-	5	Sebagai utilitas produksi	5	5
			Jumlah	111,2		57,36	
Plant Kakao							
1	Karyawan	116 Orang	Pemakaian = 50 L/orang/hari $\frac{50\frac{L}{orang}}{hari} \times 116\ orang \times \frac{1\ m^3}{1000\ L} = 123{,}75\ {}^{m^3}/_{hari}$	5,8	MCK	4,64	4,64
2	Musholla h	5 Orang	Pemakaian = 5 L/orang/hari $\frac{5\frac{L}{orang}}{hari} \times 5\ orang \times \frac{1\ m^3}{1000\ L} = {}^{m^3}/_{hari}$	0,07	Wudhu	0,06	0,06
3	Laboratorium	6 Orang	*Asumsi pemakaian air untuk cuci tangan 0,09 m^3/hari	0,09	Cuci tangan	0,07	0,07
			Jumlah	5,96		4,77	
			Total	**332,12**		**173,49**	

 ISSN 2987-677X

B. Karakteristik Air Limbah Domestik Industri Makanan

Parameter karakteristik inlet dan target baku mutu air limbah domestik dari kegiatan operasional mengacu pada Permen LHK No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik dan dari kegiatan utilitas seperti boiler dengan penambahan parameter Cu, Fe dan Zn yang mengacu pada permen LH No. 8 Tahun 2009 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Termal. Berikut rincian karakteristik air limbah domestik tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2**. sebagai berikut:

Tabel 2. Karakteristik Air Limbah Domestik

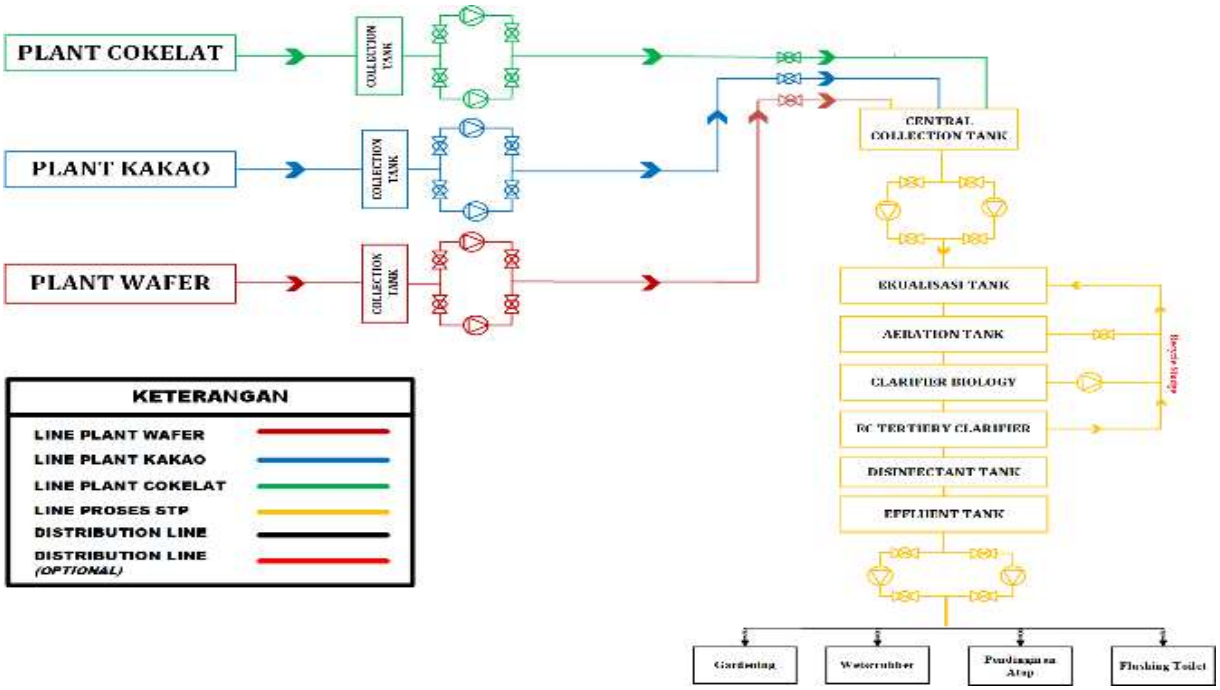
No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Inlet	Outlet
1.	pH	-	6-9	6,7	6,5
2.	BOD	mg/l	30	51	9
3.	COD	mg/l	100	142	31
4.	TSS	mg/l	30	84	13
5.	Amoniak	mg/l	5	1	<0,2
6.	Total coliform	MPN/100 ml	3000	24000	1600
7	Tembaga (Cu)**	mg/L	10	0,04	0,01
8	Besi (Fe)**	mg/L	3	6	1
9	Seng (Zn)**	mg/L	1	0,8	0,08

**Baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah No. Permen LHK No. 68 Tahun 2016*
***Baku mutu berdasarkan Permen LH No. 08 Tahun 2009*
***Sumber**: (Hasil Uji Laboratorium, 2023)*

Penentuan teknologi sistem pengolahan air limbah dilakukan dengan pendekatan kelompok pencemar. Kelompok pencemar yang menjadi acuan dalam pemilihan teknologi

C. Pengolahan Air Limbah Domestik Industri Makanan

Volume air limbah yang dihasilkan dari kegiatan domestik secara keseluruhan adalah 173,49 m^3/hari. Jumlah air limbah domestik tersebut menentukan kapasitas STP yang akan dibangun ialah 192 m^3/hari atau 8 m^3/jam yang akan di bangun untuk mengolah air limbah domestik. Rangkaian sistem pengolahan air limbah domestik Industri Makanan, dapat dilihat pada **Gambar 1** dibawah ini :



Gambar 1. Flow Proses STP

 ISSN 2987-677X

Berdasarkan rangkaian unit proses diatas, maka dapat diketahui efesiensi penyisihan parameter pencemar air limbah untuk STP pada **Tabel 3** dibawah ini :

Tabel 3. Efisiensi penyisihan parameter pencemar air limbah domestik

No	Divisi		COD	BOD_5	TSS	Amonia	Cu	Fe	Zn
1.	Baku Mutu(1)		80	12	30	-	1	3	1
2.	Baku Mutu(2)		100	30	400	10	-	-	-
3.	*Influent* (3)		169	56	157	104	0,5	1,19	0,6
		Masuk (mg/L)	196	56	157	104	0,5	1,19	0,6
4.	Equalisasi *Tank*	% *Removal*(3)	10	10	30	55	10	10	5
		Keluar (mg/L)	152,1	50,4	109,90	46,8	0,45	1	0,5
		Masuk (mg/L)	152,1	50,4	109,90	46,8	0,45	1	0,5
5.	Aeration Tank	% *Removal*(4)	75	80	0	75	0	0	0
		Keluar (mg/L)	38,02	10,08	109,90	11,7	0,45	1	0,5
		Masuk (mg/L)	38,02	10,08	109,90	11,7	0,45	1	0,5
6.	Clarifier Biology A	% *Removal*	10	0	30	0	0	0	0
		Keluar (mg/L)	34,22	10,08	76,93	11,7	0,45	1	0,5
		Masuk (mg/L)	34,22	10,08	76,93	11,7	0,45	1	0,5
7.	Clarifier Biology A	% *Removal*	10	0	30	0	0	0	0
		Keluar (mg/L)	30,80	10,08	53,85	11,7	0,45	1	0,5
	Electro	Masuk (mg/L)	30,80	10,08	53,85	11,7	0,45	1	0,5
8.	Coagulant Tertiery Clarifier A	% *Removal*	0	0	25	10	25	20	20
		Keluar (mg/L)	30,80	10,08	40,38	10,53	0,33	0,8	0,3
	Electro	Masuk (mg/L)	30,80	10,08	40,38	10,53	0,33	0,8	0,3
9.	Coagulant Tertiery Clarifier B	% *Removal*	0	0	25	10	20	10	20
		Keluar (mg/L)	30,80	10,08	30,29	9,47	0,2	0,7	0,3
		Masuk (mg/L)	30,80	10,08	30,29	9,47	0,2	0,7	0,3
10.	Tanki Desinfectant	% *Removal*(6)	5	5	5	5	0	0	5
		Keluar (mg/L)	29,2	9,57	28,77	9	0,2	0,7	0,3
		Masuk (mg/L)	29,2	9,57	28,77	9	0,2	0,7	0,3
11.	Effluent Tank	% *Removal*	0	0	0	0	0	0	5
		Keluar (mg/L)	29,2	9,57	28,77	9	0,2	0,7	0,3
12.	*Effluent*		29,2	9,57	28,77	9	0,2	0,7	0,3
13.	Baku Mutu(1)		80	12	30	-	1	3	1
14.	Keterangan		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Keterangan :

(1) : Usulan Baku Mutu Air Limbah Terolah untuk Penyiraman
(2) : PerMen LHK Nomor P.68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik
(3) : Inlet Eksisting dan Kegiatan Sejenis

Pengolahan STP menghasilkan lumpur. Lumpur yang dihasilkan berasal dari *Reaktor Biofilter.* Lumpur tersebut kemudian dikuras secara rutin dan dikelola dengan cara ditampung terlebih dahulu kemudian dikirim ke pihak ketiga berizin untuk pengangkutan dan pengelolaan lebih lanjut.

Sludge yang dihasilkan dari pengolahan air limbah diperiksa volume dan visualisasinya oleh operator. Lumpur yang dihasilkan tidak mengandung B3. Jumlah lumpur yang dihasilkan dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Jumlah lumpur yang hasilkan

Kegiatan	Kapasitas IPAL (m^3/hari)	Debit Air Limbah (m^3/hari)		Debit Lumpur L/hari
		Infuent	Efluent	
Air Limbah Domestik	192	173,49	173,49	2,73

E. Pemanfaatan Air Limbah Domestik Hasil Olahan

Karakteristik air limbah dari kegiatan domestik memiliki beberapa unsur hara seperti karbon, oksigen dan unsur mikro seperti seng dan tembaga. Kandungan unsur hara ini dapat dimanfaatkan oleh tanaman melalui penyiraman. Tanaman memerlukan unsur hara yang lengkap agar dapat tumbuh dengan baik dan menghasilkan produk yang berkualitas. Pemenuhan

 ISSN 2987-677X

unsur hara kebutuhan tanaman merupakan hal yang mutlak dilakukan, karena ketersediaan unsur hara di alam sangat terbatas, dan semakin berkurang karena telah terserap oleh tanaman.

Air limbah domestik juga dimanfaatkan untuk *Flushing* toilet sehingga dapat mengurangi penggunaan air bersih dan limbah domestik. Pemanfaatan air limbah juga untuk pendinginan atap *(roof cooling)* di area yang memiliki suhu tinggi seperti *oven* bertujuan agar suhu diarea tersebut tetap dalam kondisi suhu ruang yang nyaman untuk bekerja.

Pemanfaatan air limbah domestik untuk dimanfaatkan kembali adalah 173,49 m3/hari, dengan rincian 36 % untuk *Flushing* toilet *plant* Cokelat 21 m3/hari dan *Flushing* toilet *plant* Wafer 41 m3/ hari, 40% siram taman (area Cokelat) 71 m3/hari, 17% untuk *Wetscrubber plant* Cokelat 30 m3/hari dan 6% pendinginan atap 11 m3/hari.

Dengan perincian sebagai berikut:

1. *Flushing* toilet *plant* Cokelat
   Flushing = Kebutuhan air x Jumlah karyawan x Jumlah kunjungan
   Flushing = 6 x 1216 x 3
   Flushing = 21 m3/hari
   Air limbah dari *effluent tank* di distribusikan ke toilet yang di 5 titik fasilitas umum melalui pipa 2 inch.

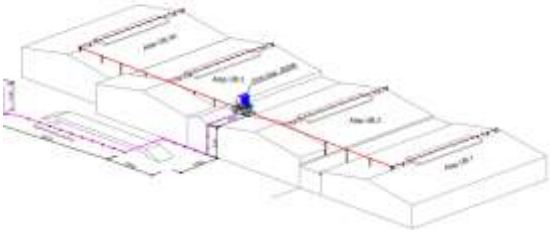
2. *Flushing* toilet *plant* Wafer
   Flushing = Kebutuhan air x Jumlah karyawan x Jumlah kunjungan
   Flushing = 6 x 2300 x 3
   Flushing = 41 m3/hari
   Air limbah hasil pengolahan dialirkan ke tanki terlebih dahulu setelah itu dipompa menuju toilet yang telah ditentukan di 2 titik fasilitas umum.

3. Dosis siram tanaman
   Dosis = Luas pemanfaatan x dosis x frekuensi/1000
   Dosis = 7.134 x 5 x 2/1000
   Dosis = 71 m3/hari
   Kriteria dosis penyiraman ialah 5 L/m2 berdasarkan Permen PUPR No 5 Tahun 2012. Luas lahan pemanfaatan air limbah adalah 7.134 m². Dengan asumsi penggunaan air untuk penyiraman sebesar 0,5-2 liter/m²/hari (Widarto, 1996. Frekuensi pemanfaatan air limbah dilakukan setiap 2 kali sehari dengan panjang selang 50m.

4. *Wetscrubber plant* Cokelat
   Wetscrubber = Kebutuhan air *Wetscrubber* x frekuensi pergantian air dalam sehari
   Wetscrubber = 15 m3/hari x 2 kali pergantian air
   Wetscrubber= 30 m3/hari
   Air limbah hasil pengolahan dimanfaatkan untuk proses pengendalian emisi udara pada *incinerator*.

5. Pendinginan Atap
   Dosis = Luas Pemanfaatan x dosis (Liter) x frekuensi/1000
   Dosis = 5.540 x 1 x 2 / 1000
   Dosis = 11 m3/hari
   Air untuk pendinginan atap akan ditampung ke tangki air kemudian didistribusikan dengan pompa melalui pipa ke atap yang telah dipilih dengan tekanan 2-3 bar melalui parazol *nozzle* ¼ inch sebanyak 80 pcs.

   Pemanfaatan ini digunakan untuk atap pada ruangan oven yang memiliki suhu 60°C-65°C. Besar penurunan suhu atap setelah pendinginan berada di kisaran 5°C. Berikut desain pemanfaatan air untuk pendinginan atap seperti **Gambar 2**.



Gambar 2. Desain Pemanfaatan untuk Pendinginan Atap

Kesimpulan

Air limbah hasil olahan STP dimanfaatkan kembali 100%. Dari debit total air limbah sebesar 174 m3/hari, 41% digunakan untuk penyiraman RTH, substitusi pemanfaatan dengan *reservoir sprinkler* untuk pendinginan atap sebesar 6%, *Flushing* toilet 36%, dan substitusi pemanfaatan untuk *Wetscrubber* sebesar 17%. Pemanfaatan air limbah tersebut dapat menghemat pemakaian air bersih industri makanan. Bukan hanya menghemat pemakaian air bersih industry makanan tetapi juga untuk penghematan pemakaian air sumur dan tidak mencemari air pada sungai disekitar.

Daftar Pustaka

Acbellita Ayu Zevhiana, Firra Rosariawari (2023). Upaya Pengolahan Dan Pemanfaatan Air Limbah Domestik Pada Industri AMDK Dan Beverages. Chemviro: Jurnal Kimia dan Ilmu Lingkungan 1 (2), 2023, 36-46

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia No. 5 Tahun 2021 Tentang Persetujuan Teknis Dan SLO;

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaran Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup;

ISSN 2987-677X

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05 Tahun 2012 Tentang Pedoman Penanaman Pohon Pada Sistem Jaringan Jalan

Sinta Ayu Afrhiani, Kancitra P, Andindito N (2020). Potensi Penerapan Konservas Air Pada Gedung Dekanat Universitas X. Jurna Sains dan Teknologi Lingkungan Vol 12, No. 2

Steviani Dewi Teddy, Jimmy Priatman, dan Nugroho Susilo (2018). Kajian Penerapan Prinsip Water Conservation Sesuai Standar Greenship New Building Versi 1.2 Studi Kasus: Gedung P1 Dan P2 Universitas Kristen Petra Surabaya. Dimensi Utama Teknik Sipil, Vol.5 No.2 Oktober 2018

 ISSN 2987-677X

Metode Rule-Based untuk Sistem Sensor dalam Otomatisasi Penyortiran Jeruk Citrus

Wibowo Harry Sugiharto[1], Hartono Pranjoto[2], Muhammad Imam Ghozali[3], Alif Catur Murti[4]

[1234] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

[134] Program Studi Teknik Informatika, Universitas Muria Kudus, Indonesia

✉ wibowo.harrys@umk.ac.id

Dengan meningkatnya permintaan jeruk di Indonesia, efisiensi dan akurasi dalam proses sortasi menjadi sangat penting. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem sortir otomatis untuk jeruk citrus dengan menggabungkan teknologi sensor dan algoritma berbasis aturan. Sistem ini memanfaatkan sensor warna TCS34725 untuk mengklasifikasikan jeruk berdasarkan tingkat kematangan serta menerapkan metode berbasis aturan untuk mengotomatisasi proses sortir. Hasil pengujian lapangan menunjukkan bahwa sistem ini mampu meningkatkan akurasi sortasi dan memberikan hasil klasifikasi jeruk yang konsisten. Penerapan teknologi ini dalam industri jeruk menawarkan potensi peningkatan efisiensi operasional dan profitabilitas. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam penerapan teknologi sensor dan algoritma berbasis aturan di bidang pertanian, serta menunjukkan bagaimana inovasi teknologi dapat membantu mengatasi tantangan dalam industri jeruk dan sektor pertanian secara lebih luas.

Kata kunci: Jeruk, Sortasi Otomatis, Teknologi Sensor, Metode Berbasis Aturan, Pertanian

Latar Belakang

Jeruk adalah buah populer di Indonesia, penting bagi ekonomi. Konsumsi meningkat dari 3,28 kg (2015) menjadi 3,60 kg (2016). Data menunjukkan jeruk sebagai pengeluaran buah teratas. Populasi tanaman jeruk meningkat 5% per tahun dengan area tanam 53.000 hektar dan proyeksi luas panen terus meningkat hingga 2020 dengan tingkat pertumbuhan tahunan sebesar 2,03% (Kementrian Pertanian Repubik Indonesia, 2018). Untuk meningkatkan pendapatan panen jeruk, salah satu tantangan utama yang dihadapi adalah proses sortasi buah yang masih dilakukan secara manual (Siskandar et al., 2020), memerlukan banyak tenaga kerja dan waktu (Susanti, Oktafiandes, & Sulaiman, 2020).

Inovasi teknologi, seperti penggunaan metode rule-based dan sensor warna, menawarkan solusi yang lebih efisien dan efektif. Metode rule-based memberikan keunggulan dalam hal transparansi dan kemudahan interpretasi (Prayogo, Setiawan, & Widodo, 2023), memungkinkan pengguna memahami bagaimana keputusan diambil berdasarkan aturan yang jelas dan logis (Sugiarto, Swanjaya, & Wulaningrum, 2022). Kejelasan ini sangat bermanfaat dalam aplikasi yang memerlukan auditabilitas dan penjelasan terhadap proses pengambilan keputusan (Wood & Williams, 2014), seperti dalam sektor ekonomi (Pei-Tha & Kian-Teng, 2023), medis (Fan, Xu, & Feng, 2021), chatbot(Gulayeva & Kobieliev, 2023), manufacturing(Ye, Hu, Nassehi, Ji, & Ni, 2022), dan lainnya.

Keuntungan lain dari metode rule-based adalah fleksibilitasnya (Cheng et al., 2022). Sistem ini memungkinkan penambahan, penghapusan, atau modifikasi aturan tanpa mengubah struktur sistem secara keseluruhan (Dhawan, Bhave, Aurora, & Iyer, 2014). Hal ini memberikan kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap perubahan kebutuhan atau kondisi. Efisiensi dalam pemrosesan informasi juga menjadi salah satu keunggulan metode ini (Stokic, Momcilovic, & Vujanovic, 2019), terutama dalam kasus di mana aturan dapat diterapkan secara langsung untuk membuat keputusan tanpa memerlukan pemrosesan data yang kompleks (Brill, 1992).

Teknologi sensor warna dalam proses sortasi buah jeruk memungkinkan identifikasi dan klasifikasi buah berdasarkan tingkat kematangan dengan akurasi yang lebih tinggi (Mustaffa et al., 2022). Integrasi sistem prediksi berbasis rule dalam proses ini tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga membantu dalam memprediksi pendapatan panen (Ghozali, Riadi, Putra, & Sugiharto, 2024), yang sangat penting untuk perencanaan dan pengambilan keputusan strategis di sektor pertanian (Thorp, DeJonge, Kaleita, Batchelor, & Paz, 2008).

Dengan meningkatnya permintaan jeruk di Indonesia, terdapat kebutuhan mendesak untuk mengoptimalkan pendapatan panen melalui inovasi teknologi. Teknologi ini menawarkan potensi besar dalam meningkatkan efisiensi sortasi buah jeruk, yang pada akhirnya dapat mengoptimalkan pendapatan panen dan mendukung pertumbuhan industri jeruk di Indonesia. Penerapan standar yang sesuai, seperti standar SNI (Badan Standar Nasional, 2008), dalam penanganan jeruk pasca panen adalah esensial untuk membedakan buah berdasarkan tingkat kematangan dan kualitas fisiknya. Penggunaan teknologi sortir otomatis dengan sensor warna meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses ini, memungkinkan klasifikasi

 ISSN 2987-677X

buah yang lebih tepat dan memaksimalkan potensi pendapatan dari panen.

Landasan Teori

Penelitian Terkait

Penelitian di Kota Batu meningkatkan nilai ekonomis apel melalui sistem sortasi otomatis menggunakan TCS3200 untuk warna dan LDR untuk ukuran (Dimas Pramanta, Widya Susilo, & Rizal Fahmi, 2021), dikontrol oleh Arduino Uno dan dua motor DC 12 Volt, dengan hasil 90% untuk apel merah, 60% untuk hijau besar, dan 80% untuk hijau kecil. (Arief, Fitra, Salambue, & History, 2018) . mengusulkan sortasi otomatis minyak sawit dengan mikrokontroler dan kamera untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi produksi. Penelitian lain menggunakan sensor TCS3200 dan Load Cell untuk sortasi apel manalagi berdasarkan warna dan berat, meningkatkan efisiensi distribusi dan menjaga kualitas buah (Abdul Haris & Pratama, 2018). Makalah oleh (Chakole, Ilamkar, Gajbhiye, & Nagrale, 2019) menyoroti otomatisasi sortasi jeruk berdasarkan warna dan ukuran, menggunakan sensor TCS3200 dan Arduino Uno, yang meningkatkan efisiensi dan kualitas hasil panen. Teknologi sortasi otomatis mengurangi ketergantungan tenaga kerja manual, meningkatkan kecepatan dan konsistensi, serta memenuhi permintaan pasar dengan kualitas yang lebih baik, menunjukkan potensi besar dalam industri pertanian Indonesia.

Tabel 1 Penelitian Terkait

Metode	Keunggulan	Referensi
Metode Rule-Based	Transparansi, kemudahan interpretasi, auditabilitas, dan fleksibilitas tinggi	(Anglani, Grieco, Pacella, & Tolio, 2002; Cheng et al., 2022; Li, Xie, & Heitjan, 2020; Lombardi, Console, & Pavese, 2011; Takada et al., 2013)
Sensor Warna TCS3200 sebagai Indikator Warna RGB	Akurasi tinggi dalam identifikasi dan klasifikasi buah berdasarkan tingkat kematangan, Deteksi warna yang akurat untuk klasifikasi buah berdasarkan warna	(Andri, Jasmir, & Riyadi, 2023; Kurniawan, 2023; Nurmastika, Erwanto, Rosanti, & Fiolana, 2018; Salamah, Muliawati, & Fadhli, 2022; Silalahi, 2017; Syawalia, Rasyad, & Pratama, 2020; Wibawa, Nur Khamdi, Jajang Jaenuddin, & Edilla, 2023; Yonatan, 2023)
Load Cell	Pengukuran berat yang presisi, penting untuk kualitas dan distribusi buah	(Akkoyun, Ozcelik, Arpaci, Erçetin, & Gucluer, 2023; Reyes & Sobejana, 2021; Sureeya, Karupongsiri, & Chetpattananondh, 2023)

Mutu Buah Jeruk

Proses sortasi dalam standar varietas jeruk keprok (Citrus sinensis (L) Osbeck) penting untuk memastikan kualitas buah yang dipasarkan untuk konsumsi segar. Menurut SNI 3165:2009, jeruk keprok diklasifikasikan ke dalam tiga kelas mutu: kelas super, kelas A, dan kelas B. Klasifikasi ini berdasarkan berat dan diameter buah, serta warna buah yang harus mencerminkan ciri khas varietas, tipe komersial, dan lokasi tanamnya. Berikut adalah kriteria klasifikasi jeruk keprok sesuai SNI 01-3165-1992.

Tabel 2 Kriteria Jeruk Keprok, (SNI 01-3165-1992)

Kelas	Berat (g)	Diameter (cm)
A	≥ 151	≥ 71
B	101 – 150	61 – 70
C	51 – 100	51 – 60
D	≤ 50	40 – 50

Mutu Warna Buah Jeruk

Sistem Warna RGB menggabungkan tiga warna primer: Merah (Red), Hijau (Green), dan Biru (Blue) untuk menciptakan berbagai macam warna (Fay & Wu, 2024). Setiap warna primer dalam RGB menggunakan 8 bit, memungkinkan nilai integer dari 0 hingga 255 untuk masing-masing warna (Kumar & Verma, 2010)., memberikan jangkauan luas dalam pembentukan warna. Tabel 3 merinci bit untuk setiap warna primer dalam sistem RGB. Dengan menggunakan sistem warna RGB, proses sortasi buah jeruk dapat dilakukan lebih akurat berdasarkan kombinasi nilai merah, hijau, dan biru. Metode ini meningkatkan efisiensi dalam penentuan mutu buah jeruk, memastikan hanya buah berkualitas terbaik yang dipilih untuk dipasarkan.

Tabel 3 Warna RGB

No	Warna	Bit
1	Merah (R)	23 - 16
2	Hijau (G)	15 - 8
3	Biru (B)	7 - 0

Metode Rule-Based

Metode Rule-Based merupakan pendekatan yang sering digunakan dalam sistem pendukung keputusan (Herasevich, Kor, Subramanian, & Pickering, 2013), di mana basis pengetahuan memainkan peran kunci. Metode ini mengadopsi teknik-teknik kecerdasan buatan untuk menyelesaikan masalah berdasarkan serangkaian aturan yang telah ditetapkan (Asaad Sajadi, Borzouei, Mahjub, & Farhadian, 2019). Berikut adalah tahapan penting dalam metode Rule-Based: 1) Pengumpulan Basis Pengetahuan (Nowak-Brzezińska & Horyń, 2020), 2) Penerapan Aturan (Rule) (Yang et al., 2022), 3. Kriteria Berhenti (Little, Rosenberg, & Arsham, 2022)

Metodologi

Tahapan Penelitian

 ISSN 2987-677X

Gambar 1 menunjukkan pengembangan sistem sortir otomatis untuk jeruk, dimulai dari perencanaan kebutuhan dan spesifikasi, termasuk komponen utama seperti mikrokontroler Arduino, sensor warna, dan lampu LED. Tahap desain mencakup alur kerja dan algoritma rule-based. Implementasi melibatkan pembangunan prototype dan pemrograman mikrokontroler. Pengujian melalui test case memastikan kinerja sistem sesuai ekspektasi. Evaluasi dan penyempurnaan dilakukan berdasarkan hasil pengujian, diikuti oleh dokumentasi teknis dan laporan penelitian.



Gambar 1 Tahapan Penelitian

Rule-Based Sortir Buah Jeruk

Pengembangan sistem sortir purwarupa menggunakan metode Rule-Based dengan nilai RGB (Red, Green, Blue) untuk menentukan warna jeruk. Tabel 4 merinci nilai RGB untuk mengklasifikasikan warna buah, menentukan tingkat kematangan dan kualitas. Tabel 5 mengkategorikan jeruk berdasarkan analisis RGB untuk harga dan pemasaran. Tabel 6 menjelaskan aturan dasar dalam format "IF-THEN" untuk klasifikasi warna jeruk berdasarkan nilai RGB, memastikan kualitas buah yang dipasarkan.

Tabel 4 Nilai RGB Warna Jeruk

No	Warna	R	G	B
1	Kuning	> 1.15	< 1.15	< 0.7
2	Hijau Kuning	> 1.15	> 1.15	< 0.8
3	Hijau	< 1.00	> 1.3	< 0.9

Tabel 5 Grade Warna Jeruk

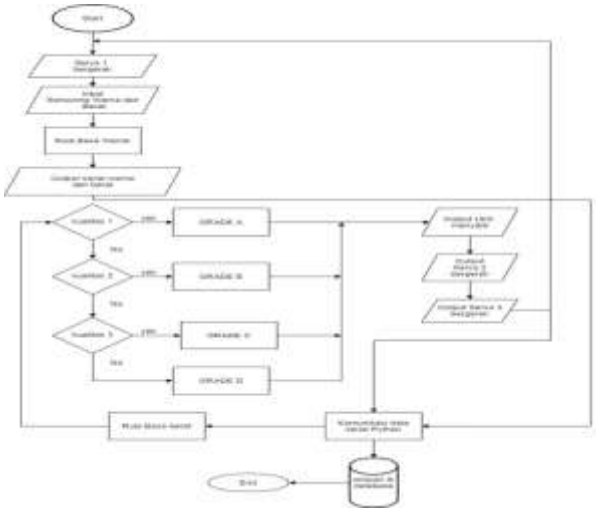
No	Grade	Warna
1	A	Kuning
2	B	Hijau Kuning
3	C	Hijau

Tabel 6 Rule Base Warna Jeruk

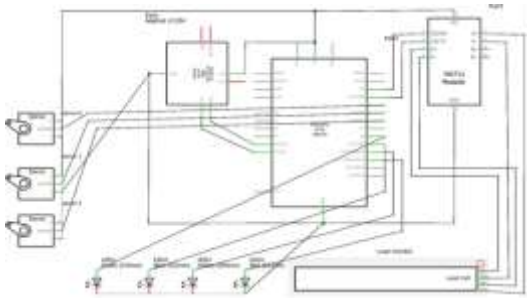
No	Rule Base	Prediksi Sortir
1	if ((r < 1.00) && (g > 1.3) && (b < 0.9)) then	"HIJAU"
2	else if ((r > 1.15) && (g > 1.15) && (b < 0.8)) then	"HIJAUKUNING"
3	else if ((r > 1.15) && (g < 1.15) && (b < 0.7)) then	"KUNING"

Desain Sistem Sortir Otomatis

Flowchart pada Gambar 2 memberikan gambaran yang jelas tentang proses otomatisasi dalam sistem sortir jeruk citrus, mulai dari penerimaan input hingga klasifikasi dan penyimpanan data hasil sortir. Dengan mengintegrasikan teknologi sensor warna dan berat seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2 Flowchart Sistem Sortir Otomatis

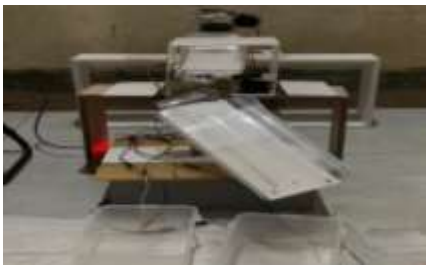


Gambar 3. Pinout Wiring Sistem Sortir Otomatis

Pembahasan

Implementasi Sistem Sortir Buah Jeruk

Pada implementasi dari sistem sortir otomatis untuk jeruk citrus, beberapa komponen utama telah berhasil diintegrasikan untuk mencapai proses sortir seperti ditujukkan Gambar 4.



Gambar 4. Purwarupa Sistem Sortir Buah Jeruk

Pengujian Sistem

Pengujian test case independent path dilakukan untuk memvalidasi efektivitas dan reliabilitas sistem sortir otomatis jeruk citrus. Hasil pengujian menunjukkan efektivitas dan keandalan komponen seperti mikrokontroler Arduino, sensor loadcell, dan sensor warna. Integrasi komponen berjalan lancar dengan algoritma rule-based yang efektif dalam mengklasifikasikan jeruk berdasarkan warna dan berat.

 ISSN 2987-677X

Automasi proses sortir mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual dan meningkatkan efisiensi, sementara konsistensi hasil pengujian menegaskan keandalan sistem untuk operasi jangka panjang.

Tabel 7 Hasil Pengujian Sistem Sortir Jeruk Citrus

No	Path	Proses Pengujian	Hasil
1	Inisiasi Sistem	Sistem diinisiasi, servo 1 bergerak, dan sensor loadcell serta sensor warna aktif.	Berhasil
2	Pengukuran dan Identifikasi (Grade A)	Jeruk diarahkan oleh servo 1, sensor mengukur berat dan warna, sistem menentukan Grade A, LED menyala, servo 2 dan servo 3 bergerak ke wadah Grade A.	Berhasil
3	Pengukuran dan Identifikasi (Grade B)	Jeruk diarahkan oleh servo 1, sensor mengukur berat dan warna, sistem menentukan Grade B, LED menyala, servo 2 dan servo 3 bergerak ke wadah Grade B.	Berhasil
4	Pengukuran dan Identifikasi (Grade C)	Jeruk diarahkan oleh servo 1, sensor mengukur berat dan warna, sistem menentukan Grade C, LED menyala, servo 2 dan servo 3 bergerak ke wadah Grade C.	Berhasil
5	Pengukuran dan Identifikasi (Grade D)	Jeruk diarahkan oleh servo 1, sensor mengukur berat dan warna, sistem menentukan Grade D, LED menyala, servo 2 dan servo 3 bergerak ke wadah Grade D.	Berhasil
6	Penyimpanan Data Hasil Sortir	Data hasil sortasi (berat dan warna) disimpan di database melalui komunikasi data serial Python.	Berhasil

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan kemajuan penting dalam otomatisasi proses sortasi dalam industri pertanian. Sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan produktivitas dan konsistensi dalam sortasi buah, merupakan langkah maju dalam modernisasi sektor ini. Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem sortir otomatis untuk jeruk citrus yang efektif dan andal. Integrasi komponen seperti mikrokontroler Arduino, sensor loadcell, dan sensor warna bekerja efisien dalam mengklasifikasikan jeruk berdasarkan berat dan warna. Algoritma rule-based yang diimplementasikan memberikan klasifikasi yang akurat, meningkatkan efisiensi proses, dan mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual. Sistem ini memiliki potensi untuk peningkatan lebih lanjut dalam kecepatan proses dan sensitivitas sensor di masa depan.

Referensi

Abdul Haris, D. T. K., & Pratama, R. N. (2018). Sistem Pernyortiran Buah Apel Manalagi Menggunakan Sensor Loadcell Dan Tcs 3200 Berdasarkan Berat Dan Warna Berbasis Arduino. *Petir*, *11*(1), 92–95. http://doi.org/10.33322/petir.v11i1.14

Akkoyun, F., Ozcelik, A., Arpaci, I., Erçetin, A., & Gucluer, S. (2023). A Multi-Flow Production Line for Sorting of Eggs Using Image Processing. *Sensors*. http://doi.org/10.3390/s23010117

Andri, M., Jasmir, & Riyadi, W. (2023). Rancang Bangun Prototype Sortir Buah Kelapa Sawit Berdasarkan Tingkat Kematangan Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Komputer(JAKAKOM)*. http://doi.org/10.33998/jakakom.2023.3.1.812

Anglani, A., Grieco, A., Pacella, M., & Tolio, T. (2002). Object-oriented modeling and simulation of flexible manufacturing systems: A rule-based procedure. *Simulation Modelling Practice and Theory*. http://doi.org/10.1016/S1569-190X(02)00100-4

Arief, D., Fitra, E., Salambue, R., & History, P. (2018). Modeling of Control System on Sorting Palm Fruit Machine by Using Arduino Microcontroller. *Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace-Science and Engineering*, *52*(52), 1–5. Retrieved from www.isomase.org.,

Asaad Sajadi, N., Borzouei, S., Mahjub, H., & Farhadian, M. (2019). Diagnosis of hypothyroidism using a fuzzy rule-based expert system. *Clinical Epidemiology and Global Health*. http://doi.org/10.1016/j.cegh.2018.11.007

Badan Standar Nasional. (2008). Selai Buah SNI-01-3746-2008. *Sni 3746*.

Brill, E. (1992). A simple rule-based part of speech tagger. http://doi.org/10.3115/974499.974526

Chakole, V., Ilamkar, P., Gajbhiye, R., & Nagrale, S. (2019). ORANGES SORTING USING ARDUINO MICROCONTROLLER (A Review), 1800–1802.

Cheng, Y., Chen, L., Yuan, Y., Wang, G., Li, B., & Jin, F. (2022). Strict and Flexible Rule-Based Graph Repairing. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. http://doi.org/10.1109/TKDE.2020.3019817

Dhawan, A., Bhave, S., Aurora, A., & Iyer, V. (2014). Association Rule Based Flexible Machine Learning Module for Embedded System Platforms like Android. *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence*. http://doi.org/10.14569/ijarai.2014.030101

Dimas Pramanta, F., Widya Susilo, L., & Rizal Fahmi, M. (2021). Sistem Cerdas Penyortir Apel Berdasarkan Warna Dan Ukuran Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Prosiding Sentrinov*, *3*(1), 216–225.

Fan, F., Xu, Y., & Feng, X. (2021). Rule-based health-aware power sharing for a multi-unit battery energy storage system. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*. http://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107208

Fay, C. D., & Wu, L. (2024). Critical importance of RGB color space specificity for colorimetric bio/chemical sensing: A comprehensive study. *Talanta*. http://doi.org/10.1016/j.talanta.2023.124957

Ghozali, M. I., Riadi, A. A., Putra, D. A., & Sugiharto, W. H. (2024). Pengembangan Sistem Sortir Otomatis untuk Jeruk Citrus : Integrasi Teknologi Sensor dan Algoritma Rule-Based, *4*(3), 241–248.

Gulayeva, N., & Kobieliev, M. (2023). Implementation of FSM Based Chat-Bots in a Graphical Designer. *NaUKMA Research Papers. Computer Science*. http://doi.org/10.18523/2617-3808.2022.5.31-40

Herasevich, V., Kor, D. J., Subramanian, A., & Pickering, B. W. (2013). Connecting the dots: Rule-based decision support systems in the modern EMR era. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. http://doi.org/10.1007/s10877-013-9445-6

Kementrian Pertanian Repubik Indonesia. (2018). *Direktorat Jenderal Hortikultura Tahun 2012*.

Kumar, T., & Verma, K. (2010). A Theory Based on Conversion of RGB image to Gray image. *International*

 ISSN 2987-677X

Journal of Computer Applications. http://doi.org/10.5120/1140-1493

Kurniawan, R. (2023). KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH PEPAYA BERDASARKAN WARNA KULIT MENGGUNAKAN SENSOR WARNA TCS3200. *Journal ICTEE*. http://doi.org/10.33365/jictee.v4i1.2692

Li, S., Xie, X. J., & Heitjan, D. F. (2020). Flexible, rule-based dose escalation: The cohort-sequence design. *Contemporary Clinical Trials Communications*. http://doi.org/10.1016/j.conctc.2020.100541

Little, M. P., Rosenberg, P. S., & Arsham, A. (2022). Alternative stopping rules to limit tree expansion for random forest models. *Scientific Reports*. http://doi.org/10.1038/s41598-022-19281-7

Lombardi, I., Console, L., & Pavese, P. (2011). Flexible rule-based inference exploiting taxonomies. *Journal of Intelligent Information Systems*. http://doi.org/10.1007/s10844-010-0119-2

Mustaffa, A., Arith, F., Peong, N. I. F., Jaffar, N. R., Linggie, E. L., Mustafa, A. N., & Ali, F. A. (2022). Segregation of oil palm fruit ripeness using color sensor. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*. http://doi.org/10.11591/ijeecs.v25.i1.pp130-137

Nowak-Brzezińska, A., & Horyń, C. (2020). Exploration of outliers in if-then rule-based knowledge bases. *Entropy*. http://doi.org/10.3390/e22101096

Nurmastika, A., Erwanto, D., Rosanti, A. D., & Fiolana, F. A. (2018). Rancang Bangun Alat Pengukur Kadar Asam Askorbat pada Buah dengan Metode Titrasi Iodimetri. *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*. http://doi.org/10.36055/setrum.v7i1.3401

Pei-Tha, G., & Kian-Teng, K. (2023). RULES-BASED OPTIMAL MITIGATION OF ECONOMIC UNCERTAINTY. *Asian Academy of Management Journal of Accounting and Finance*. http://doi.org/10.21315/aamjaf2023.19.1.3

Prayogo, T. A., Setiawan, A. B., & Widodo, D. W. (2023). Pemesanan Tiket Bus Mengunakan Metode Rule Based. *INOTEK*.

Reyes, J., & Sobejana, N. (2021). Development of Egg Classifier Using Pixy Camera and Load Cell. *SSRN Electronic Journal*. http://doi.org/10.2139/ssrn.3717478

Salamah, I., Muliawati, M., & Fadhli, M. (2022). Rancang Bangun Alat Pemisah Buah Kopi Berdasarkan Tingkat Kematangan Menggunakan Sensor TCS3200 Berbasis Android. *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*. http://doi.org/10.47065/bits.v4i2.1901

Silalahi, N. S. (2017). Alat Penyortir Buah Jeruk Menggunakan Tcs3200 Berbasis Arduino Uno. *Skripsi*.

Siskandar, R., Indrawan, N. A., Kusumah, B. R., Santosa, S. H., Irmansyah, I., & Irzaman, I. (2020). PENERAPAN REKAYASA MESIN SORTIR SEBAGAI PENENTU KEMATANGAN BUAH JERUK DAN TOMAT MERAH BERBASIS IMAGE PROCESSING. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*. http://doi.org/10.23960/jtep-l.v9i3.222-236

Stokic, M., Momcilovic, V., & Vujanovic, D. (2019). Evaluation of driver's eco-driving skills based on fuzzy logic model – A realistic example of vehicle operation in real-world conditions. *Journal of Applied Engineering Science*. http://doi.org/10.5937/jaes17-22106

Sugiarto, D. B., Swanjaya, D., & Wulaningrum, R. (2022). Implementasi Metode Rule Based Pada Aplikasi Antri Pintar Berbasis Web Pada Loket Pendaftaran Pasien Rawat Jalan di Rumah Sakit. *Jurnal Borneo Informatika Dan Teknik Komputer*. http://doi.org/10.35334/jbit.v2i2.2833

Sureeya, K., Karupongsiri, C., & Chetpattananondh, K. (2023). An implementation of load cell for smart egg classification on rack. *International Journal of Sustainable Agricultural Management and Informatics*. http://doi.org/10.1504/IJSAMI.2023.131907

Susanti, O., Oktafiandes, O., & Sulaiman, D. Y. (2020). PENGEMBANGAN POTENSI PERTANIAN, KESEHATAN DAN SOSIAL DARI NAGARI PANDAM GADANG KECAMATAN GUNUNG OMEH. *BULETIN ILMIAH NAGARI MEMBANGUN*. http://doi.org/10.25077/bina.v3i4.267

Syawalia, R. A., Rasyad, S., & Pratama, D. A. (2020). Implementasi Fuzzy Logic pada Sistem Sortir Otomatis Alat Penghitung Jumlah Buah Apel. *Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional*.

Takada, K., Sakurai, Y., Tsuruta, S., Damiani, E., Bellandi, V., Anisetti, M., & Ceravolo, P. (2013). An efficient language pipeline for flexible rule-based context representation. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. http://doi.org/10.1007/s12652-012-0166-3

Thorp, K. R., DeJonge, K. C., Kaleita, A. L., Batchelor, W. D., & Paz, J. O. (2008). Methodology for the use of DSSAT models for precision agriculture decision support. *Computers and Electronics in Agriculture*. http://doi.org/10.1016/j.compag.2008.05.022

Wibawa, F. Y., Nur Khamdi, Jajang Jaenuddin, & Edilla. (2023). Rancang Bangun Alat Pemisah Buah Jeruk Berdasarkan Warna dan Ukuran. *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*. http://doi.org/10.37859/coscitech.v4i2.5412

Wood, M. S., & Williams, D. W. (2014). Opportunity Evaluation as Rule-Based Decision Making. *Journal of Management Studies*. http://doi.org/10.1111/joms.12018

Yang, L. H., Liu, J., Ye, F. F., Wang, Y. M., Nugent, C., Wang, H., & Martínez, L. (2022). Highly explainable cumulative belief rule-based system with effective rule-base modeling and inference scheme. *Knowledge-Based Systems*. http://doi.org/10.1016/j.knosys.2021.107805

Ye, Y., Hu, T., Nassehi, A., Ji, S., & Ni, H. (2022). Context-aware manufacturing system design using machine learning. *Journal of Manufacturing Systems*. http://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.08.012

Yonatan, D. (2023). Sistem Monitoring Kondisi Dan Deteksi Kematangan Buah Pepino (Solanum Muricatum) Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Sosial Teknologi*. http://doi.org/10.59188/jurnalsostech.v3i10.953

 ISSN 2987-677X

PEMANFAATAN LIMBAH PADAT KOPI SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF DALAM BENTUK AMPAS KERING, BRIKET DAN PUPUK DI PT. TORABIKA EKA SEMESTA

Sandy Paat[1], Sofyan[1], Edison Lawang[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ sandypaat@yahoo.com

Ketersediaan bahan bakar khususnya bahan bakar padat seperti batu bara semakin menipis karena setiap tahun semakin banyak penggunaan batu bara untuk berbagai kebutuhan. Sebagai solusi pemanfaatan limbah ampas kopi selain untuk mengurangi limbah ampas kopi berpotensi sebagai bahan bakar alternatif terbarukan salah satunya sebagai briket. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui variasi komposisi briket ampas kopi yang optimum. Proses transformasi ampas basah menjadi ampas kering dilakukan menggunakan metode tekanan dan pemanasan. Ampas kering memiliki nilai kalori 3.714 cal/g dan briket dengan nilai kalori 5.461 cal/g, dengan ini peneliti berkomitmen untuk mengurangi intensitas energi dari 67,44 GJ/ton Produk menjadi 36,43 GJ/ton produk dan emisi gas rumah kaca dari 4,06 ton CO_2/ton produk menjadi 2,82 ton CO_2/ton produk.

Kata kunci: Briket, Ampas Kopi

Pendahuluan

Limbah di indonesia khususnya limbah biomassa belum dimanfaatkan secara optimal. Pemanfaatan limbah selain untuk mengurangi pecemaran lingkungan juga dapat digunakan untuk sumber energi alternatif terbarukan.

Briket adalah salah satu contoh pemanfaatan biomassa sebagai bahan bakar pemanas. Briket adalah bahan bakar yang berbahan baku biomassa yang berpotensi dijadikan sebagai bahan bakar pengganti batu bara, akan tetapi untuk saat ini penggunaannya masih berpusat sebagai bahan bakar rumahan berskala kecil. Briket merupakan bahan bakar alternatif yang menyerupai arang dan memiliki kerapatan serta nilai kalor yang lebih tinggi.

Sebagai salah satu bentuk bahan bakar terbarukan, Pembuatan briket dapat dilakukan dengan menggunakan bahan yang berbasis biomassa, seperti briket serbuk kayu, tongkol jagung, sampah organik, ampas kopi, sekam padi, kulit singkong dan lain-lain.

Salah satu limbah yang kurang dimanfaatkan selama ini adalah ampas kopi. Indonesia merupakan negara yang cukup subur untuk dijadikan sebagai lahan perkebunan dan pertanian termasuk tanaman kopi, selain itu konsumsi kopi di indonesia juga semakin meningkat yang mengakibatkan limbah ampas kopi melimpah. Ampas kopi adalah limbah akhir dari proses penyeduhan kopi. Pemanfaatan ampas kopi biasanya hanya digunakan untuk pupuk tanaman karena mengandung nutrisi penting untuk pertumbuhan tanaman, seperti kalsium, kalium, nitrogen, besi, magnesium fosfor, dan kromium. Ampas kopi mengandung selulosa sebesar 8,6% sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar terbarukan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan pemanfataan limbah padat ampas kopi sebagai bahan bakar alternatif dalam bentuk briket berbasis biomass di PT Torabika Eka Semesta.

Metode

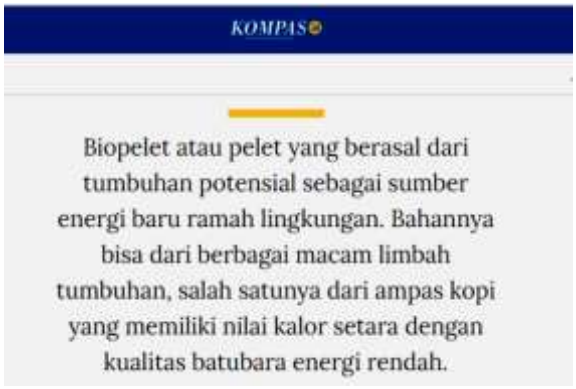
Berbagai upaya dilakukan untuk membuat/memanfaatkan energi yang dapat diperbaharui sebagai upaya penghematan bahan bakar minyak maupun gas yang semakin menipis. Kapasitas produksi kopi PT. Torabika Eka Semesta dalam mengolah kopi goreng sebanyak 3.000 ton/bulan dan setelah melalui proses ekstraksi dihasilkan produk 38-39 % dari total proses, jadi didapat 1.155 ton produk dan 2.333 ton limbah ampas kopi.

Limbah basah yang dihasilkan berupa campuran dari ampas kopi dan air (massa air = 1.866,4 ton dan massa ampas kopi = 2.333 ton). Ampas kopi yang dapat dimanfaatkan untuk pembakaran dalam uji coba ini kandungan *moisture content* rata–rata 40-50% Ampas kering dengan nilai kalori 3.714 cal/g dan briket dengan nilai kalori 5.461 cal/g.

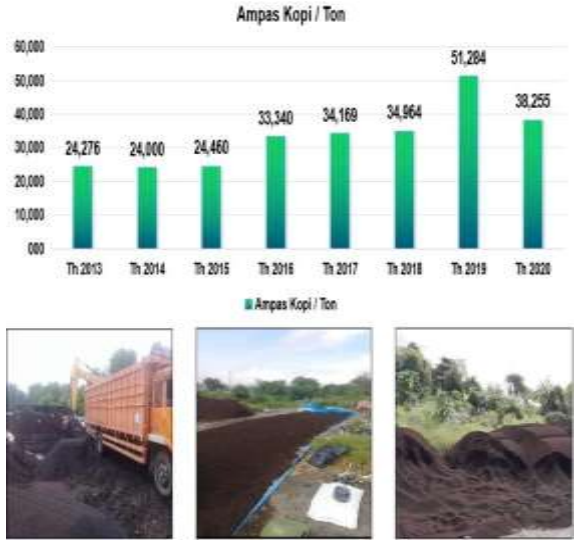
 ISSN 2987-677X



Gambar 1. Literasi Pemanfaatan Ampas Kopi



Pada Gambar 1, menjelaskan bahwa limbah ampas kopi masih mengandung nilai kalori yang setara dengan kualitas batu bara energi rendah.



Gambar 2. Data Limbah Ampas Kopi

Pada Gambar 2, menjelaskan tentang penampungan limbah kopi yang belum dimanfaatkan.

Hasil Kerja

Dari hasil studi dan beberapa literatur PT. Torabika Eka



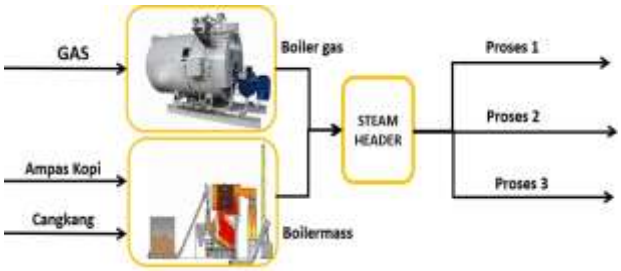
Semesta berupaya untuk memanfaatkan limbah ampas kopi sebagai subtitusi energi. Upaya ini dilakukan guna mendukung program pemerintah untuk mengurangi intensitas energi (Gj/ton) serta emisi gas rumah kaca (ton CO_2 /ton produk).

Hal ini dilakukan dalam aksi nyata, dimana PT Torabika Eka Semesta melakukan investasi untuk mengelola ampas kopi sebagai bahan bakar.

Pemanfaatan Limbah Ampas Kopi Kering Sebagai Bahan Bakar Alternatif Boilermass



Gambar 3. Proses Pengeringan Ampas Kopi Basah



Gambar 4. Proses pemanfaatan ampas sebagai bahan bakar alternatif boilermass

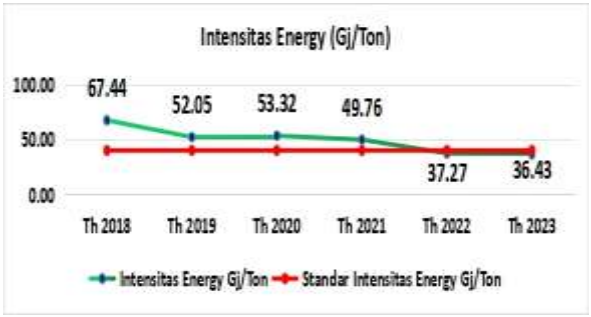
Pada Gambar 3 dan Gambar 4, menjelaskan proses transformasi ampas kopi basah menjadi ampas kopi kering. Dimulai dari proses penekanan ampas kopi basah untuk memisahkan air dari ampas kopi. Kemudian, dilanjutkan proses pengeringan untuk membuat ampas kopi semakin kering dengan *moisture content* sebesar 40%. Hasil dari proses ini adalah ampas kopi kering yang digunakan sebagai bahan bakar untuk *boilermass*, bahan baku pembuatan briket serta pupuk kompos.

 ISSN 2987-677X

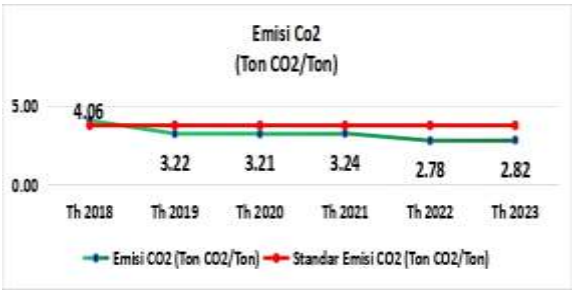


Gambar 5. Hasil uji laboratorium kalori ampas kopi

Gambar 5 menunjukkan kandungan kalori pada ampas kopi kering, yaitu 3.714 cal/g. Pengecekan ini dilakukan oleh laboratorium eksternal PT. Syslab.



Gambar 6. Grafik Penurunan Intensitas Energi



Gambar 7. Grafik Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca

Pada Gambar 6 dan 7, menunjukkan grafik penurunan intensitas energi dan emisi CO_2 yang dihasilkan dari mesin *boilermass* setelah memanfaatkan ampas kopi kering sebagai bahan bakar *boilermass* sejak tahun 2021.

Pemanfaatan Limbah Ampas Kopi Kering Menjadi Briket



Gambar 8. Proses produksi Briket

Gambar 8 menunjukkan proses produksi briket, dari ampas kopi kering dari proses pengeringan sebelumnya (Gambar 3). Kemudian, ampas kopi kering diproses menggunakan mesin *rotary dryer* untuk menurunkan *moisture content* menjadi 15% dengan suhu 300^{o}C. Selanjutnya ampas kopi dicampur dengan tepung tapioka untuk merekatkan ampas kopi. Pada proses ini *moisture content* akan naik menjadi 25%. Setelah itu, ampas akan dibentuk menggunakan mesin *extruder* dan dikeringkan menggunakan oven untuk mendapatkan *moisture content* 10%. Hasil dari proses ini dinamakan *biopellet/*briket.



Gambar 9. Hasil uji laboratorium kalori briket

Pada Gambar 9, menunjukkan laporan analisa dari briket yang dihasilkan, yaitu kandungan kalori pada briket, yaitu 5.461 cal/g.

Pemanfaatan Limbah Ampas Kopi Kering Menjadi Pupuk Kompos



Gambar 10. Proses Produksi Pupuk Kompos

Pada Gambar 10, menunjukkan proses produksi pupuk kompos. Dimulai dari tahap pengeringan yang bertujuan untuk menurunkan kadar air dari 40% menjadi 30%. Kemudian, dilanjutkan proses fermentasi yang bertujuan untuk mengurai ampas kopi menjadi pupuk organik. Parameter yang digunakan adalah kelembaban 55-60%, dengan waktu 10-12 hari dan kadar air yang didapatkan sebesar 25%. Setelah itu, dilakukan proses pengemasan produk pupuk kompos.

 ISSN 2987-677X



Gambar 11. Hasil Uji Laboratorium Kandungan Pupuk Kompos

Gambar 11, menunjukkan produk jadi pupuk kompos dan hasil pengujian Laboratorium Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan Fakultas Pertanian IPB yang menyatakan bahwa pupuk kompos yang dihasilkan telah memenuhi persyaratan kriteria standar mutu pupuk.

Kesimpulan

Project ini menjelaskan bahwa kandungan pada limbah ampas kopi masih memiliki nilai kalori sehingga bisa menjadi substitusi energi baru terbarukan. Hal ini dibuktikan dengan dipakainya limbah ampas kopi kering pada mesin *boilermass,* bahan baku pembuatan briket serta bahan baku pembuatan pupuk kompos. Project ini memiliki manfaat yang cukup besar untuk perusahaan, dimana perusahaan dapat melakukan efisiensi sebesar 55% dari substitusi bahan bakar GAS PGN menggunakan ampas kopi dan briket. Perusahaan juga berhasil mendapatkan Penghargaan Industri Hijau Level 5 (Gambar 12), Sertifikasi Industri Hijau (Gambar 13) serta Penghargaan Proper setiap tahun (Gambar 14).



Gambar 12. Penghargaan Industri Hijau



Gambar 13. Sertifikasi Industri Hijau



Gambar 14. Penghargaan Proper

Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih ditujukkan kepada Bapak Gunantyo selaku MDH M2 PT Torabika Eka Semesta (Mayora Group), Ibu Ir. Lusia Permata S.H, S.T.,M.Eng.,CIOMP.,IPM.,ASEAN Eng., Ibu Dra. Ir. Adriana Anteng Anggrowati, M.Si., IPU, Bapak Dr. Ir. Ivan Gunawan, S.T., M.MT., CSCM., IPM., ASEAN Eng. dan Bapak Ir. Rasional Sitepu, M.Eng., IPU., ASEAN Eng. selaku Dosen Pembimbing, serta rekan-rekan tim PT. Torabika Eka Semesta, yaitu Saudara Eka Kadarisman, Saudari Valentine Surono, Saudara Akbar Felayati dan Saudara Dadan Sulaeman.

 ISSN 2987-677X

Referensi

Fatchur, H, A. Sheva dan M. Luthfi (2021). Pemanfaatan Limbah Ampas Kopi sebagai Upada Pemberdayaan Petani Kopi di CV. Frinsa Agrolestari Bandung Jawa Barat, Jurnal Sains Terapan Vol. 11 (2):60-69.

Khusna, Dwi dan Joko Susanto (2015). Pemanfaatan Limbah Padat Kopi sebagai Bahan Bakar Alternatif dalam Bentuk Briket Berbasis *Biomass* (Studi Kasus di PT. Santos Jaya Abadi *Instant Coffee*), Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III, hlm 247-260.

Petunjuk Operasional PT. KIS (2019). Tangerang: PT. KIS.

Yansen, A (2021). Technology of Renewable Energy and Development. Jakarta: STIE Bhakti Pembangunan.

 ISSN 2987-677X

Menurunkan *Variance Raw material* Malkist Abon dari 7.08% menjadi 5.42% dengan Pembuatan Ruang Saur Abon Sistem HVAC

Bowo Winarso[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ bowo.winarso@mayora.co.id

Variance raw material **merupakan selisih antara standar dan aktual pemakaian *raw material*. Tingginya actual pemakaian *raw material* pada produk Malkist Abon PT XYZ disebabkan oleh banyaknya *reject* berupa biskuit *blackspot*, biskuit dempet, dan sauran tidak rata pada biskuit. Ketiga jenis *reject* ini disebabkan karena bahan baku saur abon bersifat higroskopis, sehingga sangat sensitif terhadap perubahan suhu dan kelembaban udara sekitar. Solusi perbaikan yang dilakukan pada penelitian ini adalah membuat ruangan khusus dengan sistem HVAC, sehingga suhu dan kelembaban udara di sekitar proses penaburan saur abon dapat dikendalikan. Sistem HVAC terdiri dari tiga komponen, yaitu *heating*, *ventilation*, dan *air conditioning*. Hasil evaluasi setelah implementasi perbaikan menunjukkan bahwa jumlah *reject* biskuit *blackspot*, biskuit dempet, dan sauran tidak rata pada biskuit berkurang cukup signifikan.**

Kata kunci: *Variance, Raw material*, Saur Abon, Sistem HVAC

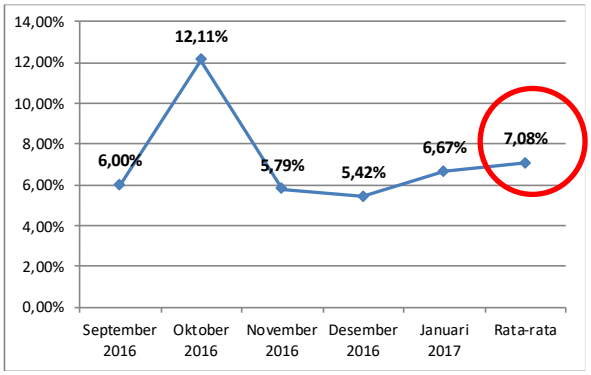
Pendahuluan

Malkist Abon merupakan salah satu produk biskuit kategori *Non-Butter Cookies* yang diproduksi oleh PT XYZ. Proses pembuatan Malkist Abon dimulai dari proses pencampuran *raw material* adonan, pemotongan dan pembentukan adonan, penaburan saur abon, pemanggangan biskuit, pendinginan biskuit dengan suhu ruang, dan pengemasan biskuit hingga menjadi *finished good.*

Variance raw material merupakan banyaknya selisih antara aktual pemakaian bahan baku terhadap standar pemakaian bahan baku yang sudah ditetapkan untuk menghasilkan *finished good*, dan dihitung dalam satuan *value* (Rupiah). Berikut ini rumus perhitungan *variance*:

$$Variance\ (\%) = \left(\frac{(aktual\ pemakaian\ (Rp)\ -\ standar\ pemakaian\ (Rp))}{standar\ pemakaian\ (Rp)}\right) x\ 100$$

Pengambilan data selama lima bulan dari September 2016 – Januari 2017 menunjukkan bahwa rata-rata *variance raw material* Malkist Abon sebesar 7,08% atau setara dengan kerugian Rp 588.511.178.

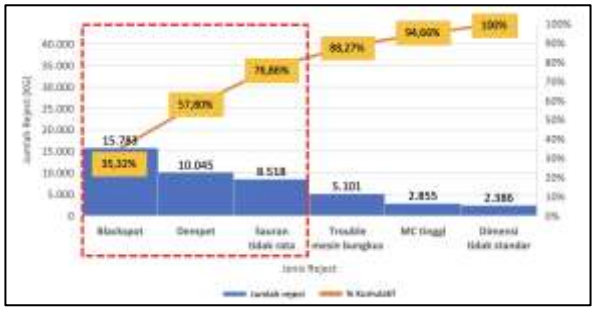


Gambar 1. *Variance Raw Material* Malkist Abon (September 2016 – Januari 2017)

Pemborosan *raw material* dapat diakibatkan oleh beberapa penyebab, salah satunya yaitu adanya *reject* dari proses produksi. Produk *reject* adalah produk yang dihasilkan dari proses produksi yang tidak memenuhi standar kualitas yang sudah ditentukan (Puspasari, Mustomi, & Anggreani, 2019, p.72). Adanya *reject* ini menyebabkan pemakaian *raw material* untuk menghasilkan *finished good* menjadi lebih banyak dari standar yang sudah ditetapkan.

Beberapa jenis *reject* Malkist Abon yang paling banyak terjadi, antara lain biskuit *blackspot*, biskuit dempet, sauran abon pada biskuit tidak rata, *reject* efek *trouble* mesin bungkus, MC biskuit tinggi, dan dimensi biskuit tidak standar.

Dalam penelitian ini digunakan Diagram Pareto untuk menentukan prioritas penyebab masalah yang harus diselesaikan. Prinsip Pareto disebut juga dengan Prinsip 80-20, yaitu menyelesaikan 20% masalah yang berdampak terhadap 80% hasil kerja (Saefullah et al., 2023, p.2)



Gambar 2. Diagram Pareto *Reject* Malkist Abon (September 2016 – Januari 2017)

Data *reject* Malkist Abon pada Gambar 2 di atas menunjukkan bahwa jenis *reject* dengan kuantitas paling banyak adalah biskuit *blackspot,* biskuit dempet, dan sauran abon pada biskuit tidak rata. *Blackspot* adalah bintik hitam yang terdapat di permukaan biskuit. Biskuit dempet

 ISSN 2987-677X

merupakan kondisi dimana dua biskuit yang bersebelahan masih menyatu. Dan sauran abon tidak rata adalah kondisi dimana saur abon jatuh hanya pada sebagian permukaan biskuit.



Gambar 3. Contoh Biskuit *Blackspot* (Kiri), Biskuit Dempet (Tengah), dan Sauran Abon pada Biskuit Tidak Rata (Kanan)

Melalui penelitian ini akan dilakukan analisa penyebab dari masing-masing jenis *reject* dan rancangan perbaikan yang sesuai untuk menurunkan *variance* raw material Malkist Abon.

Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 3.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Hasil Kerja

Analisis Penyebab

Tahap pertama yang dilakukan untuk mengidentifikasi penyebab masalah adalah *branstorming* dan observasi di lapangan. Hasil dari *brainstorming* dan observasi ini kemudian dituangkan ke dalam Diagram Fishbone.

Diagram Fishbone atau yang biasa disebut Diagram Sebab-Akibat merupakan salah satu alat pengendali kualitas yang tujuannya untuk menganalisis secara sistematis seluruh penyebab potensial yang dapat menyebabkan suatu masalah (Hamidy, 2016, p.1)

Dari hasil Diagram Fishbone, kemudian didapatkan factor-faktor dan akar penyebab (*root cause*) yang mengakibatkan terjadinya *reject* biskuit *blackspot*, biskuit dempet, dan sauran abon pada biskuit tidak rata yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor dan Akar Penyebab Masalah

Jenis Reject	Penyebab	Akar Penyebab
Biskuit *blackspot*	*Wiremesh* abon kotor	Material abon bersifat higroskopis
Biskuit dempet	Deposit abon lembab menempel dan menyebabkan *wiremesh* tersendat	Suhu area panas (34-39°C)
Sauran abon pada biskuit tidak rata	Deposit abon lembab menempel pada sikat *springkle*	Suhu area panas (34-39°C)

Salah satu *raw material* yang terdapat dalam saur abon adalah *flavor. Flavor* bersifat higroskopis, produk yang bersifat higroskopis sangat sensitif terhadap perubahan kelembaban udara. Material tersebut akan dengan mudah mengabsorpsi atau menyerap kelembaban udara, sehingga menyebabkan saturasi kelembaban dari material tersebut mengalami peningkatan. Dampaknya produk higroskopis akan menyerap uap air lebih kuat sehingga produk menjadi lebih mudah menggumpal (Amini et al, 2023, p.104). Untuk mencegah hal ini, area untuk penaburan saur abon harus dikondisikan dengan suhu 22-29°C dan tingkat *Relative Humidity* (RH) dibawah 60%.

Tabel 2. Perbandingan Pengamatan MC Saur Abon

Pengamatan	MC Abon Fresh	MC Abon Setelah 5 Jam
Ruang A (Suhu 23°C, RH 55%)	0,58%	1,16%
Ruang B (Suhu 37°C, RH 71%)	0,58%	2,39%

Tabel 2. di atas menunjukkan hasil pengamatan *moisture content* (MC) abon pada Ruang A dengan suhu 23°C dan RH 55%, dan Ruang B dengan suhu 37°C dan RH 71%. Dapat dilihat bahwa MC abon setelah 5 jam pada Ruang B naik signifikan sebesar 2,39% (kenaikan 312%) dibandingkan MC abon di Ruang A sebesar 1,16% (kenaikan 100%).

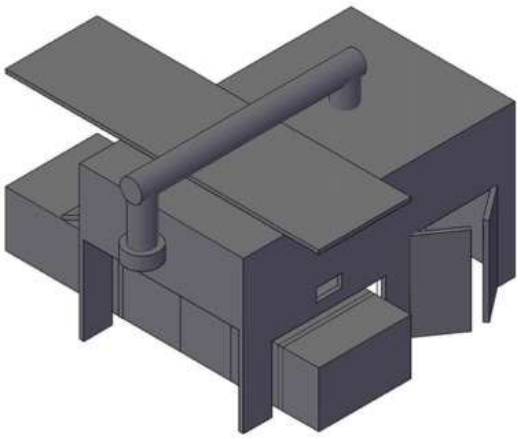
Merencanakan dan Menerapkan Perbaikan

Material abon yang bersifat higroskopis dapat ditanggulangi dengan menjaga suhu area sekitar dengan rentang 22-29°C dan tingkat RH dibawah 60%. Perbaikan masalah dalam penelitian ini dilakukan dengan membuat ruangan khusus proses penaburan saur abon dengan sistem *Heating, Ventilation,* dan *Air Conditioning* (HVAC).

Sistem HVAC merupakan sistem pengkondisian udara yang terdiri dari sistem pemanas, sirkulasi udara, dan pendingin yang terintegrasi menjadi satu sistem. Variabel-variabel yang diatur dalam sistem HVAC adalah temperatur, *relative humidity* (RH), kecepatan udara, dan kebersihan udara di dalam ruangan (Faizal & Saputra, 2016, p.139)

Secara singkat, HVAC merupakan proses mengontrol udara di dalam ruangan untuk mendapatkan suhu dan kelembaban yang optimal guna meminimalisir udara panas. Dengan sistem HVAC, kelembaban ruangan dapat lebih di control.

 ISSN 2987-677X



Gambar 5. Desain Ruang Saur Abon dengan Sistem HVAC



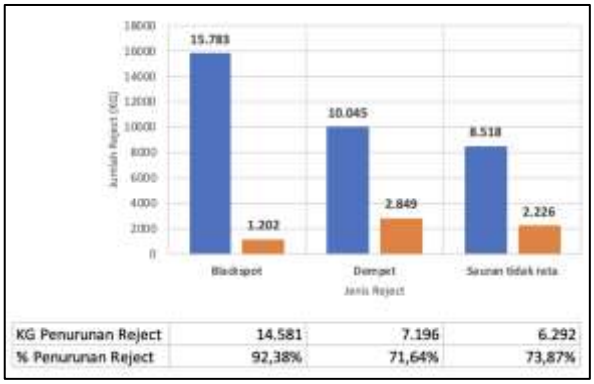
Gambar 6. Implementasi Ruang Saur Abon dengan Sistem HVAC

Terdapat tiga komponen di dalam sistem HVAC, yaitu:

1. *Heating*, merupakan suatu proses yang bertujuan untuk menghasilkan panas yang mengacu pada perpindahan panas terpusat atau sentral
2. *Ventilation*, merupakan proses mensirkulasikan udara yang ada di dalam dan luar dengan tujuan untuk meregenerasi oksigen di dalam suatu ruangan.
3. *Air Conditioning*, merupakan proses mendinginkan udara dengan cara melepaskan partikel panas, lalu menggantikannya dengan partikel yang lebih sejuk.

Evaluasi Hasil

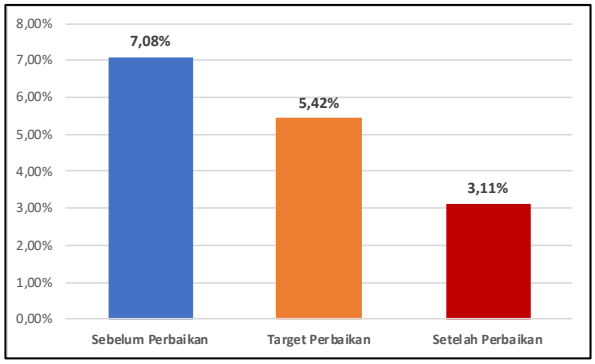
Hasil dari implementasi solusi kemudian dievaluasi untuk melihat perbandingan kondisi sebelum perbaikan dan setelah perbaikan. Evaluasi dilakukan selama lima bulan yaitu periode bulan Agustus – Desember 2017.



KG Penurunan Reject	14.581	7.196	6.292
% Penurunan Reject	92,38%	71,64%	73,87%

Gambar 7. Perbandingan Jumlah *Reject* Malkist Abon Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Dari hasil evaluasi solusi yang ditunjukkan pada Gambar 7, diketahui bahwa jumlah *reject* sesudah perbaikan berkurang cukup signifikan dibandingkan sebelum perbaikan. Jumlah *reject* biskuit *blackspot* berkurang 14.581 (92,38%), *reject* biskuit dempet berkurang 7.196 (71,64%), dan *reject* sauran tidak rata pada biskuit berkurang 6.292 (73,87%).



Gambar 8. Perbandingan *Variance Raw Material* Malkist Abon Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Pada Gambar 8 di atas diketahui bahwa persentase *variance raw material* Malkist Abon menurun cukup signifikan yaitu dari 7,08% menjadi 3,11%. Pencapaian ini bahkan lebih rendah dibandingkan target perbaikan *variance* yang ditentukan di awal yaitu sebesar 5,42%. Dari implementasi perbaikan ini diketahui nilai *cost saving* yang didapatkan sebesar Rp 434.136.448/bulan.

Kesimpulan

Dari uraian analisis di atas dapat disimpulkan bahwa tingginya *variance raw material* Malkist Abon paling banyak disebabkan oleh *reject* biskuit *blackspot*, biskuit dempet, dan *reject* sauran abon tidak rata pada biskuit. Ketiga jenis *reject* ini disebabkan karena bahan baku saur abon bersifat higroskopis, sehingga sangat sensititif terhadap perubahan suhu dan kelembaban udara sekitar.

Perbaikan yang dilakukan adalah membuat ruangan khusus dengan sistem HVAC, sehingga suhu dan kelembaban udara di sekitar proses penaburan saur abon dapat dikendalikan.

Hasil evaluasi setelah implementasi perbaikan menunjukkan bahwa jumlah *reject* biskuit *blackspot*, biskuit dempet, dan sauran tidak rata pada biskuit berkurang cukup signifikan secara total yaitu 28.069 kg atau setara dengan 81,72%. Hal ini juga berdampak terhadap penurunan persentase *variance raw material* Malkist Abon dari 7,08% menjadi 3,11%.

Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang berperan penting dan telah membantu dalam proyek penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada instansi yang telah mendanai proyek penulis.

 ISSN 2987-677X

Referensi

Amini, K., Susanto, E., & Suharto, S. (2023). Karakteristik fisikokimia flavor bubuk kepala udang vanamei (Litopenaeus vannamei) dengan perbedaan konsentrasi maltodekstrin pada metode foam mat drying. *Jurnal Ilmu dan Teknik Perikanan*, *5*(2), 104.

Faizal, M., & Saputra, R. (2016). Perancangan ulang sistem HVAC pada gedung perkantoran X di Jakarta dengan metode CLTD. *Jurnal Bina Teknika, 12*(1), 139.

Hamidy, F. (2016). Pendekatan analisis Fishbone untuk mengukur kinerja proses bisnis informasi e-koperasi. *Jurnal TeknoInfo, 10*(1), 1.

Puspasari, A., Mustomi, D., & Anggraeni, A. (2019). Proses pengendalian kualitas produk reject dalam kualitas kontrol pada PT. Yasufuku Indonesia Bekasi. *Jurnal Sekretari dan Manajemen, 3*(1), 72.

Saefullah, A., Fadli, A., Nurhayati, Agustina, I., & Abas, F. (2023). Implementasi prinsip Pareto dan penentuan biaya usaha seblak NahaRindu. *Jurnal Media Wahana Ekonomika, 20*(1), 2.

 ISSN 2987-677X

Pengembangan Peta Kendali Untuk Memonitor Karakteristik Kualitas Produk Busan 1.000 Kg Di PT Daesang Ingredients Indonesia

Fahruddin Fahmi Apta[1] Ivan Gunawan[2] Julius Mulyono[3]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ fahmiapta13@gmail.com

Pengembangan peta kendali untuk monitoring karakteristik kualitas produk Busan 1.000 Kg dilakukan untuk menjaga kualitas dan mengidentifikasi kemampuan dan kestabilan proses produksi MSG. Pengendalian kualitas menggunakan peta kendali multivariat berbasis nilai residual lebih sesuai digunakan. Nilai residul didapatkan melalui model ARIMA yang telah terbentuk dan sudah dilakukan pengujian IIDN untuk mengetahui apakah model tersebut telah memenuhi aspek IIDN sebelum dilakuakn pembentukan peta kendali Multivariat berbasis nilai residual dan didapatakan peta kendali T^2 Hotelling sebgai peta kendali yang sesuai untuk memonitor proses produksi MSG.

Kata kunci: Peta Kendali Multivariat T^2Hotelling, ARIMA , empat. IIDN.

Pendahuluan

Peta kendali adalah alat yang digunakan untuk memonitor kondisi suatu proses untuk mengidentifikasi kestabilan proses dengan memastikan bahwa plot masih berada pada batas kendali. Menurut wheeler dan Chamber (1986), peta kendali adalah suatu grafik yang digunakan untuk meamantu kinerja suatu proses secara statistik jika data dari proses berada pada batas terkendali maka proses bisa dikatakan terkendali secara statistik. Terdapat peta kendali multivariat yang digunakan ketika sebuah data memiliki dua atau lebih karakteristik kualitas dan data tersebut berautokorelasi. Menurut Montgomery (2013) Peta kendali multivariat lebih sesuai jika digunakan pada industri yang menggunakan bahan baku kimia dan proses nya berlangsung secara kontinyu. Sebagai indikator analisis untuk memonitor parameter pengendalian kualitas dari produk busan 1.000 kg berdasarkan dari data yang telah dikumpulkan maka diperlukan penentuan peta kendali yang sesuai untuk setiap paramater spesifikasi yang telah ditentukan perusahaan supaya analisis terhadap parameter *mesh size* "16up - 40", "40 - 50", "60dn", *bulk density* (BD), dan *colour value (*CV) lebih akurat dan tidak terjadi *false alarm* karena pada sistem QC belum ada penggunaan peta kendali untuk memonitor karakteristik kualitas produk MSG. Hasil akhir dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi saran bagi perusahaan dalam mengaplikasikan peta kendali yang sesuai untuk industri *monosodium glutamate* (MSG).Hasil dari penelitian tersebut untuk memonitor suatu proses yang berautokorelasi dapat menggunakan peta kendali T^2 *Hotelling* yang dibentuk berdasarkan nilai residual.

Metode

- Pengumpulan Data.
  Pengumpulan data dilakukan menggunakan acuan data sekunder buku produksi MSG bulan Februari – Mei.
- Pembuatan Peta Kendali Fase I
  - Pengujian Korelasi
  - Pengujian IIDN
  - Pembentukan Model ARIMA
  - Pembuatan Peta Kendali Residual
  - Membuang data yang keluar dari batas kendali
- Pembuatan Peta Kendali Fase II
  - Pembrntukan Peta Kendali Fase II Dari Nilai Plotted Point.
- Analisis Kapabilitas Proses Multivariat

Hasil Kerja

Uji Korelasi

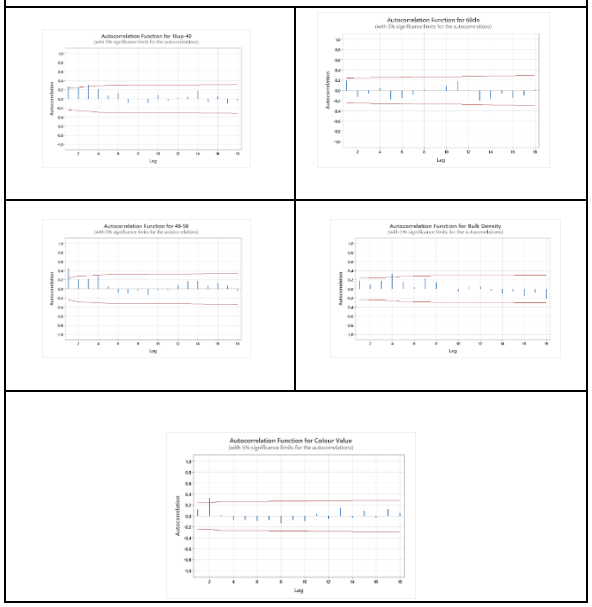
Hasil Pengujian korelasi antar variabel diperlukan untuk mengetahui adakah suatu hubungan korelasi antar parameter yang diuji. Untuk mengetahui ada atau tidaknya korelasi antar parameter dengan melihat nilai *p-value* dari hasil pengujian korelasi. Apabila nilai *p-value* lebih besar dari nilai α ($\alpha = 0{,}05$) dapat dipastikan bahwa tidak ada hubungan korelasi antar parameter kualitas MSG.

 ISSN 2987-677X

Uji Autokorelasi

pengujian autokorelasi untuk mengetahui adanya hubungan korelasi tiap paramater kualitas terhadap perubahan waktu. Uji autoktorelasi dilakukan menggunakan plot *autocorelation function* (ACF). Grafik visual menunjukan apabila terdapat garis lag (garis vertikal berwarna biru) yang melebihi batas signifikan (garis horisontal berwarna merah) dapat disimpulkan bahwa data tersebut berautokorelasi**.**

Plot ACF



Pengujian IIDN

Pengujian Identik Independen Berdistribusi Normal (IIDN) dilakukan untuk megetahui apakah data yang disajikan layak dan memenuhi syarat untuk proses pembentukan peta kendali berbasis nilai residual. Pengujian IIDN dilakukan melalui uji normalitas dan melakukan uji independen menggunakan plot ACF, dan uji identik dilakukan untuk memastikan data menyebar secara acak. Apabila data telah memenuhi aspek IIDN maka dapat dilanjutkan pembentukan model ARIMA dan pembentukan peta kendali berbasis nilai residual.

Model ARIMA

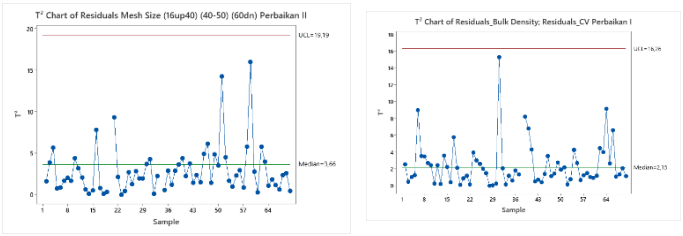
Model *time series* ARIMA merupakan model umum untuk data *time series* dan sesuai dengan namanya ARIMA memiliki komponen *autoregressive* (AR), *integrated* (I) yang menandakan diferensiasi, *moving avarage* (MA). Sebagai langkah menentukan dan mengestimasi sebuah model ARIMA dapat dilakukan dengan melihat pola dari plot ACF dan PACF lalu ditentukan kategori model AR (p) dan MA (q) yang sesuai. Plot ACF dan PACF yang sudah tersedia pada Tabel 4.8 dapat dijadikan sebagai acuan penentuan model. Estimasi model bisa dilakukan dengan *trial and eror* dengan mencoba beberapa model ARIMA (p, d, q). Setelah itu dilakukan pengujian IIDN terhadap residual dari ARIMA (p, d, q), apabila nilai residual telah memenuhi syarat pengujian IIDN (identik, independen, berdistribusi normal), maka model ARIMA (p, d, q) dapat disimpulkan bahwa model tersebut sesuai dan dapat dilanjutkan dengan pembuatan peta kendali multivariat T^2 Hotelling berbasis nilai residual.

Tabel 1 Model ARIMA

Variabel	*P-Value*	*P-Value*
X_1 *Mesh size* "16up-40"	ARIMA (0,1,1)	MA (1) = 0,00
X_2*Mesh Size "40-50"*	ARIMA (0,1,2)	MA (1) = 0,00
		MA (2) = 0,00
X_3*Mesh Size "60dn"*	ARIMA (0,0,1)	MA (1) = 0,03
		Const = 0,00
X_4 *Bulk Density*	ARIMA (0,0,1)	MA (1) = 0,00
X_5 *Colour Value*	ARIMA (1,1,0)	AR (1) = 0,00

Peta Kendali Multivariat T² Hotelling Fase I

Peta kendali multivariat T^2 *Hotelling* dibentuk melalui nilai residual model ARIMA yang telah terbentuk dan telah melalui uji IIDN. Proses pembentukan peta kendali multaviarat berbasis nilai residual ini diawali dengan membuat peta kendali T^2 *Hotelling* untuk nilai residual dari *mesh size* "16up – 40", "40 – 50", "60dn", *Bulk density,* dan *Colour Value.*

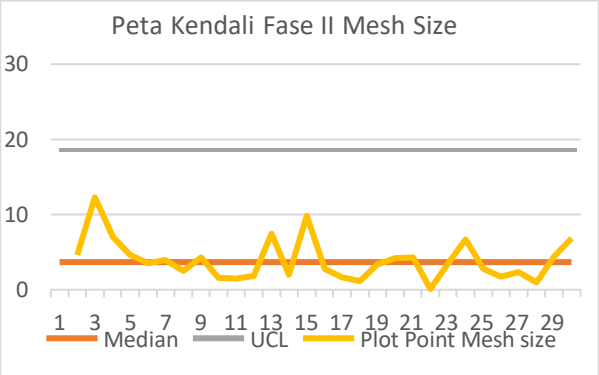


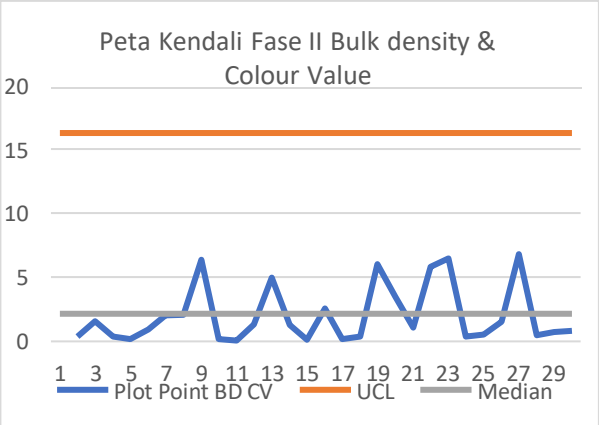
Gambar 1 Peta Kendali T² Hotelling Fase I

Peta Kendali Multivariat T²Hotelling Fase II

Peta kendali fase II digunakan untuk mengamatai pola peta kendali yang terbentuk dan melihat adanya pergeseran *mean* pada peta kendali fase II. Data yang digunakan pada proses pembentukan peta kendali fase II adalah data *plotted point* dari pembentukan peta kendali residual T^2 *Hotelling* fase II dan batas kendali ditentukan dari nilai batas kendali peta kendali fase I. Nilai residual didapatkan melalui pemebentukan model ARIMA yang sama dengan fase I dan menggunakan data produksi busan 1.000 kg bulan Mei sebanyak 30 data.

 ISSN 2987-677X





Gambar 2 Peta Kendali T^2 Hotelling Fase II

Analisis Kapabilitas Proses Multivariat

Indeks kapabilitas proses digunakan untuk mengetahui proses produksi MSG produk Busan 1.000kg telah memenuhi kriteria kapabel. Kapabilitas proses dilakukan ketika proses telah terkendali secara stastitik. Pada penelitian saat ini indeks kapabilitas proses yang digunakan yaitu dan menggunakan kapablitas proses *one sides* C_{pk} karena hanya terdapat satu batasan saja dengan menggunakan metode pembobotan berdasarkan prioritas urutan yang telah dilakukan perhitungan.

Rank	Variabel	Bobot	Cpk
1	X_2 *Mesh Size "40 – 50"*	0,50	0,96
2	X_3 *Mesh Size "60dn"*	0,33	0,78
3	X_1 *Mesh Size "16up – 40"*	0,17	1,60

$$MC_{Pk} = (w_1 \times C_{pk1}) + (w_2 \times C_{pk2}) + (w_3 \times C_{pk3})$$

$$MC_{Pk} = (0{,}50 \times 0{,}96) + (0{,}33 \times 0{,}78) + (0{,}17 \times 1{,}60)$$

$$MC_{Pk} = 1{,}01$$

Rank	Variabel	Bobot	Cpk
1	X_5 *Colour Value*	0,67	2,05
2	X_4 *Bulk Density*	0,33	1,61

$$MC_{Pk} = (w_1 \times C_{pk1}) + (w_2 \times C_{pk2})$$

$$MC_{Pk} = (0{,}67 \times 2{,}05) + (0{,}33 \times 1{,}61)$$

$$MC_{Pk} = 1{,}90$$

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis untuk menyusun peta kendali yang sesuai dengan industri MSG sebagai berikut:

1. Model ARIMA layak digunakan sebagai awal penyusunan peta kendali residual.
2. Peta kendali multivariat T^2 *Hotelling* dapat digunakan sebagai alat monitoring karakteristik kualitas produk MSG Busan 1.000 Kg.

Menetapkan nilai *upper control limit* (UCL) sebesar 19,19 dan nilai median 3,66 untuk variabel *mesh size* dan nilai *upper control limit* (UCL) sebesar 16,26 dengan nilai median 2,15 untuk variabel *bulk density* dan *colour value*.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada orang-orang berperan penting dalam membantu proyek penulis dan dosen pembimbing panutan dan kebanggaan saya.

Referensi

Arista, F. D., Ramadini, S. D., & Ahsan, M. (2021). *Pengendalian Kualitas Statistik Pada Tepun Terigu Menggunakan Peta Kendali Multivariat*.

DeLurgio, S. A. (1998). *Forecasting Principles and Applications*. Irwin/McGraw-Hill.

Dirgantara, A., Jinda, A. L., Rinanda, M. F., Nur, I. M., & Fauzi, F. (2020). Peramalan Inflasi Di Kota Surakarta Menggunakan Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA).

Djawoto. (2010). *Peramalan Laju Inflasi Dengan Metode Autoregressive Integrated Moving Avarage (ARIMA)*.

Elevli, S., Uzgoeren, N., & Savas, M. (2009). *Control Charts for Autocorrelated Colemanite Data*.

Gunawan, I. (2010). *Aplikasi Peta Kendali Multivariat Untuk Data Observasi Yang Berautokorelasi.*

Jarrett, J. E., & Pan, X. (2007). *Monitoring Variability and Analyzing Multivariate Autocorrelated Processes*, *34*(4).

Kurnia, J. D., Retnaningsih, S. M., & Aridinanti, L. (2013). *Analisis Kapabilitas Proses Produksi Monosodium Glutamat (MSG) di PT. Ajinomoto Indonesia*.

Lembang, F. K. (2016). Prediksi Laju Inflasi di Kota Ambon Menggunakan Metode ARIMA Box Jenkins.

Lubis, R. M. F., Situmorang, Z., & Rosnelly, R. (2021). Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA-Box Jenkins) Pada Peramalan Komoditas Cabai Merah di Indonesia.

Makridakis, S., Wheelwright, S., & McGEE, V. (1995). *Metode Dan Aplikasi Peramalan* (Kedua ed.). Erlangga.

Montgomery, D. C. (2013). *Statistical Quality Control*. Wiley.

 ISSN 2987-677X

Pratiwi, Z. I., & Aksioma, D. F. (2018). *Pengendalian Kualitas Multivariat pada Proses Produksi Rokok W di PT. I*.

Pudjihardjo, I. (2018). *Multivariate control chart data berautokorelasi di industri minyak goreng.*

Rimantho, D., & Athiyah. (2019). *Analisis Kapabilitas Proses Untuk Pengendalian Kualitas Air Limbah Di Industri Farmasi*.

Saqti, C. A. (2018). *Analisis Kapabilitas Proses Pupuk Urea Di PT . Petrokimia Gresik*.

Taufiqi, M. S. (2018). *Pengendalian Kualitas Gula Kristal Putih (GKP) di PG Tjoekir Jombang Menggunakan Diagram Kontrol Multivariat Berbasis Time Series.*

Trydini, T. R., Nur, H., & Huda, M. (2023). *Prediksi Harga Saham Menggunakan Model Autoregressive Integrated Moving Avarage Dengan Innovational Outlier*.

Wheeler, D. J., & Chambers, D. S. (1986). *Understanding Statistical Process Control*. Addison-Wesley.

Widiyantoro, E. R. (2018). *Pengendalian Kualitas Tetes Tebu di PG Tjoekir Jombang Menggunakan Peta Kendali Multivariate Time Series*

 ISSN 2987-677X

Analisis *Total Productive Maintenance* Mesin Niagara Filter dengan Metode *Overall Equipment Effectiveness* dan *Failure Mode and Effect Analysis* di PT. A

Matilda Theresia Renwarin[1,2] , Suratno Lourentius[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ matildarenwarin@gmail.com

✉ suratno.lourentius@ukwms.ac.id

Pada proses *Refinery Crude Palm Oil* dalam industri hilir kelapa sawit, mesin Niagara Filter menjadi parameter penting untuk menentukan capaian proses produksi yang meliputi kapasitas produksi dan kualitas produk yang dihasilkan. Analisis *Total Productive Maintenance* (*TPM*) pada Niagara Filter dilakukan dengan metode *Overall Equipment Effectiveness* (*OEE*) dan identifikasi penyebab permasalahan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (*FMEA*) untuk mengetahui efektivitas mesin Niagara Filter di PT A. *Total Productive Maintenance* berdasarkan hasil analisis *OEE*, menunjukan bahwa efektivitas mesin Niagara Filter berada pada nilai 86,14% dengan nilai rata-rata *availability* sebesar 92,17%, *performance efficiency* sebesar 93,45%, dan *quality rate* sebesar 100%. Hasil penilaian *FMEA* dengan *RPN* (angka prioritas risiko) adalah 252 dan 224. Prioritas perbaikan tertinggi untuk penanggulangan masalah tersebut adalah melakukan material handling sebelum dilakukan pengolahan pada Refinery Plant.

Kata kunci: *Failure Mode and Effect Analysis,* Niagara Filter, *Overall Equipment Effectiveness*

Pendahuluan

Pada proses *Refinery Crude Palm Oil* (*CPO)* dalam industri hilir kelapa sawit terdiri dari proses *degumming, bleaching, filtration,* dan *deodorization* untuk menghasilkan produk yang disebut sebagai *Refined Bleached Deodorize Palm Oil* (*RBDPO*). Filtrasi adalah proses pemisahan *Bleaching Earth* (*BE*) yang ditambahkan pada tahap *bleaching* dimana *BE* telah mengadsorpsi gum/getah yang merupakan senyawa fosfatida dalam *CPO* (Morad, 2006) akan dipisahkan sebagai *Spent Bleaching Earth* (*SBE*). Proses filtrasi tersebut menggunakan Niagara Filter untuk menyaring minyak sehingga diperoleh *Bleached Palm Oil* (*BPO*) yang bersih dari partikel *SBE* dan pengotor lainnya. *BPO* kemudian akan melalui proses *deodorization* untuk menghilangkan kadar asam lemak bebas (*FFA*), bau, komponen volatil lainnya, dan memecahkan pigmen warna.

Proses filtrasi dengan Niagara Filter menjadi salah satu titik *Operational Prerequisite Program* (*OPRP*) dalam *Hazard Analysis & Critical Control* Point (*HACCP*) untuk memastikan bahaya (*SBE*) dapat dikendalikan atau dalam batasan yang dapat diterima sehingga proses operasi dan kualitas operationalnya menjadi parameter penting dalam proses produksi karena dapat mengganggu capaian proses produksi meliputi kapasitas produksi dan kualitas produk.

Total Productive Maintenance (*TPM)*

TPM adalah metode untuk meningkatkan keseluruhan efektifitas peralatan dengan melibatkan pelaksana pekerjaan secara aktif. Tujuan dari *Total Productive Maintenance* (*TPM*) adalah untuk mengurangi atau menghilangkan pemborosan (*waste/ losses*) yang terjadi dalam operasi peralatan yang ditunjukkan dengan nilai *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* yang maksimal. Adanya *TPM* dimaksudkan agar kolaborasi antara proses produksi dan pemeliharaan secara bersama-sama mengalami peningkatan berkelanjutan.

Overall Equipment Effectiveness (*OEE*) (Nakajima, 1998)

OEE merupakan metode dalam perhitungan *TPM* yaitu perhitungan nilai efektivitas suatu mesin atau peralatan melalui performa sebuah sistem *maintenance*. Persentasi nilai *OEE* akan menunujukan ukuran menyeluruh yang mengidentifikasi tingkat efektifitas peralatan dan kinerjanya secara teori. *OEE* memiliki tiga variable perhitungan yaitu *availability, performance efficiency, dan quality efficiency* dihitung berdasarkan persamaan (1).

$$OEE = AR \times PR \times QR \quad (1)$$

Berdasarkan *Japan Institure Plant of Maintenance* (JIPM) nilai ideal atau standar *OEE* adalah sebagaimana tercantum pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Nilai Ideal Standar *OEE* menurut JIPM

Faktor *OEE*	Nilai %
Availability Rate (*AR*)	90
Performance Rate (*PR*)	95
Quality Rate (*QR*)	99
Overall Equipment Effectiveness (*OEE*)	85

***Availiability Rate* (*AR*)** mengukur seberapa lama waktu ketersedian mesin dalam melakukan kegiatan proses produksi sesuai persamaan (2). *Loading time* adalah waktu yang tersedia dalam satu periode waktu dengan *downtime* yang direncanakan (*planned downtime*).

$$AR = \frac{Loading\ Time - Downtime}{Loading\ Time} \times 100\% \quad (2)$$

 ISSN 2987-677X

Dimana:
$Loading\ time = Total\ Available\ Time - Planned\ Downtime$
$Downtime = Breakdown + Set\ up$

Total available time adalah total waktu produksi yang tersedia dalam satu periode waktu tanpa adanya interupsi apapun. *Planned downtime* adalah waktu downtime mesin untuk pemeliharaan kegiatan manajemen terjadwal lainnya. *Breakdown* adalah downtime tidak terjadwal mesin akibat adanya perbaikan terhadap kerusakan alat. Set up adalah waktu yang dibutuhkan untuk mempersiapkan alat sebelum dapat beroperasi normal

***Performance Efficiency Rate* (*PR*)** mengukur efisiensi kapasitas mesin dalam melakukan proses produksi sesuai persamaan (3). *Performance rate* adalah rasio kuantitas produk yang dihasilkan dikali waktu siklus idealnya terhadap waktu yang tersedia untuk melakukan produksi (*operation time*).

$$PR = \frac{Processed\ amount \times ICT}{Operation\ time} \times 100\% \quad (3)$$

Terdapat tiga faktor atau variabel dalam perhitungan *performance rate* yaitu:

1) *Ideal cycle time* (*ICT*) adalah waktu siklus ideal yang dibutuhkan mesin dalam suatu proses produksi dimana mesin tidak mengalami gangguan.
2) *Processed amount* adalah jumlah aktual barang yang diproses dalam suatu produksi
3) *Operation time* adalah waktu operasi mesin

***Quality Rate* (*QR*)** mengukur tingkat kesesuaian produk yang memenuhi standar dengan total jumlah produk yang dihasilkan selama proses produksi sesuai persamaan (4).

$$QR = \frac{Processed\ amount - Defect\ Amount}{Processed\ amount} \times 100 \quad (4)$$

Six Big Losses

Kegiatan yang dilakukan dalam *TPM* memiliki tujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan mesin dan *downtime* pada prose produksi. Kategori kerugian besar dapat dikelompokan dalam *Six Big Losses* dengan tiga kategori utama, yaitu sebagai berikut: (Nakajima, 1988)

1. *Downtime*
   a. *Equipment failure/breakdown Losess* (*EFL*) yaitu, kerugian yang disebabkan oleh kerusakan mesin yang menyebabkan mesin tidak beroperasi dan dihitung dengan persamaan (5) sebagai berikut:
   $$EFL = \frac{Total\ breakdown\ time}{Loading\ time} \times 100\% \quad (5)$$
   b. *Set up and adjustment Losses* (*SAL*) yaitu kerugian yang disebabkan karena pemasangan, penyetelan atau ganti produk (penyesuaian).
   $$SAL = \frac{Total\ SAL\ time}{Loading\ time} \times 100\% \quad (6)$$
2. *Speed Losses* (Penurunan Kecepatan)
   a. *Idling and minor stoppages Losses* (*IMSL*) yaitu kerugian yang disebabkan oleh mesin beroperasi tanpa beban maupun berhenti sesaa dan
   $$IMSL = \frac{(Target\ production - Actual\ production)}{Loading\ time} \times 100\% \quad (7)$$
   b. *Reduced Speed Losses* (RSL) yaitu kerugian karena penurunan kecepatan produksi.
   $$RSL = \frac{(Target\ production - Actual\ production)}{Target\ production} \times 100\% \quad (8)$$
3. *Defects* (Cacat)
   a. *Process Defect Losses* (*PDL*) yaitu kerugian karena produk cacat maupun karena kerja produk diproses ulang.
   $$PDL = \frac{Total\ production - Total\ defect}{Total\ production} \times 100\% \quad (9)$$
   b. *Reduce Yield Losses* (RYL) yaitu kerugian pada awal waktu produksi hingga mencapai waktu produksi stabil.
   $$RYL = \frac{Total\ reduced\ yeild \times ICT}{Loading\ time} \times 100\% \quad (10)$$

***Failure Mode and Effect Analysis* (*FMEA*)**

FMEA adalah metode untuk mengidentifikasi dan mencegah mode yang menyebabkan kegagalan sehingga dapat meningkatkan kepuasan pelanggan yang menggunakan produk tersebut. Tiga variable yang digunakan dalam metode *FMEA* adalah *severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D). Perkalian terhadap ketiga variable tersebut disebut sebagai *Risk Priority Number* (*RPN*) sesuai persamaan (11). Nilai *RPN* menunjukkan tingkat prioritas penyebab kegagalan pada proses yang dianalisis. Semakin tinggi nilai *RPN* maka urutan prioritas perbaikan semakin tinggi.

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \quad (11)$$

Severity merupakan suatu perkiraan subjektif tentang tingkat pengaruh yang pengguna rasakan akibat dari suatu kegagalan seperti yang disebutkan pada Tabel 2 berikut (McDermott, 2009).

Tabel 2. Kriteria Peringkat *Severity* dalam *FMEA*

Rank	Kriteria
1	*Negligible severity* (pengaruh yang diabaikan). Pengguna tidak akan memperhatikan kecacatan ini
2	*Mild severity* (pengaruh buruk yang ringan). Perbaikan dapat dikerjakan pada saat pemeliharaan regular
3	Pemeliharaan regular
4	*Moderate severity* (pengaruh yang moderat).

 ISSN 2987-677X

5	Pengguna merakan penurunan kinerja, namun masih dalam batas toleransi
6	Perbaikan yang dilakukna tida mahal dan dapat selesai dalam waktu singkat
7	*High severity* (pengaruh buruk yang tinggi). Pengguna akhir akan merasakan akibat buruk yang tidak akan diterima dan berada diluar batas toleransi
8	Perbaikan yang dilakukan sangat mahal
9	*Potential safety problem* (masalah keamanan potensial). Akibat yang ditimbulkan berpengaruh terhadap keselamatan pengguna
10	Bertentangan dengan hukum

Occurrence menunjukkan nilai keseringan suatu masalah yang terjadi karena *potential cause*. Penilaian nilai *occurrence* disebutkan pada Tabel 3 (McDermott, 2009).

Tabel 3. Peringkat *Occurrence* dalam *FMEA*

Rank	Degree	Frekuensi Kejadian (per 1000 item)
1	Remote	0,01
2	Low	0,1
3		0,5
4	Moderate	1
5		2
6		5
7	High	10
8		20
9	Very High	50
10		100

Detection Rate merupakan alat kontrol yang digunakan untuk menilai metode pencegahan yang telah dilakukan terhadap *potential cause.* Peringkat dampak dari pencegahan yang diterapkan untuk menanggani kegagalan disebutkan pada Tabel 4 (McDermott, 2009).

Tabel 4. Kriteria Peringkat *Detection Rate* dalam *FMEA*

Rank	Kriteria	Frekuensi
1	Metode pencegahan sangat efektif. Tidak ada kesempatan bahwa penyebab muncul	0,01
2	Kemungkinan penyebab terjadi sangat rendah	0,1
3		0,5
4	Kemungkinan penyebab terjadi bersifat moderat	1
5	Metode pencegahan kadang memungkinankan penyebab itu terjadi	2
6		5
7	Kemungkinan penyebab terjadi masih tinggi. Penyebab masih berulang Kembali	10
8		20
9	Kemungkinan penyebab terjadi sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif, penyebab selalu berulang kembali	50
10		100

Metode

Metode yang digunakan adalah metode kualitatif dan kuantitatif. Metode kualitatif merupakan data primer yaitu tahap pengumpulan data melalui observasi kondisi lapangan. Metode kuantitatif memperoleh data sekunder diperoleh dari data laporan produksi dan laporan maintenance yang berkaitan dengan mesin Niagara Filter. Data kuantitatif yang digunakan dalam artikel ini adalah pada periode Januari – Maret 2024.

Analisis data dilakukan dengan menggunakan *OEE*, Six Big Losses, dan Analisis *FMEA* sehingga evaluasi dan saran yang relevan dapat diberikan untuk meningkatkan *TPM*.

Hasil Kerja

Analisis *Overall Equipment Effectiveness* (*OEE*)

Availability Rate merupakan rasio *operation time* terhadap *loading time*. Dalam perhitungan *total available time*, setiap bulan memiliki jumlah hari operasi yang berbeda sesuai dengan rencana produksi.

Jumlah hari operasi mempengaruhi jumlah *Planned Downtime,* yaitu proses penggantian *Filter Leaves* untuk mencegah terjadinya kejenuhan filter. Tingkat kejenuhan filter yang terindikasi dari tekanan operasi mesin Niagara Filter. Frekuensi *Planned Downtime* dilakukan 4 (empat) hari sekali.

Downtime adalah total dari *set up* dan *breakdown* yang terjadi selama periode operasional. *Set up* adalah jumlah waktu mesin Niagara Filter berada dalam kondisi *standby* sebagai jeda antar setiap siklus atau *batch*-nya dengan durasi 2-3 menit. Yang termasuk dalam aktivitas *breakdown* adalah kegiatan perbaikan terhadap kondisi mesin (diluar *planned downtime*) yang menyebabkan mesin tidak dapat beroperasi. Berdasarkan data pengamatan, kegiatan *breakdown* yang terjadi, meliputi:

1) Penggantian *filter leaves* diluar *planned downtime*;
2) *Tapping filter leaves* yaitu melakukan perontokan padatan pada permukaan filter sebagai penanganan darurat jika filter terindikasi mengalami kejenuhan;
3) Pengecekan kebocoran yaitu melakukan pengecekan terhadap seal atau oring *manifold filter leaves* yang terindikasi rusak dan menyebabkan kebocoran sehingga filtrat keruh;
4) Perbaikan pompa mesin Niagara Filter yaitu kegiatan korektif terhadap kondisi pompa yang menghentikan sementara operasional mesin;
5) Pengelasan jalur yaitu kegiatan korektif terhadap kondisi jalur Niagara yang mengalami kebocoran sehingga menghentikan sementara operasional mesin;
6) Lain-lain yang mencakup perbaikan-perbaikan lainnya seperti, penggantian telfon, penggantian gasket, penggantian valve atau check valve.

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, nilai *Availability Rate* pada bulan Januari – Maret 2024 ditampilkan pada Tabel 5.

Performance Efficiency Rate (*PR*) merupakan rasio kuantitas produk yang dihasilkan dikalikan *Ideal cycle time* (ICT) mesin terhadap *operation time.* Diketahui ICT mesin Niagara adalah 1,2 menit/ton. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, nilai *Performance Efficiency Rate* pada bulan Januari – Maret 2024 ditampilkan pada Tabel 6.

 ISSN 2987-677X

Quality Rate (QR) merupakan pengukuran kesesuaian produk yang memenuhi standar dengan total jumlah produk yang dihasilkan. Dalam sistem operasi mesin Niagara tidak ada produk yang dikategorikan sebagai produk gagal atau *defect*. Hal ini dikarenakan mesin Niagara Filter berjalan secara *batch* dan terdapat tahap *coating* dan sirkulasi untuk memastikan kesesuaian kualitas produk. Dengan demikian QR pada bulan Januari – Maret 2024 dinilai sebagai 100%.

Berdasarkan ketiga variable, nilai *OEE* pada bulan Januari – Maret 2024 ditampilkan pada Tabel 7 dengan rata-rata nilai 86,14%. Nilai ini berada diambang batas nilai ideal *OEE* menurut *JIPM* yaitu sekitar 85%. Walaupun masih dalam kategori nilai ideal, analisis *Six Big Losses* dan FMEA akan tetap dilakukan untuk mengoptimalkan nilai TPM mesin Niagara Filter.

Tabel 5. Nilai *Availability Rate Bulan* Januari – Maret 2024

Bulan	Jumlah hari operasi	*Loading Time* (menit)	*Downtime* (menit)	*Availability Rate* (%)
Januari	22	31.140	1620	90,56
Februari	25	35.460	1290	93,54
Maret	29	41.130	1380	92,41

Tabel 6. Nilai *Performance Efficiency Rate* Bulan Januari – Maret 2024

Bulan	Total Kapastias (ton)	*Operation Time* (menit)	*Performance Efficiency* (%)
Januari	22.149	28.080	92,02
Februari	26.119	31.550	96,58
Maret	31.558	37.440	98,34

Tabel 7. Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (*OEE*) Bulan Januari – Maret 2024

Bulan	*Availability Rate* (%)	*Performance Efficiency* (%)	*Quality Rate* (%)	*OEE* (%)
Januari	90,56	92,02	100	82,98
Februari	93,54	96,58	100	85,93
Maret	92,41	98,34	100	89,52
Rata-rata *OEE*				86,14

Tabel 8. Nilai *Six Big Losses* Bulan Januari - Maret 2024

Bulan	EFL (%)	SAL (%)	RSL (%)
Januari	5,202	4,239	8,4769
Februari	3,638	2,820	5,0218
Maret	3,355	4,230	1,0721

Tabel 9. Nilai Persentase *Losses*

Kategori *Six Big Losses*	Persen rata-rata (%)	Persen relative (%)	Persen Kumulatif (%)
Breakdown Losses (EFL)	4.065	32.046	41,75
Set up Losses (SAL)	3.763	29,666	67,18
Reduce Speed Losses (RSL)	4.857	38,288	100,00
TOTAL	**12.69**	**100.00**	

Analisis *Six Big Losses*

Six Big Losses menganalisis kategori kerugian yang menyebabkan mesin tidak beroperasi dengan efektif dan efisien yang berdampak pada *TPM*. Berdasarkan rumus perhitungan dan data yang dimiliki, nilai pre *losses*/ kerugian ditampilkan pada Tabel 8.

Minor speed losses (*IMSL*) tidak dapat teridentifikasi dalam proses operasi sehingga nilainya diabaikan. *Defect losses* (DPL) adalah 0% dikarenakan tidak ada produk gagal atau cacat hasil mesin Niagara Filter. *Reduce yield losses* (RYL) adalah 0% dikarenakan tidak ada waktu penyesuaian yang dibutuhkan mesin Niagara Filter untuk mencapai produksi stabil.

Nilai rata-rata *Losses* pada setiap kategori ditampilkan pada Tabel 9. Pemasalahan kerugian kedua tertinggi berada pada kategori *Breakdown Losses* dengan nilai persentase relatif 32,05% dan *Reduce Speed Losses* pada 38,28% Kerugian yang disebabkan oleh *Set Up Losses* (*SAL*) dinilai sebagai kerugian yang tidak dapat dihilangkan atau dioptimalkan karena diketahui waktu *set up* merupakan waktu yang dibutuhkan antar jeda proses *batch*.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Selanjutnya, metode *FMEA* akan mengidentifikasi potensial penyebab kerugian yang terjadi. Metode *FMEA* dilakukan hanya untuk menganalisis *Breakdown Losses*. Hal ini dikarena pada kasus mesin Niagara Filter, penyebab kegagalan *Redue Speed* sama dengan penyebab *Breakdown Losses* sehingga diharapkan dengan melakukan pengendalian dapat menyelesaikan kedua kerugian.

Aktivitas *Breakdown* yang memiliki pengaruh tinggi terhadap *breakdown losses* ditampilkan pada Tabel 9. *Unplanned* bongkar Niagara dan *tapping* Niagara memiliki presentasi 22,76% dan 46,58%. Aktivitas tersebut disebabkan oleh kondisi yang sama yaitu mesin Niagara mengalami *blocked.* Selain itu, aktivitas pengecekan kebocoran juga memiliki presentasi 19,41% terhadap

 ISSN 2987-677X

tingginya *breakdown*. Aktivitas pengecekan kebocoran disebabkan karena filtrat terindikasi keruh. Aktivitas *breakdown* lainnya memiliki persentase di bawah 6% sehingga analisis metode *FMEA* hanya berfokus pada niagara *blocked* dan filtrat keruh.

Berdasarkan hasil analisis kegagalan berdasarkan metode *FMEA* (Tabel 10) dipoleh nilai *Risk Priority Number* (*RPN*) tertinggi untuk kategori *breakdown losess* adalah *material handling* sebelum diproses dalam *Refinery Plant* dengan skor 252.

Perolehan nilai *RPN* tertinggi kedua dengan skor 224 yaitu penanganan terhadap filter *leaves* jika ditemukan kerusakan. Proses *screening* kondisi filter dan melakukan tindakan korektif perbaikan filter termasuk dalam pencegahan yang harapkan dapat mengurasi kegagalan filrat keruh akibat kerusakan media filter.

Tabel 9. Persentase Aktivitas *Breakdown*

Aktivitas *Breakdown*	Jan (%)	Feb (%)	Mar (%)	Rata-rata (%)
Unplanned Bongkar Niagara	27,78	20,93	19,57	22,76
Tapping Niagara	40,74	51,16	47,83	46,58
Pengecekan Kebocoran	22,22	18,60	17,39	19,41
Perbaikan Pompa	3,70	6,98	4,35	5,01
Pengelasan Jalur	3,70	2,33	2,17	2,12
Lain-lain	1,85	0,00	8,70	4,13

Tabel 10. Nilai *RPN* dengan Metode *FMEA*

Mode Kegagalan	Penyebab Kegagalan	O	Efek Kegagalan	S	Pencegahan Kegagalan	D	*RPN*
Niagara *Blocked*	Kualitas material	9	Kecepatan produksi menurun	7	Material handling sebelum proses	4	252
		9	Operasi mesin terhenti sesaat	7		4	252
	Sistem dosing chemical tidak berjalan optimal	7	Operasi mesin terhenti sesaat	4	*Monitoring* rutin sistem dosing	2	56
	Vibrator tidak berjalan optimal	3	Operasi mesin terhenti sesaat	4	*Monitoring* rutin kerja vibrator	3	36
Filtrat Keruh	Kerusakan Media Filter	8	Kecepatan produksi menurun	7	Penanganan filter jika ditemukan kerusakan	4	224
		8	Operasi mesin terhenti sesaat	7	Penanganan filter jika ditemukan kerusakan	4	224
	Kerusakan Oring	6	Kecepatan produksi menurun	7	Memperhatikan pemasangan oring	4	168
		6		7	Inspeksi rutin Manifold	4	168
		6	Operasi mesin terhenti sesaat	4	Memperhatikan pemasangan oring	4	96
		6		4	Inspeksi rutin Manifold	4	96

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap *Total Productive Maintenance (TPM)* mesin Niagara Filter di PT. A pada periode Januari – Maret 2024, perhitungan dengan metode *Overall Equipment Effectiveness* (*OEE*) adalah 86,14%. Nilai ini berada di ambang batas ideal *Japan Institure Plant of Maintenance* (*JIPM*) yaitu sebesar 85%

Berdasarkan nilai *OEE* tersebut dilakukan analisis *six big losses* untuk mengetahui persentase terbesar yang menyebabkan terjadinya menurunan efektivitas produksi dimana diperoleh *reduce speed losses* sebesar 4,86% dan *breakdown losses* sebesar 4,065%. Melalui metode *FMEA* dalam rangka pengendalian resiko kerugian, kedua prioritas tertinggi yaitu melakukan *material handling* sebelum diproses di *Refinery Plant* dengan skor 252 dan melakukan penanganan filter jika ditemukan kerusakan dengan skor 224.

Acknowledge

Terima kasih pada Program studi profesi insinyur, Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Subaraya.

Referensi

McDermott, R.E. Mikulak, R.J. dan Beauregard, M.R. (2009). The Basic of *FMEA*, 2 nd Ed, Taylor and Francis Group: New York.

Morad, N.A., Aziz, M.A. and Zin, R.M. (2006). Process design in degumming and bleaching of palm oil. *Research Vote*, *74198*.

Nakajima, S. (1988). Introduction to Total Productive Maintenance (*TPM*), Productivity Press. Cambridge. MA.

Rasyid, H.A (2018). Peningkatan Nilai Overall Equipment Effectiveness pada Proses Pembuatan Kaca Cermin dengan Metode *FMEA*, Operation Excellence, 2018, 10(1): 47-64

ISSN 2987-677X

MENINGKATKAN EFEKTIFITAS FILTRASI MEMBRAN RO DENGAN MENAMBAHKAN NaOH SEBAGAI PENGATUR KEASAMAN PADA AIR UMPAN PROSES FILTRASI DENGAN UNIT RO PADA PT. X

Dwion Yunus, ST[1], Dra. Ir. Adriana Anteng Anggorowati, M.Si., IPU[2]

[1] Mahasiswa Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

[2] Dosen Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ dwion.yunus@gmail.com

PT. X merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang minuman siap minum yang produknya di distribusikan secara luas di seluruh Indonesia.

Air yang digunakan sebagai bahan baku untuk proses produksi merupakan air yang telah di proses dengan proses filtrasi awal (Sand, carbon dan softener filter) yang di akhiri dengan filtrasi dengan menggunakan RO (Reverse Osmosis). RO adalah proses reverse osmosis untuk memisahkan garam dan mineral lainnya dalam air. Caranya adalah air harus melewati lapisan membrane semi-permeabel dengan ukuran pori- sangat kecil. Metode ini adalah salah satu cara mendapatkan air murni dari sumber air payau (sedikit mengandung garam).

Kualitas air dari system RO filter umumnya mempunyai kandungan mineral yang rendah, namun akibat dari hilangnya sebagian besar mineral, maka akan menyebabkan pH air menjadi lebih rendah. Hal ini berpengaruh pada reaksi pengendapan pada kandungan Silika pada air (+/- 200 mg/L).

Dengan menaikkan pH air umpan yang akan di filtrasi di RO dengan menggunakan NaOH (caustic), dari pH 7 - 8 menjadi pH 8 - 9 akan menurunkan endapan Silika pada proses filtrasi dan membuat mebran RO lebih efektif dalam proses penyaringan

Kata kunci: Filtrasi, RO, pengatur keasaman

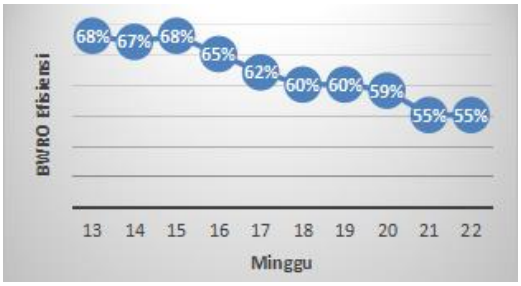
Pendahuluan

Air adalah bahan baku utama dalam proses produksi yang diproses di PT. X, dimana hal ini membuat PT. X menjadikan proses pengolahan air nya menjadi sebuah proses utama yang harus di evaluasi efektifitas nya guna mendapat hasil yang maksimal dengan kulitas yang sesuai dengan standar mutu yang diterapkan. Air murni adalah air yang diolah sehingga bebas dari ion atau mineral yang terkandung di dalamnya. Air murni dikenal sebagai Aquadest dan Aquabidest juga dikenal sebagai air demineralisasi, air deion, atau air sulingan menurut cara pembuatannya. Air murni sering disebut air *Total Dissolved* Solid (TDS) = 0 (nol), yang banyak digunakan direkomendasikan untuk pabrik kosmetik, industri makanan, rumah sakit dan keperluan laboratorium. Air murni/aquadest sering digunakan sebagai pengencer atau pelarut bahan kimia, sebagai reagen, pembersih barang pecah belah/laboratorium peralatan. Berdasarkan data analisa dan evaluasi yang dilakukan oleh PT. X didapatkan bahwa efisiensi unit RO mengalami penurunan dengan penggunaan selama beberapa minggu, dengan data sebagai berikut:

Persentase efisiensi ini adalah perhitungan jumlah air *Reverse* Osmosis (RO) yang dihasilkan di banding dengan jumlah air umpan yang masuk ke proses filtrasi unit RO. Hal ini menunjukkan kemampuan membran untuk memisahkan air murni dengan air yang memiliki kandungan mineral yang lebih banyak. RO adalah proses dimana tekanan digunakan untuk memaksa air melewati membran ketat yang menghalangi jalannya zat terlarut, partikel, bakteri, dan endotoksin, antara lain, untuk menghasilkan air murni. Air yang disaring oleh membran RO disebut air produk, permeat, atau filtrat. Sisa air dan zat terlarut yang tidak melewati membran disebut sebagai air buangan, air limbah, atau konsentrat. Istilah "osmosis" menggambarkan pergerakan air yang terjadi ketika dua kompartemen dipisahkan oleh membran semipermeabel dimana air berpindah dari area dengan konsentrasi zat terlarut rendah ke area dengan konsentrasi zat terlarut tinggi. Selama proses RO, air dipaksa ke arah yang berlawanan atau melawan gradien osmotik dengan menggunakan tekanan, sehingga disebut "*reverse osmosis*".

Efisiensi pada proses pengolahan air dengan menggunakan unit RO diawal diketahui terjadi penurunan seiring dengan waktu penggunaan seperti digambarkan pada Gambar 1 dibawah:

 ISSN 2987-677X



Gambar 1. Grafik Efisiensi unit RO periode Week 13-22

Tahapan dalam proses unit RO meliputi :
Air Umpan -> filter cartridge 1 mikron -> pompa penambah tekanan (booster pump) -> penambahan bahan kimia (anti kerak, desfiektan, dll) -> Membran RO -> Air RO (produk utama) -> Waste RO (produk samping).

Dari hasil analisa kimia pada air umpan dan air hasil filtrasi unit RO, di peroleh bahwa kandungan silika pada air umpan menjadi salah satu senyawa yang menyebabkan adanya endapan yang mempercepat penurunan efisiensi dari unit RO, karena endapan silica mengeras dan mengendap pada pori-pori membran RO. Hasil analisa tersebut tertuang pada Tabel 1 dibawah.

Out Flushing		Out BWRO	
TDS mg/L	Silica mg/L	TDS mg/L	Silica mg/L
592	210	26,2	60
720	200	50,1	50
790	250	35,5	80
769	230	31,8	80
874	220	54	60

Tabel 1. Tabel perbandingan nilai siica pada air umpan dan hasil RO

Dari data hasil analisa kandungan silica tersebut diperoleh tingginya nilai kandungan Silica dalam air umpan sehingga menyebabkan banyaknya partikel senyawa Silica yang tertahan di pori-pori membran RO dan menyebabkan turunnya efisiensi mebran RO tersebut.

Mengutip dari jurnal Produksi Bersih jilid 341, disebutkan bahwa Silica mudah larut dalam larutan alkali encer, hal ini memberikan ide untuk peneliti dalam mencoba efek peningkatan pH pada air baku untuk membuat Silica lebih mudah larut dan terbawa ke waste RO

Berdasarkan informasi yang diterima,PT. X akan melakukan percobaan penelitian untuk mengetahui pengaruh pH (tingkat keasaman) pada air umpan RO untuk meningkatkan efisiensi membran RO yang ada..

Metode

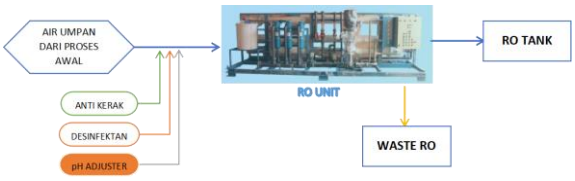
Air yang digunakan sebagai bahan baku untuk proses produksi PT. X merupakan air yang telah di proses dengan proses filtrasi awal (Sand, carbon dan softener filter) yang di akhiri dengan filtrasi dengan menggunakan RO (Reverse Osmosis).

RO adalah proses reverse osmosis untuk memisahkan garam dan mineral lainnya dalam air. Caranya adalah air harus melewati lapisan membrane semi-permeabel dengan ukuran pori- sangat kecil. Metode ini adalah salah satu cara mendapatkan air murni dari sumber air payau (sedikit mengandung garam).

Hasil Kerja

Ruang lingkup

Ruang lingkup penelitian akan di lakukan pada unit RO yang akan di uji pengaruh efisiensi RO terhadap pH. Secara skema diagram bisa digambarkan sebegai berikut dalam Gambar-2.



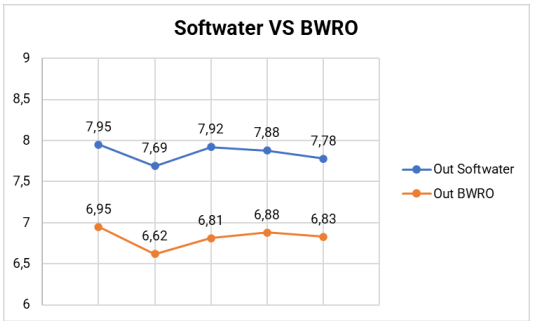
Gambar 2. Skema Diagram ALur Filtrasi Unit RO

Pada proses filtrasi dengan menggunakan RO di perlukan penambahan bahan-bahan yang dibutuhkan untuk mempertahankan kondisi membran RO secara kualitas dan juga efisiensi. Bahan tambahan itu meliputi anti kerak, desinfektan dan juga pengatur keasaman. Untuk bahan pengatur keasaman digunakan NaOH,

Natrium hidroksida adalah basa kuat yang populer digunakan dalam industri. Natrium hidroksida digunakan dalam pembuatan garam natrium dan deterjen, pengaturan pH, dan sintesis organik.

Proses Filtrasi Sebelum Dilakukan Perlakuan

Dari hasil analisa kimia awal di perolejh data untuk pH air umpan unit RO yang berasal dari proses softener filteryang digambarkan pada Gambar 3 dibawah.Data dibandingkan



Gambar 3. Grafik pH air umpan dan hasil unit RO

 ISSN 2987-677X

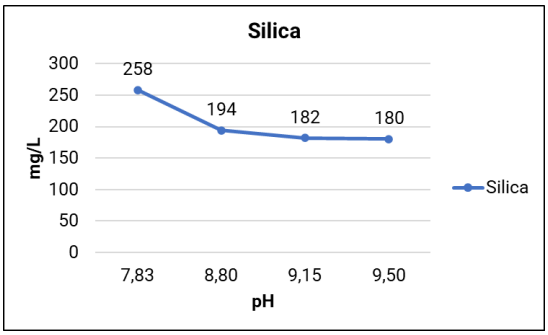
Dari data pH awal yang belum mencapai 8 - 9 di perlukan penambahan pengatur keasaman yang bersifat basa untuk menaikkan nilai pH nya. Untuk itu di lakukan pengaturan ulang pada unit pompa dosing untuk menambah bahan pengantur keasaman yaitu NaOH. Dosing pump adalah pompa yang digunakan untuk mencampurkan suatu larutan kimia tertentu (bisa apa saja tergantung dari aplikasi pengguna) ke dalam suatu cairan. COntoh pompa dosing dapat di lihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pompa Dosing

Pengaturan Keasaman Pada Air Umpan

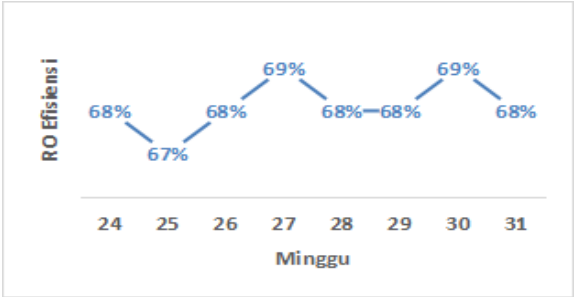
Tahapan untuk menerapkan pengaturan keasaman pada air umpan ini, PT. X melakukan percobaan untuk peningkatan pH air terhadap penurunan kasndungan silica pada air di gambarkan pada Gambar 5 di bawah. Penurunan kandungan silica linier dengan peningkatan nilai keasaman pada air.



Gambar 5. Grafik pengaruh keasaman terhadap kadungan Silica dalam air

Hasil percobaan menunjukkan hasil korelasi yang positif antara peningkatan pH dan penurunan kadar silika dalam air, hal ini memungkinkan untuk PT. X menerapkan metode ini untuk meningkatkan efisiensi filtrasi Membran RO terhadap tingginya kadar silika dalam air umpan.

Dari hasil percobaan pengaturan nilai keasaman tersebut, maka metode penagturan nilai keasaman untuk air umpan unit RO di terapkan pada unit RO yang ada dan dilakukan evaluasi efisiensi setelah peningkatan pH dengan range pH 8 - 9. Efisiensi unit RO stabil di peroleh pada nilai 67 - 69% seperti yang dapat dilihat di Gambar 6, dimana itu sudah hampir mencapai nilai optimal efisiensi unti RO.



Gambar 6. Grafik Efisiensi Unit RO setelah dilakukan pengaturan nilai keasaman

Dalam tahap penerapan metode pengaturan nilai keasaman ini, digunakan bahan NaOH yang telah dilarutkan dengan bahan food grade lainnya dengan % kadar NaOH mencapai 12,5% dan didapatkan nilai pH yang stabil pH pada air umpan unit RO. Untuk pompa dosing yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Kapasitas : 4,7 L/jam
- Material : Plastik dan karet
- Setting stroke : 100%



Gambar 7. Penerapan penambahan pengatur nilai keasaman untuk air umpan unit RO

Kesimpulan

Pengaturan keasaman air umpan untuk unit RO mempengaruhi efisiensi proses filtrasi pada unit RO khususnya untuk air umpan unit RO yang mengandung kandungan silikan +/- 200 mg/L. Pengatuan keasaman yang optimum yang berpengaruh dari percobaan yang dilakukan dengan pH d nilai keasaman 8 - 9, yang dapat mengurangi endapan Silika pada membran RO. Hal ini dapat diterapkan untuk unit RO dan bisa membuat stabil efisiensi nya.

Ucapan Terima kasih

 ISSN 2987-677X

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah ini. Penulisan karya tulis ilmiah ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Profesi Insinyur, di Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada rekan-rekan yang ada di PT. X yang turut dalam melakukan percobaan-percobaan yang dilakukan dalam artikel ini. Manajemen PT. X yang memberikan kesempatan untuk menempuh dan menyelesaikan pendidikan ini.

Penulis juga berterimakasih kepada Dr. Ir. Ivan Gunawan, S.T., M.MT., CSCM., IPM., ASEAN Eng. selaku Ketua Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya dan Dra. Ir. Adriana Anteng Anggorowati, M.Si., IPU, selaku dosen pembiimbing Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, yang telah banyak memberi arahan terkait mekanisme pembelajaran selama menjalani aktivitas akademik dan non akademik, memberikan masukkan terkait kompetensi keinsinyuran selama menjalani aktivitas studi dan menyelesaikan karya tulis ilmiah ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Referensi

BWRO (Brackish Water Reverse Osmosis) System Pengolah Air Asin, https://mapurna.id/brackish-water-reverse-osmosis-systems-bwro/#ftoc-heading-1

.Jurnal Produksi Bersih Jilid 341, 20 Maret 2022 , Silika yang sangat reaktif dan cepat larut dalam larutan alkali encer (NaOH) bahkan pada suhu kamar (25 °C), https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652622004188

Document 2 - CausticSodamanual2008.pdf, 2013. Diarsipkan dari versi asli tanggal 2015-03-19. Diakses tanggal 17 Juli 2014. http://www.ppg.com/chemicals/chloralkali/products/Documents/CausticSodamanual2008.pdf

Dosing Pump Milton Roy Series G, https://www.bosspacking.com/product/dosing-pump-milton-roy-series-g/

Robert Junaidi, Abu Hasan, dan Muhammad Yerizam, Indah Purnamasari (2020). Journal of Physics: Conference Series 1500 (2020) 012057 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1500/1/012057. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1500/1/012057/pdf

Zi Yang,Yi Zhou,Zhiyuan Feng, Xiaobo Rui, Tong Zhang, and Zhien Zhang (2019). A Review on Reverse Osmosis and Nanofiltration Membranes for Water Purification. Polymers, 11, 1252; doi:10.3390/polym11081252. https://www.mdpi.com/2073-4360/11/8/1252

SDS Nalco 8507, PT. Ecolab Indonesia, 01-11-2019

ISSN 2987-677X

Perbandingan Analisa FFA (*Free Fatty Acid*) dengan *Reference Standard Method* AOCS (*American Oil Chemist Society*) Ca 5a-40 dan Metode Analisa Dengan Instruksi Kerja (*Work Instruction*) di Pabrik Minyak Kelapa Sawit

Tagor Sahat Maruli Tua Saragih Siallagan [1.2]
Ir. Tarsisius Dwi Wibawa Budianta, S.TP., M.T., IPM. [1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
[2] PT Hartono Plantation Indonesia AGRO

tagorsiallagan@yahoo.co.id

Analisis FFA (*Free Fatty Acid*) merupakan suatu cara untuk mengetahui kualitas dari Produk CPO (Crude Palm Oil) yang dihasilkan dari Pabrik Minyak Kelapa Sawit. Dengan membandingkan Analisa FFA (Free Fatty Acid) dengan Reference Standard Method AOCS (American Oil Chemist Society) Ca 5a-40 dan Metode dengan instruksi Kerja (Work Instruction) akan diketahui perbedaan persentase FFA. Hasil Analisa FFA dengan Metode sesuai dengan Instruksi Kerja (Work Instruction) IK-OPM- 004-034 lebih rendah 0,1922 % dari hasil Analisa FFA dengan Reference Standard Method AOCS (American Oil Chemist Society) Ca 5a-40.

Kata kunci: : Analisa, FFA, Instruksi Kerja

Pendahuluan

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) saat ini merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang menduduki posisi penting di sektor pertanian umumnya, dan sektor perkebunan khususnya, hal ini disebabkan karena dari sekian banyak tanaman yang menghasilkan minyak atau lemak, kelapa sawit yang menghasilkan nilai ekonomi terbesar per hektarnya di dunia. Melihat pentingnya tanaman kelapa sawit dewasa ini dan masa yang akan datang, seiring dengan meningkatnya kebutuhan penduduk dunia akan minyak sawit, maka perlu dipikirkan usaha peningkatan kualitas dan kuantitas produksi kelapa sawit secara tepat agar sasaran yang diinginkan dapat tercapai. (Ketaren, 1986)

Komposisi atau jenis minyak asam lemak dan sifat fisiko-kimia tiap jenis minyak berbeda-beda, dan hal ini disebabkan oleh perbedaan sumber, iklim, keadaan tempat tumbuh dan pengolahan Tanaman kelapa sawit memiliki klasifikasi sebagai berikut: (Pahan et al, 2006)

Kingdom : Plantae
Divisi : Embryopytha Siphogama
Kelas : Angiospermae
Ordo : Monocotyledonae
Famili : Arecaceae
Sub-family : Cocoideae
Genus : Elaeis
Spesies : *E.guineensis. Jacq, E.oleifera (HBK)Cortes, E.odora*

Tanaman kelapa sawit dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan tebal tipisnya cangkang dan daging buah tanaman kelapa sawit, yang dijelaskan sebagai berikut: (Pahan et al, 2006)

1. Dura

   Jenis dura memiliki ciri-ciri yaitu: memiliki cangkang yang tebal, kemudian tidak terdapat lingkaran serabut pada bagian luar cangkang. Pada daging buah relatif tipis, daging biji besar dengan kandungan minyak rendah.

2. Pisifera

   Jenis pisifera memiliki ciri-ciri yaitu: tebal cangkangnya sangat tipis (bahkan hampir tidak ada), kemudian daging buah lebih tebal dari pada daging buah jenis Dura, daging biji sangat tipis, tidak dapat diperbanyak tanpa menyilangkan dengan jenis lain, dengan persilangan diperoleh jenis Tenera.

 ISSN 2987-677X

3. Tenera

Jenis tenera ciri-ciri antara lain: tebal cangkangnya tipis 0,5-4 mm, terdapat lingkaran serabut disekeliling tempurung, daging buah tebal, tandan buah lebih banyak (tetapi ukurannya lebih kecil), merupakan hasil persilangan Dura dengan Pisifera. Jenis tenera merupakan yang paling banyak ditanam dalam perkebunan dengan skala besar di sekitar. Umumnya jenis ini menghasilkan lebih banyak tandan buah.



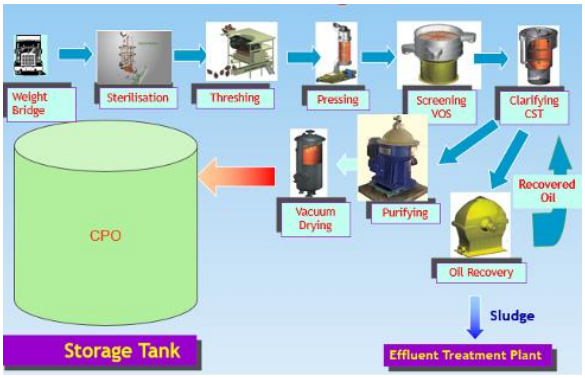
Gambar 1. Buah Kelapa Sawit Jenis Dura, Pisifera, dan Tenera

Banyak pelaku industri dan konsumen yang cenderung menyukai dan menggunakan minyak kelapa sawit. Dari aspek ekonomis, harganya relatif lebih murah dibandingkan minyak nabati lain. selain itu, komponen yang terkandung di dalam minyak kelapa sawit jauh lebih banyak dan beragam sehingga pemanfaatannya lebih beragam. (Pahan et al, 2006)

Berikut adalah beberapa keunggulan minyak sawit pada aplikasinya untuk keperluan pangan: (Heryani et al, 2017)

a. Produk pangan yang terbuat dari bahan minyak sawit akan mempunyai keawetan yang lebih baik karena minyak kelapa sawit sangat stabil terhadap proses ketengikan dan kerusakan oksidatif lainnya.
b. Minyak kelapa sawit memiliki kecenderungan untuk mengalami kristalisasi dalam bentuk Kristal kecil sehingga mampu meningkatkan kinerja creaming jika digunakan pada formulasi cake dan margarine.
c. Kandungan asam palmitat minyak sawit sangat baik untuk proses aerasi campuran lemak gula, misalnya pada proses baking.
d. Minyak sawit baik digunakan untuk membuat vanaspati atau vegetable ghee, yang mengandung 100% lemak nabati; bisa dipergunakan untuk substitusi mentega susu dan mentega coklat.
e. Roti yang diproduksi dengan shortening dari minyak sawit mempunyai tekstur dan keawetan yang lebih baik.
f. Minyak sawit juga banyak dipakai untuk produksi krim biscuit, terutama kandungan padatan dan titik lelehnya cukup tinggi

Tanaman kelapa sawit dapat menghasilkan tandan yang mengandung minyak 25% dan inti sawit 7%. Tandan tersebut harus mendapat perlakuan fisika dan mekanik dalam pabrik sehingga diperoleh minyak dan inti. (SNI 01-2901-2006)



Gambar 2. *Flow Process* Pengolahan Minyak Kelapa Sawit

Free Fatty Acid (FFA)/Asam Lemak Bebas

Free Fatty Acid (FFA)/Asam Lemak Bebas (ALB) adalah hasil dari reaksi hidrolisis dan oksidasi lemak yang tidak terikat trigliserida lemak. (Mangoensoekarjo, 2005) Analisa Asam Lemak Bebas penting dilakukan untuk mengetahui jumlah kandungan asam lemak yang terdapat pada CPO. (Luthfian, 2017) Kadar asam Lemak bebas bisa mengindikasikan kualitas serta kerusakan CPO. (Malkan et al, 2015) Ukuran untuk mengukur jumlah asam lemak bebas yang terdapat di dalam minyak atau lemak digunakan bilangan asam. Bilangan Asam adalah jumlah milligram Basa (KOH/ NaOH)

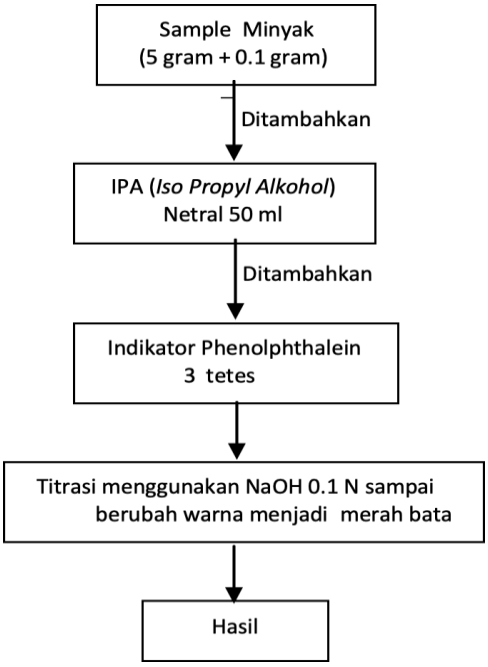
 ISSN 2987-677X

yang dibutuhkan untuk menetralkan asam-asam lemak bebas dari satu gram minyak atau lemak. (Ketaren, 1986)

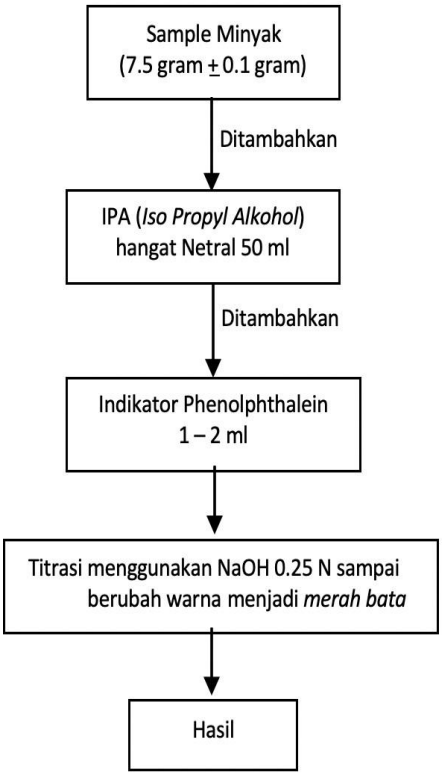
Dalam menentukan FFA CPO selama ini Pabrik Minyak Kelapa Sawit (penjual) menggunakan metode sesuai dengan Instruksi Kerja (Work Instruction) IK- OPM-004-034 yang mengacu pada MPOB (*Malaysian Palm Oil Board* dan SNI (Standar Nasional Indonesia). Sedangkan pihak pembeli dalam hal ini menggunakan Reference Standard Method AOCS (American Oil Chemist Society) Ca 5a-40.

Metode

Uji FFA yang dilakukan adalah metode analisa yang sesuai dengan Instruksi Kerja (*Work Instruction*) IK-OPM-004-034 (Gambar 3) dengan Reference Standard Method AOCS (*American Oil Chemist Society*) Ca 5a-40 (Gambar 4).



Gambar 3. Flowchart analisa untuk IK-OPM-004-034



Gambar 4. *Flowchart* Analisa *Reference Method AOCS Ca 5a-40*

Cara penghitungan analisa FFA

$$\% \text{ FFA} = \frac{\text{N NaOH} \times \text{V titrasi NaOH} \times 25.6}{\text{Berat Sample}}$$

Hasil Kerja

Pengujian ini dilakukan dengan cara melakukan analisa FFA dengan sampel yang sama dari Storage Tank, metode analisa yang dipergunakan adalah metode yang sesuai dengan Instruksi Kerja (*Work Instruction*) IK-OPM-004-034 dan Reference Standard Method AOCS(*American Oil Chemist Society*) Ca 5a-40 untuk analisis FFA (*Free Fatty* Acid), dilakukan pengujian terhadap masing-masing metode sebanyak 8 (delapan) kali pengulangan (hasil dapat dilihat pada Tabel 1).

 ISSN 2987-677X

Tabel 1. Hasil Analisa FFA menggunakan Reference Method AOCS Ca 5a-40 dan sesuai WI (*Work Instruction*) IK-OPM-004-034

Metode	Berat Sample (gram)	Titer NaOH (ml)	[NaOH]	Hasil
Reference Method AOCS Ca 5a – 40	7.0398	6.30	0.2510	5.7503
	7.0361	6.40	0.2510	5.8447
	7.0306	6.40	0.2510	5.8493
	7.1399	6.30	0.2510	5.6697
	7.0406	6.30	0.2510	5.7497
	7.0792	6.25	0.2510	5.6730
	7.0162	6.25	0.2510	5.7239
	7.0688	6.30	0.2510	5.7268
IK- OPM-004-034	5.0947	10.90	0.1039	5.6907
	5.0728	10.55	0.1039	5.5317
	5.0671	10.50	0.1039	5.5117
	5.0626	10.60	0.1039	5.5691
	5.0670	10.60	0.1039	5.5643
	5.0422	10.50	0.1039	5.5389
	5.0462	10.40	0.1039	5.4818
	5.0246	10.40	0.1039	5.5054

Pembahasan

Dari hasil pengujian terhadap kedua Metode Analisa FFA:

a. Dengan Metode sesuai Instruksi Kerja (Work Instruction) IK- OPM-004-034 didapat rara rata FFA = 5.5492 %.
b. Dengan Reference Standard Method AOCS (American Oil Chemist Society) Ca 5a-40 didapat rata rata FFA = 5,7484 %.
c. Dalam Kontrak penjualan CPO FFA harus < 5%
d. Terdapat ketentuan denda apabila FFA > 5 % sebagai berikut :
   - 5.01 % - 5.50 % denda Rp.100/kg CPO
   - 5.51 % - 6.00 % denda Rp.200/kg CPO.
   - 6.01 % - 6.50 % denda Rp.400/kg CPO.
   - 6.51 % - 7.00 % denda Rp.800/kg CPO.
   - > 7 % Negosiasi.

Hasil Analisa FFA dengan Metode Instruksi Kerja (Work Instruction) IK-OPM-004-034 adalah lebih rendah 0,1922 % dari hasil Analisa FFA dengan Reference Standard Method AOCS (American Oil Chemist Society) Ca 5a-40.

Pada kondisi ini tidak menjadi permasalahan apabila hasil analisa FFA < 4.82 % dengan Metode Instruksi Kerja (Work Instruction) IK- OPM-004-034. Karena jika ditambah dengan selisih 0.1922% FFA masih 5.0% dan belum dikenakan denda. Namun apabila hasil analisa FFA > 4.82% dengan Metode Instruksi Kerja (Work Instruction) IK- OPM-004- 034 maka hasil FFA menjadi 5.01 %, karena pembeli menggunakan Reference Standard Method AOCS (American Oil Chemist Society) Ca 5a-40, maka pihak pabrik (penjual) akan dikenakan denda CPO.

Kesimpulan

Dari hasil analisa ini, dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil Analisa FFA dengan Metode sesuai dengan Instruksi Kerja (Work Instruction) IK-OPM-004-034 lebih rendah 0,1922 % dari hasil Analisa FFA dengan Reference Standard Method AOCS (American Oil Chemist Society) Ca 5a-40.
2. Perlu disamakan metode analisa FFA dari pihak Penjual dan Pihak Pembeli.
3. Sebelum ada kesepakatan persamaan Metode Analisa FFA dengan pihak pembeli, pihak Pabrik Kelapa Sawit (Penjual) harus lebih hati-hati apabila hasil analisa FFA nya mendekati range denda yang telah ditentukan.

Ucapan Terima kasih

Dalam penulisan artikel ini, Penulis mengucapkan terima kasih kepada Asisten Laboratorium dan team di Laboratorium PT.Buana Sawit Abadi -Sri Gunting Mill dan Mill Manager PT.Buana Sawit Abadi -Sri Gunting Mill yang telah banyak memberikan masukan dan dukungan baik itu secara langsung maupun tidak langsung dan yang terakhir kepada keluarga penulis yang terus menerus mendukung dan percaya terhadap apa yang penulis lakukan maupun kerjakan.

 ISSN 2987-677X

Referensi

1. American Oil Chemist Society, 6th Edition, Reference Method 5a Ca-40, (508, South Sixth Street, Champaign, Illinois, 61820).
2. Heryani, Hesty dan Nugroho, Agung, CCP dan CP pada Proses Pengolahan CPO dan CPKO, DeePublish, Yogyakarta, 2017.
3. SOP Quality Control HPI ,Instruksi Kerja Analisa Kadar FFA CP0 – CPKO (IK- OPM-004-034)
4. Ketaren, S, Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan, UI-Press, Jakarta, 1986.
5. *Malaysian Palm Oil Board*, *Palm Oil Factory Process Handbook Part 3*, *Ministry of Primary Industries*, Malaysia.
6. Pahan, Iyung, Panduan Lengkap Kelapa Sawit Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga, Hilir, Penebar Swadaya, Jakarta, 2006.
7. Standar Nasional Indonesia, Minyak Kelapa Sawit Mentah (*Crude Palm Oil)* (SNI 01-2901-2006).
8. Mangoensoekarjo, S. 2005. Manajemen Agrobisnis Kelapa Sawit. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
9. Luthfian, R., Silalahi, R., Sari, D. P., & Dewi, I. A. (2017). Pengujian Free Fatty Acid (FFA) dan Colour untuk mengendalikan Mutu Minyak Goreng Produksi PT. XYZ Testing of Free Fatty Acid (FFA) and Colour for Controlling the Quality of Cooking Oil Produced by PT XYZ.Industria : Jurnal Teknologi dan Managemen Agroindustri, 6(1), 41-50.
10. Malkan, I. et al, (2015). Kualitas Minyak Goreng dan Produk Gorengan Selama Penggorengan di Rumah Tangga Indonesia. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan, 4(2), 61-65. http://doi.org/10.17728/jatp.2015.12

ISSN 2987-677X

Pemeliharaan Kolam Pelabuhan Tanjung Perak – Surabaya

Bekti Wahyu Aditya [1,2] , Tarsisius Dwi Wibawa Budianta[2]

[1] PT. Fugro Indonesia

[2] Program Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ bektiwahyuaditya@gmail.com

Alur pelayaran maupun kolam Pelabuhan merupakan bagian dari fasilitas yang menunjang keamanan dan keselamatan pelayaran, maka fasilitas tersebut harus memenuhi spesifikasi kedalaman dan bebas dari rintangan baik kerangka kapal ataupun gugusan karang, sehingga kapal-kapal yang keluar / masuk Pelabuhan terhindar dari bahaya / kecelakaan. Untuk itu dibutuhkan penanganan khusus atau pemeliharaan (*maintenance*) terhadap alur dan kolam Pelabuhan secara berkala. Untuk mengetahui hal tersebut dapat dilakukan survei *bathimetri* untuk mengetahui kedalaman pada kolam dan alur pelabuhan, sehingga dapat diketahui untuk perencanaan pemeliharaannya. Untuk pemeliharaan kolam, dilakukan pengerukan dengan hasil pengerukan berupa material keruk didominasi berupa material lumpur lempung dan pasir berlanau dengan SPT < 15 (jenis tanah lunak

Kata kunci: Pengerukan, Bathimetri, Survei, Pelabuhan

Pendahuluan

Pelabuhan adalah tempat yang terdiri dari daratan dan perairan di sekitarnya dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan ekonomi yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, berlabuh, naik turun penumpang dan/atau bongkar muat barang yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi (PP No.69 Tahun 2001). Bagian Pelabuhan termasuk alur pelayaran juga berperan penting dalam aktivitas bongkar muat di Pelabuhan.

Alur pelayaran maupun kolam Pelabuhan merupakan bagian dari fasilitas yang menunjang keamanan dan keselamatan pelayaran, maka fasilitas tersebut harus memenuhi spesifikasi kedalaman dan bebas dari rintangan baik kerangka kapal ataupun gugusan karang, sehingga kapal-kapal yang keluar / masuk Pelabuhan terhindar dari bahaya / kecelakaan. Untuk itu dibutuhkan penanganan khusus atau pemeliharaan (maintenance) terhadap alur dan kolam Pelabuhan secara berkala, hal ini sesuai dalam visi dan misi PT Pelabuhan Indonesia (Persero) yaitu Mewujudkan jaringan ekosistem maritim nasional melalui peningkatan konektivitas jaringan dan integrasi pelayanan guna mendukung pertumbuhan ekonomi Indonesia. Untuk hal tersebut diperlukan pelayanan prima.

Salah satu wujud dalam pelayanan prima adalah dengan dilaksanaannya kegiatan maintenance maupun capital dredging, dalam perencanaan pengerukan langkah awal adalah dilakukan survey kedalaman alur atau kolam (pendataan / monitoring rutin). Alur-Pelayaran adalah perairan yang dari segi kedalaman, lebar, dan bebas hambatan pelayaran lainnya dianggap aman dan selamat untuk dilayari (UU no 17 Tahun 2008). Sedangkan kolam pelabuhan merupakan kolam yang direncanakan untuk menjamin daerah perairan pelabuhan yang tenang dengan lebar dan kedalaman yang cukup sehingga kapal dapat melakukan berbagai kegiatan dengan mudah dan aman, seperti manuver, bertambat, membongkar hasil tangkapan ikan dan mengisi perbekalan (Triatmodjo 2009). Oleh karena itu survey ini dilakukan untuk mengetahui kondisi kedalaman *seabed* serta untuk mengetahui volume material keruk yang akan dibuang, untuk melaksanakan pengukuran kedalaman tersebut maka diperlukan alat ukur *echosounder*.

Metode

Untuk mengetahui kondisi kolam dan alur Pelabuhan dilakukan Suvey *Bathimteri* dengan menggunakan Alat *Echosounder*. Untuk melakukan survei tersebut harus memenuhi standart atau kompetensi sebagai berikut :

1. IHO (International Hydrographic organization) S-44 Edition 6.1.0
2. SNI 7988:2014 Tentang Survei batimetri menggunakan multibeam echosounder
3. SNI 7646:2010 Tentang Survei hidrografi menggunakan singlebeam echosounder
4. SNI 7963:2014 Tentang Pengamatan pasang surut
5. SNI 19-6988-2004 Tentang Jaring kontrol vertikal dengan metode sipat datar

Adapun yang dilaporkan adalah peta bahtimetri dan material keruk, dan pemeliharaan kolam

Hasil Kerja

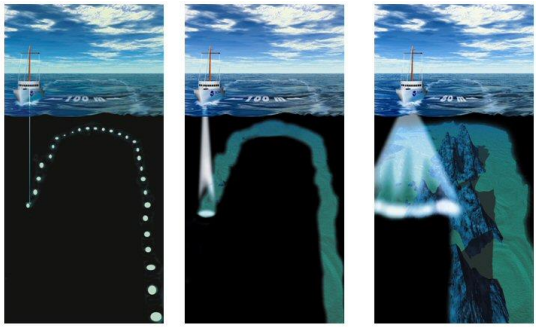
Peta Bathimetri

Untuk memperoleh gambaran kondisi topografi permukaan dasar laut perlu dilakukan survei batimetri. Survei batimetri adalah proses penggambaran dasar

 ISSN 2987-677X

perairan mulai dari pengukuran, pengolahan hingga visualisasi (Poerbandono dan Djunarsjah 2005). Beberapa survei *bathimetri* dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. *Sounding Line/Lot*
2. *Singlebeam*
3. *Multibeam*
4. *Laser Airbone/Lidar*



Gambar 1 Perbandingan Survei Bathimetri

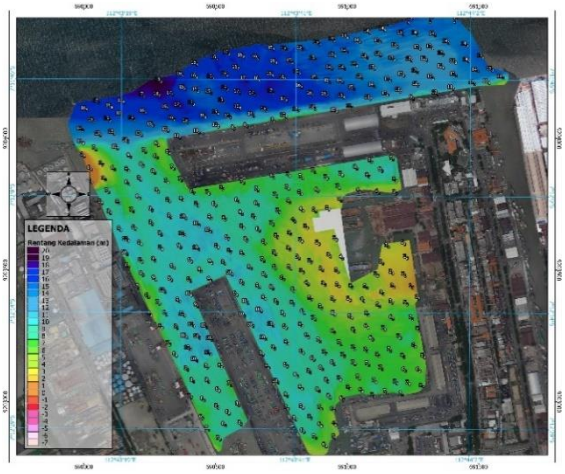
Hasil yang didapat dari survei bathimetri adalah poin koordinat dan kedalaman dari area survei. Menurut Poerbandono dan Djunarsjah (2005:71), Batimetri adalah gambar kontur kedalaman dari suatu perairan, yang digambarkan sejak proses pengukuran, pengolahan data, hingga visualisasi kontur akhir yang nantinya akan berbentuk suatu peta kontur kedalaman, kemiringan, serta kelandaian suatu perairan.

Dalam kegiatan survei batimetri harus dilakukan dengan memenuhi stand arresmi yang telah ditetapkan oleh IHO. Standar tersebut digunakan untuk menjaga kualitas data pengukuran dan peta navigasi yang akurat. Standar yang ditentukan oleh IHO S44 edisi ke-5 terdiri dari empat orde, yaitu orde spesial, orde 1a, orde 1b, dan orde 2. Dalam pelaksanaannya, dilakukan survei batimetri dengan orde yang cocok berdasarkan persyaratan keselamatan navigasi. Koreksi kedalaman dilakukan dengan membandingkan selisih hasil perhitungan Standar IHO terhadap nilai selisih 2 titik kedalaman yang bertampalan. Nilai perhitungan Standar IHO harus lebih besar daripada nilai selisih titik yang bertampalan. (IHO, 2008).

Tabel 1 Standar IHO S-44 Edisi ke -5 (2008)

Orde	Spesial	1a	1b	2
Daerah survei	Pelabuhan, tempat sandar dan daerah yang kritis (berbahaya bagi keselamatan navigasi) dengan cakupan batimetri 100% dan kedalaman hingga 40 m	Perairan cukup dangkal hingga kedalaman 100 m dengan cakupan batimetri 100% namun tidak sekritis orde spesial	Area perairan dengan kedalaman hingga 100 m yang tidak memerlukan cakupan batimetri 100% karena karakteristik dasar laut tidak kritis	Area perairan dengan kedalaman lebih dari 100 m dan tidak dibutuhkan cakupan batimetri 100%
Toleransi ketidakpastian horisontal (tingkat kepercayaan	2 meter	5 meter + 5% kedalaman	5 meter + 5% kedalaman	20 meter +10% kedalaman
Toleransi ketidakpastian vertikal (tingkat kepercayaan	a = 0,25 m; b = 0,0075	a = 0,5 m; b = 0,013	a = 0,5 m; b = 0,013	a = 1,0 m; b = 0,023
Jarak maksimum antar lajur	Tidak digunakan	Tidak digunakan	3 x kedalaman rata-rata atau 25 m, dan spasi spot untuk LIDAR 5m x 5m	4 x kedalaman rata-rataa

Peta batimetri adalah hasil visualisasi dari survey batimetri, yang memiliki informasi kedalaman dan posisi. Hasil pengukuran survei, dapat divisualisasikan dalam bentuk tampilan 2 dimensi (2D) maupun 3 dimensi (3D)



Gambar 2 Peta Bathimetri Tanjung Perak agustus 2022

Material Keruk

Menurut Bray dan Cohen (2010), lihat juga pada Laporan Komisi Internasional untuk Klasifikasi Tanah dan Batuan yang Akan Dikeruk (Belgia, PIANC 2017), jenis material yang akan dikeruk sangat bervariasi. Kategori utama yang umumnya dikaitkan dengan pengerukan adalah tanah gambut dan organic (*peat and organic soils*), bebatuan (*cobbles*), tanah liat (*clay*), batu besar (*boulders*), lumpur (*silts*), batu pecah (*broken rocks*), pasir (*sands*), batu dan kerikil (*rock and gravel*), dan karang (*corals*).

Untuk mengetahui material keruk bisa dengan menggunakan *grab sampler* yang dapat mengambil

 ISSN 2987-677X

material dipermukaan lalu kemudian akan dilakukan uji di laboratorium atau menggunakan metode *soil test* untuk mengetahui material kedalaman tertentu.

Grab sampler berfungsi untuk mengambil sedimen permukaan yang ketebalannya tergantung dari tinggi dan dalamnya grab masuk ke dalam lapisan sedimen. Alat ini biasa digunakan untuk mengambil sampel sedimen pada perairan dangkal. Berdasarkan ukuran dan cara operasional, ada dua jenis *grab sampler* yaitu grab sampler berukuran kecil dan besar. *Grab sampler* yang berukuran kecil dapat digunakan dan dioperasionalkan dengan mudah, hanya dengan menggunakan *boat* kecil alat ini dapat diturunkan dan dinaikkan dengan tangan. Pengambilan sampel sedimen dengan alat ini dapat dilakukan oleh satu orang dengan cara menurunkannya secara perlahan dari atas *boat* agar supaya posisi *grab* tetap berdiri sewaktu sampai pada permukaan dasar perairan. Pada saat penurunan alat, arah dan kecepatan arus harus diperhitungkan supaya alat tetap konstan pada posisi titik sampling.



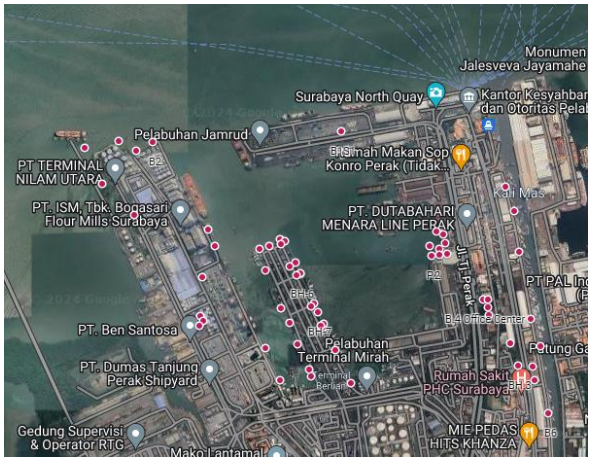
Gambar 3 Pengambilan Material Menggunakan *Grab Sampler*

Dalam penggunaan metode *Soil test* akan menghasilkan *Standard Penetration Test* (SPT). SPT dilakukan untuk mengestimasi nilai kerapatan relatif dari lapisan tanah yang diuji. Untuk melakukan pengujian SPT dibutuhkan sebuah alat utama yang disebut *Standard Split Barrel Sampler* atau tabung belah standar. Alat ini dimasukkan ke dalam *Bore Hole* setelah dibor terlebih dahulu dengan alat bor. Alat ini diturunkan bersama-sama pipa bor dan diturunkan hingga ujungnya menumpu ke tanah dasar.



Gambar 4 Melakukan Soil Test/Soundir di Laut

Adapun untuk di wilayah pelabuhan tanjung perak telah dilakukan beberapa uji soil test untuk mengetahui nilai SPT dan material yang terkandung di dalam nya. Karena Tanjung Perak mempunyai banyak dermaga, perlu banyak data agar data yang diperoleh semakin akurat.



Gambar 5 Data Soil Test yang tersebar di Wilayah Tanjung Perak

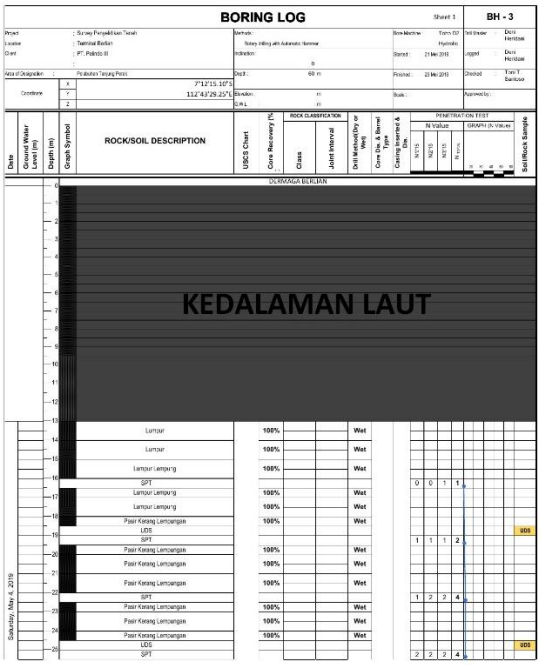
Pengujian Sondir menunjukkan nilai perlawanan dari ujung konus (CR) dan nilai hambatan lekat (TSF). Sedangkan pengujian dengan menggunakan bor adalah untuk memperoleh sampel tidak terganggu dan terganggu dari lapangan dan juga nilai N – SEPERTI (Bowles,1991). Uji Laboratorium Tanah menghasilkan properti indeks.

 ISSN 2987-677X

Tabel 2 Hubungan nilai N dengan kerapatan relatif

Nilai N	Kerapatan Relatif (Dr)
<4	Sangat Padat
4 – 10	Tidak Padat
10 – 30	Kerapatan Sedang
30 – 50	Padat
>50	Sangat Padat

Standar tentang 'Cara uji penetrasi lapangan dengan SPT di Indonesia adalah SNI 4153-2008, yang merupakan revisi dari SNI (03-4153-1996), yang mengacu pada ASTM D 1586-84 "Standard penetration test and split barrel sampling of soils"



Gambar 6 Hasil Penyelidikan Soil Test

Pemeliharaan Kolam

Kegiatan pemeliharaan peralatan dan fasilitas pelabuhan memiliki beberapa tujuan. Tujuan umum perawatan (Wireman, 2005) adalah sebagai berikut :

a. Memaksimalkan produksi pada biaya yang rendah dan kualitas yang tinggi dalam standar keselamatan yang optimum;
b. Mengidentifikasi dan mengimplementasikan pengurangan biaya;
c. Memberikan laporan yang akurat tentang pemeliharaan peralatan;
d. Mengumpulkan informasi yang penting tentang biaya pemeliharaan;
e. Mengoptimalkan usia sumber daya pemeliharaan;
f. Mengoptimalkan usia peralatan;
g. Meminimalkan penggunaan energy;
h. Meminimalkan persediaan.

Dalam hal pemeliharaan kolam pelabuhan, setelah dilakukan kegiatan survei kedalaman kolam dapat kita identifikasi apakah kedalaman tersebut masih aman sesuia standart atau tidak. Dimana pada setiap Kolam Pelabuhan, Pelindo menjamin kedalaman minimumnya karena tertuang pada SLA (Service Level Agreement dan SLG (Service Level Guarantee).

Tabel 3 SLG Kedalaman Pelabuhan Tanjung Perak

Kolam Dermaga	Kedalaman
Jamrud Utara	-9.5
Jamrud Selatan	-7
Nilam Timur	-8
Mirah	-6
Berlian Timur	-9.5
Berlian Barat	-7.5
Berlian Utara	-6
TPS Internasional	-10.5
TPS Domestik	-7.5

Kesimpulan

Menurut Kramadibrata (2002), secara garis besar pengerukan dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

a. Pengerukan Awal (Capital Dredging) Pengerukan dilakukan pada saat pembangunan pelabuhan (capital dredging) yaitu pada saat pembuatan kolam pelabuhan, peralatan dasar (alas) suatu pemecah gelombang dan lain sebagainya. Pekerjaan ini meliputi pula pembuatan alur-alur pelayaran dan kanal.
b. Pengerukan Perawatan (Maintenance Dredging) Pengerukan untuk memelihara kedalaman suatu kolam atau alur pelayaran (maintenance dredging) yang dikarenakan karena adanya proses sedimentasi.

Dalam hal ini yang diperlukan untuk pengerukan di pelabuhan Tanjung Perak adalah pengerukan pemeliharaan, dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 4 SLG Kedalaman dan Hasil Suvei

Kolam Dermaga	Kedalaman SLG	Kedalaman Survey	Keterangan
Jamrud Utara	-9.5	-8.4	Keruk
Jamrud Selatan	-7	-6.7	Keruk
Nilam Timur	-8	-7	Keruk
Mirah	-6	-7	-
Berlian Timur	-9.5	-8	Keruk
Berlian Barat	-7.5	-7	Keruk
Berlian Utara	-6	-9	-
TPS Internasional	-10.5	-	-
TPS Domestik	-7.5	-	-

 ISSN 2987-677X

Dari hasil penyelidikan tanah material keruk didominasi berupa material lumpur lempung dan pasir berlanau dengan SPT < 15 (jenis tanah lunak)

Ucapan Terima kasih

Puji dan syukur saya ucapkan kehadiran Allah SWT, atas segala berkah, rahmat, dan karunia-Nya yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, kekuatan, kesabaran, dan kesempatan sehingga saya mampu menyelesaikan Laporan ini. Ucapan terimakasih saya tunjukan kepada keluarga besar saya yang selalu memberikan semangat dan selalu memberikan dukungannya.

Referensi

Bowles, Joseph E.(1991). Analisis dan Desain Pondasi.Jakarta, Erlangga, Jakarta.)

Bray, Nick, dan Marsha Cohen. 2010. Dredging for Development. 6th Edition. Netherland: International Association of Dredging Companies (IADC)

Gidley, J.M., Hampson,P., Wheeler, L. & Bereded Samuel, E. (2010). From Access to Success: An Integrated Approach to Quality Higher Education informed by Social Inclusion Theory and Practice. Higher Education Policy, vol 23, n0.1, pp.123-147.

Kramadibrata, Soedjono. 2002. Perencanaan Pelabuhan. Bandung:Penerbit ITB. Lutfie, Thomasonan. 2014. “Dredging Pekerjaan untuk Mengubah Bentuk Dasar Laut, Menuju Transportasi Laut yang Aman”. Jurnal Teknik Sipil: 1-14

Mahendra, J. (n.d.). Cutter Suction Dredger dan Jenis Material (Pada Pekerjaan Capital Dredging Pembangunan Pelabuhan Teluk Lamongan). 2014, 31–43.

Pemerintah Republik Indonesia. 2001. Jakarta. Peraturan Pemerintah No.69 Tahun 2001 Pasal 1 ayat 1 Tentang Kepelabuhanan.

Pemerintah Republik Indonesia. 2008. Jakarta. Undang – undang Tentang Pelayaran Nomor 17.

Poerbandono dan Djunasjah. 2005. “Survei Hidrografi”. Bandung: Refika Aditama.

Triatmodjo, Bambang. 2009. Perencanaan Pelabuhan. Yogyakarta: Beta Offset. Vlasblom, Wim. 2003. Introduction to Dredging Equipment. Netherland: Delft University of Technology

Wireman, T. (2005). Total Productive Maintenance. New York: Industrial Press Inc.

ISSN 2987-677X

Pembangunan Pengendali Banjir Kali Kemuning Di Kabupaten Sampang Dari Sisi Geologi Tanah, Geografi, dan Masyarakat Sekitar

Eka Damayanti[1], Hartono Pranjoto, Andrew Joewono[2]

1Mahasiswa Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
2Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Email: 1.edama7174@gmail.com
2.andrewsby@ukwms.ac.id

Pembangunan Pengendali Banjir Kali Kemuning di Kab. Sampang, Madura, ini dibuat karena kota Sampang yang selalu banjir setiap tahunnya. Secara geografi, kota Sampang terletak di dataran rendah dengan bentuk menyerupai mangkok (cekungan), sehingga kemungkinan banjir sangat besar. Secara geoteknik, jenis dan sifat tanah di wilayah DAS yang sebagian besar terdiri dari tanah lempung yang umumnya akan mengembang pada saat basah dan akan retak pada saat kering, sehingga kita dapat mengusulkan perkuatan struktur yang diperlukan. Ada 4 jenis perkuatan struktur yang dibuat di DAS Kali Kemuning dengan panjang ± 4,8 km, yaitu: CCSP (Corrugated Concrete Sheet Pile), pasangan batu kali, perkuatan bronjong, dan Dinding Penahan Tanah (DPT) beton serta normalisasi sungai. Pemilihan perkuatan struktur yang dibangun menyesuaikan menyesuaikan dengan kondisi lingkungan dan masyarakat setempat. Dampak akibat banjir akan mempengaruhi perekonomian Masyarakat.

Kata Kunci : Bangunan Pengendali Banjir, perkuatan struktur, dataran rendah, tanah lempung, perekonomian masyarakat

PENDAHULUAN

Kota Sampang selalu mengalami banjir setiap tahun. Di kota Sampang terdapat sungai yaitu Kali Kemuning yang memiliki bentuk alami menyerupai kipas dan memiliki banyak anak sungai. Secara hidrologis, bentuk tersebut menyebabkan air hujan lebih cepat sampai dan berkumpul di sungai utamanya. Selain itu, jenis dan sifat tanah di wilayah DAS yang sebagian besar terdiri dari tanah lempung yang mudah tergerus menyebabkan penumpukan sedimen di sungai. Tingginya sedimentasi di sungai menyebabkan penurunan kapasitas sungai sehingga besarnya limpasan hujan (run off) yang masuk ke sungai tidak tertampung dan menyebabkan luapan ke daerah sekitarnya, sehingga perlu dilakukan normalisasi sungai dan pembangunan perkuatan struktur sepanjang sisi sungai.

Selain karena bentuk sungai yang menyerupai kipas, kota Sampang terletak di dataran rendah dengan bentuk menyerupai mangkok atau cekungan, sehingga apabila terjadi hujan lebat, maka semua air akan mengalir melalui aliran Sungai Kemuning. Apabila sungai Kemuning yang merupakan tampungan air sudah tidak bisa lagi menampung air hujan maka pada akhirnya akan meluap ke kota Sampang dan menimbulkan banjir di kota Sampang.

Atas dasar itulah, Pemerintah melakukan perkuatan struktur di sepanjang DAS Kali Kemuning dan melakukan normalisasi sungai Kemuning sehingga diharapkan dengan adanya perkuatan struktur dan normalisasi sungai, diharapkan dapat meningkatkan kapasitas tampungan sungai Kemuning dan mencegah terjadinya erosi sehingga dapat meminimalisir pendangkalan sungai dan banjir di Kabupaten Sampang, karena akibat dari bencana banjir tersebut akan berpengaruh pada perekonomian masyarakat di kota Sampang.

Dalam Proyek Pengendali Banjir Kali Kemuning ini, penulis melakukan kegiatan engineering antara lain berdiskusi dengan Pemilik Proyek dan Project Manager untuk menentukan lokasi yang diutamakan untuk dibangun perkuatan struktur, mengkoordinir pembuatan gambar kerja hingga mendapatkan persetujuan, mengkoordinir pembuatan progress pekerjaan hingga bisa dijadikan termin, dan secara intern mengkoordinir pengendalian biaya proyek hingga menghasilkan performance proyek.

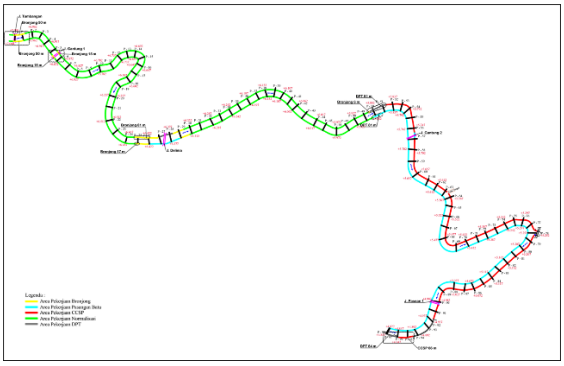
METODE PEMILIHAN PERKUATAN STRUKTUR

Berikut adalah data-data teknis pekerjaan Pembangunan Pengendali Banjir Kali Kemuning, Kab. Sampang, yaitu :

Panjang sungai	: 4.800 meter
Waktu Pelaksanaan	: 781 hari kalender
Tahun anggaran	: 2017 - 2019

Ada 4 jenis bangunan perkuatan struktur yang digunakan dalam Pembangunan Pengendali Banjir Kali Kemuning ini, yaitu : a)CCSP (Corrugated Concrete Sheet Pile) type W; b)Pasangan Batu Kali dengan pondasi minipile 25x25 cm; c)Pasangan Bronjong dengan pondasi dengan pondasi cerucuk bambu; d)Dinding Penahan Tanah (beton) dengan pondasi minipile 25x25 cm.

Metode pemilihan lokasi perkuatan struktur didasarkan pada beberapa pertimbangan antara lain : a)untuk CCSP diutamakan pada lokasi sungai yang terletak bersebelahan dengan jalan utama, b)untuk pasangan batu kali dan bronjong diutamakan di lokasi yang dekat jembatan dan area lahan luas apabila terdapat rumah penduduk, sedangkan c)untuk Dinding Penahan Tanah (beton) diutamakan pada sekitar rumah penduduk yang lokasinya dekat sekali dengan sungai dimana area lahan sangat terbatas untuk pembangunan struktur.



ISSN 2987-677X

Gambar 1. Zona Lokasi Pekerjaan

HASIL KERJA

Perkuatan struktur bangunan dari sisi geologi tanah

Kondisi tanah di sekitar Kali Kemuning adalah tanah lempung yang umumnya akan mengembang pada saat basah, dan akan mengkerut serta retak pada saat kering, sehingga dapat membahayakan struktur bangunan di sekitarnya. Jenis tanah tersebut dapat mendorong bangunan sehingga bangunan akan miring atau rusak. Dengan mengetahui jenis/kondisi tanah di lokasi pekerjaan, kita dapat mengusulkan perkuatan yang diperlukan pada bangunan CCSP yaitu dengan menambahkan balok beton yang berfungsi akan menarik/menyangga CCSP agar bangunan tetap stabil. Diperlukan pengujian properties tanah dengan mengambil sample tanah di 2 lokasi, yaitu di tepi sungai dan tengah sungai yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik tanah berkaitan dengan rencana perkuatan bangunan. Pembuatan justifikasi teknis bersama dengan konsultan pengawas sehingga menghasilkan desain bangunan yang efisien.



Dokumentasi 1. Struktur bangunan CCSP (sisi kiri) dan bangunan pasangan batu (sisi kanan)

Manfaat bangunan untuk masyarakat

Tujuan dari Pembangunan Pengendali Banjir Kali Kemuning ini adalah meminimalisir dampak akibat banjir yang terjadi hampir setiap tahun di Kabupaten Sampang. Selain bangunan struktur di sepanjang DAS Kali Kemuning, juga dibuat beberapa pintu air yang dikelola oleh warga untuk operasionalnya dan perbaikan jembatan penyeberangan orang.

Warga sekitar sungai merasakan manfaat dari pembangunan ini karena mereka dapat berpartisipasi dalam proyek ini karena proyek juga melibatkan warga lokal dalam pembangunannya. Material seperti bambu juga didatangkan dari daerah di sekitar proyek.

Selain pembuatan bangunan struktur, normalisasi Sungai Kemuning berperan banyak dalam meminimalisir dampak banjir yang terjadi. Terdapat perbedaan di lokasi pada saat kondisi banjir sebelum ada perkuatan struktur dan kondisi banjir sesudah ada pembangunan sebagaimana ditunjukkan dalam Dokumentasi 2 dan Dokumentasi 3. Memang secara fungsi tidak bisa menghilangkan dampak sama sekali, karena hujan selalu terjadi setiap tahun dan kondisi geografi kota Sampang tetap memungkinkan untuk tetap terjadinya banjir, tetapi paling tidak dapat mengurangi ketinggian banjir di kota Sampang



Dokumentasi 2. Kondisi banjir Desember 2017 (sebelum ada bangunan perkuatan struktur)



Dokumentasi 3. Kondisi banjir Januari 2019 (sesudah ada bangunan perkuatan struktur)

Kesimpulan

Dari pemaparan di atas dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Terdapat 4 jenis bangunan perkuatan struktur yaitu CCSP, pasangan batu, pasangan bronjong, dan Dinding Penahan Tanah (DPT) beton. Selain itu juga dilakukan normalisasi sungai Kemuning.
2. Kondisi geografi kota Sampang yang terletak di dataran rendah tetap memungkinkan banjir akan tetap terjadi tetapi dengan adanya bangunan pengendali banjir akan meminimalisir dampak akibat banjir tersebut.
3. Kondisi geologi tanah yaitu tanah lempung, yang umumnya akan mengembang pada kondisi tanah basah dan akan retak pada kondisi tanah kering, dapat merusak bangunan struktur, sehingga diperlukan perkuatan bangunan.
4. Adanya bangunan pengendali banjir diharapkan dapat meningkatkan perekonomian masyarakat.

ISSN 2987-677X

Ucapan terima kasih
Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Ir. Andrew Joewono, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng., APEC Eng. Selaku Dosen Pembimbing yang sudah memberikan bimbingan terhadap pembuatan artikel ini dan Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, SNVT Pelaksanaan Jaringan Sumber Air Brantas, Balai Besar Wilayah Sungai Brantas selaku Pemilik Proyek Pengendali Banjir Kali Kemuning, sehingga penulis mendapatkan pengalaman yang sangat bermanfaat dari proyek ini.

REFERENSI :

1. Faisol Hadi, Achmad (2022), Bencana Banjir Rutin: Tinjauan Historis di Kecamatan Sampang, Kabupaten Sampang Tahun 2010-2022, Historiography, Journal of Indonesian History and Education, E-ISSN : 2798 – 4907, Volume 2 Nomor 3 (Juli 2022) 323-337.
2. Geost, Flyst (2023), Pengertian, Karakteristik, dan Pembentukan Tanah ekspansif, Geologinesia.
3. Standart Nasional Indonesia, SNI 6371 : 2015, Tata Cara Pengklasifikasian Tanah untuk Keperluan Teknik dengan Sistem Klasifikasi Unifikasi Tanah (ASTM D 2478-06 MOD)
4. Surendro, Danu (2016), Normalisasi Kali Kemuning dengan Peninggian Tangkis untuk Mengurangi Luapan Air DI Kabupaten Sampang Madura Jawa Timur, Diploma Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Bina Marga, Spesifikasi Khusus Interim (2022), Dinding Penahan Tanah yang Distabilisasi secara Mekanis, SKh-1.7.45
6. Suhendra, Andryan (2023), Studi Korelasi Muai Susut Tanah Ekspansif di Daerah Karawang dan Cikarang, Jurnal Mitra Teknik Sipil Vol. 6 No. 3, Agustus 2023, hlm 805-818
7. Irianto, Djoni dan Wesesa, Dwi Ratih, Pemancangan Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP) pada Proyek Wonokromo River Improvement Surabaya Sub Project Package-3,
8. Widi Astuti, Septiana (2019), Kestabilan Dinding Penahan Tanah Jenis Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP) pada Pekerjaan Galian Abutment Jembatan BH 1751 di Kecamatan Lok Ulo, Kebumen, Jurnal Perkeretaapian Volume III Nomor 1 Maret 2019
9. Ridhoi, Ronal et.al (Desember 2021), Sejarah Banjir Sampang, 1872-2020, Malang : Java Creative
10. Satker Balai Besar Wilayah Sungai Brantas Dirjen Sumber Daya Air Kementrian PUPR, Konsultasi Publik, Amdal Pengendali Banjir (Normalisasi) Kali Kemuning, Kecamatan Sampang, Kabupaten Sampang (2017)
11. SNI 03-0090-1999, Standar Spesifikasi Teknis dalam rancangan ukuran serta desain kawat bronjong

ISSN 2987-677X

STUDY KELAYAKAN PEMBANGUNAN BIOGAS PLANT DI KECAMATAN PUJON KABUPATEN MALANG JAWA TIMUR

Lukman Arief[1] Rasional Sitepu[2] Agus Wahyudi[3]

[1] Program Studi Program Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

[2] Program Studi Program Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

[3] Program Studi Program Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ lukman22773@yahoo.co.id
✉ rasional@ukwms.ac.id
✉ aguswahyudi.st@gmail.com

Sistem pengelolaan limbah Indonesia dan tak terkecuali di Kabupaten Malang, saat ini tidak dapat lepas dari limbah ternak masyarakat, sebagai bagian dari sistem pengelolaan limbah. Belum maksimalnya pengelolaan limbah ternak berdampak negatif antara lain dapat mengganggu kesehatan manusia, menjadikan lingkungan kumuh dan menurunkan estetika sehingga sangat berpengaruh terhadap minat para pemilik modal untuk berinvestasi. Selain itu minimnya pengelolaan limbah kotoran ternak dapat melepaskan gas metan yang merupakan salah satu kontributor efek gas rumah kaca. Namun demikian secara hipotesis gas metan juga merupakan salah satu satu sumber energi yang dapat digunakan sebagai salah satu sumber energi terbarukan. Sehingga kajian kelayakan terhadap potensi pemanfaatan gas metan perlu dilakukan guna menelaah sejauh mana potensi yang dimiliki.

Dimana studi ini bertujuan menggali data terkait potensi dan masalah dilokasi studi berikut mengkaji kelayakan obyek lokasi tersebut apabila dibangun Biogas Power Plant. Untuk itu dalam Studi Kelayakan Pembangunan Biogas Plant dijabarkan mengenai metodologi yang akan digunakan dalam mengkaji suatu kegiatan, rencana kerja kegiatan Study Kelayakan dan uraian mengenai tenaga ahli yang dibutuhkan beserta dengan ruang lingkup kerja sehingga dalam pengerjaan nantinya kajian yang dilakukan sesuai dengan rencana kerja

KATA KUNCI

Biogas ; Pujon

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Kecamatan Pujon merupakan salah satu dari 33 kecamatan di wilayah Kabupaten Malang. Secara astronomis Kecamatan Pujon terletak diantara 112°26'11" – 122°28'92" Bujur Timur dan 7°52'20" – 7°49'37" Lintang Selatan. Adapun batas administrasinya adalah:

a. Sebelah Utara dengan Kabupaten Mojokerto.
b. Sebelah Timur dengan Kota Batu.
c. Sebelah Selatan dengan Kecamatan Dau dan Kabupaten Blitar.
d. Sebelah Barat dengan Kecamatan Ngantang.

Luas wilayah Kota Pujon mencapai 34,18 km2 atau Kecamatan Pujon mempunyai ketinggian 1200 meter dari permukaan laut (mdpl), dengan topografi yang tergolong perbukitan dan dataran tinggi sehingga sangat potensial untuk usaha peternakan sapi perah maupun potong. Permasalahan terkait limbah kotoran sapi yang sebagian besar belum terkelola. Oleh karena itu mayoritas peternak terpaksa membuang limbah kotoran sapi pada saluran drainase umum maupun irigasi .



Gambar 1.1 Saluran drainase dan irigasi yang tercemar kotoran sapi

Salah satu cara pengelolaan limbah kotoran sapi adalah dengan memanfaatkan menjadi biogas. *Menurut Hambali (2008) Biogas sebagai salah satu jenis bioenergi didefinisikan sebagai gas yang dilepaskan saat bahan-bahan organik seperti kotoran ternak,*

 ISSN 2987-677X

kotoran manusia, jerami, sekam dan daun-daun hasil sortiran sayur terfermentasi atau mengalami proses metanisasi

Untuk itu pemanfaatan biogas sebagai Biogas Power Plant dapat diajukan sebagai salah satu konsep ***Green Technology*** yang diharapkan dapat mengurangi timbulan limbah kotoran sapi sehingga dapat mengurangi gas metana yang dilepaskan ke atmosfer. Selaras dengan agenda *Sustainable Development Goals* (SDGs) poin ke-13 tentang *Climate Action* atau Penanganan Perubahan Iklim dengan adanya rencana kegiatan pemanfaatan gas metan menjadi Biogas Power Plant di Kecamatan Pujon dapat menjadi tonggak perencanaan dan pengelolaan yang efektif terkait perubahan iklim

Tabel 1.1 Jumlah Peternak Sapi Perah dan Sapi Potong di Kecamatan Pujon

No	Desa	Jumlah Peternak Sapi Perah	Jumlah Sapi Perah (ekor)	Jumlah Peternak Sapi Potong	Jumla
1	Bendosari	590	2301	0	
2	Sukomulyo	967	3052	6	
3	Pujon Kidul	435	2397		
4	Pandesari	1389	7132		
5	Pujon Lor	495	2314		
6	Ngroto	244			
7	Ngabab	875			
8	Tawangsari	460			
9	Madiredo				
10	Wiyurejo				
	JUMLAH				

Sumber: Profil Kecamatan Pujon, 2022

II. Metode

II.1 Rancangan (Flow Chart) Penelitian



Gambar 2.1 :Bagan Alir Proses Analisa (Flow Chart)

Ketersediaan dan luas lahan, topografi dan serta aksesbilitas menuju lahan perencanaan baik melalui kegiatan survey data primer maupun data sekunder. Proses analisa lingkungan dilakukan berdasarkan hasil survey lingkungan pada alternatif lokasi dengan mempertimbangkan potensi dampak kegiatan terhadap lingkungan sekitar terkait parameter ketersediaan air bersih, bahaya banjir, jarak dari permukiman dan kebisingan serta bau. Sedangkan untuk melakukan analisa pariwisata dilakukan pengumpulan data tentang potensi objek wisata buatan terkait parameter keunikan, keamanan, kenyamanan serta sarana prasarana penunjang. Setelah diperoleh gambaran potensi kelayakan lahan, selanjutnya dilakukan analisa melalui pembobotan dan skoring untuk menentukan nilai total kelayakan tiap alternatif lahan sehingga didapatkan lokasi dengan nilai kelayakan tertinggi

III. Hasil Kerja

III. 1. Populasi dan Sampel

Selain pertanian dan perkebunan, Kecamatan Pujon juga dikenal dengan peternakan sapi perah, yang populasinya mencapai ± 27.000 ekor dengan kemampuan produksi susu 115 ton/ harinya. Karena itu, sektor pertanian dan peternakan menjadi sektor yang memiliki tingkat penyerapan tenaga kerja yang tinggi**.**

III.2. Variabel Penelitian

Metode dalam menganalisis kelayakan yakni menggunakan penelitian deskriptif dengan pendekatan kualitatif. Teknik pengumpulan data yang digunakan oleh antara lain: wawancara, dokumentasi dan observasi. Instrument penelitian yang digunakan ialah: pedoman wawancara, pedoman observasi, buku catatan dan literatur

Jumlah Sapi	5 - 6 ekor
Volume digester total	6 m^3 atau 6000 liter
Masukan kotoran perhari	50 kg
Masa bahan kering kotoran	10 kg
Volume digester yang terisi kotoran	1,8 m^3
Kebutuhan digester total	3,6 m^3
Perkiraan Hasi Biogas	2,4 m^3/hari
Perkiraan hasil methane	1,2m^3/hari

Sumber: Anggito, 2014 Research

III.3. Bahan Penelitian

Berdasarkan dari hasil jumlah peternak sapi perah dan sapi potong diatas, dapat disimpulkan bahwasanya Kecamatan Pujon memiliki potensi yang tinggi pada sektor peternakan. Untuk limbah peternakan, beberapa masyarakat sudah mengelola limbah tersebut menjadi biogas. Biogas

Sumber: Anggito, 2014 Research

Berdasarkan sumber Departemen Pertanian, konversi biogas menjadi energi listrik 1 m3 biogas sama dengan 4,7 kWh jadi 2,4 m3 biogas setara dengan 11,3 kWh. atau bagi Genset 1 KVA (1000 watt) akan menyala 11 jam 18 menit.

Selanjutnya dilakukan analisis untuk mengetahui potensi kotoran sapi yang dihasilkan perhari. Seperti yang telah disebutkan pada subbab 2.3 pada analisis biogas plant tahap

 ISSN 2987-677X

awal dengan asumsi jumlah sapi 5.000 ekor maka potensi produksi kotoran perhari sebagai berikut:

PKS = PS x A

PKS : Produksi Kotoran Sapi tiap hari (kg/hari)

PS : Populasi Sapi (ekor)

A : Rata-rata kotoran sapi perhari (kg/hari)

(Rupawanti dan Syauqi, 2018).

$$\boldsymbol{PKS = 5000 \times 25 \frac{kg}{hari}}$$

$$PKS = 125.000\ kg/hari$$

III.4. Batasan dan Asumsi Penelitian

III.4.1. Batasan Penelitian

Penelitian ini dilakukan diwilayah Desa Pandesari Kecamatan Pujon Kabupaten Malang Jawatimur. Analisis terhadap kelayakan rencana Pembangunan Biogas Plant yang layak secara teknis, lingkungan, pariwisata dan sosial ekonomi.

III.4.2. Asumsi Penelitian

Potensi manfaat biogas sangatlah besar sebagai salah satu bahan bakar alternatif khususnya di daerah pedesaan. Hal ini dikarenakan mempertimbangkan bahan baku pembuatan biogas juga sangat melimpah di daerah pedesaan akibat banyaknya masyarakat dengan mata pencaharian sebagai peternak maupun petani. Tidak hanya itu pembuatan biogas ini sangat cocok dilakukan di pedesaan karena tata letak wadah proses pembuatan maupun pipi-pipa yang menyalurkan biogas ini sangatlah mudah dibandingkan di perkotaan yang notabene sangatlah padat penduduk.

III.4.3. Instrumen (Alat dan/atau Bahan) Penelitian

a. Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1 Formulir survai, papan survai, alat tulis, counter dan alat bantu lainnya.

2 Komputer untuk mengolah dan menganalisis data.

b. Bahan bahan yang digunakan dalam penelitian ini anatar lain :

1. Limbah kotoran ternak sapi

III.5. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi rencana Studi Kelayakan Pembangunan Biogas Plant berada di wilayah Desa Pandesari Kecamatan Pujon Kabupaten Malang Jawa Timur .

III.6. Prosedur Pengambilan dan Pengumpulan Data

Studi kelayakan untuk Pembangunan Biogas Plant di Kecamatan Pujon memerlukan rencana kerja yang disusun dalam suatu tahapan kegiatan

Pekerjaan penyusunan laporan studi kelayakan Pembangunan Biogas Plant di Kecamatan Pujon diawali dengan pekerjaan persiapan yang meliputi kegiatan mobilisasi tenaga kerja dan peralatan. Koordinasi awal dari tim akan menentukan kegiatan pengumpulan data sekunder dan studi pekerjaan sejenis yang diperlukan dalam penyusunan program kerja. Kegiatan ini diperlukan untuk mendapatkan gambaran kuantitatif dan kualitatif pengelolaan limbah kotoran sapi di Kecamatan Pujon sehingga dapat ditentukan metode survey sosial ekonomi dan lingkungan yang akan dilaksanakan dalam pelaksanaan studi kelayakan ini. .

Selanjutnya dilakukan analisa sosial untuk mendapatkan gambaran kesediaan serta peran masyarakat sekitar terhadap rencana Pembangunan Biogas Plant di Kecamatan Pujon.Analisa manajemen pengelolaan kotoran sapi hingga menjadi listrik dan juga analisa pembentukan kelembagaan pengelola PLTBg. Tahap selanjutnya adalah analisa kelayakan pembiayaan dan bisnis plan dengan metodologi seperti pada penjelasan tahapan analisa diatas. Hasil dari analisa kebutuhan pelayanan, fasilitas dan peralatan dalam studi pendahuluan dan hasil analisa lingkungan, akan menjadi bahan dalam penyusunan laporan yang akan disampaikan dalam diskusi bersama tim

III.7. Analisis Data

Dalam menentukan lokasi pembangunan Biogas Plant perlu dilakukan penilaian atas tingkat kelayakan lokasi tersebut sehingga dapat diketahui lokasi yang paling layak dari beberapa calon lokasi. Analisis kelayakan lokasi pembangunan Biogas Plant didasarkan pada analisis kelayakan teknis lokasi, analisis kelayakan lingkungan, analisis kelayakan pariwisata, analisis kelayakan sosial kemasyarakatan, serta analisis kelayakan ekonomi.

Metode Analisis salah satu metode dalam menganalisis kelayakan yakni menggunakan penelitian deskriptif dengan pendekatan kualitatif. Teknik pengumpulan data yang digunakan oleh antara lain: wawancara, dokumentasi dan observasi. Instrument penelitian yang digunakan ialah: pedoman wawancara, pedoman observasi, buku catatan dan literatur.

III.8. Pengujian Hipotesis

Uji hipotesis merupakan bagian dari statistik yang bertujuan untuk menarik kesimpulan mengenai suatu populasi berdasarkan data yang diperoleh dari sampel populasi tersebut

kesimpulan berupa:

A. Terkait aspek kelayakan teknis dapat dikatakan layak karena secara kepemilikan lahan dimiliki oleh Pemerintah Desa dengan kelerengan yang tergolong datar. Begitu pula untuk aksesbilitas

 ISSN 2987-677X

mengingat terletak tidak jauh dari jalan utama dengan kondisi jalan yang memadai.

B. Terkait aspek penilaian kelayakan lingkungan dapat dikatakan layak mengingat ketersediaan sumber air bersih dapat dilayani oleh HIPAM. Untuk parameter bahaya banjir kemungkinan terjadi sangat kecil karena merupakan dataran tinggi dan bukan merupakan daerah rawan banjir. Kemudian berkaitan dengan kebisingan dan bau tidak akan terlalu berpengaruh dikarenakan lokasi perencanaan terletak cukup jauh dari permukiman.

Berdasarkan aspek kelayakan pariwisata rencana pembangunan Biogas Plant nantinya berpotensi dikembangkan sebagai **objek wisata edukasi berkonsep Green Technology yang tentunya akan memunculkan daya tarik bagi pengunjung**

VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu metode dalam menganalisis kelayakan yakni menggunakan penelitian deskriptif dengan pendekatan kualitatif. Teknik pengumpulan data yang digunakan oleh antara lain: wawancara, dokumentasi dan observasi. Instrument penelitian yang digunakan ialah: pedoman wawancara, pedoman observasi, buku catatan dan literatur

VI.1. Hasil Penelitian

Persepsi Peternak Sekitar Terkait Perencanaan Biogas Plant

Berdasarkan hasil survey peternak Desa Pandesari (sebanyak 50 responden) terkait perencanaan Biogas Plant. Sekitar 94% warga setuju jika nantinya akan dibangun Biogas Plant dan 6 % tidak setuju. Selain itu 94% warga juga setuju jika nantinya dengan adanya Biogas Plant dapat memunculkan potensi wisata edukasi baru.

Sedangkan rancangan anggaran biaya Biogas Plant nantinya yang meliputi pembiayaan investasi dan operasional. Untuk lebih jelasnya sebagai berikut:
Hasil kerja menjelaskan hasil-hasil yang telah dilakukan oleh penulis. Penulis dapat mengaitkan hasil kerja yang didapat dengan teori dan keilmuwan yang telah telah diperoleh.

a. Bisnis Plan Biaya Investasi Biogas Plant

Tabel VI.1 : Bisnis Plan Biaya Investasi Biogas Plant

No	Nama Kegiatan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Nil
1	Kajian pra konstruksi FGD dan sosialisasi	1	Ls	-	
2	Jasa Konsultansi Perencanaan (Master Plan dan DED Tahap 1)	1	Ls	-	
3	Biaya pembangunan fisik dan sarana prasarana	1	Ls		
4	Jasa Konsultansi Pengawasan	1			
5	Pembangunan saluran pipa PVC				
6	Pembangunan bak penampung k				
7	Investasi pabrik kom				
8	Pembelia				
9	P				
TOTA					

Tabel VI.2 : Biaya BBM *perhari*

Nama Zona	Konsumsi BBM (liter)	Ritase	Biaya BBM perliter (Rp)	Biaya BBM perhari (Rp)
Jurangrejo (A)	0,78	10	18.500	365.000
Gesingan (B)	0,56	10	18.500	265.000
Krajan (C)	0,35	10	18 .500	165.000
Maron Sebaluh (D)	0,13	10	18.500	65.000
Sebaluh (E)	0,22	10	18.500	105.000
TOTAL				Rp. 965.000

Tabel VI.3 : Bisnis Plan Biaya Operasional Biogas Plant

No	Nama	Vol	Sat	Biaya Satuan (Rp)	Biaya Total Perbulan (Rp)
A	**Biaya Tenaga Kerja**				
1	Kepala Divisi	2	Org/Bulan	6,000,000	12,000,000
2	Pekerja pengangkut kotoran	10	0rg/Bulan	4,000,000	40,000,000
3	Pekerja unit *biodigester*	2	0rg/Bulan	4,000,000	8,000,000
4	Pekerja pabrik kompos	4	0rg/Bulan	4,000,000	16,000,000
5	Operator pemurnian gas	2	0rg/Bulan	5,000,000	10,000,000
6	Operator generator	2	0rg/Bulan	5,000,000	10,000,000
7	Pekerja packing pupuk organik	3	0rg/Bulan	3,000,000	9,000,000
8	Pekerja pemasaran produk pupuk	3	0rg/Bulan	4,000,000	12,000,000
9	Pekerja pengangkut pupuk	10	0rg/Bulan	4,000,000	40,000,000
10	Pekerja pemasaran produk listrik	3	0rg/Bulan	4,000,000	12,000,000
11	Staf pengelola wisata edukasi	2	Org/Bulan	4,000,000	8,000,000
12	Tenaga kerja keuangan dan adm.	4	0rg/Bulan	3,500,000	14,000,000
B	**Biaya Sewa Lahan**	12,000	meter2	5.000/m2/th	5,000,000
C	**Biaya Bahan Pembuatan Pupuk**				
1	Sekam	500	Kg	1.500	22.500.000
2	Abu Sekam	500	Kg	2.500	37.500.000
3	Dedak Padi	250	Kg	1.500	11.250.000
4	EM-4	10	Liter	20.000	6.000.000
5	Tetes Tebu (Molase)	10	Liter	7.000	2.100.000
D	**Operasional Genset dan Kendaraan**				
1	Maintenance Generator	1,000	Kva	70.000/KVa/th	10,000,000
2	Maintenance Kendaraan	10	Unit	750.000/ 3 bulan	10,000,000
3	BBM Kendaraan Produksi	7	50 liter/hr /Unit	10.000/liter	105,000,000
4	BBM Kendaraan Pupuk	5	30 Liter/hr /Unit	10.000/liter	45.000.000
SUB TOTAL					445,350,000
D	**Biaya Penyusutan**				
1	Biaya Penyusutan Bangunan	20	tahun	790.000.000/th	65,850,000
2	Biaya Penyusutan Kendaraan	10	tahun	264.000.000/th	22,000,000
3	Biaya Penyusutan Alat produksi pupuk	5	tahun	20.000.000/th	1,667,000
4	Biaya Penyusutan Generator	10	tahun	300.00.00 /th	25,000,000
SUB TOTAL					114,517,000
TOTAL					559,867,000

b. Bisnis Plan Biaya Non Operasional Biogas Plant

Detail terkait bisnis plan biaya non operasional Biogas Plant dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

 ISSN 2987-677X

Tabel VI.4 Bisnis Plan Biaya Non Operasional Biogas Plant

No	Nama	Sat	Biaya Satuan (Rp)	Keterangan
A	Biaya Lainnya	Bulan	27.993.350	5% dari biaya
B	Biaya Sumbangan	Bulan	13.996	
TOTAL				

c. Bisnis Plan Biaya Estimasi keuntungan dan Break Even Point Biogas Plant

Tabel VI.5 Estimasi Keuntungan per bulan

No	Nama Kegiatan	Vol	Sat	Biaya Satuan (Rp)	Nilai Total (pe
1	Keuntungan dari penjualan listrik	4.700	kWh	1.000	
2	Keuntungan dari penjualan pupuk organic	5.000	Ke		

- Diasumsikan biaya 1 kWh Rp. 1000 adalah harga dibawah harga rata-rata terendah di PLN, maka asumsi pendapatan dalam satu hari Rp. 4.700.000 sehingga dalam satu bulan diasumsikan nilai total nya Rp. 141.000.000.

- Diasumsikan 1 ekor sapi menghasilkan kotoran rata-rata 25 kg, untuk 5.000 sapi maka kotoran yang dihasilkan 125.000 kg, kompos yang dihasilkan dari kotoran sapi 20% yaitu 25.000 Kg kompos. Rencana penjualan adalah perkemasan ukuran 5 kg dengan harga jual Rp. 3500. Keuntungan yang didapat per kemasan adalah Rp. 2500. Estimasi keuntungan per hari sebesar 17,5 juta.

Tabel VI.6 Rekapitulasi Pembiayaan

No.	Jenis Biaya	Nilai (Rp)
A.	Total Biaya investasi	20.000.000.000
B.	Total Keuntungan (perbulan)	666.000.000
C.	Biaya operasional (perbulan)	559.867.000
	Biaya non operasional (perbulan)	41.990.025
	Total Biaya Pengeluaran	601.857.025
D.	Total keuntungan bersih (perbulan)	64.142.975

Berdasarkan Tabel 4.15 diketahui bahwa keuntungan sebesar Rp. 666.000.000,- kemudian biaya total pengeluaran perbulan sebesar Rp. 601.875.025,- maka keuntungan bersih perbulan Rp. 64.142.975,-. Sehingga untuk mengembalikan biaya investasi sebesar Rp. 20.000.000.000,- diperlukan waktu sekitar **26 tahun**

V. KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi kelayakan pembangunan Biogas Plant yang berada pada wilayah perencanaan di Desa Pandesari, Kecamatan Pujon didapatkan **kesimpulan berupa**:

a. **Terkait aspek kelayakan teknis dapat dikatakan layak** karena secara kepemilikan lahan dimiliki oleh Pemerintah Desa dengan kelerengan yang tergolong datar. Begitu pula untuk aksesbilitas mengingat terletak tidak jauh dari jalan utama dengan kondisi jalan yang memadai.

b. **Terkait aspek penilaian kelayakan lingkungan dapat dikatakan layak** mengingat ketersediaan sumber air bersih dapat dilayani oleh HIPAM. Untuk parameter bahaya banjir kemungkinan terjadi sangat kecil karena merupakan dataran tinggi dan bukan merupakan daerah rawan banjir. Kemudian berkaitan dengan kebisingan dan bau tidak akan terlalu berpengaruh dikarenakan lokasi perencanaan terletak cukup jauh dari permukiman.

c. Berdasarkan aspek kelayakan pariwisata rencana pembangunan Biogas Plant nantinya berpotensi dikembangkan sebagai **objek wisata edukasi berkonsep Green Technology** yang tentunya akan memunculkan daya tarik bagi pengunjung.

d. Terkait analisis kelayakan sosial sebanyak 94% masyarakat sekitar setuju dengan adanya rencana pembangunan Biogas Plant di Desa Pandesari. Selain itu sebanyak 94% masyarakat sekitar juga bersedia untuk turut berperan serta dalam membangun tempat penampungan kotoran sapi di sekitar peternakan mereka **dengan bantuan dana dari pemerintah**.

e. Untuk analisis ekonomi dan pembiayaan/investasi dibagi menjadi aspek pembiayaan investasi dan pembiayaan operasional. Rekapitulasi analisis ekonomi sebagai berikut:

- Total biaya investasi sebesar Rp. 20.000.000.000,-
- Total biaya operasional perbulan sebesar Rp. 559.867.000,-
- Total biaya non-operasional perbulan sebesar Rp. 41.990.025,-
- Total biaya pengeluaran perbulan sebesar Rp. 601.857.025,-
- Total keuntungan penjualan listrik perbulan sebesar Rp. 141.000.000,-

 ISSN 2987-677X

- Total keuntungan penjualan pupuk organik perbulan sebesar Rp. 525.000.000,-
- Total keuntungan keseluruhan perbulan Rp. 666.000.000,-
- Total keuntungan bersih perbulan sebesar Rp. 64.142.975,-
- Waktu pengembalian biaya investasi didapatkan sekitar **26 tahun**.

f. Pada kegiatan studi kelayakan ini nantinya diproyeksikan terdapat dua zona yakni zona produksi yang mencakup Biogas Plant dan Pabrik Pupuk Organik dan zona wisata edukasi yang terbentuk dari aktivitas biogas plant dan pabrik pupuk organik. Dengan adanya aktivitas zona produksi akan dapat memunculkan *multiplier effect* seperti UMKM di sekitar lokasi Biogas Plant dan segala bentuk wisata penunjang lainnya yang kebutuhan listrik dan biogas akan disuplai dari *Biogas Plant*.

g. Berdasarkan hasil rekapitulasi lokasi perencanaan Biogas Plant di Dusun Sebaluh, Desa Pandesari memiliki total nilai **520** sehingga dapat disimpulkan **kegiatan perencanaan Biogas Plant dapat dikatakan layak yang berarti pembangunan Biogas Plant di lokasi rencana berstatus layak bangun.**

V.2 Saran – saran

Dengan adanya penelitian saya harap ada dukungan dari masyarakat dan pemerintah dan juga Institusi pendidikan yang bisa berkolaborasi untuk mengembangkan di daerah kecamatan Pujon atau diluar daerah kecamatan Pujon agar tujuan penelitian, manfaat bisa dirasakan masyarakat sekitar dan menciptakan lingkugan yang bersih.

DAFTAR PUSTAKA

Aji, Kurniawan Puspito dan Aziz Nur Bambang. 2019. *Konversi Energi Biogas menjadi Energi Listrik sebagai Alternatif Energi Terbarukan dan Ramah Lingkungan*. Universitas Diponegoro.

Anggito, Tri Ageng. 2014. *Studi Pembangkit Energi Listrik Berbasis Biogas*. Universitas Pendidikan Indonesia.

BPS Kabupaten Malang, 2022. *Kabupaten Malang dalam Angka*. Kabupaten Malang: Badan Pusat Statistik.

BPS Kabupaten Malang, 2022. *Kecamatan Pujon dalam Angka*. Kabupaten Malang: Badan Pusat Statistik.

Fatwarizaldi, Muhammad, Tachrir dan Agustinus Lolok. 2021. *Analisis Potensi Biogas Kotoran Ternak Sapi Sebagai Pemanfaatan Energi Listrik Alternatif*. Universitas Halu Oleo.

Mulyani, Agnes Sri. 2021. *Pemanasan Global, Penyebab, Dampak dan Antisipasinya*. Universitas Kristen Indonesia.

Rupawanti, Nahdia dan M Iqbal Syauqi. 2018. *Analisis Biogas Plant Berbasi Konsep Green Technology Studi Kasus Desa Puter Kembangbahu*. Universitas Islam Lampung.

Prihandini, Peni Wahyu dan Teguh Purwanto. 2007. *Petunjuk Teknis Pembuatan Kompos Berbahan Kotoran Sapi*. Pusat Penelitian dan Pengambangan Peternakan.

Saputra, Langgeng. 2017. *Pengaruh Limbah Peternakan Sapi Terhadap Kualitas*
Air Tanah Untuk Kebutuhan Air Minum (Studi Kasus di Desa Singosari, Kabupaten Boyolali). Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Suwito, Widodo, Supriadi, Erna Winarti dan Nyoman Ayu. 2014. *Pencemaran Bakteri dalam Air Sumur di Sekitar Peternakan Sapi Potong di Yogyakarta*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Yogyakarta.

Zuroida, Rizqi dan R. Azizah. 2018. *Sanitasi Kandang Dan Keluhan Kesehatan Pada Peternak Sapi Perah Di Desa Murukan Kabupaten Jombang*. Universitas Airlangga.

Cheng, J., Wang, L., Jiang, T., ...Sun, F., Yin, W.Applied Soil Ecology, 2023, 189, 104905DNRA and ANRA-centered microbial mechanism of biogas slurry on soil nitrogen leaching: An indication from a laboratory study Mayerová, M., Šimon, T., Stehlík, M., ...Koubová, M., Smatanová, M.Soil and Tillage Research, 2023, 231, 105715Long-term application of biogas digestate improves soil physical properties

ISSN 2987-677X

UNJUK KERJA TEKNIK KRIPTOGRAFI KOMBINASI AES - TURBO CODE DENGAN VARIASI UKURAN FRAME

Dwi Kuswanto[1], Ir. Andrew Joewono,ST.,MT.,IPU.,ASEAN Eng., APEC Eng[2], Mulaab[3], Annisa Rachmawati[4].

[1, 2] Program Studi Program Profesi Insinyur, Universitas Katholik Widya Mandala Surabaya.

[3, 4] Program Studi Teknik Informatika, Universitas Trunojoyo Madura.

✉ dwi.kuswanto@trunojoyo.ac.id

✉ andrew_sby@ukwms.ac.id

✉ mulaab@trunojoyo.ac.id

Untuk menghindari pesan yang dikirim tidak disalah gunakan oleh pihak yang tidak berkepentingan, maka perlu dilakukan proses nkripsi dan dekripsi pesan asli. Salah satu bidang ilmu untuk menjaga keamanan informasi adalah kriptografi AES. Namun dibutuhkan juga pendeteksi dan pengoreksi kesalahan, salah satu metodenya adalah *Turbo Code*. Dengan melakukan kombinasi antara enkripsi AES dan teknik pengkodean *Turbo Code* pada satu langkah, diharapkan dapat menghasilkan keputusan yang efisien dan efektif. Hasil penelitian menunjukkan pada nilai SNR 13 dB sampai 15 dB, persentase data yang kembali rata-rata sebesar 99,9 %. Dengan demikian AES-Turbo dapat bekerja secara efektif, meskipun persentase data yang kembali tidak mencapai 100%. Semakin besar ukuran data, waktu yang dibutuhkan untuk enkripsi dan dekripsi semakin lama. Namun semakin besar panjang dan ukuran frame, maka waktu yang diperlukan untuk proses enkripsi dan dekripsi semakin cepat. Saat pengujian *avalanche effect* dengan kunci yang sama, panjang kunci 192 bit, frame 256, dan perubahan 1 karakter pada *plaintext* diperoleh nilai rata-rata 50 %. Sedangkan hasil pengujian *avalanche effect* dengan *plaintext* sama, panjang kunci 192 bit, frame 256, dan perubahan 1 karakter pada kunci diperoleh rata-rata 50.0521 %. Sehingga membuktikan metode AES-Turbo lebih efektif dan efisien karena nilai maksimal dari *avalanche effect* sebesar 50%.

Kata kunci: AES, *Turbo Code*, Kombinasi AES-Turbo

Pendahuluan

Keamanan informasi merupakan sesuatu yang harus diperhatikan secara serius. Perkembangan teknologi informasi semakin memudahkan penggunanya dalam berkomunikasi melalui berbagai media. Keamanan informasi dilakukan untuk melindungi informasi/data pribadi terhadap ancaman yang mungkin akan timbul melalui tindakan kejahatan komputer yang memanfaatkan celah dari keamanan untuk mengambil atau memanipulasi data. Terdapat berbagai metode yang bisa kita gunakan untuk melindungi keamanan data contohnya seperti menggunakan *password* dan enkripsi data. Untuk menghindari pesan atau informasi yang dikirim tidak disalah gunakan oleh pihak yang tidak berkepentingan maka perlu dilakukan proses enkripsi pesan asli dan penyisipan pesan ke dalam suatu media. Salah satu bidang ilmu untuk menjaga keamanan informasi adalah kriptografi. Dengan kriptografi, informasi yang dianggap rahasia dapat disembunyikan dengan teknik penyandian, sehingga tidak bisa dimengerti oleh orang lain, selain pembuat dan penerima pesannya saja. Konsep kriptografi untuk menjaga kerahasiaan data adalah dengan cara menyamarkannya menjadi bentuk sandi-sandi yang tidak bisa dibaca. Pesan yang disandikan disebut *plaintext*, sedangkan pesan yang disamarkan disebut dengan *chipertext*. Proses penyamaran dari *plaintext* ke *chipertext* disebut enkripsi, sedangkan proses pengembalian *chipertext* menjadi *plaintext* disebut dengan dekripsi [1]. Banyak sekali jenis algoritma kriptografi, diantaranya adalah algoritma Rijndael yang sekarang ditetapkan menjadi *Advanced Encryption Standard* (AES). AES merupakan salah satu jenis teknik kriptografi yang ditetapkan oleh lembaga standar Amerika Serikat bernama NIST (*Nasional Institute of Standards and Technology*). Pada tahun 2001 akhirnya NIST mempublikasikan AES sebagai standar pemrosesan dokumen pada dokumen FIPS-PUB 197, (NIST, 2001). Algoritma ini termasuk jenis simetrik karena menggunakan kunci enkripsi dan kunci dekripsi yang sama. AES menggunakan sandi blok kunci simetrik dengan ukuran kunci yang bervariasi, antara lain AES 128, 192, 256 bit dengan panjang blok 128 bit. Penyandian AES menggunakan proses yang berulang disebut dengan *round*. Setiap blok dienkripsi dalam sejumlah putaran tertentu berdasarkan panjang kunci. Pada panjang kunci AES 128 bit membutuhkan 10 putaran, untuk kunci AES 192 bit membutuhkan 12 putaran. Sedangkan kunci AES 256 bit membutuhkan 14 putaran [2]. Proses enkripsi pada algoritma AES terdiri dari 4 jenis transformasi *byte*, yaitu *SubBytes*, *ShiftRows*, *MixColoumns*, dan *AddRoundKey*. Kemudian proses dekripsinya menggunakan transformasi invers pada semua transformasi yang digunakan pada algoritma AES. Setiap transformasi dasar AES memiliki trasformasi invers, yaitu: *InvSubBytes*, *InvSiftRows*, dan *InvMixColoumns*, sedangkan *AddRoundKey* bersifat *self-invers*. Teori pengkodean

 ISSN 2987-677X

merupakan ilmu tentang kode pendeteksi atau pengontrol kesalahan. Dengan kata lain digunakan sebagai pendeteksi dan pengoreksi kesalahan yang muncul saat data dikirim atau disimpan. Salah satu contoh teknik pengkodean adalah *Turbo Code*. *Turbo Code* pertama kali diperkenalkan oleh Berrou, Glavieux, dan Thitimajshima pada tahun 1993, dalam skema yang dapat mencapai probabilitas kesalahan bit sebesar 10-5 menggunakan laju ½ pada kanal AWGN. Teknik pengkodean *Turbo Code* telah terbukti memberikan unjuk kerja mendekati teori Limit Shannon. Pada proses *encoding*-nya berupa rangkaian paralel dua atau lebih kode *Recursive Systematic Convolutional* (RSC) yang dipisahkan oleh *interleaver* [3]. Sedangkan pada proses *decoding*-nya yaitu meneruskan *soft decision* dari keluaran sebuah *decoder* ke masukan *decoder* berikutnya, dan mengulangi proses ini beberapa kali untuk menghasilkan keputusan yang lebih handal [4]. Metode kombinasi AES dan *Turbo Code* pernah diteliti oleh Hakan CAM, Volkan OZDURAN, dan Osman N UCAN dengan melakukan kombinasi antara enkripsi AES dan teknik pengkodean *Turbo Code* pada satu langkah diharapkan dapat menghasilkan keputusan yang efisien dan efektif. Dengan mengenkripsi dan mendekripsi data dengan menggunakan AES, sedangkan *Turbo code* digunakan untuk proses *encoding* dan *decoding*.

Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode ini pada sisi enkripsi dengan menganalisis perbandingan kombinasi metode AES dan *Turbo Code* terhadap 3 kunci AES dengan variasi ukuran frame dengan parameter penguji yaitu waktu eksekusi data (waktu yang diperlukan untuk enkripsi dan dekripsi), *avalanche effect* dan BER (*Bit Error Rate*).

Metode

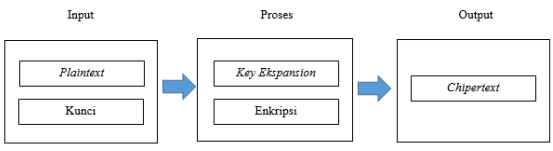
Metode penelitian ini berupa rancangan dan alur uji coba teknik cryptography kombinasi AES-Turbo terhadap variasi ukuran *frame dengan* 3 variasi kunci AES yaitu 128, 192 dan 256, meliputi tahap rancangan implementasi sistem dan tahap pengujian.

Rancangan Sistem

Berikut proses perancangan pengimplementasian teknik kriptografi AES-Turbo.

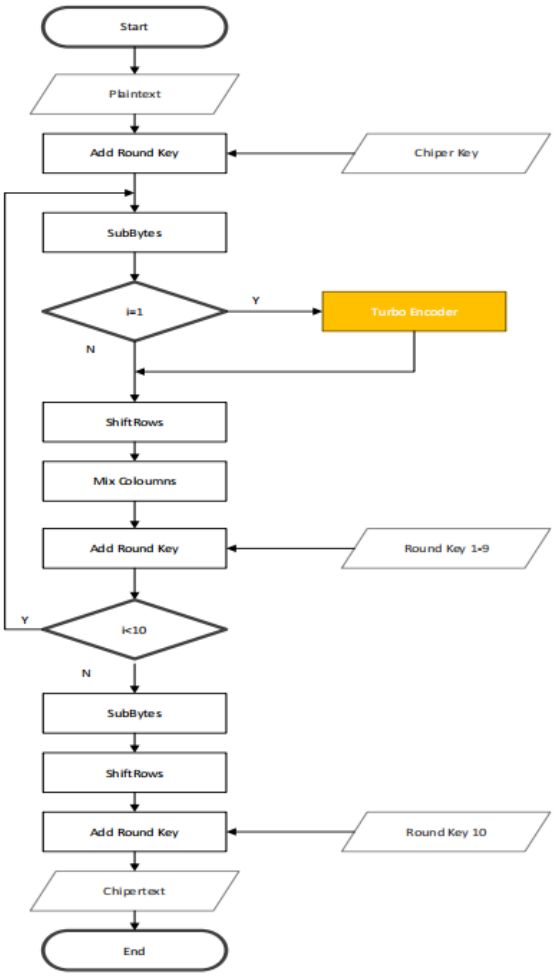
Enkripsi AES - Turbo

Pada proses Enkripsi AES-Turbo ada 3 tahap, yaitu tahap *input* (*Plaintext,* kunci), tahap proses (*Key Expansion,* enkripsi), dan tahap *output* (*Chipertext*) terdapat pada gambar 1. dibawah ini :



Gambar 1. Diagram IPO Enkripsi AES-Turbo

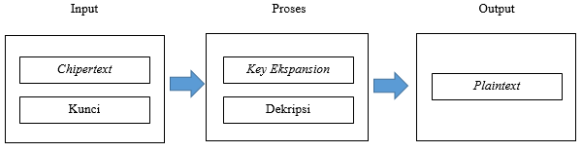
Pada gambar 2. Pada sisi enkripsi terdapat *turbo encoder* yang diletakkan setelah *sub bytes* pada iterasi pertama. Dalam perulangan iterasi pertama data dimasukan ke dalam *turbo encoder*, sehingga keluaran data tersebut menjadi dua kali lipat dari data sebelum masuk ke dalam *turbo encoder*. Kemudian data hasil keluaran enkoder tersebut di antrikan per 128 bit (sesuai dengan ketentuan AES) dan di proses hingga menjadi *chipertext*. Pada langkah selanjutnya proses enkripsi AES berjalan seperti biasa, kemudian *chipertext* dikirimkan melalui kanal.



Gambar 2. *Flowchart* Enkripsi AES-Turbo

Dekripsi AES-Turbo

Pada proses dekripsi AES-Turbo ada 3 tahap, yaitu tahap *input* (*Chipertext,* kunci), tahap proses (*Key Expansion,* dekripsi), dan tahap *output* (*Plaintext*). Digambarkan seperti dibawah ini :



 ISSN 2987-677X

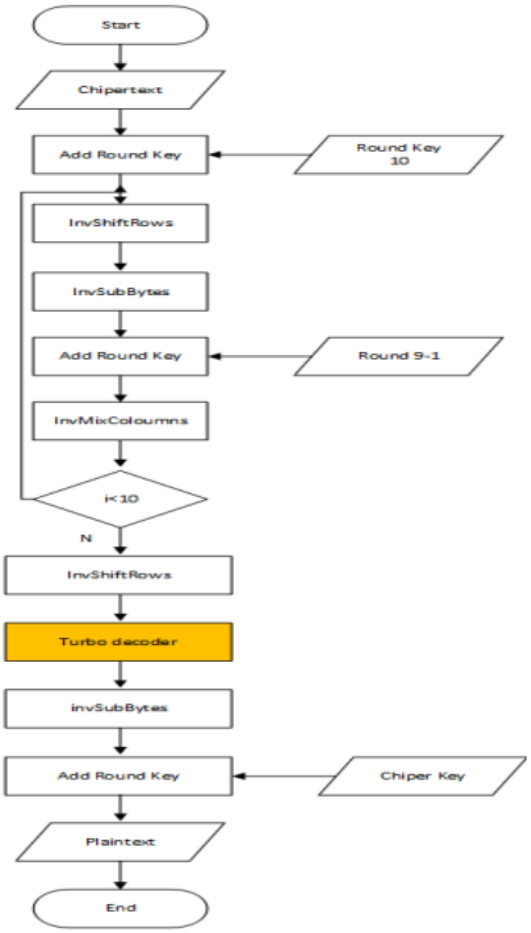
Gambar 3. Diagram IPO Dekripsi AES-Turbo

Pada gambar 3. Proses dekripsi *chipertext* diambil dari kanal, kemudian diproses menggunakan dekripsi AES. Blok *turbo decoder* disisipkan pada AES di akhir *round* sebelum blok *SubBytes*.

Flowchart Sistem

Pada gambar 2. dapat dilihat *flowchart Enkripsi AES - Turbo* dengan tahapan berikut, langkah pertama memasukkan teks dan kunci yang akan di enkripsi/ dekripsi, kemudian memilih salah satu dari 3 tipe kunci: AES 128, AES 192, atau AES 256. Lalu memilih ukuran frame menggunakan 128, 256, atau 384. Sebelum proses enkripsi pilih kanal apakah teks tersebut akan dienkripsi/ dekripsi menggunakan kanal ideal atau kanal AWGN.

Kemudian proses dekripsi AES - Turbo sebagaimana pada gambar 4. O*utput* dari proses Enkripsi dan dekripsi pada gambar 5. menampilkan hasil enkripsi dan dekripsi, BER, dan waktu eksekusi data.



Gambar 4. *Flowchart* Dekripsi AES-Turbo

Pengujian

Uji coba dilakukan pada data teks 300 karakter, dan 3.190 karakter menggunakan 3 kunci AES 128 bit, 192 bit, dan 256 bit dengan variasi ukuran frame 128, 256, atau 384. Pada kanal ideal dan kanal AWGN, iterasi *decoder* sebanyak 1 kali dan menggunakan SNR 5-15 dB.

Uji Coba *Bit Error Rate*

Pengujian dilakukan pada data teks 300 karakter, dan 3.190 karakter menggunakan 3 kunci AES 128 bit, 192 bit, dan 256 bit dengan variasi ukuran frame 128, 256, atau 384. Pada kanal ideal dan kanal AWGN, iterasi *decoder* sebanyak 1 kali dan menggunakan SNR 5-15 dB.

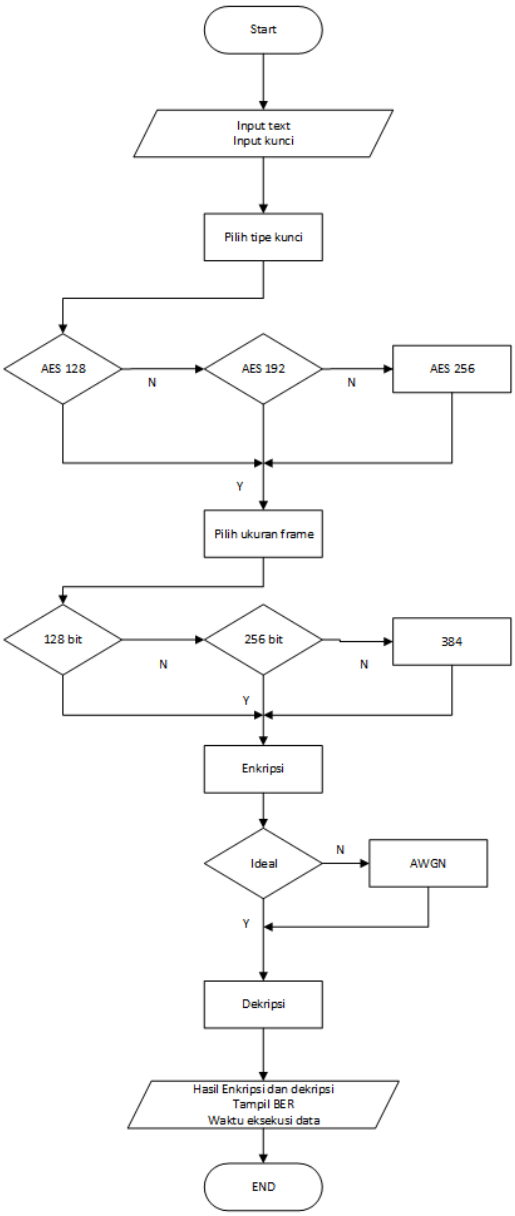
Uji Coba Waktu Eksekusi Data Enkripsi dan Dekripsi

Pengujian dilakukan untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan untuk enkripsi dan dekripsi data. Ujicoba dilakukan pada data teks 300 karakter, dan 3.190 karakter menggunakan 3 kunci AES 128 bit, 192 bit, dan 256 bit dengan variasi ukuran frame 128, 256, atau 384 pada kanal AWGN.

Uji Coba *Avalanche Effect*

Pengujian *avalanche effect* dengan kunci yang sama, panjang kunci 192 bit, frame 256, dan perubahan 1 karakter pada *plaintext* , dan pengujian *avalanche effect* dengan *plaintext* sama, panjang kunci 192 bit, frame 256, dan perubahan 1 karakter pada kunci.

 ISSN 2987-677X



Gambar 5. *Flowchart* Sistem

Analisis

Dalam penelitian ini penulis menganalisis kebutuhan implementasi yang di perlukan pada sistem seperti:

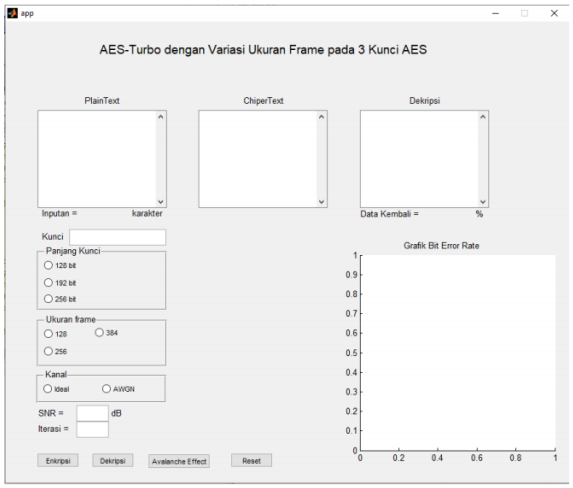
1. Hasil pengujian BER dari AES-Turbo.
2. Hasil pengujian waktu eksekusi saat enkripsi dan dekripsi AES-Turbo.
3. Hasil pengujian Pengujian *avalanche effect* dengan kunci yang sama, panjang kunci 192 bit, frame 256, dan perubahan 1 karakter pada *plaintext* , dan pengujian *avalanche effect* dengan *plaintext* sama, panjang kunci 192 bit, frame 256, dan perubahan 1 karakter pada kunci.
4. Hasil perhitungan kompleksitas AES, dan Turbo Code Log-Map.

Hasil

Ujicoba dilakukan untuk melihat waktu yang diperlukan untuk enkripsi & dekripsi (waktu eksekusi data), *avalanche effects* dan BER (*Bit Error Rate)*.

Tampilan Utama

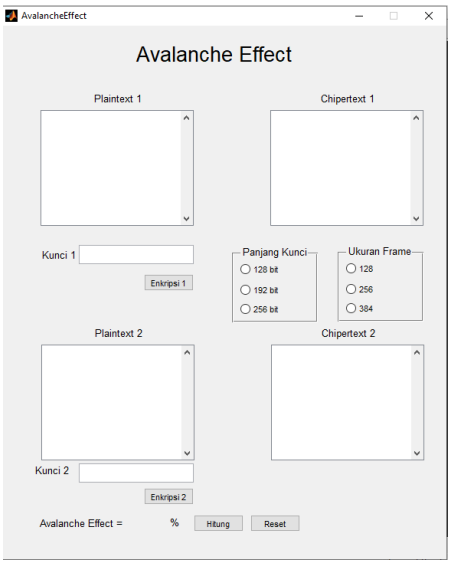
Tampilan utama yang digunakan *user* terdapat pada gambar 6.



Gambar 6. Tampilan Utama

Tampilan *Avalanche Effect*

Tampilan ***Avalanche Effect*** yang digunakan *user* terdapat pada gambar 7.



Gambar 7. Tampilan *Avalanche Effect*

 ISSN 2987-677X

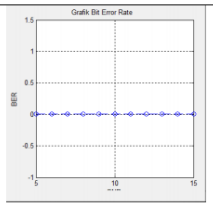
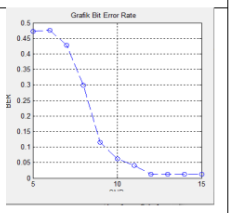
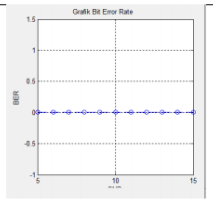
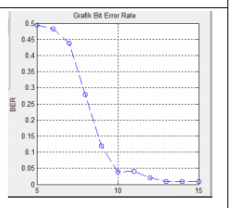
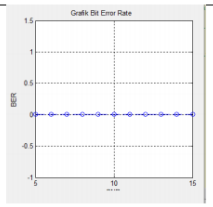
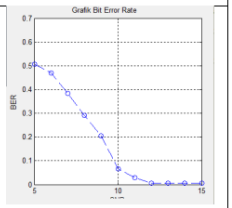
Hasil Pengujian

Ujicoba dilakukan untuk melihat waktu yang diperlukan untuk enkripsi & dekripsi (waktu eksekusi data), *avalanche effects* dan BER (*Bit Error Rate)*.

Kinerja BER (*Bit Error Rate)*

Uji coba BER dilakukan untuk menemukan nilai *error bits* pada kanal Ideal dan kanal AWGN. Pengujian BER menggunakan nilai SNR yang berbeda dengan 1 kali iterasi yang dilakukan pada data teks 300 karakter dan 3.190 karakter menggunakan panjang kunci 128, 192, dan 256 bit serta menggunakan ukuran frame 128.

Tabel 1. Grafik BER pada kanal Ideal dan AWGN terhadap ukuran data 300 karakter

Panjang Kunci	Kanal Ideal	Kanal AWGN
128 bit		
192 bit		
256 bit		

Pada tabel 1. terlihat bahwa kinerja BER terhadap kanal ideal berupa garis lurus dengan nilai BER 0, yang artinya tidak ada *noise* pada informasi yang dikirimkan. Sedangkan kinerja BER terhadap kanal AWGN semakin membaik saat SNR 13 sampai 15 dB. Secara menyeluruh hasil pengujian BER dapat dilihat pada tabel 2. dan 3.

Tabel 2. Persentase data kembali ukuran data 300 karakter

Panjang Kunci	Ukuran Frame	Persentase data kembali (%)										
		5 dB	6 dB	7 dB	8 dB	9 dB	10 dB	11 dB	12 dB	13 dB	14 dB	15 dB
128 bit	128	0.5	2	12.25	39	66.75	90.25	91	97.75	98.25	99.5	99.75
	256	2.0833	3.5417	17.2917	46.0417	61.25	89.5833	96.0417	97.7083	99.167	99.583	99.975
	384	0.4167	6.875	23.33	44.5833	68.125	95	97.9167	99.5833	99.7917	99.583	99.975
192 bit	128	0	4	25	41.75	71.5	89.5	96.5	97	98.75	99	99.5
	256	1.6667	2.5	23.125	43.125	78.125	90.625	92.9167	94.7917	97.5	99.5	99.87
	384	3.5417	3.5417	18.5417	48.125	67.9167	91.6667	96.5833	98.375	99.375	99.375	99.5833
256 bit	128	2	4.75	15.5	33.5	71.25	86.5	94.75	96	97.75	98.5	99.25
	256	2.0833	8.33	15.625	43.33	71.25	88.75	97.5	98.375	99.5833	99.5833	99.75
	384	2.2917	7.2917	18.5417	40.4167	78.33	91.0417	94.5833	99.5833	99.5833	99.5833	99.7917

Tabel 3. Presentase data kembali pada ukuran data 3190 karakter

Panjang Kunci	Ukuran Frame	Persentase data kembali (%)										
		5 dB	6 dB	7 dB	8 dB	9 dB	10 dB	11 dB	12 dB	13 dB	14 dB	15 dB
128 bit	128	1.4093	4.3709	19.6078	45.8742	72.835	88.4191	95.3023	98.7541	98.6315	99.0605	99.9992
	256	0.8578	5.7190	19.0768	45.0368	73.1822	91.8096	96.732	98.6928	99.4281	99.6936	99.9915
	384	1.0008	4.1871	21.2623	45.1389	72.0997	90.4616	96.7933	98.9992	99.1422	99.6528	99.9485
192 bit	128	1.8178	4.5574	20.4453	48.4069	73.7949	90.1552	97.0588	98.3864	98.7541	98.6928	99.3464
	256	1.0212	3.8399	21.1601	48.3864	74.326	87.9698	96.875	98.4273	99.2034	99.1013	99.3873
	384	0.7761	4.7386	21.201	46.4869	73.1413	89.3382	97.0997	99.1422	99.5915	99.5507	99.7422
256 bit	128	0.9191	6.4543	22.0384	47.6307	72.0384	89.1953	95.3227	98.5294	98.7949	99.1814	99.8962
	256	1.0212	5.4843	18.2802	42.0139	74.2647	91.7688	97.2018	98.1618	98.8766	99.04	99.6119
	384	1.2663	5.0858	19.5466	45.384	73.3864	88.2966	96.6299	99.5507	99.7345	99.5592	99.9098

Dari hasil percobaan tabel 2. dan 3. saat SNR 13 dB sampai 15 dB, persentase data yang kembali rata-rata sebesar 99,9 %. Dengan demikian AESTurbo dapat bekerja secara efektif meskipun persentase data yang kembali tidak mencapai 100%.

Waktu Enkripsi dan Dekripsi

Uji coba waktu enkripsi dan dekripsi pada Tabel 4. dan Tabel 5. dilakukan dengan membandingkan waktu eksekusi pada data teks 300 karakter, dan 3.190 karakter, menggunakan SNR 15 dan 1 iterasi pada kanal AWGN. Berikut ini hasil dari uji coba yang dilakukan:

Tabel 4. Uji Coba waktu enkripsi dan dekripsi

pada data teks 300 karakter

Panjang Kunci	Ukuran Frame	Waktu (sec)	
		Enkripsi	Dekripsi
128 bit	128	6.3822	6.2764
	256	6.5209	6.8120
	384	6.2870	6.8893
192 bit	128	6.7118	6.5155
	256	6.9204	7.0728
	384	6.5491	7.0694
256 bit	128	6.841	6.7592
	256	6.9554	7.3762
	384	6.9917	7.7335

Tabel 5. Uji Coba waktu enkripsi dan dekripsi

pada data teks 3190 karakter

Panjang Kunci	Ukuran Frame	Waktu (sec)	
		Enkripsi	Dekripsi
128 bit	128	42.1977	44.1044
	256	39.2303	46.1031
	384	36.0176	47.7837
192 bit	128	44.8963	48.2706
	256	40.4344	48.7198
	384	39.2869	49.667
256 bit	128	48.5304	54.2745
	256	42.9078	50.7158
	384	41.6433	49.2186

 ISSN 2987-677X

Dari hasil percoban pada tabel 4 dan 5. dapat dilihat bahwa semakin besar ukuran data, waktu yang dibutuhkan untuk enkripsi dan dekripsi semakin lama. Namun semakin besar panjang dan ukuran frame maka waktu yang diperlukan untuk proses enkripsi dan dekripsi semakin cepat.

Ujicoba *Avalanche Effect*

Pada tabel 6. dan 7. menunjukkan hasil pengujian a*valanche Effect* menggunakan AES-Turbo. Dari tabel pengamatan 6. dan 7. saat pengujian *avalanche effect* dengan kunci yang sama, panjang kunci 192 bit, frame 256, dan perubahan 1 karakter pada *plaintext* diperoleh nilai rata-rata 50 %. Sedangkan hasil pengujian *avalanche effect* dengan *plaintext* sama, panjang kunci 192 bit, frame 256, dan perubahan 1 karakter pada kunci diperoleh rata-rata 50.0521 %.

Tabel 6. Hasil pengujian *Avalanche Effect* dengan kunci sama, panjang kunci 192 bit, frame 256, dan perubahan 1 karakter pada *plaintext*.

Plaintext	Key	Nilai *Avalanche Effect*
(PUTERA). Ternyata kegiatan PUTERA semakin membahayakan kedudukan Jepang,	lolos	48.75 %
(PUTERA). Ternyata kegiatan PUTERo semakin membahayakan kedudukan Jepang,		
(PUTERA). Terny0ta kegiatan PUTERA semakin membahayakan kedudukan Jepang,	lolos	53.8281 %
(PUTERA). Ternyata kegiatan PUTERA semakin membahayakan kedudukan Jepang,		
(PUTERA). Terny0ta kegiatan PUTERA semakin membahayakan kedudukan Jepang,	lolos	47.4219 %
(PUTERA). Terny0ta kegiatan PUTERo semakin membahayakan kedudukan Jepang,		
Rata-rata		50 %

Tabel 7. Hasil pengujian *Avalanche Effect* dengan *plaintext* sama, kunci 192 bit, frame 256, dan perubahan 1 karakter pada kunci.

Plaintext	Key	Nilai *Avalanche Effect*
(PUTERA). Ternyata kegiatan PUTERA semakin membahayakan kedudukan Jepang,	Lolos	51.4063 %
	lolos	
(PUTERA). Ternyata kegiatan PUTERA semakin membahayakan kedudukan Jepang,	lolOs	50.625 %
	lolos	
(PUTERA). Ternyata kegiatan PUTERA semakin membahayakan kedudukan Jepang,	Lolos	48,125 %
	LolOs	
Rata-rata		50.0521 %

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan penulis, maka kesimpulan yang bisa diambil adalah pada saat SNR 13 dB sampai 15 dB, persentase data yang kembali rata-rata sebesar 99,9 %. Dengan demikian AES-Turbo dapat bekerja secara efektif meskipun persentase data yang kembali tidak mencapai 100%. Semakin besar ukuran data, waktu yang dibutuhkan untuk enkripsi dan dekripsi semakin lama. Namun semakin besar panjang dan ukuran frame, maka waktu yang diperlukan untuk proses enkripsi dan dekripsi semakin cepat. Saat pengujian *avalanche effect* dengan kunci yang sama, panjang kunci 192 bit, frame 256, dan perubahan 1 karakter pada *plaintext* diperoleh nilai rata-rata 50 %. Sedangkan hasil pengujian *avalanche effect* dengan *plaintext* sama, panjang kunci 192 bit, frame 256, dan perubahan 1 karakter pada kunci diperoleh rata-rata 50.0521 %. Sehingga membuktikan metode AES-Turbo lebih efektif dan efisien karena nilai maksimal dari *avalanche effect* sebesar 50%.

Referensi

R. Munir (2004). Pengantar Kriptografi. IF5054, Bandung: Departemen Teknik Informatika Institut Teknologi Bandung.

R.Sadikin (2012). Kriptografi Untuk Keamanan Jaringan, Yogyakarta: ANDI Yogyakarta.

Poonam, B. Malik and G. Kochar (2015). A Review Turbo Code Using Different Algorithms, *International Research Journal of Engineering and Technology,* vol. 02, no. 03, pp. 1488-1492.

 ISSN 2987-677X

G. Wibisono and L. Sari (2011). Teknik Pengodean Sistem Komunikasi Dijital, Bandung: Rekayasa Sains.

A. F. Marisman and A. Hidayati (2015). Pembangunan Aplikasi Pembanding Kriptografi dengan Caesar Chiper dan Advance Encryption Standard (AES) untuk File Teks, *Jurnal Penelitian Komunikasi dan Opini Publik,* vol. 19, no. 3, pp. 213-222.

F. N. Pabokory, I. F. Astuti and A. H. Kridalaksana (2015). Implementasi Kriptografi Pengamanan Data pada Pesan Teks, Isi File Dokumen, dan File Dokumen Menggunakan Algoritma Advanced Encryption Standard, *Jurnal Informatika Mulawarman,* vol. 10, no. 1, pp. 20-31.

G. CAM, V. OZDURAN and O. N. UCAN (2009). A Combined Encryption and Error Correction Scheme : AES-turbo, *Journal Of Electrical & Electronics Engineering,* vol. 9, no. 1, 2009.

D. Kuswanto (2004) Unjuk Kerja Turbo Code pada Kanal Flat Fading, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

R. J. Angelina (2015). Analisis NIlai Bit Error Rate pada Turbo Convolutional Coding dan Turbo Block Coding, Salatiga: Universitas Kristen Satya Wacana.

R. Joon and A. Nehra (2016). Performance Evaluation of Symmetric Turbo Code Using Different Decoding Algorithms, *Imperial Journal of Interdisciplinary Research,* vol. 2, no. 8, pp. 915-920.

A. Purwanto and L. Novamizanti (2006). Implementasi Sistem Keamanan FIle Menggunakan Algoritma Blowfish pada Jaringan LAN, Bandung: Institut Teknologi Telkom.

E. S. Simangunsong, A. A. Zahra and A. Hidayatno (2012). Estimasi Perbaikan Nilai SNR (Signal To Noise Ratio) pada Proses Denoising Menggunakan Metode Wavelet Terhadap Suatu Sinyal Berderau.

P. Zhu, J. Zhu and X. Liu (2013). A Study on Turbo Code Performance Based on AWGN Channel," *Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Science and Elctronics Engineering*.

D. Kuswanto and A. Rachmad (2018). Combination Scheme of AES Encryption and Error Correction Turbo Code for Cryptography of Cloud Storage," *Atlantis Higlights in Engineering,* vol. 1, pp. 720-724.

ISSN 2987-677X

Metode Pemasangan Prefabricated Vertical Drain Underwater Sebagai Platform Penguat Lapisan Tanah Pembangunan Breakwater

Andre Alif Deandra[1] Andrew Joewono[2]
[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
✉ andrealifdeandra@gmail.com
✉ Andrew_sby@ukwms.ac.id

Pembangunan breakwater merupakan salah satu upaya kritis dalam melindungi garis pantai dan fasilitas pelabuhan dari erosi dan dampak merusak gelombang laut. Breakwater berfungsi sebagai penghalang yang menyerap energi gelombang dan menciptakan area perairan yang lebih tenang di sekitarnya, memungkinkan pelabuhan dan pantai berfungsi dengan lebih efisien dan aman. Namun, keberhasilan pembangunan breakwater sangat tergantung pada stabilitas dan kekuatan fondasi yang dibangun di atas tanah dasar laut yang sering kali terdiri dari material lempung lunak atau sedimen longgar. Salah satu metode yang efektif untuk memperkuat lapisan tanah dasar laut sebelum pembangunan breakwater adalah pemasangan Prefabricated Vertical Drains (PVD). PVD adalah elemen drainase yang dipasang secara vertikal untuk mempercepat konsolidasi tanah lempung dengan cara mengalirkan air pori ke permukaan tanah, sehingga mengurangi waktu yang diperlukan untuk mencapai stabilitas yang diinginkan. PVD membantu dalam memperbaiki karakteristik tanah dengan meningkatkan kekuatan geser dan mengurangi penurunan tanah yang dapat terjadi akibat beban konstruksi.

Pendahuluan

Pembangunan breakwater merupakan salah satu upaya kritis dalam melindungi garis pantai dan fasilitas pelabuhan dari erosi dan dampak merusak gelombang laut. Breakwater berfungsi sebagai penghalang yang menyerap energi gelombang dan menciptakan area perairan yang lebih tenang di sekitarnya, memungkinkan pelabuhan dan pantai berfungsi dengan lebih efisien dan aman. Namun, keberhasilan pembangunan breakwater sangat tergantung pada stabilitas dan kekuatan fondasi yang dibangun di atas tanah dasar laut yang sering kali terdiri dari material lempung lunak atau sedimen longgar.

Salah satu metode yang efektif untuk memperkuat lapisan tanah dasar laut sebelum pembangunan breakwater adalah pemasangan Prefabricated Vertical Drains (PVD). PVD adalah elemen drainase yang dipasang secara vertikal untuk mempercepat konsolidasi tanah lempung dengan cara mengalirkan air pori ke permukaan tanah, sehingga mengurangi waktu yang diperlukan untuk mencapai stabilitas yang diinginkan. PVD membantu dalam memperbaiki karakteristik tanah dengan meningkatkan kekuatan geser dan mengurangi penurunan tanah yang dapat terjadi akibat beban konstruksi.

Implementasi PVD di dasar laut untuk proyek breakwater memerlukan adaptasi teknik pemasangan yang berbeda dari penggunaan di daratan. Tantangan-tantangan seperti tekanan hidrostatik, kedalaman air, kondisi geoteknik dasar laut, serta penggunaan peralatan khusus harus diperhitungkan dengan cermat. Oleh karena itu, teknik dan teknologi pemasangan PVD yang tepat sangat penting untuk memastikan efektivitas dan efisiensi penguatan tanah dasar laut dalam konteks pembangunan breakwater.

Jurnal ini akan membahas secara komprehensif metode pemasangan PVD sebagai platform penguat lapisan tanah dasar laut dalam pembangunan breakwater. Pembahasan akan mencakup tinjauan literatur mengenai teknik-teknik pemasangan yang ada, analisis studi kasus dari proyek-proyek yang telah berhasil diimplementasikan, serta evaluasi efisiensi dan efektivitas metode ini. Melalui pembahasan ini, diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam serta rekomendasi praktis bagi para insinyur dan praktisi di bidang geoteknik maritim.

Tujuan dari jurnal ini adalah untuk menyajikan informasi yang komprehensif dan terkini mengenai metode pemasangan PVD di dasar laut dalam konteks pembangunan breakwater, yang dapat digunakan sebagai referensi dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek-proyek serupa di masa mendatang. Penelitian dan analisis yang disajikan diharapkan dapat berkontribusi dalam mengatasi tantangan teknis yang dihadapi dalam penguatan lapisan tanah dasar laut, serta meningkatkan efisiensi dan keselamatan proyek-proyek infrastruktur maritim.

Tinjauan Pustaka

***Prefabricated vertical drain* (PVD)**

Tanah lunak, seperti lunak di sekitar muara dan lempung di daerah laut, gambut, dan tanah yang ada di area rawa, yang biasa dijumpai di sepanjang daerah pantai di seluruh dunia , sangat mudah di mampatkan di alam dan memiliki sifat geoteknik yang tidak diinginkan, seperti kadar air alami yang tinggi (dekat dengan batas cairan), kekuatan geser rendah yang tidak terkuras dan konduktivitas hidrolik rendah (Sakleshpu, Salgado, & Prezzi, 2018). Oleh karena itu, struktur yang dibangun pada tanah ini menghadapi masalah stabilitas dan kemudahan dalam pelayanan jika tidak diambil tindakan untuk memperbaikinya. Meskipun pondasi tiang pancang dapat digunakan dalam beberapa situasi untuk mengatasi masalah ini, mereka mungkin terlalu mahal, terutama untuk mendukung tanggul dan bangunan bertingkat rendah. Dalam kasus seperti itu, tanah dalam zona transfer beban struktur perlu ditingkatkan untuk membuat tanah cocok untuk mendukung beban yang diterapkan. Perbaikan tanah pada dasarnya berarti meningkatkan kekuatan geser dan mengurangi kompresibilitas tanah ke tingkat yang diinginkan. Stabilisasi tanah lunak sebelum konstruksi dengan menggunakan

 ISSN 2987-677X

beban tambahan sendiri memakan waktu yang sangat lama (Buddhima Indratna, 2008). Untuk mempercepat waktu penurunan konsolidasi pada tanah lunak, PVD dapat digunakan bersamaan dengan preloading untuk mempercepat penurunan (Dennes T. Bergado, 2001).

PVD memiliki potensi besar dalam perkuatan tanah dengan mempercepat proses konsolidasi dan sudah digunakan secara mendunia (Yue-Bao Deng, 2012). Preloading dengan saluran vertikal mempercepat konsolidasi utama tanah lunak karena dua mekanisme. Pertama, saluran air sering ditempatkan dengan jarak yang dekat (dengan jarak 1 hingga 2 m dalam kasus *prefabricated vertical drain*(PVD), dan dengan demikian panjang maksimum jalur drainase air pori berkurang menjadi sekitar setengah dari jarak PVD, yang biasanya sebagian kecil dari ketebalan lapisan tanah. Kedua, arah aliran air pori berubah dari vertikal (hanya untuk preloading; Gambar 1) menjadi horizontal (untuk *prefabricated with vertical drain*; Gambar 2). Karena dua efek ini, waktu yang diperlukan untuk mencapai tingkat konsolidasi yang diperlukan berkurang menjadi beberapa bulan, bukan beberapa dekade dalam kasus preloading sendiri (Gambar 3). Fungsi PVD memungkinkan drainase berlangsung secara horizontal melalui jalur drainase yang jauh lebih pendek sehingga laju konsolidasi bisa dipercepat dan waktu konsolidasi dapat dikurangi (J.Chu, 2004).

Mekanisme Kerja PVD

PVD bekerja dengan prinsip konsolidasi Terzaghi, di mana tekanan air pori dalam tanah lempung berkurang seiring dengan berjalannya waktu dan pengaliran air melalui drainase vertikal. Proses ini mempercepat peningkatan kekuatan geser tanah dan mengurangi penurunan tanah yang terjadi secara alami. Dengan memasang PVD, jalur drainase vertikal yang lebih pendek dibuat, sehingga mengurangi waktu yang diperlukan untuk air keluar dari tanah, yang pada gilirannya mempercepat proses konsolidasi.

Keuntungan Penggunaan PVD

Penggunaan PVD memiliki beberapa keuntungan signifikan dalam proyek-proyek konstruksi:

Percepatan Konsolidasi: PVD secara signifikan mempercepat proses konsolidasi tanah, mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk mencapai stabilitas tanah.

Efisiensi Biaya: Dengan mempercepat konsolidasi, proyek dapat diselesaikan lebih cepat, mengurangi biaya yang terkait dengan waktu konstruksi yang panjang.

Penerapan yang Luas: PVD dapat digunakan dalam berbagai kondisi tanah, termasuk tanah lempung lunak dan sedimen dasar laut, yang menjadikannya sangat fleksibel untuk berbagai jenis proyek.

Pengurangan Penurunan Tanah: PVD membantu mengurangi penurunan tanah yang berlebihan, yang penting untuk mempertahankan stabilitas struktur yang dibangun di atasnya.

Pembahasan

Metode Kerja Pemasangan PVD :

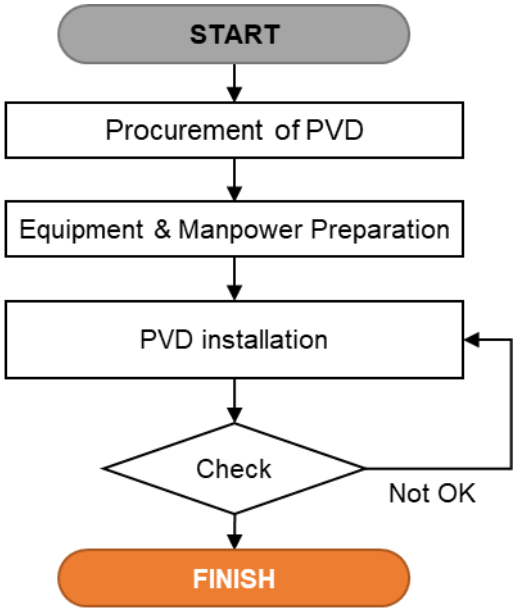


Figure 1 Diagram Alir

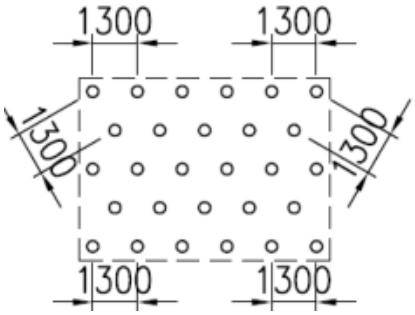
1. Pengadaan alat dan material untuk pekerjaan PVD. Material PVD yang digunakan harus lolos parameter pengujian sesuai ITP untuk mengetahui karakteristik material.
2. Gulungan PVD ditumpuk di atas palet lalu ditutupi dengan plastik tahan UV hingga gulungan PVD akan digunakan. Material PVD diangkut dari penyimpanan ke barge menggunakan tugboat secara bertahap dan sisanya akan disimpan di gudang sampai dibutuhkan. Setiap batch akan memiliki sertifikat pabrik dari supplier yang menunjukkan nomor batch dan nomor gulungan.



Gambar 1 Prefabricated Vertical Drain (PVD)

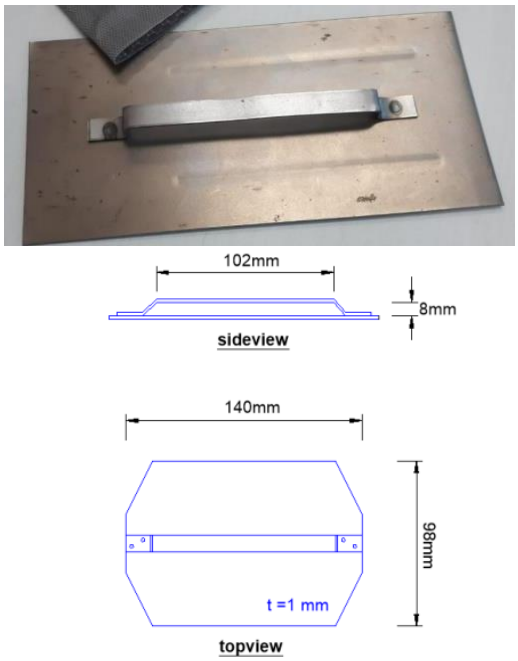
3. Pemasangan PVD hanya dapat dilakukan pada saat kondisi laut mendukung dan dilakukan di luar north-west monsoon season (Maret sampai November). Jika pekerjaan tidak selesai sebelum monsoon dimulai, barge akan ditarik keluar dari lokasi ke lokasi yang terlindung. Jika terjadi kondisi cuaca buruk, pekerjaan akan dihentikan dan rig PVD akan diletakkan di atas dek. Spud akan dinaikkan dan barge akan tetap berada di jangkarnya.
4. Posisi titik rencana PVD akan dilakukan berdasarkan koordinat yang telah ditentukan sesuai gambar kerja. Titik-titik pemasangan sesuai dengan pola (pola segitiga) dan jarak pemasangan yang telah ditetapkan.

 ISSN 2987-677X



Gambar 2 Typical installation pattern with a triangular spacing of 1.3 m

5. Material PVD akan dipasang menggunakan mandrel yang melekat pada peralatan excavator dengan pelat jangkar di ujungnya. Sebelum PVD diletakkan pada posisi titik yang telah ditentukan, PVD dimasukkan atau dijepit di pelat jangkar lalu dimasukkan ke mandrel.



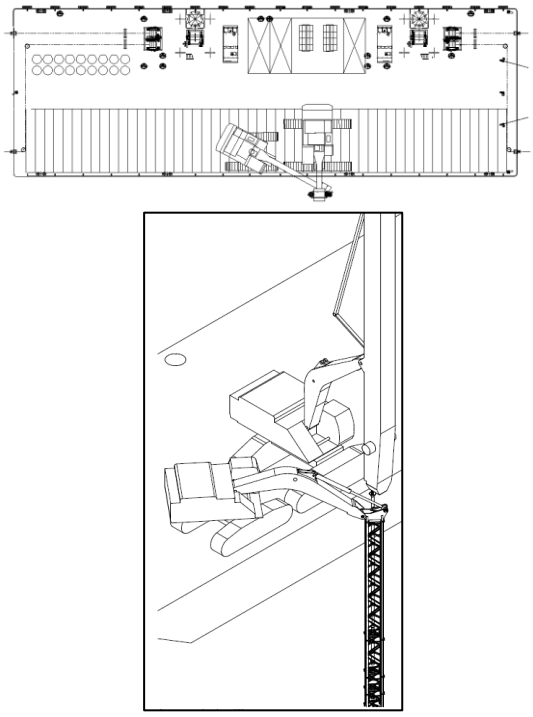
Gambar 3 Typical details of anchor plate

6. Setelah gulungan PVD dipasang pada peralatan dan ujung PVD dipasang pada jarum mandrel, pemancangan siap dilaksanakan. Operator rig PVD akan swing mast/tiang ke belakang dan akan mendorong sedikit ke depan untuk memposisikan mandrel di atas guide piece.
7. Operator rig PVD akan mendorong mandrel ke bawah melalui guide piece, ke kedalaman desain atau ke gaya pemasangan minimum yang diperlukan, mana saja yang tercapai terlebih dahulu.
8. Peralatan dan mandrel bergerak ke lokasi atau titik koordinat yang telah ditentukan menggunakan barge. Posisi alat pemancangan PVD diatur sehingga ujung bawah mandrel tepat pada titik pemasangan. Sistem pemosisian ini dibantu dengan alat GPS. Barge dan rig instalasi PVD serta guide piece akan dilengkapi dengan unit pemosisian DGPS (RTK) di kabin operator. Akurasi GPS ± 10 hingga 15 cm (karena pergerakan barge).
9. VOSS RT akan menghitung posisi x/y/z di seabed pada setiap titik PVD untuk guide rig. Untuk itu, input dari sistem antena ganda, inklinometer pada boom ekskavator dan inklinometer pada guide piece akan digunakan untuk menghitung x dan y. Kedalaman di lokasi ini (z- seabed) diperoleh dari echo sounder di bagian bawah guide piece. Data x, y dan z- seabed dicatat pada awal setiap instalasi PVD.
10. Untuk titik nol mandrel dari rig instalasi PVD, VOSS RT akan menggunakan input dari antena, inklinometer pada boom excavator, dan inklinometer pada mast PVD untuk menghitung posisi nol pada mandrel (z-0 mandrel). Mandrel z-0 dicatat pada awal setiap instalasi PVD.
11. Panjang mandrel selama instalasi disediakan oleh datalogger. Panjang mandrel maksimum dicatat pada kedalaman maksimum instalasi PVD. Panjang instalasi PVD kemudian dihitung dengan mengurangkan panjang dari z- seabed dan z-mandrel dari panjang mandrel maksimum.
12. Pancang PVD ke dalam tanah sampai dengan kedalaman yang telah ditentukan menggunakan mast PVD dengan tekanan hidraulik dari excavator. Mast/tiang PVD yang digunakan adalah sepanjang 45 m. Mandrel akan masuk ke tanah di dasar laut untuk menginstall PVD. Kedalaman pemasangan PVD tergantung pada ketebalan lapisan lempung lunak atau dengan nilai n-SPT = 10. Panjang PVD bervariasi mulai dari 11 - 27 m dari dasar laut (tidak termasuk lapisan small crushed stone).
13. Karena ombak, barge akan bergerak sehingga vertikalitas mast PVD akan berubah selama pemasangan. Maka dari itu, mast PVD dilengkapi dengan sensor vertikalitas.
14. Untuk mengukur panjang pemasangan PVD, poros winch hidraulik memiliki sensor yang mengukur rotasi winch. Dengan diameter winch, pengukuran ini akan memberikan panjang mandrel yang akurat untuk menembus tanah selama pemasangan PVD. Panjangnya akan dikalibrasi secara rutin (mingguan) untuk memastikan rekaman kedalaman yang tepat. Panjang PVD yang terpasang akan dicocokkan dengan panjang instalasi yang ditunjukkan pada datalogger. Jika perbedaannya lebih dari 1,5% indikator kedalaman harus dikalibrasi ulang.
15. Setelah mencapai kedalaman yang ditentukan sesuai gambar kerja, mandrel ditarik dari seabed hingga setinggi dek. Pelat jangkar mengunci sendiri pada kedalaman yang digerakkan dan akan menjaga PVD tetap terpasang saat mandrel naik. Kedalaman pemasangan dapat dimonitor melalui alat pengukur kedalaman yang terhubung Rig.
16. Ketika mandrel sudah bersih dari guide piece, operator guide rig mengaktifkan mekanisme pemotongan dengan tombol di kabin.
17. Potong PVD sepanjang ukuran yang telah ditentukan pada spesifikasi teknis. PVD akan dipotong di bawah air di bagian bawah guide piece. Di bagian bawah guidance piece, mekanisme pemotongan hidraulik dipasang langsung di bawah casing. Sistem ini dapat memotong material PVD di atas seabed. Mekanisme pemotongan dioperasikan secara manual oleh operator.
18. Jika PVD patah selama pemasangan, PVD akan disambung menurut prosedur penyambungan dengan panjang minimal 200 mm bagian akhir dari gulungan baru diarahkan ke bagian awal gulungan lama. Area

 ISSN 2987-677X

tumpang tindih dijepit dengan staples yang cukup agar kedua ujungnya tidak terpisah saat mandrel mendorong PVD ke dalam tanah.

19. Operator guide piece akan mengemudikan barge dan memposisikan guide piece di atas titik PVD berikutnya. Ketika semua PVD telah dipasang di sepanjang sisi barge, barge akan digeser ke samping ke baris titik PVD berikutnya. Urutan ini akan diulang di seluruh area pemasangan.



Gambar 4 Illustration of PVD installation by PVD installation rig and guide rig.

Kesimpulan

1. Pemanfaatan PVD berfungsi untuk stabilitas tanah perkuatan dasar laut pembangunan Breakwater, sehingga diperlukan metode pemasangan yang benar dan presisi sesuai dengan rencana design.
2. Tahapan dan Etape yang dilakukan dalam pekerjaan harus memantau kondisi lapangan dan alam terutama gelombang laut serta ketinggian laut.
3. Titik nol mandrel dari rig instalasi PVD, VOSS RT menggunakan input dari antena, inklinometer pada boom excavator, dan inklinometer pada mast PVD untuk menghitung posisi nol pada mandrel (z-0 mandrel). Mandrel z-0 dicatat pada awal setiap instalasi PVD.
4. Diperlukan kalibrasi ulang apabila terdapat perbedaan atau deviasi lebih dari 1.5% terhadap indikator kedalaman.

Referensi

Lumban Gaol Berman. 2020. Analisa Preloading Dengan Prefabricated Vertical Drain (PVD) Terhadap Perbaikan Tanah Lunak Pada Pembangunan Jalan Tol Tebing Tinggi - Indrapura. Journal of Civil Engineering, Institut Teknologi Medan

Putri Meriza A. 2023. Method Statement Breakwater Works. PT. Adhi Karya Persero, Tbk.

 ISSN 2987-677X

Deformasi Plastis dan *Heat Treatment* Pasca Pengecoran Perunggu Timah Cu20Wt.%Sn terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis.

Sugeng Slamet[12], Rochmad Winarso[12], Taufiq Hidayat[12],Tarsisius Dwi Wibawa Budianta[2]

[1]Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muria Kudus
[2]Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ sugeng.slamet@umk.ac.id

Teknik pengecoran logam merupakan teknik manufaktur yang dilakukan dengan cara melebur logam dan menuangkan logam cair ke dalam cetakan. Metode pengecoran logam merupakan teknologi sederhana dengan keunggulan sesuai untuk produk massal dengan biaya relatif murah, namun terdapat kelemahan pada produk yang dihasilkan yaitu sifatr mekanis rendah dan adanya porositas. Penelitian ini bertujuan menganalisa pengaruh deformasi plastis melalui tempa panas dilanjutkan perlakuan panas terhadap perubahan struktur mikro dan sifat mekanis paduan Cu20wt.% Sn. Paduan perunggu timah dilebur dan dilakukan penuangan pada temperatur 1100°C dengan metode *sand casting*. Selanjutnya spesimen dipanaskan pada temperatur rekristalisasi 550°C dan ditempa hingga mencapai reduksi 20-25%. Spesimen uji dilakukan perlakuan panas kembali pada temperatur 650 °C dan dilakukan *holding time* selama 4 jam. Pengujian meliputi struktur mikro, densitas dan sifat mekanis kekerasan, kekuatan tarik dan kekuatan bending. Deformasi dan perlakuan panas menyebabkan terbentuknya fase baru dari α + δ menjadi β dan γ yang menjadikan sifat mekanis paduan meningkat. Segregasi dan porositas menurun dan densitas serta keuletan paduan meningkat pasca pengecoran logam.

Kata kunci: deformasi, heat treatment, perunggu timah, sifat mekanis.

Pendahuluan

Paduan Cu-Sn ini sudah lama dikenal dan digunakan untuk berbagai keperluan sejak lama. Bahan perunggu digunakan sejak abad ke-11 untuk bahan lonceng gereja (Audy dan Audy, 2008). Paduan perunggu 20wt.%Sn digunakan juga untuk membuat komponen mesin seperti bantalan, impeler pompa, ring piston, komponen katup, industri persenjataan dan produk logam lain. Bahan perunggu juga digunakan untuk membuat berbagai macam alat musik. Perunggu timah digunakan untuk membuat alat musik terompet di museum London, alat musik perkusi di Inggris pada abad 17 (Fletcher, 2012), serta bahan alat musik tradisional gamelan (Sumarsam, 2002). Paduan perunggu timah mempunyai kekuatan dan konduktivitas thermal yang tinggi, mampu mesin, tahan korosi, tahan terhadap keausan dan mudah dituang dan ditempa (Li dkk., 2013).

Teknik pengecoran logam merupakan salah satu proses manufaktur yang sesuai untuk membuat komponen logam dengan bentuk yang komplek, sesuai untuk produk massal dengan biaya yang relatif murah. Teknik pengecoran logam tidak hanya menggunakan metode gravity casting, namun sudah dikombinasikan dengan tekanan antara lain *squeeze casting, High Pressure Die Casting* dan *Sentrifugal Casting.*

Cacat produk merupakan hal yang sering dijumpai pada produk cor. Beberapa cacat produk yang sering terjadi adalah porositas, inklusi, penyusutan serta logam cor tidak mampu mengisi seluruh rongga cetakan. Cacat mikroporositas merupakan proses yang rumit dan komplek yang dapat terjadi melalui aliran panas, aliran massa dan hubungan antara fase cair, padat dan gas (Li dkk., 2014). Cacat tersebut tentunya akan menurunkan sifat mekanis produk cor. Cacat inklusi dapat dikurangi dengan mengembangkan sistem saluran pengisian (Wang dkk., 2017). Cacat porositas disebabkan adanya pembentukan gas ketika logam cair dituangkan. Cacat porositas berbentuk bulat sebagai akibat adanya tekanan gas pada proses pembekuan.

Teknik pembentukan melalui proses deformasi plastis banyak digunakan untuk menghasilkan produk dengan proses yang relatif cepat. Beberapa proses deformasi plastis yang sering dilakukan antara lain adalah: HPT (*high pressure torsion*), MDF (*multidirectional forging*), ECAP (*equal channel angular pressing*), HPT (*high pressure tension*), ARB (*alternatif rool bending*), CEC (*cyclic extrusion and compression*), RCS (*repetitive corrugation and straightening*) dan TE (*twist extrusion*) (Valiev, 2004).

Deformasi plastis mempunyai tujuan untuk meningkatkan sifat mekanis dan fungsi material. Teknik pembentukan yang menghasilkan deformasi plastis tersebut digunakan untuk menghasilkan material dengan butiran yang sangat halus, regangan plastis yang sangat besar pada material Cu-Sn(Gadallah dkk., 2014; Gupta dkk., 2014;Chen dkk., 2015;Korneva dkk., 2016; Sadawy dkk.,2016). Proses deformasi plastis *cryorolling* (CR) dan *room temperature rolling* (RTR) setelah *annealing* paduan Al 6063 akan menghasilkan mikrostruktur yang sangat halus dan meningkatnya kekuatan tarik dan kekerasan (Panigrahi dkk., 2009). Proses MDF (*multi directional forging*) akan meningkatkan sifat mekanis bahan logam meliputi kekuatan tarik, kekerasan, *yield strength, strain* dan *dislocation density* (Gupta dkk., 2016)

Perlakuan panas dapat menyebabkan perubahan fase pada paduan perunggu yang mempengaruhi sifat fisis. Perunggu cor komposisi 5-7wt.%Sn akan terbentuk fase α, komposisi 7-25wt.%Sn akan terbentuk fase α + δ eutectoid yang merupakan batas kelarutannya. Perlakuan panas *annealing* dengan temperatur 550-650°C akan menghasilkan fase α homogen dengan sedikit pertumbuhan butir. Perlakuan panas annealing pada temperatur 550-650°C juga menyebabkan kelarutan sempurna pada fase δ

 ISSN 2987-677X

dan memperbaiki kekuatan tarik dan elastisitasnya, namun kekerasan paduan menurun.

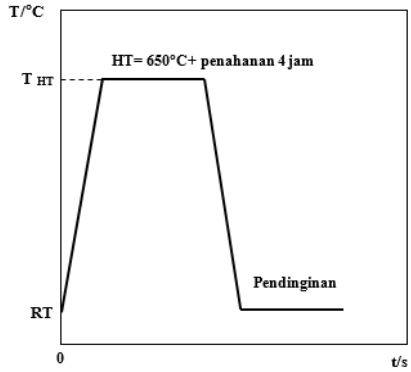
Peningkatan sifat mekanis berbanding lurus dengan bertambahnya derajat deformasi. Sifat ketangguhan retak dan kekerasan akibat proses tempa menunjukkan peningkatan dengan bertambahnya derajat deformasi yang dilakukan pada paduan Cu22wt.%Sn sebagai bahan gamelan (Priambadi dkk., 2009). Peningkatan deformasi dengan mereduksi ketebalan akan menyebabkan pemampatan dimensi yang besar sehingga densitas paduan meningkat. Nilai kekerasan, *yield strength* dan kekuatan tarik akan meningkat dengan bertambahnya nilai regangan akibat dari peningkatan reduksi ketebalan, sedangkan nilai *elongation* cenderung menurun pada paduan Al6063 (Panigrahi dkk.,2009). Deformasi dapat dilakukan sampai mencapai batas maksimal antara 80-90% dari ketebalan bahan, namun pada prakteknya akan lebih ekonomis jika dilakukan pada reduksi terendah. Deformasi plastis melalui reduksi ketebalan paduan *low tin bronze* diatas 7wt.%Sn sebesar 50 % dan *high tin bronze* diatas 17wt.%Sn sebesar 30-35% (Hanson dan Walpole, 1951).

Proses deformasi sebagian akan diikuti dengan perubahan temperatur dan transformasi fasa yang dapat menyebabkan terbentuknya tegangan sisa. Beberapa proses yang dapat menghasilkan tegangan sisa antara lain: *casting, forging, forming, drawing, spinning, bending, quenching dan carborising* ((Wibowo, 2013). Produk gamelan yang dikerjakan dengan proses *casting, forging* dan *quenching* berpotensi menghasilkan tegangan sisa. Tegangan sisa ini menyebabkan nada gamelan sering mengalami perubahan pada kurun waktu tertentu (Wibowo, 2007). Tegangan sisa pada bahan gamelan perunggu juga akan dapat menyebabkan *cracking*. Tegangan sisa ini dapat dikurangi dengan melakukan proses *annealing* (Sugita dkk., 2011).

Proses tempa merupakan proses deformasi plastis pada bahan (Rathi dan Jakhade, 2014). Proses ini dilakukan pada fase α+β yang sering dilanjutkan dengan proses pendinginan, dengan tujuan untuk menjaga sifat rapuh yang terjadi pada fase δ paduan Cu-Sn (Sik dkk.,2009). Proses *quenching* yang dilakukan bersamaan dengan proses tempa pada daerah peritectic akan menghasilkan deformasi dan *cracking.* Paduan Cu-Sn komposisi 22wt.%Sn menunjukkan perpanjangan *crack* pada fase α+δ, demikian juga komposisi 15%-17wt.%Sn. Paduan Cu-Sn komposisi 24wt.%Sn yang dilakukan *quenching* pada temperatur 750^{o}C tidak ditemukan *crack* pada permukaannya. Proses tempa diikuti *quenching* yang dilakukan pada perunggu timah tinggi dapat menyebabkan permukaan bahan menjadi rapuh pada fase δ baik saat dikerjakan maupun saat gamelan digunakan. Kelemahan dari produk cor terhadap sifat fisis seperti densitas yang rendah serta tingginya porositas pada paduan dapat dilakukan pengerjaan lanjut. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh deformasi pada proses tempa dilanjutkan perlakuan panas terhadap perubahan struktur mikro dan sifat mekanis paduan Perunggu timah Cu20wt.%Sn.

Metode

Material paduan perunggu timah dengan komposisi Cu20wt.%Sn melalui teknik pengecoran logam dengan metode *sand casting*. Paduan dilakukan proses peleburan dan dituang pada temperatur 1100^{o}C pada cetakan media pasir. Proses tempa panas dilakukan dengan memanaskan kembali spesimen hasil cor pada temperatur 550^{o}C dan mereduksi ketebalan benda cor sebesar 20-25% dari tebal semula. Mekanisme *heat treatment* dilakukan dengan cara memanaskan kembali paduan Cu20wt.%Sn hingga mencapai temperatur 650°C dan dilakukan penahanan selama 4 jam diikuti pendinginan cepat dengan media air. Kode spesimen diberikan notasi SCNT (*Sand Casting Non Treatment*) dan SCFHT (*Sand Casting + Forging + Heat Treatment*). Adapun skema *heat treatment* pasca pengecoran logam ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1.Skema *heat treatment* pasca pengecoran.

Spesimen dilakukan pengamatan struktur mikro, pengukuran densitas dan pengujian sifat mekanis kekerasan dan kekuatan tarik. Pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 500X. Perhitungan densitas menggunakan persamaan (1). Ketelitian ukuran timbangan dari alat yang akan digunakan adalah 1 mg.

$$\rho_b = \frac{w_{udara}}{w_{udara} - w_{air}} x\, \rho_{air} \qquad (1)$$

Dimana :

ρ_b = massa jenis aktual benda (gr/cm^3)
w_{udara} = berat benda di udara (gr)
w_{air} = berat benda di dalam air (gr)
ρ_{air} = massa jenis air murni (1 gr/cm^3)

Selanjutnya, pengujian sifat mekanis meliputi uji kekuatan tarik, uji kekerasan, uji bending ditunjukkan persamaan (2), (3) dan (4).

$$\sigma = \frac{F}{Ao} \qquad (2)$$

Sedangkan nilai regangan bahan dinyatakan :

$$\varepsilon = \frac{L - Lo}{Lo} = \frac{\Delta L}{Lo} \qquad (3)$$

Dimana :

σ = tegangan tarik (MPa)
ε = regangan (%)
F = beban (N)
Ao = luas penampang mula-mula (mm^2)
Lo = panjang specimen mula-mula (mm)
L = panjang specimen setelah pengujian (mm).

Nilai kekerasan Vickers dapat dinyatakan dengan rumus (ASM Metals Hand Book Vol.8):

$$VHN = 1{,}854 \frac{P}{d^2} \qquad (4)$$

Dimana :

VHN = Nilai kekerasan permukaan (Kg/mm^2)
P = Beban indentasi (Kg)
d = diagonal rata-rata bekas injakan penetrator (mm)

 ISSN 2987-677X

Perhitungan kekuatan bending dapat dirumuskan dengan persamaan (5), sesuai ASTM E290

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (5)$$

Modulus elastisitas bending dapat dirumuskan dengan persamaan (6) :

$$E_b = \frac{1}{4}\, x\, \frac{L^3}{bh^3} x\, \frac{P}{\delta} \quad (6)$$

Dimana :

σ_b = Tegangan bending (N/mm²)
P = beban atau gaya yang terjadi (N)
L = Jarak point (mm)
b = lebar benda uji (mm)
d = ketebalan benda uji (mm)
δ = defleksi (mm)
h = tinggi (mm)

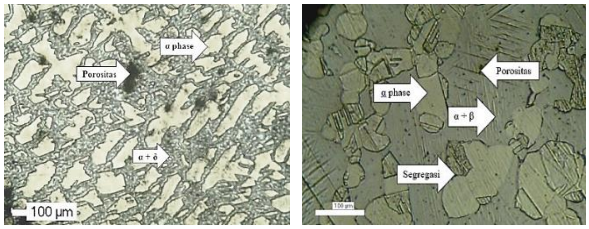
Hasil Kerja

Komposisi material perunggu Cu20wt.%Sn yang digunakan dilakukan pengujian spektrometri ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi material perunggu

Material	Unsur						
	Cu	Sn	Zn	Pb	Fe	Ni	Al
20wt.% Sn	79.77	20.06	0.08	0.02	0.04	0.00	<0.001

Spesimen perunggu timah hasil pengecoran, selanjutnya dilakukan pengamatan struktur mikro pada Gambar 1.



(a) (b)

Gambar 2. Struktur mikro (a) SCNT (b) SCFHT

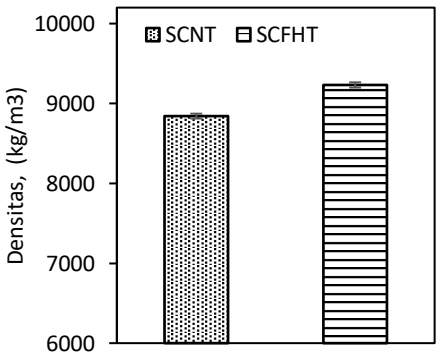
Perlakuan terhadap paduan Cu20wt.%Sn pasca pengecoran dengan *heat treatment* menyebabkan fase butir α lebih homogen. Hal ini ditandai dengan hilangnya segregasi fase α + δ dan terjadi pertumbuhan butir baru. Perubahan struktur mikro paduan dimulai pada temperatur rekristalisasi. Fase β dan γ terbentuk pada temperatur normal melalui pendinginan cepat.

Paduan Cu20wt.%Sn hasil pengecoran ini cenderung rapuh akibat dari penumpukan fase α + δ yang terbentuk akibat pendinginan lambat, ditunjukkan Gambar 2(a). Struktur mikro akibat deformasi plastis melalui tempa panas menunjukkan butir berbentuk pipih memanjang dan menyerupai plat, ditunjukkan Gambar 2(b).. Peningkatan reduksi ketebalan melalui proses tempa menyebabkan penurunan ukuran butir dan meningkatnya tegangan luluh, sebagaimana dinyatakan hukum *Hall-Petch equation* persamaan (7).

$$\sigma_y = \sigma_o + k_y d^{-1/2} \quad (7)$$

d adalah diamater rata-rata butir, σ_o dan k_y konstanta partikel bahan.

Struktur mikro yang terbentuk melalui tempa panas dilanjutkan perlakuan panas menunjukkan berkurangnya segregasi dan terbentuknya presipitasi di batas butir. Struktur mikro perunggu timah hasil pengecoran menunjukkan bentuk butir *equiaxed* dan cenderung dendrite. Proses tempa panas dan *heat treatment* menyebabkan perubahan struktur mikro butir *equiaxed* menjadi butir pipih memanjang serta perubahan fase α + δ menjadi α + β. Bertambahnya dislokasi butir disebabkan oleh meningkatnya deformasi plastis. Presipitasi pada batas butir akan menghalangi laju dislokasi bahan logam (Ismoyo *dkk.*, 2014). Deformasi plastis melalui penempaan panas pada material polikristal berpotensi menghasilkan mekanisme *twinning*. Deformasi plastis melalui tempa panas dapat menurunkan ukuran dan menghaluskan butir. Perlakuan tempa panas dilanjutkan dengan *heat treatment* paduan Cu20wt.%Sn menyebabkan perubahan struktur mikro butir kasar menjadi butir halus dengan bentuk pipih memanjang. Presipitasi fase α + δ pada batas butir yang terbentuk dari hasil pengecoran menurun setelah perlakuan tersebut. Perlakuan tempa panas dan *heat treatment* dilanjutkan dengan pendinginan cepat meninggalkan fase baru α + β dari fase sebelumnya α + δ (Hanson dan Walpole, 1951).

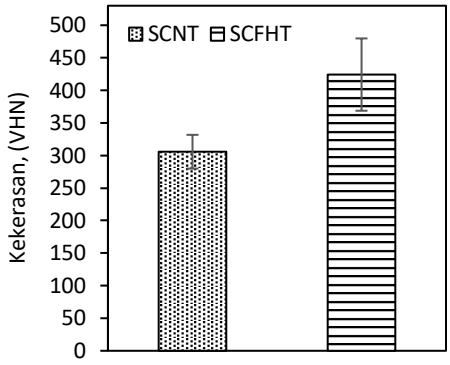


Gambar 3. Densitas

Proses tempa panas dan *heat treatment* meningkatkan densitas paduan. Densitas setelah perlakuan meningkat sebesar 4,08% dari material tanpa perlakuan. Densitas spesimen cor *non treatment* sebesar 8700 - 8800 kg/m³ dengan rata-rata porositas sebesar 0,65-1,52%. Melalui proses tempa panas dan *heat treatment* mampu meningkatkan densitas sebesar 9200 kg/m³. Peningkatan densitas disebabkan kepadatan massa benda meningkat dan porositas menurun. Gambar 3. Menunjukkan densitas antara paduan *non treatment* dengan paduan dengan perlakukan tempa panas dan *heat treatment*. Proses tempa secara berulang-ulang menyebabkan diskolasi densitas menurun sebagai akibat meningkatnya plastisitas dan relaksasi tegangan pada material logam (Callister, 2007).

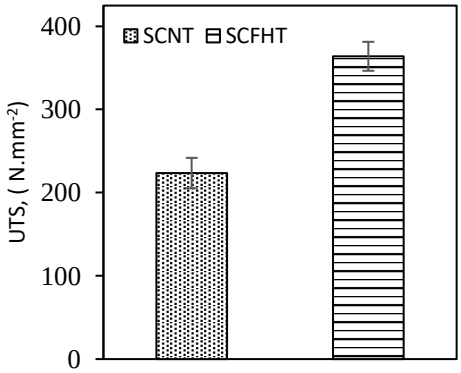
Keunggulan deformasi plastis melalui tempa panas dan *heat treatment* adalah mampu menurunkan jumlah dan ukuran porositas. Porositas yang tinggi serta densitas yang rendah dari hasil teknik pengecoran logam dapat diperbaiki melalui perlakuan tempa panas dan *heat treatment*. Paduan perunggu timah mengalami peningkatan densitas dengan perlakuan tempa panas dan *heat treatment.* Peningkatan densitas ditandai dengan menurunnya prosentase porositas. Densitas perunggu timah 20wt.%Sn meningkat rata-rata 4,09% setelah perlakukan tempa dan *heat treatment.*

 ISSN 2987-677X



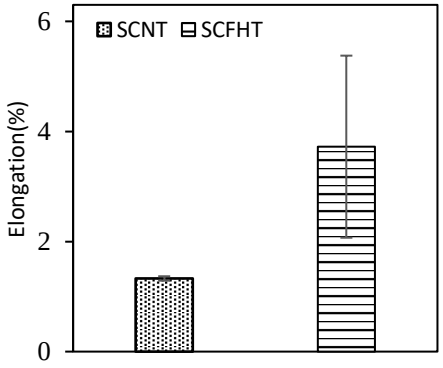
Gambar 4. Kekerasan

Gambar 4. Menunjukkan kekerasan paduan perunggu timah. Paduan Cu20wt.%Sn dengan penempaan panas maupun *heat treatment* mengalami peningkatan kekerasan. *Heat treatment* pada temperatur 650°C dengan penahanan selama 4 jam dilanjutkan pendinginan cepat mampu meningkatkan kekerasan paduan pasca pengecoran. Deformasi plastis tempa panas meningkatkan jumlah dislokasi yang dihasilkan yang dapat membentuk tegangan sisa. Peningkatan kekerasan perunggu timah disebabkan kerapatan butir paduan meningkat dan lebih seragam. Peningkatan kekerasan paduan dihasilkan melalui penghalusan butir dan kristal (Rahul, dkk., 2014).

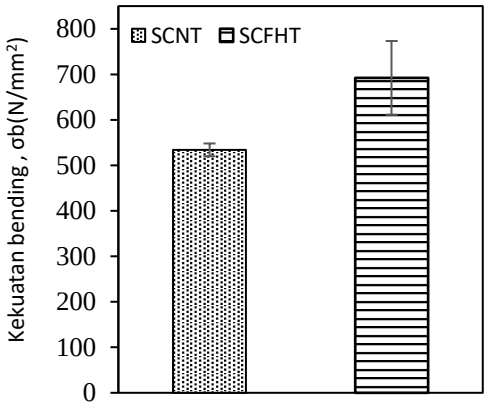


Gambar 5. Kekuatan tarik

Deformasi plastis melalui teknik tempa panas dan *heat treatment* akan mampu meningkatkan kekuatan tarik (UTS). Perlakuan tempa panas secara berulang-ulang dapat meningkatkan plastisitas logam dibandingkan dengan deformasi monotonik. Deformasi berulang-ulang digunakan untuk meningkatkan plastisitas logam baja dan paduan lainnya (Zhbankov, dkk., 2016). Gambar 5. Menunjukkan sifat mekanis kekuatan tarik paduan perunggu timah. Melalui perlakuan tempa panas dan *heat treatment* paduan perunggu timah dapat ditingkatkan sifat mekanisnya. Kekuatan tarik meningkat sebesar 152,3% dengan perlakuan tempa panas dan *heat treatment.* Spesimen cor tanpa perlakuan menunjukkan peningkatan *elongation* setelah dilakukan perlakuan tempa panas dan proses *heat treatment*. Peningkatan *elongation* pada spesimen cor dengan metode *sand casting* sebesar 176,7% setelah dilakukan perlakuan tempa dan *heat treatment*. Peningkatan pertambahan panjang menandakan material lebih ulet ditandai dengan meningkatnya nilai modulus elastisitas. Gambar 6. Menunjukkan elongation paduan perunggu timah.

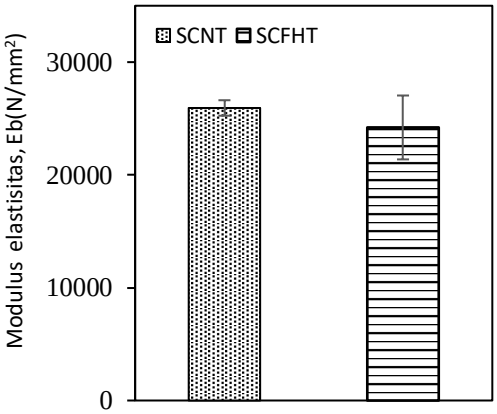


Gambar 6. Elongation



Gambar 7. Kekuatan bending

Gambar 7. Menunjukkan kekuatan bending paduan perunggu timah. Deformasi plastis melalui perlakukan tempa menunjukkan perubahan kekuatan bending yang lebih tinggi dibandingkan dengan *heat treatment* dan tanpa perlakuan. Secara umum sifat mekanis paduan Cu20wt.%Sn meningkat dengan perlakuan deformasi tempa panas dilanjutkan *heat treatment*. Peningkatan kekuatan bending disebabkan menurunnya ukuran butir dan terjadinya penghalusan butir. Modulus elastisitas meningkat melalui perlakuan tempa panas dan *heat treatment.* Nilai modulus elastisitas ini sebanding dengan kekuatan bendingnya. Modulus elastisitas setelah perlakuan deformasi melalui tempa panas berbanding lurus dengan kekerasan. Modulus elastisitas akibat gaya bending melalui tempa panas lebih rendah dibandingkan proses *non heat treatment*.



Gambar 8. Modulus elastisitas

 ISSN 2987-677X

Modulus elastisitas paduan perunggu timah *non treatment treatment* lebih tinggi dibandingkan dengan teknik tempa yang dilanjutkan dengan *heat treatment* ditunjukkan Gambar 8. Penurunan atas perlakuan SCFHT ini disebabkan meningkatnya kegetasan paduan.

Kesimpulan

Proses deformasi plastis melalui tempa panas dilanjutkan dengan perlakukan panas pasca pengecoran logam pada paduan perunggu timah dapat disimpulan :

1. Terjadinya perubahan fase α + δ yang cenderung getas sebagai akibat adanya segregasi paduan dengan terbentuknya fase baru β dan γ yang menjadikan sifat mekanisnya kekerasan, kekuatan tarik dan kekuatan bending meningkat.
2. Porositas paduan menurun dan meningkatnya densitas dan keuletan paduan perunggu timah pasca pengecoran logam.

Ucapan Terima kasih

Terimakasih kepada Laboratorium Bahan Teknik UGM, Universitas Muria Kudus dan Universitas Katolik Widya Mandala.

Referensi

Audy, J. dan Audy, K., 2008, Analysis of bell materials: Tin bronzes, *China Foundry*, 5(3), pp. 199–204.

ASTM E290., 2014, Standart test methods for bend testing of material for ductility, ASTM International, West Conshohocken, PA.

ASTM E 8, Standart test methods for tension of metallic materials.

Callister, D.W, 2007, *Material Science and Engineering*, 7th edition, John Wiley & Sons, Inc, United States of America.

Chen, X., Wang, Z., Ding, D., Tang, H., Qiu, L., Luo, X., dan Shi, G., 2015, Strengthening and toughening strategies for tin bronze alloy through fabricating in-situ nanostructured grains, *Materials and Design*, 66, pp. 60–66.

Fletcher, N., 2012, Materials and musical instruments, *Acoustics Australia*, 40(2), pp. 130–133.

Gadallah, E. A., Ghanem, M. A., El-hamid, M. A., dan El-nikhaily, A. E., 2014, 'Effect of tin content and ECAP passes on the mechanical properties of Cu / Sn alloys', *American Journal of Science and Technology*, 1(2), pp. 60–68.

Gupta, R., Srivastava, S., Kishor, N., dan Panthi, S. K., 2016, High leaded tin bronze processing during multi-directional forging : Effect on microstructure and mechanical properties', *Materials Science & Engineering A*, 654, pp. 282–291.

Hanson, D., and Pell-Walpole, W.T., 1951, Chill-Cast Tin Bronzes, first publised, Edward Arnold & Co, London.

Ismoyo, A.H., Parikin dan Bandriyana, 2014, Analisis pengaruh proses pengerolan dan struktur mikro paduan ZrNbMoGe, *Urania*, 20(1), pp. 13–21.

Korneva, A., Straumal, B., Chulist, R., Kilmametov, A., Ba, P., Cios, G., dan Schell, N., 2016, Grain refinement of intermetallic compounds in the Cu – Sn system under high pressure torsion, *Materials Letters*, 179, pp. 12–15.

Li, D., Franke, P., Fürtauer, S., Cupid, D. dan Flandorfer, H., 2013, The Cu-Sn phase diagram part II : New thermodynamic assessment, *Intermetallics*, 34, pp. 148–158.

Li, J., Chen, R., Ma, Y. dan Ke, W., 2014, Characterization and prediction of microporosity defect in sand cast WE54 alloy castings, *Journal of Materials Science & Technology*, 30(10), pp. 991–997.

Panigrahi, S. K., Jayaganthan, R. dan Pancholi, V., 2009, Effect of plastic deformation conditions on microstructural characteristics and mechanical properties of Al 6063 alloy, *Materials and Design*, 30(6), pp. 1894–1901.

Priambadi, I. G. N., Sugita, I. K. G., K, C. I. P. K. dan Santhiarsa, I. G. N. N., 2009, Pengaruh proses forging terhadap sifat ketangguhan retak dan kekerasan material perunggu sebagai bahan gamelan, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM,* 3(2), pp. 93-97.

Rathi, M. G. dan Jakhade, N., 2014, 'An overview of forging processes with their defects', *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(6), pp. 1–7.

Rahul G., Sanjay S., Preetham K.G.V, dan Sanjay K. P., 2014, Investigation of mechanical properties, microstructure and wear rate of high leaded tin bronze after multidirectional forging, *Procedia Materials Science*, 5, pp. 1081–1089.

Sadawy, M. M. dan Ghanem, M., 2016, Grain refinement of bronze alloy by equal-channel angular pressing (ECAP) and its effect on corrosion behaviour, *Defence Technology*, 12(4), pp. 316–323.

Sugita, I.K.G., Soekrisno, R., dan Miasa, I. M., 2011, Mechanical and damping properties of silicon bronze alloys for music applications, *International Journal of Engineering & Technology*, 11(6), pp. 81–85.

Sik, J., Woo, C. dan June, K., 2009, Implication of peritectic composition in historical high-tin bronze metallurgy, *Materials Characterization*, 60(11), pp. 1268–1275.

Sumarsam, 2002, Introduction to Javanese gamelan notes for music 451 (Javanese gamelan-beginners), Wesleyan University, Middletown.

Valiev, R., 2004, Nanostructuring of metals by severe plastic deformation for advanced properties, *Nature Materials*, 3(8), pp. 511–516.

Wang, T., Yao, S., Tong, Q. dan Sui, L., 2017, Improved filling condition to reduce casting inclusions using the submerged gate method, *Journal of Manufacturing Processes. The Society of Manufacturing Engineers*, 27, pp. 108–113.

Wibowo, A., 2007, Pengaruh tegangan sisa terhadap frekuensi nada dasar perunggu, *Seminar Nasional Teknologi*, ISSN : 1978 – 9777, pp.B1–B5.

Wibowo, A. dan Sukoco, 2013, Pengaruh pelepasan tegangan sisa dengan metode getaran terhadap frekuensi nada dasar bilah perunggu gamelan, *Jurnal Teknik*, 3(1), pp. 49–57

Zhbankov, I. G., Perig, A. V., dan Aliieva, L. I., 2016, Calculation of recovery plasticity in multistage hot forging under isothermal conditions', *SpringerPlus*. *Springer International Publishing*, 5:1881, pp.3-9.

ISSN 2987-677X

Potensi Energi Listrik Pada Biomassa Terhadap Implementasi *Variable Speed Drive* Untuk Pompa Pengiriman *Soft-Water*

Ayu Dhea S[1] William Chandra S[1] Lusia Permata Sari Hartani[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

dheasuryaningtyas@gmail.com

Efisiensi penekanan biaya dalam penggunaan listrik dengan menggunakan biomassa (*rice-husk*) sebagai sumber listrik alternatif dan variable speed drive pada pompa pengiriman *soft-water*. Metode yang digunakan dalam konversi biomassa menjadi alternatif energi listrik adalah proses gasifikasi. Motor listrik yang menggunakan metode kontrol tradisional memiliki dua kondisi utama, berhenti dan beroperasi pada kecepatan maksimum. VSD memiliki peran penting untuk meningkatkan efisiensi penggunaan listrik pada pompa dengan cara menyesuaikan kecepatan sesuai dengan kebutuhannya. Sistem VSD memerlukan sensor tekanan untuk pengaturan kecepatan pompa secara otomatis sesuai dengan kebutuhan, sehingga dapat mengurangi pemakaian daya dari 15 kW menjadi 8 kW

Kata kunci: *Variable Speed Drive*, Biomassa, Efisiensi

Pendahuluan

Kebutuhan akan penggunaan listrik pada suatu perusahaan pasti akan terus berkelanjutan setiap harinya, untuk memenuhi kebutuhan tersebut perusahaan pasti menggunakan listrik PLN untuk memenuhi kebutuhan utamanya dan perlu memiliki sumber listrik cadangan lain bisa menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Uap atau menggunakan *generator set* apabila sumber utamanya mengalami gangguan atau mungkin sedang dalam perawatan.

Pembangkit listrik tenaga uap menggunakan tekanan uap yang didapatkan dari *boiler, boiler* itu sendiri memiliki beragam metode untuk mendapatkan pembakaran. Pada artikel ini kami menggunakan contoh *boiler* yang menggunakan biomassa khususnya *rice-husk* sebagai bahan bakarnya.

Generator set adalah sebuah alat yang memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik. Rata-rata *generator set* yang digunakan untuk skala industri menggunakan bahan bakar solar dan gas alam.

Pada sebuah perusahaan tentunya membutuhkan pompa air untuk kelangsungan proses produksi, khususnya perusahaan makanan yang menggunakan pompa untuk mengirim air dengan kesadahan rendah (*soft-water*) untuk media pemanasan produk di mesin *autoclave*. Pompa air itu sendiri perlu menggunakan energi listrik agar dapat berfungsi dan biasanya menggunakan sambungan *delta* untuk menyalakannya. Jika menggunakan sambungan tersebut maka listrik yang dibutuhkan cenderung besar, sehingga ditambahkan *variable speed drive* untuk pompa tersebut dengan tujuan untuk penghematan penggunaan listrik.

Variable speed drive (VSD) adalah perangkat yang mengatur kecepatan dan gaya rotasi, atau torsi keluaran peralatan mekanis. VSD meningkatkan efisiensi dengan memungkinkan motor dioperasikan pada kecepatan ideal untuk setiap kondisi beban. Dalam banyak aplikasi, VSD mengurangi konsumsi listrik motor sebesar 30–60%. Mereka dapat secara efektif meningkatkan efisiensi proses terutama jika melibatkan sensor aliran atau tekanan.

Adapun tujuan dari artikel ini untuk mencari perbedaan biaya yang diperlukan untuk menggantikan peran listrik PLN ketika terjadi pemadaman, keberadaan pompa air kami jadikan sebagai beban utama untuk menghitung kebutuhan listriknya dengan kapasitas daya 15 kW. Penambahan VSD pada sistem bertujuan untuk melihat seberapa besar pengurangan konsumsi listriknya.

Metode

Penelitian ini dilakukan dengan tiga metode penelitian yaitu studi literatur, pengambilan data dan perhitungan. Dalam metode studi literatur memiliki tujuan untuk mendapatkan referensi atau data dari jurnal maupun artikel pada *website* yang berkaitan dengan penelitian ini. Metode pengambilan data ini dilakukan untuk mengumpulkan data-data yang sudah pernah kita lakukan pada masing-masing

 ISSN 2987-677X

perusahaan. Serta metode perhitungan dilakukan untuk mencari perbandingan biaya energi alternatif antara PLTU menggunakan *rice-husk* dengan *generator set* menggunakan solar ketika PLN padam.

Hasil Kerja

Biomassa (*Rice-husk*)

Proses konversi biomassa (*rice-husk*) menjadi listrik adalah dengan menggunakan metode gasifikasi. Proses gasifikasi melibatkan reaksi antara oksigen dengan bahan bakar padat. Hasil pembakaran berupa uap air dan karbon dioksida direduksi menjadi gas yang mudah terbakar (Suyitno, 2008). Gas yang dihasilkan dari proses gasifikasi disebut gas produser (SINTA.UNUD.AC.ID, n.d.) . Proses ini menghasilkan energi gas dan kalor yang terdapat pada *rice-husk*. Proses gasifikasi melewati 4 tahap:

1. Tahap Pengeringan

   Rice-husk melewati tahap pengeringan menggunakan uap panas untuk menghilangkan kadar air, uap panas ini dihasilkan dari reaksi oksidasi
2. Tahap Pirolisis

   Rice-husk yang sudah kering akan dipanaskan kembali dengan suhu hingga 300°C. Proses ini merupakan dekomposisi termokimia bahan organik, proses pemanasan ini tidak menggunakan udara. Hasil pirolisis ini menghasilkan *syngas* (gas sintetis), *syngas* dihasilkan melalui reformasi uap atau oksidasi parsial dari gas alam atau hidrokarbon cair, atau melalui gasifikasi *rice-husk*. Komposisi kimia *syngas* bervariasi tergantung pada bahan baku dan proses yang digunakan. Secara umum, *syngas* yang dihasilkan dari gasifikasi *rice-husk* adalah campuran sekitar 30 hingga 60% karbon monoksida, 25 hingga 30% hidrogen, 5 hingga 15% karbon dioksida, dan 0 hingga 5% metana. Selain itu, *syngas* juga mengandung jumlah lebih sedikit dari gas-gas lainnya. Meskipun memiliki nilai energi yang lebih rendah daripada gas alam, *syngas* tetap dapat digunakan sebagai bahan bakar dan memiliki berbagai aplikasi industri. *Syngas* adalah campuran penting yang memiliki peran krusial dalam produksi bahan bakar dan industri kimia.
3. Tahap Oksidasi

   Di tahap ini, sebagian dari gas yang dihasilkan pada tahap pirolisis bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan panas.Reaksi ini menghasilkan gas CO_2 dan H_2O. Oksidasi biasanya terjadi pada temperatur 700-1500°c
4. Tahap Reduksi

   Pada tahap akhir ini, gas CO_2 dan H_2O dari tahap oksidasi bereaksi dengan arang dari tahap pirolisis untuk menghasilkan gas CO, H_2, dan CH_4. Reduksi terjadi pada temperatur 300-1000°c. (Susanto, 2018) (E, U, & I, 2016)

Pada hasil pengujian pada *rice-husk* didapatkan data sebagai tabel 1 berikut:

Tabel 1 Per satu kilo *rice-husk* mengandung unsur dan nilai kalor sebanyak:

Biomassa	*Content* (%)
C	60,1 %
H	18,3 %
N	10,8 %
O	6,9 %
CH4	3,9 %

- HHV = 5106,45 KJ/kg
- LHV = 2067,29 KJ/kg
- Density = 629 Kg/m^3

Konversi kalor ke *Joule* dari biomassa *Rice-husk*: (G, Collina, & H, 1991)
3300 kKal/kg = 13,86 x 10^6 J/kg

Energi yang dihasilkan oleh 1 kW

$$= \frac{1}{Efisiensi\ PLTU} = \frac{1}{35\%}\ megajoule \qquad (1)$$

Jumlah *rice-husk* yang dibutuhkan untuk mendapatkan 1 kW per jam:

$$\frac{Energi\ yang\ dihasilkan\ oleh\ 1\ kW}{Nilai\ kalor\ pada\ sekam\ padi} = \frac{1}{0{,}35\ x\ 13{,}86} \qquad (2)$$

$$= 0{,}206\ kg$$

Dengan harga *rice-husk* per kilo = Rp. 550, maka total biaya yang digunakan untuk 1 pompa air dengan penggunaan kurang lebih 6 jam per hari dengan kapasitas daya 15 kW:

Rp. 10.204,08

Penentuan *rice-husk* sebagai pembangkit listrik alternatif salah satunya dengan metode uji TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*) atau Prosedur Pelindian Karakteristik Beracun,

Tujuan utama uji TCLP dalam pengujian hasil pembakaran rice-husk ini adalah untuk:

- **Mengetahui konsentrasi logam berat dan unsur berbahaya lainnya** yang dapat larut dari abu *rice-husk*.
- **Membandingkan hasil dengan standar baku mutu** yang ditetapkan oleh regulasi terkait, seperti Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 101 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Limbah B3.
- **Menentukan apakah abu *rice-husk*** termasuk kategori limbah berbahaya (B3) atau tidak.

 ISSN 2987-677X

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil uji TCLP pada pembakaran *rice-husk* antara lain:

- **Suhu dan lama pembakaran**: Semakin tinggi suhu dan lama pembakaran, semakin banyak logam berat dan unsur berbahaya lainnya yang dapat larut dari abu *rice-husk*. Pada pengujian, disesuaikan dengan kondisi asli di pabrik yaitu mengunakan suhu 300-600°c. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa abu sekam padi hasil pembakaran pada suhu rendah (< 600°c) umumnya tidak termasuk kategori limbah berbahaya (B3).
- **Metode ekstraksi**: Metode ekstraksi yang digunakan dapat mempengaruhi jumlah logam berat dan unsur berbahaya lainnya yang terlarut.

Gambar 1 menjelaskan bahwa hasil Analysis *Toxicity characteristic leaching procedure* yang dihasilkan dari abu *rice-husk* memiliki angka yang rendah, ini menjadi faktor penting dalam industri karena *rice-husk* dengan TCLP rendah lebih ramah lingkungan, efisien, dan ekonomis untuk digunakan.

REPORT OF ANALYSIS

Type of Sample : Sludge
Sample Identification : ABU SEKAM PADI
Date Received : December 19, 2019
Period of Analysis : December 19, 2019 to January 13, 2020
We have tested the submitted sample (s) and the following results were obtained :

Parameter	Unit	Test Result	Detection Limit	Requirement **) TCLP A	Requirement **) TCLP B	Method Part Number *
Inorganic :						
Arsenic	mg/L	< 0.001	0.001	3	0.5	SNI 8808 : 2019 & 7061 A
Barium	mg/L	1.5	0.10	210	35	SNI 8808 : 2019 & 7080 A
Boron	mg/L	0.65	0.10	150	25	SNI 8808 : 2019 & 3120 B
Cadmium #)	mg/L	< 0.06	0.06	0.9	0.15	SNI 8808 : 2019 & 7130
Copper	mg/L	< 0.06	0.06	60	10	SNI 8808 : 2019 & 7210
Total Cyanide	mg/L	< 0.03	0.03	21	3.5	SNI 8808 : 2019 & 4500 CN E
Fluoride #)	mg/L	20.8	0.07	450	75	SNI 8808 : 2019 & 4500-F D
Lead #)	mg/L	< 0.07	0.07	3	0.5	SNI 8808 : 2019 & 7420
Mercury	mg/L	< 0.002	0.002	0.3	0.05	SNI 8808 : 2019 & 7471 A
Nitrate #)	mg/L	3.0	0.067	15000	2500	SNI 8808 : 2019 & 4500-NO_3 B
Nitrite #)	mg/L	< 0.03	0.03	900	150	SNI 8808 : 2019 & 4500-NO_2 B
Selenium	mg/L	< 0.001	0.001	3	0.5	SNI 8808 : 2019 & 7742
Silver #)	mg/L	< 0.10	0.10	40	5	SNI 8808 : 2019 & 7760 A
Zinc #)	mg/L	1.0	0.08	300	50	SNI 8808 : 2019 & 7950
Antimony	mg/L	< 0.10	0.10	6	1	SNI 8808 : 2019 & 7040
Berilium	mg/L	< 0.0027	0.0027	4	0.5	SNI 8808 : 2019 & 7090
Molibdenum	mg/L	< 0.037	0.037	21	3.5	SNI 8808 : 2019 & 7480
Nickel	mg/L	< 0.10	0.10	21	3.5	SNI 8808 : 2019 & 7520
Chrom Hexavalent	mg/L	< 0.004	0.004	15	2.5	SNI 8808 : 2019 & 3500-Cr B
Chloride #)	mg/L	106.4	5.00	75000	12500	SNI 8808 : 2019 & 3500-Cr B
Iodide	mg/L	< 0.06	0.06	40	5	APHA 4500 I-C
Tributyltin Oxide	mg/L	< 0.02	0.02	0.4	0.05	APHA 6710

*) Standard Methods, 23rd Edition 2017, APHA-AWWA-WEF
**) Requirement means threshold limit value of parameter in Sludge required by requirement Government Regulation No.101/2014
< Less than the limit of detection
#) Was Accredited by KAN

Gambar 1. Report of Analysis *Toxicity characteristic leaching procedure* dari abu *rice-husk*

Generator *Set Diesel*

Generator set yang kita jadikan acuan untuk mengetahui konsumsi bahan bakar solar selama 1 jam yaitu generator Perkins HT-20P dengan kapasitas 20 kVA atau setara dengan 16 kW (Perkins, 2024), konsumsi bahan bakar mesin ini pada beban maksimum yaitu 5,3 Liter per jamnya. Jika dimasukkan ke dalam rumus dengan harga solar industri = Rp. 15.500, dan untuk penggunakan pompa pengiriman *soft-water* dengan daya 15 kW sebagai bebannya, maka didapatkan:

$$Penggunaan\ Genset\ (\%) = \left(\left(\frac{Daya\ Max\ Genset - Daya\ Pompa}{Daya\ Max\ Genset}\right) x\ 100\right) - 100 \quad (3)$$

$$Penggunaan\ Genset\ (\%) = \left(\left(\frac{16kW - 15kW}{16kW}\right) x\ 100\right) - 100$$

$$Penggunaan\ Genset\ (\%) = \left(\left(\frac{1kW}{16kW}\right) x\ 100\right) - 100$$

$$Penggunaan\ Genset\ (\%) = 93{,}75\%$$

Kemudian dihitung konsumsi bahan bakar menggunakan rumus:

$$Konsumsi\ Berdasarkan\ Penggunaan\ (L/h) = (Penggunaan\ genset\ (\%)\ x\ Konsumsi\ Beban\ Max\ (L)) \quad (4)$$

$$Konsumsi\ Berdasarkan\ Penggunaan\ (L/h) = (93{,}75\%\ x\ 5{,}3L)$$

$$Konsumsi\ Berdasarkan\ Penggunaan\ (L/h) = 4{,}968\ L/h$$

Maka total biaya yang digunakan untuk 1 pompa air dengan penggunaan kurang lebih 6 jam per hari:

Rp. 462.093,75 (Industri, 2024)

Listrik PLN

PT. PLN (Persero) merupakan perusahaan penyedia listrik bagi kebutuhan pengguna, pada kasus ini PLN memiliki peran penting sebagai sumber tegangan utama dan sebagai tolok ukur perbandingan biaya pemakaian pompa air pengiriman *soft-water* dengan daya 15 kW jika menggunakan / tidak menggunakan listrik PLN. (Rochmawati, Aisha, Aji, Prasetyo, & Sujito, 2024) (Nasution, Napitupulu, Siahaan, & Ginting, 2022) . Tarif untuk Golongan I-3/TM per kWh sebesar Rp. 1.035,78. (PLN, 2024)

$$Biaya\ Pemakaian\ Per\ Jam = Daya\ Pompa\ x\ Biaya\ per\ kWh$$

$$Biaya\ Pemakaian\ Per\ Jam = 15\ kW\ x\ Rp\ 1.035{,}78$$

$$Biaya\ Pemakaian\ Per\ Jam = Rp\ 15.536{,}70$$

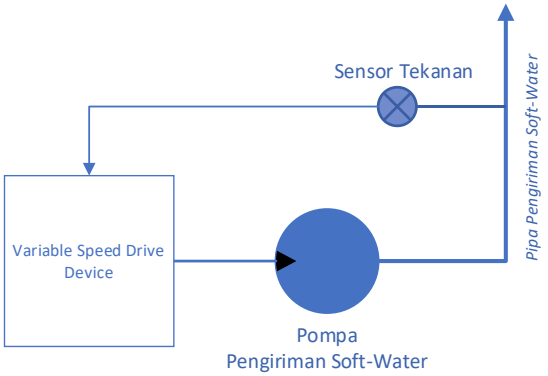
Maka total biaya yang digunakan untuk 1 pompa air dengan penggunaan kurang lebih 6 jam per hari:

Rp. 93.220,20

Penambahan VSD

Motor listrik yang menggunakan metode kontrol tradisional memiliki dua kondisi utama, berhenti dan beroperasi pada kecepatan maksimum. VSD memiliki peran penting untuk meningkatkan efisiensi penggunaan listrik pada pompa dengan cara menyesuaikan kecepatan sesuai dengan kebutuhannya. Sistem VSD memerlukan sensor tekanan untuk pengaturan kecepatan pompa secara otomatis sesuai dengan kebutuhan.

 ISSN 2987-677X



Gambar 2. Diagram Sistem Pompa Pengiriman Menggunakan VSD dan Sensor Tekanan

Semula pompa pengiriman ketika jalan maksimum membutuhkan daya sebesar 15 kW, setelah ditambahkan VSD dan sensor tekanan maka daya pemakaian rata-rata didapati berkisar pada 8 kW. Hal ini disebabkan karena desain pompa dapat menyuplai *soft-water* untuk 4 – 6 autoclave secara bersamaan, namun dalam praktisnya tidak semua autoclave berjalan dan meminta *soft-water* secara bersamaan sehingga dengan adanya penambahan VSD, daya yang digunakan untuk pompa pengiriman tidak perlu sampai maksimum. (R, S, M, & H, 2011)

Perbandingan Keseluruhan

Dari seluruh perhitungan biaya yang dilakukan pada masing-masing sumber energi listrik, maka didapati tabel perbandingan pemakaian per hari dengan efektif pemakaian 6 jam dan per bulan dengan 25 hari kerja sebagai berikut

Tabel 1 Perbandingan Biaya

Sumber Energi Listrik	Harga /kWh	Biaya Pemakaian /Hari	Biaya Pemakaian /Bulan
Listrik PLN	Rp 1.035,78	Rp 93.220,20	Rp 2.330.505,00
Generator Set Diesel	Rp 5.134,38	Rp 462.093,75	Rp 11.552.343,75
PLTU Bahan Bakar *Rice-husk*	Rp 113,38	Rp 10.204,08	Rp 255.102,00

Dari **Tabel 1** di atas dapat dilihat untuk energi alternatif ketika Listrik padam atau terjadi gangguan yang memiliki biaya bahan bakar terendah dimiliki oleh bahan bakar biomassa khususnya *Rice-husk*. Dengan selisih harga 97,79% dibandingkan dengan bahan bakar solar, selain murah *rice-husk* memiliki tingkat polusi lebih rendah dibanding solar dan residu pembakaran dapat diolah kembali menjadi pupuk.

Tabel 2 Perbandingan Biaya Setelah Penambahan VSD

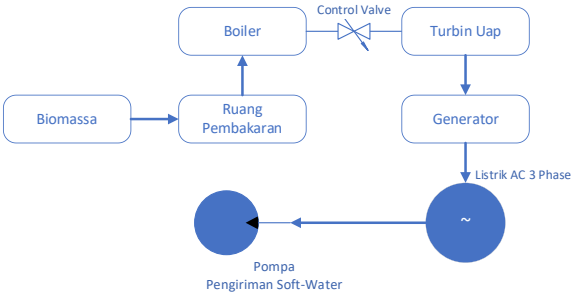
Sumber Energi Listrik	Harga /kWh	Biaya Pemakaian /Hari	Biaya Pemakaian /Bulan
Listrik PLN	Rp 1.035,78	Rp 49.717,44	Rp 1.242.936,00
Generator Set Diesel	Rp 5.134,38	Rp 246.450,00	Rp 6.161.250,00
PLTU Bahan Bakar *Rice-husk*	Rp 113,38	Rp 5.442,18	Rp 136.054,50

Dapat dilihat pada **Tabel 2** setelah dilakukan penambahan sistem VSD pada pompa pengiriman terlihat penurunan biaya yang signifikan hingga 46,67% untuk masing-masing energi yang digunakan.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan didapati penggunaan PLTU menggunakan bahan bakar *rice-husk* memiliki tingkat efisiensi biaya yang cukup tinggi untuk dijadikan energi alternatif ketika PLN mengalami masalah dibandingkan dengan generator set berbahan bakar solar. Selain itu, penambahan VSD pada pompa air dapat meningkatkan efisiensi yang cukup besar hingga 46,67% dalam pengeluaran biaya bahan bakar seperti yang dijelaskan pada **Tabel 2**.

Penggunaan bahan bakar *rice-husk* juga meminimalisir polusi yang diakibatkan dari proses pembakaran untuk pembangkit, selain itu bahan yang digunakan juga didapatkan dari kulit beras dimana ketika setelah dibakar untuk memanaskan *boiler* abunya dapat digunakan kembali menjadi pupuk untuk menanam padi.



Gambar 2. Blok diagram proses biomassa menjadi energi listrik kemudian diefisiensikan dengan menggunakan system VSD

 ISSN 2987-677X

Referensi

Suyitno. (2008). Teknologi Gasifikasi Biomasa untuk Penyediaan Listrik dan Panas Skala Kecil Menengah. *Hasil Karya IPTEK. UNS Techn*.

SINTA.UNUD.AC.ID. (n.d.). Retrieved from https://sinta.unud.ac.id/uploads/dokumen_dir/ecbfa1d9b27dd4ed1371b2ff8fbef3ef.pdf

Susanto, H. (2018). Pengembangan teknologi Gasifikasi Untuk Mendukung Kemandirian Energi dan Industri Kimia. *ITB*.

E, S. G., U, P., & I, P. (2016). Pengaruh Laju Alir Udara Dan Waktu Proses Gasifikasi Terhadap Gas Producer Limbah Tangkai Daun Tembakau Menggunakan Gasifier Tipe Downdraft,. In *J. Bahan Alam Terbarukan, vol. 5* (pp. 45-53).

G, G. A., Collina, & H, Z. (1991). International Conference on Biomass for Energy. *Industry and Environment held in Athens, Greece*, 1464.

R, S., S, M., M, B. A., & H, A. M. (2011). Applications of variable speed drive (VSD) in electrical motors energy savings. *Elsevier*.

Rochmawati, D., Aisha, D., Aji, E. F., Prasetyo, J. A., & Sujito. (2024). ANALISIS RUGI-RUGI PADA PENGUKURAN ENERGI LISTRIK DI INDUSTRI 164 KV. *Jurnal Informatika dan Teknik Eletro Terapan*.

Nasution, O., Napitupulu, J., Siahaan, L., & Ginting, Y. (2022). TINJAUAN PERBANDINGAN PEMAKAIAN DAYA LISTRIK PADA BANGUNAN INDUSTRI. *Darma Agung*.

PLN. (2024, June). Retrieved from https://web.pln.co.id/statics/uploads/2024/03/Penetapan-Penyesuaian-TTL-TARIFF-ADJUSTMENT-Apri-Juni-2024_1-1.jpg

Perkins. (2024). Retrieved from https://gensetperkinsindonesia.co.id/product/jual-genset-perkins-20-kva-open-ht-20-p-2/

Industri, S. (2024, May). Retrieved from https://solarindustri.com/berita/harga-solar-industri-15-31-mei-2024/

 ISSN 2987-677X

Peningkatan Kesesuaian Pengukuran Berat Bahan Baku Lime Stone Coarser melalui Kalibrasi Timbangan

I Dewa Putu Eka Adya Nata[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ dewaputu4577@gmail.com

Pencarian susut bahan baku menggunakan timbangan Chronos dengan Truck Scale. Kalibrasi menggunakan timbangan manual atau timbangan meja dan dibandingkan dengan timbangan truck scale. Perbandingan timbangan timbangan truck scale, chronos dan timbangan meja. Peningkatan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3). Peningkatan penerapan K3 lebih ditekankan pada keselamatan dan kesehetan pekerja dalam industri pakan ternak. K3 ini berfungsi untuk menghindari resiko dalam bekerja. Perbaikan prosedur pengambilan obat ini bertujuan untuk meminimalisir salah pengambilan yang mengakibatkan stok pada sistem SAP mengalami minus ataupun over. Metode yang digunakan adalah *fishbone diagram* untuk membantu mengidentifikasi masalah yang terjadi di gudang terkait permasalahan bahan baku susut. Metode yang digunakan *adalah why analysis* untuk membantu mengidentifikasi mengapa masalah dapat terjadi. *flowchart diagram* sebagai alat bantu untuk mengetahui proses pengambilan barang pada gudang. Penyelesaian masalah bahan baku lime stone coarser yang susut dengan cara menambahan timbangan manual atau timbangan meja. Penerapan K3 yang ketat ini juga akan berdampak positif dan terjadinya kecelakaan kerja berkurang. Perubahan prosedur pengambilam barang ini dapat mempermudah ketika ada audit stok opname.

Kata kunci: Kalibrasi, Timbangan, Kesehatan dan keselamatan kerja (K3), Prosedur

Pendahuluan

Perusahaan berusaha untuk meningkatkan teknologi dan sumber daya untuk mendapatkan hasil yang optimal. Persaingan pasar lokal maupun pasar global dapat dibilang cukup ketat, maka dari itu pemilik industri manufaktur berusahaa untuk meningkatkan kualitas produk, kemampuan, mengurangi biaya, dan pelayanan. Penerimaan dan penyimpanan bahan baku menjadi salah satu faktor untuk meningkatkan kualitas produk

Studi kasus pada praktek keinsinyuran ini bertujuan untuk mendapatkan kesimpulan berdasarkan kasus yang berbeda. Tiga topik yang dipilih dalam praktik keinsinyuran yaitu:

1. Pencarian susut bahan baku menggunakan timbangan *Chronos* dengan *Truck Scale*. Kalibrasi menggunakan timbangan manual atau timbangan meja dan dibandingkan dengan timbangan truck scale. Perbandingan timbangan timbangan truck scale, chronos dan timbangan meja. Perbandingan ini untuk menetapkan timbangan meja atau timbangan chronos yang lebih optimal dalam meminimalisir susut bahan baku.
2. Peningkatan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3). Peningkatan penerapan K3 lebih ditekankan pada keselamatan dan kesehetan pekerja dalam industri pakan ternak. K3 ini berfungsi untuk menghindari resiko dalam bekerja.
3. Perbaikan prosedur pengambilan obat untuk campuran pakan ternak. Perbaikan prosedur pengambilan obat ini bertujuan untuk meminimalisir salah pengambilan yang mengakibatkan stok pada sistem SAP mengalami minus ataupun over.

Metode

Metode yang digunakan dalam pelaksanaan praktik keinsinyuran yaitu: Mengajukan proposal praktik keinsinyuran dilakukan oleh mahasiswa kepada program studi, konsultasi dengan dosen pembimbing dan pembimbing kerja praktik, melakukan percobaaan terkait praktik dengan alat yang sudah tersedia, melakukan diskusi dengan pembimbing kerja praktik terkait mengatasi masalah-masalah teknis yang ditemui dilapangan. pengumpulan data, analisis data, Penyusunan laporan keinsinyuran.

Studi Kasus 1

Pencarian Dan Penyelesaian Bahan Baku Susut Dengan Cara Kalibrasi Timbangan

Bahan baku batu kapur kasar yang digunakan pada perusahaan ini terjadi penyusutan stok gudang. Kondisi saat ini bahan baku tersebut susut sebanyak 5.700 ton. Pada gudang ini pemotongan stok terjadi pada timbangan chronos. Sebelum masuk timbangan chronos, bahan baku dimasukkan kedalam intake atau tempat tuangnya bahan baku. Bahan baku yang di gudang dimasukkan kedalam intake dan masuk ketimbangan chronos. Bahan baku yang susut terbilang cukup besar, oleh karena itu dilakukan studi kasus agar mengetahui letak terjadinya susut.

 ISSN 2987-677X

Permasalahan yang terjadi pada gudang ini adalah bahan baku yang susut. Bahan baku susut ini terjadi karena timbangan Chronos yang kurang baik. Sudah dilakukan kalibrasi timbangan dengan menggunakan bahan baku .Menurut Sholihah (2016) kalibrasi timbangan bertujuan untuk menentukan kebenaran alat ukur timbangan dengan standard yang ditentukan. Pada perusahaan ini standard susut setiap stok opname sebesar 0,5%. Standard susut inilah yang ditetapkan perusahaan untuk mengkontrol stok gudang. Kontrol stok gudang ini berfungsi untuk memperlancar produksi agar tidak kehabisan bahan baku selama produksi berlangsung.

Analisis Masalah 1

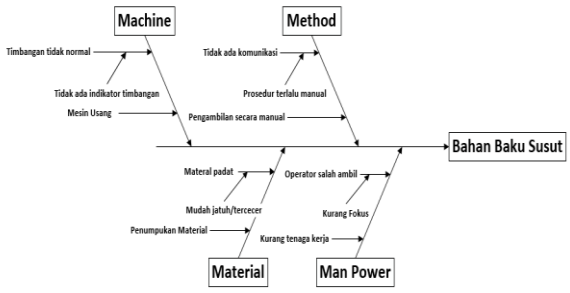
Analisis masalah yang terjadi pada gudang ini menggunakan *fishbone diagram*. Masalah pada gudang ini adalah bahan baku susut. Pada Gambar 1 adalah fishbone diagram terjadinya bahan baku susut. Bahan baku yang susut ini terjadi akibat *dari machine, method, material,* dan *man power*. Faktor- factor terjadinya bahan baku susut adalah sebagai berikut:

Faktor *machine*. Pada factor ini bahan baku susut terjadi akibat timbangan yang tidak normal (timbangan Chronos), atau tidak sesuai dengan timbangan Truck Scale. Ketidaksesuaian timbangan chronos juga tidak memiliki indikator, sehingga perlu dilakukan inspeksi timbangan atau kalibrasi timbangan.

Faktor *Method*. Pada faktor ini dalam proses pengambilan bahan baku tidak ada komunikasi dari pihak operator forklift produksi dengan tim gudang. Bahan baku yang diambil secara manual, diambil digudang dan dituang ke intake secara manual.

Faktor *Material*. Material yang dimaksud adalah *lime stone coarser*. Material ini memiliki sifat yang mudah jatuh jika karungnya bolong dan bersifat padat. Pada proses penyimpanan material ini juga terjadi penumpukan, karena material ini lebih sering disimpan dalam bentuk stapelan.

Faktor *Man Power*. Bahan baku susut ini juga berasal dari kurangnya tenaga kerja. Kurangnya tenaga kerja ini mengakibatkan operator forklift bekerja lebih keras sehingga dapat terjadi salah ambil material dan kurang fokus.



Gambar 1 *fishbone diagram* bahan baku susut

Solusi Masalah 1.1 Pencarian bahan baku susut

Kalibrasi timbangan dengan cara membandingkan timbangan Truck Scale dengan timbangan Chronos. Material yang digunakan adalah lime stone coarser. Pada Tabel 1 adalah hasil dari kalibrasi menggunakan bahan baku. Timbangan Truck Scale menghasilkan berat bahan baku sebesar 20.135 Kg. Timbangan Chornos menghasilkan berat bahan baku sebesar 15.466 Kg. Selisih dari kalibrasi ini adalah -4.669 Kg, dengan persesentase -23,19%. Ketika timbangan Chronos lebih kecil daripada timbangan Truck Scale, dapat dikatakan stok gudang mengalami susut. Susut terjadi akibat timbangan yang tidak balance atau bahan baku yang masuk ke stok gudang tidak sama dengan bahan baku yang keluar dari stok gudang.

Tabel 1 Hasil Kalibrasi Timbangan

Material	Truck Scale	Chronos Intake 1	Selisih (Kg)	Persentase
Lime Stone Coarser	20.135	15.466	-4.669	-23.19%

Solusi Masalah 1.2 Kalibrasi Timbangan menggunakan Timbal

Pada proses kalibrasi timbangan menggunakan timbal dilakukan dengan cara meletakkan timbal satu persatu. Timbal yang diletakkan pada timbangan chronos dilakukan perbandingan antara berat timbal dan sistem yang terbaca. Hasil dari penyesuaian timbangan ini dapat dilihat pada Tabel 2. Sebelum dikalbrasi dan Tabel 3 sesudah dikalibrasi. Pada tabel sesudah kalibrasi ini sebagai hasil validasi jika timbangan sudah dikalibrasi. Proses ini adalah pengambilan timbal secara satu persatu hingga tidak ada beban yang ada ditimbangan chronos. Pengambilan beban mulai dari 240 Kg hingga 0 Kg. Sesudah kalibrasi didapatkan rata-rata 0.5% lebih berat dari pada timbal.

Tabel 2 Sebelum Kalibrasi menggunakan timbal

SEBELUM KALIBRASI				
No.	Target (Kg)	Actual (Kg)	(Kg)	Selisih %
1	0.00	-1.80	-1.80	
2	20.00	18.20	-1.80	-9.00
3	40.00	38.20	-1.80	-4.50
4	60.00	58.20	-1.80	-3.00
5	80.00	78.40	-1.60	-2.00
6	100.00	98.00	-2.00	-2.00
7	120.00	118.00	-2.00	-1.67
8	140.00	138.00	-2.00	-1.43
9	160.00	158.00	-2.00	-1.25
10	180.00	178.00	-2.00	-1.11
11	200.00	198.00	-2.00	-1.00
12	220.00	218.40	-1.60	-0.73
13	240.00	237.90	-2.10	-0.87
Rata – rata			-1.88	-2.38

 ISSN 2987-677X

Tabel 3 Sebelum Kalibrasi menggunakan timbal

SESUDAH KALIBRASI				
No.	Target (Kg)	Actual (Kg)	(Kg)	Selisih %
1	240.00	240.00	0.00	
2	220.00	220.20	0.20	0.09
3	200.00	200.00	0.00	0.00
4	180.00	180.00	0.00	0.00
5	160.00	160.00	0.00	0.00
6	140.00	140.00	0.00	0.00
7	120.00	120.10	0.10	0.08
8	100.00	100.10	0.10	0.10
9	80.00	80.00	0.00	0.00
10	60.00	60.00	0.00	0.00
11	40.00	40.10	0.10	0.25
12	20.00	20.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	
Rata – rata			0.04	0.05

Setelah dilakukan kalibrasi menggunakan timbal, perlu dilakukan validasi terkait timbangan *chronos* yang sudah bagus atau masih dalam kondisi susut. Validasi timbangan ini dilakukan dengan cara kalibrasi menggunakan bahan baku, bahan baku yang digunakan tetap sama yaitu *lime stone coarser.* Pada Tabel 4 adalah hasil kalibrasi menggunakan bahan baku. Bahan baku yang digunakan adalah *lime stone coarser*. Hasil dari timbangan timbangan *Truck Scale* adalah 15.275 Kg. Hasil timbangan *Chronos* adalah 13.657 Kg. Total dari selisih antara timbangan *Truck Scale* dan timbangan *Chronos* adalah sebesar -1.618, sehingga persentasi susutnya menjadi -10,59%.

Tabel 4 Hasil Kalibrasi Timbangan

Material	Truck Scale	Chronos Intake 1	Selisih (Kg)	Persentase
Lime Stone Coarser	15.275	13.657	-1.618	-10.59%

Pada saat melakukan validasi bahwa timbangan masih baik atau kurang baik, dilakukan dengan cara kalibrasi menggunakan bahan baku. Hasil yang di diperoleh dari kalibrasi menggunakan bahan baku adalah -10,59%. Hasil kalibrasi ini dianggap masuk kurang bagus karena standard susut dari perusahaan adalah sebesar 0,5%

Solusi Masalah 1.3 Kalibrasi Menggunakan Timbangan Meja

Penyelesaian bahan baku susut ini perlu dilakukan penambahan timbangan dengan timbangan meja. Permintaan penambahan timbangan meja ini bertujuan untuk menimbang manual bahan baku yang masuk keproduksi. Kedatangan timbangan meja ini tetap dikalibrasi dengan timbangan *Truck Scale*. Timbangan *Truck Scale* ini sebagai acuan bahwa timbangan yang digunakan masih berfungsu dengan normal.

Tahap akhir adalah hasil kalibrasi timbangan antara timbangan *chronos*, timbangan *truck scale*, dan timbangan meja. Hasil kalibrasi timbangan dapat dilihat pada Tabel 5. Pada timbangan *truck scale* berat yang diperoleh adalah 15.731 Kg. Timbangan *truck scale* ini berfungsi sebagai acuan bahwa timbangan *chronos* dan timbangan meja sudah sesuai dengan timbangan *truck scale.* Hasil dari timbangan *chronos* selama proses tuang bahan baku, didapatkan berat sebesar 13.657 Kg. Hasil dari timbangan meja adalah sebesar 15.710 Kg.

Tabel 5 Hasil Kalibrasi Timbangan

Material	Truck Scale	Chronos Intake 1	Timbangan Meja
Lime Stone Coarser	15.731	13.731	15.710

Pada dasarnya standar susut yang ditetapkan Perusahaan adalah sebesar 0,5%. Timbangan dikatakan normal jika setiap tuang bahan baku, susutnya tidak lebih dari 0,5%. Hasil dari perbandingan antara timbangan *truck scale* dengan timbangan *chronos* didapatkan persentase sebesar 13,18%. Perbandingan antara timbangan *truck scale* dengan timbangan meja, didapatkan persentase sebesar 0,13%. Timbangan meja mengalami susut yang masih dalam batas toleransi yang ditentukan perusahaan. Timbangan meja dapat dikatakan normal karena susut bahan baku masih dibawah 0,13%.

Studi Kasus 2

Penerapan Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3) Di Industri Pakan Ternak

Wahyuni et al., (2018) mengemukakan bahwa kesehatan dan keselamatan kerja (K3) berhubungan dengan aktivitas pekerjaan manusia disebuah industri. K3 ini penting diterapkan dalam perusahaan karena karyawan yang berhubungan dengan produksi dapat menimbulkan aman dan nyaman dalam bekerja. K3 ini merupakan ilmu dalam prakteknya mengusahakan karyawan dapat terhindar atau pengantisipasi dari penyakit dan kecelakaan kerja.

Pada perusahaan tempat praktik keinsinyuran penerapan K3 masih belum maksimal. Pekerja pada perusahan ini masih mengabaikan kesehatan dan keselamatan kerja. Penerapan K3 yang kurang maksimal, jika terjadi kecelakaan kerja dapat merugikan keryawan dan perusahaan. Menurut Umar et al., (2021) setiap pekerja perlu memiliki pengetahuan tentang kerselamatan dan kesehatan kerja agar terhindar dari kecelakaan kerja.

Analisis Masalah 2

Masalah yang diangkat pada studi kasus ini terkait Kesehatan dan keselamatan kerja. Pada Tabel 6 menjelaskan terkait permasalahan kesehatan dan keselamatan kerja (K3) di gudang. Permasalahan yang terjadi pada gudang ini yaitu banjir, keselamatan operator *forklift***,** keselamatan operator bongkar muat, suhu tinggi di gudang.

 ISSN 2987-677X

Tabel 6 *Why-Why Analysis* Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Kasus	Why	Why	Why	Why	Why
Banjir	Pompa air rusak	Pompa air kurang	Talang air bocor	Saluran air tidak lancer	Curah hujan tinggi
Keselamatan Operator Forklift	Jalan rusak	Ban forklift rusak	Lantai gudang tidak rata	Tidak menggunakan masker	
Keselamatan Operator Bongkar Muat	Tidak memakai helm safety	Tidak memakai sepatu safety	Tidak memakai body harness	Stapelan terlalu tinggi	Tidak menggunakan masker
Suhu tinggi di gudang	Exhaust mati	Exhaust kurang	Gudang dilewati truk	Forklift menggunakan mesin diesel	Kurang ventilasi

Solusi Masalah 2 Kalibrasi Menggunakan Timbangan Meja

Solusi masalah kesehatan keselamatan kerja (K3) yang pertama terkait dengan gudang banjir yaitu: Memperbesar saluran air dan menambahkan tempat penampungan air, agar air dapat tertampung dan tidak mengakibatkan gudang banjir. menambah pompa air untuk menyalurkan air ke tempat penampungan air. Memperbaiki pompa air yang rusak dan membuat pompa air menjadi otomatis. Pada ketinggian air tertentu, maka pompa harus bisa nyala secara otomatis. Talang air yang bocor ini perlu dilakukan penggantian, bukan dilakukan pembenahan atau penambalan. Harus diganti dengan yang baru dan kualitas yang bagus agar bertahan lama. Membersihkan saluran air secara berkala, karena banyak sekali sapuan bahan baku yang dapat menghambat saluran air.

Solusi masalah kesehatan keselamatan kerja (K3) yang kedua terkait dengan keselamatan operator *forklift*. Ada beberapa solusi untuk menangani permasalahan. Jalan rusak ini perlu dilakukan perbaikan dengan cara membuat ulang jalan digudang dan diplester hingga halus. Jalan yang rusak ini bisa memberikan guncangan yang besar terhadap operator. Ban *forklift* rusak, perlu dilakukan penggantian ban yang baru. Ban yang digunakan harus bagus agar guncangan yang diterima operator sedikit teredam Lantai gudang tidak rata, perlu dilakukan perombakan ulang atau pembuatan lantai gudang tidak rata. Operator *forklift* harus menggunakan masker. Pada gudang ini banyak sekali debu halus akibat dari aktivitas gudang, mulai dari bongkar muat hingga tuang bahan baku. Penggunaan masker ini berfungsi untuk melindungi paru-paru dari debu halus.

Solusi masalah kesehatan keselamatan kerja (K3) yang kedua terkait dengan keselamatan operator bongkar muat atau kuli borongan. Penggunaan *helm safety* sangat penting, karena pada saat melewati gudang, resiko tertimpa bahan baku sangat besar karena tinggi stapelan bisa lebih dari 3 meter. Penggunaan sepatu safety ini bertujuan untuk melindungi kaki dari kaki terjepit, terkena paku atau besi dan. Runtuhnya stapelan berbahaya bagi kuli borongan karena dapat menimpa ketika mengambil bahan baku. Perlu mengurangi tinggi stapelan yang awalnya sekitar 6 Meter menjadi 4 Meter. Penggunaan *body harness* sangat penting karena pekerja membongkar muatan dari atas truk kontainer dan melakukan stapel bahan baku diatas 4 meter. Untuk menjaga agar pekerja tetap aman melakukan aktivitas di ketinggian, perlu penggunaan *body harness.* Penggunaan masker untuk operator bongkar muat berfungsi untuk melindungi paru-paru dari debu halus. Debu halus lebih mudah masuk kedalam paru-paru jika tidak menggunakan masker. Dalam jangka panjang dapat mengganggu kesehatan paru-paru.

Solusi masalah kesehatan keselamatan kerja (K3) yang kedua terkait dengan suhu tinggi di gudang. Ada beberapa solusi untuk menangani permasalahan. Exhaust mati ini dapat diantisipasi dengan cara membersihkan secara berkala. Perlu inpeksi secara berkala karena. *Exhaust* kurang, mengakibatkan suhu panas digudang ini tidak bisa terbuang keluar. Perlu dilakukan penambahan *exhaust* menjadi lebih banyak. Gudang dilalui truk dan penggunaan *forklift* bermesin diesel. Penggunaan *forklift* bermesin listrik untuk menangani suhu gudang yang tinggi. Perancangan gudang ini dilakukan agar truk tidak langsung masuk ke area gudang melainkan hanya dipintu gudang dan diambil dengan forklift.. Perlu menambahkan lebih banyak ventilasi agar udara luar bisa masuk

Studi Kasus 3

Perubahan Prosedur Pengambilan Obat Untuk Meminimasi Terjadinya Ketidaksesuaian Stock Opname

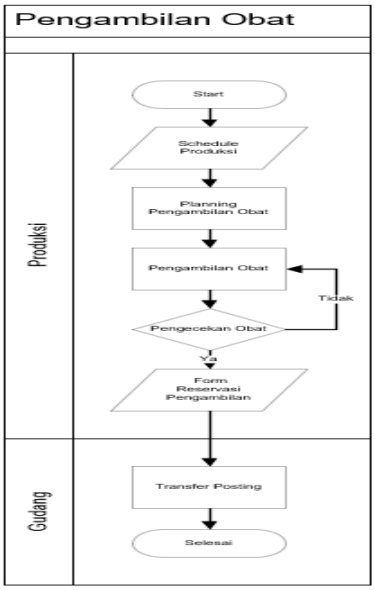
Saitama Purba dan Widjajati (2024) mengemukakan, bahwa *stock opname* adalah aktivitas mencocokkan stok fisik dilapangan dengan stok pada sistem. Pada gudang ini *stock opname* dilakukan setiap hari. Dalam melakukan *stock opname*, sering kali terjadi ketidaksesuaian data pada sistem SAP dengan data fisik dilapangan.

Permasalahan yang tejadi pada gudang ini adalah ketidaksesuaian data fisik lapangan dengan data pada sistem SAP. Data *stock opname* ini berupa obat untuk pakan pencampuran pakan ternak. Obat ini adalah stok yang pasti dan dapat dihitung dengan satuan *(bags)*. Pada proses penerimaan barang data fisik dan data pada sistem selalu sesuai. Pada proses pengambilan barang data fisik dan data pada sistem sering terjadi ketidaksesuaian. Pengambilan barang ini dilakukan oleh operator produksi, bukan dilakukan oleh operator gudang, sehingga seringkali terjadi ketidaksesuaian barang pada saat pengambilan. Dalam menangani permasalahan ini perlu dilakukan perubahan prosedur pengambilan barang.

Analisis Masalah 3

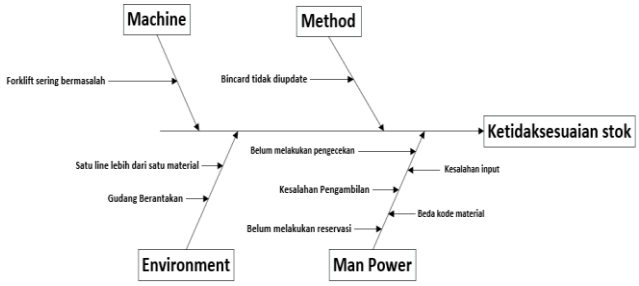
Pada Gambar 2 adalah *flowchart diagram* pengambilan barang pada gudang. Pada alur pengambilan obat ini tim produksi dan tim gudang memiliki perannya sendir. Schedule produksi, planning pengambilan obat, Pengambilan obat, pengecekan obat, pembuatan form reservasi dilakukan oleh tim produksi. Tim gudang hanya melakukan *transfer posting* atau pemotongan stok.

 ISSN 2987-677X



Gambar 2 *flowchart diagram* pengambilan obat

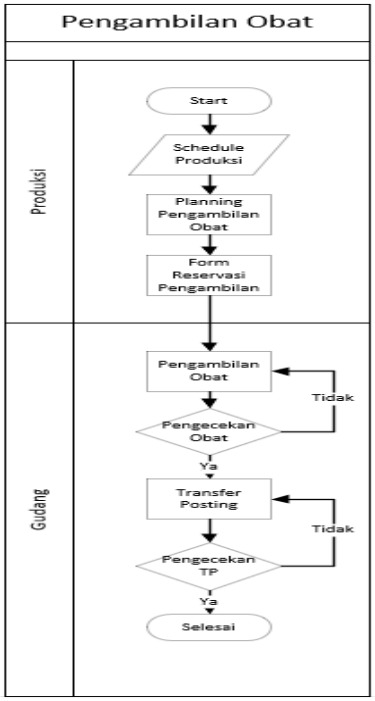
Fishbone diagram digunakan untuk mengetahui faktor-faktor terjadinya kesalahan dalam pengambilan obat. Pada Gambar 3 adalah *fishbone diagram* terjadinya ketidaksesuaian stok fisik dengan stok pada sistem. Pada proses pengambilan barang sering terjadi kesalahan karena kode material yang diambil salah. Tim produksi belum melakukan cek barang yang telah diambil. Ketika selesai pengambilan, tim produksi tidak membuat form reservasi sehingga stok fisik berbeda dengan sistem. Kesalahan *input* reservasi dapat menimbulkan kesalahan *input* pada sistem



Gambar 3 *Fishbone diagram* ketiaksesuaian stok

Solusi Masalah 3 Ketidaksesuaian Stok

Pada dasarnya penerimaan dan pengambilan barang dilakukan oleh gudang. Pengambilan barang pada gudang ini dapat mengkontrol stok gudang yang keluar, baik menuju produksi maupun menuju konsumen. Seharusnya pengambilan barang dilakukan oleh gudang untuk menghindari terjadinya ketidaksesuaian stok barang. Perubahan prosedur pengambilan barang dapat dilihat pada Gambar 4.. Penggunaan *flowchart diagram* berfungsi untuk mempermudah mengetahui alur proses prosedur pengambilan barang. Schedule produksi, planning pengambilan obat, dan pembuatan form reservasi dilakukan oleh tim produksi. Pengambilan obat, pengecekan obat *transfer posting* atau pemotongan, pengecekan *transfer posting* dilakukan oleh tim



Gambar 4 *flowchart diagram* pengambilan obat

Kesimpulan

Berdasarkan studi kasus diatas, didapatkan kesimpulan dalam melakukan praktik keinsinyuran, sebagai berikut

1. Kesimpulan studi kasus 1
   Pencarian bahan baku *lime stone coarser* yang susut dilakukan dengan cara kalibrasi menggunakan bahan baku. Penyelesaian masalah bahan baku *lime stone coarser* yang susut dengan cara menambahan timbangan manual atau timbangan meja, karena bahan baku ini bisa tertimbang menggunakan timbangan *chronos.*
2. Kesimpulan studi kasus 2
   Penerapan kesehatan dan keselamatan kerja (K3) yang ketat akan menimbilkan rasa aman dan nyaman bagi karyawan. Penerapan K3 yang ketat ini juga akan berdampak positif dan terjadinya kecelakaan kerja berkurang.
3. Kesimpulan studi kasus 3
   Perubahan prosedur pengambilam barang ini dapat mempermudah ketika ada audit *stok opname.* Kontrol obat atau bahan baku keluar dan masuk juga menjadi lebih mudah.

Ucapan Terima kasih

Terima kasih untuk dosen pembimbing, pembimbing lapangan, orang tua, teman-teman seperjuangan yang telah mendukung dalam menyelesaikan laporan ini.

 ISSN 2987-677X

Referensi

Achmadi, J. (2007). Kualitas pakan ternak yang baik dan aman untuk mendukung kesuksesan usaha peternakan. Jurnal Peternakan, April, 1–11.

Athoillah, & Irawan. (2014). Mobile Berbasis Android Untuk. Jurnal Sains Dan Seni Pomits, 1(January), 1–6.

Gede Endra Bratha, W. (2022). Literature Review Komponen Sistem Informasi Manajemen: Software, Database Dan Brainware. Jurnal Ekonomi Manajemen Sistem Informasi, 3(3), 344–360.

Saitama Purba, S. B., & Widjajati, E. P. (2024). Analisisifaktor Penyebab Ketidaksesuaian Data Stock Opname Barang Consumable Menggunakan Metode Dmaic Di PT Xyz. Teknik Elektro Dan Informatika, 2(1), 57–66.

Saputro, L. D., & Prihatini, A. E. (2018). Pengaruh Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Dan Kompensasi Terhadap Kepuasan Kerja Karyawan Pt Solo Murni (Studi Kasus Pada Bagian Produksi). Diponegoro Journal of Social And Politic, 1–5.

Sholihah, F. M. (2016). Teknik Kalibrasi Timbangan Elektronik Menggunakan Metode CSIRO. Jurnal Ilmiah Teknosains, 2(2/Nov).

Umar, M. Z., Arman Faslih, Ainussalbi Al-Ikhsan, La Ode Abdul Rachmad Sabdin, Abdi Juryan Ladianto, & Sachrul Ramadan. (2021). Bimbingan Teknis K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja) Konstruksi pada Era Normal Baru di Kota Kendari. Dinamisia : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat,

Wahyuni, N., Suyadi, B., & Hartanto, W. (2018). Pengaruh Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Produktivitas Kerja Karyawan Pada Pt. Kutai Timber Indonesia. JURNAL PENDIDIKAN EKONOMI: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan, Ilmu Ekonomi Dan Ilmu Sosial, 12(1), 99.

ISSN 2987-677X

Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) di Pesisir Surabaya

Dika Ayu Safitri[1] Faradlillah Saves[1] Retno Trimurtiningrum[1] Adriana Anteng Anggorowat[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ dika-ayu@untag-sby.ac.id

Abstrak - Garis pantai di pesisir Surabaya bersifat dinamis, dimana garis pantai rentan terhadap perubahan yang sebagai reaksi dari proses alam dan aktivitas manusia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dinamika perubahan garis pantai dengan menggunakan metode penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) khususnya penggunaan teknologi satelit penginderaan jauh, secara multitemporal dalam bentuk Citra Landsat (tahun 1994-2023). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis spasial-temporal posisi garis pantai menggunakan citra satelit. Data yang digunakan adalah citra Landsat tahun 1994 dan 2023 melalui digitasi on screen, analisis data pada penelitian ini menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS). Hasil penelitian ini menunjukkan adanya nilai perubahan garis pantai pada data *Net Shoreline Movement* (NSM), jarak erosi tertinggi adalah sejauh -166,601 m (kelurahan Wonorejo). Sedangkan untuk jarak akresi tertinggi yaitu 2020,73 m (kelurahan Kalisari). Sebanyak 95% kelurahan di pesisir Surabaya (19 kelurahan) mengalami fenomena akresi dan 60% kelurahan di pesisir Surabaya (12 kelurahan) mengalami fenomena erosi. Salah satu faktor perubahan garis pantai di pesisir Surabaya dikarenakan adanya perubahan tutupan lahan kawasan pesisir. Perlu adanya keterlibatan dan regulasi dari pemerintah Surabaya dengan penduduk lokal untuk pengelolaan kawasan pesisir Surabaya yang lebih baik, khususnya mengenai perubahan ahli fungsi tutupan lahan

Kata kunci: ***Digital Shoreline Analysis System*** **(DSAS), Garis Pantai, *Net Shoreline Movement*** **(NSM).**

Pendahuluan

Surabaya sebagai salah satu kota metropolitan di Indonesia memiliki wilayah pesisir yang beragam dan dinamis. Kawasan pesisir Surabaya membentang dari Surabaya Barat, Surabaya Utara, hingga Surabaya Timur. Kehadiran pelabuhan-pelabuhan besar, aktivitas industri, dan pembangunan perkotaan di sepanjang pesisir Surabaya menghadirkan berbagai tantangan dalam pengelolaan kawasan pesisir secara berkelanjutan. Pembangunan yang terjadi di Kota Surabaya cenderung mengarah ke wilayah pesisir, hal ini terlihat bertambahnya area kawasan pesisir di pesisir Surabaya Timur dengan adanya aktivitas reklamasi pantai (fenomena akresi) sebagai kawasan pemukiman misalnya perumahan baru di kawasan kelurahan Keputih (D. A. Safitri, L. A. Bespalova, and Bespalova E.B, 2020; D.A Safitri dkk, 2021).

Penelitian-penelitian yang mengangkat topik kajian daerah pesisir terutama perubahan garis pantai memberikan analisis diferensiasi dari sebaran feomena di sepanjang garis pantai. Penyebab terjadinya perubahan garis pantai adalah karena kawasan pantai bersifat dinamis, artinya ruang pantai (bentuk dan lokasi) berubah dengan cepat sebagai reaksi terhadap proses alam dan aktivitas manusia (Yulius dan Ramdhan 2013). Penelitian lain yang dilakukan oleh Sugiarto (2021) menyatakan perubahan bentuk dan ukuran garis pantai oleh aspek sosial atau aktivitas manusia karena dalam pemanfaatan lahan tidak memperhitungkan faktor ekologis pantai.

Studi perubahan garis pantai dapat dilakukan menggunakan komparasi citra satelit yang merupakan implementasi dari ilmu penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Tujuannya adalah untuk mendapatkan informasi spasial berupa persebaran fenomena abrasi maupun akresi disepanjang garis pantai. Pemetaan yang dilakukan juga untuk mempermudah dalam memonitoring sumberdaya pesisir terlebih pada lokasi penelitian dan sekitarnya sangat jarang sekali dilakukan kajian serupa sehingga daerah pesisir yang memiliki kompleksitas potensi Sumber Daya Alam (SDA) dan kerentanannya cenderung kurang mendapat perhatian. Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan informasi baru kepada masyarakat setempat khususnya, pemerintah, dan berbagai pihak tentang perubahan garis pantai yang terjadi di Surabaya sebagai acuan dasar untuk pengembangan wilayah dan pengelolaan daerah pesisir secara terpadu.

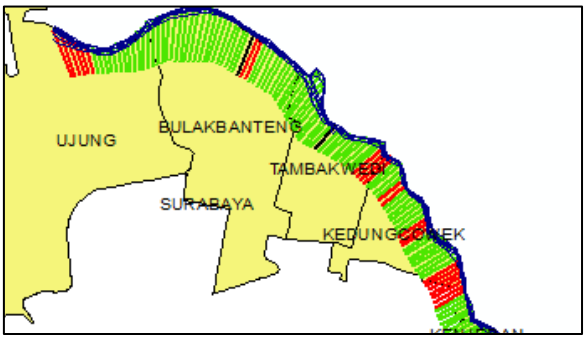
 ISSN 2987-677X

Metode

Penelitian ini bersifat desktiptif kuantitatif yaitu penelitian yang bertujuan menguraikan fenomena secara detail dari angka, gambar, maupun grafik (Putra, 2016). Fenomena yang menjadi objek deskripsi adalah perubahan garis pantai dengan menggunakan metode survey serta pemanfaatan metode *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)*. Keunggulan dari metode DSAS adalah selain dapat mengetahui sebaran fenomena perubahan garis pantai, dapat juga melihat jarak perubahan yang terjadi pada setiap transek jarak yang diinginkan. Semakin dekat jarak transek yang digunakan, maka data akan diperoleh akan semakin detail.

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dengan menggunakan metode analisis spasial-temporal posisi garis pantai menggunakan citra satelit (DA. Safitri, RT Nugroho, LA. Bespalova, 2023). Pemantauan perubahan garis pantai menggunakan citra Landsat pada tahun 1994 dan 2023 melalui *digitasi on scree*n. Garis pantai tahun 1994 dianggap sebagai garis pantai pertama (patokan), sedangkan garis pantai tahun 2023 sebagai garis pantai kedua. Garis pantai yang mengalami erosi jika garis pantai tahun 2023 mengalami posisi mundur dari garis tahun 1994, namun jika posisi tahun 2023 mengalami posisi maju maka dianggap akresi. Gambar 1 menunjukkan garis transek garis pantai Surabaya. Transek warna merah menunjukkan fenomena erosi dan transek warna hijau menunjukkan fenomena akresi. Jarak antar transek yang digunakan adalah setiap 50 meter.

Pada penelitian ini menganalisis nilai perubahan garis pantai menggunakan analisis *Net Shoreline Movement* (NSM). NSM digunakan untuk mengkalkulasi jarak perubahan garis pantai, jarak yang dimaksud ini yaitu jarak antara digitasi pantai tahun pertama dan tahun akhir pada tiap transek dengan satuan meter.



Gambar 1 Garis Transek Garis Pantai Surabaya

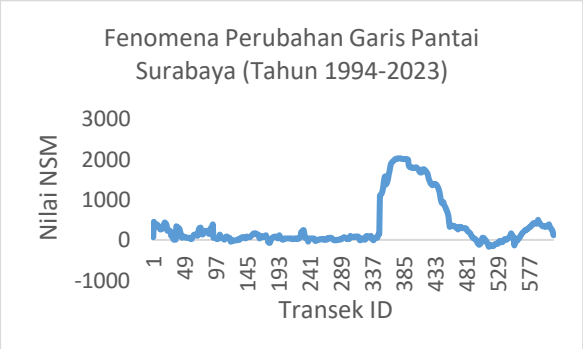
Hasil Kerja

Fenomena Perubahan Garis Pantai di Surabaya

Fenomena perubahan garis pantai ditandai oleh adanya perubahan bentuk muka daratan. Perubahan garis pantai tidak terlalu terlihat dalam waktu dekat karena proses perubahan garis pantai cenderung terjadi lambat dan perlahan. Hal tersebut dapat diketahui dengan menggunakan teknik *Time Series* dengan melihat fenomena dari waktu yang berbeda. Fenomena perubahan garis pantai juga dapat dilakukan *secara in situ* atau dengan pengamatan langsung di lapangan dengan melihat perubahan penampakan objek fisik seperti singkapan batuan maupun tonjolan akar pepohonan. Perubahan garis pantai terjadi karena adanya fenomena erosi yang membuat daratan bergerak kebelakang dan fenomena akresi yang ditandai pergerakan daratan ke depan.

Selama 23 tahun (1994-2023), perubahan luas area dikarenakan proses akresi (perubahan fungsi tutupan lahan dari kawasan konservasi menjadi kawasan pemukiman atau tambak). Hal ini didominasi di kelurahan Kali sari sebesar 4200691.5 m2 , sedangkan total perubahan area karena proses akresi sebesar 10085066.8 m2. Selain itu terdapat proses erosi di pesisir Surabaya, hal ini dikarenakan adanya pembalakan liar hutan Mangrove, masyarakat pesisir masih awam untuk menjaga kawasan konservasi hutan Mangrove. Perubahan area luasan sebesar 214673.7 m2 dan sebesar 125788.9 m2 terjadi di kelurahan Wonorejo (DA Safitri, F Saves, & TWS Panjaitan, 2024).

Perubahan fenomena garis pantai dapat dilihat jaraknya menggunakan metode DSAS. Pemanfaatan metode tersebut adalah mengukur jarak perubahan pada setiap interval jarak berdasarkan panjang garis pantai. Perubahan garis pantai menggunakan metode ini dapat disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Nilai NSM Perubahan Garis Pantai Surabaya

Dari Gambar 2, terdapat nilai positif dan nilai negatif. Nilai positif menunjukan jarak terjadinya perubahan garis pantai ke arah lautan atau fenomena akresi. Sedangkan untuk nilai negatif adalah perubahan garis pantai ke arah daratan atau sebagai fenomena erosi. Jarak erosi tertinggi adalah sejauh -166,601 m (kelurahan Wonorejo). Sedangkan untuk jarak akresi tertinggi yaitu 2020,73 m (kelurahan Kalisari). Erosi bersifat menggurangi luas daratan sedangkan akresi menambah bentuk daratan sehingga adanya penambahan luas di darat. Nilai NSM perubahan garis pantai untuk lebih mudah dianalisis dalam

 ISSN 2987-677X

penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel 1 Nilai NSM Garis Pantai Surabaya 1994-2023

Nilai NSM	Transek ID (Kelurahan)	Keterangan
-166,601	517 (kelurahan Wonorejo)	Jarak erosi tertinggi
-0,05711	327 (kelurahan Kenjeran)	Jarak erosi terendah
0,433274	284 (kelurahan Kedung Cowek)	Jarak akresi terendah
2020,73	378 (kelurahan Kalisari)	Jarak akresi tertinggi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa 95% kelurahan di pesisir Surabaya (19 kelurahan) mengalami fenomena akresi dan 60% kelurahan di pesisir Surabaya (12 kelurahan) mengalami fenomena erosi.

Validasi Lapangan

Peneliti melakukan cek lapangan guna memvalidasi data citra satelit dengan data lapangan. Daerah perubahan luasan kawasan pesisir didominasi di pesisir Surabaya Timur, misalnya di kecamatan Mulyorejo, kecamatan Sukolilo, kecamatan Rungkut dan kecamatan Gunung Anyar. Para peneliti melakukan observasi lapangan ke beberapa lokasi di wilayah pesisir Surabaya dan melakukan wawancara singkat dengan penduduk setempat (Safitri dkk, 2024).



Gambar 3 Kondisi Mangrove Gunung Anyar

Para peneliti melakukan penyebaran titik validasi di beberapa kawasan pesisir Surabaya. Dari 25 sebaran titik sampel menunjukkan hubungan yang kuat antara hasil pengolahan perubahan tutupan lahan dan garis pantai dengan data lapangan (ground truth). Di pesisir Surabaya Timur ditemukan beberapa lokasi yang mengalami perubahan fungsi tutupan lahan, hal ini memberikan dampak perubahan garis pantai. Misalnya di kelurahan Keputih (daerah Jalan Keputih Timur Jaya), tahun 2020 terdapat lokasi berupa tambak, namun bulan Juli 2023 telah beralih fungsi menjadi perumahan baru (urban area). Hal ini menunjukkan kebutuhan kawasan urban area sangat tinggi di kawasan pesisir Surabaya Timur.

Kesimpulan

Perubahan garis pantai selama 1994-2023 di pesisir Surabaya disebabkan oleh fenomena erosi dan akresi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak erosi tertinggi adalah sejauh -166,601 m (kelurahan Wonorejo). Sedangkan untuk jarak akresi tertinggi yaitu 2020,73 m (kelurahan Kalisari). Sebanyak 95% kelurahan di pesisir Surabaya (19 kelurahan) mengalami fenomena akresi dan 60% kelurahan di pesisir Surabaya (12 kelurahan) mengalami fenomena erosi. Perubahan garis pantai di pesisir Surabaya dikarenakan adanya perubahan tutupan lahan kawasan pesisir. Perlu adanya keterlibatan dan regulasi dari pemerintah Surabaya dengan penduduk lokal untuk pengelolaan kawasan pesisir Surabaya yang lebih baik, khususnya mengenai perubahan ahli fungsi tutupan lahan.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih kepada Universitas 17 Agustus 1945 (UNTAG) Surabaya atas dana hibah penelitian tingkat Perguruan Tinggi (PT). Laboratorium Geodesi Program Studi Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 (UNTAG) Surabaya atas penyediaan fasiltas pengolahan data perubahan garis pantai.

Referensi

D. A. Safitri, L. A. Bespalova, and Bespalova E.B., (2020). Study Of Geomorphological Changes In The Coastline Of Surabaya, Indonesia Using Remote Sensing Data. Journal Science In The South Of Russia, vol. 16, no. 4, pp. 19–25, 2020. DOI: 10.7868/S25000640200403

D. A. Safitri, L. A. Bespalova, F. Bioresita, and R. T. Nugroho. (2021). Land Cover Amendment in Coastal Areas of Surabaya due to Coastline Change based on Multi-temporal Satellite Imagery. Journal RIGEO, vol. 1, no. 5, pp. 2570–2580, 2021, doi: 10.48047/rigeo.11.05.154.

DA. Safitri, RT Nugroho, LA. Bespalova. 2023.Land Cover Change Analysisi on The Coast of Surabaya Indonesia (Case Study : Eastern Part of Surabaya, 1994-2022).

DA Safitri, F Saves, & TWS Panjaitan. (2024). DINAMIKA GARIS PANTAI SURABAYA TAHUN 1994 – 2023. Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS), 1(2).https://doi.org/10.62603/konteks.v1i2.24

Putra, A., H. Semeidi, N.H.R. Nia. 2013. Analisa Perubahan Garis Pantai di Pesisir Timur Laut Bali Dengan Menggunakan Dataset Penginderaan Jauh. Balitbang KP. Padang.

Safitri, D.A., Saves, F., Fatmawati, L.E., Widhiarto, H. (2024). Temporal Mapping of Coastal Areas Using Landsat Satellite Imagery. In: Parinov, I.A., Chang, SH., Putri, E.P. (eds) Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications. PHENMA 2023. Springer Proceedings in Materials, vol 41. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52239-0_58

Sugiarto, A. (2021). Morfometri Perubahan Garis Pantai Kura-Kura Desa Karimunting Menggunakan Citra Time

ISSN 2987-677X

Series dan Faktor Pengaruhnya. Geodika: Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi, 5(1), 133-143.

Yulius dan Ramdhan. (2013). Perubahan Garis Pantai Di Teluk Bungus Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat Berdasarkan Analisis Citra Satelit. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 5, No. 2, 417-427.

ISSN 2987-677X

Perencanaan Sistem Drainase Yang Terintegrasi Dengan Penataan Utilitas Sebagai Upaya Penanggulangan Banjir Dan Keindahan Kota Madiun

Suwarno[2] Suratno Lourentius[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

[2] Bappeda Kota Madiun

✉ jetli_silvi@yahoo.co.id

✉ suratno.lourentius@ukwms.ac.id

Perencanaan drainase khususnya yang berada pada bahu jalan dibawah trotoar saat ini masih belum terintegrasi antara perencanaan sistem drainase dengan penataan utilitas yang ada di perkotaan, termasuk di Kota Madiun. Drainase yang ada pada ruas manfaat jalan nasional sebanyak 13 ruas jalan sedangkan untuk jalan kota sebanyak 1.576 ruas jalan. Hal ini terlihat dari banyaknya lokasi saluran yang dimanfaatkan utilitas perkotaan seperti jaringan pipa PDAM, jaringan Telkom dan provider lainnya serta tiang PLN yang pemasanganya mengganggu arah aliran air pada drainase yang ada. Itulah sebabnya, seluruh jaringan utilitas ditanam di tepi jalan atau di trotoar. Gali lobang dan tutup lobang di jalanan karena tak ada alternatif bagi perusahaan penyelenggara utilitas untuk membuat jaringan kecuali di jalanan atau trotoar. Pemasangan yang tak rapi menyebabkan rusaknya jalan dan trotoar yang kebanyakan sempit. Lagi-lagi pada pejalan kaki menjadi tak nyaman melintasi di trotoar. Persoalan rusaknya jalan akibat adanya proyek gali lobang tutup lobang di jalanan untuk fasilitas utilitas, harus ada solusi mengatasi masalahnya, yang dicari bukan siapa si kambing hitam, melainkan apa akar masalah hingga menyebabkan perusahaan melakukan hal demikian.Banyaknya utilitas yang menggangu fungsi saluran. Utilitas yang dipasang di daerah drainase seperti pipa PDAM, kabel telepon seluler juga menjadi salah satu penyebab terjadinya banjir genangan di Kota Madiun. Belum optimalnya fungsi saluran drainase ini akibat kesemrawutan jaringan utilitas sehingga menyebabkan penyempitan saluran air. Untuk itu diperlukan perencanaan drainase yang terintegrasi dengan penataan utilitas sebagai upaya meminimalisir banjir dan keindahan kota.

Pendahuluan

Secara keseluruhan luas wilayah Kota Madiun seluas 33,23 km2. Adapun kondisi topografi di Kota Madiun relatif datar sehingga menyebabkan sering terjadinya genangan/ banjir pada beberapa ruas jalan utama kota, termasuk pada permukiman baru ketika musim hujan. Setiap musim hujan hampir dipastkan di kota Madiun terjadi adanya banjir/ genangan air terutama pada daerah-daerah pusat kota dan pemukiman baru. Banyaknya masyarakat yang membuang sampah di sembarang tempat, penataan utilitas kota yang mengganggu drainase, kurangnya sumur resapan dan banyakanya lahan yang berubah fungsi serta kurang berfungsinya sistem drainse yang ada menyebabkan sering terjadinya banjir/ genangan ketika musim hujan. Untuk mendapatkan pemahaman tentang drainase secara umum, maka kita perlu mengetahui latar belakang diperlukannya suatu sistem drainase, tujuan dan manfaat dari pembuatan drainase tersebut, jenis drainase yang umum digunakan, sejarah perkembangan, prinsip-prinsip sistem drainase dan kebijakan-kebijakan yang diambil pemerintah berhubungan dengan pencapaian lingkungan yang baik, asri dan nyaman bagi masyarakat. Siklus keberadaan air di suatu lokasi dimana manusia bermukim, pada masa tertentu akan mengalami keadaan berlebih, sehingga dapat mengganggu kehidupan manusia. Selain itu semakin kompleksnya kegiatan manusia dapat menghasilkan limbah berupa air buangan yang dapat mengganggu kelangsungan hidupnya, dan dengan adanya keinginan untuk meningkatkan kenyamanan dan kesejahteraan hidup maka manusia mulai berusaha untuk mengatur lingkungannya dengan cara melindungi daerah permukimannya dari air berlebih dan air buangan. Didalam daerah yang belum berkembang/pedesaan, drainase terjadi secara alamiah sebagai bagian dari siklus hidrologi. Drainase alami ini berlangsung tidak secara statis melainkan terus berubah secara konstan menurut keadaan fisik lingkungan sekitar. Seiring dengan berkembangnya kawasan perkotaan yang ditandai dengan banyak didirikannya bangunan-bangunan

 ISSN 2987-677X

yang dapat menunjang kehidupan dan kenyamanan masyarakat kota, maka sejalan dengan itu diperlukan pula suatu sistem pengeringan dan pengaliran air yang baik untuk menjaga kenyamanan masyarakat kota. Sehingga drainase perkotaan harus saling terpadu pengelolaannya dengan sampah, sanitasi, utilitas kota dan pengendalian banjir perkotaan.

Drainase perkotaan bertujuan untuk mengalirkan air lebih dari suatu kawasan yang berasal dari air hujan maupun air buangan, agar tidak terjadi genangan yang berlebihan pada suatu kawasan tertentu. Karena suatu kota terbagi-bagi menjadi beberapa kawasan, maka drainase di masing-masing kawasan merupakan komponen yang saling terkait dalam suatu jaringan drainase perkotaan dan membentuk satu sistem drainase perkotaan. Dengan adanya suatu sistem drainase di perkotaan yang terpadu dengan penataan utilitas maka akan diperoleh banyak manfaat pada kawasan perkotaan yang bersangkutan, yaitu akan semakin meningkatnya kesehatan, kenyamanan dan keasrian daerah pemukiman khususnya dan daerah perkotaan pada umumnya, dan dengan tidak adanya genangan air, banjir dan pembuangan limbah yang tidak teratur, maka kualitas hidup penduduk di wilayah bersangkutan akan menjadi lebih baik sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan ketentraman seluruh masyarakat. Dalam perkembangannya banyak drainase yang kurang berfungsi dikarenakan banyaknya utilitas yang ada di dalam darinase tersebut. Adapun fungsi adanya saluran drainase:

1. Mengeringkan daerah becek dan genangan air sehingga tidak ada akumulasi air tanah.
2. Menurunkan permukaan air tanah pada tingkat yang ideal.
3. Mengendalikan erosi tanah, kerusakan jalan dan bangunan yang ada.
4. Mengendalikan air hujan yang berlebihan sehingga tidak terjadi bencana banjir.

Pola penggunaan drainase yang banyak di lewati oleh utilitas lain seperti kabel, jaringan PDAM merupakan salah satu penyebab terjadinya genangan. Untuk itulah diperlukan keterpaduan perencanaan system drainase yang terintegrasi dengan utilitas lainnya. Perencanaan sistem drainase yang terpadu dengan pemasangan utilitas Kota sangat diperlukan agar tidak terjadi pekerjaan gali lubang tutup lubang yang mengganggu aktifitas masyarakat disamping dapat mengganggu aliran air. Disamping itu juga Ketidakmampuan/ tidak berfungsinya saluran dan sistem jaringan drainase tersebut sehingga mengakibatkan banyak terjadi genangan air/ banjir pada daerah-daerah tertentu. Hal ini disebabkan perencanaan yang ada selama ini dilakukan secara parsial, belum terintegrasi.

Metode

Metode Perencanaan sistem drainase yang terintegrasi dengan penataan utilitas sebagai upaya penanggulangan banjir dan keindahan kota di Madiun menggunakan pendekatan kajian empiris yakni kondisi saat ini dan kondisi yang diharapkan. Sebelum membahas kondisi saat ini dan kondisi yang diharapkan, maka dapat dideskrepsikan definisi ooerasional sebagai berikut :

1. Perencanaan Sistem Drainase

Drainase yang berasal dari kata to drain yang berarti mengeringkan atau mengalirkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Dari sudut pandang yang lain, drainase adalah salah satu unsur dari prasarana umum yang dibutuhkan masyarakat kota dalam rangka menuju kehidupan kota yang aman, nyaman, bersih, dan sehat. Sedangkan perencanaan sistem drainase dalam project perubahan ini yang dibahas adalah perencanaan system drainase yang terintegrasi dengan utilitas kabel telepon, PLN, PDAM.

ISSN 2987-677X

2. Utilitas perkotaan

Seiring Pertumbuhan penduduk dan kepadatan penduduk yang cepat dapat menimbulkan tekanan terhadap ruang dan lingkungan untuk kebutuhan perumahan, kawasan industri/jasa dan fasilitas pendukungnya termasuk utilitas, yang dapat mengubah lahan terbuka dan/atau lahan basah menjadi lahan terbangun. Utilitas adalah sarana penunjang untuk membantu semua kegiatan dalam suatu bangunan atau gedung. Arti dari utilitas adalah: **uti.li.tas** *Nomina (kata benda)* faedah; kegunaan; manfaat. Utilitas perkotaan adalah kelengkapan penunjang untuk pelayanan lingkungan hunian/permukiman. Dalam project perubahan ini yang dibahas adalah utilitas kabel telepon, PLN dan PDAM yang terintegrasi dengan drainase yang ada di wilayah perkotaan. Diharapkan dengan adanya utilitas perkotaan yang terintegrasi pada ducting akan menambah keindahan kota.

3. Ducting

Ducting berasal dari bahasa ingris yang kalau di terjemahkan ke dalam bahasa indonesia adalah penyaluran pipa. Ducting adalah saluran atau media tempat menyalurkan bahan produksi khususnya kabel telpon seluler dan utilitas lainnya. Pembuatan sistem ducting yang terintegrasi dengan saluran air ini dapat menyelesaikan permasalahan gali-tutup tanah yang sering dilakukan oleh perusahaan seluler guna menanamkan kabelnya sehingga merusak fasilitas jalan yang ada dan menggaunggu pengguna jalan.

4. **Banjir**

Banjir adalah aliran air yang melimpas dari palung sungai dan saluran drainase akibat tidak mampu menampung air, sehingga menyebabkan banjir genangan ataupun banjir bandang. Banjir genangan adalah type banjir dimana dataran tergenangi air dengan ketinggian banjir rendah dengan waktu tidak lama. Sedangkan banjir bandang adalah type banjir terjadinya begitu cepat hanya dalam waktu 6 jam sesudah hujan lebat mulai turun. Daya rusak tinggi karena air bercampur lumpur, batu dan material lain. Dalam project perubahan ini yang dibahas adalah banjir genang. Agar perencanaan dapat dilaksanakan pada kegiatan proyek maka harus diketahui terlebih dahulu kondisi saat ini dan kondisi yang diharapkan

1. Kondisi saat ini:

Kondisi drainase saat ini masih belum terintegrasi antara perencanaan sistem drainase dengan penataan utilitas yang ada di Kota Madiun. Drainase yang ada pada ruas manfaat jalan nasional sebanyak 13 ruas jalan sedangkan untuk jalan kota sebanyak 1.576 ruas jalan. Hal ini terlihat dari banyaknya lokasi saluran yang dimanfaatkan utilitas perkotaan seperti jaringan pipa PDAM, jaringan Telkom dan provider lainnya serta tiang PLN yang pemasanganya mengganggu arah aliran air pada drainase yang ada. Itulah sebabnya, seluruh jaringan utilitas ditanam di tepi jalan atau di trotoar. Gali lobang dan tutup lobang di jalanan karena tak ada alternatif bagi perusahaan penyelenggara utilitas untuk membuat jaringan kecuali di jalanan atau trotoar. Pemasangan yang tak rapi menyebabkan rusaknya jalan dan trotoar yang kebanyakan sempit. Lagi-lagi pada pejalan kaki menjadi tak nyaman melintasi di trotoar. Persoalan rusaknya jalan akibat adanya proyek gali lobang tutup lobang di jalanan untuk fasilitas utilitas, harus ada solusi mengatasi masalahnya, yang dicari bukan siapa si kambing hitam, melainkan apa akar masalah hingga menyebabkan perusahaan melakukan hal demikian.

Adapun identifikasi permasalahan banjir/ genangan air secara umum di kota Madiun sebagaimana tersebut di atas disebakan antara lain oleh:

 ISSN 2987-677X

a. Topografi.

Keadaan topografi Kota Madiun bagian selatan memiliki ketinggian sekitar 67 meter di atas permukaan laut dan makin ke utara menurun hingga 64 meter diatas permukaan laut. Sedangkan di bagian tengah ketinggiannya adalah 63 meter di atas permukaan laut. Perbedaan tinggi yang relatif kecil di seluruh wilayah Kota Madiun mengindikasikan bahwa Kota Madiun relatif datar dengan kemiringan rata-rata 0 sampai 2 %. Topografi yang relatif datar ini memungkinkan terjadinya genangan air, terutama di pusat-pusat Kota.

b. Elevasi drainase lebih rendah dari sungai Madiun.

Kota Madiun terletak di lembah Sungai Madiun, yaitu sekitar 30 km di sebelah selatan pertemuan antara Sungai Madiun dengan Sungai Bengawan Solo dan berada pada ketinggian rata-rata 65 meter diatas permukaan laut. Pada umumnya genangan yang terjadi di Kota Madiun disebabkan oleh elevasi muka air sungai Madiun umumnya lebih tinggi dari elevasi muka air/ drainase disekitar sungai. Adapun elevasi permukaan drainase berada pada sekitar 63 meter.

c. Kurang Berfungsinya Sistem Drainase

Sistem drainase Kota Madiun belum lengkap. Hampir seluruh kota mempunyai sistem drainase mulai dari saluran di depan rumah, saluran tersier, saluran sekunder dan saluran primer. Akan tetapi sebagian dari saluran - saluran tersebut masih belum berfungsi optimal karena adanya kerusakan maupun sedimentasi di saluran-saluran tersebut. Disamping itu juga karena adanya saluran yang tertutup oleh permukiman serta banyaknya sampah di saluran. Sistem pematusan di Kota Madiun ini menggunakan sistem campuran, yaitu air hujan, sebagian dari air buangan rumah tangga, serta dari fasilitas umum, bercampur menjadi satu mengalir ke dalam saluran-saluran tersebut.

d. Banyaknya utilitas yang menggangu fungsi saluran

Banyaknya utilitas yang dipasang di daerah drainase seperti pipa PDAM, kabel telepon seluler juga menjadi salah satu penyebab terjadinya banjir genangan di Kota Madiun. Belum optimalnya fungsi saluran drainase ini akibat kesemrawutan jaringan utilitas sehingga menyebabkan penyempitan saluran air. Adapun lokasi drainase yang banyak jaringan utilitas terletak di beberapa ruas jalan antara lain:

e. Adanya penyempitan atau buntu, posisi lubang masuk saluran (inlet) ukurannya terlalu kecil atau bahkan buntu sehingga air tidak Elevasi tanah di perumahan lebih rendah dari permukaan jalan ataupun dasar saluran drainase seperti di perumahan sogetan, perumahan rejomulyo, sebagian perumahan manisrejo I.

f. Saluran/ drainase penuh dengan sedimen atau banyaknya tanaman liar sehingga terjadi pendangkalan

Permasalahan utama yang menjadi akar penyebab terjadinya kondisi di atas adalah :

a. Belum tersedianya jaringan drainase yang terintegrasi antara fungsi tersier, sekunder dan primer
b. Belum tersedianya dengan jaringan utilitas perkotaan.



Gambar 1.1 Sejumlah kabel dan pipa utilitas ditemukan di gorong-gorong Jalan cokro dan pemasangan kabel FO yang tidak hanya merusak keindahan kota, semrawutnya penataan utilitas tersebut disinyalir mengakibatkan kawasan tersebut tergenang.

 ISSN 2987-677X



Gambar 1.2 Pemandangan jaringan utilitas yakni kabel telepon dan listrik di perempatan Jl. Pahlawan – Jl. Cokro- Jl. Kol Marhadi- Madiun

Selama ini, Pemerintah Kota Madiun belum menyediakan sarana bersama untuk mereka. Di situlah salah satu akar persoalannya. Karena itu diperlukan koordinasi antara pemda dan jajarannya, dengan perusahaan penyedia jasa dan infrastruktur. Untuk itulah diperlukan menyusun rencana pembangunan sarana dan jaringan utilitas secara menyeluruh agar tak terjadi lagi gali lobang tutup lobang. Pembangunan sarana utilitas bersama itu merupakan kebutuhan yang mendesak. Adapun manfaatnya, selain jalan tidak lagi ada kesan gali lubang tutup lubang, juga diyakini mampu menjadi sarana yang ampuh untuk mengurangi banjir. Saluran bersama ini diharapkan mampu menampung semua jenis utilitas yang ada.

2. Kondisi yang diharapkan

Perencanaan yang terintegrasi ini diharapkan agar perencanaan sistem drainase dapat secara terintegrasi dengan utilitas perkotaan. Pemkot Madiun berencana segera membangun sistem *ducting* (sistem jaringan utilitas) sehingga kabel tertata rapi dan tidak menghambat aliran air menuju saluran guna mengurangi banjir. Pembuatan sistem ducting ini harus terintegrasi dengan saluran drainase sehingga dapat memutuskan mata rantai banjir. Jaringan utilitas ini berada di sebelah kiri dan kanan saluran drainase sehingga tidak menganggu aliran air saat hujan. pemasangan jaringan serat optik sebagai penunjang penyelenggaran telekomunikasi perlu dikendalikan agar tidak kontra produktif dengan kaidah tata ruang dan estetika kota. Adapun caranya agar berjalan efektif, yaitu:

a. untuk ruas jalan nasional, saluran duct dibuat dari beton pracetak berukuran besar, sehingga memudahkan pemasangannya
b. Pada saluran duct sudah disediakan klip-klip untuk menggantungkan kabel utilitas bersama (listrik, pipa PDAM dan telekomunikasi).
c. Ducting dilakukan bersamaan dengan modernisasi trotoar, yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas trotoar bagi pejalan kaki penyandang disabilitas.
d. Jalur pipa PDAM sedang dipertimbangkan untuk dilewatkan di saluran duct, bersama dengan jalur kabel FO (fiber optic).
e. Kabel masing-masing operator yang melalui saluran duct, menggunakan warna HDPE (high density polyethylene) yang berbeda satu sama lain, dengan urutan warna di setiap tempat penggelaran FO selalu konsisten.
f. Ducting bersama, selain difungsikan untuk sarana utilitas bersama juga menjadi saluran air yang membuat Kota Madiun bebas genangan.
g. Ducting bersama ini diharapkan sudah mengelilingi kota Madiun sehingga akan mempercepat penggunaan dan pemanfaatannya bagi sarana telekomunikasi untuk menjangkau pelanggan terutama di area perkantoran, perumahan dan kawasan bisnis.

Adanya perencanaan sistem drainase dan penataan utilitas ini setelah dilaksanakan akan berdampak kepada:

1. Berkurangnya wilayah terdampak banjir
2. Keindahan penataan perkotaan
3. Terpenuhinya utilitas bawah tanah dengan menggunakan ducting bersama yang ramah lingkungan
4. Menambah pendapatan asli daerah.

 ISSN 2987-677X

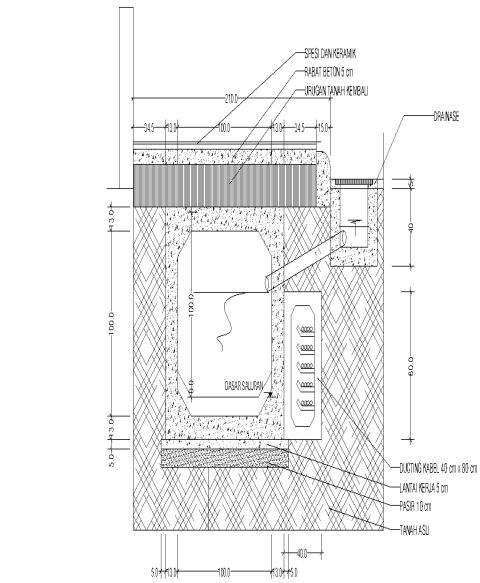
5. Memberikan gambaran tahapan-tahapan yang akan dilaksanakan dalam rangka mengurangi banjir/ genangan
6. Sebagai momen untuk menata kembali fungsi saluran, khususnya pada sempadan saluran karena banyak dipergunakan bangunan liar
7. Memberikan kemudahan kepada setiap operator telepon seluler yang akan meminta ijin penempatan kabel seluluer.
8. Terjaminnya kenyamanan pengguna jalan. Seperti kita lihat selama ini banyak provider yang melakukan penggalian tanah di bahu jalan sangat mengganggu kepada pengguna jalan.
9. Memiliki perencanaan secara makro dalam penanganan rehabilitasi saluran/ drainase termasuk rencana sudetan untuk menganggulangi banjir/ genangan yang ada di Kota Madiun. Rencana ini perlu ditindaklanjuti dengan kajian yang lebih mendalam lagi.



Gambar 1.3 Hasil yang diharapkan dengan adanya penataan utilitas perkotaan.



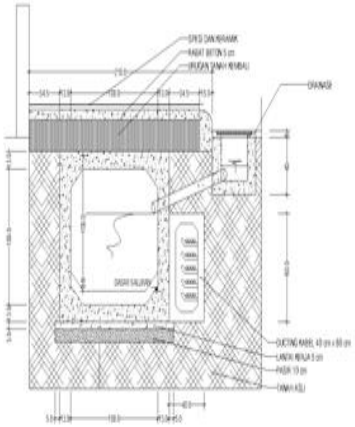
Gambar 1.4 proses pembangunan drainase yang terintegrasi dengan utilitas perkotaan



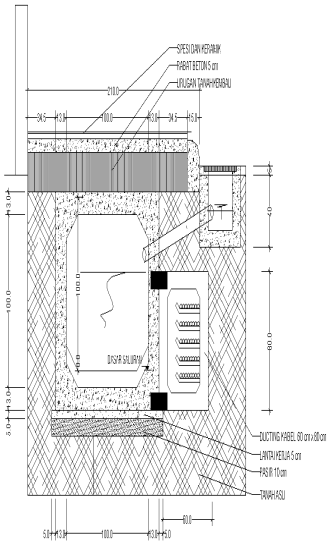
DETAIL POTONGAN BOX DUCTING KABEL

SKALA 1 : 100

 ISSN 2987-677X



GAMBAR DUCTING KABEL BARU



GAMBAR BOX DUCTING KABEL LAMA (SUDAH ADA)

Hasil kerja

hasil kerja dari perencanaan system drainase yang terintegrasi dengan penataan utilitas digambarkan pada table berikut:

OUTPUT KUNCI (key Project DELIVERABLES)	
Nama	**Deskripsi**
JANGKA PENDEK :	
1. Tersusunnya Inventarisasi sistem drainase	1. Inventarisasi sistem drainase ini penting untuk memetakan wilayah yang sering terjadi banjir/ genangan
2. Tersusunnya Inventarisasi utilitas kota	2. Melaksanakan inventarisasi utilitas kota yang ada pada ruas jalan seperti PDAM, Telkom atau provider lainnya.
3. Tersusunya perencanaan sistem drainase dan penataan utilitas perkotaan	3. Melaksanakan penyusunan perencanaan sistem drainase dan penataan utilitas perkotaan
JANGKA MENENGAH :	
Implementasi hasil perencanaan sistem drainase yang terintegrasi dengan utilitas perkotaan.	Pelaksanaan normalisasi drainase yang terintegrasi dengan utilitas perkotaan lainnya seperti utilitas PDAM, Telkom, PLN dll untuk jangka waktu satu tahun
JANGKA PANJANG :	
Implementasi hasil perencanaan sistem drainase yang terintegrasi dengan utilitas perkotaan.	Normalisasi drainase yang terintegrasi yang terintegrasi dengan utilitas perkotaan lainnya seperti utilitas PDAM, Telkom, PLN dll untuk jangka waktu lima tahun.

Kesimpulan

Perencanaan Sistem Drainase yang terintegrasi dengan penataan utilitas sebagai Upaya penanggulangan banjir dan keimndahan Kota Madiun sangat diperlukan agar pembangunan drainase dapat terintegrasi dengan penataan utilitas sehingga kesan terjadinya kesemrawutan wajah kota akibat dari banyaknya utilitas yang melintang di pinggir dan Tengah jalan serta yang terdapat dalam drainase bisa dihindari

ISSN 2987-677X

Rekomendasi

Guna meminimalisir terjadinya banjir dan penataan wajah kota yang lebih indah maka direkomendasikan kepada Pemerintah Kota Madiun untuk menindaklanjuti hasil Perencanaan Sistem Drainase yang terintegrasi dengan penataan utilitas sebagai Upaya penanggulangan banjir dan keimndahan Kota Madiun kedalam bentuk nyata penataan fisik utilitas di lapangan

Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Bapak walikota Madiun beserta kepala dinas terkait yang akan melaksanakan hasil perencanaan ini dalam bentuk pembangunan fisik di lapangan.

Referensi

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 1974 Tentang Pengairan;

Undang- undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan.

Undang - Undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang;

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2011 Tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman;

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2017 Tentang Jasa Konstruksi

PP nomor 14 Tahun 2021 Tentang Perubahan PP nomor 22 Tahun 2020 Tentang Peraturan Pelaksanaan UU no.2 Th, 2017.

PP nomor 50 Tahun 2012 Tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3)

Peraturan Pemerintah Nomor 121 Tahun 2015 Tentang Pengusahan Sumber Daya Air

Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 20/PRT/M Tahun 2010 Tentang Pedoman pemanfaatan dan penggunaan bagian-bagian

Permen PUPR nomor 10 th 2021 Ttg pedoman sistem manajemen keselamatan konstruksi

Surat Edaran Menteri PUPR nomor: 15/SE/M/2019 Tentang Tata Cara Penjaminan Mutu dan **Pengendalian Mutu pekerjaan Konstruksi di Kementerian PUPR**

ISSN 2987-677X

Konsultansi Managemen Konstruksi Pembangunan Rumah Khusus Akibat Bencana Badai Siklon Tropis Seroja di Kabupaten Lembata, Kabupaten Flores Timur, Kabupaten Alor, Kabupaten Kupang, Kabupaten Sumba Timur, dan Kota Kupang

Alrend Roy Peterson Kaputing[1], Donna Bertje Adelaida Nisnoni[1], Mario Zandro Ratu Kadja[1], Hartono Pranjoto[1], Andrew Joewono[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
✉ allenroypeterson@gmail.com
✉ donnanisnoni2424@gmail.com
✉ mratukadja@gmail.com
✉ pranjoto@ukwms.ac.id
✉ andrew_sby@ukwms.ac.id

Badai Siklon Tropis yang menimpa beberapa daerah di Nusa Tenggara Timur merusak infrastruktur dan menimbulkan korban jiwa. Presiden meninjau langsung situasi dan memutuskan untuk merelokasi warga terdampak dan memulai pembangunan hunian tetap. Instruksi Presiden menetapkan penggunaan teknologi RISHA tipe 36 Tunggal di 6 wilayah terdampak yakni Kabupaten Flores Timur, Kabupaten Lembata, Kabupaten Alor, Kabupaten Sumba Timur, Kabupaten Kupang dan Kota Kupang. Panel RISHA dikirim dari Surabaya dan Makassar. Pembangunan dilakukan sesuai regulasi dan Manajemen Konstruksi diperlukan untuk memastikan kualitas dan waktu yang tepat. Teknologi RISHA dipilih karena sederhana, cepat, ramah lingkungan dan berkualitas sesuai standar. Total sebanyak 1.992 unit rumah RISHA dibangun dari periode April 2021 sampai Juli 2022. Walaupun terdapat banyak kendala namun semua pihak yakni Para Penyedia dan Pengguna Jasa dapat bersinergi dengan baik dalam menemukan solusi dari setiap persoalan yang ada dengan tetap mengikuti aturan – aturan maupun regulasi yang berlaku. Meskipun demikian, banyak kendala yang tak dapat dihindari seperti cuaca ekstrim serta akses jalan yang sulit. Kecepatan dan ketepatan dalam mengeksekusi / menyelesaikan pekerjaan membuat masyarakat terdampak bencana dapat segera menempati rumah hunian baru. Kekurangan Panel RISHA termasuk harga yang mahal dan sulit mendapatkannya di daerah yang belum memiliki industri pembuat komponen ini. Memperhatikan pemilihan bahan bangunan yang sesuai dengan standar rumah tahan gempa sangat bermanfaat agar dapat memastikan kualitas dan kemampuan penyaluran beban saat terjadi gempa. Disamping itu, Tenaga kerja yang kompeten dan memiliki etos kerja yang baik juga penting dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi darurat bencana yang dibatasi dengan waktu.

Kata kunci: RISHA, Hunian, Managemen, Bencana

Pendahuluan

Pada 4 April 2021, Provinsi Nusa Tenggara Timur mengalami dampak serius dari Badai Siklon Tropis, menyebabkan rusaknya infrastruktur, bangunan dan menelan korban jiwa. Presiden bersama Menteri PUPR dan Gubernur NTT melakukan inspeksi lapangan pada 9 April 2021 di Pulau Adonara dan Pulau Lembata, menyimpulkan perlunya relokasi bagi warga terdampak serta menugaskan Menteri PUPR untuk memulai pembangunan hunian tetap. Mengikuti petunjuk presiden, Menteri PUPR mengarahkan Direktur Jenderal Perumahan untuk memulai proyek Hunian Tetap, dengan rencana mengirimkan panel RISHA dari Surabaya dan Makassar guna mempercepat proses pembangunan. Pembangunan Hunian Tetap akan dilakukan oleh Satuan Kerja Penyediaan Perumahan Provinsi Nusa Tenggara Timur sesuai dengan Pasal 9 pada Peraturan Menteri PUPR Nomor 20/PRT/M/2017 tentang Penyediaan Rumah Khusus dimana Masyarakat terdampak Bencana merupakan salah satu kriteria penerima manfaat. Dalam pelaksanaan pembangunan rumah khusus, penting untuk memastikan bahwa hasilnya sesuai dengan tujuan, baik dalam hal kualitas maupun waktu. Oleh karena itu, Manajemen Konstruksi diperlukan untuk mengoordinasikan berbagai aspek mulai dari perencanaan hingga penyelesaian pembangunan, sehingga rumah khusus tersebut siap digunakan dan dikelola dengan baik setelah selesai dibangun.

Metode

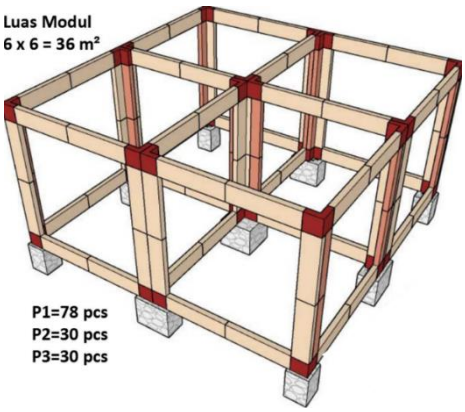
Komponen utama (struktural) dari hunian tetap ini adalah berupa panel RISHA. RISHA merupakan kependekan dari Rumah Instan Sederhana Sehat, merupakan teknologi konstruksi dari RSH (Rumah Sederhana Sehat) mengacu pada Kepmen Kimpraswil No. 403/ 2002.

 ISSN 2987-677X

Tabel 1. Mengenal Rumah Instan Sederhana Sehat (RISHA)

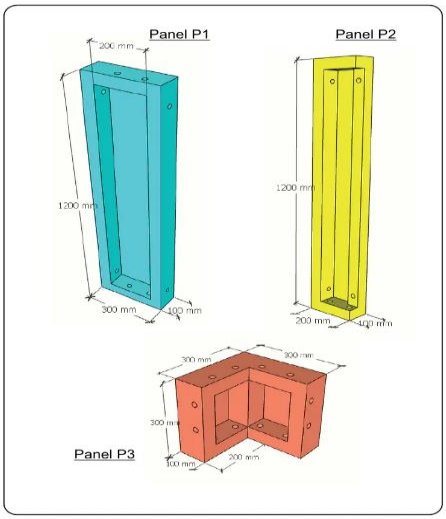
Akronim RISHA	Definisi
Rumah	tempat tempat tumbuh dan berkembangnya suatu keluarga
Instan	langsung jadi (melalui perakitan komponen di lapangan tanpa perlu melakukan proses pengerjaan cor, pengelasan atau penyambungan) *dalam konteks teknologi konstruksi diartikan sebagai pembangunan melalui pabrikasi komponen-komponen bangunan
Sederhana	komponen-komponen yang dibuat secara sederhana dan seringan mungkin, sehingga tidak rumit dan cepat dikerjakan dilapangan serta memiliki kualitas yang baik karena dibuat di pabrik dengan standar sesuai ketentuan
seHat	suatu kondisi yang berjalan normal dan sesuai dengan fungsinya

RISHA sebagai bentuk rekayasa teknologi *knock down* yang digunakan pada bangunan rumah tinggal sederhana sehat, telah sesuai dengan Kepmen Kimpraswil No. 403/KPTS/M/2003 tentang Pedoman Teknis Rumah Sederhana Sehat. Teknologi RISHA yang menggunakan bahan beton bertulang dan tidak banyak mengkonsumsi material dari alam sehingga sangat layak dikembangkan



karena ramah lingkungan dan memenuhi standar. Keunggulan dari teknologi RISHA yaitu sederhana, cepat, fleksibel, ramah lingkungan, kuat dan *durable* serta berkualitas.

Gambar 1. Denah RISHA tipe 36



Gambar 2. Komponen RISHA

Komponen struktural adalah komponen yang mendukung berdirinya bangunan (rumah tinggal). Pada teknologi RISHA, komponen struktural utama terdiri dari 3 (tiga) panel, yaitu:
1. Panel struktural tipe 1 (P1)
2. Panel struktural tipe 2 (P2)
3. Panel simpul atau penyambung (P3)

Tabel 2. Panel Struktural RISHA

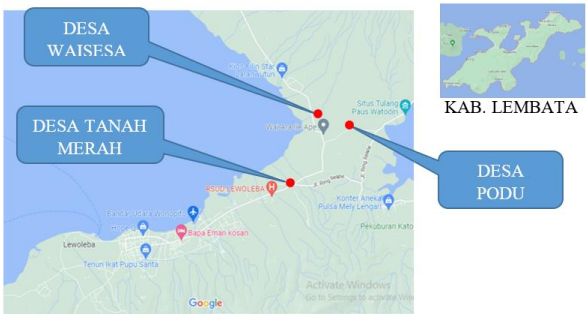
Kriteria	Panel Struktural RISHA 1 (P1)	Panel Struktural RISHA 2 (P2)	Panel Simpul RISHA 3 (P3)
Dimensi			Berbentuk L
- Tebal	5 cm	5 cm	5 cm
- Lebar	30 cm	30 cm	30 cm
- Tinggi	120 cm	120 cm	30 cm
Frame	Ukuran 6 cm x 10 cm, mengelilingi 4 sisi	Ukuran 6 cm x 10 cm, mengelilingi 3 sisi (1 vertical dan 2 horizontal) Ukuran 6 cm x 6 cm, mengelilingi 1 sisi	Ukuran 6 cm x 10 cm, mengelilingi 6 sisi
Angker	Lubang angker pada frame berdiameter 16 mm	Lubang angker pada frame berdiameter 16 mm	Lubang angker pada frame berdiameter 16 mm

Ketiga panel RISHA tersebut merupakan bagian dari sistem rangka yang bekerja secara struktural terhadap rumah tinggal. Panel RISHA memegang peran penting dalam item pekerjaan dalam proyek ini. Selain daripada itu, item pekerjaan lain sama seperti pekerjaan rumah tinggal pada umumnya, seperti Pekerjaan Persiapan, Pekerjaan Tanah, Pekerjaan Pondasi, Pekerjaan Pengecoran, Pekerjaan Arsitektur, Pekerjaan MEP dan Pekerjaan Fasilitas Tambahan.

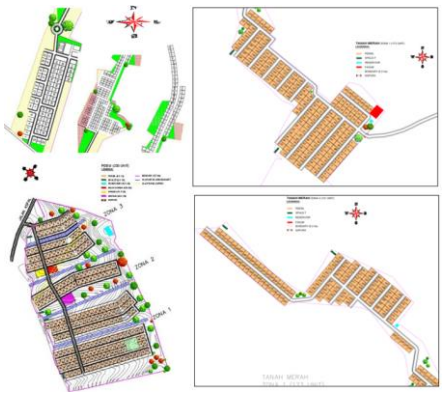
Pembahasan

A. Kondisi Geografi dan Peta Lokasi Proyek

1. Kabupaten Lembata



Gambar 3. Lokasi Pekerjaan di Kab. Lembata



Gambar 4. *Site Plan* Kab. Lembata

 ISSN 2987-677X

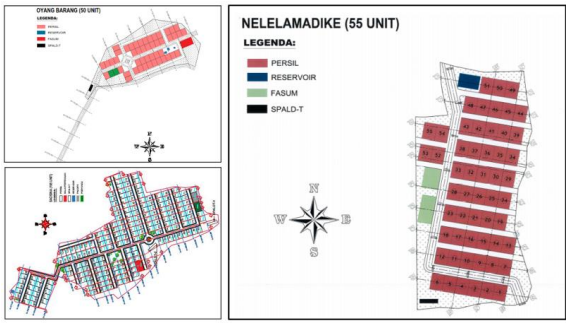
Target rumah RISHA di Kabupaten Lembata sebanyak 700 Unit yang tersebar di 3 (tiga) Lokasi, yaitu :
a. Desa Waesesa (173 Unit)
b. Desa Podu (233 Unit)
c. Desa Tanah Merah (294 Unit)

2. Kabupaten Flores Timur

Target rumah RISHA di Kabupaten Flores Timur sebanyak 300 Unit yang tersebar di 3 (tiga) Lokasi di Pulau Adonara, yaitu :
a. Desa Oyang Barang, Kecamatan Wotan Ullumado (50 Unit)
b. Desa Nelelamadike, Kecamatan Ileboleng (55 Unit)
c. Desa Saosina, Kecamatan Adonara Timur (195 Unit)

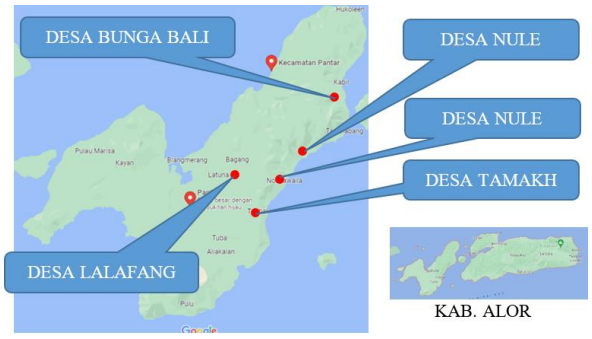


Gambar 5. Lokasi Pekerjaan di Kab. Flores Timur



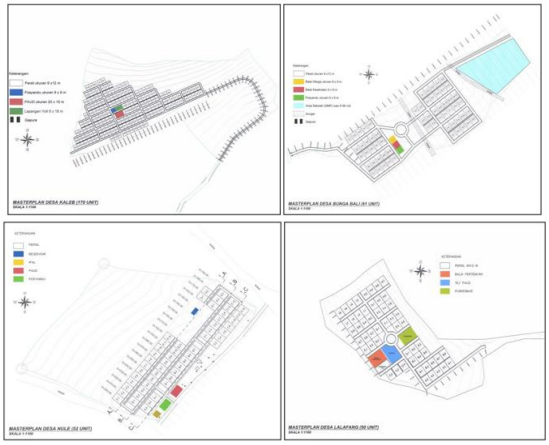
Gambar 6. *Site Plan* Kab. Flores Timur

3. Kabupaten Alor



Gambar 7. Lokasi Pekerjaan di Kab. Alor

Target rumah RISHA di Kabupaten Alor sebanyak 386 Unit yang tersebar di 5 (lima) Lokasi, yaitu :
a. Desa Kaleb (170 Unit)
b. Desa Bunga Bali (61 Unit)
c. Desa Lalafang (53 Unit)
d. Desa Nule (52 Unit)
e. Desa Tamakh (50 Unit)



Gambar 8. *Site Plan* Kab. Alor

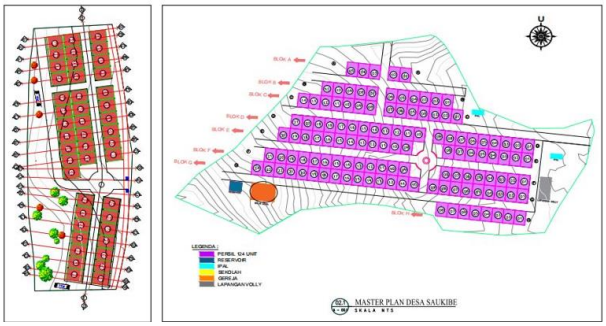


Gambar 9. *Site Plan* Kab. Alor (lanjutan)

4. Kabupaten Kupang



Gambar 10. Lokasi Pekerjaan di Kab. Kupang

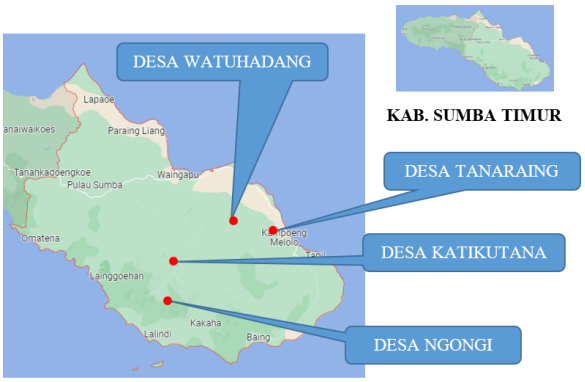


Gambar 11. *Site Plan* Kab. Kupang

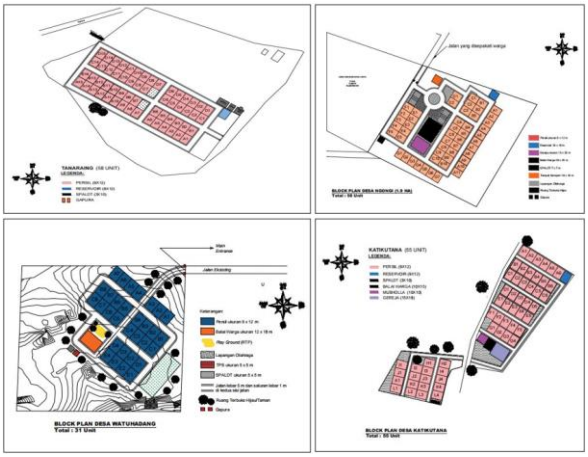
Target rumah RISHA di Kabupaten Kupang sebanyak 169 Unit yang tersebar di 2 (dua) Lokasi, yaitu :
a. Desa Bokong, Kecamatan Taebenu (45 Unit)
b. Desa Saukibe, Kecamatan Amfoang Barat Laut (124 Unit)

 ISSN 2987-677X

5. Kabupaten Sumba Timur



Gambar 12. Lokasi Pekerjaan di Kab. Sumba Timur



Gambar 13. *Site Plan* Kab. Sumba Timur

Target rumah RISHA di Kabupaten Sumba Timur sebanyak 194 Unit yang tersebar di 4 (empat) Lokasi, yaitu :
a. Desa Tanaraing, Kecamatan Rindi (58 Unit)
b. Desa Watuhadang, Kecamatan Umalulu (31 Unit)
c. Desa Nggongi, Kecamatan Karera (50 Unit)
d. Desa Katikutana, Kecamatan Matawai La Pawu (55 Unit)

6. Kota Kupang



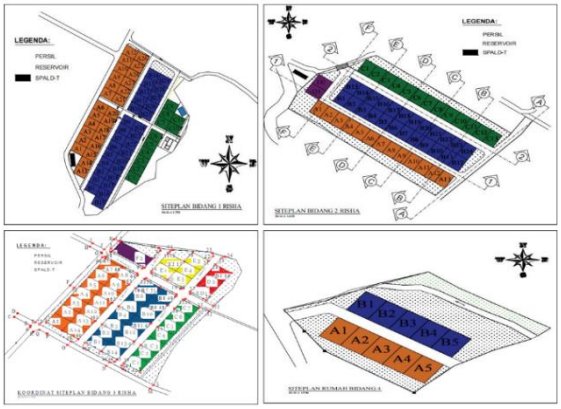
Gambar 14. Lokasi Pekerjaan di Kota Kupang

Target rumah RISHA di Kota Kupang sebanyak 173 Unit yang tersebar di 4 (lokasi) Lokasi, yaitu :
a. Bidang 1, Kelurahan Manulai 2, Kecamatan Alak (66 Unit)
b. Bidang 2, Kelurahan Manulai 2, Kecamatan Alak (52 Unit)
c. Bidang 3, Kelurahan Manulai 2, Kecamatan Alak (45 Unit)
d. Bidang 4, Kelurahan Manulai 2, Kecamatan Alak (10 Unit)

Gambar 15. *Site Plan* Kota Kupang

B. Pelaksanaan Pekerjaan

Dalam tahapan ini akan dibahas salah satu lokasi saja sebagai gambaran dari keseluruhan lokasi pekerjaan karena mengingat model rumah tinggal yang tipikal untuk setiap lokasi.



Pembangunan Hunian Tetap di Flores Timur dilaksanakan oleh kontraktor PT Adhi Karya dan Konsultan Manajemen Konstruksi PT Virama Karya. Secara keseluruhan pembangunan RISHA ditargetkan selesai akhir Juli 2022. Langkah selanjutnya setelah pembangunan fisik Huntap rampung adalah dimulainya proses penghunian yang akan diatur oleh masing-masing Pemerintah Daerah (Pemda). Berikut rincian tahapan pekerjaan :

a. Pekerjaan Struktur

- Pekerjaan Tanah

Pekerjaan tanah di mulai dari tahap pembersihan lahan kemudian pengukuran bouwplank dilanjutkan dengan galian tanah pondasi.

Jenis Tanah : Lempung
Kedalaman galian : 0.3 – 0.5 m



Gambar 16. Pekerjaan Galian Tanah

- Pekerjaan Pondasi

Jenis Pondasi yang digunakan pondasi setempat dan podasi menerus.

Pondasi Setempat :
Dimensi / Ukuran : 40/40, 40/70, 70/70
Jumlah : 9 buah
Jenis Material : Batu Kali

Pondasi Menerus :
Dimensi / Ukuran : (0.25+0.6)/2x0.4x3.00
Jenis Material : Pas. Batu Kali

 ISSN 2987-677X



Gambar 17. Pekerjaan Pondasi

- Pekerjaan RISHA

RISHA itu dipabrikasi dan dikirim tempat produksi yang berbeda-beda, yang kemudian di mobilisasi untuk dirakit lokasi pekerjaan.

Asal Pabrikasi : Makasar
Jumlah keseluruhan RISHA :
P1 : 78 x 50 = 3900 buah
P2 : 30 x 50 = 1500 buah
P3 : 30 x 50 = 1500 buah



Gambar 18. Pekerjaan RISHA

b. Pekerjaan Arsitektur

- Pekerjaan Dinding

Pekerjaan dinding menggunakan material yang berbeda sesuai dengan keadaan lokasi setempat, yaitu :

Jenis : Bata Merah
Pasir : Pasir Pasang



Gambar 19. Pekerjaan Dinding

- Pekerjaan Kusen / Engsel

Pekerjaan kusen pintu dan jendela menggunakan material pabrikasi, yaitu :

Material Kusen : Alumunium
Jenis Engsel : 4” Dekson, Friction Stay



Gambar 20. Pekerjaan Kusen / Engsel

- Pekerjaan Rangka Atap / Penutup Atap

Pekerjaan rangka dan penutup atap menggunakan material pabrikasi, yaitu :

Jenis material Rangka : Baja Ringan
Jenis Penutup Atap : Spandek



Gambar 21. Pekerjaan Penutup Atap

- Pekerjaan Plafond

Pekerjaan plafon menggunakan dua tipe material yang berbeda berdasarkan penggunaan ruang utama dan kamar mandi serta tiris atap, yaitu :

Jenis Material : Gypsumboard & Kalsiboard



Gambar 22. Pekerjaan Plafond

- Pekerjaan Penutup Lantai

 ISSN 2987-677X

Pekerjaan penutup lantai menggunakan bahan keramik dengan dua ukuran yang berbeda, yaitu :
Lantai Ruang Utama : 30 x 30 (cm)
KM/WC : 20 x 20 (cm)



Gambar 23. Pekerjaan Penutup Lantai

- Pekerjaan Mekanikal Elektrikal dan Plumbing

Pekerjaan Mekanikal Elekrikal dan Plumbing mencakup beberapa item pekerjaan, yaitu kelistrikkan dan perpipaan air bersih serta air kotor.



Gambar 24. Pekerjaan ME

- Pekerjaan Utilitas

Pekerjaan tambahan berupa pekerjaan bak sampah, jalan setapak serta penyambungan listrik.



Gambar 25. Pekerjaan Utilitas

C. Permasalahan dan Tindak Lanjut Pekerjaan

Berbagai masalah sering ditemui dalam pelaksanaan pekerjaan pada proyek-proyek konstruksi. Berbagai masalah tersebut meliputi kesalahan prosedur pekerjaan, pengadaan material yang tidak sesuai dengan spesifikasi material yang direncanakan maupun kendala – kendala yang tidak dapat diprediksi. Berikut akan dirangkung permasalahan dan tindak lanjut yang terjadi dibeberapa lokasi proyek.

Tabel 3. Permasalahan dan Tindak Lanjut

No.	Permasalahan	Tindak Lanjut
1	Keterlambatan pengiriman material RISHA dan material pendukung	- Mencari alternatif ekspedisi lain yang memiliki jadwal lebih cepat - Melakukan pengiriman secara serentak dengan sistem sewa - Menambah biaya untuk jam kerja
2	Keterlambatan penyerahan lahan / kavling	Melakukan koordinasi dengan tim kontraktor
3	Kekurangan tenaga kerja akibat PPKM	Menambah jumlah tenaga lokal selama waktu tunggu kedatangan tenaga dari jawa
4	Tertutupnya lokasi proyek akibat pertikaian antar suku	Menunggu koordinasi dan informasi dari pihak yang berwenang
5	Kurangnya jumlah alat berat untuk pekerjaan pematangan lahan	Berkoordinasi dengan tim kontraktor agar melakukan penambahan alat berat untuk mengejar keterlambatan pekerjaan
6	Akses menuju lokasi yang susah	Melakukan perbaikan jalan untuk akses mobilisasi material
7	Keterlambatan pengiriman material pendukung akibat ombak yang tinggi	Intensif melakukan pemantauan ijin perjalanan dari Pelabuhan terkait
8	Keterlambatan proses penyambungan jalur listrik baru oleh PLN	- Melakukan rapat koordinasi dengan pihak PLN - Meminta bantuan surat resmi dari Balai Perumahan - Mengganti sistem tenaga Listrik dengan tenaga Surya
9	Kondisi eksisting lahan yang berbatu	Menggunakan alat berat untuk melaksanakan pekerjaan galian

Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari artikel ini adalah :

1. Kelebihan lain dari panel RISHA adalah penghematan pada waktu dan tenaga kerja serta pada penggunaan bahan. Selain itu dari segi industrialisasi, dinding panel dapat diproduksi massal sehingga dapat menunjang program pembangunan rumah secara massal.
2. Kekurangan panel RISHA adalah dari industrialisasi, harga bahan dan cetakan mahal. Hal ini menyebabkan harga satuan panel mahal. Diharapkan melalui produksi massal harga panel dapat ditekan. Kekurangan lain adalah panel ini merupakan hasil sistem tertutup sehingga tidak dapat dipertukarkan dengan komponen lain dan sulit didapat pada daerah-daerah yang belum memiliki sentra industri pembuat komponen ini.

Selain itu, rekomendasi pun diberikan yakni dalam membangun rumah tahan gempa, sebaiknya diperhatikan dalam memilih bahan bangunan yang akan di gunakan harus sesuai dengan peraturan membangun rumah tahan gempa yang baik dari segi mutu bahan dan kualitas sehingga dapat menyalurkan beban dengan baik saat terjadi gempa. Tenaga kerja yang kompeten dan memiliki etos kerja yang baik juga penting dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi darurat bencana yang dibatasi dengan waktu.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada segenap rekan kerja maupun para pimpinan di PT. Virama Karya cabang Kupang yang telah bekerja sama dalam penyelesaian proyek ini. Terima kasih juga tidak lupa kepada Dinas PUPR Provinsi NTT dan para Pihak Kontraktor yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu namun banyak memberikan bantuan berupa masukkan maupun data – data penunjang dalam penyelesaian pekerjaan ini.

Referensi

Laporan Akhir PT. Virama Karya : Proyek Konsultansi Managemen Konstruksi Pembangunan Rumah Khusus akibat Bencana Badai Siklon Tropis Seroja di Kabupaten Lembata, Kabupaten Flores Timur, Kabupaten Alor,

ISSN 2987-677X

Kabupaten Kupang, Kabupaten Sumba Timur dan Kota Kupang: 2022
https://rumahpanelsurabaya.blogspot.com/2021/05/daftar-harga-komponen-risha-modul-risha.html.
(diakses 14 Mei 2024)

 ISSN 2987-677X

Analisis Perbaikan Infrastruktur dan Maintenance Jalan Paving ROW80 Area JIIPE, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik

Annisa' Carina[1], Andrew Joewono[2], Suratno Lourentius[3]

[123] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ annisacarina@unisda.ac.id,

✉ andrew_sby@ukwms.ac.id

✉ suratno.lourentius@gmail.com

Jalan dapat menjadi sarana transportasi yang penting, baik untuk kendaraan bermotor, pejalan kaki, atau sepeda. Jalan paving sering digunakan sebagai alternatif untuk jalan aspal atau beton konvensional karena keindahan estetika yang dihasilkan serta kemudahan dalam perawatan dan perbaikannya. Namun, seiring dengan waktu dan penggunaan, jalan paving dapat mengalami kerusakan yang memerlukan perbaikan. Berdasarkan analisis perbaikan jalan paving yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa poin penting sebagai berikut: (1) kerusakan pada jalan paving ROW80 Area JIIPE, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik terdiri atas kerusakan ringan, sedang, dan parah; (2) pada analisis penilaian dihasilkan volume perbaikan jalan paving block dengan tingkat kerusakan parah sebesar 1120 m², tingkat kerusakan sedang sebesar 2254 m², dan tingkat kerusakan ringan sebesar 4410 m²; (3) berdasarkan hasil perhitungan biaya yang terkait dengan masing-masing komponen diperoleh pada tingkat kerusakan parah sebesar Rp. 149.382.803, tingkat kerusakan sedang sebesar Rp. 181.787.128, dan tingkat kerusakan ringan sebesar Rp. 234.525.123.

Kata kunci: Jalan paving, kerusakan, ringan, sedang, parah

Pendahuluan

Jalan dapat menjadi sarana transportasi yang penting, baik untuk kendaraan bermotor, pejalan kaki, atau sepeda (Yuono & Sungkono, 2019). Jalan paving mengacu pada proses pembuatan jalan dengan menggunakan material berupa paving block atau batu paving. Paving block adalah material bangunan yang terbuat dari beton atau bahan lain yang kokoh dan tahan lama (Sutrisna & Fibrianti, 2023). Pada umumnya digunakan untuk pembangunan jalan, trotoar, atau area parkir.

Proses pembuatan jalan paving dimulai dengan persiapan permukaan tanah, kemudian dilakukan pengecoran atau penempatan paving block secara berurutan sesuai dengan desain yang diinginkan (Mallisa, 2006). Setelah itu, dilakukan pengisian antara celah-celah paving block dengan material berupa pasir atau abu batu untuk meningkatkan kekokohan dan stabilitas jalan. Proses terakhir biasanya melibatkan pemadatan permukaan jalan untuk memastikan kesetabilan dan keamanan penggunaan (Daksa & Prastyanto, 2019).

Jalan paving sering digunakan sebagai alternatif untuk jalan aspal atau beton konvensional karena keindahan estetika yang dihasilkan serta kemudahan dalam perawatan dan perbaikannya. Block paving umumnya terbuat dari beton atau batu alam dan memiliki berbagai bentuk dan ukuran yang dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan proyek (Hasibuan et al., 2020). Selain itu, jalan paving juga dianggap lebih ramah lingkungan karena memungkinkan penyerapan air hujan ke dalam tanah secara alami (Mardika et al., 2021).

Jalan paving merupakan salah satu elemen penting dalam infrastruktur kota yang memberikan aksesibilitas bagi masyarakat serta memperindah tata kota. Namun, seiring dengan waktu dan penggunaan, jalan paving dapat mengalami kerusakan yang memerlukan perbaikan (Daksa & Prastyanto, 2019). Artikel ini akan membahas mengenai jalan paving area JIIPE.

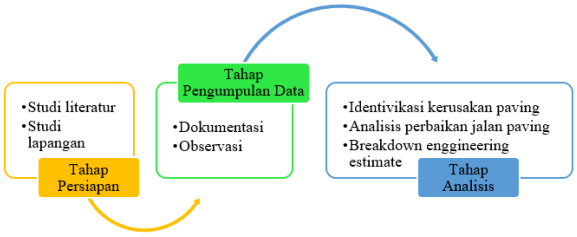
Jalan paving area JIIPE tergolong baru, namun akibat lalu lintas kendaaran-kendaraan berat yang memiliki dengan muatan tonase, seperti truk pembawa pasir, mobil-mobil concrate pump dan lainnya akibat pekerjaan proyek di kawasan JIIPE. Hal ini menunjukkan beban yang terjadi pada jalan paving area JIIPE kemungkinan melebihi kapasitas seharusnya atau tidak sesuai dengan perencanaan awal. Sehingga mengakibatkan kerusakan pada jalan paving JIIPE.

Mengacu pada latar belakang tersebut perlu adanya analisis kerusakan dan perbaikan serta langkah-langkah yang dapat diambil untuk meningkatkan keamanan dan kekokohan infrastruktur pada jalan paving ROW80 di area kawasan JIIPE.

Metode

Metode analisis perbaikan jalan paving block dapat melibatkan beberapa langkah untuk mengevaluasi kondisi jalan, mengidentifikasi masalah, dan merencanakan tindakan perbaikan yang diperlukan. Berikut adalah langkah-langkah umum dalam melakukan analisis perbaikan jalan paving block yang dilakukan:

 ISSN 2987-677X



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

1. Tahap Persiapan
   a. Studi literatur
      Tahap persiapan dimulai dengan studi literatur, pencarian literatur yang relevan menggunakan basis data akademis, jurnal ilmiah, buku, laporan teknis, dan sumber informasi lainnya (Habsy, 2017). Kata kunci yang digunakan dapat mencakup "kerusakan jalan paving", "perbaikan jalan paving", "jenis kerusakan jalan paving". Menyeleksi literatur yang paling relevan dengan topik penelitian. Fokus pada penelitian-penelitian terbaru, penelitian yang telah diuji validitasnya, dan literatur yang berasal dari sumber-sumber yang terpercaya.
   b. Studi lapangan
      Studi lapangan dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui lokasi penelitian, responden yang tepat, sebagai langkah selanjutnya yang akan dilakukan dalam penelitian (Darmalaksana, 2020). Studi lapangan kerusakan jalan paving dengan melibatkan pengamatan langsung dan pengumpulan data tentang kondisi jalan di lokasi tertentu untuk mengidentifikasi dan menganalisis kerusakan yang terjadi. Sehingga diketahui kebutuhan terhadap kerusakan jalan paving.
2. Tahap Pengumpulan Data
   a. Dokumentasi
      Teknik pengumpulan data dokumentasi adalah salah satu metode yang digunakan dalam penelitian untuk mengumpulkan informasi melalui dokumen-dokumen tertulis yang relevan dengan topik penelitian (Equatora & Awi, 2021). Jenis dokumen yang digunakan relevan dengan penelitian, seperti laporan, arsip, surat, catatan, buku, artikel, atau publikasi lainnya. Teknik pengumpulan data dokumentasi membantu peneliti untuk mendapatkan informasi yang mendalam dan valid untuk mendukung analisis dan kesimpulan penelitian.
   b. Observasi
      Teknik pengumpulan data dengan observasi adalah metode yang digunakan dalam penelitian untuk mengumpulkan data melalui pengamatan langsung terhadap objek atau fenomena yang diteliti (Situmorang et al., 2010). Observasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah observasi non partisipatif, yaitu penelitia hanya mengamati tanpa ikut serta dalam aktivitas.
3. Tahap Analisis
   Tahap analisis dalam penelitian adalah proses mengolah dan menginterpretasikan data yang telah dikumpulkan untuk menjawab pertanyaan penelitian dan mencapai tujuan penelitian (Priadana & Sunarsi, 2021). Tahapan analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:
   a. Identifikasi kerusakan paving
      Identivikasi kerusakan paving dapat dilakukan dengan melakukan pengecekan lokasi, inspeksi visual, dan pengukuran dimensi.
   b. Analisis perbaikan jalan paving, dilakukan dengan membuat daftar usulan perbaikan infrastruktur jalan paving.
   c. *Breakdown enggineering estimate*, *Breakdown engineering estimate* atau perincian estimasi rekayasa, dalam penelitian ini adalah proses mendetailkan dan menghitung biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan spare kerusakan paving.

Hasil Kerja

Identifikasi Kerusakan Paving

Berikut adalah langkah identifikasi kerusakan paving yang dilakukan dalam penelitian:

1. Pengecekan lokasi, yaitu dengan melihat langsung jalan paving yang terjadi kerusakan.
2. Inspeksi visual, yaitu dengan mendeteksi tanda-tanda kerusakan (ringan/sedang/parah), memeriksa permukaan paving yang tidak rata atau bergelombang.
3. Pengukuran dimensi, dilakukan pada luasan jalan paving yang mengalamai kerusakan.

Semua temuan dalam tahap identifikasi kerusakan didokumentasikan dengan detail seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Kerusakan Paving

No	Data Temuan
1	Akses ke Jalan Proyek Blok K – Sisi Kiri Ket: Akses ke Kantor F1 

ISSN 2987-677X

	Luasan: P = 40 m L = 7 m Luas = 280 m^2 Identifikasi kerusakan: Parah ± 15 cm
2	ROW80 Sisi Selatan – Area 9 Ket: Pintu Masuk Pelabuhan s.d PJU 0194  Luasan: P = 60 m L = 7 m Luas = 420 m^2 Identifikasi kerusakan: Ringan ± 5 cm
3	ROW80 Sisi Selatan – Area 8 (3/4 Sisi Jalan) Ket: PJU 0193 s.d PJU 0184 (Pipa Aramco)  Luasan: P = 360 m L = 5,25 m Luas = 1890 m^2 Identifikasi kerusakan: Ringan ± 5 cm
4	ROW80 Sisi Selatan – Pipa Aramco  Luasan: P = 7 m L = 2 m Luas = 14 m^2 Identifikasi kerusakan: Sedang ± 7 cm
5	ROW80 Sisi Selatan – Area 7 Ket: Pipa Aramco s.d PJU 0183  Luasan: P = 40 m L = 7 m Luas = 280 m^2 Identifikasi kerusakan: Sedang ± 6 cm
6	ROW80 Sisi Selatan – Area 6 (1/4 Sisi Jalan) Ket: PJU 0183 s.d PJU 0181  Luasan: P = 80 m L = 5,25 m Luas = 420 m^2 Identifikasi kerusakan: Ringan ± 5 cm
7	ROW80 Sisi Selatan – Area 5 (1/4 Sisi Jalan) Ket: PJU 0179 s.d PJU 0176  Luasan: P = 120 m L = 1,75 m Luas = 210 m^2 Identifikasi kerusakan: Ringan ± 5 cm
8	ROW80 Sisi Selatan – Area 4 (3/4 Sisi Jalan) Ket: PJU 0176 s.d PJU 0170  Luasan: P = 240 m L = 5,25 m Luas = 1260 m^2 Identifikasi kerusakan: Ringan ± 5 cm
9	ROW80 Sisi Selatan – Area 3 Ket: Jembatan s.d PJU 0167 (Arah Keluar)  Luasan: P = 30 m L = 7 m

 ISSN 2987-677X

	Luas = 210 m² Identifikasi kerusakan: Ringan ± 5 cm
10	ROW80 Sisi Selatan – Area 2 Ket: PJU 0167 s.d PJU 0160  Luasan: P = 280 m L = 7 m Luas = 1960 m² Identifikasi kerusakan: Sedang ± 8 cm
11	ROW80 Sisi Selatan – Area 1 Ket: PJU 0160 s.d PJU 0157  Luasan: P = 120 m L = 7 m Luas = 840 m² Identifikasi kerusakan: Parah ± 10 cm

Analisis Perbaikan Jalan Paving

Analisis perbaikan jalan paving melibatkan berbagai langkah untuk menentukan penyebab kerusakan, menilai tingkat kerusakan seperti pada Tabel 1, dan membuat daftar usulan perbaikan Infrastruktur Mantenance (IM) jalan paving seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Daftar Perbaikan IM Jalan Paving

No	Data Usulan Perbaikan	Hasil
1	Area	: Akses ke Jalan Proyek Blok K – Sisi Kiri Ket: Akses ke Kantor F1
	Item Pek. Perbaikan	: Jalan Paving Block
	Volume	: 280 m²
	Status Infrastruktur	: Aktif
	Penilaian (Ya=1, Tdk=0)	
	• Tingkat Kerusakan	: 1
	• Tingkat Urgensi	: 1
	• Termasuk Area IM	: 1
2	Area	: ROW80 Sisi Selatan – Area 9 Ket: Pintu Masuk Pelabuhan s.d PJU 0194
	Item Pek. Perbaikan	: Jalan Paving Block
	Volume	: 420 m²
	Status Infrastruktur	: Aktif
	Penilaian (Ya=1, Tdk=0)	
	• Tingkat Kerusakan	: 0
	• Tingkat Urgensi	: 0
	• Termasuk Area IM	: 1
3	Area	: ROW80 Sisi Selatan – Area 8 (3/4 Sisi Jalan) Ket: PJU 0193 s.d PJU 0184 (Pipa Aramco)
	Item Pek. Perbaikan	: Jalan Paving Block
	Volume	: 1890 m²
	Status Infrastruktur	: Aktif
	Penilaian (Ya=1, Tdk=0)	
	• Tingkat Kerusakan	: 0
	• Tingkat Urgensi	: 0
	• Termasuk Area IM	: 1
4	Area	: ROW80 Sisi Selatan – Pipa Aramco
	Item Pek. Perbaikan	: Jalan Paving Block
	Volume	: 14 m²
	Status Infrastruktur	: Aktif
	Penilaian (Ya=1, Tdk=0)	
	• Tingkat Kerusakan	: 0
	• Tingkat Urgensi	: 1
	• Termasuk Area IM	: 1
5	Area	: ROW80 Sisi Selatan – Area 7 Ket: Pipa Aramco s.d PJU 0183
	Item Pek. Perbaikan	: Jalan Paving Block
	Volume	: 280 m²
	Status Infrastruktur	: Aktif
	Penilaian (Ya=1, Tdk=0)	
	• Tingkat Kerusakan	: 0
	• Tingkat Urgensi	: 1
	• Termasuk Area IM	: 1
6	Area	: ROW80 Sisi Selatan – Area 6 (1/4 Sisi Jalan) Ket: PJU 0183 s.d PJU 0181
	Item Pek. Perbaikan	: Jalan Paving Block
	Volume	: 420 m²
	Status Infrastruktur	: Aktif
	Penilaian (Ya=1, Tdk=0)	
	• Tingkat Kerusakan	: 0
	• Tingkat Urgensi	: 0
	• Termasuk Area IM	: 1
7	Area	: ROW80 Sisi Selatan – Area 5 (1/4 Sisi Jalan) Ket: PJU 0179 s.d PJU 0176
	Item Pek. Perbaikan	: Jalan Paving Block
	Volume	: 210 m²
	Status Infrastruktur	: Aktif
	Penilaian (Ya=1, Tdk=0)	
	• Tingkat Kerusakan	: 0
	• Tingkat Urgensi	: 0
	• Termasuk Area IM	: 1

 ISSN 2987-677X

8	Area	: ROW80 Sisi Selatan – Area 4 (3/4 Sisi Jalan) Ket: PJU 0176 s.d PJU 0170
	Item Pek. Perbaikan	: Jalan Paving Block
	Volume	: 1260 m²
	Status Infrastruktur	: Aktif
	Penilaian (Ya=1, Tdk=0)	
	• Tingkat Kerusakan	: 0
	• Tingkat Urgensi	: 0
	• Termasuk Area IM	: 1
9	Area	: ROW80 Sisi Selatan – Area 3 Ket: Jembatan s.d PJU 0167 (Arah Keluar)
	Item Pek. Perbaikan	: Jalan Paving Block
	Volume	: 210 m²
	Status Infrastruktur	: Aktif
	Penilaian (Ya=1, Tdk=0)	
	• Tingkat Kerusakan	: 0
	• Tingkat Urgensi	: 0
	• Termasuk Area IM	: 1
10	Area	: ROW80 Sisi Selatan – Area 2 Ket: PJU 0167 s.d PJU 0160
	Item Pek. Perbaikan	: Jalan Paving Block
	Volume	: 1960 m²
	Status Infrastruktur	: Aktif
	Penilaian (Ya=1, Tdk=0)	
	• Tingkat Kerusakan	: 0
	• Tingkat Urgensi	: 1
	• Termasuk Area IM	: 1
11	Area	: ROW80 Sisi Selatan – Area 1 Ket: PJU 0160 s.d PJU 0157
	Item Pek. Perbaikan	: Jalan Paving Block
	Volume	: 840 m²
	Status Infrastruktur	: Aktif
	Penilaian (Ya=1, Tdk=0)	
	• Tingkat Kerusakan	: 1
	• Tingkat Urgensi	: 1
	• Termasuk Area IM	: 1

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh total volume perbaikan jalan paving block dengan skor 3 pada setiap penilaian adalah 1120 m², skor 2 pada setiap penilaian adalah 2254 m², skor 1 pada setiap penilaian adalah 4410 m².

Breakdown Enggineering Estimate

Pada tahap analisis ini menggunakan berbagai komponen pekerjaan proyek dan perhitungan biaya yang terkait dengan masing-masing komponen, termasuk volume, harga material, dan upah tenaga kerja.

Tabel 3. *Breakdown Enggineering Estimate*

No	Uraian Pekerjaan	Volume	Sat.	Harga Satuan Material (Rp) (a)	Upah (Rp) (b)	(a)+(b)	Total Harga Material (Rp) (c)	Upah (Rp) (d)	(c)+(d)
A	Pekerjaan Perbaikan Ringan								
	1. Pek. Bongkar paving eksisting	4410	m2		Rp 5.280	Rp 5.280		Rp 23.284.800	Rp 23.284.800
	2. Pek. Penambahan abu batu	220,5	m2	Rp 208.656	Rp 43.550	Rp 252.206	Rp 46.008.648	Rp 9.602.775	Rp 55.611.423
	3. Pek. Pasang paving eksisting+pasir pengisi	4410	m2	Rp 3.080	Rp 32.210	Rp 35.290	Rp 13.582.800	Rp 142.046.100	Rp 155.628.900
	Sub Total A						Rp 59.591.448	Rp 174.933.675	Rp 234.525.123
B	Pekerjaan Perbaikan Sedang								
	1. Pek. Bongkar paving eksisting	2254	m2		Rp 5.280	Rp 5.280		Rp 11.901.120	Rp 11.901.120
	2. Pek stripping abu batu eksisting	112,7	m2		Rp 45.000	Rp 45.000		Rp 5.071.500	Rp 5.071.500
	3. Pek. Penambahan base course A tb 10 cm, CBR=90%	225,4	m2	Rp 208.656	Rp 43.550	Rp 252.206	Rp 47.031.062	Rp 9.816.170	Rp 56.847.232
	4. Pek. Penambahan abu batu	112,7	m2	Rp 208.656	Rp 43.550	Rp 252.206	Rp 23.515.531	Rp 4.908.085	Rp 28.423.616
	5. Pek. Pasang paving eksisting+pasir pengisi	2254	m2	Rp 3.080	Rp 32.210	Rp 35.290	Rp 6.942.320	Rp 72.601.340	Rp 79.543.660
	Sub Total B						Rp 77.488.913	Rp 104.298.215	Rp 181.787.128
C	Pekerjaan Perbaikan Parah								
	1. Pek. bongkar paving eksisting	1120	m2		Rp 5.280	Rp 5.280		Rp 5.913.600	Rp 5.913.600
	2. Pek. stripping abu batu eksisting	56	m2		Rp 45.000	Rp 45.000		Rp 2.520.000	Rp 2.520.000
	3. Pek. penambahan CTB tb 15 cm, CBR= 100%	168	m2	Rp 475.695	Rp 43.935	Rp 519.630	Rp 79.916.760	Rp 7.384.107	Rp 87.300.867
	4. Pek. penambahan abu batu	56	m2	Rp 208.656	Rp 43.550	Rp 252.206	Rp 11.684.736	Rp 2.438.800	Rp 14.123.536
	5. Pek. pasangan paving eksisting+pasir pengisi	1120	m2	Rp 3.080	Rp 32.210	Rp 35.290	Rp 3.449.600	Rp 36.075.200	Rp 39.524.800
	Sub Total C						Rp 95.051.096	Rp 54.331.707	Rp 149.382.803
	Total								Rp 565.695.054
	PPN 11%								Rp 62.226.456
	Grand total								Rp 627.921.510

Dengan adanya breakdown ini, manajer proyek dan tim terkait dapat memahami dan mengelola setiap aspek biaya dari proyek paving jalan dengan lebih baik.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis perbaikan jalan paving yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa poin penting sebagai berikut:

1. Kerusakan pada jalan paving ROW80 Area JIIPE, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik terdiri atas kerusakan ringan, sedang, dan parah
2. Pada analisis penilaian dihasilkan volume perbaikan jalan paving block dengan tingkat kerusakan parah sebesar 1120 m², tingkat kerusakan sedang sebesar 2254 m², dan tingkat kerusakan ringan sebesar 4410 m².
3. Berdasarkan hasil perhitungan biaya yang terkait dengan masing-masing komponen diperoleh pada tingkat kerusakan parah sebesar Rp. 149.382.803, tingkat kerusakan sedang sebesar Rp. 181.787.128, dan tingkat kerusakan ringan sebesar Rp. 234.525.123.

 ISSN 2987-677X

Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada PT. ITS TS dan PT. BKMS yang telah berperan penting dan membantu dalam proyek penulisan penelitian ini.

Referensi

Daksa, S. T., & Prastyanto, C. A. (2019). Analisis Pemilihan Jenis Perkerasan Jalan untuk Perbaikan Kerusakan Perkerasan Jalan di Jalan Harun Thohir, Kecamatan Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. *Jurnal Transportasi: Sistem, Material, Dan Infrastruktur*, *2*(1), 11–15.

Darmalaksana, W. (2020). Metode penelitian kualitatif studi pustaka dan studi lapangan. *Pre-Print Digital Library UIN Sunan Gunung Djati Bandung*.

Equatora, M. A., & Awi, L. M. (2021). *Teknik pengumpulan data klien*. Bitread Publishing.

Habsy, B. A. (2017). Seni memehami penelitian kuliatatif dalam bimbingan dan konseling: studi literatur. *Jurnal Konseling Andi Matappa*, *1*(2), 90–100.

Hasibuan, M., Refi, S., & Syahadat, R. M. (2020). *Buku Panduan Praktis Elemen Hardscape Pada Taman Lingkungan*. Inspira Pustaka Aksara.

Mallisa, H. (2006). Pengaruh batu pecah terhadap kuat tekan paving block. *SMARTek*, *4*(3).

Mardika, R. A., Khamid, A., Diantoro, W., Apriliano, D. D., & Yunus, M. (2021). Evaluasi dan Kinerja Quick Response Maintenance Ruas Jalan Kebupaten Tegal Menggunakan Asphalt Cold Mix. *Infratech Building Journal*, *2*(2), 80–88.

Priadana, M. S., & Sunarsi, D. (2021). *Metode penelitian kuantitatif*. Pascal Books.

Situmorang, S. H., Muda, I., Doli, M., & Fadli, F. S. (2010). *Analisis data untuk riset manajemen dan bisnis*. USUpress.

Sutrisna, I. G. U. H., & Fibrianti, B. S. (2023). Kegiatan Pendampingan Pemasangab Paving Blok (Lokasi Gang Sekar Sandat No. 2 Lingkungan Pagutan, Kota Mataram). *JURNAL PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT CAHAYA MANDALIKA (ABDIMANDALIKA) e-ISSN 2722-824X*, *4*(2), 128–130.

Yuono, T., & Sungkono, K. K. D. (2019). Evaluasi kondisi jaringan dan perkerasan jalan di lingkungan kelurahan gilingan surakarta. *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*, *24*(1).

ISSN 2987-677X

Metode dan Analisis Perhitungan *Change Contract Order* / *Addendum* Pada Pekerjaan Konstruksi Penambahan Infrastruktur RSUP dr. Ben Mboi Kupang Nusa Tenggara Timur

Muhammad Rachmat Romadhon Ilyas[1,2]
Suratno Lourentius[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

[2] PT. Darmasraya Mitra Amerta

✉ studio.metafora93@gmail.com

✉ suratno.lourentius@ukwms.ac.id

Keberadaan fasilitas pelayanan kesehatan melalui Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan Kementerian Republik Indonesia menyelenggarakan pembangunan konstruksi gedung rumah sakit dan penambahan infrastruktur dikawasan Timur Indonesia di Ambon Maluku, Kupang Nusa Tenggara Timur dan Wamena Papua. Dalam tulisan artikel Keinsinyuran ini penulis mengangkat topik pada pekerjaan Konstruksi di RSUP dr. Ben Mboi Kupang Nusa Tenggara Timur yang merupakan bagian dari upaya Pemerintah Republik Indonesia dalam memberikan Fasilitas Pelayanan Kesehatan, dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi penambahan infrastruktur RSUP dr. Ben Mboi Kupang terdapat permasalahan yang ada dilapangan ditinjau dari kesesuaian antara Gambar Rencana dari Konsultan Perencana dan penerapan pelaksanaan konstruksi dilapangan. Dengan adanya perbedaan antara produk hasil perencanaan dan pengaplikasian hasil perancangan di lapangan, sehingga dari pihak Konsultan Supervisi memberikan alternatif solusi dengan metode penyelesaian permasalahan antara item pekerjaan yang termuat di kontrak awal dengan kondisi kenyataan dilapangan menggunakan studi rekayasa lapangan atau field engineering, perhitungan analisis tambah kurang item pekerjaan yang termuat dalam kontrak / *change contrac oerder*, gambar perubahan, penyesuaian kurva S untuk penjadwalan konstruksi dan kajian evaluasi teknik untuk dimuat dalam dokumen perhitungan *change contract order* / addendum. Dari hasil kajian evaluasi teknik menghasilkan luaran produk dokumen addendum termuat penyesuaian antara kondisi riil dilapangan di tuangkan dalam gambar perubahan dan perhitungan analisis tambah kurang item pekerjaan, penambahan item pekerjaan baru yang menimbulkan biaya konstruksi bertambah nilai kurang dari 10 % dari nilai kontrak awal, dan addendum pemberian kesempatan penambahan waktu kerja konstruksi untuk penyelesaian bobot progres pekerjaan mencapai 100 %. Setelah menganalisis dan mengkaji terhadap perubahan pelaksanaan pada paket pekerjaan Penambahan Infrastruktur Bangunan RSUP dr. Ben Mboi Kupang Tahun 2023 maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:
a. Hasil Pemeriksaan Progress Pekerjaan didapatkan Progress pertanggal 31 Desember 2023 sebesar 90.06 % sesuai dengan hasil Laporan pemeriksaan (terlampir) sehingga sisa progress Pekerjaan tersebut adalah sebesar 9.94 %.
b. Hasil perhitungan jumlah waktu pemberian kesempatan didapatkan selama 30 Hari kalender.
c. Kontraktor Pelaksana diwajibkan memperpanjang jangka waktu jaminan pelaksanaan dan jaminan uang muka.
d. Perubahan yang terjadi akan dituangkan dalam Addendum II Kontrak Pemberian Kesempatan

Kata kunci: *Metode, Analisis, Change Contract Order / Addendum.*

Pendahuluan

Dalam rangka mendekatkan akses masyarakat terhadap fasilitas pelayanan Kesehatan, maka perlu dibangun Rumah Sakit di Kawasan Timur Indonesia. Sesuai arah kebijakan pembangunan nasional RPJMN 2014-2019 dan RPJMN 2020 - 2024 yaitu fokus kepada percepatan pemerataan pembangunan antar wilayah, mendorong transformasi dan akselerasi pembangunan wilayah Kawasan Timur Indonesia (KTI) dalam rangka pemerataan wilayah, termasuk bidang kesehatan. Berdasarkan kebijakan tersebut, Kementerian Kesehatan akan menyelenggarakan pembangunan Rumah Sakit UPT Vertikal di wilayah Kawasan Indonesia Timur yaitu di Ambon Maluku, Kupang Nusa Tenggara Timur dan Wamena Papua. Beberapa isu strategis yang terjadi di Provinsi Nusa Tenggara Timur yang berlanjut sampai saat ini menjadi fokus dibangunnya RS UPT di Kupang Nusa Tenggara Timur diantaranya masih tingginya kasus kematian ibu, bayi dan balita, masih tingginya prevalensi balita gizi kurang dan gizi buruk, masih tingginya angka kematian penyakit menular dan penyakit tidak menular, masih rendahnya akses keterjangkauan terhadap fasilitas kesehatan yang memadai, belum optimalnya mutu pelayanan kesehatan dasar dan rujukan, masih rendahnya akses keterjangkauan perbekalan kesehatan pemenuhan penyediaannya belum optimal, kondisi geografis Provinsi Nusa Tenggara Timur berupa kepulauan dibutuhkan sistem rujukan tersier yang memadai (Sumba, Flores, Sabu, Rote Ndao, Timor, Lembata, Alor, dan daerah sekitarnya), dan belum terpenuhinya

 ISSN 2987-677X

jumlah, jenis, kompetensi dan distribusi tenaga kesehatan serta belum optimalnya dukungan regulasi tenaga kesehatan. Keberadaan RS UPT Vertikal Provinsi NTT bertujuan menghadirkan Negara untuk melindungi segala bangsa dan memberikan rasa aman kepada seluruh warga negara. Hal ini ditunjukkan dengan dibangunnya fasilitas pelayanan kesehatan yang dapat memberikan layanan kesehatan dasar dan rujukan yang komprehensif bagi Provinsi Nusa Tenggara Timur dan sekitarnya, serta meningkatkan penguatan dan keterjangkauan masyarakat terhadap akses program Jaminan Kesehatan Nasional (JKN) terutama penanganan rujukan tersier. Tujuan kedua yaitu membangun Indonesia dari pinggiran dengan memperkuat daerah - daerah dan desa dalam kerangka negara kesatuan. Provinsi Nusa Tenggara Timur termasuk daerah pinggiran yang sudah lama tertinggal dibandingkan dengan daerah - daerah Indonesia bagian Barat lainnya. Pembangunan RS UPT Vertikal di kota Kupang selanjutnya akan menjadi pusat pertumbuhan yang akan menggerakan pembangunan di berbagai sektor dan daerah yang berhubungan dengannya. Tujuan ketiga adalah meningkatkan kualitas hidup manusia Indonesia. Pembangunan RS UPT Vertikal akan berdampak pada peningkatan pelayanan kesehatan bagi masyarakat Provinsi Nusa Tenggara Timur dan sekitarnya. Demikian juga dengan terbangunnya fasilitas pendidikan bidang kesehatan yang menunjang kelengkapan pelayanan sarana kesehatan tersebut. Pembangunan RS UPT Vertikal Provinsi NTT ini adalah agar tersedianya rumah sakit yang berorientasi pada kebutuhan pasien dengan konsep bertumbuh dan pendekatan *green building* untuk masyarakat Nusa Tenggara Timur dan sekitar nya dengan memberikan pelayanan yang professional.

Dalam pelaksanaan konstruksi dengan tujuan tersebut diatas, terdapat beberapa kendala dan permasalahan kondisi Pembangunan konstruksi dilapangan pada unsur penyedia jasa konstruksi baik Konsultan Supervisi dan Kontraktor Pelaksana Konstruksi, dengan pendekatan Metode dan Analisis Justifikasi Teknik untuk tinjau ulang desain Paket pekerjaan Pembangunan Infrastruktur RS UPT Vertikal Kupang meliputi beberapa kajian sebagai Berikut:

Informasi Kegiatan yang mencakup gambaran objek kegiatan dan informasi kontrak.

Permasalahan, yang mencakup tinjauan desain awal dan tinjauan keadaan lapangan serta inventarisasi permasalahan.

Evaluasi atas permasalahan yang ada, mencakup beberapa kajian dalam rangkaian justifikasi teknik, dilanjutkan dengan kajian ulang desain memperoleh jenis dan tingkat penanganan yang akan dituangkan secara rinci dalam gambar kerja dan pengalokasian anggaran untuk tiap item pekerjaan.

Usulan penanganan yang disampaikan dalam 4 (empat) alternatif meliputi :

Alternatif I : Penambahan anggaran sesuai dengan kriteria desain (Fungsional).

Alternatif II : Anggaran Tetap.

Alternatif III : Anggaran Tetap dan pengurangan target Fungsional.

Alternatif IV : Anggaran mengalami pemotongan nilai kontrak.

Dari keempat alternatif tersebut ditetapkan 1 alternatif untuk dituangkan dalam matrik perubahan dana dan Kontrak (CCO)

Metode dan Analisis Justifikasi Teknik RSUP Dr. Ben Mboi Kupang Khususnya untuk Paket Pekerjaan yang dilaksanakan oleh Kontraktor Pelaksana CV. DEWI PERMAI dibuat menindaklanjuti hasil *field engineering* dilakukan bersama 3 (tiga) pihak yaitu, Pejabat Pembuat Komitmen atau Pejabat Penandatangan Kontrak / PPK RSUP Dr. Ben Mboi Kupang, Kontraktor Pelaksana CV. DEWI PERMAI dan pihak Konsultan Supervisi PT. DARMASRAYA MITRA AMERTA selaku Pengawas Lapangan, dievaluasi dan analisa teknik berdasarkan hasil survey dan rekayasa lapangan *(Field Engineering)* disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan lapangan .

Justifikasi teknik adalah untuk menginformasikan adanya penambahan dan pengurangan volume pekerjaan dalam kontrak karena kebutuhan lapangan, perubahan *design* disesuaikan dengan kondisi real lapangan dan kebutuhan yang diperlukan sehingga kemungkinan perlu adanya Pengurangan dan penambahan Volume Pekerjaan yang ada dalam Kontrak. Justifikasi teknik juga diperlukan untuk membuat detail pekerjaan dan memperjelas quantitas pekerjaan.

Pembuatan justifikasi teknik didasari dokumen kontrak Paket pekerjaan Penambahan Infrastruktur Bangunan RS UPT Vertikal Kupang. Berdasarkan Kontrak Nomor : BJ.01.01/D.V.9/2406/2023 Tanggal 01 September 2023 dan dokumen kontrak Addendum. Syarat – Syarat Umum Kontrak yang memuat antara lain:

1. Pasal 36.1 Kontrak hanya dapat diubah melalui Adendum Kontrak
2. Pasal 36.2 Perubahan Kontrak dapat dilaksanakan apabila disetujui oleh para pihak, yang diakibatkan beberapa hal berikut meliputi:
   a) perubahan pekerjaan
   b) perubahan harga Kontrak
   c) perubahan Jadwal Pelaksanaan Pekerjaan;
   d) perubahan Personel Inti; dan/atau
   e) perubahan Kontrak yang disebabkan masalah administrasi
3. Pasal 37.1 Dalam hal terdapat perbedaan antara kondisi lapangan pada saat pelaksanaan dengan gambar dan/atau spesifikasi teknis yang ditentukan dalam dokumen Kontrak, Pejabat yang berwenang untuk menandatangani Kontrak bersama Penyedia dapat melakukan perubahan pekerjaan, yang meliputi:
   a) menambah atau mengurangi volume yang tercantum dalam Kontrak;
   b) menambah dan/atau mengurangi jenis kegiatan/pekerjaan;
   c) mengubah spesifikasi teknis dan/atau gambar pekerjaan; dan/atau
   d) mengubah jadwal pelaksanaan pekerjaan
4. Pasal 37.5 Dalam hal perubahan pekerjaan sebagaimana dimaksud pada pasal 37.1 dan 37.2 mengakibatkan penambahan Harga Kontrak, perubahan Kontrak dilaksanakan dengan ketentuan penambahan Harga Kontrak akhir tidak

 ISSN 2987-677X

melebihi 10% (sepuluh persen) dari harga yang tercantum dalam Kontrak awal dan tersedianya anggaran.

5. Pasal 38.1 Perubahan harga Kontrak dapat diakibatkan oleh:
   a) perubahan pekerjaan;
   b) penyesuaian harga; dan/atau
   c) peristiwa kompensasi.
6. Pasal 38.2 Apabila kuantitas mata pembayaran utama yang akan dilaksanakan berubah akibat perubahan pekerjaan lebih dari 10% (sepuluh persen) dari kuantitas awal, maka pembayaran volume selanjutnya dengan menggunakan harga satuan yang disesuaikan dengan negosiasi.
7. Pasal 38.3 Apabila dari hasil evaluasi penawaran terdapat harga satuan timpang, maka harga satuan timpang tersebut hanya berlaku untuk kuantitas pekerjaan yang tercantum dalam Dokumen Pemilihan. Untuk kuantitas pekerjaan tambahan digunakan harga satuan berdasarkan hasil negosiasi.
8. Pasal 38.4 Apabila ada daftar mata pembayaran yang masuk kategori harga satuan timpang, maka dicantumkan dalam Lampiran A SSKK.
9. Pasal 38.5 Apabila diperlukan mata pembayaran baru, maka Penyedia jasa harus menyerahkan rincian harga satuannya kepada Pejabat Penandatangan Kontrak. Penentuan harga satuan mata pembayaran baru dilakukan dengan negosiasi.
10. Pasal 39.1 Perubahan jadwal pelaksanaan pekerjaan dapat diakibatkan oleh:
    a) perubahan pekerjaan;
    b) perpanjangan Masa Pelaksanaan; dan/atau
    c) Peristiwa Kompensasi.
11. Pasal 39.2 Perpanjangan Masa Pelaksanaan dapat diberikan oleh Pejabat yang berwenang untuk menandatangani Kontrak atas pertimbangan yang layak dan wajar untuk hal-hal sebagai berikut:
    a) perubahan pekerjaan;
    b) Peristiwa Kompensasi; dan/atau
    c) Keadaan Kahar.
12. Pasal 39.3 Masa Pelaksanaan dapat diperpanjang paling kurang sama dengan waktu terhentinya Kontrak akibat Keadaan Kahar atau waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan akibat dari ketentuan pada pasal 39.2 huruf a atau b.
13. Pasal 39.4 Pejabat yang berwenang untuk menandatangani Kontrak dapat menyetujui perpanjangan Masa Pelaksanaan atas Kontrak setelah melakukan penelitian terhadap usulan tertulis yang diajukan oleh Penyedia dalam jangka waktu sesuai pertimbangan yang wajar setelah Penyedia meminta perpanjangan. Jika Penyedia lalai untuk memberikan peringatan dini atas keterlambatan atau tidak dapat bekerja sama untuk mencegah keterlambatan sesegera mungkin, maka keterlambatan seperti ini tidak dapat dijadikan alasan untuk memperpanjang Masa Pelaksanaan.
14. Pasal 39.5 Pejabat yang berwenang untuk menandatangani Kontrak berdasarkan pertimbangan Pengawas Pekerjaan dan Panitia Peneliti Pelaksanaan Kontrak harus telah menetapkan ada tidaknya perpanjangan dan untuk berapa lama.
15. Pasal 39.6 Persetujuan perubahan jadwal pelaksanaan dan/atau perpanjangan Masa Pelaksanaan dituangkan dalam Adendum Kontrak.
16. Pasal 39.7 Jika terjadi Peristiwa Kompensasi sehingga penyelesaian pekerjaan akan melampaui Masa Pelaksanaan maka Penyedia berhak untuk meminta perpanjangan Masa Pelaksanaan berdasarkan data penunjang. Pejabat yang berwenang untuk menandatangani Kontrak berdasarkan pertimbangan Pengawas Pekerjaan memperpanjang Masa Pelaksanaan secara tertulis. Perpanjangan Masa Pelaksanaan harus dilakukan melalui adendum Kontrak.

Amandemen harga kontrak dibuat apabila disetujui oleh para pihak yang membuat kontrak tersebut .

Metode

Sesuai dengan Dokumen Kontrak Penambahan Infrastruktur Bangunan RS UPT Vertikal Kupang dan sebagaimana ketentuan dalam Syarat-syarat Kontrak dan Berita Acara Mutual Check 0% atau MC 0% tentang Rekayasa Lapangan bersama, dapat dirumuskan tentang langkah-langkah pendekatan dan metodologi kerja dalam penyusunan Metode dan Analisis Justifikasi Teknik untuk diterapkan pada paket tersebut.

Proses penyusunan telah mempertimbangkan sasaran akhir dan target penanganan yang disesuaikan dengan tuntutan kondisi aktual, terutama yang berhubungan tingkat penanganan sesuai dengan kondisi Real lapangan dan berdasarkan hasil Survey awal (Rekayasa Lapangan).

Hal pokok dalam proses penyusunan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Mempelajari dokumen kontrak awal dari setiap item pekerjaan.
- Melakukan survey dan rekayasa lapangan, serta mengumpulkan data survey serta klasifikasi pekerjaan konstruksi.
- Hasil perhitungan dan evaluasi disesuaikan dengan gambar desain dan usulan perubahan.
- Menghitung dan mengevaluasi setiap item pekerjaan tambah/kurang dan tambahan item pekerjaan baru
- Menitik beratkan pada pelaksanaan program sesuai dengan sasaran pengendalian mutu, pengendalian waktu dan pengendalian biaya.

Berdasarkan hasil survei tersebut dilakukan perhitungan ulang volume dari setiap jenis pekerjaan yang disesuaikan dengan kebutuhan dilapangan dan dibandingkan dengan kontrak awal/asli.

Hasil Kerja

Addendum 1

1. Tinjauan Permasalahan

Pendekatan Tinjauan Permasalahan Kendala – kendala yang terjadi saat pelaksanaan pekerjaan konstruksi yang dihadapi dilapangan, sebagai berikut :

a. Kendala Non Teknis :

 ISSN 2987-677X

1) Sebagian besar item pekerjaan infrastruktur menggunakan material yang stok material di pulau timur tidak ada, sehingga harus didatangkan dari luar NTT. (Jawa / Surabaya).
2) Keterlambatan stok material bahan bangunan, & keterlambatan tenaga kerja.
3) Relokasi Massa Bangunan Fungsi Pos Gerbang Utama sesuai arahan Bapak Menteri Kesehatan berdasarkan (nota dinas) nomor: kr.02.03./d.xxxiv/3092/2023. Tertanggal 25 Oktober 2023.

b. Kendala Teknis :

1) Pekerjaan Kanopi Pedestrian
Pondasi Tapak
- Gambar Rencana
  - ✓ Pekerjaan Pondasi Tapak Ukuran 50 x 50 cm, pada gambar perencanaan posisinya berada diatas kansteen trotoar.
  - ✓ Ketebalan pondasi tapak, tidak tergambar jelas pada gambar rencana

- Kondisi Lapangan
  - ✓ Penempatan Pondasi Tapak dilapangan tidak dapat dilakukan sesuai gambar rencana,
  - ✓ Perlu dilakukan penyesuaian dengan kondisi lapangan yang mana terdapat saluran persis berada di belakang kansteen.
  - ✓ Posisi Pondasi Tapak perlu dilakukan penyesuaian sejauh 1 m dari posisi gambar rencana (kebelakang saluran eksisting). Terlampir gambar shop drawing.
  - ✓ Perlu ada pedestal sebagai pengikat sloof

2) Pekerjaan Penutup Tampias
   a) Gambar Rencana
   - ✓ Modul rangka penutup tampias belum tergambarkan dalam gambar rencana
   - ✓ Posisi pemasangan penutup tampias belum tergambarkan dalam gambar rencana

   b) Kondisi Lapangan
   - ✓ Perlu adanya gambar rencana untuk dituangkan sebagai shop drawing.

3) Pekerjaan Gerbang Utama
   a) Gambar Rencana
   - ✓ Dalam gambar rencana ada pondasi pedestal, namun dalam RAB belum termuat pekerjaan pondasi pedestal.
   - ✓ Terdapat perbedaan dimensi struktur antara RAB dan gambar sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel. 1. RAB dan Gambar dari Pekerjaan Gerbang Utama

URAIAN	RAB	GAMBAR
FOOTPLATE	100x100	60x60
SLOOF	30X30	15X30
KOLOM	45X45	40X40
	Besi Beton	HB 300
KOLOM KUDA2	WF 500X200	TDK ADA
BALOK KUDA2	WF 500X200	WF 350X175
	WF 500X200	WF 250X125
		WF 200X100

- ✓ Dalam gambar rencana pos jaga terdapat pondasi menerus, namun dalam RAB belum termuat pekerjaan pondasi menerus.
- ✓ Dalam gambar rencana pos jaga terdapat sloof praktis ukuran 15x30, namun dalam RAB belum termuat pekerjaan sloof praktis ukuran 15x30.
- ✓ Dalam gambar rencana pos jaga terdapat balok latai, namun dalam RAB belum termuat pekerjaan balok latai.
- ✓ Dalam gambar rencana pos jaga terdapat pekerjaan rabat lantai tebal 7cm dengan pembesian wiremesh m6 satu lapis, namun dalam RAB belum termuat pekerjaan tersebut.
- ✓ Dalam gambar rencana pos jaga terdapat bentangan dinding sepanjang 5 m dan pertemuan dinding belum ada kolom praktis.
- ✓ Dalam RAB terdapat pekerjaan pintu gerbang, namun gambar rencana belum tergambar bentuk dan detailnya.
- ✓ Dalam gambar rencana konstruksi septictank konvensional, namun dalam RAB menggunakan Septictank BIOTECH-BIOFIL-BIOTANK 1500 L.
- ✓ Dalam gambar rencana pos jaga terdapat Pekerjaan Lantai Homogenous Tile 300 x 300 mm dan Pekerjaan keramik dinding 300 x 300 mm , namun dalam RAB Pekerjaan Lantai Homogenous Tile 600 x 600 mm dan Pekerjaan keramik dinding 300 x 600 mm.
- ✓ Dalam gambar rencana pos jaga terdapat pekerjaan Dak beton elevasi 3.00 meter, namun dalam RAB belum termuat pekerjaan tersebut.
- ✓ Dalam gambar rencana terdapat pekerjaan instalasi listrik dan kelengkapannya, namun dalam RAB belum termuat pekerjaan tersebut.

b) Kondisi Lapangan
1. Perlu adanya gambar rencana untuk dituangkan sebagai shop drawing.
2. Pekerjaan struktur di lapangan telah dilaksanakan sesuai RAB.
3. Perlu adanya pedestal sebagai pengikat sloof.
4. Perlu dilaksanakan pekerjaan pondasi menerus dan sloof praktis ukuran 15x30.
5. Perlu dilaksanakan pekerjaan balok latai untuk perkuatan kusen.
6. Perlu dilaksanakan pekerjaan rabat lantai tebal 7cm dengan pembesian wiremesh m6 satu lapis
7. Perlu adanya kolom praktis yang berfungsi sebagai pengikat dinding.

4) Pekerjaan Me Site
   a) Gambar Rencana

 ISSN 2987-677X

1. Item pekerjaan ME site belum ada pada gambar rencana

b) Kondisi Lapangan
1. Perlu adanya gambar rencana untuk dituangkan sebagai shop drawing

2. Tindakan Solusi Percepatan

Langkah-langkah yang diambil sebagai alternatif solusi percepatan pekerjaan sebagai berikut :
a. Percepatan pengadaan material dilapangan / material on site
b. Penambahan tenaga kerja sesuai bidang & item masing-masing yang akan di kerjakan.
c. Penambahan waktu jam kerja diiringi dengan penambahan tenaga kerja.
d. Menambah tenaga kerja dengan tim kerja yang berbeda dengan membagi shift / waktu jam kerja (Pagi – Sore) dan (Sore – Malam).
e. Menambah kelompok tenaga kerja pada masing-masing item pekerjaan

Hasil kerja Metode dan Analisis Perhitungan Change Contrac Order / Addendum pada pekerjaan konstruksi penambahan infrastruktur RSUP dr. Ben Mboi Kupang termuat dalam dokumen Addendum 1 Nomor : BJ.01.01/D.V.9/3077/2023, Tanggal 13 Desember 2023. Dari kontrak awal Proyek nilai Rp. 3.229.864.500,- menjadi kontrak addendum 2 dengan perubahan nilai Proyek Rp. 3.433.286.000,-. Perubahan Kontrak Addendum sesuai dengan Peraturan Presiden Nomor 12 tahun 2021 tentang LKPP atau Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah yang salah satu pointnya ada perubahan dapat dilakukan dengan nilai tidak lebih dari 10% dari nilai kontak awal.

Kajian Evaluasi Teknis Pemberian Kesempatan

Berdasarkan hasil Supervisi yang dilaksanakan oleh PT. Darmasraya Mitra Amerta dengan adanya indikasi keterlambatan pelaksanaan pekerjaan konstruksi penambahan infrastruktur RSUP dr. Ben Mboi.

Berdasarkan dokumen kajian evaluasi teknis yang dibuat oleh Konsultan Supervisi PT. Darmasraya Mitra Amerta Nomor : 23/PT.DMA/KUPANG/XII/2023, tanggal : 28 Desember 2023 dan pemeriksaan progress pekerjaan tersebut didapatkan pada laporan minggu ke 17 periode tanggal 22 sampai dengan 28 Desember 2023. Pertanggal 28 Desember 2023 bobot kemajuan pekerjaan konstruksi sebesar 78.72 %. Pendekatan progres pekerjaan pada minggu ke 18 periode tanggal 29 sampai dengan 31 Desember 2023 sesuai dengan hasil pengecekan kesediaan material on site, kesediaan alat kerja, kesediaan tenaga kerja, dan laporan pemeriksaan sehingga bobot progres kemajuan pekerjaan konstruksi tersebut pada tanggal 31 Desember 2023 adalah sebesar 90.06 %.

Perhitungan jumlah waktu pemberian kesempatan yang diberikan perlu dilakukan perhitungan tenaga kerja dilapangan dan pengukuran produktifitas tenaga kerja perhari, untuk keseluruhan item pekerjaan yang termuat dalam kontrak addendum 1. Dari hasil perhitungan jumlah tenaga kerja dilapangan didapatkan hasil sebagai berikut :

Pekerja : 7 Orang
Tukang : 6 Orang
Kepala Tukang : 2 Orang
Mandor : 1 Orang +
Total : 16 Orang

Dari jumlah keseluruhan total tenaga kerja diatas tersebut dilakukan pengukuran produktifitas tenaga kerja perhari didapatkan bobot keseluruhan yang dapat diselesaikan dalam sehari adalah 0.33 %, sehingga didapatkan perhitungan jumlah waktu pemberian kesempatan adalah :

Sisa Progres Pekerjaan : 9.94 % = 30 HK
Produktifitas Tenaga Kerja Perhari : 0.33 %

Dari hasil perhitungan jumlah waktu pemberian kesempatan yang didapatkan yaitu 30 Hari Kalender, kemudian dibuatkan Time Schedule Pemberian Kesempatan (Terlampir).

Addendum 2

Hasil kerja Metode dan Analisis Perhitungan Change Contrac Order / Addendum 2 Pemberian Kesempatan sesuai dengan Peraturan LKPP Nomor : 12 Tahun 2021 Pedoman Pelaksanaan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah Melalui Penyedia. Lampiran I Nomor 7.19 Pemberian Kesempatan menyebutkan Dalam hal Penyedia gagal menyelesaikan pekerjaan sampai masa pelaksanaan kontrak berakhir, Pejabat Penandatangan Kontrak melakukan penilaian atas kemajuan pelaksanaan pekerjaan. Hasil penilaian menjadi dasar bagi Pejabat Penandatangan Kontrak untuk : Memberikan kesempatan kepada Penyedia untuk menyelesaikan pekerjaannya dengan ketentuan sebagai berikut :

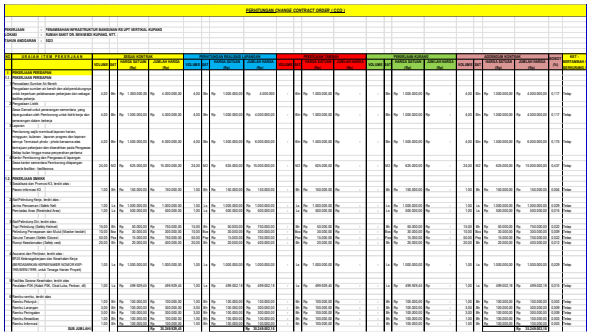
1. Pemberian kesempatan kepada Penyedia menyelesaikan pekerjaan sampai dengan 30 (tiga puluh) hari kalender.
2. Dalam hal setelah diberikan kesempatan sebagaimana angka 1 diatas, Penyedia masih belum dapat menyelesaikan pekerjaan, Pejabat Penandatangan Kontrak dapat : a. Memberikan kesempatan kedua untuk penyelesaian sisa pekerjaan dengan jangka waktu sesuai kebutuhan; atau b. Melakukan pemutusan Kontrak dalam hal Penyedia dinilai tidak akan sanggup menyelesaikan pekerjaannya.
3. Pemberian kesempatan kepada Penyedia sebagaimana dimaksud pada angka 1 dan angka 2 huruf a), dituangkan dalam addendum kontrak yang didalamnya mengatur pengenaan sanksi denda keterlambatan kepada Penyedia dan perpanjangan masa berlaku Jaminan Pelaksanaan (apabila ada).
4. Pemberian kesempatan kepada Penyedia untuk menyelesaikan pekerjaan dapat melampaui tahun anggaran.

Perubahan Kontrak Addendum 2 Pemberian Kesempatan sesuai dengan Peraturan LKPP Nomor : 12 Tahun 2021 Pedoman Pelaksanaan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah Melalui Penyedia. Lampiran I Nomor 7.19 Pemberian Kesempatan menyebutkan Dalam hal Penyedia gagal menyelesaikan pekerjaan sampai masa pelaksanaan kontrak berakhir, termuat dalam dokumen Kontrak Addendum 2 Nomor :

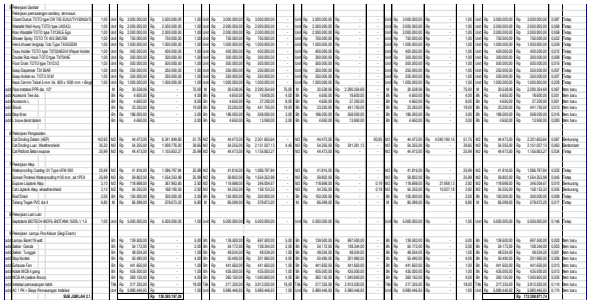
ISSN 2987-677X

BJ.01.01/D.V.9/3274/2023, Tanggal : 28 Desember 2023 tentang Pemberian Kesempatan kepada penyedia jasa pelaksana konstruksi CV. Dewi Permai diberikan waktu 30 Hari Kalender untuk bertanggungjawab menyelesaikan sisa pekerjaan.

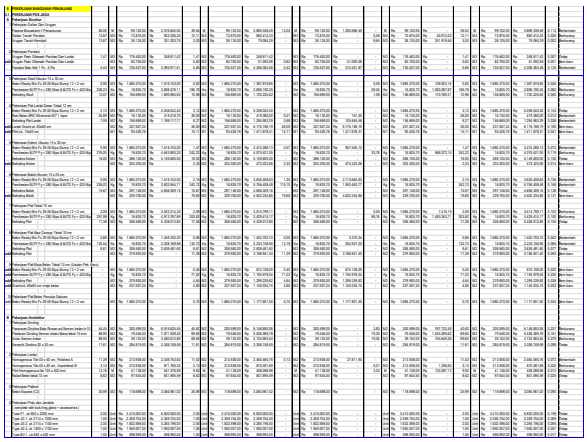
Tabel. 2. *Perhitungan Change Contract Order / CCO*



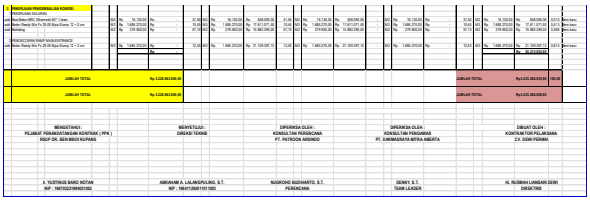
Tabel. 3. Perhitungan Change Contract Order / CCO

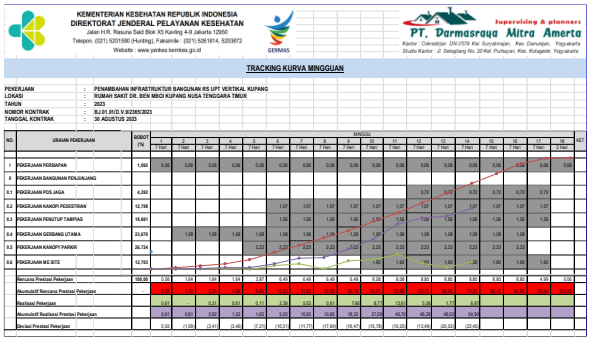


Tabel. 4. Perhitungan Change Contract Order / CCO

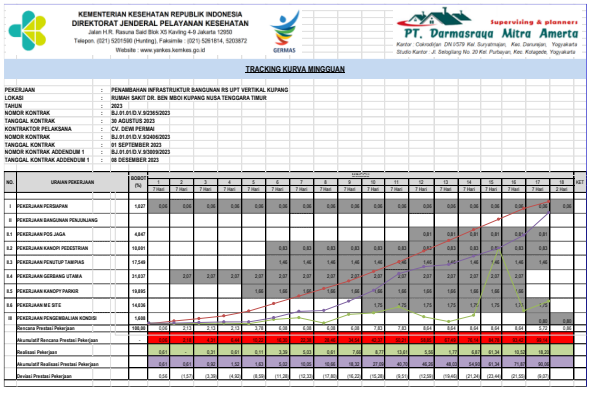


Tabel. 5. Perhitungan Change Contract Order / CCO



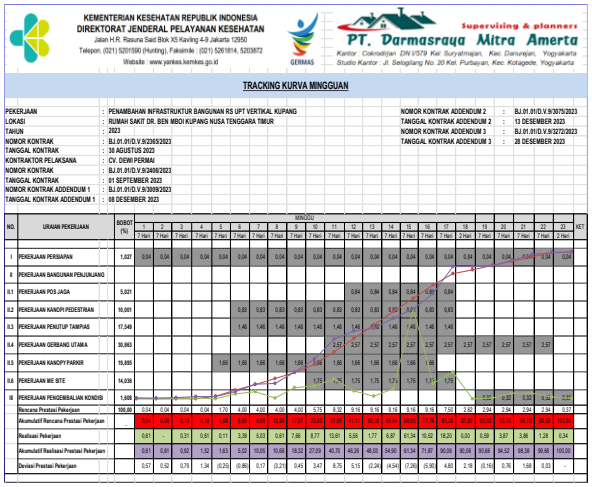


Gambar 1. Schedule Tracking Kemajuan Pekerjaan Bulan Pertama



Gambar 2. Schedule Tracking Kajian Evaluasi Teknis Pemberian Kesempatan

 ISSN 2987-677X



Gambar 3. Schedule Tracking Mutual Check 100% - PHO

Kesimpulan

1) Kesimpulan meliputi
   a. Perubahan pelaksanaan dengan diadakan pekerjaan tambah kurang ini dimaksud untuk mengoptimalkan pemanfaatan penggunaan dana paket kontrak yang telah dialokasikan.
   b. Terjadi Perubahan kuantitas pada beberapa item pekerjaaan sesuai dengan kebutuhan lapangan.
      - Surat Jawaban RFI (Request For Information) dari pihak Konsultan Perencana PT. PATROON ARSINDO Nomor : 001/PA-PP/XII/X/2023 Tanggal : 13 Oktober 2023, Perihal : Jawaban terdapat perbedaan pada gambar rencana dan RAB, penyesuaian gambar rencana pada kondisi lapangan
      - Surat Permohonan Contract Change Order (CCO) dari CV. DEWI PERMAI sebagai Kontraktor Pelaksana.
   c. Sesuai dengan kondisi lapangan dan penyesuaian volume yang ada, maka terjadi tambah kurang volume yang dituangkan dalam lembaran *Contract Change Order (CCO)*.
   d. Pada Meskipun dengan adanya pekerjaan tambah, kurang dan item pekerjaan baru, waktu pelaksanaan tetap tidak ada perubahan sesuai jadwal yang dituangkan dalam kontrak. pada item yang mengalami perubahan kuantitas tidak lebih dari 10 %.
   e. Setiap perubahan pada item pekerjaan di lapangan, maka kuantitas yang tersedia didalam kontrak untuk beberapa item pekerjaan yang mengalami perubahan harus sesuai dengan kuantitas yang dibutuhkan di lapangan, oleh karena itu perlu diadakan penyesuaian kuantitas dengan mengadakan pekerjaan tambah kurang yang dituangkan dalam *Contract Change Order (CCO)*
   f. Hasil estimasi volume dapat dilihat pada lampiran.
   g. Perubahan yang terjadi akan dituangkan dalam dokumen Addendum II Kontrak Pemberian Kesempatan.

2) Rekomendasi

Akibat adanya pekerjaan tambah kurang maka perlu adanya Contract Change Order (CCO) dan addendum Pekerjaan Tambah Kurang perlu segera ditindak lanjuti untuk diaplikasikan. Secara rinci perhitungan pekerjaan tambah kurang menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari usulan justifikasi teknik ini dan disertai dengan Back Up data.

2.1. Usulan Penanganan.

Seperti yang terurai dalam metode Mengenai Lingkup kajian, maka untuk penanganan masalah di Pekerjaan (Penambahan Infrastruktur Bangunan RS UPT Vertikal Kupang) Nomor Kontrak: (BJ.01.01/D.V.9/2407/2023) Tanggal (01 September 2023). Maka diusulkan adalah :

Alternatif I: Penambahan item pekerjaan tambah kurang pekerjaan.

Alternatif II: Penambahan anggaran sesuai dengan kriteria desain (Fungsional).

Saran-Saran

Demi Kelancaran pekerjaan dilapangan kami menyarankan sebagai berikut :

1. Segera Persiapkan Contract Change Order (CCO)
2. Kelengkapan Administrasi sebagai pendukung serta ditindak lanjuti dengan menerbitkan Addendum kontrak terhadap Kontrak Nomor : (BJ.01.01/D.V.9/2407/2023), Tanggal : 01 September 2023.
3. Pihak kontraktor agar segera mengambil langkah – langkah penyesuaian pekerjaan sesuai dengan ketentuan yang ada dan petunjuk Direksi Teknis.
4. Diharapkan kepada kontraktor terus memacu pekerjaan sesuai jadwal pelaksanaan dengan harapan tidak ada perpanjangan waktu dengan segera melakukan percepatan pekerjaan.
5. Kelengkapan Administrasi sebagai pendukung serta ditindak lanjuti dengan menerbitkan Addendum Kontrak terhadap Kontrak Nomor : BJ.01.01/D.V.9/3274/2023, Tanggal : 28 Desember 2023.

Demikian penjelasan Metode dan Analisis Justifiikasi Teknik ini dibuat untuk melengkapi dokumen perubahan pekerjaan.

Ucapan Terima kasih

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan karya tulis artikel keinsinyuran ini. Penulisan karya tulis artikel keinsinyuran ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar profesi Insinyur (Ir.) pada Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan

 ISSN 2987-677X

dari berbagai pihak, cukup sulit bagi saya untuk menyelesaikan karya tulis artikel keinsinyuran ini. Oleh sebab itu saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ivan Gunawan, S.T., M.MT. CSCM. IPM. ASEAN Eng. Selaku Kaprodi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
2. Bapak Dr. Ir. Suratno Lourentius, MS., IPM Selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dukungan serta masukan kepada penulis.
3. Bapak dr. Aswan Usman, M.Kes Selaku Direktur Fasilitas Pelayanan Kesehatan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
4. Bapak dr. H. Annas Ahmad, Sp.B, FICS Selaku Direktur Utama RSUP dr. Ben Mboi Kupang.
5. Bapak Ir. Yustinus Baro Notan Selaku PPK Pekerjaan Perencanaan, Pengawasan, & Pelaksanaan Konstruksi Penambahan Infrastruktur RSUP dr. Ben Mboi Kupang
6. Bapak Abraham Abson Lalangpuling, S.T. selaku Direksi Teknis RSUP dr. Ben Mboi Kupang.
7. Bapak Alfredo K. D. Hayon, S.T. Selaku Koordinator Pengawas Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT
8. Desry Nitanel S. Kikhau, S.T. Selaku Pengawas Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT.
9. Bapak Wildan Hanggoro Kasih Selaku Direktur PT. Darmasraya Mitra Amerta
10. Bapak Denny, S.T. Selaku Team Leader Konsultan Supervisi PT. Darmasraya Mitra Amerta
12. Bapak Fachruly Usman, S.T. Selaku Site Manager Kontraktor Pelaksana CV. Dewi Permai.
13. Terimakasih yang spesial yang tak terhingga kepada Ibu Siti Chamsinatain Selaku Orangtua dari penulis yang senantiasa memberikan doa dan dukungan agar penulis bisa lulus dengan baik dari Prodi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala.
14. Terimakasih kepada rekan kerja tim konsultan PT. Darmasraya Mitra Amerta dan kontraktor CV. Dewi Permai Bapak H. Akhmar, Bapak Saragi, Adam, Maruba Sitinjak, S.Tr.T, Clementino, S.T., Alfridus, A.Md., Hans, A.Md., dan ferdinan Betty yang telah bekerjasama dalam proses pembangunan konstruksi infrastruktur RSUP dr. Ben Mboi Kupang.

Referensi

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 2 tahun 2017 tentang jasa konstruksi.

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 11 tahun 2020 tentang cipta kerja dan peraturan turunannya.

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 28 tahun 2002 tentang bangunan Gedung.

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 36 tahun 2009 tentang Kesehatan.

Kitab Undang-undang Hukum Perdata (Buku III tentang perikatan).

Peraturan Pemerintah Nomor 29 tahun 2000 tentang penyelenggara jasa konstruksi sebagaimana yang telah diubah beberapakali terakhir dengan peraturan pemerintah nomor 54 tahun 2016. Jakarta: 2021

Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 12 tahun 2021 tentang LKPP / Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah. Jakarta: 2021

Peraturan Pemerintah Nomor 16 tahun 2021 tentang peraturan pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang bangunan Gedung.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 29/ PRT/ M/2006 tahun 2006 tentang pedoman persyaratan teknis bangunan Gedung.

Peraturan Presiden Nomor 16 tahun 2018 tentang pengadaan barang/jasa pemerintah beserta perubahannya dan aturan turunannya.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 08/PRT/M/2011 tahun 2011 tentang standar dan pedoman pengadaan pekerjaan konstruksi dan jasa konsultansi sebagaimana telah diubah beberapakali terakhir dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 31/PRT/M/2015.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 22/PRT/M/2018 tahun 2018 tentang pembangunan bangunan gedung negara.

Peraturan Lembaga Pengadaan Barang dan Jasa Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 tahun 2021 tentang pedoman pelaksanaan pengadaan barang / jasa pemerintah melalui penyedia.

DIPA Direktorat Fasilitas Pelayanan Kesehatan, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Nomor SS DIPA-024.04.1.466080/2023 tahun 2023.

Aswan Usman. Monitoring Evaluasi Percepatan Pekerjaan Pembangunan dan Pengembangan RS UPT Vertikal dikawasan Indonesia Timur. Hasil Pekerjaan Supervisi Penambahan Infrastruktur RSUP dr. Ben Mboi Kupang dan Monitoring Pengawasan disajikan dalam kegiatan Evaluasi 13 November 2023. Jakarta: Ditfasyankes Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Denny. Laporan Hasil Pekerjaan Supervisi Penambahan Infrastruktur RSUP dr. Ben Mboi Kupang. Laporan Akhir Pengawasan disajikan dalam Paparan Serah Terima Pekerjaan Pertama , 02-03 Februari 2024. Kupang: RSUP dr. Ben Mboi. Jakarta: Ditfasyankes Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Denny. Laporan Hasil Kajian Evaluasi Teknik Pekerjaan Supervisi Penambahan Infrastruktur RSUP dr. Ben Mboi Kupang. Makalah disajikan dalam Rapat Kajian Evaluasi Teknik Pekerjaan. 28 Desember 2023 Kupang: RSUP dr. Ben Mboi. Jakarta: Ditfasyankes Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

ISSN 2987-677X

Manajemen Risiko Bidang Pengembangan Akademik sebagai Upaya Penguatan Tata Kelola Perguruan Tinggi yang Berkelanjutan

Wiwin Widiasih[1,2], Nanis Susanti[3], Fajar Astuti Hermawati[4], Lusia Permata Sari Hartanti[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

[2] Program Studi Teknik Industri, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

[3] Program Studi Manajemen, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

[4] Program Studi Teknik Informatika, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

✉ wiwin_w@untag-sby.ac.id

Risiko merupakan kemungkinan penyimpangan dari harapan dan dapat menilmbulkan kerugian. Manajemen risiko bertujuan untuk mengelola potensi risiko agar dapat dilakukan mitigasi. Manajemen risiko dapat diterapkan pada bidang manapun tidak terkecuali dunia pendidikan. Tata Kelola Perguruan Tinggi merupakan aspek penting untuk mencapai visi misi Universitas. Badan Pengembangan Akademik merupakan unit pendukut untuk melaksanakan amanat Permendikbud dalam menjalan pendidikan tinggi serta berkomitmen untuk menjalankan *academic excellent* dalam menciptkan lulusan yang unggul, inovatif, dan kompeten di bidangnya. Masa tunggu dan angka serapan juga merupakan capaian dari jalannya kurikulum yang diterapkan. Model dan *framework* yang digunakan untuk manajemen risiko yaitu ISO 31000:2009. Manajemen Risiko diawali dengan penetapan konteks, identifikasi risiko dari keempat bidang yaitu pengembangan kurikulum dan pembelajaran, pengembangan program dan akreditasi internasional, pengembangan BKP MBKM, dan manajemen data dan e-learning ditemukan 8 risiko (strategis dan operasional). Selanjutnya risiko tersebut dinilai *likelihood* dan *consequences* didapatkan tingkat risiko. Penilaian tersebut dilakukan menggunakan kuisioner dan dinilai dengan *expert judgment*. Setelah dinilai risiko dilakukan evaluasi pada *risk mapping* dan disimpulkan bahwa R1 dan R3 adalah risiko extreme dan segera dirumuskan aksi mitigasi. R1 adalah Risiko perangkat pembelajaran OBE belum lengkap sedangkan R3 adalah Risiko tidak terakreditasi internasional.

Kata kunci: akademik, Perguruan Tinggi, risiko, tata kelola

Pendahuluan

Risiko adalah kemungkinan terjadinya penyimpangan dari harapan yang dapat menimbulkan kerugian (Widiasih & Karningsih, 2013) (Widiasih et al., 2015). Risiko dapat diartikan juga sebagai faktor penghambat atau kendala dalam sebuah organisasi (Yuniawati & Widiasih, 2019). Pengelolaan yang baik terhadap risiko baik yang pernah, sedang, dan berpotensi terjadi ini dapat memberikan keuntungan bagi organisasi.

Manajemen risiko sangat penting diterapkan oleh banyak institusi seperti perbankan, dunia usaha dan bisnis baik bidang manufaktur maupun jasa, pemerintahan, dan tak terkecuali dunia pendidikan (Syamsia et al., 2022). Manajemen risiko dilakukan untuk menangani dampak potensi bahaya pada organisasi ke tingkat yang dapat diterima. Penerapan manajemen risiko dalam institusi pendidikan harus dilakukan secara komprehensif dengan mempertimbangkan risiko yang ditimbulkan oleh semua aktivitas tata kelola pendidikan (Maria, 2023).

Menurut Permendikbudristek Nomor 53 Tahun 2023, Perguruan Tinggi merupakan tempat penyelenggaraan pendidikan tinggi untuk mencapai tujuan pendidikan tinggi yang berperan strategis dalam mencerdaskan kehidupan bangsa, serta memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk kemajuan pembangunan bangsa Indonesia yang berkelanjutan. Selain itu juga menjamin penyelenggaraan pendidikan tinggi yang efektif, inklusif, dan adaptif sesuai dinamika perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi dan kehidupan masyarakat dan menjamin penyelenggaraan pendidikan tinggi untuk menghasilkan Sumber Daya Manusia unggul dan mendorong perguruan tinggi untuk secara berkelanjutan meningkatkan mutu melampaui SN Dikti.

Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya (Untag Surabaya) merupakan salah satu Perguruan Tinggi Swasta di Jawa Timur yang berkomitmen dalam menjalankan Tri Dharma Perguruan Tinggi sesuai standar nasional, regional bahkan internasional. Visi yang diusung yaitu menjadi universitas unggul berbasis nilai dan karakter bangsa. Untuk mencapai visi tersebut beberapa upaya dilakukan seperti penguatan tata kelola universitas (*good university govermance*), penguatan jejaring kerjasama baik dalam maupun luar negeri, dan menanamkan nilai-nilai moral, akademik, budaya, dan karakter bangsa.

 ISSN 2987-677X



Gambar 1 Tujuan Strategis Untag Surabaya Tahun 2021-2025

Rencana Strategis (Renstra) Untag Surabaya 2021-2025 menaruh perhatian pada evolusi Pendidikan Tinggi baik dalam maupun luar negeri. Untuk mencapai sasaran strategis pada tahap kedua yaitu optimalisasi sumber daya untuk meningkatkan manajemen Perguruan Tinggi yang unggul dan menggalakkan kerjasama dengan orientasi pada karya dan produk yang memenuhi standar internasional dan tahap ketiga yaitu optimalisasi dan ekspansi pendidikan, penelitian, dan pengabdian dengan lulusan dan karya serta produk unggul di wilayah Asia Tenggara dan di Asia, maka Untag Surabaya menetapkan tiga tujuan strategis 2021-2025 pada Gambar 1 di atas.

Kebijakan strategis juga telah dirumuskan dan dilaksanakan Untag Surabaya untuk menuju *ASEAN Qualified University* antara lain meningkatkan kualitas mutu pembelajaran melalui kajian dan evaluasi kurikulum secara berkala yang mengacu pada perkembangan IPTEK serta mengimplementasikan teknologi terintegrasi yang mampu mendukung akademik secara efektif, menerapkan dan memperbarui secara berkala sistem informasi terintegrasi serta meningkatkan performansi layanan teknologi informasi sesuai dengan perkembangan IPTEK, memberikan pembelajaran mahasiswa yang efektif dan adaptif sesuai dengan kebutuhan industri, serta memberikan pelatihan softskill maupun hardskill dan peningkatan sarana prasarana IT yang mendukung kebutuhan industri saat ini, mewujudkan program *academic excellence* di Untag Surabaya dalam rangka menghasilkan lulusan yang unggul, inovatif dan kompeten di bidangnya, menjalankan komitmen mutu akademik berskala internasional melalui kolaborasi perguruan tinggi bereputasi dengan meningkatkan publikasi internasional bereputasi dan meningkatkan sistem penjaminan mutu internal dalam bidang akademik.

Badan Pengembangan Akademik (BPA) Untag Surabaya mulai kembali diaktifkan pada tahun 2021 bertujuan untuk menjadi unit pendukung kegiatan akademik di bawah koordinasi Wakil Rektor 1. Secara umum BPA Untag Surabaya ini memiliki empat pokok pengembangan yaitu pengembangan kurikulum dan pembelajaran, pengembangan program dan akreditasi internasional, pengembangan BKP MBKM, dan pusat e-*learning management system*. Oleh karena itu, tugas dan fungsi daripada BPA Untag Surabaya perlu dioptimalkan guna pencapaian tujuan strategis Untag Surabaya.

Dalam kegiatan BPA Untag Surabaya tersebut pasti bersinggungan dengan stakeholder internal antara lain Program Studi, Dosen, dan Mahasiswa. Kegiatan pengembangan kurikulum dan pembelajaran serta Program MBKM akan banyak bersinggungan dengan Program Studi, Dosen pengampu Mata Kuliah, dan mahasiswa. Pada kegiatan tersebut juga perlu stakeholder eskternal yaitu mitra kerjasama untuk memperkuat pengembangan kurikulum, pembelajaran, dan program MBKM. Mitra kerjasama baik DUDI, instansi pemerintah dan swasta akan menjadi demand (tempat serapan) lulusan yang menjadi output dari kurikulum. Oleh karena itu, dalam pengembangan kurikulum dan pembelajaran diperlukan mitra untuk mengindentifikasi kebutuhan kompetensi untuk dapat diserap secara langsung. Hal tersebut perlu dilakukan secara berkala. Selain itu mitra kerjasama dalam program MBKM diperlukan sebagai tempat untuk mengembangkan kompetensi mahasiswa dan mendapatkan pengalaman praktik langsung di dunia kerja. Program MBKM juga wajib difasilitasi oleh kurikulum, sehingga perubahan kurikulum perlu disesuaikan secara berkala dan dalam perubahan tersebut pastilah memiliki risiko.

Kegiatan pengembangan program dan akreditasi internasional juga memiliki potensi risiko serta kegagalan yang dapat berdampak pada tidak tercapainya tujuan strategis Untag Surabaya. Oleh karena itu dalam pengembangan program dan akreditasi internasional memiliki fokus khusus untuk dapat meraih rekognisi internasional. Dalam kegiatan manajemen data dan *e-learning* perlu sistem informasi akademik yang terintegrasi, hal ini mengantisipasi *user* (dalam hal ini dosen dan mahasiswa) lupa menghafalkan *user-password* pada SIM. Pengelolaan website BPA sebagai sumber informasi baik dosen dan mahasiswa juga perlu ditingkatkan, tidak hanya dari segi isi (*content*) melainkan juga dari segi keamanan (*cyber security*). Selain itu pengelolaan *e-learning* sebagai penunjang dan media pembelajaran perlu difokuskan pada kemudahan pengguna dan estetika untuk pelayanan yang prima.

Kajian manajemen risiko pada bidang akademik atau dunia pendidikan telah banyak dilakukan seperti pada manajemen risiko pada Perguruan Tinggi Swasta (Mesiono et al., 2023), manajemen risiko akademik di Departemen Manajemen Bisnis ITS (Prasetyo et al., 2018), manajemen risiko penerapan teknologi informasi (Jakaria et al., 2013) dan (Susanti et al., 2018) , manajemen risiko keamanan informasi menggunakan Framework NIST SP 800-30 STIMK Sumedang (Mahardika, 2017), kajian konseptual analisis risiko di Perguruan Tinggi (Syamsia et al., 2022), dan kajian risiko untuk penguatan akuntanbilitas pendidikan tinggi yang

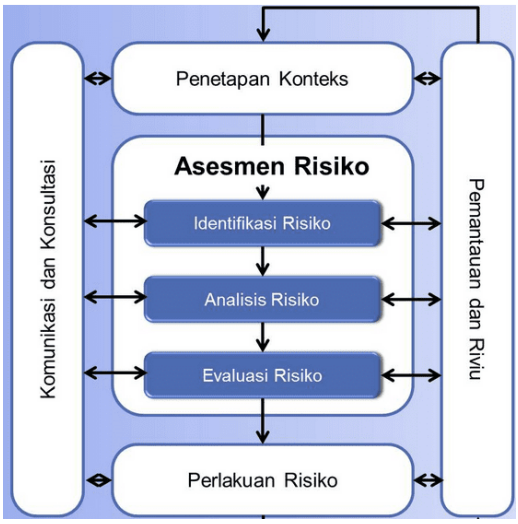
 ISSN 2987-677X

baik dari organisasi yang bertransformasi (Pradesa et al., 2021).

Untuk melakukan penguatan tata kelola organisasi yang berkelanjutan di bidang akademik maka perlu melakukan kajian atau manajemen risiko pada BPA Untag Surabaya agar dapat diketahui mitigasi untuk pencapaian tujuan strategis Untag Surabaya sesuai dengan linimasa yang ditargetkan. Penelitian ini akan diawali dengan melakukan identifikasi risiko pada setiap bidang kerja atau program di BPA Untag Surabaya, mengidentifikasi akar penyebab terjadi potensi risiko, penilaian risiko (analisis dan evaluasi), serta rekomendasi mitigasi risiko. Pendekatan manajemen risiko yang akan dilakukan menggunakan Framework Manajemen Risiko ISO 31000:2009.

Metode

Dalam melakukan manajemen risiko ini akan dilakukan menggunakan Framework Manajemen Risiko ISO 31000:2009.



Gambar 2 *Framework* Manajemen Risiko ISO 31000:2009

ISO 31000 dapat memberikan panduan secara mendetail dengan menggunakan desain dan implementasi secara terencana dari konsep manajemen risiko dan kerangka kerja yang perlu mempertimbangkan berbagai kebutuhan organisasi tertentu, tujuan tertentu, konteks, struktur, operasi, proses, fungsi, proyek, produk, jasa, atau aset dan praktik tertentu yang digunakan. Hal ini bertujuan agar ISO 31000 digunakan untuk menyelaraskan proses manajemen risiko dalam standar yang ada dan masa depan.

ISO 31000 merupakan sebuah framework (kerangka) yang digunakan untuk mengimplementasikan manajemen risiko. Sebuah perusahaan atau organisasi terlebih dahulu akan menggambarkan framework agar mempermudah memetakan proses manajemen risikonya dengan menggunakan *risk architecture*, strategi dan arahan organisasi.

Hasil Kerja

Penetapan Konteks

Dalam tahap penetapan konteks disini dideskripsikan sebagai ruang lingkup dan pembatasan objek yang akan dikaji dan dikelola risiko. Ruang lingkup kajian risiko kali ini yaitu tugas dan fungsi pokok dari unit BPA Untag Surabaya yang merupakan unit pendukung untuk pengembangan akademik seperti kurikulum dan media pembelajaran, program MBKM, program dan akreditasi internasional serta manajemen data dan *e-learning management system*.

Identifikasi Risiko

Pada tahap ini dilakukan identifikasi risiko. Risiko yang diidentifikasi dikategorikan terhadap tipe-tipe risiko antara lain risiko strategis, risiko keuangan, risiko operasional, risiko hukum, dan risiko reputasi. Menurut Muhaimin dalam (Prasetyo et al., 2018) risiko strategis merupakan risiko yang berpengaruh terhadap kemampuan kinerja suatu organisasi dalam mencapai tujuan yang ingin dicapai. Risiko keuangan merupakan risiko yang akan berpengaruh terhadap aset/kepemilikan yang dimiliki organisasi. Risiko operasional merupakan risiko yang berdampak pada kelangsungan proses manajemen yang dilakukan oleh organisasi. Risiko hukum merupakan risiko yang akan berdampak pada kemampuan prsoes serta prosedur internal sebuah organisasi untuk memenuhi hukum serta legalitas yang berlaku dalam organisasi. Risiko reputasi merupakan risiko yang berdampak pada kredibilitas serta citra (merek) dari organisasi lembaga pendidikan terkait.

Tabel 1 Identifikasi Risiko

No	Bidang	Risiko	Tipe
1	Pengembangan kurikulum dan pembelajaran	a. Perangkat pembelajaran OBE belum lengkap	Strategis
		b. Masa tunggu lulusan lama	Strategis
2	Pengembangan program dan akreditasi internasional	a. Tidak terakreditasi internasional	Strategis
		b. Program double degree tidak berjalan	Operasional
3	Pengembangan program BKP MBKM	a. Mahasiswa tidak dapat upgrade kompetensi sesuai bidangnya pada program MBKM	Strategis
		b. Konversi MBKM tidak dapat diklaim	Operasional
4	Manajemen data dan *e-learning*	a. Bank Data masih belum terintegrasi	Strategis
		b. E-learning belum mudah dalam akses materi, referensi, dan tugas	Operasional

 ISSN 2987-677X

Tabel 1 di atas adalah identifikasi risiko pada setiap bidang kerja yang ada di BPA Untag Surabaya. Risiko yang telah diidentifikasi kemudian dikategorikan pada tipe-tipe risiko. Tahap identifikasi risiko ini dilakukan secara kualitatif yaitu brainstorming dan diskusi bersama personil BPA Untag Surabaya.

Analisis Risiko

Pada tahap ini dilakukan penilaian risiko. Penilaian dilakukan secara kualitatif melalui penyebaran kuisioner dan wawancara terstruktur dengan menggunakan skala likert serta menggunakan expert judgement. Skala likert bernilai 1-5 untuk masing-masing tingkat *severity* dan *likelihood*.

Tabel 2 Skala Frekuensi Kejadian Risiko (Likelihood)

Skala	Frekuensi Kejadian	Kategori
5	Dapat terjadi setiap saat (>7 kali)	Hampir pasti
4	Sering terjadi (6-7 kali)	Sering
3	Pernah terjadi (4-5 kali)	Biasa
2	Jarang terjadi (2-3 kali)	Rendah
1	Hampir tidak pernah, sangat jarang terjadi (0-1 kali)	Sangat rendah

Tabel 3 Skala Dampak Kejadian Risiko (Consequences)

Skala	Frekuensi Kejadian	Kategori
5	Dampak risiko terasa sangat signifikan	Katastropik
4	Dampak risiko terasa signifikan	Tinggi
3	Dampak risiko terasa biasa	Biasa
2	Dampak risiko sedikit tidak terasa	Rendah
1	Dampak risiko tidak terasa sama sekali	Sangat rendah

Berikut adalah hasil penilaian risiko

Tabel 4 Hasil Analisis Risiko

Kode	Risiko	*Likelihood*	*Consequences*
R1	Perangkat pembelajaran OBE belum lengkap	5	5
R2	Masa tunggu lulusan lama	3	4
R3	Tidak terakreditasi internasional	3	5
R4	Program double degree tidak berjalan	3	2
R5	Mahasiswa tidak dapat upgrade kompetensi sesuai bidangnya pada program MBKM	1	4
R6	Konversi MBKM tidak dapat diklaim	3	3
R7	Bank Data masih belum terintegrasi	3	2
R8	E-learning belum mudah dalam akses materi, referensi, dan tugas	2	2

Evaluasi Risiko

Pada tahap evaluasi risiko dilakukan evaluasi dengan melihat risk mapping. *Risk mapping* dikategorikan kedalam empat golongan yaitu *low risk*, *moderate risk*, *high risk*, dan *extreme risk*. Hal ini dilakukan bertujuan untuk menentukan arah dari keempat risiko tersebut mana yang harus dimitigasi terlebih dahulu.

Frekuensi Risiko	Dampak Risiko				
	1	2	3	4	5
5	H	H	E	E	E
4	M	H	H	E	E
3	L	M	H	E	E
2	L	L	M	H	E
1	L	L	M	H	H

Keterangan :
E= *Extreme risk* H=*High risk* M = *Moderate risk* L = *Low risk*

Gambar 2 *Risk Mapping*

Tabel 5 Hasil Analisis Risiko

Kode	*Likelihood*	*Consequences*	*Risk Potential Number*	Tingkat Risiko
R1	5	5	25	*Extreme*
R2	3	4	12	*High*
R3	3	5	15	*Extreme*
R4	3	2	6	*Medium*
R5	1	4	4	*High*
R6	3	3	9	*High*
R7	3	2	6	*Medium*
R8	2	2	4	*Low*

Risk Potential Number (RPN) didapatkan dari perkalian nilai *likelihood* dan *consequences*. Tingkat Risiko dideskripsikan pada tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6 Tingkat Risiko dan Aksi yang Diperlukan

Tingkat Risiko	Aksi yang diperlukan
Extreme risk	Perlu dilakukan aksi yang secepat mungkin
High risk	Diperlukan perhatian manajemen Tingkat senior
Moderate risk	Tanggung jawab manajemen harus diperhatikan kembali
Low risk	Diatur oleh prosedur rutin

Mitigasi Risiko

Pada tahap ini dilakukan penetapan langkah-langkah yang dilakukan untuk memitigasi risiko yang telah diidentifikasi secara lebih lanjut, berikut merupakan perlakuan terhadap risiko antara lain:

a. Dihindari: respon yang dilakukan dengan cara melakukan perubahan rencana untuk mengeliminasi risiko dan dampaknya.

 ISSN 2987-677X

b. Dipindahkan: respon yang dilakukan dengan cara memindahkan risiko kepada pihak lain.
c. Reduksi: respon yang dilakukan dengan cara mencari alternatif tindakan untuk mengurangi tingkat probabilitas dan konsekuensi dari risiko yang terjadi.
d. Diterima: respon yang dilakukan dangan cara menerima risiko, tanpa melakukan perubahan pada penyusunan strategi.

Dari kedelapan risiko dua risiko memiliki tingkat risiko extreme yaitu R1 dan R3. Oleh karena itu perlu rekomendasi mitigasi yang sesuai untuk mengatasi risiko tersebut antara lain:

1. R1 Risiko perangkat pembelajaran OBE belum lengkap. Upaya yang perlu dilakukan yaitu:

a. Melakukan pendampingan dan bimbingan teknis untuk kelengkapan perangkat pembelajaran secara rutin
b. Memberikan workshop atau lokakarya RPS dan perangkat pendukungnya
c. Membuat kompetisi inovasi pembelajaran
d. Melakukan evaluasi kurikulum berkala

2. R3 Risiko tidak terakreditasi internasional. Upaya yang perlu dilakukan yaitu:

a. Melakukan Upaya benchmarking kepada PT yang telah terakreditasi unggul
b. Menyiapkan Sumber Daya dan fasilitas untuk menunjang akreditasi unggul
c. Melakukan upaya *tracer study* dengan baik agar dapat menjalin komunikasi dan hubungan baik dengan alumni serta pengguna lulusan
d. Melakukan tri dharma PT dengan baik
e. Meningkatkan publikasi internasional

Kesimpulan

Dalam kajian risiko badan pengembangan akademik sebagai Upaya penguatan tata kelelola organisasi yang berkelanjutan, terdapat 8 risiko yang telah diidentifikasi yang mana merupakan risiko strategis dan operasional. Kemudian telah dilakukan analisis dan evaluasi, dinyatakan bahwa R1 dan R3 adalah risiko extreme dan harus segera diberikan aksi mitigasi. Sedangkan R2 R5 dan R6 merupakan risiko tinggi, dan R4 dan R7 adalah risiko medium. Risiko rendah ada pada R8. Rekomendasi mitigasi risiko juga telah dirumuskan untuk mengantisipasi risiko extreme.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada keluarga dan teman sejawat BPA atas segala dukungan dalam menyelesaikan studi di PSPI UKWMS. Terima kasih juga ditujukan kepada Badan Pengembangan Akademik Untag Surabaya yang menjadi objek dalam kajian manejemen risiko yang diangkat penulis dalam artikel ilmiah ini.

Referensi

Jakaria, D. A., Dirgahayu, R. T., & Hendrik. (2013). Manajemen Risiko Sistem Informasi Akademik pada Perguruan Tinggi Menggunakan Metoda Octave Allegro. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2013*, 37–42.

Mahardika, F. (2017). Manajemen Risiko Keamanan Informasi Menggunakan Framework NIST SP 800-30 Revisi 1. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, *02*(02), 1–8.

Maria, A. (2023). Manajemen Risiko Tata Kelola Pendidikan di Akademi Kesehatan Jphn Paul II Pekanbaru. *Indonesian Journal of Intellectual Publication*, *3*(1), 11–18.

Mesiono, Kesuma, W., Lestario, F., & Harahap, D. (2023). Manajemen Risiko di Perguruan Tinggi Swasta. *Journal on Education*, *05*(03), 8402–8411.

Pradesa, H. A., Purba, C. O., & Priatna, R. (2021). Menilai risiko dari organisasi yang bertransformasi: pelajaran terbaik untuk penguatan akuntabilitas pendidikan tinggi di Indonesia. *Jurnal Akuntabilitas Manajemen Pendidikan*, *9*(2), 146–158.

Prasetyo, A. Y. D., Noer, B. A., & Bramanti, G. W. (2018). *Manajemen Risiko Bidang Akademik Pada Departemen Manajemen Bisnis Institut Teknolo Sepuluh Nopember*. ITS Surabaya.

Susanti, Syamsuar, D., & Kunang, Y. N. (2018). Manajemen Risiko Penerapan Teknologi Informasi pada universitas Bina Darma. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, *September*, 380–385.

Syamsia, J. D., Saerang, D. P. E., Maramis, J. B., Dotulong, L. O. H., & Soepeno, D. (2022). *Kajian Konsptual Analisis Risiko Operasional di Perguruan Tinggi*. *10*(2), 1171–1178.

Widiasih, W., & Karningsih, P. D. (2013). Pengelolaan Risiko pada Updating Computer Integrated Manufacturing (CIM) di Perusahaan Pakan Ternak. *Jurnal Teknik POMITS*, *2*(1), 117–122.

Widiasih, W., Karningsih, P. D., & Ciptomulyono, U. (2015). Identifikasi Risiko pada Saat Implementasi Lean Manufacturing dengan Metode Delphi. *Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXIII*, *2003*, 1–8.

Yuniawati, P. S., & Widiasih, W. (2019). Usulan Strategi Mitigasi Risiko UMKM Handycraft di Sentra UKM Purabaya. *Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Gadjah Mada 2019*, 69–74.

 ISSN 2987-677X

Rancang Bangun *Inflatable Vest* Sebagai Alat Terapi *Deep Pressure* Untuk Penyandang Autisme

Jamari[1,2]

[1]Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya

[2]Program Studi Teknik Mesin, Universitas Diponegoro, Semarang

✉ j.jamari@gmail.com

Peningkatan jumlah penyandang *autism spectrum disorder* (ASD) di Indonesia, yang kini mencapai 2,4 juta orang dengan tambahan 500 orang baru setiap tahun, menuntut terapi yang lebih efektif, cepat, dan praktis. Terapi *deep pressure*, sebagai bagian dari terapi sensori integrasi, terbukti cukup efektif untuk digunakan. Namun demikian, dalam penggunaannya tergolong tidak praktis akibat ukuran dan berat alat terapinya. Hal ini mendorong kebutuhan akan alat terapi yang lebih *portable*, ringan, dan mudah digunakan di berbagai situasi. Sebuah alat terapi *deep pressure* yang inovatif berupa *Inflatable Vest* telah berhasil dikembangkan. Dengan inovasi *wearable* dan kontrol pneumatik yang memungkinkan penyesuaian tekanan menjadikan produk ini sangat mudah digunakan dan bersifat *mobile*. Vest ini dirancang melalui proses yang mencakup definisi dan perencanaan, perancangan konsep dan produk, dokumentasi, hingga pembuatan produk, dengan hasil akhir berupa vest yang tekanannya dapat diatur sesuai kebutuhan. Performansi vest ini telah diuji dan menunjukkan kesalahan pembacaan tekanan hanya 2%. Inflatable Vest ini menjadi salah satu solusi untuk kebutuhan alat bantu medis yang praktis dan efektif, khususnya dalam memberikan ketenangan bagi penyandang autisme ataupun mereka yang mengalami stres dan kecemasan.

Kata kunci: perancangan, *deep pressure*, *inflatable vest*, kecemasan, autisme

Pendahuluan

Hampir satu miliar orang di seluruh dunia menderita gangguan mental, neurologis, dan penggunaan narkoba. Terlebih lagi, dunia baru saja dilanda wabah pandemi COVID-19 yang berdampak parah pada semua sektor termasuk kesehatan mental yang menyebabkan peningkatan kecemasan, depresi, dan penyalahgunaan narkoba (World Health Organization, 2022). Setidaknya terdapat 53,2 juta kasus baru (prevalensi 3,1/100) gangguan depresi mayor dan 76,2 juta kasus baru (prevalensi 4,8/100) gangguan kecemasan secara global akibat pandemi COVID-19 (Santomauro et al., 2021). Masalah kesehatan mental seperti stres juga bisa disebabkan oleh variabel lain. Remaja di negara berkembang melaporkan bahwa masalah keuangan, tekanan sosial, hingga beban pendidikan dapat mempengaruhi tingkat stres (Astutik et al., 2020; Fejes et al., 2020; Suchday et al., 2006).

Stres datang dalam berbagai bentuk emosional, mental, dan fisik, disebut stressor. Jika stressor terlalu berat dan tidak dapat diatasi, stres menjadi kronis. Ini terkait dengan perubahan otak dan dapat menyebabkan disfungsi kognitif, emosional, dan perilaku, serta meningkatkan risiko gangguan kejiwaan. Penelitian juga menyoroti dampak stres pada sistem neuroimun, memperlihatkan keterkaitan antara stres, masalah psikologis, dan risiko penyakit fisik (Mariotti, 2015).

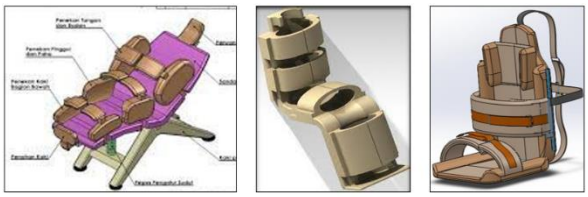
Terapi sentuh telah ada selama berabad-abad dan terus berkembang menjadi berbagai model dan gaya, dan diyakini dapat mengurangi nyeri otot, menghilangkan stres, dan memberikan relaksasi (Field, 2000). Terapi sentuh bekerja melalui sistem somatosensori yang terkait secara eksplisit dengan pemrosesan sensasi taktil dan proprioseptif (Ross et al., 2019). *Deep Pressure Therapy* (DPT) merupakan salah satu terapi integrasi sensorik yang menerapkan gaya taktil mekanis pada tubuh yang diproses oleh mechanoreceptors yang memulai transmisi saraf taktil. Terapis okupasi banyak menggunakan DPT, terutama ketika mendukung anak-anak dengan *Autism Syndrome Disorder*/ASD (Bestbier & Williams, 2017). Tekanan mendalam (DPT) akan memberikan efek menenangkan dengan meningkatkan kadar neurotransmitter serotonin dan dopamin (Taylor et al., 2017).

Model terapi untuk ASD berdasarkan integrasi sensorik bermanfaat untuk menutupi kekurangan model terapeutik lain seperti terapi perilaku karena lebih murah dan lebih mudah dilakukan. Ini juga akan menguntungkan pertumbuhan perangkat medis di negara-negara berkembang, khususnya Indonesia, yang membutuhkan biaya perangkat medis yang lebih murah

 ISSN 2987-677X

(Ammarullah et al., 2021). Banyak alat DPT telah dikembangkan, yang umumnya dikategorikan sebagai *non-wearable* seperti *Hug Machine* (Grandin, 1984), Hug'm *Apparatus* (Krauss, 1987), *Weighted Blanket*; dan DPT yang dapat dikenakan seperti *Compression Garment*, T-*Jacket* (Poon et al., 2014), dan *Weighted Vest* (Taylor et al., 2017).

Di Indonesia, satu-satunya kelompok riset yang meneliti terapi *deep pressure* hanya ada di Undip Biomechanics Engineering & Research Centre (UBM-ERC). Sejak 2010, alat terapi *deep pressure* dikembangkan dari *non-wearable* yang kemudian berkembang terus hingga menjadi *wearable*.



Gambar 1. Perkembangan *deep pressure tools* rancangan UBM-ERC.

Ditunjukkan pada Gambar 1, *Hug Machine* (2010), *Autism Mobile Seat* (2013), dan *Autism Hug Machine Portable Seat* (AHMPS) menjadi deretan perkembangan *deep pressure tools* rancangan UBM-ERC (Afif et al., 2021). Saat ini pengembangkan *wearable tools* berupa rompi mengembang (*inflatable vest*) yang lebih portable, *compact*, dan memiliki efek terapi yang lebih baik sedang dan terus dikembangkan.

Metode

Metode perancangan pada penelitian ini merujuk pada teori yang digunakan Harsokoesoemo (2004), yang dibagi ke dalam beberapa fase yaitu: Fase Definisi dan Perencanaan Proyek, Penyusunan Spesifikasi Teknis Produk, Fase Perancangan Konsep, Fase Perancangan Produk, Fase Dokumentasi, dan terakhir Fase Pembuatan Produk.

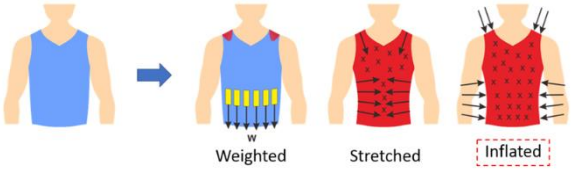
Pada fase perancangan, terdiri dari dua bagian utama yaitu perancangan komponen mekanik dan perancangan komponen elektrik. Perancangan komponen mekanika terdiri dari pemilihan konsep dasar bentuk *deep pressure*, pemilihan jenis sumber tekanan (aktuator), dan pemberian bentuk (*embodiment*). Perancangan komponen elektrik terdiri dari perancangan sistem HMI, pemilihan komponen elektrika, dan perancangan sistem *monitoring* dan *database*.

Untuk menguji keberhasilan produk, metode pengujian yang dilakukan meliputi: pengujian fungsi *deep pressure*, pengujian *monitoring* dan akuisisi data, dan penilaian subjektif terhadap alat oleh *user*.

Hasil

Perancangan Konsep

Konsep rompi (*vest*) dipilih karena dengan memberikan tekanan pada *trunkus* maka efek ketenangan (*calming effect*) akan lebih optimal, seperti ketika sedang dipeluk. Terdapat beberapa mekanisme yang dapat diaplikasikan, namun dengan evaluasi kriteria yang diinginkan, didapat hasil terbaik diberikan oleh mekanisme penggembungan dengan udara (*inflated/inflatable*). Gambar 2 menunjukkan perbedaan mekanisme pada *weighted, stretched* dan *inflated*. Kelebihan dan kekurangan dari mekanisme-mekanisme tersebut dijelaskan pada Tabel 1. Di sini, mekanisme pulled dijadikan sebagai acuan.



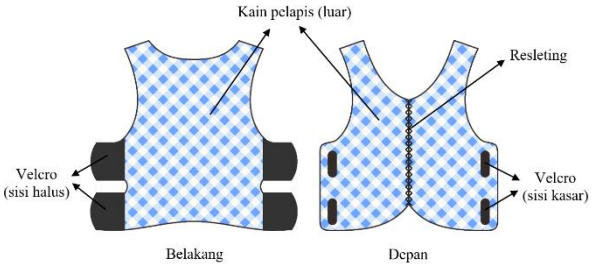
Gambar 2. Perbedaan sumber tekanan pada rompi

Tabel 1. Evaluasi sumber tekanan.

Kriteria	*Weighted*	*Stretched*	*Inflated*	*Pulled*
Tekanan merata	-	+	+	REFERENSI
Tekanan dapat diatur	S	-	+	
Mudah dioperasikan	+	+	+	
Compact	+	+	S	
Skor	**1**	**2**	**3**	**0**

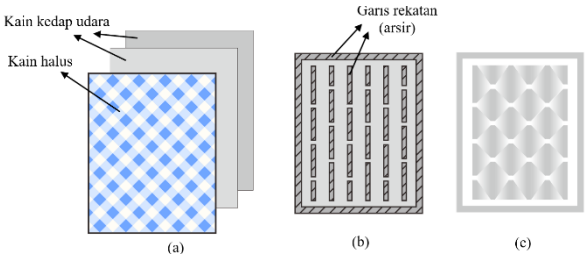
Perancangan Produk

Hasil perancangan konsep kemudian dikembangkan menjadi pemberian bentuk (*embodiment*) seperti ditunjukkan pada Gambar 3 dengan skema lapisan layer ditunjukkan pada Gambar 4 dan dimensi pada Gambar 5.

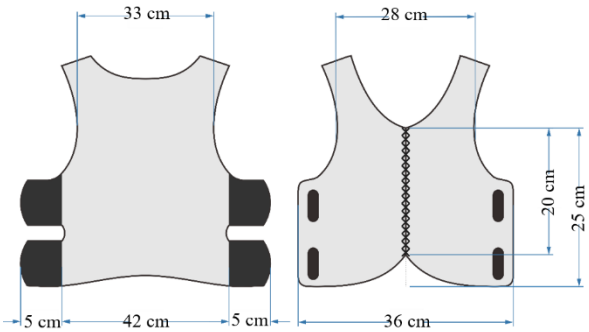


Gambar 3. *Embodiment* konsep terpilih

 ISSN 2987-677X



Gambar 4. Skema lapisan *inflated part*



Gambar 5. Keterangan dimensi alat

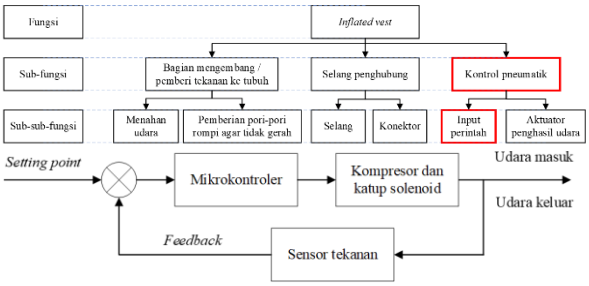
Kemudian untuk tahap pembuatan produk, daftar material (*bill of material*) untuk memproduksi sesuai desain hasil rancangan ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Daftar material *inflatable vest*

Bagian	Jenis Material
Bahan bagian mengembang	PU *Coated Airtight*
Bahan lapisan luar	Kain katun halus
Perekat	Velcro
Pengait depan	Resleting plastik
Selang udara	Silikon

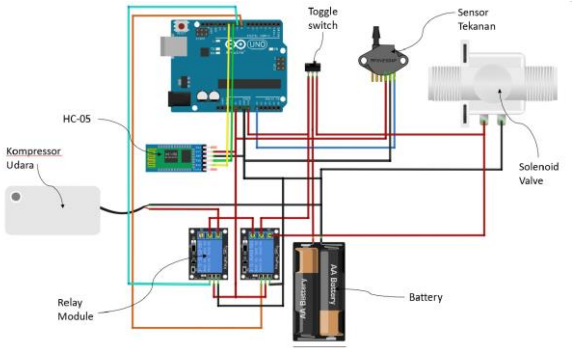
Perancangan Sistem Kontrol Pneumatik

Pada fase ini, sistem kontrol yang merupakan bagian dari elektronika dirancang. Diagram fungsi sistem pneumatic yang akan digunakan ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram fungsi kontrol pneumatik

Sistem pneumatik kemudian dibuat *wiring* diagramnya seperti pada Gambar 7. Menggunakan mikrokontroler yang mengatur proses keluar masuknya udara berdasar *setting point* yang diinput, terdapat kompresor udara mini dan katup solenoid yang mengatur buka tutup alur udara sehingga udara di dalam rompi akan ditahan ketika mencapai *setting point.*



Gambar 7. *Wiring diagram* sistem pneumatik *inflated vest.*

Hasil akhir perancangan komponen mekanik dan elektrik kemudian disatukan menjadi *inflated vest* utuh seperti ditunjuukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. *Inflatable vest* hasil rancangan.

Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan dengan menguji performa kompresor dalam mencapai *setting point.* Dengan tiga titik referensi yang dipakai yaitu 5 kPa, 10 kPa, dan 15 kPa, *inflatable vest* dinyalakan dan kemudian dicatat tekanan yang terbaca saat kompresor otomatis mati dan waktu untuk mencapai tekanan tersebut. Didapatkan bahwa rata-rata terdapat eror 2% dari *setting point* dan waktu capai yang bervariasi seperti ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian performa *inflatable vest*

Set point tekanan	Tekanan terbaca	Selisih	Error	Waktu *steady*
5,0	5,0	0,0	0%	8
10,0	9,7	0,3	3%	12
15,0	14,6	0,4	3%	15

Kesimpulan

Alat terapi *deep pressure* berupa *inflatable vest* dengan sistem pneumatik berhasil dibuat dengan tingkat eror pembacaan *setting point* tekanan sekitar 2%. Alat terapi

 ISSN 2987-677X

ini diharapkan mampu menjawab tantangan dalam pengembangan dunia medis khususnya alat bantu untuk penyandang autisme di Indonesia. Alat terapi *deep pressure* masih terus dikembangkan oleh UBM-ERC dalam berbagai model yang lebih *compact* dan handal dalam memberikan efek ketenangan dan mengurangi stress dan kecemasan. Potensi aplikasi alat terapi *deep pressure* ini sangat banyak dan tidak terbatas untuk pasien ASD.

Ucapan Terima kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi pada penelitian ini terutama seluruh peneliti di UBM-ERC.

Referensi

Afif, I. Y., Maula, M. I., Aliyafi, M. B., Aji, A. L., Winarni, T. I., & Jamari, J. (2021). Design of Hug Machine Portable Seat for Autistic Children in Public Transport Application. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *1096*(1), 012034. https://doi.org/10.1088/1757-899x/1096/1/012034

Ammarullah, M. I., Afif, I. Y., Maula, M. I., Winarni, T. I., Tauviqirrahman, M., Akbar, I., Basri, H., Heide, E. Van Der, & Jamari, J. (2021). Tresca Stress Simulation of Metal-on-Metal Total Hip Arthroplasty during Normal Walking Activity. *Materials*, *14*(24), 7554. https://doi.org/10.3390/ma14247554

Astutik, E., Sebayang, S. K., Puspikawati, S. I., Tama, T. D., & Dewi, D. M. S. K. (2020). Depression, anxiety, and stress among students in newly established remote university campus in Indonesia. *Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences*, *16*(1), 270–277.

Bestbier, L., & Williams, T. I. (2017). The Immediate Effects of Deep Pressure on Young People with Autism and Severe Intellectual Difficulties: Demonstrating Individual Differences. *Occupational Therapy International*, *2017*, 7534972. https://doi.org/10.1155/2017/7534972

Fejes, I., Ábrahám, G., & Légrády, P. (2020). The effect of an exam period as a stress situation on baroreflex sensitivity among healthy university students. *Blood Pressure*, *29*(3), 175–181. https://doi.org/10.1080/08037051.2019.1710108

Field, T. (2000). *Touch Therapy*. Churchill Livingstone.

Grandin, T. (1984). My experiences as an autistic child and review of selected literature. *Journal of Orthomolecular Psychiatry*, *13*(3), 144–174.

Krauss, K. E. (1987). The Effects of Deep Pressure Touch on Anxiety. *American Journal of Occupational Therapy*, *41*(6), 366–373. https://doi.org/10.5014/ajot.41.6.366

Mariotti, A. (2015). The effects of chronic stress on health: New insights into the molecular mechanisms of brain-body communication. *Future Science OA*, *1*(3). https://doi.org/10.4155/fso.15.21

Poon, K. K., Chew, I., Tan, A., & Teh, J. (2014). The effectiveness of the t. jacket for children with autism spectrum disorders. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilties*, *27*(4), 384.

Ross, T. A., Kennedy, T., Barton, M., & Cadogan, A. (2019). Pressure Seeker©: Integration of self-regulated deep pressure solutions into wearables. *Materials Today: Proceedings*, *16*, 1431–1435.

Santomauro, D. F., Mantilla Herrera, A. M., Shadid, J., Zheng, P., Ashbaugh, C., Pigott, D. M., Abbafati, C., Adolph, C., Amlag, J. O., Aravkin, A. Y., Bang-Jensen, B. L., Bertolacci, G. J., Bloom, S. S., Castellano, R., Castro, E., Chakrabarti, S., Chattopadhyay, J., Cogen, R. M., Collins, J. K., … Ferrari, A. J. (2021). Global prevalence and burden of depressive and anxiety disorders in 204 countries and territories in 2020 due to the COVID-19 pandemic. *The Lancet*, *398*(10312), 1700–1712. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02143-7

Suchday, S., Kapur, S., Ewart, C. K., & Friedberg, J. P. (2006). Urban stress and health in developing countries: Development and validation of a neighborhood stress index for India. *Behavioral Medicine*, *32*(3), 77–86. https://doi.org/10.3200/BMED.32.3.77-86

Taylor, C. J., Spriggs, A. D., Ault, M. J., Flanagan, S., & Sartini, E. C. (2017). A systematic review of weighted vests with individuals with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, *37*, 49–60. https://doi.org/10.1016/j.rasd.2017.03.003

World Health Organization. (2022). *World health statistics 2022: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals*. http://apps.who.int/bookorders.

 ISSN 2987-677X

STUDI EKSPERIMENTAL TORSI PADA RODA GIGI POLIMER MENGGUNAKAN *ADDITIVE MANUFACTURING*.

Rochmad Winarso[1,2], Taufiq Hidayat[1,2], Sugeng Slamet[1,2], Rasional Sitepu[2]

[1] Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muria Kudus
[2] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

rochmad.winarso@umk.ac.id

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menentukan jenis roda gigi dan bahan polimer yang menghasilkan roda gigi polimer cetak 3D dengan torsi terbesar. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh material dan jenis roda gigi terhadap torsi yang dihasilkan, serta mencapai torsi maksimum pada roda gigi cetak 3D. Analisis kekuatan torsi pada roda gigi lurus dan roda gigi miring dilakukan menggunakan metode aditif manufaktur dengan pendekatan kuantitatif melalui eksperimen. Penelitian ini menggunakan spesimen dari tiga jenis filamen: PLA, ABS, dan Nylon. Jenis roda gigi pada material ABS dan Nylon tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap torsi yang dihasilkan, sedangkan pada material PLA, jenis roda gigi berpengaruh signifikan terhadap torsi yang dihasilkan. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa jenis material (ABS, PLA, dan Nylon) secara signifikan mempengaruhi torsi yang dihasilkan. Material PLA menghasilkan torsi tertinggi dibandingkan dengan ABS dan Nylon. Ke depannya, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh variabel lain seperti modul dan spesifikasi parameter pencetakan terhadap torsi pada roda gigi polimer.

Kata kunci: roda gigi, polimer, additive manufacturing, torsi

Pendahuluan

Saat ini, roda gigi polimer digunakan dalam berbagai aplikasi yang semakin luas berkat kemajuan teknologi aditif manufaktur dan inovasi material. Roda gigi polimer memiliki beberapa keunggulan dibandingkan roda gigi logam dalam bidang tertentu, seperti teknik kedirgantaraan dan teknik otomotif. Keunggulan tersebut meliputi biaya produksi yang rendah, kepadatan rendah, inersia rendah, efisiensi tinggi, kemampuan menyerap goncangan dan getaran, serta kemampuan berfungsi dengan sedikit atau tanpa pelumasan (Kumar Maurya et al., 2020)..

Roda gigi yang dicetak menggunakan teknologi 3D printing menawarkan opsi yang layak dan efektif untuk berbagai aplikasi mekatronika, seperti robot industri, sistem bedah robotik, peralatan diagnostik, printer, pemindai, kamera digital, peralatan optik, serta kendaraan udara dan darat tanpa awak (Ciobanu et al., 2024).. Roda gigi polimer banyak digunakan di berbagai sektor, termasuk industri makanan, listrik, dan tekstil, karena biayanya yang murah, konstruksinya yang ringan, ketahanan terhadap korosi, dan pengoperasiannya yang senyap operation (Nejad et al., 2021; Tunalioglu & Agca, 2022). Dengan berkembangnya teknologi aditif manufaktur dan pengembangan material berbasis polimer baru, penggunaan roda gigi polimer semakin meningkat. Namun, kelemahan utama roda gigi polimer adalah masa pakainya yang pendek, yang terutama disebabkan oleh sifat termal material yang kurang baik (Zorko et al., 2019).

Berbagai jenis roda gigi, seperti *bevel gears, spur gears, helical gears, rack and pinion,* dan *worm wheels*, digunakan untuk transmisi daya. Kategori roda gigi involut dengan sumbu paralel silinder meliputi *spur gears, helical gears,*, dan *double helical gears*. Roda gigi ini dapat diproduksi secara massal dan mungkin memiliki jejak gigi yang melengkung (Arafa & Bedewy, 2012). Spur gears, digunakan ketika kedua poros tempat roda gigi dipasang harus sejajar. Pada roda gigi ini, giginya lurus dan sejajar dengan sumbu poros, sehingga mudah diproduksi karena konstruksi dan desainnya yang sederhana. Oleh karena itu, spur gears memiliki berbagai macam aplikasi dalam industri (Naresh et al., 2019).

Penggunaan teknik aditif manufaktur (AM) atau pencetakan 3D telah mengalami peningkatan popularitas yang signifikan. Pencetakan 3D biasanya paling cocok untuk produksi skala kecil, komponen yang ringkas, dan desain yang rumit. Pencetakan 3D dianggap hemat biaya jika jumlah produksi kurang dari 1000 unit dibandingkan dengan cetakan injeksi plastik (Berman, 2012). Aditif manufaktur atau pencetakan 3D adalah proses yang melibatkan penggabungan, pengikatan, atau pengerasan resin cair dan bubuk untuk membuat objek. Teknologi pencetakan 3D dikenal dengan berbagai akronim seperti *rapid prototyping* (RP), *rapid manufacturing* (RM), 3D printing (3DP), *direct digital manufacturing* (DDM), dan *solid freeform fabrication* (SFF) (Abdulhameed et al., 2019; Winarso et al., 2022).

Tiga bentuk kegagalan yang berbeda diidentifikasi selama pengujian kegagalan eksperimental roda gigi polimer yang mengalami berbagai beban eksternal pada pasangan roda gigi: fraktur akar gigi, deformasi gigi, dan peleburan gigi (Muminovic et al., 2022). Pengujian masa pakai roda gigi polimer yang diproduksi dengan cara dipotong telah menunjukkan bahwa berbagai tingkat beban menyebabkan skenario kegagalan yang berbeda. Mode kegagalan juga bergantung pada material roda gigi dan bentuk roda gigi (Zorko et al., 2017).

Berbagai penelitian telah menyelidiki karakteristik keausan dan kinerja roda gigi polimer yang diproduksi menggunakan pencetakan 3D. Harsha et al., (2021) melakukan analisis komparatif terhadap karakteristik keausan roda gigi dari bahan PLA, ABS, dan Nilon, dan menentukan bahwa PLA menunjukkan keausan paling

 ISSN 2987-677X

sedikit. Tunalioglu & Agca, (2022) menemukan bahwa PLA memiliki ketahanan aus yang lebih baik dibandingkan dengan ABS dan PETG. Menurut Chisiu et al., (1964), PLA menunjukkan koefisien gesekan yang lebih rendah dibandingkan dengan ABS, menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam sistem gesekan. Dalam sebuah penelitian yang dilakukan oleh Zhang et al., (2020), ditemukan bahwa Nylon 618 memiliki ketahanan aus yang lebih unggul dibandingkan dengan bahan cetak 3D lainnya. Selain itu, roda gigi yang dicetak 3D menunjukkan kinerja yang lebih baik daripada roda gigi yang dicetak dengan injeksi dalam kondisi torsi rendah hingga sedang. Kalani et al., (2022) meneliti karakteristik suhu dan keausan roda gigi taji polimer nilon PA-12 yang dicetak 3D, dan mengamati penurunan daya tahan dalam kondisi torsi dan kecepatan tinggi. Studi-studi ini menyoroti potensi roda gigi cetak 3D dan menekankan perlunya penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan sifat mekaniknya.

Berbagai penelitian telah menyelidiki karakteristik mekanis roda gigi yang dihasilkan melalui pencetakan 3D. Penelitian yang dilakukan oleh (Norani et al., 2021) menunjukkan bahwa kekuatan tarik akhir roda gigi polimer yang dicetak dengan 3D sangat dipengaruhi oleh persentase pengisi dan arah orientasi. Pemilihan bahan polimer merupakan faktor penting, di mana PLA, ABS, dan PLA/PHA menunjukkan hasil yang baik dalam hal kompresi, tarik, dan ketahanan terhadap guncangan (Pop et al., 2020). Karakteristik mekanis dari komponen cetak 3D sangat terkait dengan teknik manufaktur dan dapat bervariasi tergantung pada faktor-faktor seperti suhu pencetakan, kecepatan, dan kepadatan pengisi density (Shkundalova et al., 2018). Kim, (2017) menekankan pengaruh kondisi permukaan pada pengukuran yang tepat dan sifat gigi yang diproduksi menggunakan pencetakan 3D. Glukchov et al., (2019) memperkenalkan teknik pencetakan 3D radial yang bertujuan untuk meningkatkan daya tahan dan akurasi roda gigi polimer.

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menentukan jenis roda gigi dan bahan polimer mana yang menghasilkan roda gigi polimer cetak 3D dengan torsi yang dihasilkan terbesar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki pengaruh material dan jenis roda gigi terhadap torsi yang dihasilkan, serta mencapai torsi maksimum pada roda gigi cetak 3D.

Metode

Analisis kekuatan torsi pada roda gigi lurus dan roda gigi miring menggunakan metode aditif manufaktur dilakukan dengan pendekatan kuantitatif melalui eksperimen. Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari tiga jenis filamen: PLA, ABS, dan Nylon. Proses pembuatan melibatkan pemodelan 3D roda gigi lurus dan roda gigi miring menggunakan perangkat lunak Autodesk Fusion 360, yang kemudian dicetak dengan mesin 3D. Selanjutnya, roda gigi diuji, hasil pengujiannya dianalisis, dan data diolah.Tahap awal penelitian ini melibatkan pengumpulan data dari buku, jurnal, internet, dan sumber karya ilmiah lainnya. Informasi dan data yang relevan diperoleh melalui pembacaan dan kemudian dilakukan pengkajian terhadapnya.

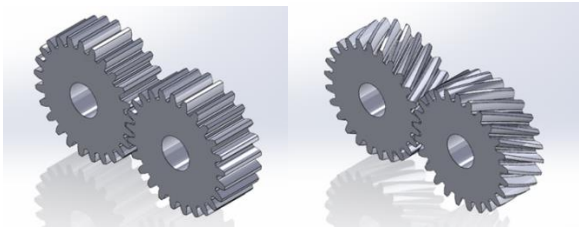
Desain Roda Gigi

Sejumlah dimensi yang ada pada roda gigi dapat dijadikan referensi dalam perancangan roda gigi lurus. Dimensi-dimensi tersebut mencakup diameter roda gigi, tinggi kepala, tinggi kaki, kelonggaran kepala, diameter lingkaran kepala, diameter lingkaran kaki, kedalaman total, kedalaman penuh, tebal gigi, dan jarak antara pusat roda gigi yang dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

Proses desain roda gigi menggunakan perangkat lunak Autodesk Fusion 360 dengan hasil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 1. Parameter Desain Roda Gigi

Parameter	Jenis Roda Gigi	
	Roda Gigi Lurus	Roda Gigi Miring
Modul	2	2
Jumlah Gigi Pinion	25	25
Jumlah Gigi Gear	25	25
Sudut Tekan	20°	20°
Sudut Kemiringan	-	30°
Lebar gigi	20 mm	20 mm
Diameter *pitch*	50 mm	50 mm
Diameter luar *pitch*	54 mm	54 mm
Diameter lubang	15 mm	15 mm
Addendum	2 mm	2 mm
Dedendum	2,5 mm	2,5 mm
Working depth	4 mm	4 mm
Min total *depth*	4,5 mm	4,5 mm
Tooth thickness	3,1416 mm	3,1416 mm
Minimum clereance	0,5 mm	0,5 mm
Fillet radius at root	0,8 mm	0,8 mm



(a) (b)

Gambar 1. Desain Roda Gigi Lurus dan Roda Gigi Miring

Proses Manufaktur Roda Gigi

Roda gigi dicetak menggunakan tiga jenis filament yang berbeda, yaitu ABS, PLA, dan Nylon, menggunakan teknik Fused Deposition Modeling (FDM) untuk pencetakan 3D. Proses ini juga dimanfaatkan untuk pembuatan model dan prototipe. Printer 3D yang menggunakan teknologi ini membangun bagian demi bagian dari bawah ke atas dengan memanaskan dan mengekstrusi filamen termoplastik sesuai dengan data 3D yang diberikan ke printer. Setiap lapisan mengeras saat diletakkan dan terikat ke lapisan sebelumnya. Pencetakan dilakukan menggunakan Mesin 3D Printing tipe ENDER 5 yang dapat dilihat bentuknya pada Gambar 2.



Gambar 2. Mesin 3D Printing tipe ENDER 5

 ISSN 2987-677X

Hasil pencetakan Roda Gigi Lurus dan Roda Gigi Miring dengan menggunakan filamen ABS, PLA, dan Nylon menggunakan mesin 3D Printing akan dibagi menjadi tiga bagian untuk dilakukan tiga kali pengujian, seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3.Hasil Cetak Roda Gigi Filamen PLA, ABS, dan Nylon

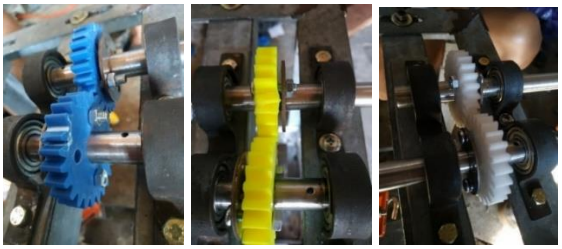
Pengujian Torsi Roda Gigi

Setelah proses pencetakan, dilakukan pengujian torsi pada roda gigi lurus dan roda gigi miring yang terbuat dari material plastik ABS, PLA, dan Nylon menggunakan alat uji yang terlihat pada Gambar 4. Hasil pengujian torsi pada roda gigi mencakup parameter massa, gaya, dan hasil akhir dari pengujian roda gigi lurus dan roda gigi miring.



Gambar 4. Alat Uji Torsi

Proses pengujian torsi roda gigi lurus dapat ditunjukkan pada Gambar 5 dan pengujian torsi roda gigi miring dapat ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 1. Hasil Pengujian Roda Gigi Lurus



Gambar 2 Hasil Pengujian Roda Gigi Miring

Hasil Kerja

Massa Roda Gigi

Hasil pengujian massa roda gigi lurus dan miring yang terbuat dari bahan plastik ABS, PLA, dan Nylon terdokumentasi dalam Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Data Massa Roda Gigi Lurus dan Roda Gigi Miring

No.	Jenis Roda Gigi	Jenis Material	Massa (kg)		
			Uji 1	Uji 2	Uji 3
1.	Roda Gigi Lurus	ABS	171,5	176,0	172,0
		PLA	291,0	282,0	289,0
		NYLON	78,50	76,75	81,0
2.	Roda Gigi Miring	ABS	149,6	163,0	158,0
		PLA	202,3	196,0	191,4
		NYLON	86,80	81,60	79,20

Gaya

Setelah mendapatkan data massa, hasil pengujian roda gigi lurus dan miring yang terbuat dari material plastik ABS, PLA, dan Nylon diproses untuk mendapatkan informasi tentang gaya, yang terdokumentasi dalam Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Data Gaya Roda Gigi Lurus dan Roda Gigi Miring

No.	Jenis Roda Gigi	Jenis Material	Gaya (N)		
			Uji 1	Uji 2	Uji 3
1.	Roda Gigi Lurus	ABS	1680,7	1742,8	1685,6
		PLA	2851,8	2763,6	2832,2
		NYLON	769,3	752,15	793,8
2.	Roda Gigi Miring	ABS	1466,08	1597,4	1548,4
		PLA	1982,54	1920,8	1875,72
		NYLON	850,64	799,68	776,16

Torsi

Hasil pengujian torsi statis roda gigi lurus yang terbuat dari material plastik ABS, PLA, dan Nylon ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Torsi maksimum pada Roda Gigi Lurus dan Roda Gigi Miring

No.	Jenis Roda Gigi	Jenis Material	Torsi Maksimal (N.mm)		
			Uji 1	Uji 2	Uji 3
1.	Roda Gigi Lurus	ABS	12605,25	12936	12642
		PLA	21388,8	20727	21241,5
		NYLON	5769,75	5641,125	5953,5
2.	Roda Gigi Miring	ABS	10995,6	11980,51	11613
		PLA	14869,05	14406	14067,9
		NYLON	6379,8	5997,6	5821,2

Analisys of varians (ANOVA) memberikan probabilitas bahwa hasil yang diamati terjadi karena peluang acak. Jika nilai p-value kurang dari tingkat signifikansi, maka variabel tersebut dianggap signifikan secara statistik. Mayoritas peneliti setuju bahwa p-value harus sama dengan atau lebih rendah dari 0,05 agar variabel operasional dianggap

 ISSN 2987-677X

mempunyai perbedaan yang signifikan secara statistik dalam mempengaruhi respons yang diuji, dan agar hipotesis nol dalam ANOVA dapat ditolak (Winarso et al., 2023). Tabel 5 menunjukkan anova pengaruh jenis roda gigi dan material terhadap torsi yang dihasilkan. Berdasarkan Table 5 dapat diketahui bahwa P Value pengaruh jenis roda gigi terhadat torsi sebesar 0,354 (lebih dari 0,05), hal tersebut mempunyai arti bahwa H0 diterima dan H1 ditolak. Begitu juga P Value untuk pengaruh jenis material terhadap torsi sebesar 0,087 (lebih dari 0,05) yang juga berarti H0 diterima dan H1 ditolak. Sehingga dari hasil anova dapat diketahui bahwa baik jenis material dan jenis roda gigi tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap torsi yang dihasilkan.

Tabel 5. Analysis of Variance pengaruh jenis roda gigi dan material

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Jenis Roda Gigi	1	9604947	9604947	1,43	0,354
Material	2	140669480	70334740	10,49	0,087
Error	2	13405496	6702748		
Total	5	163679924			

Untuk mengetahui pengaruh jenis roda gigi terhadap torsi yang dihasilkan untuk tiap material yang digunakan, maka dilakukan Uji Rata-Rata Populasi 2 Sampel. Hasil Uji Rata-Rata Populasi 2 Sampel untuk material ABS, PLA dan Nylon ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Rata-Rata Populasi 2 Sampel untuk material ABS, PLA dan Nylon

Material	P-Value
Two-Sample T-Test (ABS)	0,059
Two-Sample T-Test (PLA)	0,000
Two-Sample T-Test (Nylon)	0,236

Dari Tabel 6 dapat diketahui bahwa P-Value untuk material ABS, PLA dan Nylon masing masing adalah 0,059, 0,000, dan 0,236. P-Value untuk material ABS dan Nylon lebih besar dari 0,05 yeng berarti jenis roda gigi pada material tersebut tidak berpengaruh secara signifikan terhadap Torsi yang dihasilkan. . P-Value untuk material PLA lebih kecil dari 0,05 yeng berarti jenis roda gigi pada material ini berpengaruh secara signifikan terhadap Torsi yang dihasilkan.

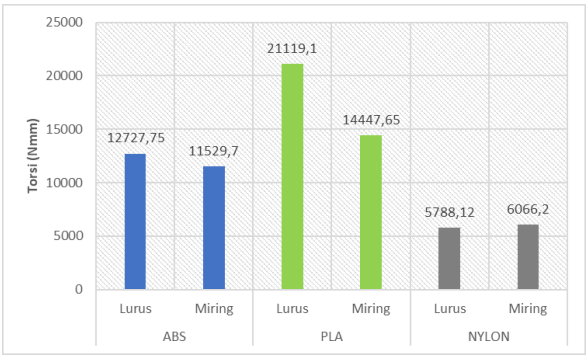
Untuk mengetahui pengaruh jenis material terhadap torsi yang dihasilkan, maka dilakukan Uji Rata-Rata Populasi 2 Sampel. Hasil Uji Rata-Rata Populasi 2 Sampel untuk material ABS vs PLA, PLA vs Nylon, dan Nylon vs ABS ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji Rata-Rata Populasi 2 Sampel untuk material ABS vs PLA, PLA vs Nylon, dan Nylon vs ABS.

Perbandingan material	P-Value
Two-Sample T-Test (ABS vs PLA)	0,014
Two-Sample T-Test (PLA vs Nylon)	0,001
Two-Sample T-Test (Nylon vs ABS)	0,000

Dari Tabel 7, terlihat bahwa P-Value untuk material ABS vs PLA, PLA vs Nylon, dan Nylon vs ABS masing-masing adalah 0,014, 0,001, dan 0,000. P-Value untuk semua lebih kecil dari 0,05, yang menunjukkan bahwa menunjukkan bahwa perbedan jenis material ini memiliki pengaruh signifikan terhadap torsi yang dihasilkan.

Hasil Torsi rata rata yang dihasilkan dari tiap material dan jenis roda gigi ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Distribusi torsi pada roda gigi lurus dan miring

Berdasarkan Gambar 7 dapat diketahui bahwa material PLA menghasilkan Torsi yang paling tinggi diantara 2 bahan yang lain yaitu ABS dan Nylon. Jenis roda gigi pada material PLA juga berpengaruh secara signifikan terhadap Torsi yang dihasilkan. Hasil ini melengkapi penelitian sebelumnya seperti Harsha et al., (2021), Tunalioglu & Agca, (2022) , Chisiu et al., (1964), Zhang et al., (2020), dan Kalani et al., (2022) yang telah meneliti keausan pada polymer gear. Selain itu hasil penelitian juga lenegkapi penelitian sebelumnya yaitu Norani et al., (2021), Pop et al., (2020). Shkundalova et al., (2018), Kim, (2017) dan . Glukchov et al., (2019) yang meleiti tentang sifat mekanis polymer gear.

Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa jenis roda gigi pada material ABS dan Nylon tidak berpengaruh secara signifikan terhadap Torsi yang dihasilkan, sementara pada material PLA jenis roda gigi berpengaruh secara signifikan terhadap torsi yang dihasilkan. Dari penelitian ini juga dapat diketahui bahwa jenis material (ABS, PLA, dan Nylon), berpengaruh secara signifikan terhadap torsi yang dihasilkan. Material PLA menghasilkan Torsi yang paling tinggi diantara 2 bahan yang lain yaitu ABS dan Nylon.

Kedepan perlu dikembangkan lagi penelitian terkait pengaruh variabel lain seperti modul dan pengaruh spesifikasi printing parameter terhadap torsi yang terjadi pada polymer gear.

Ucapan Terima kasih

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Katolik Widya Mandala dan Universitas Muria Kudus yang telah memberikan dukungan pada penulisan artikel ini.

Referensi

Abdulhameed, O., Al-Ahmari, A., Ameen, W., & Mian, S. H. (2019). Additive manufacturing: Challenges, trends, and applications. *Advances in Mechanical*

 ISSN 2987-677X

Engineering, *11*(2), 1–27. https://doi.org/10.1177/1687814018822880

Arafa, H., & Bedewy, M. (2012). Manufacturability and Viability of Different C-Gear Types: A Comparative Study. In *Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference* (Vol. 5). https://doi.org/10.1115/DETC2012-71030

Berman, B. (2012). 3-D printing: The new industrial revolution. *Business Horizons*, *55*(2), 155–162. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bushor.2011.11.003

Chisiu, G., Stoica, N., & Stoica, A. (1964). Friction Behavior of 3D-printed Polymeric Materials Used in Sliding Systems. *Mater. Plast*, *58*(1), 176–185. https://doi.org/10.37358/Mat.Plast.1964

Ciobanu, R., Rizescu, C. I., Rizescu, D., & Gramescu, B. (2024). Surface Durability of 3D-Printed Polymer Gears. *Applied Sciences*, *14*(6), 2531. https://doi.org/10.3390/app14062531

Glukchov, V. I., Varepo, L. G., Nagornova, I. V., & Doronin, F. A. (2019). Strength and geometry parameters accuracy improvement of 3D-printed polymer gears. *Journal of Physics: Conference Series*, *1260*(3). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1260/3/032019

Harsha, K. M., Seetharama Rao, Y., & Jagannadha rao, D. (2021). Comparison of wear behaviour of polymer spur gears using FDM process. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *1168*(1), 012028. https://doi.org/10.1088/1757-899x/1168/1/012028

Kalani, A., Vadher, J., Sharma, S., & Jani, R. (2022). Investigation of Thermal and Wear Behaviour of 3D Printed PA-12 Nylon Polymer Spur Gears. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, *9*(3), 1121–1135. https://doi.org/10.31202/ecjse.1085328

Kim, H.-J. (2017). 3D Printing Characteristics of Reverse Idle Gears for Tractor Transmissions. *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, *16*(4), 1–8. https://doi.org/10.14775/ksmpe.2017.16.4.001

Kumar Maurya, N., Vikas, R., Singh, P., & Rastogi, V. (2020). Fabrication of prototype connecting rod of PLA plastic material using FDM prototype technology. In *Article in Indian Journal of Engineering and Materials Sciences* (Vol. 27). https://www.researchgate.net/publication/343392497

Muminovic, A. J., Pervan, N., Delic, M., Muratovic, E., Mesic, E., & Braut, S. (2022). Failure analysis of nylon gears made by additive manufacturing. *Engineering Failure Analysis*, *137*. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106272

Naresh, P., Raj, A., Tarun, J., Rahman, E., & Bharat, G. (2019). International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD) Design and Development of Spur Gear by using Three Dimensional Printing the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0). In *International Journal of Trend in Scientific Research and Development* (Issue 3). http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Nejad, Z. M., Zamanian, A., Saeidifar, M., Vanaei, H. R., & Amoli, M. S. (2021). 3D Bioprinting of Polycaprolactone-Based Scaffolds for Pulp-Dentin Regeneration: Investigation of Physicochemical and Biological Behavior. *Polymers*, *13*(24). https://doi.org/10.3390/polym13244442

Nordin Mohamad Norani, M., Ilman Hakimi Chua Abdullah, M., Fadzli Bin Abdollah, M., Amiruddin, H., Redza Ramli, F., Tamaldin, N., Kejuruteraan Mekanikal, F., Teknikal Malaysia Melaka, U., Tuah Jaya, H., Tunggal, D., & Teknologi Kejuruteraan Mekanikal dan Pembuatan, F. (2021). Mechanical and tribological properties of FFF 3D-printed polymers: A brief review. In *Jurnal Tribologi* (Vol. 29).

Pop, M. A., Croitoru, C., Bedo, T., Geamăn, V., Radomir, I., Zaharia, S. M., & Chicoş, L. A. (2020). Influence of internal innovative architecture on the mechanical properties of 3D polymer printed parts. *Polymers*, *12*(5). https://doi.org/10.3390/POLYM12051129

Shkundalova, O., Rimkus, A., & Gribniak, V. (2018). STRUCTURAL APPLICATION OF 3D PRINTING TECHNOLOGIES: MECHANICAL PROPERTIES OF PRINTED POLYMERIC MATERIALS. *Science - Future of Lithuania*, *10*, 1av+. https://link.gale.com/apps/doc/A630509683/AONE?u=anon~42d76b13&sid=googleScholar&xid=9b87c113

Tunalioglu, M. S., & Agca, B. V. (2022). Wear and Service Life of 3-D Printed Polymeric Gears. *Polymers*, *14*(10). https://doi.org/10.3390/polym14102064

Winarso, R., Anggoro, P. W., Ismail, R., Jamari, J., & Bayuseno, A. P. (2022). Application of Fused Deposition Modeling (FDM) on Bone Scaffold Manufacturing Process: A Review. *SSRN Electronic Journal*, *8*(April), e11701. https://doi.org/10.2139/ssrn.4103975

Winarso, R., Ismail, R., Anggoro, P. W., Jamari, J., & Bayuseno, A. P. (2023). Finite Element Analysis Of Irregular Porous Scaffold For Bone Tissue Engineering. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, *18*(6), 569–580. www.arpnjournals.com

Zhang, Y., Purssell, C., Mao, K., & Leigh, S. (2020). A physical investigation of wear and thermal characteristics of 3D printed nylon spur gears. *Tribology International*, *141*. https://doi.org/10.1016/j.triboint.2019.105953

Zorko, D., Kulovec, S., Duhovnik, J., & Tavčar, J. (2019). Durability and design parameters of a Steel/PEEK gear pair. *Mechanism and Machine Theory*, *140*, 825–846. https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2019.07.001

Zorko, D., Kulovec, S., Tavčar, J., & Duhovnik, J. (2017). Different teeth profile shapes of polymer gears and comparison of their performance. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems and Manufacturing*, *11*(6). https://doi.org/10.1299/jamdsm.2017jamdsm0083

ISSN 2987-677X

Aplikasi Metode Modified K-Nearest Neighbour (MKNN) pada Klasifikasi Data Balita Stunting

Andharini Dwi Cahyani[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ andharini.cahyani@trunojoyo.ac.id

Stunting merupakan masalah gizi kronis yang dihadapi oleh balita di berbagai negara berkembang, termasuk Indonesia. Identifikasi dini balita yang berisiko stunting sangat penting untuk intervensi gizi yang tepat waktu. Penelitian ini mengembangkan dan menerapkan metode Modified k-Nearest Neighbors (MkNN) untuk klasifikasi data balita stunting. MkNN dipilih karena kemampuannya yang lebih unggul dibandingkan metode k-Nearest Neighbors (kNN) konvensional dalam menangani data dengan noise dan outliers, serta memberikan bobot yang lebih besar pada tetangga terdekat yang relevan. Penelitian ini menggunakan dataset yang terdiri dari 4 indikator yaitu umur, berat badan, tinggi badan, dan usia. Implementasi MkNN dilakukan dengan beberapa tahap: preprocessing data, pembagian dataset menjadi data latih dan data uji, serta penerapan algoritma MkNN untuk klasifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode MkNN memiliki akurasi yang lebih tinggi dalam mengklasifikasikan balita stunting dibandingkan dengan kNN konvensional. Pada penelitian ini, MkNN berhasil meningkatkan ketepatan klasifikasi dengan meminimalkan kesalahan akibat data outliers. Temuan ini diharapkan dapat berkontribusi dalam upaya penanganan stunting di Indonesia, dengan memberikan rekomendasi yang lebih akurat untuk tindakan preventif dan kuratif.

Kata kunci: Stunting, Modified k-Nearest Neighbors (MkNN), Klasifikasi, Balita

Pendahuluan

Meningkatkan penggunaan teknologi dalam layanan kesehatan masyarakat dapat memperkuat sistem kesehatan secara keseluruhan, menjadikan layanan lebih efektif dan efisien. Mengurangi stunting adalah bagian dari tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), yang bertujuan untuk mengakhiri segala bentuk malnutrisi pada tahun 2030 (Safina dkk, 2023). Digitalisasi layanan kesehatan dapat memfasilitasi kolaborasi antara pemerintah, lembaga non-pemerintah, organisasi internasional, dan masyarakat dalam upaya bersama untuk mengatasi balita stunting.

Aplikasi untuk klasifikasi balita stunting di Indonesia adalah alat yang penting dalam mendeteksi dan mengatasi stunting secara lebih efektif (Rajabi dkk, 2023). Aplikasi dapat membantu dalam pemantauan pertumbuhan balita secara rutin dan sistematis. Dengan data yang akurat dan terus diperbarui, stunting dapat dideteksi lebih dini. Melalui screening awal menggunakan aplikasi klasifikasi, balita yang berisiko stunting lebih cepat dideteksi, memungkinkan intervensi segera sebelum kondisi memburuk (Janga, 2020).

Ada beberapa metode / algoritma klasifikasi yang dapat digunakan. Salah satunya adalah metode K Nearest Neighbour (KNN) yang diteliti oleh Ali dkk (2021). Pada penelitiannya tersebut digunakan 3 parameter untuk mendeteksi kondisi bayi stunting atau tidak, yaitu umur (bulan), berat badan (kg) dan tinggi badan (cm). Metode perhitungan jarak antar dataset menggunakan Euclidean Distance. Dengan menggunakan 300 data balita, hasil uji coba penelitian tersebut menunjukkan tingkat akurasinya adalah 98,99%.

Selain itu, dalam studi kasus pendeteksian dini baita stunting juga bisa menggunakan metode Naïve Bayes, seperti yang diteliti oleh Syarlaila dan Maharani (2024). Dalam penelitiannya, mereka menggunakan 4 parameter yaitu: jenis kelamin, umur, tinggi badan, dan kondisi ekonomi. Hasil penelitian dengan menggunakan 20 record menunjukkan bahwa metode Naïve Bayes memperoleh nilai akurasi yang cukup baik yaitu 75%.

Dalam penelitian ini, kami mengembangkan aplikasi untuk mendeteksi balita stunting berdasarkan 4 parameter, yaitu: jenis kelamin (L/P), usia (bulan), berat badan (kg), dan tinggi badan (cm). Metode yang kami gunakan adalah MKNN yang memiliki kelebihan dibandingkan metode Naïve Bayes maupun KNN.

Metode MkNN dapat mengintegrasikan informasi tambahan, seperti karakteristik tetangga atau hubungan antar fitur, untuk meningkatkan akurasi (Admojo, 2020). MkNN menggunakan informasi mengenai struktur data lokal untuk memperbaiki proses klasifikasi. MkNN dapat menyesuaikan nilai k secara dinamis berdasarkan distribusi lokal dari data. Dalam

 ISSN 2987-677X

implementasi MkNN, jumlah tetangga k bisa disesuaikan berdasarkan kerapatan data di sekitar titik yang diklasifikasikan. Hal ini memungkinkan MkNN untuk bekerja lebih baik di area data yang padat maupun yang jarang, dibandingkan dengan kNN yang menggunakan k tetap untuk seluruh dataset (Cui dkk, 2020).

MkNN merupakan pengembangan dari metode kNN dengan menerapkan skema pembobotan pada tetangga terdekat. Tetangga yang lebih dekat mendapatkan bobot lebih besar dibandingkan dengan yang lebih jauh (Ahmed dkk, 2020). Ini berarti keputusan klasifikasi lebih dipengaruhi oleh data yang lebih mirip dengan data yang akan diklasifikasikan. Sehingga MkNN lebih akurat karena mengurangi pengaruh noise. Data yang jauh (outlier) memiliki pengaruh lebih kecil dalam keputusan akhir, sehingga hasil klasifikasi lebih stabil. Selain itu, tetangga yang lebih mirip (lebih dekat) lebih berpengaruh dalam menentukan kelas, meningkatkan ketepatan klasifikasi.

Metode

Pengambilan Data

Pada penelitian ini, menggunakan dataset data balita stunting yang diambil dari Posyandu Desa Tulung. Dalam data ini terdapat 4 fitur dan 1 label (nama labelnya yaitu stunting). Pengambilan data dilakukan pada bulan Maret 2023. Seperti yang ditampilkan pada Gambar 2 Dataset Posyandu Desa Pepelegi Kabupaten Sidoarjo memiliki 191 sampel data.

	A	B	C	D	E	F
1	No	Jenis Kelamin	Usia (bulan)	BB (kg)	TB (cm)	Stunting
2	1	P	58	14,8	102,1	T
3	2	P	57	12,3	93,3	Y
4	3	L	57	13,8	101	T
5	4	L	57	14,8	102,3	T
6	5	P	59	14,1	97,5	T
7	6	L	59	16,1	92,1	T
8	7	L	59	13	93,3	Y
9	8	P	59	10,1	88,3	Y
10	9	L	58	12,9	95,1	T
11	10	L	58	14,1	94,5	T

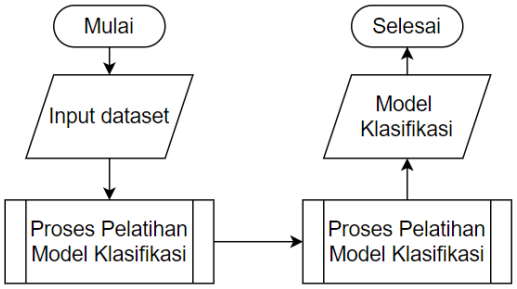
Gambar 2. Dataset Balita Stunting

Alur Sistem

Pada penelitian ini, kami menggunakan metode MKNN karena beberapa alasan sebagai berikut:

1. Penggunaan skema pembobotan yang meningkatkan ketepatan klasifikasi dengan memberikan bobot lebih besar pada tetangga yang lebih dekat.
2. Mekanisme penanganan noise dan outliers yang lebih baik, yang meningkatkan stabilitas dan akurasi hasil.
3. Kemampuan untuk menyesuaikan pendekatan klasifikasi berdasarkan karakteristik data yang sebenarnya, yang membuatnya lebih fleksibel dan adaptif.

Berikut merupakan langkah-langkah dari proses klasifikasi yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.

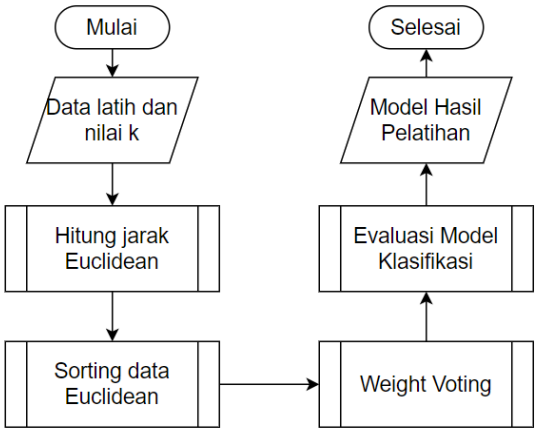


Gambar 3. Alur Utama Sistem

Sesuai dengan Gambar 3, ada 4 komponen utama yaitu input dataset, tahap pelatihan model klasifikasi dan tahap pengujian model klasifikasi dan model hasil output proses klasifikasi yang telah dilakukan.Pada proses pelatihan model klasifikasi, dilakukan dengan perhitungan jarak antar data dalam dataset.

Metode perhitungan jarak yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Euclidean Distance. Meskipun ada berbagai metode perhitungan jarak lain yang dapat digunakan (seperti Manhattan distance, Minkowski distance, atau cosine similarity), Euclidean distance tetap menjadi pilihan yang populer karena kesederhanaan, efektivitas, dan kemampuannya memberikan hasil yang baik dalam banyak kasus praktis.

Berikut ini alur sistem pada proses pelatihan model klasifikasi.



Gambar 4. Alur Proses Pelatihan Klasifikasi

Menghitung jarak antar data menggunakan metode Euclidean distance dalam MKNN melibatkan beberapa langkah sistematis. Berikut adalah urutan perhitungannya:

1. Pastikan setiap data direpresentasikan sebagai vektor dalam ruang berdimensi n. Misalnya, dalam dataset ada dua data, yaitu data A dan B, masing-masing

 ISSN 2987-677X

diwakili sebagai A = (a_1, a_2, ..., a_n) dan B = (b_1, b_2, ..., b_n), di mana n adalah jumlah fitur.

2. Kurangkan masing-masing koordinat fitur dari data yang bersangkutan. Untuk setiap fitur i (dari 1 sampai n), hitung perbedaan antara koordinat A dan B:

$d_i = a_i - b_i$ (1)

3. Kuadratkan hasil perbedaan dari setiap fitur. Ini menghilangkan masalah nilai negatif dan memberikan bobot yang lebih besar pada perbedaan yang lebih besar:

$d_i^2 = (a_i - b_i)^2$ (2)

4. Ambil akar kuadrat dari jumlah kuadrat perbedaan untuk mendapatkan jarak Euclidean:

Distance = $\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(a_i - b_i)^2}$ (3)

5. Menghitung nilai validitas

$$validity(x) = \frac{1}{H}\sum_{i=0}^{n} S(lbl(x), lbl(Ni(x)))$$

dimana :
H : banyak titik terdekat
Ibl(x) : kelas x
Ibl(Ni(x)) : label kelas titik terdekat x
kemudian fungsi dari S adalah perhitungan kesamaan antara titik X dan data ke i

6. Perhitungan *Weight Moving* pada persamaan (3.3)

$$W(i) = Validity(i)\, x \frac{1}{de + 0{,}5}$$

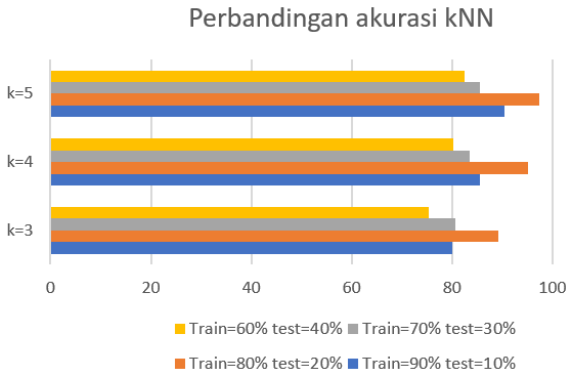
dimana :
W(i) : Perhitungan Weight Voting
Validity (i) : Nilai Validitas
de(i) : jarak euclidean

Hasil Kerja

Metode perhitungan diatas kemudian diaplikasikan pada dataset penelitian ini. Kami membandingkan kinerja algoritma kNN dengan M-kNN. K-Nearest Neighbors (kNN) dan Modified K-Nearest Neighbors (MKNN) adalah dua metode yang sering digunakan dalam masalah klasifikasi. Meskipun keduanya berbasis konsep tetangga terdekat, ada beberapa perbedaan penting antara kNN dan MKNN.

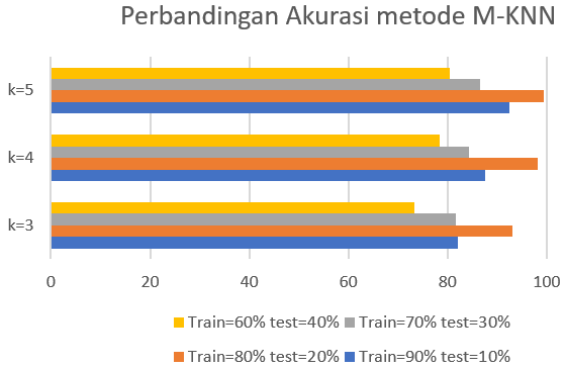
Dari hasil uji coba yang kami lakukan pada perubahan nilai k, yaitu k = 3, k= 4 dan k = 5. Sedangkan perubahan jumlah data training dan data testing yang digunakan adalah :

- Data training 90%, testing 10%
- Data training 80%, testing 20%
- Data training 70%, testing 30%
- Data training 60%, testing 40%



Gambar 5. Perbandingan akurasi menggunakan KNN

Pada hasil ujicoba aplikasi klasifikasi dengan kNN (Gambar 5), dapat dilihat bahwa semakin besar nilai k memberikan hasil akurasi terbaik. Dalam penelitian ini, diketahui bahwa nilai k = 5 memberikan nilai akurasi yang lebih baik jika dibandingkan dengan k= 3 dan 4.



Gambar 6. Perbandingan akurasi menggunakan MKNN

Gambar 6 menunjukkan hasil perbandingan metode MKNN. Dari hasil ujicoba yang telah kami lakukan, menunjukkan bahwa kinerja metode MKNN cenderung memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode KNN.

Hal ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Sianturi, dkk (2023). Dalam publikasinya, beliau menyatakan bahwa nilai akurasi metode kNN bergantung pada pemilihan nilai k dan metrik jarak. Sehingga, kNN dapat mengalami masalah dengan noise dan outliers karena semua tetangga dianggap setara. Metode MkNN cenderung lebih akurat karena menggunakan skema pembobotan yang memperhitungkan jarak tetangga (Ramadhan dkk, 2023). Tetangga yang lebih dekat memiliki pengaruh lebih besar dalam menentukan kelas, yang dapat mengurangi dampak noise dan outliers.

MkNN memiliki mekanisme untuk mengurangi pengaruh data yang dianggap noise atau outliers. Teknik yang dilakukan pada MKNN adalah dengan memberikan bobot yang lebih rendah pada tetangga yang jauh atau yang berada di luar cluster yang padat

 ISSN 2987-677X

(Rabie dkk, 2023). Dengan mengurangi dampak dari data yang tidak representatif, MkNN dapat menghasilkan keputusan klasifikasi yang lebih robust.

Kesimpulan

Pada penelitian ini kami membangun system klasifikasi dengan memperbaiki metode KNN. Perbaikan yang dilakukan adalah dengan memberikan bobot pada tetangga terdekat sehingga meminimalkan pengaruh tetangga yang jauh dan juga data outlier. Data yang digunakan adalah data balita stunting. Hasil ujicoba penelitian menunjukkan bahwa metode MKNN mampu memperbaiki tingkat akurasi metode kNN dalam melakukan klasifikasi.

Riset lanjutan dari penelitian ini antara lain dapat mengeksplorasi beberapa bidang dan topik penelitian yang lebih mendalam, serta memperluas pemahaman tentang penggunaan MkNN. Riset lanjutan juga bisa tentang penambahan fitur tambahan yang relevan seperti riwayat gizi keluarga, akses ke layanan kesehatan, dan lingkungan sosial-ekonomi dalam meningkatkan akurasi klasifikasi balita stunting dengan MkNN.

Referensi

Admojo, F. T. (2020). Klasifikasi Aroma Alkohol Menggunakan Metode KNN. *Indonesian Journal of Data and Science*, *1*(2), 34-38.

Ahmed, S. T., Al-Hamdani, R., & Croock, M. S. (2020). Enhancement of student performance prediction using modified K-nearest neighbor. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, *18*(4), 1777-1783.

Ali, I., Kurnia, D. A., Pratama, M. A., & Al Ma'ruf, F. (2021). Klasifikasi Status Stunting Balita Di Desa Slangit Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor. *KOPERTIP: Scientific Journal of Informatics Management and Computer*, 5(3), 35-39.

Cui, L., Zhang, Y., Zhang, R., & Liu, Q. H. (2020). A modified efficient KNN method for antenna optimization and design. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, *68*(10), 6858-6866.

Janga, A. U. (2020). Klasifikasi Penentuan Stunting Menggunakan Metode Naïve Bayes (Studi Kasus: Desa Letekonda Selatan). *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi (JIKOMSI)*, *3*(1).

Rabie, A. H., Mohamed, A. M., Abo-Elsoud, M. A., & Saleh, A. I. (2023). A new Covid-19 diagnosis strategy using a modified KNN classifier. *Neural Computing and Applications*, *35*(23), 17349-17373.

Rajabi, K. M., Witanti, W., & Yuniarti, R. (2023). Penerapan Algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) Dengan Fitur Relief-F Dalam Penentuan Status Stunting. *Innovative: Journal of Social Science Research*, *3*(4), 3555-3568.

Ramadhan, A., Budianita, E., Syafria, F., & Ramadhani, S. (2023). Feature Selection using Information Gain on the K-Nearest Neighbor (KNN) and Modified K-Nearest Neighbor (MKNN) Methods for Chronic Kidney Disease Classification. *Jurnal CoreIT: Jurnal Hasil Penelitian Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, *9*(2), 17-26.

Safina, S. W., Nugraha, A. T., Nuraini, A. N., Taradipa, F. D., Setiadi, I. N. A., Rindika, L., ... & Hadiwijoyo, S. S. (2023). Kasus Stunting sebagai Salah Satu Tantangan Pembangunan Berkelanjutan di Kota Salatiga. *Majalah Geografi Indonesia*, *37*(1), 76-83.

Sianturi, F. A., Sijabat, P. I., Sitohang, A., Sitio, A. S., Perwira, Y., Sianipar, B., ... & Sinaga, D. C. P. (2023, May). Implementation of the modified nearest neighbor (M-KNN) algorithm for book classification. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2714, No. 1). AIP Publishing.

Syarlaila, N., & Maharani, D. (2024). Pengaruh Aplikasi Makanan Bergizi Seimbang Pencegah Stunting Balita Menggunakan Metode Dempster Shafer Dan Naive Bayes. *Journal Of Computer Science And Technology (JOCSTEC)*, 2(1), 52-60.

ISSN 2987-677X

Analisis Perbaikan *Gearbox Hoist Crane* (CC-05) dengan Pendekatan *Benefit-Cost Ratio*

Dominggo Bayu Baskara[12] Widitama Prabanu[1] Hadi Santosa[1] Lusia Permata Sari Hartanti[3]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

[2] Program Studi Bisnis Digital, Universitas Telkom

[3] Program Studi Teknik Industri, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ dominggobayu@telkomuniversity.ac.id

Sistem *Crane Container* sangat dipengaruhi oleh penggunaan dan kondisi lingkungan selama aktivitas operasional berjalan. Karena itu, sistem harus sangat andal untuk melakukan yang terbaik selama proses bongkar muat. Untuk menjaga keandalan sistem, pemeliharaan harus dilakukan, tetapi pemeliharaan harus diatur sehingga tidak mengganggu aktivitas operasional perusahaan. PELINDO JASA MARITIM sebagai operator pelabuhan bongkar muat peti kemas di kota Banjarmasin menginformasikan adanya permasalahan anomali suara pada *gearbox* penggerak *drum hoist* pada *Container Crane* nomor 05 (CC-05). *Gearbox* sehigga perlu dilakukan perbaikan segera agar *crane* CC-05 dapat dijalankan kembali. Fokus penelitian ini adalah untuk membantu dalam menentukan strategi perbaikan yang paling efektif dengan menggunakan pendekatan *Benefit/Cost Ratio (BCR)* dengan memperhitungkan faktor waktu yang tercepat yang diperlukan untuk mengembalikan mesin ke fungsi normal. Setelah dilakukan inspeksi melalui pembongkaran *gearbox*, didapatkan 3 (tiga) rekomendasi skenario tindak lanjutnya: *Emergeny Repair*, *Major Overhaul*, atau Pembelian Unit Baru. Setelah dilakukan analisis perbaikan menggunakan pendekatan *Benefit-Cost Ratio* (BCR) dengan mempertimbangkan faktor *downtime*, skenario *Emergency Repair* yang terpilih. Setelah dilaksanakan Proses *Emergency repair* serta pengujian keandalan dengan metode *running test* didapatkan hasil pekerjaan memenuhi standar pabrikan baik dari indikator vibrasi *gearbox* dan suhu oli. Disarankan agar keandalan *Container Crane* dapat terjaga senantiasa karena pekerjaan *overhaul* dapat membuat *crane* berhenti beroperasi.

Kata kunci: *gearbox, container crane, emergency repair, downtime, Running test*

Pendahuluan

Dalam menjalankan aktivitas operasional, sistem *Container Crane* sangat dipengaruhi oleh penggunaan dan kondisi lingkungan. Oleh karena itu, sistem *Container Crane* tersebut harus memiliki tingkat keandalan yang tinggi sehingga mampu melakukan yang terbaik selama proses bongkar muat (Satria, 2020). Sistem adalah kombinasi dari komponen-komponen yang bekerja bersama-sama membentuk suatu obyek tertentu (Sutarman, 2009). Suatu sistem akan lebih baik jika komponen-komponen penyusunnya ditata sedemikian rupa sehingga sistem bekerja lebih optimal. Sehingga sistem secara sederhana dapat dikatakan sebagai sejumlah komponen yang dirangkai. Keandalan sistem tergantung dari keandalan komponen dan struktur dari sistem (Ebeling, 2019). Upaya pemeliharaan keandalan sistem perlu dilakukan untuk menjaga tingkat keandalan sistem, namun dalam melakukan pemeliharaan juga harus diatur sedemikian rupa agar tidak mengganggu aktivitas operasional Perusahaan (Dwijaputra, 2022).

PELINDO JASA MARITIM Kota Banjarmasin sebagai salah satu operator pelabuhan bongkar muat peti kemas di wilayah kota Banjarmasin menginformasikan adanya permasalahan anomali suara pada *gearbox* penggerak *drum hoist* unit *Container Crane* nomor 05 (CC-05), di lokasi pelabuhan peti kemas pada 23 Februari 2024. Setelah berkoordinasi dengan pemilik aset selaku operator, diputuskan untuk menghentikan operasional *gearbox hoist* tersebut.

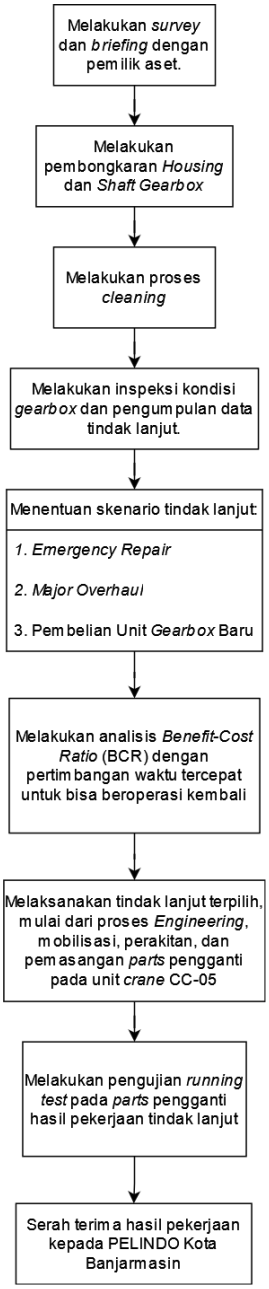
Setelah penghentian aktivitas operasional *crane* CC-05, dilakukan proses drainase oli pelumas. Proses ini dilakukan agar tim pemeliharaan melakukan pengecekan lewat lubang inspeksi pada sisi depan *gearbox* (tidak sampai membuka cover) untuk melihat indikasi awal kerusakan. Hasilnya Ditemukan adanya *gear* yang rompal.

Gearbox ini berfungsi dalam proses pengangkatan dan penurunan *container* menggunakan *crane* dari kapal ke darat maupun sebaliknya. Karena memiliki peran yang cukup kritikal sehigga untuk tindak lanjutnya, tim pemeliharaan PELINDO berkoordinasi dengan PT. TRIAGRI selaku distributor resmi *gearbox* dari SEW-EURODRIVE Jerman yang merupakan *original manufacturer* unit *Container Crane* agar *gearbox* ini segera dapat dioperasikan kembali. Penelitian ini dilakukan untuk membantu menentukan metode perbaikan yang tepat dengan pendekatan *Benefit-Cost Ratio* yang mempertimbangkan faktor waktu yang tercepat agar mesin dapat beroperasi kembali

 ISSN 2987-677X

Metode

Pelaksanaan program perbaikan *gearbox hoist crane* (CC-05) ini dilakukan melalui beberapa tahapan pekerjaan mulai dari inspeksi, proses *engineering parts*, hingga pengujian hasil pekerjaan *engineering* sebelum diserahterimakan kepada Pelindo Jasa Maritim Kota Banjarmasin. Adapun metode yang digunakan seperti yang dituangkan dalam gambar 1 yaitu :



Gambar 1. Metode penelitian

Hasil Kerja

Proses Inspeksi

Dilakukan pekerjaan inspeksi pada tanggal 06-09 Maret 2024, proses inspeksi dimulai dengan terlebih dahulu melakukan pembongkaran *housing* dan *shaft gearbox* yang dilanjutkan dengan pembersihan *housing bearing* bagian bawah dan bagian atas. Dari hasil inspeksi tersebut didapatkan ada 4 (empat) temuan yaitu:

1. Gambar 2 menunjukkan ditemukannya *Gear* yang rompal pada posisi *shaft gear stage* ketiga (pos 131). Hal ini disebut juga *spalling*. Kejadian ini dapat disebabkan oleh beban berlebih yang biasanya terjadi karena tegangan atau gaya yang diterima gear melebihi batas kemampuan material dan desain *gear* tersebut.



Gambar 2. Temuan rompal pada *gear stage* ketiga

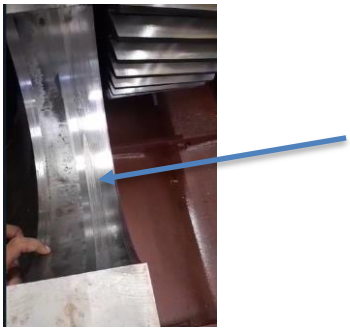
2. Ditemukan Partikel *debris* pada rumah *bearing* pos number 657. Debris ini berasalah dari gear pos 131 yang rompal. Gambar 3 menunjukkan efek dari adanya *debris* pada rumah *bearing* ini adalah dapat menyebabkan kerusakan pada *bearing* dan *scratch* pada rumah *bearing* karena *debris* masuk antara celah *outer bearing* dan *bearing housing*. Dimana *clearance*-nya berkisar 0.03 – 0.05 mm.



Gambar 3. Temuan partikel *debris* pada rumah *bearing*

3. Ditemukan *Scratch* pada rumah bearing pada pos *number* 657. Rumah *bearing* tersebut merupakan dudukan untuk *bearing* yang menumpu *shaft gear* pos 131. Gambar 4 menunjukkan sebagaimana yang telah dijelaskan pada poin sebelumnya, *scratch* ini terjadi akibat *debris* yang terperangkap

 ISSN 2987-677X



Gambar 4. Temuan *Scratch* pada rumah *bearing*

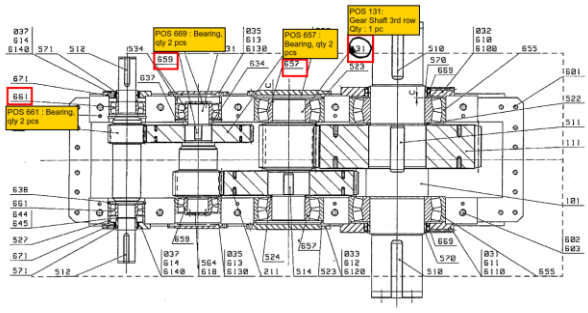
Scratch pada rumah bearing dapat mengakibatkan *bearing* tidak duduk secara sempurna sehingga menyebabkan vibrasi berlebih pada *shaft stage* tersebut. Kemungkinan penyebabnya adalah karena usia pemakaian dan *gear shaft* tersebut memiliki beban yang cukup besar karena mentransmisikan torsi ke *stage final* (Pandey, 2020). Vibrasi dapat menyebabkan gear menjadi rompal. *Debris* terlihat pada rumah *bearing* dan berasal dari *gear* yang rompal.

4. Gambar 5 menunjukkan temuan *Bearing defect* pada *shaft* baris pertama (pos 661), kedua (pos 669), dan ketiga (pos 657)



Gambar 5. Temuan *bearing defect* pada *shaft*

Gambar 6 merupakan *part drawing* dari *gearbox* tersebut beserta penandaan posisi *part* yang menjadi temuan



Gambar 6. Gambar Teknik *Gearbox*

Identifikasi Masalah

Berdasarkan temuan hasil inspeksi, dapat disimpulkan beberapa faktor penyebab kerusakan *gearbox* pada unit *Container Crane* CC-05, diantaranya:

- **Pengaruh Beban Lebih**

Penyebab utama kerusakan *gear* akibat beban berlebih dapat terjadi karena beberapa faktor: tegangan kontak berlebih; kelelahan material; deformasi permanen; pelumasan tidak cukup; atau desain yang tidak memadai. Kerusakan *gear* akibat beban berlebih bisa diatasi dengan beberapa cara, seperti: menggunakan material dengan kekuatan yang lebih tinggi, memperbaiki desain *gear* untuk mendistribusikan tegangan secara lebih merata, serta memastikan bahwa pelumasan dan pemeliharaan dilakukan secara rutin untuk mengurangi gesekan dan keausan. (Budynas, 2019)

- **Pengaruh Lubrikasi**

Gear yang rompal juga dapat dipengaruhi oleh kondisi oli pelumas. Untuk mengetahui hal ini lebih lanjut perlu adanya verifikasi dengan *histori* dari penggantian oli dan *running hours* dari penggantian oli terakhir sampai dengan unit dimatikan. Apabila oli tidak diganti, maka oli dapat mengalami penurunan viskositas, dan hal tersebut dapat mengurangi kinerja oli sebagai lapisan antar *metal-to-metal* pada kontak antar roda gigi. Kurangnya lubrikasi pada *gearbox* dapat menyebabkan efek sebagai berikut: peningkatan gesekan dan keausan; timbulnya panas berlebih; peningkatan kebisingan dan getaran; peningkatan konsumsi energi; serta lebih rentan terhadap korosi terutama di lingkungan dengan kelembapan atau kontaminasi tinggi (Pandey, 2020)

Temperatur oli memainkan peran penting dalam menentukan umur pakai atau *lifetime* oli dalam mesin. Temperatur mempengaruhi viskositas oli, yaitu seberapa mudah oli dapat mengalir. Pada suhu tinggi, viskositas oli akan menurun, sehingga oli menjadi lebih encer. Sebaliknya, pada suhu rendah, viskositas meningkat, dan oli menjadi lebih kental. Perubahan viskositas ini dapat memengaruhi kemampuan oli dalam melumasi komponen mesin dengan baik.

Dengan demikian, suhu operasi mesin yang stabil dan dalam rentang yang direkomendasikan oleh produsen merupakan faktor kunci dalam memastikan *lifetime* oli yang optimal. Melakukan perawatan yang teratur, termasuk mengganti oli sesuai jadwal dan memantau suhu operasi mesin, dapat membantu memperpanjang umur pakai oli dan memastikan kinerja mesin yang baik

 ISSN 2987-677X

Rekomendasi Tindak Lanjut

Dari analisa data di atas, berikut ini rekomendasi tindak lanjut yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan *gearbox hoist* CC-05 serta mencegah hal tersebut berulang kembali. Rekomendasi tindak lanjut ini dibagi menjadi 3 skenario yaitu:

a. Rencana jangka pendek berupa *Emergency Repair*

Tahapan ini diharapkan *user* untuk dapat dilakukan terlebih dahulu untuk mempercepat proses perbaikan sehingga unit Crane CC-05 dapat beroperasi kembali. Tahapan ini memprioritaskan pada kerusakan yang paling kritikal dengan mempertimbangkan pengaruhnya pada *critical path* dari *time schedule* pekerjaan ini. Pekerjaan *Emergency Repair* ini dibagi menjadi 2 (dua) tahap dimana tahap pertama sudah dilakukan pada tanggal 06 – 09 Maret 2024 oleh tim TRIAGRI di lokasi *site* Pelindo Banjarmasin untuk melakukan pembongkaran di *site*, dan juga pengadaan parts baru hingga instalasi selesai dilakukan di bulan Mei 2024

b. Rencana jangka panjang berupa *Major Overhaul*

Tahap Major Overhaul ini diperlukan untuk melakukan perbaikan dan perawatan secara menyeluruh. Dalam tahapan ini akan dilakukan penggantian seluruh *bearing, air breather, gear* yang rompal, dan juga beberapa item pekerjaan *preventive maintenance* sebagaimana yang telah direkomendasikan dalam *Manual Book* dari SEW-EURODRIVE dikarenakan unit gearbox ini sudah beroperasi lebih dari 5 tahun.

c. Pembelian Unit Gearbox Baru

Pembelian unit gearbox baru ini akan membantu user dalam meningkatkan keandalan crane dan meminimalkan downtime. Unit baru akan menggantikan unit lama dan sementara waktu berjalan unit yang lama dapat dilakukan refurbishment agar menjadi unit yang siap dioperasionalkan sewaktu-waktu. Keuntungan lainnya adalah apabila di beberapa crane dan di beberapa lokasi ada tipe gearbox yang sama, spare ini dapat dipakai secara bersama-sama apabila ada breakdown dan unit yang rusak dapat diperbaiki kembali agar dapat menjadi spare unit kembali.

Analisis Data

Berikut detail *scope of work* (SOW) sebagai bahan pertimbangan dalam memutuskan tindak lanjut yang perlu dilakukan, yang dijabarkan dalam Tabel 1. Sedangkan pada Tabel 2 ditunjukkan hasil analisis perbaikan dengan pendekatan BCR dari masing-masing skenario. Adapun dalam analisis BCR, *time cost* menjadi pertimbangan utama karena dalam proses bisnis bongkar muat durasi *downtime* menjadi pertimbangan yang sangat krusial.

Tabel 1. Perbedaan SOW tiap skenario

Item Pekerjaan	A Emergency Repair	B Total Overhaul	C Pembelian Unit Baru
Pembongkaran On-Site dan Pengiriman ke Workshop	✓ *Hanya Part yang Rusak*	✓ *Satu unit utuh*	x
Ganti Bearing Shaft 1 (pos 661)	✓	✓	x
Ganti Bearing Shaft 2 (pos 659)	✓	✓	x
Ganti Bearing Shaft 3 (Pos 657)	✓	✓	x
Ganti Bearing Shaft 4 (pos 655)	x	✓	x
Ganti Gear-Shaft 1 (pos 331)	x	*)	x
Ganti Gear-Shaft 2 (pos 231)	x	*)	x
Ganti Gear (pos 311)	x	*)	x
Ganti Gear Shaft 3 (Pos 131)	✓ (Fabrikasi)	✓ (Manufacture)	x
Ganti Gear (pos 211)	x	*)	x
Ganti Shaft (pos 101)	x	*)	x
Ganti Gear (pos 111)	x	*)	x
Asesoris Gearbox	x	*)	x
Cleaning Housing Gearbox	✓	✓	x
Perbaikan Housing Bearing Pos 657 (scratch issue)	✓ (On Site Repair)	✓ (Re-machining)	x
Perbaikan Housing Bearing terkait issue overclearance dan center axis lubang	x	✓ (Re-machining	x
Workshop Running Test	x	✓	✓
Pengiriman ke Site	✓	✓	✓
Re-assembly / Instalasi	✓	✓	✓
Color Check	✓	✓	✓
Paket Inspeksi Tahunan dan perbaikan apabila ada temuan *(Detail dapat dilihat pada Lampiran A)*	x	✓	✓ (Dilakukan setelah 12 bulan operasional)
Pengisian oli lubricant (disediakan oleh user)	✓	✓	✓
Commissioning Supervision	✓	✓	✓
AFTERSALES			
Warranty	• Masa Aftersales Service selama 3 bulan Ttrbatas hanya pada parts yang disupply • Warranty 6 bulan khusus untuk gearshaft baru pos #131	3 bulan sejak serah terima	12 bulan sejak serah terima
Routine Inspection After Installation (Condition Monitoring oleh tim TRIAGRI)	3x Visit (1x / bulan)	3x Visit (1x / bulan)	4x Visit (1x / 4 bulan)
DELIVERY TIME	• Estimasi waktu pekerjaan 2 bulan dari pembongkaran hingga pemasangan kembali • Pengadaan Gearshaft #131 estimasi 3-4 bulan	• Pengadaan Part Baru: estimasi 4 bulan • Assembly sampai dengan Running Test: 2 bulan	Est. 8 bulan

Setelah dilakukan analisis BCR, dengan mempertimbangkan faktor *downtime*, maka aktivitas tindak lanjut berupa *Emergency Repair* yang kemudian dipilih oleh Pelindo Jasa Maritim karena pertimbangan waktu tercepat untuk bisa beroperasi Kembali. Tabel 2 menunjukkan bahwa pndekatan *Emergency Repair* menghasilkan *downtime* paling rendah yakni 2.5 bulan. Menjaga *downtime* rendah sangat krusial bagi perusahaan yang bergerak dalam bidang pelayanan seperti layanan bongkar muat pelabuhan karena beberapa alasan utama yang berdampak langsung pada operasional, reputasi, dan keuangan perusahaan (Li, 2020).

 ISSN 2987-677X

Tabel 2. Analisis BCR tiap skenario

	A Emergency Repair	B Total Overhaul	C New Unit
Benefit	1. Waktu pekerjaan yang lebih cepat, hanya fokus pada parts yang rusak 2. Unit crane bisa segera beroperasi kembali dalam kurun waktu kurang dari 2 bulan sejak pembongkaran 3. Kendala scratch pada rumah bearing pos 657 dapat diperbaiki secara on-site (namun belum mempertimbangkan kelurusan center untuk seluruh lubang, karena harus dicek dan diperbaiki di atas mesin dengan dial indicator)	1. Parts diganti dengan parts original dari pabrikan sehingga memiliki lifetime yang lebih panjang 2. Dilakukannya Paket Annual Inspection sesuai rekomendasi SEW, sehingga user mendapatkan laporan dan rekomendasi yang lebih menyeluruh mengenai kondisi gearbox 3. Kendala scratch pada rumah bearing pos 657dan juga pada pos yang lain dapat diperbaiki secara menyeluruh di atas mesin dengan pengukuran yang persisi menggunakan dial sehingga seluruh lubang dapat dipastikan clearancenya kembali normal, serta kelurusan axisnya diperbaiki kembali	i. User mendapatkan unit baru dengan warranty manufacture selama 12 bulan (optional bisa diextend sampai 18 bulan) ii. Unit baru dapat dinaikkan dan dioperasionalkan lebih dulu, sehingga unit yang lama dapat dilakukan overhaul tanpa berefek pada downtime iii. Unit yang sudah diturunkan setelah diperbaiki dapat menjadi unit spare yang dapat digunakan dalam group PELINDO baik untuk site Banjarmasin maupun untuk site yang lain
Unit Cost	850 juta rupiah	1-2 Milyar rupiah	2.5 Milyar Rupiah
Downtime Cost	2.5 Bulan	5 Bulan	9 Bulan
Kendala dan Mitigasinya	• **Gear Pos 131** Part pos#131 perlu dipesankan kembali dari original manufacture sebagai spare agar bisa segera dipasang untuk menggantikan gear yang difabrikasi. Delivery time part tersebut sekitar 3-4 bulan (belum termasuk pemasangan) • **Parameter Operasional** Dalam pengoperasiannya perlu direview kembali batasan parameter operasional yang aman dan penerapan SOP-nya agar sama-sama bisa menjaga ketahanan gearbox ini sampai dengan dilakukannya tindak lanjut jangka panjang baik itu Opsi B maupun Opsi C. Hal ini merupakan ranan dari tim user untuk dapat mengevaluasi lebih lanjut.	• Waktu pelaksanaan yang cukup lama sehingga perlu didahului dengan pemesanan parts terlebih dahulu • User perlu mempertimbangkan downtime sekitar 2 bulan untuk pembongkaran dan assembly part baru	• Estimasi waktu untuk turn-over antara unit lama dengan unit baru diperkirakan sekitar 1-2 minggu, termasuk ujicoba / commissioning

Proses *Emergency repair* telah dilaksanakan serta dilakukan *running* test pada tanggal 01-05 Mei 2024 di PELINDO Kota Banjarmasin. Adapun dokumentasi kegiatan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Dokumentasi pekerjaan emergency repair

Penerimaan *Parts* dari Banjarmasin	
Dismantling	
Proses Pengadaan Serta *Engineering* pada *Bearing* dan *Gear*	
Pre-Assembly	
Pengiriman kembali ke Banjarmasin	
Assembly Parts pada *site*	 

 ISSN 2987-677X

Tabel 4. Hasil Running Test

Tanggal Ujicoba	No Load / Load	Vibrasi Max	Temperatur Avg	Noise
4 Mei 2024	No Load Test	0.0 ~ 0.1 mm/s RMS	35 °C	Tidak ada
5 Mei 2024	Load Test	0.1 ~ 6.4 mm/s RMS	37.5 °C	Tidak ada

Hasil *running test* yang dapat dilihat pada Tabel 4, dimana dari hasil tersebut terlihat pengukuran vibrasi baik saat *no-load* maupun *load* test bisa disimpulkan

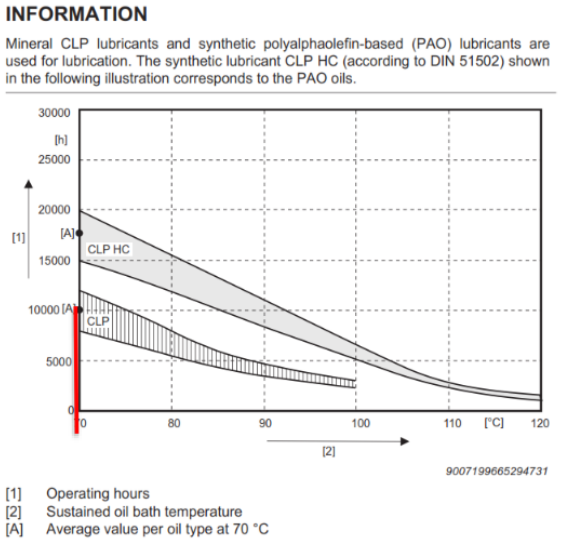


bahwa vibrasi *gearbox* telah memenuhi standar sebagaimana acuan standar vibrasi SEW EURODRIVE Jerman selaku *original Manufacturer* yang dilihat pada gambar 7 yakni di bawah RMS 8 mm/s (SEW EURODRIVE, 2016).

Gambar 7. Acuan Standar Vibrasi SEW-EURODRIVE

Hasil pengukuran temperatur juga menunjukkan temperatur rata-rata di bawah 70^0 Celcius. Yang mana hal ini telah sesuai dengan grafik *lifetime* oli Dari rekomendasi SEW-EURODRIVE Jerman selaku *original manufacturer* yang tertuang dalam *manual book*, apabila menggunakan jenis oli mineral, dengan asumsi temperatur kerja sekitar 70^0C, maka umur pakai oli dapat bertahan sampai dengan 10.000 jam. apabila temperatur operasional meningkat maka umur pakai oli dapat berkurang. Sebagaimana yang ditunjukkan pada grafik sebagai berikut:

Gambar 8. Pengaruh Temperatur terhadap Lifetime oli



[1] Operating hours
[2] Sustained oil bath temperature
[A] Average value per oil type at 70 °C

Walaupun tindakan *Emergency Repair* ini telah dilakukan, namun tetap dipersiapkan juga langkah mitigasi resiko sebagai berikut:

- Pemesanan *gear original* dari SEW-EURODRIVE Jerman tetap dijalankan secara paralel dengan estimasi *delivery time* 3-4 bulan.
- Inspeksi rutin sebanyak 1x / bulan selama 3 bulan, setelah *gearbox* dipasang dan dijalankan
- PELINDO selaku operator *container crane* agar dapat mengkaji untuk kemungkinan pelaksanaan Opsi B dan/atau C dengan dukungan dari tim TRIAGRI selaku *vendor* pelaksana

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisis perbaikan dengan menggunakan metode BCR pada PELINDO JASA MARITIM Kota Banjarmasin pada proses perbaikan *Gearbox Container Crane* (CC-05) maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan mempertimbangkan faktor *downtime*, maka skenario *Emergency Repair* dengan durasi downtime selama 2.5 bulan yang kemudian terpilih karena pertimbangan waktu tercepat untuk bisa beroperasi kembali.
2. Berdasarkan hasil *running test,* bisa disimpulkan bahwa vibrasi *gearbox* hasil pekerjaan telah memenuhi standar acuan SEW EURODRIVE Jerman selaku *original Manufacturer* dengan hasil pengukuran vibrasi di bawah RMS 8 mm/s dan temperatur rata-rata di bawah 70^0 Celcius.
3. Walaupun tindakan *Emergency Repair* telah dilakukan, namun tetap dipersiapkan juga langkah mitigasi resiko melalui pemesanan *gear original* dari SEW-EURODRIVE Jerman dan Inspeksi rutin sebanyak 1x / bulan selama 3 bulan,

Saran

Untuk kelancaran dan menjaga keandalan gearbox ini, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Pengguna dapat melakukan pengecekan rutin dengan mengacu pada *Manual Book* dari *original manufacturer gearbox* dengan tujuan untuk dapat mengetahui sejak dini apabila ada tanda-tanda anomali (vibrasi, panas berlebih, *noise*). Hal ini juga dapat dibantu dengan *Condition Monitoring System* yang diinstalasi pada *gearbox* dengan bantuan teknologi *Cloud System* dan *Artificial Intelligence*
2. Pengguna dapat mengadakan 1 unit *gearbox* baru yang sama sebagai cadangan untuk bisa meminimalkan *downtime*. Sekaligus bisa menjadi cadangan untuk unit *crane* yang lain yang menggunakan brand dan tipe yang sama
3. Pengguna dapat melakukan *overhaul* tahunan dengan bekerjasama dengan *workshop vendor* yang berkompeten

 ISSN 2987-677X

Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada PT BERKAH INDUSTRI MESIN ANGKAT (PT BIMA) sebagai bagian dari PELINDO JASA MARITIM yang telah memberikan amanah dan fasilitas selama proses pengumpulan data dan analisis data. Tidak lupa rekan-rekan dan tim vendor pelaksana PT. TRIAGRI JAYA LESTARI pada proyek perbaikan *Gearbox Hoist Crane* (CC-05) Pelindo Kota Banjarmasin

Referensi

Budynas, R. G. (2019). *Shigley's Mechanical Engineering Design* (11 ed.). New York, NY, Amerika Serikat: McGraw Hill Education.

Dwijaputra, A. N. (2022). Perencanaan Jadwal Pemeliharaan Mesin Cane Carrier Dan IMC Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II) Pada PG Kebon Agung. *Jurnal Valtech, 5*(1), 1-10.

Ebeling, C. E. (2019). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering* (3rd ed.). Long Grove, IL., Amerika Serikat: Waveland Press.

Li, Y. &. (2020). The Impact of Downtime on Business Continuity: A Case Study Approach. *Procedia Manufacturing, 45*, 1105-1110. doi: https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.023

Pandey, D. K. (2020). Pinion Failure Analysis of a Helical Reduction Gearbox in a Kraft Process. *Applied Sciences, 10*(8), 2935. doi:https://doi.org/10.3390/app10082935

Satria, C. D. (2020). Analisa Keandalan Struktur pada Container Crane SWL 40 Ton Menggunakan Metode Monte Carlo. *Proceeding 4th Conference on Design and Manufacture Engineering and its Application*, (pp. 29-38).

SEW EURODRIVE. (2016). *Assembly and Operating Instruction.* Bruchsal, Jerman: SEW EURODRIVE.

Sutarman. (2009). *Pengantar Teknologi Informasi* (1st ed.). Surabaya: Bumi Aksara.

 ISSN 2987-677X

Penentuan Rute Terpendek Pada PT. Sukses Expamet dengan Menggunakan Algoritma Modifikasi Clarke and Wright Savings

Angga Setiawan[1] Martinus Edy[1] Dian Retno[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ angga.sms11@gmail.com

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan masalah optimasi yang melibatkan pencarian rute yang paling efisien untuk sebuah armada kendaraan dalam melayani sejumlah pelanggan dengan memperhatikan berbagai batasan. Penyelesaian masalah VRP bisa dilakukan dengan menggunakan berbagai cara, salah satunya adalah dengan menggunakan Clarke and Wright Savings, adanya modifikasi pada algoritma Clarke and Wright Saving yaitu dengan menambahkan *time windows* dan kapasitas angkut kendaraan. Adanya modifikasi ini, mampu menghasilkan penghematan jarak sebesar 1315,3 km, dengan persentase penghematan jarak tempuh adalah 25%. Biaya yang dapat dihemat setelah menggunakan modifikasi algoritma ini adalah sebesar Rp 1.313.358,67.

Kata kunci: Algoritma modifikasi *Clarke and Wright Savings; Vehicle Routing Problem.*

Pendahuluan

*Vehicle Routing Problem (*VRP) merupakan permasalahan yang membahas mengenai pencarian rute suatu kendaraan dengan tujuan tertentu. *Vehicle Routing Problem* (VRP) adalah masalah penentuan rute kendaraan dalam mendistribusikan barang dari tempat produksi yang dinamakan depot ke konsumen dengan tujuan meminimumkan total jarak tempuh kendaraan (Chandra dkk, 2018). Guna mengoptimalkan kendaraan yang ada dan juga jumlah permintaan pengiriman yang begitu besar, maka diperlukannya perhitungan yang tepat untuk mengalokasikan kendaraan yang baik dan benar agar kendaraan yang dimiliki oleh pabrik dapat digunakan secara optimal. Penentuan rute terpendek dengan memperhatikan batasan kapasitas kendaraan dan jendela waktu jam kerja, diperlukannya metode atau algoritma untuk dapat memecahkan permasalahan ini. Pada penelitian ini algoritma yang digunakan adalah Algoritma Clark and Wright Saving, adanya keperluan masalah yang dihadapi pada permasalahan perusahaan ini, maka diperlukannya modifikasi pada algoritma dengan menambahkan jendela waktu jam kerja dan kapasitas kendaraan. Menurut (Nusmesse, 2018), perbandingan Algoritma Clarke and Wright Savings dengan Algoritma Sequential Insertion menunjukan keunggulan yang signifikan pada sisi efisiensi dan optimalisasi. Algoritma Clarke and Wright Savings terbukti lebih unggul dalam mengoptimalkan rute pengiriman. Pendekatan ini memanfaatkan pendekatan *savings* untuk menggabungkan rute yang berpotensi sama agar menghasilkan penghematan biaya dan waktu yang lebih besar. Dalam perbandingan ini, Algoritma Clarke and Wright Savings adalah pilihan yang lebih unggul dan efektif dalam konteks optimasi rute pengiriman dibandingkan dengan Algoritma Sequential Insertion

Metode

Metode yang digunakan adalah menggunakan algoritma Clarke and Wright, kemudian dari algoritma tersebut dilakukan modifikasi dengan menyesuaikan kebutuhan masalah yang dihadapi oleh perusahaan.

1. Pengumpulan Data

Pada pengumpulan data ini dilakukan pengumpulan data yang dilakukan dengan cara wawancara, dokumentasi dan observasi. Data yang dikumpulkan adalah data permintaan pelanggan, lama waktu *loading*, data tonase barang, lama perjalanan, data *unloading,* data rute metode perusahaan dan data biaya distribusi perusahaan.

2. Pengolahan Data

Pengolahan data meliputi pemodelan regresi, tujuan pemodelan regresi adalah untuk
memunculkan sebuah model yang bisa dijadikan acuan bagi peneliti agar dapat dimasukan
kedalam Algoritma Modifikasi Clarke and Wright Savings.

- Pemodelan Regresi Data Waktu *Loading* dan Tonase.
- Pemodelan Regresi Lama Waktu Perjalanan *Actual* dan Estimasi Waktu Perjalanan by Gmaps.

 ISSN 2987-677X

- Pemodelan Regresi Lama Waktu *Unloading* dan Tonase.
- Algoritma Modifikasi Clarke and Wright Savings.

3. Analisa

Analisa perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan pada saat sebelum menggunakan algoritma usulan dan sesudah menggunakan algoritma, analisa perbandingan ini meliputi total jarak tempuh yang dilalui oleh kendaraan dan total biaya distribusi.

- Perbandingan Total Jarak Tempuh Menggunakan Metode Perusahaan dengan Menggunakan Algoritma Modifikasi Clarke and Wright Savings.
- Perbandingan Biaya Distribusi Meliputi Kebutuhan Bahan Bakar Kendaraan Selama Proses Distribusi.

Hasil Kerja

1. Data Permintaan Pelanggan

Data permintaan pelanggan adalah data yang berisikan apa saja permintaan yang diminta oleh pelanggan, nama terang penerima, *quantity* dan *type* apa saja yang diinginkan, nomor telpon penerima, pada PT. Sukses Expamet jika ada pelanggan yang ingin membeli produk maka prosedur yang terjadi adalah, pelanggan menghubungi *customer service*, kemudian dibuatkannya surat oleh *customer service* kepada staff *logistic* berbentuk surat sales *order*, yang nantinya akan ditindak lanjuti oleh staff *logistic*.

2. Data Lama Waktu *Loading*

Data lama waktu loading adalah data yang dilakukan dengan cara observasi sendiri secara langsung pada saat kegiatan loading berlangsung pada pabrik.

3. Data Tonase Barang

Data tonase barang adalah data yang diperoleh dengan melakukan wawancara kepada staff logisitik.

4. Lama Perjalanan

Lama perjalanan ini adalah waktu yang diperlukan oleh tiap kendaraan dari satu titik ke titik yang lain, dari pabrik menuju pelanggan, pelanggan ke pelanggan dan pelanggan menuju pabrik. Kemudian dilakukan perbandingan antara lama perjalanan *actual* dan gmaps.

5. Lama Waktu *Unloading*

Lama waktu *unlading* adalah lama waktu yang dihasilkan selama proses unloading berlangsung di tempat customer.

6. Data Biaya Distribusi Metode Perusahaan

Pada pengolahan data biaya distribusi ini mencakup data pengeluaran atau biaya distribusi yang terhitung dari jarak tempuh setiap kendaraan kemudian dikalikan dengan harga bahan bakar kendaraan yaitu solar dengan harga perliter senilai Rp 6.800,00.

Pemodelan Regresi Data Waktu *Loading* dan Tonase

Tujuan dilakukan pengolah ini adalah agar mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan pada saat memiliki berat tonase sekian. Pada pemodelan regresi data waktu *loading* dan tonase telah memenuhi syarat residual IIDN, kemudian hasil dari pengolahan data ini menghasilkan sebuah rumus regresi yaitu Waktu = 13 + 0.008742 * Tonase.

Pemodelan Regresi Lama Waktu Perjalanan Actual dan Estimasi Waktu Perjalanan by Gmaps

Lama waktu perjalanan ini meliputi lama waktu tempuh kendaraan dari satu titik ke titik yang lain, dan lama waktu *actual* dibandingkan dengan estimasi yang ada pada Gmaps. Tujuan pemodelan ini agar dapat mengetahui lama waktu real selama perjalanan, pada pemodelan regresi data lama waktu perjalanan *actual* dan estimasi waktu perjalanan by Gmaps telah memenuhi syarat residual IIDN, kemudian hasil dari pengolahan data ini menghasilkan sebuah rumus regresi yaitu Waktu Real = 2.273 + 1.0501 * Waktu Gmaps.

Pemodelan Regresi Lama Waktu *Unloading* dan Tonase

Pada pemodelan regresi lama waktu *unloadin* dan tonase, tujuannya adalah untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan pada saat dilakukan proses *Unloading* pada lokasi pelanggan. Pengolahan data pemodelan regresi lama waktu *Unloading* dan Tonase telah memenuhi syarat residual IIDN, kemudian hasil dari pengolahan data menghasilkan sebuah rumus regresi yaitu Waktu = 28.92 + 0.04179 * Tonase,

Algoritma Modifikasi Clarka and Wright Savings

Memodifikasi Algoritma modifikasi clark and wright savings dalam penelitian ini yang dimodifikasi sesuai dengan keperluan yang dibutuhkan oleh perusahaan, menentukan lokasi mana yang akan dikunjungi berikutnya berdasarkan penghematan terbesar dalam *saving matrix,* mempertimbangkan berat pesanan pelanggan dengan kapasitas kendaraan dan time windows jam kerja. Biaya distribusi PT. Sukses Expamet dengan metode lama yang digunakan perusahaan telah diolah dan akan dibandingkan menggunakan algoritma usulan, yaitu Algortima modifikasi clark and wright savings. Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam menggunakan Algortima Modifikasi Clark and Wright savings *with Time Windows* adalah sebagai berikut:

1. Langkah 1

Inisialisasi data jarak, data jumlah permintaan, data waktu *loading*, dan data waktu pelayanan *unloading* sebagai input yang dibutuhkan, lanjut ke langkah 2.

2. Langkah 2

Buat matriks jarak antar depot ke konsumen dan ke konsumen, lanjut ke langkah 3.

3. Langkah 3

Hitung nilai *saving* menggunakan persamaan

S(i,j) = d (D,i) + d (D,j) – d (i,j) ..... (1)

untuk setiap pelanggan untuk mengetahui nilai penghematan, lanjut ke langkah 4.

4. Langkah 4

Urutkan pasangan pelanggan berdasarkan nilai *saving matrix* dari nilai *saving matriks* terbesar hingga yang terkecil, lanjut ke langkah 5.

5. Langkah 5

Pembentukan tur pertama (t=1), lanjut ke langkah 6.

 ISSN 2987-677X

6. Langkah 6

Tentukan pelanggan pertama yang ditugaskan pada tur dengan cara memilih kombinasi pelanggan dengan nilai *saving* terbesar, lanjut ke langkah 7.

7. Langkah 7

Hitung banyaknya jumlah permintaan dari konsumen yang telah terpilih. Apabila jumlah permintaan masih memenuhi kapasitas kendaraan maka lanjut ke langkah 8. Apabila jumlah permintaan melebihi kapasitas kendaraan maka dilanjutkan ke Langkah 11.

8. Langkah 8

Hitung waktu *loading*, total jarak, estimasi perjalanan, waktu pelayanan *unloading*, dan total waktu berdasarkan pelanggan yang telah terpilih, lanjut ke langkah 9.

9. Langkah 9.

Apabila total waktu ≤ jendela waktu jam kerja maka pelanggan tersebut terpilih untuk ditugaskan pada tur kemudian lanjut ke langkah 10. Apabila waktu > jendela waktu jam kerja maka dilanjutkan ke langkah 11.

10. Langkah 10

Pilih pelanggan selanjutnya yang akan ditugaskan berdasarkan kombinasi pelanggan

terakhir yang terpilih dengan nilai saving terbesar, kembali ke langkah 7.

11. Langkah 11

Hapus pelanggan terakhir yang terpilih, lanjut ke langkah 12.

12. Langkah 12

Masukkan pelanggan yang terpilih sebelumnya untuk ditugaskan kedalam tur maka tur (t) telah terbentuk. Apabila masih ada pelanggan yang belum terpilih maka lanjut ke langkah 13. Apabila semua pelanggan telah ditugaskan maka proses pengerjaan Algoritma Modifikasi Clarke & Wright Savings telah selesai.

13. Langkah 13

Pembentukan tur baru(t = t + 1), lanjut ke langkah 6.

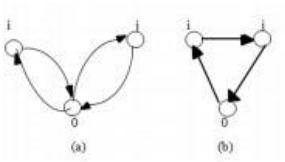
Berikut adalah contoh numerik pada modifikasi Algortima Modifikasi Clarke and Wright Savings dijalankan.

Vehicle Routing Problem

Vehicle Routing Problem (VRP) adalah masalah dimana terdapat sebuah armada pengiriman barang yang harus mengirimkan barang kepada berbagai pelanggan. Solusi yang dicari adalah rute paling pendek yang bisa dilakukan oleh armada pengiriman tersebut. Seiring berjalannya waktu, agar semakin mirip dengan permasalahan ril, beberapa perkembangan dari VRP muncul, seperti *multi-compartment, Multi-objective, heterogenous vehicle*,*Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) muncul sebagai perkembangan dari *Vehicle Routing Problem*. VRPTW menambahkan pertimbangan waktu *service* dan jangkauan waktu pelanggan dari setiap pengiriman barang (Rachman, 2018).

Algortima Clarke & Wright Savings

Algoritma Clarke-Wright Savings adalah suatu metode yang ditemukan oleh clarke dan wright pada tahun 1964 (Nurcahyo, 2023). Metode ini dipublikasikan sebagai suatu algoritma yang digunakan sebagai solusi untuk permasalahan rute kendaraan dimana sekumpulan rute yang lebih baik dan metode ini digunakan untuk mengatasi permasalahan yang cukup besar, dalam hal ini adalah jumlah rute yang banyak (Damayanti, 2021). Algoritma Clarke-Wright Savings melakukan perhitungan penghematan yang diukur dari seberapa banyak yang dapat dilakukan pengurangan jarak tempuh dan waktu yang digunakan dengan mengaitkan node-node yang ada dan menjadikannya sebuah rute berdasarkan nilai savings yang terbesar yaitu jarak tempuh antara *source node* dan *node* tujuan (Damayanti, 2021). Proses perhitungannya, metode ini tidak hanya menggunakan jarak sebagai parameter, tetapi juga waktu untuk memperoleh nilai saving yang terbesar untuk kemudian disusun menjadi sebuah rute terbaik (Yusuf, 2023).



Gambar 1. Ilustrasi Penghematan

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan yang dapat diambil yaitu rute pengiriman dilakukan dari yang terdekat dengan gudang kemudian dilanjutnya ke lokasi pelanggan yang terdekat dengan lokasi pelanggan yang lain. Sebelum menggunakan usulan yaitu algoritma modifikasi clarke and wright savings, rute yang dilalui sebanyak 138 rute pada 24 hari pengiriman. Setelah menggunakan usulan yaitu Algoritma modifikasi clarke and wright savings, rute yang dilalui sebanyak 73 rute. Perhitungan dengan menggunakan usulan yaitu Algoritma modifikasi clarke and wright savings dapat mengurangi total jarak tempuh dengan persentase penghematan sebesar 25%, dan biaya distribusi juga dapat diminimalkan sebesar 28% pada 24 hari pengiriman.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada orang-orang berperan penting yang membantu dalam proyek penulis. Ucapan terimakasih juga dapat ditujukan kepada instansi yang mendanai proyek penulis.

Referensi

Alfany. (2018). Analisis Keterlambatan Pengiriman Paket Dengan Menggunakan Metode Six Sigma Di J&T Express DC Sleman Barat Yogyakarta. *Alfani Yanto Sulistyo 1 , Yohanes Anton Nugroho 2 Program Studi*

ISSN 2987-677X

Teknik Industri Universitas Teknologi Yogyuakarta PACKAGE DELAY ANA. 1–2.

Amalia Yunia Rahmawati. (2020). Faktor–faktor yang mempengaruhi keterlambatan proyek konstruksi di surabaya. *6*(July), 1–23.

Baty, L., Jungel, K., Klein, P. S., Parmentier, A., & Schiffer, M. (2023). Combinatorial Optimization enriched Machine Learning to solve the Dynamic Vehicle Routing Problem with Time Windows. 1–22. http://arxiv.org/abs/2304.00789

Chandra, A., & Setiawan, B. (2018). Optimasi Jalur Distribusi dengan Metode Vehicle Routing Problem (VRP) Optimizing the Distribution Routes Using Vehicle Routing Problem (VRP) Method. *05*(02). http://ejournal.stmt-trisakti.ac.id/index.php/jmtranslog

Damayanti, D. K., Purnamasari, I., & Wasono. (2021). Determining The Shortest Route Using The Clarke and Wright Savings Algorithm Method. *Jurnal Eksponensial*, *12*(1), 65–72.

Evelyn. (2022). Cakalang Di PT. X Menggunakan Saving Matrix. *Evelyn Yuniar Krisanti*.

Firmansyah, M., Masrun, M., & Yudha S, I. D. K. (2021). Esensi Perbedaan Metode Kualitatif Dan Kuantitatif. *Elastisitas - Jurnal Ekonomi Pembangunan*, *3*(2), 156–159. https://doi.org/10.29303/e-jep.v3i2.46

Karundeng, Thessa Natasya Mandey, S. L., & Sumarauw, J. S.
B. (2018). Analisis Saluran Distribusi Kayu (Studi Kasus Di Cv. Karya Abadi, Manado). *Jurnal EMBA: Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi*, *6*(3), 1748–1757.

Mandey, J. B. (2019). Promosi, Distribusi, Harga Pengaruhnya Terhadap Keputusan Pembelian Rokok Surya Promild. *Promosi, Distribusi, Harga Pengaruhnya Terhadap Keputusan Pembelian Rokok Surya Promild*, *1*(4), 9. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Moda, D. A. N., Yang, T., & Sukmadewi, R. (2024). Optimalisasi Alur Distribusi : Memperlancar Efisiensi Melalui Daftar Harga Pengiriman. *xx*(x), 77–86.

Nurcahyo, R., Irawan, D. A., & Kristanti, F. (2023). The Effectiveness of the Clarke & Wright Savings Algorithm in Determining Logistics Distribution Routes (case study PT.XYZ). *E3S Web of Conferences*, *426*. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342601107

Nusmesse, P., Rahawarin, A., & Paillin, D. B. (2018). Usulan Penentuan Rute Dalam Pendistribusian Bbm Bersubsidi (Premium) Pada Pt . Pertamina Tbbm Wayame Ambon Ke Spbu Di. *Arika*, *10*(1), 1–14.

Rachman, T. (2018). Penyelesaian Vehicle Routing Problem Menggunakan Metode Clarke and Wright Saving Heuristic. *Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952.*, 10–27.

Rochman, M. (2023). *Analisis Korelasi Antara Kandungan Senyawa Organik (KMnO4) Dengan Tingginya Kekeruhan Pada Kali Surabaya Menggunakan Software Minitab*. *4*(1), 54–59.

SAHARA, S., & Delvia Yuliana. (2021). Analisis Tingkat Kepuasan Pelanggan Dalam Penerapan Sistem Boarding Pass Di Gate Keberangkatan Terminal Terpadu Pulo Geban. *Logistik*, *14*(1), 44–56. https://doi.org/10.21009/logistik.v14i1.20507

Shahin, R., Hosteins, P., Pellegrini, P., Vandanjon, P. O., & Quadrifoglio, L. (2024). A survey of Flex-Route Transit problem and its link with Vehicle Routing Problem. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *158*(February). https://doi.org/10.1016/j.trc.2023.104437

Slamet Riyadi No, J. (2020). Warehouse Data System Analysis PT. Kanaan Global Indonesia 1 st Tino Feri Efendi, 2 nd Mutiya Krisanty 12 Institut Teknologi Bisnis AAS Indonesia Surakarta. *International Journal of Computer and Information System (IJCIS) Peer Reviewed-International Journal*, *01*(03), 2745–9659. https://ijcis.net/index.php/ijcis/index

Sutisna, E., & Ratnasari, K. C. (2018). Analisis keterlambatan pengiriman barang e-commerce dengan menggunakan metode lean six sigma. *Jurnal Logistik Bisnis*, *9*(1), 29–34. https://ejurnal.poltekpos.ac.id/index.php/logistik/article/view/390

Widya, Y., & Surabaya, M. (2009). *Logistics and Transport 2009 The Imperial Mae Ping Hotel Chiangmai , Certificate of Paper Presentation to Dian Retno , Dini Endah and Anastasia L . Maukar Clark Wright Saving Algorithm Model Development for Vehicle Routing*. *031*.

William Tanujaya, D. R. S. D. D. E. (2013). Penerapan Algoritma Genetik Untuk Penyelesaian Masalah Vehicle Routing Di Pt.Mif. *Widya Teknik*, *10*(1), 92– 102. http://journal.wima.ac.id/index.php/teknik/article/

 ISSN 2987-677X

vi ew/163

Yusuf, N. M. (2023). *Penentuan Rute Distribusi Produk AMDK Menggunakan Pengembangan Algoritma Clarke and Wright Savings di PT SMN*. *22*(1), 58–66.

 ISSN 2987-677X

Pemecahan Masalah Tata Letak Mesin Banyak Baris dengan Fuzzy Interflow menggunakan Algoritma Genetika

Andri Arie Wianto[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ andwian@gmail.com

Artikel ini menerapkan Algoritma Genetika untuk memecahkan masalah tata letak mesin dengan aliran antar mesin yang kabur. Artikel ini menggunakan representasi permutasi mesin. Kendala geometris adalah dimensi aktual mesin, yaitu panjang dan lebar, termasuk lorong. Algoritma konstruksi tata letak yang digunakan adalah zigzag/bentuk-S. Program aplikasi yang digunakan dikodekan dalam Visual Basic 6.0. Waktu CPU memiliki hubungan kubik positif (polinomial orde 3) dengan jumlah mesin. Nilai fungsi tujuan berhubungan kubik positif dengan jumlah mesin. Tidak ada jaminan bahwa waktu CPU yang lebih banyak akan menghasilkan hasil yang lebih baik (OFV). Hal ini disebabkan oleh sifat acak algoritma genetika.

Kata kunci: Algoritma Genetika, Masalah tata letak mesin, Aliran antar mesin yang kabur, Representasi permutasi mesin, Kendala geometris, Algoritma konstruksi tata letak zigzag/bentuk-S.

Pendahuluan

Artikel ini membahas tentang masalah tata letak mesin, yang merupakan salah satu masalah optimasi kombinatorial. Meskipun solusi optimal dapat ditemukan melalui enumerasi sederhana, dalam praktiknya **sering kali** tidak mungkin, terutama untuk masalah praktis dengan ukuran realistis di mana jumlah solusi layak bisa sangat tinggi.

Artikel ini juga membahas pendekatan yang berbeda untuk memodelkan ketidakpastian dalam aliran material antar mesin. Pendekatan pertama adalah pendekatan fleksibel atau probabilistik, dan yang kedua adalah pendekatan robustness. Namun, kedua pendekatan ini memiliki tantangan tersendiri dalam penerapannya.

Sebagai alternatif, artikel ini mengusulkan pendekatan fuzziness, yang menggunakan teori himpunan fuzzy untuk memodelkan ketidakpastian atau ketidakpastian yang muncul dari fenomena mental. Pendekatan ini memiliki keuntungan praktis karena tidak perlu memaksa manajer atau desainer tata letak untuk memberikan campuran produk yang tepat atau distribusi probabilitas.

Artikel ini juga membahas studi sebelumnya yang menggunakan batasan area, bukan dimensi mesin, dan menggunakan ekspresi Polandia dalam representasi kromosomnya. Sebaliknya, artikel ini menggunakan daftar permutasi mesin sebagai representasi kromosomnya.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan interflows fuzzy untuk masalah tata letak mesin yang diselesaikan menggunakan algoritma genetik. Representasi kromosom yang digunakan adalah representasi permutasi mesin, dan prosedur konstruksi tata letak menggunakan tata letak zigzag/s-shape. Perangkat lunak yang digunakan adalah GAML 1.0.0 (Genetic Algorithm for Machine Layout 1.0.0) yang dikodekan menggunakan Microsoft® Visual Basic 6.0. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hipotetis yang dihasilkan menggunakan perangkat lunak statistik MINITAB® Release 14.12.0.

Hasil Kerja

Analisis

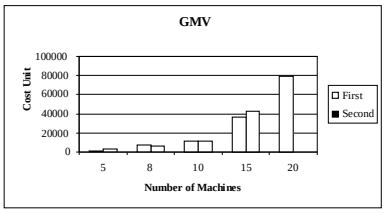
Perbandingan rata-rata GMV dan rata-rata waktu CPU antara kombinasi pertama dan kedua ada di Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan rata-rata GMV dan rata-rata waktu CPU antara kombinasi pertama dan kedua ada di Tabel 1

Jumlah Mesin	Rata-rata GMV		Rata-rata Waktu CPU	
	1	2	1	2
5	1456	2836	3101.4	3096.7
8	6833.6	5738.6	7139.2	7128.2
10	11287.9	11256.8	10704.8	10722
15	36500.9	43180.1	23142.3	22965.7
20	79026.1		41487.5	

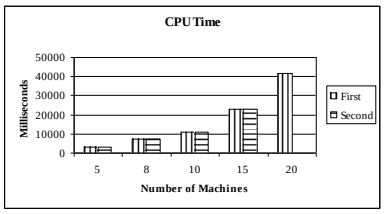
Perbandingan rata-rata GMV antara kombinasi pertama dan kedua digambarkan sebagai Gambar 1.

 ISSN 2987-677X



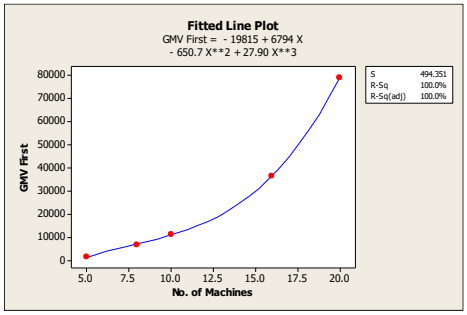
Gambar 1. Perbandingan Rata-Rata GMV antara Skenario Kombinasi Pertama dan Kedua

Perbandingan rata-rata Waktu CPU antara kombinasi pertama dan kedua dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini:

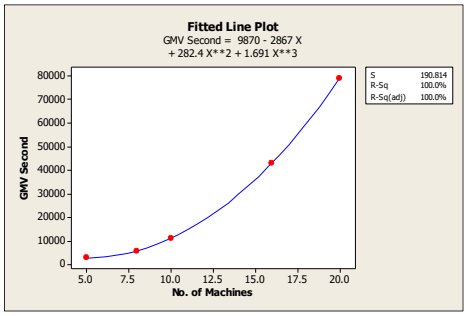


Gambar 2. Perbandingan Rata-Rata Waktu CPU antara Skenario Kombinasi Pertama dan Kedua

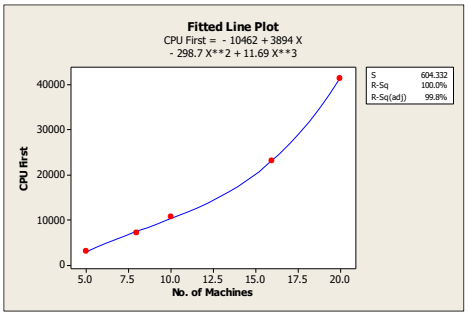
Grafik garis dari GMV dan waktu CPU dari setiap skenario digambarkan dalam Gambar 3 sampai Gambar 6



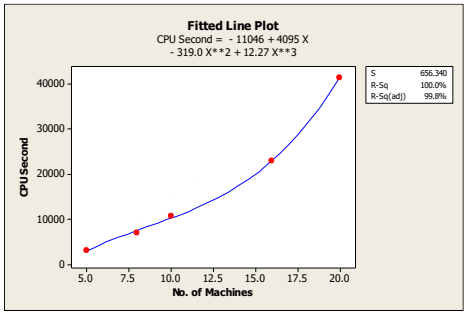
Gambar 3. GMV dari Skenario Kombinasi Pertama



Gambar 4. GMV dari Skenario Kombinasi Kedua



Gambar 5. Waktu CPU dari Skenario Kombinasi Pertama



Gambar 6. Waktu CPU dari Skenario Kombinasi Kedua

Dari hasilnya, dapat dibuat kesimpulan tentang:
Perbandingan antara skenario kombinasi pertama dan kedua. a. GMV Dari Gambar 1, kombinasi pertama dan kedua memiliki perbedaan yang tidak signifikan, kecuali untuk skenario 15 mesin. Pada skenario 15 mesin, skenario kombinasi kedua memiliki GMV yang lebih tinggi daripada skenario kombinasi pertama. b. Waktu CPU Dari Gambar 2, perbedaan Waktu CPU antara kombinasi pertama dan kedua tidak signifikan.
Perbandingan antara jumlah mesin dalam setiap skenario kombinasi. a. GMV Dari Gambar 3 dan Gambar 4, GMV akan menurun seiring berkurangnya jumlah mesin, dan sebaliknya. Hubungan antara GMV dan jumlah mesin adalah polinomial positif dengan urutan 3 (kubik). b. Waktu CPU Sama seperti GMV, waktu CPU dan jumlah mesin berhubungan kubik positif (polinomial dengan urutan 3). Waktu CPU juga akan menurun seiring berkurangnya jumlah mesin, dan sebaliknya (lihat Gambar 5 dan Gambar 6).
Secara umum, tidak ada jaminan bahwa waktu CPU yang lebih lama, GMV akan menjadi lebih baik. Juga, tidak ada jaminan bahwa waktu CPU yang lebih sedikit akan menghasilkan GMV yang lebih buruk. Jadi, GMV terbaik tidak selalu dihasilkan oleh waktu CPU terpanjang; dan sebaliknya, karena sifat acak dari algoritma genetik.

Kesimpulan

Ada hubungan kubik positif (polinomial orde-3) antara GMV dan jumlah mesin.
Waktu CPU memiliki hubungan kubik positif (polinomial orde-3) dengan jumlah mesin.

 ISSN 2987-677X

Tidak ada jaminan bahwa waktu CPU yang lebih banyak akan menghasilkan OFV yang lebih baik, dan sebaliknya, karena sifat acak dari algoritma genetik.

Berikut adalah saran untuk penelitian lebih lanjut:

Minimalkan ruang kosong/ruang yang tidak digunakan.

Cobalah menggunakan lorong asimetris, yaitu lorong kiri dan kanan berbeda; lorong atas dan bawah juga berbeda.

Cobalah menggunakan koefisien penalti berdasarkan area atau lebar, bukan jumlah mesin.

Gunakan nilai penalti yang cukup besar relatif terhadap OFV.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih kepada Ibu Anastasia Lidya Maukar dan Bapak Peter R. Angka yang membantu dalam proyek penulis.

Referensi

Azadivar, F., & Wang, J. J. (2000). Facility Layout Optimization using Simulation and Genetic Algorithms. *International Journal of Production Research, 38*(17), 4369–4383.

Cahyo, M. (2006, Januari). Penataan Ulang Tata Letak Fasilitas Produksi dengan Aisle menggunakan Simulated Annealing dan Algoritma Genetika. Skripsi, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Surabaya, Indonesia.

Deb, S. K., & Bhattacharyya, B. (2005). Fuzzy Decision Support System for Manufacturing Facilities Layout Planning. *Decision Support Systems, 40*, 305–314.

Gen, M., & Cheng, R. (1997). *Genetic Algorithms and Engineering Design*. John Wiley & Sons.

Goldberg, D.E. (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. Addison-Wesley, Reading, MA.

Gómez, A., et al. (2003). Using Genetic Algorithms to Resolve Layout Problems in Facilities where There are Aisles. *International Journal of Production Economics, 84*, 271–282.

Heragu, S. S. (1997). *Facilities Design*. PWS Publishing Company, Boston.

Norman, B. A., & Smith, A. E. (2006). A Continuous Approach to Considering Uncertainty in Facility Design. *Computers and Operations Research, 33*, 1760–1775.

Salvage, J. (2002). *The Visual Basic Coach*. Addison Wesley.

Schneider, D. I. (1999). *An Introduction to Programming using Visual Basic 6.0* (Edisi ke-4). Prentice–Hall.

Tate, D. M., & Smith, A. E. (1995). Unequal–area Facility Layout by Genetic Search. *IIE Transactions, 27*(4), 465–472.

Wijayanto, A. (2005, Maret). Penataan Ulang Tata Letak Fasilitas Produksi dengan Aisle menggunakan Algoritma Genetika pada PT. Serasa Purna Cipta. Skripsi, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Surabaya, Indonesia.

ISSN 2987-677X

Optimalisasi Jalur Pengiriman Batubara Menggunakan Algoritma *Dijkstra* (Studi Kasus: PT. Mitra Alam Persada)

Meidya Koeshardianto[1,2] Andriana Anteng Anggorowati[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

[2] Program Studi Informatika, Universitas Trunojoyo Madura

✉ meidya@trunojoyo.ac.id

Menentukan jalur terpendek (*shortest path*) merupakan permasalahan yang sangat penting untuk diselesaikan. Dampak yang diharapkan adalah proses pekerjaan akan jauh lebih efisien khususnya dalam hal penghematan biaya. Khususnya pada jalur pengiriman hasil tambang batubara. Pengiriman batubara dilaksanakan dengan melewati beberapa node (view point) mulai dari *pit* hingga *crusher*. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah metode optimalisasi untuk menentukan jalur pengiriman produksi yakni menggunakan Algoritma *dijkstra*. Algoritma *Dijkstra* merupakan salah satu metode untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Hasil dari penelitian membandingkan jarak manual yang dilakukan sekarang dengan perhitungan menggunakan metode *dijkstra*. Hasil nilai rata – rata efisiensi sebesar 44,5% lebih baik apabila dibandingkan dengan rute yang dilakukan secara manual.

Kata kunci: Dijkstra, Shortest Path, Optimalisasi, Efisiensi

Pendahuluan

Shortest Path adalah metode untuk menentukan jalur terpendek dalam sebuah jalur perjalanan. Dengan menentukan jalur terpendek yang akan dilalui, maka dampak yang ditimbulkan akan sangat besar. Dampak tersebut antara lain membuat suatu pekerjaan menjadi lebih efektif, cepat dan hemat apabila ditinjau dari sisi biaya operasional. *Shortest Path* juga dapat diartikan sebagai nilai jarak minimum sebuah lintasan dari beberapa jumlah lintasan. Sehingga *Shortest Path* dapat menentukan serta memilih jalur terpendek dari titik awal menuju titik tujuan.

Berbagai penelitian telah banyak dilakukan untuk menentukan *Shortest Path* yakni dengan menggunakan Algoritma Genetik untuk menentukan jalur terpendek migrasi (Yussof and Azlin Razali 2012). *Shortest Path* juga digunakan untuk mengkatkan efisiensi pengiriman produk turunan dari minyak bumi pada sebuah sistem perangkat lunak (Lwangi et al. 2022). Penentuan proses pada komputasi paralel juga menentukan *Shortest Path* sehingga proses dilakukan dengan lebih efektif (Chaibou and Sie 2015). Metode *Dijkstra* digunakan pada penelitian pembangunan *Smart City* dalam hal membangun jalur kereta api (Agarana, Omoregbe, and Ogunpeju 2016).

Pada penelitian ini menggunakan salah satu *Shortest Path*, algoritma *Dijkstra,* yang akan digunakan untuk mengoptimalkan jalur pengiriman batubara pada perusahaan tambang. Obyek studi kasus penelitian dilakukan pada perusahaan tambang PT. Mira Alam Persadan. Jalur dimulai dari *front*[1] pada sebuah *pit*[2] yang selanjutnya harus dikirim ke *stock pile*[3] sebelum diproses pada *crusher*[4]. Dari titik awal menuju ke titik tujuan sebuah *hauler* harus melewati beberapa *view point.* Optimalisasi penentuan jalur pengiriman batubara akan dilakukan menggunakan algoritma *Dijkstra*.

Metode

Algoritma *Dijkstra* merupakan algoritma yang populer untuk menemukan jalur terpendek antara node dalam sebuah Graf. Algoritma ini dinamai sesuai dengan nama penciptanya, ilmuwan komputer Belanda, Edsger W. Dijkstra.

Secara sederhana sebuah model matematis Graf dapat ditulis dengan G = {V, E}, dimana *G* merupakan himpunan dari simpul Vertex *V* dan kumpulan Edge *E* yang digunakan untuk mendefinisikan sebuah grafik *G.*

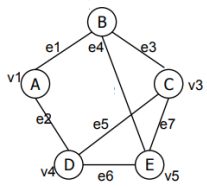
[1]Titik lokasi pengambilan Over Burden dan Batubara siap muat.

[2]Lubang besar yang digali untuk mengekstraksi mineral yang terkandung di dalamnya.

[3]Tempat penyimpanan sementara Batubara.

[4]Peralatan utama pada coal handling system yang berfungsi menghancurkan batubara.

 ISSN 2987-677X



Gambar 1 Sebuah *graf* dengan *vertex* dan *edge*

Ilustrasi pada gambar 1 dapat diimplementasikan dalam program menggunakan *psudo code* sebagai berikut:

```
Algoritma Dijkstra
function dijkstra(graph, source):
// Jarak ke titik asal adalah 0
    E[source] ← 0
    for each vertex v in graph:
        if v ≠ source
// Jarak awal ke titik lainnya adalah tak terhingga
            E[v] ← ∞
        add v to unvisited set
      while unvisited set is not empty:
        u ← vertex in unvisited set with min E[u]
        remove u from unvisited set
          for each neighbor v of u:
            alt ← E[u] + length(u, v)
            if alt < dist[v]:
// Update jarak ke tetangga
                E[v] ← alt
    return dist
```

Dalam *psudo code Dijkstra*, *graph* merepresentasikan graf dengan bobotnya, *source* adalah titik asal, *edge E* adalah *array* yang menyimpan jarak terpendek dari sumber ke setiap titik, dan *unvisited set* adalah himpunan titik yang belum dikunjungi.

Hasil Kerja

Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini didapatkan dari sebuah map wilayah kerja PT. Mitra Alam Persada site Melak, Kalimantan Timur. Data didapatkan menggunakan tools *OpenStreetMap* berupa data *Geospasial* yang meliputi titik – titik *view point*. Data tersebut disimpan dalam file dengan ekstensi **.pbf* pada sebuah website *download.geofabrik.de.* Selanjutnya dilakukan pemisahan daerah hanya wilayah tambang PT. Mitra Alam Persada menggunakan perangkat lunak *Osmosis* untuk diolah sebagai dataset seperti pada gambar 2.



Gambar 2 Dataset titik koordinat *view point*

Pemisahan data dilakukan untuk mendapatkan wilayah yang akan digunakan dalam penelitian yaitu hanya wilayah tambang sehingga didapatkan aspek data berupa titik koordinat dan jalan seperti pada tabel 1.

Tabel 1 Jumlah dataset

Aspek data	Jumlah
Koordinat view point (node/vertex)	35000
Jalan penghubung (edge)	45000

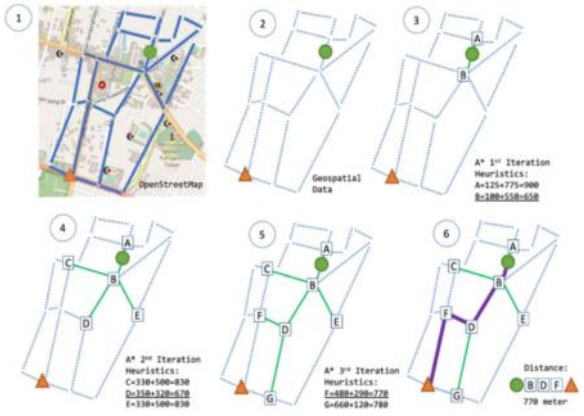
Penghitungan Data *Shortest Path*

Perhitungan *Shortest Path* dilakukan berdasarkan input data *view point* yang sudah berbentuk data koordinat. Data yang didapatkan merupakan hasil pengurutan yang dilakukan *foreman* secara manual. Hasil penghitungan data *Shortest Path* berupa data jarak antar titik *view point* berdasarkan data aktual jalur pengiriman berbentuk data *geospasial* dari *OpenStreetMap* yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Contoh data titik *view point*

Alamat	View point	Latitude	Longitude
Source (node awal/pit)	0	6,900475732	112,0682156
View point 1	1	6,907387156	112,0647846
View point 2	2	6,909619742	112,064348
View point 3	3	6,916779066	112,0640345
View point 4	4	6,928592432	112,0580885
View point 5	5	6,921714995	112,054703
View point 6	6	6,917740688	112,0596574

Selanjutnya data alamat tersebut dimasukkan ke dalam sistem untuk mendapatkan *Shortest Path* serta total jarak dan jalur yang ditempuh dapat dilihat seperti pada gambar 3.



Gambar 3 Perhitungan *shortest path* dengan *Dijkstra*

 ISSN 2987-677X

Tabel 3 Hasil perhitungan jarak antar *view point*

Data Shortest Path dalam Kilometer																												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0	0	1	1.5	1.6	1.3	1.5	1.5	1.5	2.2	1.8	1.6	2.5	1.1	2	4.1	2.8	2.4	2.7	3.4	0.7	4.9	4.1	3.4	2.2	3.1	3.8	3.1	2.5
1	1	0	0.5	0.6	0.3	0.5	0.5	0.5	1.2	0.7	0.6	2.6	0.1	1	3.1	1.8	1.4	1.7	2.4	0.3	3.9	3	2.4	1.2	2.1	2.8	2.1	1.5
2	1.5	0.5	0	0.8	0.5	0.8	0.4	0.7	1.5	1	0.8	2.2	0.4	1.1	3.4	2	1.5	1.9	2.6	0.8	4.2	3.3	2.6	1.4	2.3	3	2.3	1.7
3	1.6	0.6	0.8	0	0.3	0.3	0.5	0.2	0.6	0.1	0	2.7	0.5	0.4	2.5	1.2	0.8	1.1	1.8	0.9	3.3	2.4	1.8	0.6	1.5	2.2	1.5	0.9
4	1.3	0.3	0.5	0.3	0	0.2	0.2	0.1	0.9	0.4	0.3	2.7	0.2	0.7	2.8	1.5	1.1	1.4	2.1	0.6	3.6	2.7	2	0.9	1.8	2.5	1.8	1.2
5	1.5	0.5	0.8	0.3	0.2	0	0.4	0.1	0.9	0.4	0.2	2.7	0.4	0.7	2.8	1.4	1.1	1.3	2.1	0.8	3.5	2.6	1.9	0.8	1.7	2.5	1.8	1.1
6	1.5	0.5	0.4	0.5	0.2	0.4	0	0.3	1.1	0.6	0.4	2.5	0.4	0.8	3	1.6	1.3	1.5	2.3	0.8	3.8	2.9	2.2	1	1.9	2.7	1.9	1.3
7	1.5	0.5	0.7	0.2	0.1	0.1	0.3	0	0.8	0.4	0.2	2.6	0.4	0.6	2.7	1.3	1	1.3	2	0.8	3.5	2.6	1.9	0.8	1.7	2.4	1.7	1.1
8	2.2	1.2	1.5	0.6	0.9	0.9	1.1	0.8	0	0.5	0.7	3.1	1.2	0.6	2.3	0.6	0.6	0.9	1.6	1.6	2.7	1.8	1.2	0.4	0.9	2	1.3	0.2
9	1.8	0.7	1	0.1	0.4	0.4	0.6	0.4	0.5	0	0.2	2.7	0.7	0.3	2.4	1.1	0.7	0.9	1.7	1.1	3.2	2.3	1.6	0.4	1.3	2.1	1.3	0.7
10	1.6	0.6	0.8	0	0.3	0.2	0.4	0.2	0.7	0.2	0	2.7	0.5	0.4	2.5	1.2	0.8	1.1	1.8	0.9	3.4	2.5	1.8	0.6	1.5	2.2	1.5	0.9
11	2.5	2.6	2.2	2.7	2.7	2.7	2.5	2.6	3.1	2.7	2.7	0	2.6	2.7	5	3.7	3.1	3.5	4.3	2.4	5.8	4.9	4.3	3	4	4.7	4	3.3
12	1.1	0.1	0.4	0.5	0.2	0.4	0.4	0.4	1.2	0.7	0.5	2.6	0	0.9	3	1.7	1.3	1.6	2.3	0.4	3.9	3	2.3	1.1	2	2.7	2	1.4
13	2	1	1.1	0.4	0.7	0.7	0.8	0.6	0.6	0.3	0.4	2.7	0.9	0	2.5	1.2	0.6	1	1.8	1.3	3.3	2.4	1.7	0.5	1.4	2.2	1.4	0.8
14	4.1	3.1	3.4	2.5	2.8	2.8	3	2.7	2.3	2.4	2.5	5	3	2.5	0	2.4	1.9	1.5	0.7	3.4	1.8	1.8	1.8	2	2	1.1	1	2.2
15	2.8	1.8	2	1.2	1.5	1.4	1.6	1.3	0.6	1.1	1.2	3.7	1.7	1.2	2.4	0	0.9	1	1.7	2.1	2.3	1.4	0.7	1	0.5	1.5	1.4	0.3
16	2.4	1.4	1.5	0.8	1.1	1.1	1.3	1	0.6	0.7	0.8	3.1	1.3	0.6	1.9	0.9	0	0.5	1.2	1.7	2.8	1.9	1.3	0.3	0.9	1.6	0.9	0.6
17	2.7	1.7	1.9	1.1	1.4	1.3	1.5	1.3	0.9	0.9	1.1	3.5	1.6	1	1.5	1	0.5	0	0.7	2	2.4	1.7	1	0.5	0.6	1.1	0.4	0.7
18	3.4	2.4	2.6	1.8	2.1	2.1	2.3	2	1.6	1.7	1.8	4.3	2.3	1.8	0.7	1.7	1.2	0.7	0	2.7	1.7	1.1	1.1	1.2	1.2	0.4	0.3	1.4
19	0.7	0.3	0.8	0.9	0.6	0.8	0.8	0.8	1.6	1.1	0.9	2.4	0.4	1.3	3.4	2.1	1.7	2	2.7	0	4.2	3.4	2.7	1.5	2.4	3.1	2.4	1.8
20	4.9	3.9	4.2	3.3	3.6	3.5	3.8	3.5	2.7	3.2	3.4	5.8	3.9	3.3	1.8	2.3	2.8	2.4	1.7	4.2	0	1.2	1.7	2.9	1.9	1.6	2	2.5
21	4.1	3	3.3	2.4	2.7	2.6	2.9	2.6	1.8	2.3	2.5	4.9	3	2.4	1.8	1.4	1.9	1.7	1.1	3.4	1.2	0	0.8	2	1.1	0.7	1.4	1.6
22	3.4	2.4	2.6	1.8	2	1.9	2.2	1.9	1.2	1.6	1.8	4.3	2.3	1.7	1.8	0.7	1.3	1	1.1	2.7	1.7	0.8	0	1.3	0.4	0.9	0.8	0.9
23	2.2	1.2	1.4	0.6	0.9	0.8	1	0.8	0.4	0.4	0.6	3	1.1	0.5	2	1	0.3	0.5	1.2	1.5	2.9	2	1.3	0	0.9	1.6	0.9	0.6
24	3.1	2.1	2.3	1.5	1.8	1.7	1.9	1.7	0.9	1.3	1.5	4	2	1.4	2	0.5	0.9	0.6	1.2	2.4	1.9	1.1	0.4	0.9	0	1.2	0.9	0.7
25	3.8	2.8	3	2.2	2.5	2.5	2.7	2.4	2	2.1	2.2	4.7	2.7	2.2	1.1	1.5	1.6	1.1	0.4	3.1	1.6	0.7	0.9	1.6	1.2	0	0.7	1.7
26	3.1	2.1	2.3	1.5	1.8	1.8	1.9	1.7	1.3	1.3	1.5	4	2	1.4	1	1.4	0.9	0.4	0.3	2.4	2	1.4	0.8	0.9	0.9	0.7	0	1.1
27	2.5	1.5	1.7	0.9	1.2	1.1	1.3	1.1	0.2	0.7	0.9	3.3	1.4	0.8	2.2	0.3	0.6	0.7	1.4	1.8	2.5	1.6	0.9	0.6	0.7	1.7	1.1	0

Tabel 4 Hasil perhitungan jarak antar *view point* menggunakan Algoritma *Dijkstra*

Urutan Dijkstra dalam Kilometer																												
	0	19	1	12	4	7	5	10	3	9	13	23	16	17	26	18	25	21	22	24	15	27	8	6	2	11	14	20
0	0	0.7	1	1.1	1.3	1.5	1.5	1.6	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.7	3.1	3.4	3.8	4.1	3.4	3.1	2.8	2.5	2.2	1.5	1.5	2.5	4.1	4.9
1	1	0.3	0	0.1	0.3	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	1	1.2	1.4	1.7	2.1	2.4	2.8	3	2.4	2.1	1.8	1.5	1.2	0.5	0.5	2.6	3.1	3.9
2	1.5	0.8	0.5	0.4	0.5	0.7	0.8	0.8	0.8	1	1.1	1.4	1.5	1.9	2.3	2.6	3	3.3	2.6	2.3	2	1.7	1.5	0.4	0	2.2	3.4	4.2
3	1.6	0.9	0.6	0.5	0.3	0.2	0.3	0	0	0.1	0.4	0.6	0.8	1.1	1.5	1.8	2.2	2.4	1.8	1.5	1.2	0.9	0.6	0.5	0.8	2.7	2.5	3.3
4	1.3	0.6	0.3	0.2	0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.7	0.9	1.1	1.4	1.8	2.1	2.5	2.7	2	1.8	1.5	1.2	0.9	0.2	0.5	2.7	2.8	3.6
5	1.5	0.8	0.5	0.4	0.2	0.1	0	0.2	0.3	0.4	0.7	0.8	1.1	1.3	1.8	2.1	2.5	2.6	1.9	1.7	1.4	1.1	0.9	0.4	0.8	2.7	2.8	3.5
6	1.5	0.8	0.5	0.4	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.8	1	1.3	1.5	1.9	2.3	2.7	2.9	2.2	1.9	1.6	1.3	1.1	0	0.4	2.5	3	3.8
7	1.5	0.8	0.5	0.4	0.1	0	0.1	0.2	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.3	1.7	2	2.4	2.6	1.9	1.7	1.3	1.1	0.8	0.3	0.7	2.6	2.7	3.5
8	2.2	1.6	1.2	1.2	0.9	0.8	0.9	0.7	0.6	0.5	0.6	0.4	0.6	0.9	1.3	1.6	2	1.8	1.2	0.9	0.6	0.2	0	1.1	1.5	3.1	2.3	2.7
9	1.8	1.1	0.7	0.7	0.4	0.4	0.4	0.2	0.1	0	0.3	0.4	0.7	0.9	1.3	1.7	2.1	2.3	1.6	1.3	1.1	0.7	0.5	0.6	1	2.7	2.4	3.2
10	1.6	0.9	0.6	0.5	0.3	0.2	0.2	0	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.1	1.5	1.8	2.2	2.5	1.8	1.5	1.2	0.9	0.7	0.4	0.8	2.7	2.5	3.4
11	2.5	2.4	2.6	2.6	2.7	2.6	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	3	3.1	3.5	4	4.3	4.7	4.9	4.3	4	3.7	3.3	3.1	2.5	2.2	0	5	5.8
12	1.1	0.4	0.1	0	0.2	0.4	0.4	0.5	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2	2.3	2.7	3	2.3	2	1.7	1.4	1.2	0.4	0.4	2.6	3	3.9
13	2	1.3	1	0.9	0.7	0.6	0.7	0.4	0.4	0.3	0	0.5	0.6	1	1.4	1.8	2.2	2.4	1.7	1.4	1.2	0.8	0.6	0.8	1.1	2.7	2.5	3.3
14	4.1	3.4	3.1	3	2.8	2.7	2.8	2.5	2.5	2.4	2.5	2	1.9	1.5	1	0.7	1.1	1.8	1.8	2	2.4	2.2	2.3	3	3.4	5	0	1.8
15	2.8	2.1	1.8	1.7	1.5	1.3	1.4	1.2	1.2	1.1	1.2	1	0.9	1	1.4	1.7	1.5	1.4	0.7	0.5	0	0.3	0.6	1.6	2	3.7	2.4	2.3
16	2.4	1.7	1.4	1.3	1.1	1	1.1	0.8	0.8	0.7	0.6	0.3	0	0.5	0.9	1.2	1.6	1.9	1.3	0.9	0.9	0.6	0.6	1.3	1.5	3.1	1.9	2.8
17	2.7	2	1.7	1.6	1.4	1.3	1.3	1.1	1.1	0.9	1	0.5	0.5	0	0.4	0.7	1.1	1.7	1	0.6	1	0.7	0.9	1.5	1.9	3.5	1.5	2.4
18	3.4	2.7	2.4	2.3	2.1	2	2.1	1.8	1.8	1.7	1.8	1.2	1.2	0.7	0.3	0	0.4	1.1	1.1	1.2	1.7	1.4	1.6	2.3	2.6	4.3	0.7	1.7
19	0.7	0	0.3	0.4	0.6	0.8	0.8	0.9	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	2	2.4	2.7	3.1	3.4	2.7	2.4	2.1	1.8	1.6	0.8	0.8	2.4	3.4	4.2
20	4.9	4.2	3.9	3.9	3.6	3.5	3.5	3.4	3.3	3.2	3.3	2.9	2.8	2.4	2	1.7	1.6	1.2	1.7	1.9	2.3	2.5	2.7	3.8	4.2	5.8	1.8	0
21	4.1	3.4	3	3	2.7	2.6	2.6	2.5	2.4	2.3	2.4	2	1.9	1.7	1.4	1.1	0.7	0	0.8	1.1	1.4	1.6	1.8	2.9	3.3	4.9	1.8	1.2
22	3.4	2.7	2.4	2.3	2	1.9	1.9	1.8	1.8	1.6	1.7	1.3	1.3	1	0.8	1.1	0.9	0.8	0	0.4	0.7	0.9	1.2	2.2	2.6	4.3	1.8	1.7
23	2.2	1.5	1.2	1.1	0.9	0.8	0.8	0.6	0.6	0.4	0.5	0	0.3	0.5	0.9	1.2	1.6	2	1.3	0.9	1	0.6	0.4	1	1.4	3	2	2.9
24	3.1	2.4	2.1	2	1.8	1.7	1.7	1.5	1.5	1.3	1.4	0.9	0.9	0.6	0.9	1.2	1.2	1.1	0.4	0	0.5	0.7	0.9	1.9	2.3	4	2	1.9
25	3.8	3.1	2.8	2.7	2.5	2.4	2.5	2.2	2.2	2.1	2.2	1.6	1.6	1.1	0.7	0.4	0	0.7	0.9	1.2	1.5	1.7	2	2.7	3	4.7	1.1	1.6
26	3.1	2.4	2.1	2	1.8	1.7	1.8	1.5	1.5	1.3	1.4	0.9	0.9	0.4	0	0.3	0.7	1.4	0.8	0.9	1.4	1.1	1.3	1.9	2.3	4	1	2
27	2.5	1.8	1.5	1.4	1.2	1.1	1.1	0.9	0.9	0.7	0.8	0.6	0.6	0.7	1.1	1.4	1.7	1.6	0.9	0.7	0.3	0	0.2	1.3	1.7	3.3	2.2	2.5

Optimalisasi *Shortest Path*

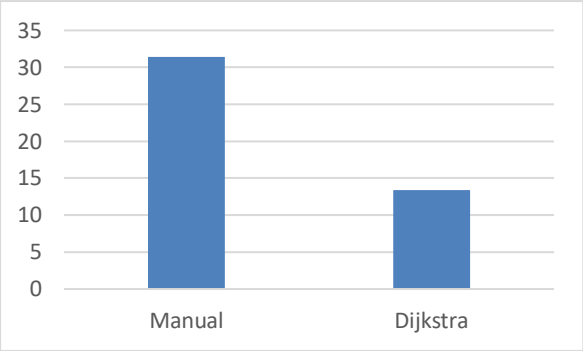
Pengujian optimalisasi *Shortest Path* dilakukan dengan cara memasukkan data pada sebuah sistem untuk diproses menggunakan algoritma *Dijkstra.* Pada tabel 3 menampilkan perhitungan jarak *existing* antar *view point* yang harus dilalui saat proses pengiriman batubara.

Tabel 3 penentuan jalur dan jarak dilakukan secara manual oleh *foreman*. Blok berwarna hijau adalah jalur yang dipilih dan warna kuning adalah jalur yang telah

 ISSN 2987-677X

dilalui. Untuk blok berwarna putih adalah rute tujuan yang dapat dipilih untuk jalur selanjutnya.

Data pada tabel 3 selanjutnya dimasukkan sistem untuk dilakukan perhitungan menggunakan algoritma *Dijkstra*, maka didapatkan hasil seperti pada tabel 4. Pada tabel 4 dijelaskan hasil jalur yang ditempuh serta total jarak pengiriman menggunakan algoritma *Dijkstra*. Dari hasil perhitungan data *Shortest Path* pada jalur pengiriman didapatkan bahwa algoritma *Dijkstra* memperoleh hasil lebih baik. Tabel 3, pemilihan jalur sesuai dengan arahan *foreman* didapatkan jumlah total jarak tempuh sepanjang 31,4km. Namun, menggunakan algortima *Dijkstra* didapatkan total jarak tempuh sepanjang 13,4 km.



Gambar 4 Perbandingan penggunaan metode manual dengan algoritma *Dijkstra*

Sehingga dari perbandingan total jarak yang ditempuh pada tabel 3 dan tabel 4 didapatkan efisiensi sebesar 44,5%. Hal ini terlihat seperti pada gambar 4.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan membuktikan bahwa penggunaan algoritma *Dijkstra* mampu memberikan efisiensi lebih baik dibandingkan dengan metode manual. Dengan efisiensi sebesar 44,5% secara otomatis dapat mengurangi biaya maupun waktu yang diperlukan untuk proses pengiriman batubara dari *pit* hingga *crusher*. Selain mengurangi biaya, dampak yang dihasilkan juga dapat memperpanjang umur unit maupun spare part.

Untuk pengembangan algoritma Dijkstra dapat dilakukan modifikasi penentuan jalur. Hal ini akan mengurangi proses komputasi yang dilakukan oleh alforitma *Dijkstra*. Dengan mengurangi biaya komputasi maka diharapkan proses penentuan jalur dapat dilakukan dengan lebih cepat lagi.

Ucapan Terima kasih

Terimakasih penulis sampaikan kepada Kaprodi Teknik Informatika Jurusan Teknik Universitas Trunojoyo yang telah membiayai program studi profesi insinyur. Tidak lupa kepada PT. Mitra Alam Persada yang telah bersedia dibuat sebagai obyek penelitian. Semoga tulisan ini bermanfaat bagi perkembangan keinsinyuran.

Referensi

Agarana, M. C., N. C. Omoregbe, and M. O. Ogunpeju. 2016. "Application of Dijkstra Algorithm to Proposed Tramway of a Potential World Class University." *Applied Mathematics* 07(06): 496–503.

Chaibou, Amadou, and Oumarou Sie. 2015. "Improving Global Performance on GPU for Algorithms with Main Loop Containing a Reduction Operation: Case of Dijkstra's Algorithm." *Journal of Computer and Communications* 03(08): 41–54.

Lwangi, Richard Kangiama et al. 2022. "Contribution to the Improvement of the Petroleum Products Delivery Policy by the Implementation of a Computer System Based on the Dijkstra Method." *Journal of Computer and Communications* 10(03): 1–9.

Yussof, Salman, and Rina Azlin Razali. 2012. "An Investigation on the Effect of Migration Strategy on Parallel GA-Based Shortest Path Routing Algorithm." *Communications and Network* 04(02): 93–100.

ISSN 2987-677X

Analisis Material *Waste* Pekerjaan Konstruksi dan Pembongkaran di kota Surabaya

Michella Beatrix[1,2] Nurul Rochmah[1,2] Tarsisius Dwi Wibawa Budianta [2] Adriana Anteng Anggorowati[2]

[1] Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

[2] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ michella@untag-sby.ac.id

Perkembangan sektor industri di Indonesia semakin meningkat, hal ini pun yang tengah terjadi di kota Surabaya. Banyaknya proyek-proyek konstruksi yang tengah berlangsung di Kota Surabaya, baik itu proyek bangunan Gedung, maupun infrastruktur. Dengan adanya perkembangan disektor konstruksi saat ini, maka hal inipun tidak luput dari adanya *waste* konstruksi yang semakin banyak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis prosentase besarnya material *waste* pada proyek konstruksi dan pembongkaran yang terjadi. Penelitian ini menggunakan penyebaran kuisioner kepada perusahaan kontraktor. Penelitian ini merupakan penelitian survei kuisioner yaitu dengan penyebaran kuisioner kepada responden, dengan respondennya yaitu project manager hingga pelaksana proyek konstruksi, terkhusus yang menangani proyek bangunan gedung, jalan dan jembatan serta proyek pembongkaran yang berada di Surabaya. Data kuisioner yang telah diisi oleh responden diolah dengan menggunakan perhitungan *Mean Score*. Berdasarkan hasil analisis yang telah diperoleh, maka material *waste* pekerjaan konstruksi dan pembongkaran di kota Surabaya yang terjadi yaitu *waste* tertinggi adalah kayu dengan nilai prosentase *waste* adalah 14,29%, Beton dengan nilai prosentase 11,57%, dan serpihan papan plafon dengan prosentase *waste* adalah 11, 07%.

Kata kunci: Material *Waste*; *Waste*; *Waste* Konstruksi

Pendahuluan

Industri konstruksi adalah merupakan mekanisme utama pembangunan infrastruktur untuk mendukung perluasan kota dan memiliki peran dalam degradasi lingkungan (Luangcharoenrat et al., 2019). Surabaya merupakan kota terbesar kedua di Indonesia yang memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian negara. Proyek konstruksi yang berpotensi besar adalah sektor perumahan atau ldaned house, disusul proyek industrial (Widarti, 2023).

Waste konstruksi, khususnya *material waste* merupakan salah satu masalah utama dalam proyek konstruksi dan memiliki implikasi penting dalam aspek sosial ekonomi dan lingkungan bagi negara (Ting et al., 2022). *Material waste* yang dihasilkan dari proyek konstruksi ini akan semakin banyak dan bervariasi. Beragam Jenis proyek akan menghasilkan material *waste* yang berbeda-beda serta dampak yang berbeda – beda, baik proyek konstruksi maupun proyek pembongkaran. seperti membangun jalan, jembatan, jalan layang, kereta bawah tanah, renovasi, dll. (Maurya, 2022).

Waste terdiri dari bahan-bahan yang tidak diinginkan, yang dihasilkan selama konstruksi. Bahan-bahan tersebut biasanya tidak sesuai dengan kebutuhan proyek atau dalam beberapa kasus melebihi jumlah yang dibutuhkan (Ting et al., 2022). Sebagian besar terdiri dari bahan yang tidak dapat terurai dan tidak dapat terurai secara hayati seperti beton, plester, logam, kayu, plastik, dll (Maurya, 2022). *Waste* konstruksi yang tidak dikelola secara tepat dan efisien dapat mempengaruhi penggunaan lahan, serta bila tidak diolah dengan benar akan dapat mencemari lingkungan, sehingga perlu adanya upaya untuk meminimalisir dampak dari adanya *waste* konstruksi ini. Sebuah studi dari World Economic Forum (WEF) menunjukkan bahwa 75% *waste* konstruksi di seluruh dunia dibuang begitu saja (Maurya, 2022).

Penyebab timbulnya *material waste* dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan terhadap faktor penyebab terjadinya *Waste* Construction (*Direct dan Indirect Waste*) pada proyek bangunan bertingkat di Surabaya, diperoleh faktor yang memiliki pengaruh terbesar yaitu Faktor Penanganan, Faktor Lain-Lain, Faktor Pengadaan dengan besarnya nilai prosentase dari faktor penaganan yang telah dihitung di atas yaitu sebesar 35 %, Faktor Lain-lain 23%, dan Faktor Pengadaan 17% (Beatrix, 2021), Pada Penelitian Tahun 2023, faktor penyebab terjadinya *material waste* pekerjaan proyek konstruksi dan pembongkaran pada proyek di kota Surabaya adalah dikarenakan adanya perubahan desain pada saat pelaksanaan konstruksi, *waste* yang dihasilkan dari pemotongan bentuk yang tidak ekonomis, dan pekerja yang tidak peduli akan penggunaan efisiensi material. Munculnya sisa material pun dalam proyek gedung sangat terkait dengan metode pelaksanaan konstruksi, adanya proses pemilahan dan penggunaan Kembali, fasilitas untuk

 ISSN 2987-677X

waste konstruksi di lokasi proyek, dan tingkat pendidikan dan keahlian para pekerja (Putra & Wiguna, 2019).

Hasil penelitian Sembiring (2018) menunjukkan bahwa 40-60% *waste* dari konstruksi dan bangunan dapat dipulihkan dan didaur ulang. Secara ekonomi, minimalisasi *waste* juga layak dilakukan karena penggunaan Kembali *waste* konstruksi diperkirakan bernilai 2-3% dari total anggaran proyek (Sembiring, 2018). Namun untuk dapat meminimalisasi *waste*, maka perlu dilakukan pemetaan terhadap material *waste* yang sering terjadi akibat pekerjaan konstruksi dan pembongkaran. Sehingga Proses meminimalisasi dan penerapan system daur ulang material *waste* dapat mencapai sasaran yang diinginkan.

Oleh karena itu, penelitian ini untuk menganalisis besarnya prosentase material *waste* proyek konstruksi dan pembongkaran yang terjadi di Kota Surabaya.

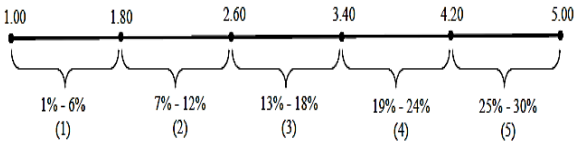
Metode

Penelitian ini merupakan penelitian survei kuisioner yaitu dengan penyebaran kuisioner kepada responden, dengan respondennya yaitu *project manager* hingga pelaksana proyek konstruksi, terkhusus yang menangani proyek bangunan gedung, jalan dan jembatan dan pekerjaan pembongkaran yang berada di Surabaya. Kuisioner yang telah diisi oleh responden sebanyak 97 kuisioner kemudian diolah dengan menggunakan perhitungan *Mean Score*.

Hasil Kerja

Skala Tingkat Material *Waste*

Pada penelitian ini akan digunakan instrument pembagian skala tingkat material *waste* yang ditunjukan dengan point 1 sampai dengan 5, Skala penilaian lima poin untuk tingkat pemborosan material yang dihasilkan berkisar antara 1 hingga 5 yang mewakili 1% - 6% hingga 25% - 30%. Nilai-nilai penomoran yang dihitung dengan cara di atas kemudian diklasifikasikan secara berbeda seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 1**, karena satu titik atau angka yang berubah dari 1-5 dalam pertanyaan tidak melambangkan setiap ekspresi penskalaan verbal pada tahap evaluasi, karena hasil *Mean Score* diperoleh sebagai angka desimal dan bukan bilangan bulat, maka diperlukan skala tertentu. Oleh karena itu, ekspresi skala 5 didefinisikan dengan interval 0,8 yang mewakili 6% dari *material waste* . Hal ini kemudian digunakan untuk mengalikan *Mean Score* yang diperoleh dari persepsi responden untuk menentukan persentase timbulan sampah yang dihasilkan seperti yang dinyatakan dalam Persamaan. Skala lima poin dibuat dengan 1% dan 30% di ujung kiri dan kanan seperti yang diilustrasikan pada **Gambar 1** (Adewuyi & Odesola, 2016).



Gambar 1. Evaluasi Skala untuk level *waste*

Persamaan dalam menghitung prosentase *material waste*

Pada penelitian ini digunakan persamaan untuk menghitung prosentase *material waste* yang terjadi yaitu :

Waste (%) = Mean Score x 6%

Hasil Perhitungan *Waste*

Dengan Menggunakan perhitungan persamaan diatas maka untuk hasil jawaban responden terhadap *material waste* yang sering terjadi maka dibuatkan tabel hasil perhitungan berdasarkan klasifikasi jenis materialnya yang dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut ini.

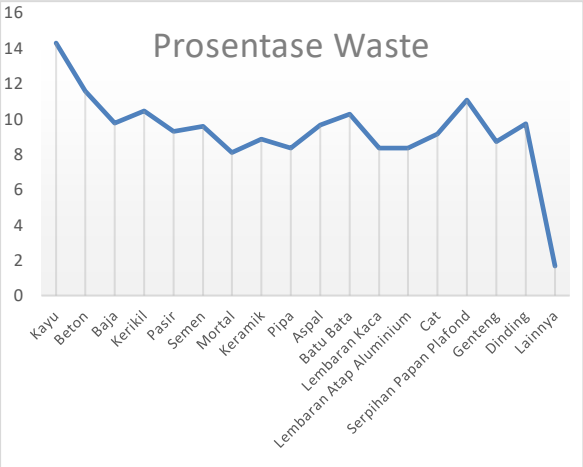
Tabel 1 Prosentase *Material waste*

Tipe Material	*Mean Score*	*Waste* (%)
Kayu	2,38	14,29
Beton	1,93	11,57
Baja	1,63	9,77
Kerikil	1,74	10,45
Pasir	1,55	9,28
Semen	1,60	9,59
Mortal	1,35	8,10
Keramik	1,47	8,85
Pipa	1,39	8,35
Aspal	1,61	9,65
Batu Bata	1,71	10,27
Lembaran Kaca	1,39	8,35
Lembaran Atap Aluminium	1,39	8,35
Cat	1,53	9,15
Serpihan Papan Plafond	1,85	11,07
Genteng	1,45	8,72
Dinding	1,62	9,71
Lainnya	0,28	1,67

Berdasarkan tabel 1 diperoleh bahwa material *waste* tertinggi adalah kayu dengan nilai prosentase *waste* adalah 14,29%, kemudian diurutan berikutnya dengan prosentase tertinggi kedua adalah Beton dengan nilai prosentase 11,57%, dan prosesntase materia*waste* tertinggi ketiga adalah serpihan papan plafon dengan prosentase *waste* adalah 11, 07%. Sedangkan untuk material baja, kerikil, pasir, semen, mortal, keramik, pipa, aspal, batu bata, lembaran kaca, lembaran atatp alumnimum, cat, genteng dan diding berada pada range

 ISSN 2987-677X

skala prosentase 8-10%. Untuk material lainnya yang tidak disebutkan dalam penelitian ini berada pada prosentase 1, 67%. Sehingga untuk lebih jelasnya digambarkan pada chart **Gambar 2** berikut ini.



Gambar 2. Chart Prosentase *Material waste*

Studi Literature

Berdasarkan hasil penelitian terkait prosentase *Material waste* yang terjadi, dan telah diperoleh hasil yaitu material kayu, beton dan serpihan plafond sebagai material dengan *waste* terbesar yang sering terjadi di proyek, khususnya di Proyek di Surabaya. Maka Studi Literatur yang dilakukan saat ini adalah untuk menemukan penggunaan *material waste* yang telah dilakukan. Hasil Studi Literatur yang telah dilakukan terdapat artikel yang telah menggunakan limbah tersebut sebagai bahan percobaan laboratorium sebagai bahan pengganti, khususnya terhadap material konstruksi seperti beton dan aspal. Beberapa penelitian tersebut telah dilakukan dengan menggunakan material *waste* beton.

Penelitian Limbah beton yang dilakukan oleh Rahman dkk (2010) melakukan percobaan laboratorium dengan memanfaatkan material limbah beton sebagai agregat kasar, dengan menggunakan Teknologi Cement Treated Base (CTB) yang memungkinkan untuk menggunakan dan memproses bahan limbah tidak memiliki nilai guna menjadi bahan material pondasi jalan (Rahman et al., 2010). Sidi, dkk (2020) melakukan percobaan penelitian pengunaan limbah beton sebagai pengganti agregat dalam campuran aspal beton lapis aus (ac-wc)
Hasil dan peneltian yang telah dilakukan ini adalah limbah beton sudah dapat memenuhi persyaratan dari DPU Bina Marga (Sidi, P., Wedyantadji, B., Erfan, 2020). Namun di lain sisi, penggunaan material limbah beton sebagai material agregat kasar pada beton akan mempengaruhi kekuatan beton. Hal ini sejalan dengan penelitian Kusumawardhana dkk (2018) yang menyebutkan bahwa semakin banyak menggunakan agregat kasar dari limbah beton maka kekuatan beton akan mengalami penurunan.(Kusumawardhana & Teguh, 2018). Hal ini juga didukung oleh penelitian Soelarso dkk (2016) yang menyebutkan dalam hasil penelitiannya bahwa semakin besar penggunaan limbah beton, semakin besar penurunan yang terjadi pada nilai kuat tekan dan modulus elastisitas (Soelarso & Baehaki, 2016). Penelitian dari Dewi (2023) yang hasil pengujian menujukkan bahwa kuat tekan meningkat pada penggantian 20% sebagian agregat kasar dengan limbah beton. Kuat Tekan menurun seiring dengan peningkatan persentasi penggantian agregat kasar dengan limbah beton, Pada penambahan 30% Limbah beton kuat tekan menurun hingga sebesar 25,55 Mpa (Dewi, 2023).

Kesimpulan

Presentasi *material waste* pekerjaan konstruksi dan pembongkaran yang terjadi diperoleh bahwa material *waste* tertinggi adalah kayu dengan nilai prosentase *waste* adalah 14,29%, kemudian diurutan berikutnya dengan prosentase tertinggi kedua adalah Beton dengan nilai prosentase 11,57%, dan prosentase material *waste* tertinggi ketiga adalah serpihan papan plafon dengan prosentase *waste* adalah 11, 07%.

Ucapan Terima kasih

Terima kasih kepada Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, yang mendukung dalam kegiatan penelitian yang telah dilaksanakan. Rekan-rekan sejawat Prodi Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang mendukung dalam keikutsertaan dalam Program Studi Profesi Insinyur (PSPI). Terima kasih Juga kami sampaikan kepada segenap pengurus, pengajar dan pembimbing kami di PSPI Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya yang telah membimbing kami dalam PSPI.

Referensi

Adewuyi, T. O., & Odesola, I. A. (2016). Material Waste Minimisation Strategies among Construction Firms in South-South, Nigeria. *International Journal of Sustainable Construction Engineering & Technology*, *7*(1), 2180–3242.

https://publisher.uthm.edu.my/ojs/index.php/IJSCET/article/view/1174%0Ahttp://penerbit.uthm.edu.my/ojs/index.php/IJSCET

Beatrix, M. (2021). Faktor Peyebab Terjadinya Direct Dan Indirect Waste Pada Proyek Bangunan Bertingkat Di Surabaya. *Jurnal Ilmiah MITSU*, *9*(2), 117–126.

https://doi.org/10.24929/ft.v9i2.1024

Dewi, E. S. (2023). Pemanfaatan Limbah Hasil Pengujian

 ISSN 2987-677X

Beton Pada Proyek Bypas (BIL) Mandalika Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Beton Normal. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Fakultas Teknik* , 1–8.

https://handasah.unizar.ac.id/jh/article/view/4

Kusumawardhana, I., & Teguh, M. (2018). Pengaruh Penggunaan Agregat Kasar Beton Limbah Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton Normal. *Universitas Islam Indonesia*.

https://dspace.uii.ac.id/bitstream/handle/123456789/12393/08 naskah publikasi.pdf?sequence=18&isAllowed=y

Luangcharoenrat, C., Intrachooto, S., Peansupap, V., & Sutthinarakorn, W. (2019). Factors influencing construction waste generation in building construction: Thailand's perspective. *Sustainability (Switzerland)*, *11*(13).

https://doi.org/10.3390/su11133638

Maurya, S. (2022). *Carbon Emission Reduction of Redevelopment Projects through Construction and Demolition Waste*. *5*(October), 0–10.

Putra, B. F., & Wiguna, I. P. A. (2019). Analisis Faktor Penyebab Waste Pada Proyek Konstruksi Gedung Di Kota Surabaya Dengan Metode Expected Monetary Value. *Journal of Civil Engineering*, *34*(1), 41.

https://doi.org/10.12962/j20861206.v34i1.5177

Rahman, F. I., Tambunan, A. K., Djakfar, L., & Zacoeb, A. (2010). 117439-ID-kajian-pemanfaatan-limbah-beton-sebagai. *Fakultas Teknik Universitas Brawijaya*.

Sembiring, F. T. (2018). Study of recycling demolition waste material product in Jakarta, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, *74*, 1–5.

https://doi.org/10.1051/e3sconf/20187404007

Sidi, P., Wedyantadji, B., Erfan, M. (2020). Pengaruh Pengunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Dalam Campuran Aspal Beton Lapis Aus (Ac-Wc). *Student Journal Gelagar*, *2*(1), 36–45.

https://ejournal.itn.ac.id/index.php/gelagar/article/view/2630

Soelarso, S., & Baehaki, B. (2016). Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton Normal Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas. *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, *5*(2).

https://doi.org/10.36055/jft.v5i2.1254

Ting, S. N., Sakawi, A. M. F., Lau, H. H., & Whyte, X. A. (2022). Minimisation of Construction Waste Using the Principles of Waste Management. *ASM Science Journal*, *17*.

https://doi.org/10.32802/ASMSCJ.2022.1352

Widarti, P. (2023). *Sektor Konstruksi Diproyeksi Tumbuh 5 - 6 Persen, Residensial Jatim Jadi Potensi Terbesar*. Bisnis.Com.

https://surabaya.bisnis.com/read/20230211/532/1626841/sektor-konstruksi-diproyeksi-tumbuh-5-6-persen-residensial-jatim-jadi-potensi-terbesar

ISSN 2987-677X

Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Konstruksi Dengan Metode FTA Pada CV. X

Masca Indra Triana[1,2] Laily Endah Fatmawati[1,2] Adriana Anteng Anggorowati[2] Andrew Joewono[2]

[1] Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

[2] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ mascatriana@untag-sby.ac.id

✉ lailyendah@untag-sby.ac.id

Permasalahan waktu dalam pelaksanaan sebuah proyek masih menjadi masalah utama dalam penyelenggaraan sebuah pekerjaan. Di penelitian ini berusaha melihat faktor penyebab keterlambatan dalam proyek dengan menggunakan metode FTA. Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan data CV.X dimana 4 proyek dari 12 proyek yang dijalankan mengalami keterlambatan. Metode FTA (*Fault Tree Analysis*) menggunakan pohon kesalahan dari berbagai variabel kejadian yang menjadi penyebab keterlambatan sebuah proyek. Pengumpulan data menggunakan kuisoner kemudian dianalisa menggunakan metode FTA dan melihat kombinasi dari variabel variabel yang ada dengan MOCUS (*The Method of Obtaining Cut Sets*). Dari hasil kuisoner didapatkan ada 6 variabel yang menentukan penyebab keterlambatan pada CV. CX yaitu aspek tenaga kerja; aspek material/peralatan; aspek manajemen pelaksanaan proyek; aspek kontrak; aspek dokumen pekerjaan; aspek kondisi alam dan *force major*. Dengan nilai probabilitas terbesar yaitu pada aspek kontrak sebesar 0,21; aspek manajemen pelaksanaan proyek sebesar 0,18, aspek material/peralatan sebesar 0,15; aspek kondisi alam dan force major sebesar 0,12; aspek dokumen pekerjaan sebesar 0,09; aspek tenaga kerja sebesar 0,08.

Kata kunci: Faktor Keterlambatan, FTA, Keterlambatan Proyek

Pendahuluan

Suatu proyek dikategorikan sukses apabila tepat biaya, tepat mutu, dan tepat waktu. Ketiga kendala (constraint) ini merupakan tolak ukur keberhasilan suatu proyek konstruksi. Suatu proyek cenderung akan mengalami keterlambatan apabila perencanaan dan pengendalian tidak dilakukan dengan tepat. Berbagai hal dapat terjadi dalam proyek konstruksi yang dapat menyebabkan bertambahnya waktu pengerjaan, sehingga peyelesaian proyek menjadi terlambat (Lestari et al., 2022).

Kota Surabaya adalah salah satu Kota di Provinsi Jawa Timur yang memiliki banyak proyek pembangunan khususnya dibidang konstruksi rumah tinggal. Salah satu kontraktor di Surabaya yaitu CV.X pada Tahun 2019 sampai 2023 mengerjakan Pembangunan proyek konstruksi dengan jumlah yang dikerjakan sebanyak 11 Rumah Tinggal dan 1 Villa. 12 (Dua Belas) Proyek yang dikerjakan semuanya mengalami keterlambatan penyelesaian pekerjaan dari rencana durasi kerja. Dimana 4 proyek yang masih berjalan sampai bulan januari tahun 2024 mengalami keterlambatan penyelesaian pekerjaan.

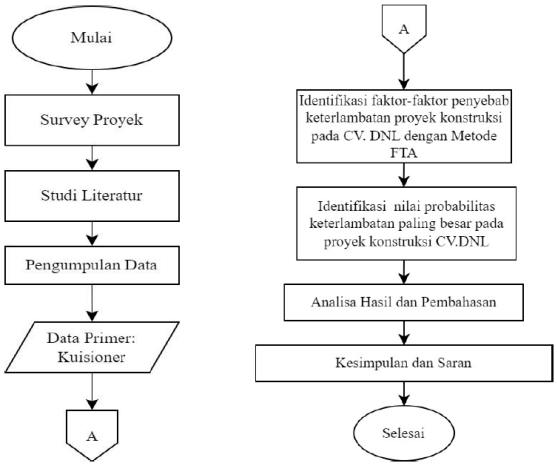
Proyek ke-1 yaitu Rumah Tinggal Palm Beach F17 No.18 pekerjaan dimulai pada tanggal 20 Juli 2020 dengan durasi pelaksanaan 480 hari kalender namun realisasinya tidak dapat terpenuhi per 31 Desember 2023 terhitung keterlambatan selama 779 hari kalender. Proyek ke-2 yaitu Westwood A3 No.11 pekerjaan dimulai pada tanggal 25 Februari 2022 dengan durasi pelaksanaan 450 hari kalender namun realisasinya tidak dapat terpenuhi per 31 Desember 2023 terhitung keterlambatan selama 224 hari kalender. Proyek ke-3 yaitu Dharmahusada Indah Tengah Blok C No.135 pekerjaan dimulai pada tanggal 14 November 2022 dengan durasi pelaksanaan 365 hari kalender namun realisasinya tidak dapat terpenuhi per 31 Desember 2023 terhitung keterlambatan selama 47 hari kalender.

Berdasarkan permasalah tersebut, maka penelitian ini dilakukan untuk melihat faktor-faktor apa saja yang menyebabkan keterlambatan pekerjaan pada proyek konstruksi di CV. X, Sehingga diharapkan dengan diketahuinya faktor-faktor tersebut dapat membantu kontraktor dalam meminimalisir keterlambatan waktu penyelesaian dan juga berguna untuk mengantisipasi keterlambatan semakin besar. Penelitian ini menggunakan Metode FTA (*Fault Tree Analysis*) dalam mencari penyebab keterlambatan pelaksanaan proyek konstruksi pada CV. X. Hasil dari penelitian ini akan diketahui faktor-faktor penyebab keterlambatan pada proyek konstruksi di CV. X.

 ISSN 2987-677X

Metode

Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir (*flow chart*)

Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah jenis penelitian secara kuantitatif dengan format deskriptif menggunakan Metode FTA (*Fault Tree Analysis*) dengan tujuan untuk mengetahui tentang faktor penyebab keterlambatan pada proyek konstruksi yang dikerjakan oleh CV. X.

Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) merupakan suatu analisis pohon kesalahan secara sederhana yang dapat diuraikan sebagai suatu teknik analitis. Pohon kesalahan adalah suatu model grafis yang menyangkut berbagai paralel dan berbagai kombinasi percontohan kesalahan-kesalahan yang akan mengakibatkan kejadian dari peristiwa tidak diinginkan yang sudah didefinisi sebelumnya atau juga dapat diartikan merupakan gambaran hubungan timbal balik yang logis dari peristiwa-peristiwa dasar yang mendorong kearah peristiwa yang tidak diinginkan menjadi peristiwa puncak dari pohon kesalahan tersebut (Isabela & Johari, 2023).

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di empat proyek konstruksi yang dikerjakan oleh CV.X di wilayah Surabaya pada Bulan Januari Tahun 2024. Dimana empat proyek tersebut mengalami keterlambatan penyelesain pekerjaan dari rencana durasi kerja. Daftar dan profil proyek tersebut dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 1 Daftar dan Profil Proyek

No	Nama Proyek	Masa Pelaksanaan
1	Proyek Rumah Tinggal Palm Beach F17/18, Pakuwon City, Surabaya	480 hari kalender
2	Proyek Rumah Tinggal Westwood A3 No.11, Pakuwon City, Surabaya	450 hari kalender
3	Proyek Rumah Tinggal Dharmahuasa Indah Tengah Blok C No.135, Surabaya	365 hari kalender
4	Proyek Rumah Tinggal Dharmahusada Mas Blok AG No.3	365 hari kalender

Sumber: Olahan Peneliti (2024)

Variabel Penelitian

Dari berbagai tinjauan pustaka ada beberapa faktor yang menjadi penyebab keterlambatan dari 6 aspek, seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 2 Indikator Faktor Penyebab Keterlamabtan Proyek

No.	Indikator	Kode
A.	**Tenaga Kerja**	
1	Kurangnya jumlah tenaga kerja (Natalia et al., 2018)	X1.1
2	Keahlian atau pengalaman kerja yang kurang dari pekerja (Natalia et al., 2018	X1.2
3	Rendahnya produktifitas yang dihasilkan dari tenaga kerja (Fahira Khairani & Supriyadi, 2021)	X1.3
B.	**Material/Peralatan**	
1	Keterlambatan pengiriman material (Putra Agritama et al., 2018)	X2.1
2	Kerusakan bahan ditempat penyimpanan (Sahid et al., 2019)	X2.2
3	Pencurian material (Natalia et al., 2018)	X2.3
4	Kesalahan pemesanan bahan (Messah et al., 2013)	X2.4
5	Kerusakan alat kerja saat pekerjaan berlangsung (Sahid et al., 2019)	X2.5
6	Keterlambatan penyedian alat kerja (Messah et al., 2013)	X2.6
C.	**Manajemen Pelaksanaan Proyek**	
1	Kurangnya pengawasan dilapangan (Elizabeth Nathalia Pondaag et al., 2020)	X3.1
2	Rencana urutan kerja yang tidak tersusun dengan baik (Natalia et al., 2018)	X3.2
3	Kurangnya komunikasi antara pekerja dan pengawas (Sahid et al., 2019)	X3.3
4	Banyak pekerjaan yang harus diperbaiki karena cacat (Elizabeth Nathalia Pondaag et al., 2020)	X3.4
5	Proses evaluasi kemajuan pekerjaan yang lama (Messah et al., 2013)	X3.5
D.	**Kontrak**	
1	Perubahan lingkup pekerjaan (Sulaiman et al., 2017)	X4.1
2	Keterlambatan pemilik dalam membuat Keputusan (Sulaiman et al., 2017)	X4.2
3	Banyaknya pekerjaan tambah (Elizabeth Nathalia Pondaag et al., 2020)	X4.3

 ISSN 2987-677X

No.	Indikator	Kode
4	Perubahan desain/detail pekerjaan pada waktu pekerjaan sedang berlangsung (Elizabeth Nathalia Pondaag et al., 2020)	X4.4
5	Pembayaran yang tidak tepat waktu (Putra Agritama et al., 2018)	X4.5
E.	**Dokumen Pekerjaan**	
1	Keterlambatan penyediaan gambar kerja (Darmawi et al., 2020)	X5.1
2	Kesalahan dalam membuat gambar kerja (Putra Agritama et al., 2018)	X5.2
3	Keterlambatan merevisi gambar kerja (Darmawi et al., 2020)	X5.3
F.	**Kondisi Alam dan Force Major**	
1	Gangguan keamanan selama proyek berlangsung (Fahira Khairani & Supriyadi, 2021)	X6.1
2	Terjadinya kerusakan akibat kelalaian atau perbuatan pihak ketiga (Puspitasari et al., 2020)	X6.2
3	Adanya kecelakaaan kerja dilapangan (Putra Agritama et al., 2018)	X6.3
4	Adanya cuaca buruk sehingga megakibatkan terjadinya keterlambatan dalam mobilisasi (Puspitasari et al., 2020)	X6.4
5	Perubahan situasi atau kebijakan politik/ekonomi pemerintah (Intan et al., 2020)	X6.5

Populasi dan Sampel

Peneliti menentukan populasi yang diteliti dan kemudian akan menarik kesimpulan dari hasil penelitian tersebut. Populasi bukan hanya terbatas pada manusia, tetapi juga dapat terdiri dari obyek. Populasi termasuk semua karakteristik yang dimiliki. Dengan demikian, populasi merupakan wilayah yang luas dan dapat terdiri dari berbagai macam obyek berbeda-beda (Sugiyono, 2022). Sampel, suatu populasi dijadikan acuan dalam menarik kesimpulan tentang karakteristik populasi.

Populasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah pekerja konstruksi pada proyek pembangunan CV.DNL, Populasi sebesar 34 orang sesuai kriteria yang diperlukan dalam penelitian ini. Dalam menentukan sampel, penulis menggunakan teknik *pusrposive sampling*, yaitu teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu. Teknik *purposive sampling* dipilih karena responden yang dijadikan sampel telah memiliki kriteria yang sesuai dengan penelitian.

Metode Pengumpulan Data

Pada tahap ini, data yang dibutuhkan untuk analisis dan pembuatan laporan penelitian ini meliputi data primer. Data primer yang dibutuhkan dalam tahap pengumpulan data adalah kuisioner kepada pihak terkait untuk mengetahui faktor penyebab keterlmbatan pelaksanaan proyek konstruksi pada CV. X. Kuisioner merupakan informasi yang diperoleh dengan cara melakukan pengisian data melalui kuesioner yang disebarkan kepada pekerja konstruksi di CV. X sesuai kriteria responden.

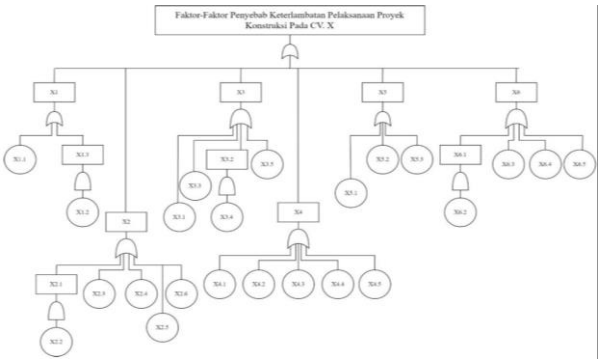
Metode Analisa Data

Teknik pengolahan data menggunakan Metode FTA (*Fault Tree Analysis*). Langkah-langkah dalam menganalisa data pada penelitian ini yaitu:

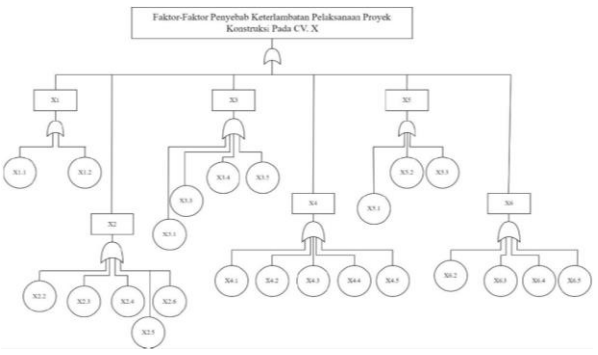
1. Memberikan kuisioner tentang faktor-faktor yang menjadi keterlambatan
2. Mengidentifikasikan Event
3. Penggambaran model grafis/diagram *Fault Tree*
4. Memberikan *brainstorming* untuk menentukan symbol gerbang logika
5. Melakukan *Analisa Fault Tree* secara kualitatif dengan menggunakan Aljabar Boolean
6. Melakukan perhitungan minimal cut set

Hasil Dan Pembahasan

Berdasarkan hasil kuisioner yang sudah dilakukan uji validitas dan uji reabilitas menggunakan software SPSS V.25, Selanjutnya mengidentifikasi event dan melakukan penggambaran model fault tree. Berikut ini hasil gambar Fault Tree pada setiap aspek penyebab keterlambatan dengan memberi kode pada tiap indikator.



Gambar 2. Diagram *Fault Tree Analysis*
(Sumber: Hasil Olahan Peneliti, 2024)



Gambar 3. Diagram *Fault Tree Analysis* Setelah Minimal *Cut Set*
(Sumber: Hasil Olahan Peneliti, 2024)

 ISSN 2987-677X

Setelah selesai menggambar diagram FTA seperti pada Gambar 2, maka selanjutnya menentukan *cut set*. *Cut set* merupakan kombinasi pembentuk pohon kesalahan, Dimana jika semua terjadi bisa menyebabkan terjadinya peristiwa puncak. *Minimal cut set* merupakan kombinasi peristiwa paling kecil yang membawa peristiwa penyebab keterlambatan yang disebut *basic event*. Sedangkan MOCUS merupakan metode mendapatkan cut set dan minimum cut set. Kombinasi basic event diperoleh dari diagram FTA yang dianalisa menggunakan hubungan *and gate* atau *or gate*.

Tabel 3 Perhitungan Minimal *Cut Set*

Intermediate Event	Kombinasi Minimal Cut Set (1)	Kombinasi Minimal Cut Set (2)	Nilai Minimal Cut Set	Hasil Minimal Cut Set
	Step ke-1	*Step ke-2*	*Step ke-3*	*Step ke-4*
X1	X1.3 = X1.2			
	X1 = X1.1 + X1.3	X1.1 + X1.2	0,04 + 0,044	0,08
X2	X2.1 = X2.2			
	X2 =X2.1 + X2.3 + X2.4 + X2.5 + X2.6	X2.2+X2.3+ X2.4+X2.5+ X2.6	0,024+0,02 5+0,028+0, 036 +0,039	0,15
X3	X3.2 = X3.4			
	X3 = X3.1 + X3.3 + X3.2 + X3.5	X3.1+X3.3+ X3.4+X3.5	0,044+0,04 2+0,046+0, 045	0,18
X4	X4 = X4.1 + X4.2 + X4.3 + X4.4 + X4.5	X4.1+X4.2+ X4.3+X4.4+ X4.5	0,042+0,04 0+0,048+0, 048+0,031	0,21
X5	X5.1+X5.2+X5.3	X5.1+X5.2+ X5.3	0,029+0,02 5+0,031	0,09
X6	X6.1 = X6.2			
	X6.1+X6.3+X6.4 +X6.5	X6.2+X6.3+ X6.4+X6.5	0,036+0,03 0+0,031+0, 027	0,12

Sumber : Hasil Olahan Peneliti (2024)

Pada Tabel 3 mengenai perhitungan minimal cut set dimana Kombinasi minimal cut set (1) yaitu merupakan langkah pertama yang dilakukan untuk melakukan cut set, dimulai dari basic event yang paling bawah kemudian dilanjutkan ke basic event diatasnya. Langka selanjutnya yaitu Kombinasi Minimal Cut Set (2) yaitu hasil setelah di cut set sesuai pada Gambar 2. Nilai Minimal Cut Set yaitu memasukkan nilai probabilitas ke dalam persamaan kombinasi minimal cut set (2), nilai probabilitas didapat dari hasil kuisioner yang sudah diisi oleh responden. Nilai probabilitas dari hasil kombinasi minimal cut set pada 6 aspek seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4 Nilai Probabilitas Dari Hasil Kombinasi Minimal Cut Set

No.	Penyebab Keterlambatan	Probabilitas	Ranking
1	Aspek Kontrak (X4)	0,21	1
2	Aspek Manajemen Pelaksanaan Proyek (X3)	0,18	2
3	Aspek Material/Peralatan (X2)	0,15	3
4	Aspek Kondisi Alam dan Force Major (X4)	0,12	4
5	Aspek Dokumen Pekerjaan (X5)	0,09	5
6	Aspek Tenga Kerja (X1)	0,08	6
	TOTAL	0,83	

Sumber : Hasil Olahan Peneliti (2024)

Pada tabel 4 yaitu nilai probabilitas dari hasil minimal cut set yang sudah dirutkan sesuai rangking dari yang terbesar ke yang terkecil. Rangking ke-1 dengan nilai probabilitas tertinggi sebesar 0,21 yaitu pada aspek Kontrak, rangking ke-2 yaitu aspek aspek manajemen pelaksanaan proyek, rangking ke-3 yaitu aspek material/peralatan, rangking ke-4 yaitu aspek kondisi alam dan force major, rangking ke-5 yaitu aspek dokumen pekerjaan, rangking ke-6 yaitu aspek tenaga kerja.

Simpulan

Berdasarkan hasil analisa mengeanai faktor yang menjadi penyebab keterlambatan pada pelaksanaan proyek konstruksi di CV. X menggunakan Metode FTA (*Fault Tree Analysis*) terdapat 6 aspek yang menjadi faktor penyebab terjadinya keterlambatan yaitu aspek dari tenaga kerja; aspek material/peralatan; aspek manajemen pelaksanaan proyek; aspek kontrak; aspek dokumen pekerjaan; aspek kondisi alam dan force major.

Dimana faktor utama atau rangking ke-1 dari 6 aspek penyebab keterlambatan proyek konstruksi pada CV. X yaitu Aspek Kontrak. Aspek kontrak terdapat 5 indikator penyebab keterlambatan, diantaranya yaitu: Perubahan lingkup pekerjaan; Keterlambatan pemilik dalam membuat Keputusan; Banyaknya pekerjaan tambah; Perubahan desain/detail pekerjaan pada waktu pekerjaan sedang berlangsung; Pembayaran yang tidak tepat waktu.

Referensi

Darmawi, D., Muttaqin, M., & Rauzana, A. (2020). IDENTIFIKASI FAKTOR–FAKTOR UTAMA PENYEBAB TERJADINYA KETERLAMBATAN WAKTU PENYELESAIAN PADA PEKERJAAN INFRASTRUKTUR GEDUNG DI BANDA ACEH. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, *3*(1), 70–79. https://doi.org/10.24815/jarsp.v3i1.16456

Elizabeth Nathalia Pondaag, Malingkas, Y. G., & Mangare, J. B. (2020). ANALISIS PENYEBAB KETERLAMBATAN WAKTU PELAKSANAAN PROYEK PADA PERUMAHAN

ISSN 2987-677X

GRAND VICTORIAN KAIRAGI. *Jurnal Sipil Statik*, *8*(4), 621–626.

Fahira Khairani, & Supriyadi, I. (2021). Analisis Faktor Keterlambatan Pada Pembangunan Proyek X. Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology, 2(2). https://doi.org/10.52158/jaceit.v2i2.248

Intan, S., Sapulette, W., & Soukotto, R. C. (2020). Analisa Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi Di Kota Ambon. Jurnal Manumata , 6(1).

Isabela, I., & Johari, G. J. (2023). Analisis Risiko Keterlambatan Proyek Pada Pembangunan Revitalisasi Gedung Pasar Rakyat Leles Garut Tahap III. Jurnal Kendali Teknik Dan Sains, 1(4), 62–74. https://doi.org/10.59581/jkts-widyakarya.v1i4.1182

Lestari, I. G. A. A. I., Pradnyadari, N. L. M. A. M., & Dewi, N. P. I. C. (2022). ANALISIS FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB KETERLAMBATAN PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI DI KABUPATEN BADUNG. *Widya Teknik*, *17*(01). https://doi.org/10.32795/widyateknik.v17i01.2968

Messah, Y. A., Penyebab, K., Pelaksanaan, K., Konstruksi, P., Di, G., Kupang, K., & Messah, Y. A. (2013). KAJIAN PENYEBAB KETERLAMBATAN PELAKSANAAN PROYEK KONSTUKSI GEDUNG DI KOTA KUPANG. In Jurnal Teknik Sipil: Vol. II (Issue 2).

Natalia, M., Partawijaya, Y., & Satwarnirat,). (2018). ANALISIS CRITICAL SUCCESS FACTORS PROYEK KONSTRUKSI DI KOTA PADANG. In Jurnal Fondasi (Vol. 6, Issue 2).

Puspitasari, Y. I., Mangare, J. B., & Pratasis, P. A. K. (2020). ANALISIS FAKTOR-FAKTOR KETERLAMBATAN PADA PROYEK PERUMAHAN CASA DE VIOLA DAN ALTERNATIF PENYELESAIANNYA. Jurnal Sipil Statik, 8(2), 141–146.

Putra Agritama, R., Huda, M., Setiyo Rini, T., Program Studi Teknik Sipil, M., Teknik, F., Jurusan Teknik Sipil, D., & Wijaya Kusuma Surabaya ABSTRAK, U. (2018). FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KETERLAMBATAN PROYEK KONSTRUKSI DI SURABAYA (Vol. 6, Issue 1).

Sahid, M. N., Setianingsih, I., Solikhin, M., Mulyono, G. S., & Rahman, N. (2019). Analisis Faktor-Faktor Penting Penyebab Masalah Penambahan Biaya Pada Proyek Jalan Kabupaten Klaten. Media Teknik Sipil, 17(2). http://ejournal.umm.ac.id/index.php/jmts/article/view/9745

Sugiyono. (2022). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D (2nd ed.). Alfabeta.

Sulaiman, M., Munirwansyah, & Azmeri. (2017). ANALISIS PENYEBAB KETERLAMBATAN PELAKSANAAN PROYEK DITINJAU DARI WAKTU PELAKSANAAN DI PROVINSI ACEH. Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah *Kuala*, *1*(2).

 ISSN 2987-677X

PENGARUH *FILLER* TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN LAS TIG PADA BAJA STAINLESS 304 dan 316L

Taufiq Hidayat[1,2] Rochmad Winarso[1,2] Sugeng Slamet[1,2] Tarsisius Dwi Wibawa Budianta[2]

[1] Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muria Kudus
[2] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ taufiq.hidayat@umk.ac.id

Baja stainless 304 dan 316L telah digunakan secara luas dalam berbagai sektor, termasuk otomotif, dirgantara, arsitektur, serta peralatan makanan dan dapur. Kedua jenis baja ini termasuk dalam keluarga *stainless steel* yang sangat serbaguna dan populer karena ketahanan korosinya yang tinggi dan kemudahan dalam proses fabrikasi. Salah satu metode penyambungan baja stainless yang sering digunakan adalah dengan menggunakan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) atau dikenal juga dengan sebutan las *Tungsten Inactive Gas* (TIG). Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan las baja tahan karat SS304 dan SS316L dengan pengelasan TIG dan variasi dengan *filler* dan tanpa *filler*. Pengujian yang dilakukan dengan menganalisis sifat mekanik yaitu kekuatan tarik dan kekerasan dari sambungan las. Dua logam berbeda dengan pelat baja tahan karat SS304 dan SS316L setebal 3 mm dilas dengan pengelasan TIG dan sambungan tipe *butt* dan alur V. Hasil investigasi eksperimental menunjukkan bahwa pengelasan TIG dengan *filler* memiliki kekuatan las yang lebih tinggi daripada pengelasan TIG tanpa *filler*.

Kata kunci: *GTAW, TIG, filler, stainless steel*

Pendahuluan

Penyambungan logam adalah proses penting dalam industri manufaktur. Tingkatan nilai baja, aluminium, titanium, magnesium yang berbeda dari bahan yang sama atau berbeda digunakan untuk sambungan dalam industri manufaktur dalam berbagai aplikasi penyambungan dan perbaikan (Suraj et al., 2024). Sambungan baja secara luas digunakan dalam industri seperti mobil, pembangunan kapal, konstruksi dll karena biaya rendah dan sifat mekanik yang lebih baik.

Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) adalah salah satu teknik pengelasan yang banyak digunakan terutama dalam aplikasi *stainless steel* (Vinothkumar et al., 2020). *GTAW* biasa disebut juga sebagai las *Tungsten Inactive Gas (TIG).* Berbagai faktor berkontribusi terhadap kekuatan baja tahan karat (SS304) yang dilas TIG (Mathew & Velmurugan, 2022).

Baja stainless 304 dan 316L telah diterapkan secara luas dalam otomotif dan dirgantara, arsitektur, peralatan makanan dan peralatan dapur. Baja tersebut adalah paduan keluarga *stainless steel* yang paling serbaguna dan banyak digunakan, dikarenakan memiliki ketahanan korosi yang tinggi dan kemudahan untuk fabrikasi.

Sifat mekanik dapat ditingkatkan dengan menambahkan kawat pengisi (*filler*) secara terpisah (Pavan et al., 2020). Dalam proses pengelasan fusi, pengelasan TIG banyak digunakan karena kualitas tinggi dan kemurnian sambungan las. Dengan menggunakan elektroda tungsten yang tidak dapat digunakan dengan adanya gas pelindung, pool las dilindungi yang membantu sambungan las mempertahankan kemurnian serta kualitas tinggi. Tetapi ada kelemahan tertentu seperti persyaratan pengelasan multi-pass untuk bahan setebal lebih dari 3 mm yang mengurangi efisiensi produksi, menghasilkan input panas tinggi, kedalaman penetrasi yang lebih kecil dan mengurangi kekuatan sambungan las. Keterbatasan pengelasan TIG ini dapat diatasi dengan *Activated flux Tungsten Inert Gas (A-TIG)*. Dalam proses ini, fluks aktif meningkatkan penetrasi las serta mengurangi input panas (Jaypuria et al., 2019; Vidyarthy & Dwivedi, 2019).

Devendran et al. (Thameem & Kumaraan, 2017) melaporkan bahwa dalam membuat sambungan las pada SS304 tidak menggunakan fluks jenis apa pun dalam proses pengelasan dan menemukan banyak kegagalan mesin pengolah makanan karena kegagalan sambungan las pada komponen mesin.

Penelitian ini bertujuan untuk memahami bagaimana metode pengelasan mempengaruhi kekuatan sambungan pada material baja stainless 304 dan 316L. Pengelasan dilakukan dengan menggunakan metode TIG dan melibatkan bahan *filler* dan non *filler*. Selanjutnya, dilakukan pengujian yang mencakup uji tarik dan uji kekerasan.

Metode

Baja Stainless (SS) 304 adalah baja paduan austenitik terkemuka yang banyak digunakan. SS304 disebut juga baja tempered "18/8", yang mengandung 18% kromium dan 8% nikel. Baja SS304 memiliki sifat pembentukan dan pengelasan yang luar biasa dalam ketahanan erosi dan kualitas. Baja tipe 304 bisa ditemukan pada wastafel, meja, panci espresso, pendingin, kompor, dan peralatan memasak lainnya. Baja SS316L adalah baja

 ISSN 2987-677X

tahan karat kromium-nikel austenitik yang mengandung 2-3% molibdenum. Unsur molibdenum memiliki ketahanan erosi dan meningkatkan kualitas pada suhu tinggi. Sifat mekanik dan komposisi kimia logam masing-masing ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Sifat mekanis (Hidayat et al., 2022, 2024; Ramarao et al., 2022)

Properti	SS304	SS316L
Tensile strength (MPa)	700	485
Yield strength (MPa)	215	170
Density (kg/m^3)	7850	8000
Poisson's rasio	0,28	0,3
Elastic modulus (GPa)	200	200

Tabel 2 Komposisi material (Narayanan et al., 2021; Prakash Pasupulla et al., 2022)

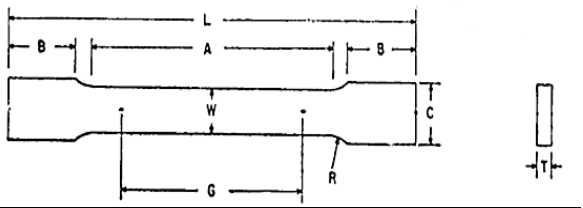
Material	C	Mn	S	Si	Cr	Ni	P
SS304	0,07	1,35	0,022	0,5	18	7,32	0,077
SS316L	0,046	2	0,031	0,8	16,5	10	0,05

Untuk pengelasan menggunakan las TIG dengan alur V menggunakan metode TIG *filler* dan non-*filler*. Parameter las ditunjukkan pada tabel 3. Pengujian yang dilakukan adalah uji tarik dan uji kekekerasan.

Tabel 3 Parameter las TIG (Arora et al., 2022)

Parameter	Nilai
Tegangan	20 V
Arus	90 A
Efisiensi	75%
Kecepatan	2,5 mm/s

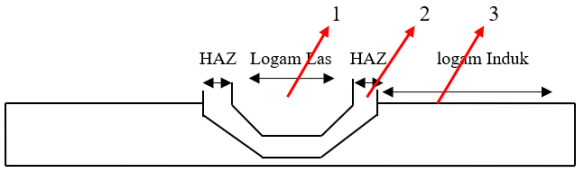
Standar pengujian tarik berdasarkan ASTM E8 dengan dimensi spesimen seperti pada gambar 1.



L (mm)	C (mm)	W (mm)	G (mm)	A (mm)	R (mm)	T (mm)
200	20	12.5	50	82	12.5	3

Gambar 1 Spesimen uji tarik berdasarkan ASTM E8

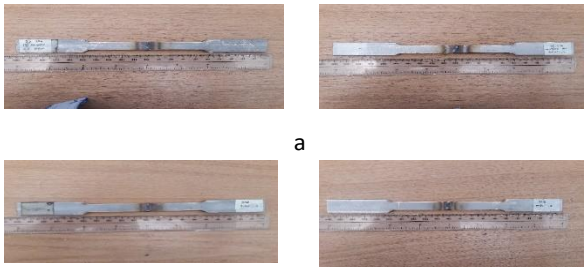
Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan kekerasan Rockwell B dengan indentor bola baja berdiameter 1/6 inci dan beban 100 kgf. Pada pengujian kekerasan Rockwell, spesimen plat SS304 dan SS316L diuji pada sambungan pengelasan. Selanjutnya, tiga titik penekanan diberikan untuk menentukan perbedaan kekerasan pada masing-masing spesimen. Informasi lebih lanjut mengenai titik penekanan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Letak titik uji kekerasan

Hasil Kerja

Hasil pengelasan dengan menggunakan las TIG terhadap spesimen SS304 dan SS316L ditunjukkan pada gambar 3.



a

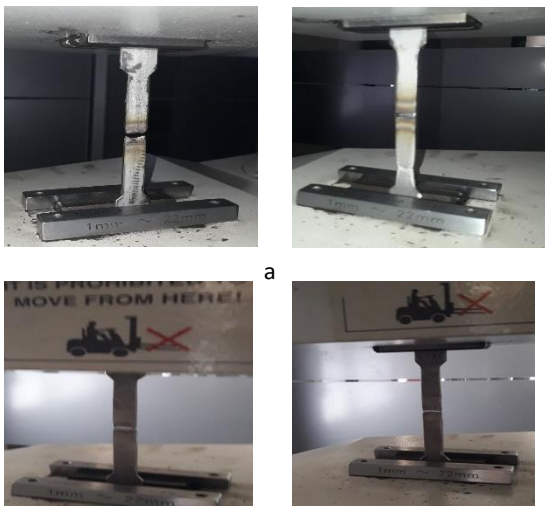
b

SS304 SS316L

Gambar 3 Spesimen hasil pengelasan, a. dengan *filler*, b. tanpa *filler*

Uji tarik

Metode uji tarik adalah esensial dalam mengukur karakteristik mekanik termasuk kekuatan tarik, elongasi, dan modulus elastisitas. Baja SS304 terkenal akan resistensinya yang kuat terhadap korosi serta sifat mekanik yang solid, sedangkan SS316L, dengan kandungan molibdenum yang lebih banyak, menawarkan tingkat perlindungan yang lebih tinggi dari korosi, khususnya yang disebabkan oleh klorida. Hasil pengujian tarik dapat dilihat pada gambar 4.



a

b

SS304 SS316L

Gambar 4 Hasil uji tarik, a. dengan *filler*, b. tanpa *filler*

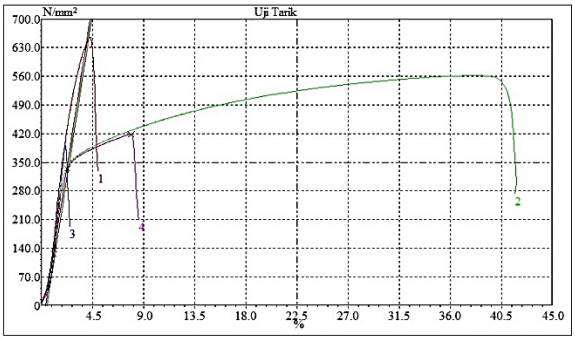
 ISSN 2987-677X

Tabel 4 Hasil pengujian tarik

No	Material	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)
1	SS304 *filler*	655,3	5
2	SS316L *filler*	561,7	41,6
3	SS316L non*filler*	390,3	2,5
4	SS304 non*filler*	418,2	8,6

Tabel 4 memaparkan bahwa tegangan tarik SS304 yang menggunakan *filler* adalah 655,3 N/mm², sementara SS304 yang dilas tidak menggunakan *filler* memiliki tegangan tarik 418,2 N/mm². Hal Ini menunjukkan bahwa terdapat peningkatan sebesar 36,2% pada tegangan tarik SS304 yang dilas dengan *filler* dibandingkan dengan yang tanpa *filler*. Untuk SS316, nilai tegangan tariknya adalah 561,7 N/mm² dengan *filler* dan 390,3 N/mm² tanpa *filler*, menandakan selisih sebesar 30,5% antara keduanya. Ketika diuji tarik, spesimen SS304 dan SS316L yang dilas tidak menggunakan *filler* mengalami patah pada bagian daerah lasan, namun spesimen yang dilas dengan menggunakan *filler* mengalami patah pada bagian material dasarnya. Gambar 5 menunjukkan grafik tegangan-regangan dari keempat spesimen.

Nilai tegangan tarik pada penelitian ini tidak terpaut jauh dengan nilai tegangan tarik yang diteliti oleh orang lain, seperti Zuhailawati (Zuhailawati et al., 2016) mengatakan tegangan tarik sebesar 718,3 MPa, Saha (Saha & Dhami, 2018) antara 541-594 MPa, Pasupulla (Prakash Pasupulla et al., 2022) rata-rata sebesar 487,2 MPa dan elongasi sebesar 28%, Mishra (Mishra et al., 2014) antara 398,8-443,4 MPa, Mahajan (Mahajan et al., 2022) antara 580-602 MPa, Khan (Khan et al., 2021) rata-rata 512 MPa, Kajal (Kajal et al., 2023) antara 526,6-598 MPa, Choudhary (Duhan & Choudhary, 2015) sebesar 605,4 MPa dan elongasi sebesar 37,9%, Chen (Chen et al., 2024) sebesar 653 MPa dan elongasi 54,9%, Syafa'at (Syafa'at et al., 2018) paling tinggi sebesar 668,6 MPa.



Gambar 5 Grafik tegangan-regangan

Uji kekerasan

Uji kekerasan adalah metode pengujian yang digunakan untuk mengukur tingkat kekerasan suatu bahan. Selain sifat fisik dan teknologis, kekerasan juga merupakan salah satu sifat mekanik dari material. Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada titik atau daerah tertentu, nilai kekerasan tetap dapat diandalkan untuk menggambarkan kekuatan material.

Pengujian kekerasan yang dilakukan menggunakan Rockwell B (HRB). Tabel 5 berisi tentang nilai rata-rata kekerasan pada baja SS304 dan SS316L.

Tabel 5 Hasil pengujian kekerasan (HRB)

Spesimen	Lasan	HAZ	Base material
SS304 *filler*	97,8	96,8	102,8
SS304 non *filler*	79,8	91,5	101
SS316L *filler*	86,5	86,1	88,8
SS316 non *filler*	76,8	83,5	87,1

Hasil pengujian kekerasan selaras dengan hasil uji tarik. Nilai kekerasan berbanding lurus dengan nilai tegangan tarik. Semakin keras suatu material maka nilai kekuatan tariknya semakin tinggi.

Vinothkumar (Vinothkumar et al., 2020) menghasilkan kekerasan baja SS304 antara 84-94 HV dengan metode las TIG. Suraj (Suraj et al., 2024) dalam penelitiannya dengan pengelasan TIG pada SS304L menghasilkan kekerasan antara 88,5-94,5 HB. Saha (Saha & Dhami, 2018) mengatakan kekerasan baja SS304 antara 90-100 HRB. Pasupulla (Prakash Pasupulla et al., 2022) menghasilkan kekerasan rata-rata 184,3 HV. Nilai kekerasan lain berkisar antara 65-75 HRB (Narayanan et al., 2021), 89—91 HRB (Mahajan et al., 2022), 84-96 HRB untuk SS304 dan 86-96 HRB untuk SS316 (Kumar et al., 2021), 33,8 HRC (Khan et al., 2021), 178,7-200 BHN (Kajal et al., 2023).

Kesimpulan

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa pengelasan TIG dengan menggunakan *filler* menghasilkan sambungan yang lebih kuat dibandingkan pengelasan TIG tanpa *filler*. Kenaikan kekuatan tarik sebesar 30,5-36,2%. Sedangkan nilai kekerasan meningkat sebesar 11,2-18,4%.

Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada Universitas Katolik Widya Mandala dan Universitas Muria Kudus.

Referensi

Arora, H., Mahaboob Basha, K., Naga Abhishek, D., & Devesh, B. (2022). Welding simulation of circumferential weld joint using TIG welding process. *Materials Today: Proceedings*, *50*, 923–929. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.06.315

Chen, Y., Zhao, X., Yang, B., Liu, Y., Liang, Y., Li, Z., & Chen, C. (2024). Study on properties of 304 wire arc

 ISSN 2987-677X

additive manufacturing stainless steel TIG welded joints. *Materials Letters*, *361*, 136107. https://doi.org/10.1016/j.matlet.2024.136107

Duhan, R., & Choudhary, S. (2015). Effect of Activated Flux on Properties of SS 304 Using TIG Welding. *International Journal of Engineering*, *28*(2), 290–295.

Hidayat, T., Ismail, R., Tauviqirrahman, M., Saputra, E., Ammarullah, M. I., Lamura, M. D. P., Bayuseno, A. P., & Jamari. (2024). Running-in behavior of dual-mobility cup during the gait cycle: A finite element analysis. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*, *238*(1), 99–111. https://doi.org/10.1177/09544119231216023

Hidayat, T., Jamari, J., Bayuseno, A. P., Ismail, R., Tauviqirrahman, M., & Saputra, E. (2022). Short communication: Running-in behavior on single-mobility total hip arthroplasty. *Medical Engineering & Physics*, *104*, 103806. https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2022.103806

Jaypuria, S., Khandai, S., Ranjan Mahapatra, T., & Singh, A. (2019). Development of Activated Flux for Deep Penetration in GTAW. *Materials Today: Proceedings*, *18*, 4703–4710. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.456

Kajal, G., Ajit, Lamba, R., Garg, H., & Malik, P. (2023). An experimental investigation of gas tungsten arc welding aspects on stainless steel (SS304) using Taguchi method. *Materials Today: Proceedings*. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.07.072

Khan, M., Dewan, M. W., & Sarkar, Md. Z. (2021). Effects of welding technique, filler metal and post-weld heat treatment on stainless steel and mild steel dissimilar welding joint. *Journal of Manufacturing Processes*, *64*, 1307–1321. https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.02.058

Kumar, P., Soni, R. K., Dehiya, B. S., & Sivakumar, V. V. (2021). Study of phase changes induced by gamma irradiation in welded stainless steel alloys 304 and 316. *Materials Today: Proceedings*, *47*, 6545–6550. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.815

Mahajan, A., Singh, H., Kumar, S., & Kumar, S. (2022). Mechanical properties assessment of TIG welded SS 304 joints. *Materials Today: Proceedings*, *56*, 3073–3077. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.133

Mathew, B. K., & Velmurugan, C. (2022). *Evaluation of TIG welding parameters using statistical methods to optimize the mechanical properties of stainless steel–SS304*. *2446*(1).

Mishra, R. R., Tiwari, V. K., & Rajesha, S. (2014). A study of tensile strength of MIG and TIG welded dissimilar joints of mild steel and stainless steel. *International Journal of Advances in Materials Science and Engineering*, *3*(2), 23–32.

Narayanan, S. R., Balakrishnan, M., Pradeep, G. K., Ragavan, M., & Kumar, S. N. (2021). Mechanical and Microstructure Properties Evaluation of Tig Welded Dissimilar Metal Ss304-Ss316. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 2124–2134.

Pavan, A. R., Arivazhagan, B., & Vasudevan, M. (2020). *Process Parameter Optimization of A-TIG Welding on P22 Steel* (R. V. Prakash, R. Suresh Kumar, A. Nagesha, G. Sasikala, & A. K. Bhaduri, Trans.). 99–113.

Prakash Pasupulla, A., Abebe Agisho, H., Seetharaman, S., & Vijayakumar, S. (2022). Characterization and analysis of TIG welded stainless steel 304 alloy plates using radiography and destructive testing techniques. *Materials Today: Proceedings*, *51*, 935–938. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.06.305

Ramarao, M., King, M. F. L., Sivakumar, A., Manikandan, V., Vijayakumar, M., & Subbiah, R. (2022). Optimizing GMAW parameters to achieve high impact strength of the dissimilar weld joints using Taguchi approach. *Materials Today: Proceedings*, *50*, 861–866. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.06.137

Saha, M., & Dhami, S. (2018). Effect of TIG welding parameter of welded joint of stainless steel SS304 by TIG Welding. *Trends in Mechanical Engineering & Technology*, *8*(3), 18–27.

Suraj, Md., Tripathy, S., Biswal, S. R., & Sahoo, T. K. (2024). Optimization of welding process parameters for joining of 304L stainless steel. *Materials Today: Proceedings*. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2024.02.043

Syafa'at, I., Purwanto, H., Ilhammudin, M., & Ratnani, R. D. (2018). ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN LAS ARGON PADA STAINLESS STEEL 304 MENGGUNAKAN VARIASI KUAT ARUS. *Jurnal Ilmiah Momentum*, *14*(2), Article 2. https://doi.org/10.36499/jim.v14i2.2512

Thameem, M., & Kumaraan, H. (2017). Analyzing the Parameters of SS 304 using TIG Welding. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, *2*(2), 290–294.

Vidyarthy, R. S., & Dwivedi, D. K. (2019). Weldability Evaluation of 409 FSS with A-TIG Welding Process. *Materials Today: Proceedings*, *18*, 3052–3060. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.177

Vinothkumar, H., Balakrishnan, M., Gulanthaivel, K., Logeshwaran, R., & Mohanraj, R. (2020). Investigation on effects of flux assisted GTAW welding process on mechanical, metallurgical characteristics of dissimilar metals SS 304 and SS

ISSN 2987-677X

316 L. *Materials Today: Proceedings*, *33*, 3191–3196. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.143

Zuhailawati, H., Jamaluddin, M. A., Seman, A. A., & Ismail, S. (2016). Welding Investigation and Prediction of Tensile Strength of 304 Stainless Steel Sheet Metal Joint by Response Surface Methodology. *Procedia Chemistry*, *19*, 217–221. https://doi.org/10.1016/j.proche.2016.03.096

 ISSN 2987-677X

Pekerjaan *Flat Floor* Proyek Perluasan Fasilitas Baru Pabrik Obat Erela - Salatiga

Bimo Budi Prakoso

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ bimo869@gmail.com

✉ rasional@ukwms.ac.id

Inovasi pembangunan saat ini sudah sangat modern. Banyak hasil inovasi yang sangat berguna dalam menunjang aktivtas dan kegiatan manusia. Salah satu bentuk inovasi tersebut adalah *Flat Floor*. *Flat Floor* adalah salah satu elemen struktur bangunan dimana proses pekerjaannya membutuhkan langkah kerja yang khusus dan berbeda. Pelaksanaan dilakukan dengan cara meratakan permukaan lantai beton yang dimana dilakukan secara bersamaan dengan waktu pengecoran. Banyak faktor yang membuat Flat Floor menjadi pekerjaan struktur yang berbeda antara lain metode kerja, alat kerja yang digunakan, sampai dengan pemilihan material. Salah satu alat kerja penunjang yang digunakan di proyek ini adalah dengan menggunakan *screeder* sebagai perata lantai. Langkah terakhir dalam pekerjaan ini adalah dengan pemberian material *Floor Hardener* dengan cara ditabur dimana relat sebagai acuan ambang atas plat lantai.

Dengan menggunakan beton mutu fc'25 Mpa NFA dan *slump* 12±2 cm, hasil pengujian dinyatakan bahwa plat lantai ini masih masuk dalam kategori *Flat Floor* berdasarkan pada standard ACI 117 dimana nilai lendutan maksimal 5 mm dengan area bentang 3m. Pengujian kerataan lantai dilakukan apabila beton plat lantai sudah mengeras dalam kurun 24 jam setelah pengecoran dengan menggunakan alat bantu dipstick untuk mengetahui kerataan plat lantai.

Kata kunci: Flat Floor, Floor Hardener, ACI, Dipstick

Pendahuluan

A. Latar Belakang

Pelat beton merupakan elemen struktural yang menerima beban hidup dan beban mati pada lantai yang selanjutnya akan disalurkan ke balok dan kolom sampai ke pondasi. Pelat beton mempunyai peranan yang penting pada bangunan gedung bertingkat, baik sebagai pelat lantai dan pelat bordes ataupun pelat dak pada atap. Patricia (2018), pelat adalah salah satu elemen struktur yang dibuat untuk menerima beban mati dan beban hidup. Pelat lantai pada bangunan gedung memiliki berberapa sistem diantaranya adalah pelat lantai beton konvensional yang sering dipakai pada proyek konstuksi pada umumnya, pelat lantai dengan sistem pelat boundeck, sistem pelat lantai menggunakan panel beton ringan. Masing-masing sistem memiliki kelebihan dan kekurangan pada penggunaannya, selain untuk mereduksi beban juga untuk mempercepat pekerjaan. Mereduksi beban pelat menggunakan metode beton ringan dengan mengganti material yang dapat mengurangi berat beton juga dapat dilakukan dengan cara melakukan pengurangan volume beton yaitu dengan metode beton 14 berongga (voided slab) dengan mengurangi material yang tidak diperlukan di sekitar sumbu netral.

Slump beton merupakan tingkat kekentalan adonan beton yang mampengaruhi permeabilitas, workabilitas dan proses pengerjaan. Terdapat beberapa hal yang perlu diketahui tentang slump beton, nilai, dan pengujian slump beton. Slump beton adalah salah satu istilah penting dalam konstruksi. Penggunaan beton untuk konstruksi sebuah bangunan sendiri harus memiliki beberapa kriteria yang dipersyaratkan. Hal ini penting agar bangunan yang dibangun memiliki kekuatan dan daya tahan dengan jangka waktu lama serta tidak mudah mengalami roboh. Salah satunya ialah nilai slump beton.

Pekerjaan *Flat Floor* adalah pekerjaan perataan permukaan lantai beton yang dilakukan pada saat bersamaan dengan waktu pengecoran berlangsung, dengan menggunakan alat kerja yaitu *screeder* yang kemudian diikuti dengan penaburan material Floor Hardener sesuai dengan konsumsi yang sudah ditentukan (3-5 kg/m²) dan setelah itu permukaan di-finish dengan menggunakan mesin trowel. Untuk lantai pabrik atau gudang dengan susunan rak tempat penyimpanan barang (pallet rack / storage rack) yang tinggi dan terlebih lagi apabila jalan antara rak yang cukup sempit.Dengan lantai *Flat Floor* maka forklift saat beroperasi akan tetap dalam kondisi stabil.

B. Identifikasi Masalah

Evaluasi pekerjaan ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian pelakasanaan kerja sudah sesuai dengan metode yang dibuat dibuat oleh tim *Engineering* dan sudah divalidasi oleh konsultan. Selain itu, evaluasi bertujuan untuk mengetahui hasil

 ISSN 2987-677X

pengujian *Flatness* apakah sudah sesuai dengan minimum kategori *Flat Floor.*

Metode



Gambar 1.1 Bagan Alir Proses Analisa Data (*Flow Chart*)

Pembuatan metode kerja yang tepat dan efisien menjadi hal yang penting sebelum proses pelakasanaan pekerjaan. Koordinasi antara *Engineer* dengan tim pelaksana menghasilkan sebuah kerangka dokumen yang kemudian diusulkan untuk disetujui. Usulan metode kerja yang dibuat oleh *Engineer* pelaksana harus divalidasi oleh konsultan. Penjelasan metode kerja dilakukan oleh *engineer* kepada tim lapangan. Pengawasan dilakukan guna memastikan pelaksanaan sesuai dengan metode kerja yang sudah disetujui. Apabila pelaksanaan pengecoran telah selesai, dilakukan proses pengujian serta pengambilan data untuk dilakukan analisa perbandingan nilai pengujian dengan standard minimum *flatness* yang mengacu pada ACI 117 ASTM E1155.

Hasil Kerja

Usulan Metode Kerja

Usulan metode kerja yang dibuat oleh *Engineer* pelaksana berupa kerangka dokumen diantaranya penggunaan material, tenaga kerja dan langkah-langkah kerja dalam pelaksanaan *flat floor* divalidasi oleh konsultan dengan beberapa catatan. Doc No 010-TATA-ERELA/MPP/III/2024 menjadi dokumen sah sebagai pedoman dalam pelaksanaan yang sudah tervalidasi oleh konsultan dan wajib diikuti dalam proses eksekusi.

Pembesian dan Pemasangan Relat

Pembesian plat lantai dilakukan sesuai dengan gamba kerja yang telah disetujui. Pembesian plat lantai harus dengan arahan dan pengawasan dari tim pelakasana. Pelaksana harus memastikan ikatan antar besi kuat dengan menggunakan kawat besi. Dalam pelaksanaan dilapangan, pemasangan relat sudah sesuai dengan metode kerja dimana relat sebagai titik acuan ambang atas pelat lantai dan dudukan *screeder* harus didukung dengan support yang kuat berupa support besi beton. Penambahan kawat ayam pada area sambungan pengecoran (coldjoint) untuk memastikan antara beton lama dengan beton baru saling mengikat dan tidak ada celah untuk menghindari retak rambut pada struktur plat lantai



Gambar 1.2 Pemasangan Relat

Pelaksanaan Lapangan

Dari hasil pegamatan dan pengawasan yang dilakukan oleh *Engineer*, pelaksanaan dilapangan sebagian besar sudah sesuai dengan metode kerja yang telah dibuat. Tindakan berupa teguran sudah dilakukan apabila dalam pelaksanaan menyalahi aturan yang telah dibuat. Dapat dipastikan hasil kerja sesuai dengan perencanaan awal.



Gambar 1.3 Pelaksanaan Pekerjaan

Kualitas Beton

Pada metode kerja dijelaskan bahwa syarat material beton ready mix mempunyai nilai fc' 25 Mpa (K-300) *slump* 12±2 cm. Untuk mengetahui bahwa mutu yang dibawa oleh *truck mixer* sesuai dengan persyaratan, dilakukannya proses uji slump dan pengambilan sample beton berupa silinder untuk diuji kuat tekan. Pada pelaksanaannya, beton *ready mix* yang dibawa oleh *truck mixer* dari *batching plant* telah memenuhi syarat untuk uji slump. Hanya terdapat 2 *truck mixer* yang tidak memenuhi syarat sehingga

 ISSN 2987-677X

dilakukan proses penolakan material yang kemudian dikembalikan kepada pihak *supplier* beton. Penambahan air Ketika proses penuangan beton masih dilakukan yang menunjukkan adanya ketidaksesuaian prosedur yang menyebabkan penurunan kualitas beton dimana berpengaruh terhadap *Flatness* lantai. Teguran secara langsung yang dilakukan oleh *Engineer* agar tidak ditambahnya volume air dalam proses penuangan beton untuk menjaga komposisi masing-masing material penyusun sesuai dengan persyaratan.



Gambar 1.4 Pengujian Slump Pembuatan Benda Uji Silinder

Pengujian *Flatness* dan *Levelness*

Pengujian *flatness* dan *levelness* dilakukan dengan alat bantu yaitu *dipstick*. Sebelum proses pengujian perlu diketahui bahwa plat beton sudah dalam kondisi kering dan keras atau sekurang-kurangnya 24 jam setelah pengecoran untuk menghidari kerusakan pada permukaan beton apabila beton belum mengeras.



Gambar 1.5 Pengujian Flatness dan levelness

Sebelum dilakukan pengujian dan analisa data, terdapat standard minimum kategori *flat floor* dimana aturan tersebut terdapat dalam ACI 117 ASTM E1155. Aturan tersebut menjelaskan bahwa tipe *flat floor* dibagi atas beberapa kategori tergantung dari Tingkat kelendutan.

SPECIFICATION

Table 4.8.5.1—ASTM E1155 method

Floor surface classification	Specified overall flatness SOF_F	Specified overall levelness SOF_L
Conventional	20	15
Moderately flat	25	20
Flat	35	25
Very flat	45	35
Super flat	60	40

Tabel 1.1 Spesifikasi *Flatness* Plat Lantai

Kesimpulan

Berdasarkan analisa diatas dapat disimpulkan bahwa:

- Kesesuaian konsep kerja antara *Engineer* dengan tim pelaksana sehingga pelaksanaan dilapangan dapat diterapkan sepenuhnya untuk menghidari kesalahan prosedur.
- Susunan pembesian plat lantai sudah sesuai dengan gambar kerja yang sudah disetujui konsultan.
- Pekerjaan bekisting dalam struktur plat lantai sangat berpengaruh terutama terkait dengan level stuktur. Perlunya sistem bekisting yang kuat dan mutu material yang baik agar kualitas struktur sesuai dengan perencanaan awal.
- Pekerjaan pemasangan relat sangat berpengaruh terhadap ketebalan plat lantai. Relat menjadi titik acuan ambang atas permukaan struktur plat lantai. Relat juga berfungsi sebagai dudukan alat screeder untuk meratakan lapisan atas plat lantai yang bergelombang.
- Mutu material yang diaplikasikan dilapangan sudah sesuai dengan syarat minimum ketentuan antara lain mutu besi dan beton ready mix sehingga kualitas struktur plat lantai sesuai dengan perencanaan.
- Lokasi pengujian *flatness* dan *levelness* dilakukan secara acak dan untuk hasil pengujian *flatness* dan *levelness* lantai 2 – 3 Mezzanine masuk dalam kategori *Flat Floor* dengan nilai variasi yang berbeda-beda.

4. Test Dipstick

Casting	Lantai	Lokasi	Test Dipstick		
			Tgl test Dipstick	FF 20	FL 15
1	Lt 2 Elevasi +7.200	As A-C/4-9	8/3/2024	29,97	24,76
2	Lt 2 Elevasi +7.200	As C-F/6-9	16/3/2024	30,86	17,45
3	Lt 2 Elevasi +7.200	As A-C/9-13	23/3/2024	38,15	20,33
4	Lt 2 Elevasi +7.200	As C-F/9-12	29/3/2024	49,79	23,33
5	Lt2 Mezzanine	As A-B/8-12	27/4/2024	27,92	24,03
6	LT 3	AS A-C / 4-9	7/5/2024	39,09	22,22
7	Lt 3	AS C-F/7-10	11/5/2024	43.06	29.05
8	Lt 3	AS A-C/9-12	15/5/2024	38.17	19.56

Tabel 1.2 Hasil pengujian Flatness dan levelness

Saran pekerjaan Flat Floor selanjutnya :

1. Koordinasi intens antara *Engineer* dengan *Site Manager* dalam membuat metode kerja yang tepat dan efisien.
2. Melakukan *brifieng* internal terkait dengan langkah kerja sebelum dilakukan pelaksanaan pekerjaan.
3. Memilih *supplier* beton *ready mix* yang kompeten terkait dengan kelancaran proses pengecoran dan kualitas beton yang sesuai dengan spesifikasi *Flat Floor*.
4. Pengawasan yang tegas dilapangan terkait dengan langkah-langkah kerja untuk menjaga

 ISSN 2987-677X

kualitas stuktur plat lantai yang sesuai dengan spesikasi Flat Floor

Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih penulis ditujukan kepada semua pihak yang terlibat dalam penyusunan artikel keinsinyuran mulai dari Pembimbing, Konsultan dan Perusahaan yang telah ikut membantu dalam penyusunan.

Referensi

Peter C Budiono. 2021. Pembuatan Pedoman Pengecoran Plat Lantai Floor Flatness dan Floor Levelness Sesuai ASTM E1155

Aldy K Saputra. 2023. Perbandingan Flat Slab dengan Plat Konvensional Terhadap Pengaruh Beban Lateral.

Anthones Primakov. 2019 Kajian Efisiensi Sistem Flat Slab Dengan Metode Post-Tension dan Konvesional.

Manlian A Simanjuntak. 2019 Kajian Awal Indikator Peran Manajemen Konstruksi Pada Pekerjaan Lantai Gudang (Studi Kasus : Metode Flat Floor Kawasan Industri Pergudangan Surya Cipta Karawang).

Samsul Hasibuan, 2020 Redesain Awana Condotel Menggunakan Metode Flat Slab Berdasarkan SNI 2847-2013

Dhea Y Resmonida. 2020 Studi Kinerja Pelat Balok Bertulang di Gedung E Fakultas Teknik Universitas Lampung Akibat Getaran.

Patricia. 2018. Desain Praktis Pelat Konvensional Dua Arah Beton Bertulang.

SNI-2847-2019-Persyaratan-Beton-Struktural-Untuk-Bangunan-Gedung.

117-10: Specification for Tolerances for Concrete Construction and Materials (pa.gov)

010-TATA-ERELA-MPP-III-2024-R1_Flat Floor.Pdf

Weekly Report Pekerjaan Periode 9 Mei sd 16 Mei 2024 Uji Dipstick Flat Floor.pdf

 ISSN 2987-677X

Manajemen Konstruksi Pembangunan Sarana Prasarana Pendukung Pos Lintas Batas Negara (PLBN) Terpadu Napan

Joan Andrew Johannis[1] Kirana Aprilia Nge[1] Stella Chintya Galla[1] Venantius Kennyjia Djema[1], Andrew Joewono[1], Hartono Pranjoto[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

 andrew141084@gmail.com

 kiranange90@gmail.com

 stellagalla10@gmail.com

 kennydjema@gmail.com

 andrew_sby@ukwms.ac.id

✉ pranjoto@ukwms.ac.id

Menurut Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2019 Tentang Percepatan Pembangunan 11 (sebelas) Pos Lintas Batas Negara Terpadu dan Sarana Prasarana Penunjang di Kawasan Perbatasan yang dimana salah satunya PLBN Terpadu Napan yang terletak di Desa Napan, Kecamatan Bikomi Utara, Kabupaten Timor Tengah Utara, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Pekerjaan yang dilaksanakan meliputi, pekerjaan persiapan, pekerjaan SMK3, pekerjaan *Rest Area* dan Kios, pekerjaan mebelair, pekerjaan lansekap, pekerjaan jalan akses dan drainase, pekerjaan *signage* identitas PLBN, pekerjaan perkuatan lereng, pekerjaan pagar kawasan, pekerjaan pagar zona inti, pekerjaan zona polisi, pekerjaan zona TNI, pekerjaan selasar bangunan inti dan pekerjaan akses pamtas. Pekerjaan pada pembangunan PLBN Napan umumnya menggunakan struktur beton bertulang untuk struktur bawah bangunan dan baja struktur untuk struktur atas bangunan dengan harapan struktur yang dibangun dapat bertahan lama dan kuat secara struktur. Meskipun demikian, selama proses pembangunan banyak masalah atau kendala yang dihadapi sehingga mengakibatkan lambatnya kemajuan pekerjaan pembangunan. Tujuan dibangunnya PLBN Napan adalah memperlancar jalur perekonomian antar kedua negara yakni Indonesia dan Timor Leste serta mensejahterakan masyarakat perbatasan.

Kata kunci: PLBN, beton, baja

Pendahuluan

Berdasarkan Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2019 Tentang Percepatan Pembangunan 11 (sebelas) Pos Lintas Batas Negara Terpadu dan Sarana Prasarana Penunjang di Kawasan Perbatasan yakni; PLBN Terpadu Serasan di Kabupaten Natuna, PLBN Terpadu Jagoi Babang di Kabupaten Bengkayang, PLBN Terpadu Sei Kelik di Kabupaten Sintang, PLBN Terpadu Sei Nyamuk di Kabupaten Nunukan, PLBN Terpadu Labang di Kabupaten Nunukan, PLBN Terpadu Long Midang di Kabupaten Nunukan, PLBN Terpadu Long Nawang di Kabupaten Malinau, PLBN Terpadu Oepoli di Kabupaten Kupang, PLBN Napan di Kabupaten TTU, PLBN Terpadu Sota di Kabupaten Merauke dan PLBN Terpadu Yetetkun di Kabupaten Boven Digoel. Mengikuti Instruksi Presiden tersebut maka Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat melalui Direktorat Jenderal Cipta Karya memulai Proyek Khusunya di Kabupaten TTU yaitu Pembangunan Sarana Prasarana Pendukung Pos Lintas Batas Negara (PLBN) Terpadu Napan dalam naungan Balai Prasarana Permukiman Wilayah Nusa Tenggara Timur, Satuan Kerja Pelaksanaan Prasarana Permukiman Wilayah I Provinsi NTT, dalam proses pembangunan sarana prasarana ini penting untuk menghasilkan pekerjaan yang sesuai dengan mutu dan kualitas yang baik dan dapat berguna untuk memperlancar aktifitas masyarakat kedua negara. Oleh sebab itu, dengan adanya Manajemen Konstruksi diharapkan dapat memonitor, mengontrol dan mengawasi jalannya pekerjaan ini dari mulai hingga penyelesaian pembangunan, sehingga PLBN Napan ini dapat beroperasi sesuai dengan tujuan awal.

Metode

Pekerjaan pembangunan yang dilakukan dalam proyek Pos Lintas Batas Negara (PLBN) Napan menggunakan konstruksi beton bertulang dan baja struktur. Pekerjaan pondasi pada bangunan PLBN Napan umumnya menggunakan jenis pondasi dangkal yakni pondasi *foot plate* dan pondasi pasangan batu dikarenakan kondisi tanah pada area PLBN Napan merupakan tanah berbatu. Untuk struktur sloof bangunan menggunakan struktur beton bertulang, sementara untuk struktur kolom, balok dan atap menggunakan konstruksi baja profil pipa. Penggunaan struktur beton bertulang hanya untuk struktur bawah bangunan yang dimana struktur bersentuhan dengan tanah, sementara untuk struktur atas menggunakan struktur baja. Keunggulan dari penggunaan struktur baja pada gedung adalah struktur yang bisa bertahan lama, mempercepat waktu pekerjaan pembangunan, menghemat biaya pekerjaan arsitektur, dan memberikan ruang yang lebih banyak pada bangunan daripada menggunakan beton.
Spesifikasi struktur yang digunakan dalam pembangunan ini adalah :

Tabel 1 Spesifikasi Struktur

 ISSN 2987-677X

No.	Uraian Pekerjaan	Spesifikasi
1	Pondasi Menerus	Pasangan Batu Kali 1SP : 5PP
2	Pondasi Beton	*Foot Plate* dengan Mutu K-250
3	Struktur Sloof dan Plat Lantai	Beton Bertulang dengan Mutu Beton K-250, tulangan polos mutu BJTP-24, Tulangan berulir mutu BJTD-40
4	Struktur Baja Kolom	Baja profil pipa dengan ukuran 216,3 mm tebal 8,2 mm; 406,4 mm tebal 12,7 mm; 139,7 mm tebal 4 mm
5	Struktur Baja Ringbalk	profil pipa dengan ukuran 165,2 mm tebal 7,1 mm
6	Struktur Baja Atap	profil pipa dengan ukuran 139,7 mm tebal 4 mm; 165,2 mm tebal 7,1 mm; 60,5 mm tebal 4 mm; 89,1 mm tebal 5,5 mm; dan baja profil siku ukuran 2x40x40 tebal 4 mm

Kondisi Geografi dan Lokasi Proyek

Pekerjaan Pembangunan Sarana Prasarana Pendukung Pos Lintas Batas Negara (PLBN) Terpadu Napan Tahap II dengan waktu pelaksanaan dimulai di tanggal 8 Mei 2024 sampai dengan 31 Desember 2024 di Desa Napan Kecamatan Bikomi Utara Kabupaten TTU Provinsi Nusa Tenggara Timur dengan Akses dari ibu kota Provinsi, Kota Kupang ke Lokasi Proyek PLBN Napan sejauh 215 kilometer dengan perjalanan darat selama 5 jam, dengan titik koordinat Latitude : 9.362320"S, Longitude : 124.392637”E. Pembiayaan atau Nilai Kontrak Pekerjaan Fisik sebesar Rp. 22.721.737.000 dan Manajemen Konstruksi sebesar Rp. 1.421.466.000. Diharapkan manfaat dari tersedianya PLBN Terpadu Napan ini dapat meningkatkan kapasitas dan memperkuat kawasan perbatasan.



Gambar 1 Lokasi Kegiatan Pembangunan Sarana Prasarana PLBN Terpadu Napan

Pelaksanaan Pekerjaan

Adapun pekerjaan yang dilaksanakan meliputi, pekerjaan persiapan, SMK3, pekerjaan *Rest Area* dan Kios, pekerjaan mebelair, pekerjaan lansekap, pekerjaan jalan akses dan drainase, pekerjaan *signage* identitas PLBN, pekerjaan perkuatan lereng, pekerjaan pagar kawasan, pekerjaan pagar zona inti, pekerjaan zona polisi, pekerjaan zona TNI, pekerjaan selasar bangunan inti dan pekerjaan akses pamtas.



Gambar 2 Gambar Sebelum dan Sesudah Kegiatan Pembangunan Sarana Prasarana PLBN Terpadu Napan



Gambar 3. Dimensi *Master Plan* Pembangunan Sarana Prasarana PLBN Terpadu Napan

1. Rest Area dan Kios

Pekerjaan pada divisi pekerjaan Rest Area dan Kios meliputi pekerjaan struktur, pekerjaan arsitektur, pekerjaan MEP, dan pekerjaan hardscape. Rincian pekerjaan - pekerjaannya adalah sebagai berikut :

a. Pekerjaan Struktur
   - Pekerjaan Struktur Bawah

     Pondasi yang digunakan adalah jenis pondasi dangkal, pondasi foot plate, menggunakan beton bertulang dengan mutu K-250, mutu tulangan baja BJTD-40 dengan dimensi 1,75 x 1,75 m dengan ketinggian 1,40 m.

     Untuk pondasi menerus, menggunakan jenis pondasi pasangan batu dengan material batu kali dengan komposisi campuran adalah 1 SP : 5 PP dengan ketinggian pondasi sebesar 1,00 m.

     Untuk pekerjaan sloof bangunan, struktur yang digunakan adalah struktur beton bertulang dengan menggunakan beton dengan mutu K-250

 ISSN 2987-677X

dan mutu tulangan baja BJTD-40 dengan dimensi 200 x 400 (mm).
Untuk pekerjaan lantai menggunakan struktur beton bertulang dengan mutu beton K-250 dan menggunakan *wiremesh* M8 sebagai tulangannya dengan tebal lantai sebesar 20 cm.



Gambar 4. Pekerjaan Pondasi *Foot Plate*

- Pekerjaan Struktur Atas
Pekerjaan kolom pada bangunan rest area dan kios terdiri dari 3 type kolom, yakni K1, K2, untuk gedung rest area dan KP untuk area pergola yang menghubungkan dua gedung rest area. Kolom untuk struktur menggunakan baja profil type pipa

Tabel 2 Dimensi Kolom Struktur

Jenis	Diameter (mm)	Tebal (mm)
K1	216,3	8,2
K2	406,4	12,7
KP	139,7	4



Gambar 5. Pekerjaan Kolom dan *Rest Area* dan Kios

Pekerjaan ringbalk struktur menggunakan struktur baja dengan baja profil type pipa dimensi 165,2 mm dengan tebal 7,1 mm.

Pekerjaan rangka atap gedung menggunakan struktur baja dengan baja profil type pipa untuk kuda - kuda (KK) dan gordingnya (G1 & G2) dengan rincian dimensi sebagai berikut :

Tabel 3 Dimensi Rangka Atap

Jenis	Diameter (mm)	Tebal (mm)
KK	139,7	4
G1	165,2	7,1
G2	60,5	4



Gambar 6. Pekerjaan Atap *Rest Area* dan Kios

b. Pekerjaan Arsitektur
Untuk pekerjaan arsitektur, pekerjaan yang dilakukan antara lain :

Tabel 4 Pekerjaan Arsitektur Rest Area dan Kios

No.	Pekerjaan	Spesifikasi
1	Lantai	*Homogenous Tile Polished* dan *Unpolished* ukuran 600 x 600 (mm)
2	Dinding	Menggunakan dinding *conblock* HB15 dengan komposisi 1 SP : 5 PP
3	*Finishing* Dinding	Menggunakan batu alam khas Kefamenanu
4	Pintu dan Jendela	Menggunakan pintu dan jendela kayu dengan kualitas kelas II
5	Plafon	Menggunakan material PVC
6	Atap	Menggunakan material atap bitumen

 ISSN 2987-677X



Gambar 7 Pekerjaan Lantai Rest Area dan Kios

c. Pekerjaan MEP
Pekerjaan MEP untuk gedung rest area meliputi pekerjaan air bersih, air kotor, pekerjaan instalasi lampu, pekerjaan instalasi stop kontak, pekerjaan *power panel*, pekerjaan penangkal petir, pekerjaan cctv, dan pekerjaan *sound system*.

d. Pekerjaan *Hardscape*
Pekerjaan ini meliputi pekerjaan pemasangan paving block dan guiding block menggunakan paving dan guiding dengan dimensi 30x30 cm dan tebal 8 cm dengan mutu beton K-300, pekerjaan gabion dan pekerjaan bronjong pada area sekitar gedung rest area dan kios



Gambar 8 Pekerjaan *Hardscape Rest Area*

2. Pekerjaan Mebelair

Untuk Pekerjaan mebelair yang akan dimasukkan pada Gedung Bangunan Inti, Kantor *Carwash*, Gudang Barang Sita, Mess Pegawai, Wisma Indonesia, *Rest Area* dan Kios, Mini Terminal, Gerbang Tasbara, Pos Polisi, Pos TNI, dan *Power House* dimana *vendor* dari Pengadaan Mebelair tersebut adalah PT. *Home Center Indonesia* (Informa) dan IKEA. Mebelair yang dimaksudkan diantaranya Kursi, Sofa, Lemari, Tempat tidur, rangka tempat tidur, Tempat sampah, lampu, stop kontak, kompor gas, kabinet dapur, *signage,* gorden, karpet, rak sepatu, pot tanaman, rak buku, rak sepatu, cermin.



Gambar 9 Pekerjaan Mebelair

3. Pekerjaan Lansekap

Untuk Pekerjaan Lansekap di kawasan Pembangunan adanya pekerjaan persiapan dan perapihan lahan, penanaman pohon diantaranya pohon flamboyan, gamal, ketapang kencana, kayu putih, trembesi, palem putri dan penanaman semak diantaranya alang-alang merah, alang-alang putih, *blue eyes, morning glory,* bunga kertas serta rumput jepang.



Gambar 10 Pekerjaan Lansekap

4. Pekerjaan Jalan Akses dan Drainase

Pekerjaan pada divisi pekerjaan jalan akses dan drainase meliputi pekerjaan - pekerjaan sebagai berikut :

Tabel 5 Pekerjaan Jalan Akses dan Drainase

No.	Pekerjaan	Spesifikasi
1	Drainase	Menggunakan beton *pre-cast* yakni *u-ditch* bentuk kotak type 40 dan type 60 dengan mutu beton K-300
2	Jalan Akses	Menggunakan struktur plat beton dengan mutu K-250 dengan tebal 30 cm
3	Peninggi	Menggunakan material kerb pracetak dengan mutu K-250

5. Pekerjaan Signage Identitas PLBN

Dalam pekerjaan signage untuk pemasangan identitas untuk PLBN diantaranya dipasang pada sisi kedatangan, tiang

 ISSN 2987-677X

bendera sisi kedatangan, sisi keberangkatan. Untuk pemasangan signage dilakukan pekerjaan dudukan beton dengan finishing batu alam khas Kefa, tiang bendera, pemasangan paving blok dan instalasi lampu.



Gambar 11 Pekerjaan *Signage* Identitas PLBN

6. Pekerjaan Pagar Kawasan dan Pagar Zona Inti

Dalam pekerjaan pagar meliputi pekerjaan pagar kawasan yang dimana mengelilingi kawasan PLBN Napan dan pagar zona inti yang memisahkan zona antar gedung dalam PLBN Napan. Material yang digunakan dalam pekerjaan pagar kawasan adalah pagar BRC dengan diameter 5,5 mm dengan tinggi pagar 1,9 m. Sementara, pagar zona inti menggunakan baja profil hollow dengan tinggi 3 m.

7. Pekerjaan Zona Polisi dan Zona TNI

Pekerjaan pada zona polisi meliputi pekerjaan area parkir, pekerjaan dinding penahan tanah di sekitar area polisi yang dimana menggunakan pondasi pasangan batu kali dengan komposisi campuran 1 SP : 5 PP. Sementara pada zona TNI meliputi pekerjaan dinding penahan tanah dengan menggunakan pasangan batu kali dengan komposisi campuran 1 SP : 5 PP, pekerjaan lampu penerangan jalan umum dengan spesifikasi lampu LED 20 watt, pekerjaan jalan dengan menggunakan struktur plat beton dengan mutu K-250 dengan tebal 20 cm dan pekerjaan air bersih dengan menyediakan pompa air dan tangki air penampungan.

8. Pekerjaan Selasar Bangunan Inti

Untuk divisi pekerjaan selasar bangunan inti, pekerjaan meliputi pekerjaan struktur, pekerjaan arsitektur dan pekerjaan MEP. Rincian pekerjaan - pekerjaan tersebut antara lain sebagai berikut :

a. Pekerjaan Struktur
   - Pekerjaan Struktur Bawah
     Pondasi yang digunakan adalah jenis pondasi dangkal, pondasi foot plate, menggunakan beton bertulang dengan mutu K-250, mutu tulangan baja BJTD-40 dengan dimensi 1,00 x 0,65 m dengan ketinggian 0,90 m.
     Untuk pondasi menerus, menggunakan jenis pondasi pasangan batu dengan material batu kali dengan komposisi campuran adalah 1 SP : 5 PP dengan ketinggian pondasi sebesar 0,60 m.
     Untuk pekerjaan sloof bangunan, struktur yang digunakan adalah struktur beton bertulang dengan menggunakan beton dengan mutu K-250 dan mutu tulangan baja BJTD-40 dengan dimensi 200 x 300 (mm).
     Untuk pekerjaan lantai menggunakan struktur beton dengan mutu beton K-250 dengan tebal lantai 20 cm.
   - Pekerjaan Struktur Atas
     Pekerjaan kolom pada bangunan selasar bangunan inti menggunakan struktur beton bertulang dengan menggunakan mutu beton K-250, mutu tulangan baja BJTD-40, dengan dimensi kolom sebesar 30 x 30 (cm) dengan ketinggian 3,00 m
     Pada balok bangunan selasar menggunakan struktur beton bertulang dengan menggunakan mutu beton K-250, mutu tulangan baja BJTD-40, dengan dimensi balok sebesar 20 x 30 (cm)
     Untuk pekerjaan plat atap pada gedung selasar bangunan inti menggunakan struktur beton bertulang dengan menggunakan mutu beton K-250, dan menggunakan *wiremesh* M8 sebagai tulangannya. Untuk *finishing* plat menggunakan *waterproof membrane*. Tebal plat atap sebesar 10 cm

b. Pekerjaan Arsitektur
   Untuk pekerjaan arsitektur, pekerjaan yang dilakukan antara lain :

Tabel 6 Pekerjaan Arsitektur Selasar Bangunan Inti

No.	Pekerjaan	Spesifikasi
1	Lantai	Menggunakan material *Homogenous Tile* 600 x 600 (mm) *Polished*
2	Dinding	Menggunakan dinding *conblock* HB15 dengan komposisi 1 SP : 5 PP
3	*Finishing* Dinding	Menggunakan batu alam khas Kefamenanu
4	Pintu dan Jendela	Untuk pintu, menggunakan *double* pintu kaca *tempered* 12 mm *frameless* berukuran 0,8x2,5 (m), sementara untuk jendela menggunakan kaca *frameless* 6 mm *laminated clear* dengan merk *Sunergy* ukuran 0,4 x 2,7 (m)

c. Pekerjaan MEP
   Pekerjaan MEP untuk gedung selasar bangunan inti meliputi pekerjaan talang air, dan pekerjaan instalasi lampu LED dengan daya 14,5 watt

9. Pekerjaan Akses Pamtas

Untuk pekerjaan akses pamtas, meliputi pekerjaan tangga dengan pasangan batu dengan komposisi 1 SP : 5 PP, *finishing* tangga menggunakan acian dan pekerjaan lampu penerangan jalan dengan menggunakan lampu LED 20 watt.

Permasalahan dan Tindak Lanjut Pekerjaan

 ISSN 2987-677X

Adapun beberapa masalah yang ditemui selama pekerjaan pembangunan Pos Lintas Batas Negara (PLBN) Napan berjalan. Permasalahan yang terjadi antara lain :

a. Sulitnya mobilisasi alat berat dan material ke lokasi pekerjaan dikarenakan akses ke lokasi pekerjaan yang jauh sehingga mengakibatkan terlambatnya kemajuan pekerjaan
b. Dikarenakan pembangunan yang dilakukan menggunakan material yang umumnya dipesan dari luar provinsi Nusa Tenggara Timur, maka sering ditemukannya kendala lamanya waktu pengiriman dan mobilisasi material ke lokasi pekerjaan
c. Untuk pekerjaan arsitektur, pekerjaan dinding bangunan, menggunakan batu alam khas Kefamenanu yang dimana produksi dari batu alam ini terbatas, sehingga mengakibatkan keterlambatan dalam pekerjaan yang harus menunggu produksi batu alam tersebut
d. Kurangnya tenaga kerja yang ditempatkan di setiap divisi pekerjaan
e. Perlunya perizinan untuk melakukan pekerjaan yang menyangkut dengan pekerjaan tahap I yang mengakibatnya terhambatnya pekerjaan akibat menunggu waktu perizinan dari pelaksana tahap I

Sementara tindak lanjut dari permasalahan - permasalahan tersebut antara lain :

a. Menjadwalkan pengiriman alat berat dan material dan menyiapkan jumlah alat berat dan material yang sesuai dengan kebutuhan pekerjaan sebelum pekerjaan dimulai agar mengantisipasi keterlambatan pekerjaan
b. Menyiapkan material batu alam Kefa dengan melakukan pemesanan terlebih dahulu sebelum pekerjaan dimulai dengan menghitung kebutuhan pekerjaan batu alam agar material yang datang dapat memenuhi kebutuhan pekerjaan
c. Menghitung kebutuhan tenaga kerja dan mendatangkan tenaga kerja sesuai pekerjaan yang akan dikerjakan, jika perlu maka diberlakukan jam lembur untuk mengejar kemajuan pekerjaan
d. Selama menunggu perizinan pekerjaan dari pekerjaan tahap I, kontraktor pelaksana disarankan melakukan pekerjaan yang tidak menyangkut dengan pekerjaan tahap I agar tidak menghambat kemajuan pekerjaan akibat menunggu lamanya perizinan

Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari artikel ini adalah setelah pekerjaan pembangunan sarana prasarana pendukung PLBN Napan selesai maka diharapkan dengan adanya PLBN dapat memperlancar jalur perekonomian dan mensejahterakan masyarakat perbatasan, meningkatkan kerja sama antar dua negara, yakni Indonesia dan Timor Leste. Dan diharapkan akan adanya peningkatan fasilitas PLBN pada tahap selanjutnya.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Balai Prasarana Permukiman Wilayah NTT, PT. Metro Jaya Konstruksi KSO, KSO. Cipta Reka Cipta Bina Semesta dan pihak-pihak lainnya yang turut membantu dalam penulisan artikel ini namun penulis tidak dapat sebutkan namanya satu persatu.

Referensi

BSN. 2002. SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta

BSN. 2019. SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta

Gambar *As-Built* Kontraktor Pelaksana Metro-Konstruksi Jaya, KSO : Pembangunan Sarana Prasarana Pendukung PLBN Napan. 2024

Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2019. 2019. Percepatan Pembangunan 11 (sebelas) Pos Lintas Batas Negara Terpadu dan Sarana Prasarana Penunjang di Kawasan Perbatasan. Jakarta: Sekretariat Kabinet RI

Laporan Akhir Konsultan MK KSO Cipta Reka Cipta Bina Semesta: Pembangunan Sarana Prasarana Pendukung PLBN Napan. 2024

Laporan Bulanan Konsultan MK KSO Cipta Reka Cipta Bina Semesta: Pembangunan Sarana Prasarana Pendukung PLBN Napan. 2023

Laporan Dokumentasi Konsultan MK KSO Cipta Reka Cipta Bina Semesta: Pembangunan Sarana Prasarana Pendukung PLBN Napan. 2024

Laporan Mingguan Konsultan MK KSO Cipta Reka Cipta Bina Semesta: Pembangunan Sarana Prasarana Pendukung PLBN Napan. 2023

Laporan Pendahuluan Konsultan MK KSO Cipta Reka Cipta Bina Semesta: Pembangunan Sarana Prasarana Pendukung PLBN Napan. 2023

Rencana Kerja dan Syarat-Syarat: Pembangunan Sarana Prasarana Pendukung PLBN Napan. 2023

Ringkas Eksekutif Konsultan MK KSO Cipta Reka Cipta Bina Semesta: Pembangunan Sarana Prasarana Pendukung PLBN Napan. 2024

 ISSN 2987-677X

Metode Pemasangan Angkur Sistem Jepit dengan Double Mal pada Pekerjaan Struktur Baja

Gilang Yanuar Raditya[1] Andrew Joewono[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ gilangradityabelajar@gmail.com

✉ andrew_sby@ukwms.ac.id

Metode Pemasangan Angkur Sistem Jepit dengan Double Mal adalah solusi dan upaya dalam pemasangan angkur untuk menghasilkan kualitas pekerjaan yang lebih baik dan menghindari adanya *rework* yang mengakibatkan *loss time, lost cost, lost quality* terutama pada pekerjaan struktur baja. Salah satu alternatif pemasangan angkur agar mutu dan kualitas material yang terpasang rapi, lurus, tegak rata secara vertikal dan horizontal. Pemasangan angkur sistem jepit dengan double mal merupakan ide dan gagasan dimana mal angkur dipasang dengan menggunakan dua jenis mal, yaitu plate baja 6 mm atau plywood 12 mm yang dipasang pada 2 sisi, yaitu di bagian atas dan bawah. Mal double berfungsi sebagai penjepit angkur bagian atas dan bawah sehingga angkur mendapat dua kali pengaku agar saat pedestal, angkur tidak goyang dan geser dari posisinya saat terkena tekanan dari beton cor.

Kata kunci: Metode Kerja, Struktur Baja, Pemasangan Angkur, Double Mal

Pendahuluan

Seiring perkembangan zaman dan waktu di dunia konstruksi mendorong tumbuhnya pembangunan gedung dan infrastruktur. Dalam proyek konstruksi diperlukan adanya perencanaan struktur yang matang. Jika kita mencari jenis bangunan yang paling hemat biaya maka hal yang penting adalah mempertimbangkan potensi penghematan jangka panjang dengan investasi awal dalam berbagai macam struktur apapun. Salah satu hal yang patut dipertimbangkan dalam potensi ini adalah dengan menggunakan struktur baja.

Struktur baja adalah struktur logam yang terbuat dari komponen baja struktural yang saling terhubung untuk mengangkut beban dan memberikan kekakuan penuh. Tingkat kekuatan baja yang tinggi menyebabkan struktur ini dapat diandalkan dan membutuhkan lebih sedikit bahan baku dibandingkan jenis struktur lain seperti struktur beton dan struktur kayu. Dalam konstruksi modern, struktur baja digunakan untuk hampir setiap jenis struktur bangunan termasuk bangunan industri berat, bangunan bertingkat tinggi, sistem pendukung peralatan, infrastruktur, jembatan, menara, terminal bandara, dll.

Pembahasan lebih detail terkait Struktur Baja dalam artikel ini adalah pemasangan angkur baja. Angkur baja adalah elemen penting dalam konstruksi yang berfungsi sebagai penghubung antara dua material yang berbeda. Bahan ini dirancang untuk menahan beban dan tekanan yang diterima oleh struktur tersebut sehingga memastikan kestabilan dan kekuatan bangunan. Angkur terbuat dari baja yang kuat dan tahan lama yang dipasang dengan cara ditanamkan ke dalam beton.

Bagaimana persiapan memasang angkur baja? Langkah pertama adalah menentukan lokasi dan ukuran angkur yang akan dipasang. Faktor pertimbangan titik pemasangan seperti kekuatan dan ketebalan beton serta beban yang akan ditopang angkur. Ukuran angkur juga harus tepat dan sesuai dengan beban dan jenis benda yang akan dipasang.

Tabel 1 Latar Belakang Masalah Single Mal

OBYEKTIF	DESKRIPSI MASALAH	AKAR MASALAH
Biaya	• Penggunaan material dan alat bantu yang lebih sedikit dan sederhana	• Penggunaan material dan alat bantu yang lebih sedikit dan sederhana
Mutu	• Potensi angkur yang terpasang tidak presisi • Angkur bisa bergeser melebihi batas toleransi yang disarankan (2 mm) saat pengecoran pedestal • Berpotensi adanya rework pekerjaan	• Penggunaan single mal untuk pemasangan angkur tidak cukup kuat untuk berfungsi sebagai penjepit angkur agar tetap kokoh saat pengecoran • Biaya rework pekerjaan akibat kesalahan metode kerja menjadi beban kontraktor (biaya perbaikaan tidak bisa diprediksi sejak awal) • Kualitas pekerjaan yang baik tidak akan tercapai

 ISSN 2987-677X

Waktu	• Sequence pekerjaan yang sangat tinggi • Mengganggu pekerjaan struktur atas (struktur baja), membuat pekerjaan struktur baja akan mengalami delay time	• Resiko pekerjaan lain akan mengalami kemunduran jadwal pekerjaan
K3	• Sebagai penjepit angkur bagian atas dan bawah sehingga angkur mendapat dua kali pengaku agar tidak bergoyang dan geser posisinya saat terkena tekanan dari pengecoran	• Penguncian posisi angkur sehingga posisi dan elevasi titik angkur sesuai shop drawing agar mencegah ketidakcocokan dalam erection kolom
Ling kungan	• Memanfaatkan material sisa yang masih bagus dengan dimensi yang sesuai untuk digunakan sebagai mal pada angkur di kolom-kolom kecil pada bangunan	• Material sisa di lapangan menjadi sampah yang menumpuk dan terbuang

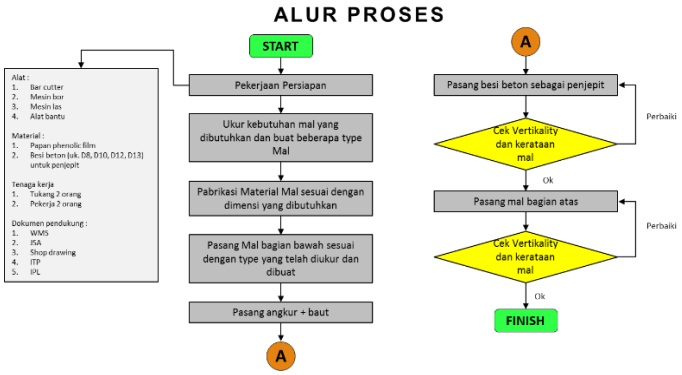
Tabel 2 Analisa Alternatif Solusi

MASALAH	ALTERNATIF SOLUSI	SOLUSI TERPILIH
Pemasangan Angkur bengkok atau tidak presisi sehingga bisa mengakibatkan rework pekerjaan	• Angkur diikat dengan bendrat ke tulangan pilecap dan pedestal • Penggunaan single mal tanpa sistem jepit • Penggunaan system jepit dengan double mal	• Sistem jepit dengan double mal agar angkur lebih kokoh dan presisi saat pengecoran sehingga saat pemasangan kolom baja angkur lebih presisi
Sisa-sisa papan phenol film yang terbuang bisa digunakan untuk mal angkur pada kolom –kolom dimensi yang kecil	• Penggunaan bendrat dan sistem las	dimensi kebutuhan yang diperlukan
Sisa –sisa besi beton dimanfaatkan sebagai penjepit angkur bagian bawah	• Penggunaan sisa material besi beton • Penggunaan kawat bendrat	• Penggunaan sisa material besi beton untuk penjepit angkur
KESIMPULAN ANALISIS IDE SOLUSI TERPILIH: • Metode angkur sistem jepit dengan double mal • Penggunaan papan phenol film sisa material sesuai dengan kebutuhan • Penggunaan sisa material besi beton untuk penjepit angkur bagian bawah		

Metode

Pekerjaan persiapan meliputi pembuatan shopdrawing,dan pekerjaan joint survey untuk menentukan titik koordinat dan elevasi angkur. Selain itu juga dilakukan review struktur pekerjaan Baja bersama antara Tim Kontraktor Pelaksana dengan Perencana dan Tim Expert Ahli Struktur.

Saat pekerjaan pasang angkur, dilakukan joint survey untuk menentukan titik koordinat letak baut/angkur. Pekerjaan ini dilakukan sesuai shopdrawing yang disepakati bersama atau approved. Perhatian khusus dalam pemasangan angkur-angkur untuk rangka baja, dimana jarak-jarak/kedudukan angkur-angkur harus tetap dan akurat untuk mencegah ketidakcocokan dalam erection, untuk ini harus dijaga agar selama pengecoran angkur-angkur tersebut tidak bergeser, misalnya dengan template dan mengelas pada tulangan pondasi.



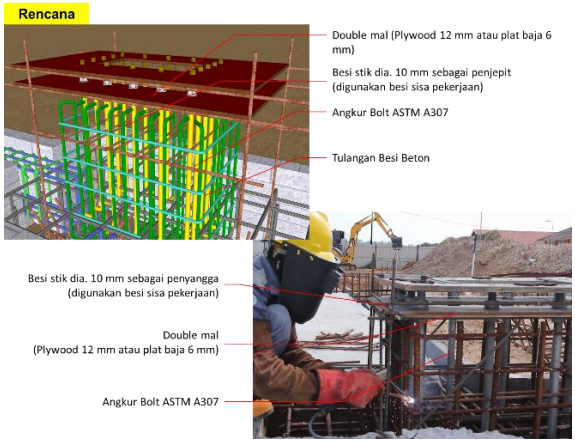
Gambar 1 Alur Proses Double Mal

Rencana penerapan metode sebagai berikut :

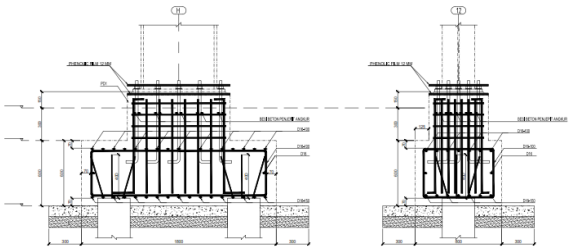
1. Pasang mal bagian bawah
2. Pemasangan angkur sesuai dengan lubang pada plat mal

 ISSN 2987-677X

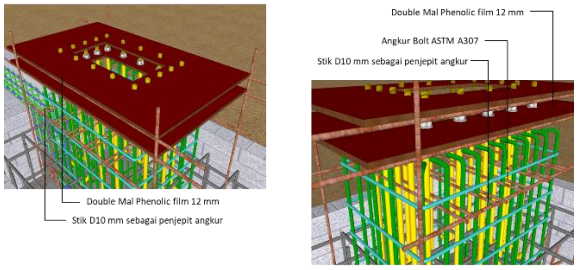
3. Cek kerataan mal bagian bawah
4. Cek posisi angkur tetap vertical dan tegak lurus
5. Cek elevasi angkur agar semua elevasi sama
6. Pasang perkuatan angkur tambahan bagian bawah dengan besi diameter 10mm untuk penjepit angkur bagian bawah tetap tegak.
7. Pasang mal bagian atas
8. Pasang perkuatan tambahan
9. Pengecoran pondasi kolom baja tetap rapi
10. Angkur presisi tidak bengkok
11. Kondisi angkur setelah di-install baja tetap presisi



Gambar 2 Visualisasi Metode Angkur Sistem Jepit



Gambar 3 Visualisasi Metode Angkur Sistem Jepit

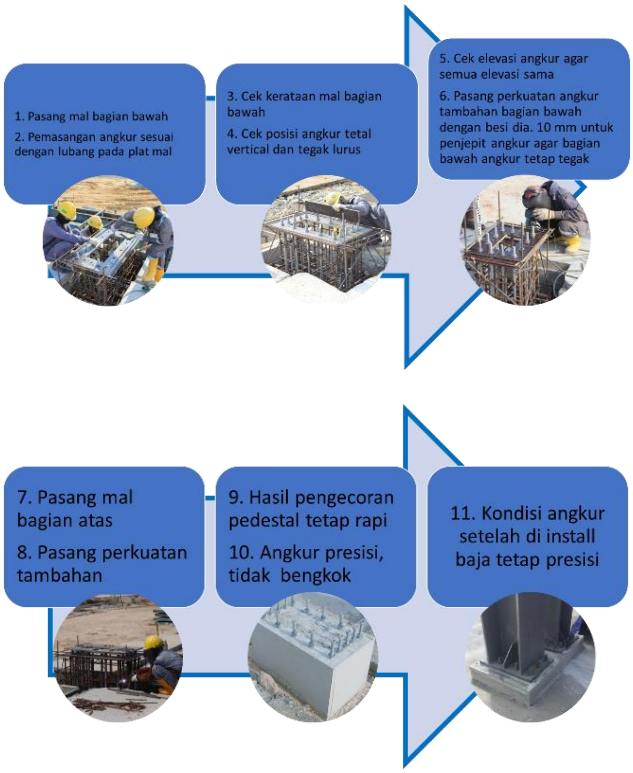


Gambar 4 Visualisasi Gambar 3D

Hasil Kerja

Pemasangan Angkur Sistem Jepit dengan Double Angkur

Metode inspeksi dalam pengecekan pemasangan angkur-angkur untuk pondasi kolom baja adalah metode Pengecekan Double Mal, dimana metode pengemalan posisi dan elevasi angkur-angkur harus presisi dan paten untuk mencegah ketidaksesuaian dalam erection kolom, oleh karena itu, harus dipertahankan saat pengecoran angkur-angkur tersebut tidak bergeser dan terjaga verticality nya. Caranya dengan memasang double template yaitu pada posisi atas dan posisi bawah dengan mengelas pada tulangan kolom/balok untuk mengunci posisi angkur sehingga posisi dan elevasi titik angkur sesuai dengan shopdrawing dan tidak mengganggu erection kolom. Setelah posisi angkur tanam dipastikan sesuai dengan shopdrawing yang disetujui MK, maka dapat dilakukan pengecoran pondasi struktur baja tersebut.



Gambar 5 Visualisasi Alur Ide Kerja

Dampak Ketidaksesuaian Pemasangan Kolom

Pergeseran angkur mengakibatkan ketidaksesuaian saat pemasangan kolom. Pemasangan kolom menjadi tidak presisi titik angkurnya sesuai shopdrawing. Terjadinya kesalahan dalam pelaksanaan metode pekerjaan pemasangan angkur akibat angkur tidak presisi, angkur bengkok, posisi elevasi angkur salah dan menyimpang dari batas toleransi yang disyaratkan. Adanya angkur yang rusak atau salah posisi sehingga menyebabkan

 ISSN 2987-677X

defect list pekerjaan. Beberapa dampak ketidaksesuaian pemasangan kolom antara lain :

1. Membutuhkan penyambungan baja karena berubahnya posisi kolom
2. Membutuhkan waktu dan biaya untuk perbaikan/rework
3. Ukuran bracing berubah
4. Mengalami delay time dan kemunduran jadwal pekerjaan



Gambar 5 Alur Ketidaksesuaian Pasang Angkur

Mitigasi/Perbaikan Ketidaksesuaian Pemasangan Kolom

Langkah mitigasi/perbaikan ketidaksesuaian pemasangan kolom diperlukan untuk menghasilkan mutu pekerjaan yang baik dan tidak mengganggu sequence pekerjaan setelahnya. Langkah mitigasi ini juga upaya untuk meminimalisir terjadinya rework/perbaikan pekerjaan yang lebih besar. Langkah-langkah mitigasi tersebut antara lain :

1. Las setempat dengan pengecekan
2. Test Impact / Pengencangan baut dan hasilnya
3. Test Torsi /
4. Perhitungan kekuatan las
   a. Sertifikat welder
   b. Hitungan perkuatan
   c. Hasil sebelum dan hasil sesudah

Kesimpulan

Berdasarkan hasil kerja di atas dalam metode pelaksanaan pemasangan angkur metode sistem jepit dengan double mal tidak hanya meminimalisir "Waste Downtime" tetapi juga memanfaatkan material (papan phenol film dan besi beton) sisa pabrikasi dari pekerjaan lainnya. Sasaran utama metode ini adalah:

1. untuk meminimalisir dan menghindari terjadinya kesalahan dalam pelaksanaan metode pekerjaan pemasangan angkur akibat angkur tidak presisi, angkur bengkok, posisi elevasi angkur salah dan menyimpang dari batas toleransi yang disyaratkan.
2. Memperbaiki dan meningkatkan mutu pekerjaan, tidak adanya angkur yang rusak atau salah posisi sehingga tidak ada defect list pekerjaan.
3. Mengeliminasi "Waste Downtime" pada aspek
   a. Defect – Produk atau layanan yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan akan menimbulkan pengerjaan ulang atau rework.
   b. Waiting – Waste ini termasuk antara lain menunggu aspek Defect (rework) selesai baru pekerjaan lain bisa dilanjutkan (membuat pekerjaan lain menjadi pekerjaan kritis).
   c. Motion – Waktu dan energi yang digunakan karena gerakan yang tidak memberikan nilai tambahakibat pekerjaan rework.
   d. Extra processing – Segala penambahan proses yang tidak diperlukan bagi produk yang hanya akan menambah biaya produksi.

Ucapan Terima kasih

Akhir kata, diharapkan artikel ini dapat menjadi referensi pemasangan angkur metode sistem jepit dengan double mal.
Alhamdulillaah dengan memanjatkan segala puji bagi Allah Tuhan Semesta Alam, tidak lupa kami ucapkan beribu terimakasih kepada berbagai pihak yang ikut andil dan kerjasama dalam menyelesaikan artikel ini. Ucapan terimakasih kepada dosen pembimbing Bapak Ir. Andrew Joewono, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng. yang memberikan arahan dalam menyelesaikan artikel ini. Terimakasih juga saya ucapkan kepada Project Manager dan rekan-rekan yang terlibat dalam proyek tersebut.

Referensi

Ervianto, I. Wulfram., 2004. Teori-Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi Baja. Penerbit Andi. Yogyakarta.

Figolus, dkk. 2020. Metode Pelaksanaan Konstruksi Baja pada Pekerjaan Proyek Pembangunan Kantor Distribusi Office Center Airmidi Minahaasa Utara.

Husen, Abrar., 2009. Manajemen Proyek, Edisi revisi. Penerbit Andi Yoyakarta.

AISC "Specification for Fabrication and erection" Latest Edition untuk semua pekerjaan pabrikasi dan erection baja.

AISC 360-10, "Specification for Structural Steel Building".

AISC "Specification For Structural Joints Bolts". Untuk Pekerjaan Yang Berhubungan Dengan Baut.

RKS Pekerjaan Baja Pasal 3.9. Proyek Warehouse Pertamina Balikpapan.

 ISSN 2987-677X

JIS Z2201 & JIS Z2241 (Test Material Elongation min 18 mm dan Test Material Kuat Tarik Fy = 400 Mpa) semua pekerjaan pemasangan angkur.

American Wedding Society (AWS): AWS D1.1, "Structural Welding Code".

ASCE 7-16, "Minimum Design Loads for Building and Other Structures".

IBC 2006: International Building Code.

ASTM A307 & ASTM A370 (Material Angkur)

Inspection Test Plan PT PP (Persero), Tbk,. No. 004/ITP/PP-WSWH/V/2019

Bank Data Engineering PT PP (Persero), Tbk. BDE7/GDG/STR/BJA/2015/001

Bank Data Engineering PT PP (Persero), Tbk. BDE7/GDG/STR/BJA/2015/002

Bank Data Engineering PT PP (Persero), Tbk. BDE7/GDG/STR/BJA/2015/003

Bank Data Engineering PT PP (Persero), Tbk. BDE7/GDG/STR/BJA/2015/004

Bank Data Engineering PT PP (Persero), Tbk. BDE7/GDG/STR/BJA/2015/005

Bank Data Engineering PT PP (Persero), Tbk. BDE7/GDG/STR/BJA/2015/006

Bank Data Engineering PT PP (Persero), Tbk. BDE7/GDG/STR/PGD/2015/004

SNI 1729-2015, "Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung".

SNI 1727-2018, "Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain".

SNI 1726-2019, "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung".

 ISSN 2987-677X

KOMPARASI DURASI PELAKSANAAN DESAIN PILAR JEMBATAN DENGAN PONDASI DI BAWAH AIR TERHADAP DESIGN PILAR JEMBATAN DENGAN PONDASI PILAR DI ATAS AIR

Wahyu Nugroho[1] Suratno Lourentius[1]
[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ emailnugrohonow@gmail.com
✉ suratno.lourentius@ukwms.ac.id

Dalam konstruksi jembatan, desain pilar dan pondasi adalah elemen kritis yang mempengaruhi durasi pelaksanaan, biaya, dan keselamatan struktur. Pilar jembatan dapat didesain dengan pondasi di bawah air (misalnya, fondasi tiang pancang atau caisson) atau dengan pondasi di atas air (misalnya, fondasi dangkal atau spread footing). Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan yang mempengaruhi efisiensi konstruksi dan kesesuaian teknis tergantung pada kondisi situs dan persyaratan proyek. Design Pondasi Pilar diatas air mengalami efisiensi waktu rencana sebesar 8 bulan, dari perencanaan 12 bulan, menjadi 4 bulan. Perubahan metode mengakibatkan efisiensi pada pekerjaan kistdam dengan durasi perkiraan pekerjaan selama 2 Bulan untuk kistdam stage 1 untuk pemancangan pilar no 1 dan no 2, dan 3 bulan pada kistdam stage 2 untuk pemancangan pilar no 3 dan 4, dan mengganti dengan menggunakan teknik pemancangan Pipa yang dilanjutkan dengan pengecoran Pipa. Serta Efisiensi waktu pembongkaran Kistdam selama 2 bulan.

Kata kunci: Jembatan, Pilar, Design Pilar Pondasi di Bawah Air, Design Pilar Pondasi di Atas Air

Pendahuluan

Dalam konstruksi jembatan, desain pilar dan pondasi adalah elemen kritis yang mempengaruhi durasi pelaksanaan, biaya, dan keselamatan struktur. Pilar jembatan dapat didesain dengan pondasi di bawah air (misalnya, fondasi tiang pancang atau caisson) atau dengan pondasi di atas air (misalnya, fondasi dangkal atau spread footing). Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan yang mempengaruhi efisiensi konstruksi dan kesesuaian teknis tergantung pada kondisi situs dan persyaratan proyek.

Rumusan Masalah

Durasi pelaksanaan konstruksi pilar jembatan sangat bergantung pada kondisi lapangan, metode konstruksi, dan desain yang digunakan. Perbedaan utama antara desain pilar dengan pondasi di bawah air dan pondasi di atas air adalah metode pemasangan dan kondisi lingkungan kerja. Oleh karena itu, komparasi durasi pelaksanaan kedua desain ini menjadi penting untuk menentukan pilihan yang optimal untuk suatu proyek konstruksi jembatan.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan durasi pelaksanaan desain pilar jembatan dengan pondasi di bawah air dan desain pilar jembatan dengan pondasi di atas air. Secara khusus, tujuan penelitian ini meliputi:

Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi durasi pelaksanaan kedua jenis desain pondasi. Menganalisis perbedaan durasi pelaksanaan antara desain pilar dengan pondasi di bawah air dan di atas air. Memberikan rekomendasi desain pilar yang efisien berdasarkan hasil komparasi durasi pelaksanaan.

Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:
Menyediakan informasi bagi para insinyur dan manajer proyek tentang durasi pelaksanaan kedua metode desain pilar. Membantu dalam pengambilan keputusan desain yang lebih efisien dan ekonomis. Menyumbangkan referensi untuk penelitian lebih lanjut dalam bidang teknik sipil, khususnya dalam desain dan konstruksi jembatan.

Jembatan adalah sebuah struktur yang dibangun untuk menghubungkan dua titik atau daerah yang terpisah oleh rintangan alami seperti sungai, lembah, atau jurang. Fungsi utama jembatan adalah memberikan jalur transportasi bagi kendaraan dan pejalan kaki untuk melewati rintangan tersebut dengan aman dan efisien. Jembatan dapat ditemukan dalam berbagai bentuk dan ukuran, mulai dari jembatan kecil yang melintasi sungai kecil hingga jembatan megaproject yang melintasi selat atau lembah yang lebar.

Struktur Jembatan

Pilar: Pilar adalah elemen vertikal utama pada struktur jembatan yang bertugas menopang beban jembatan. Pilar dapat berbentuk tunggal atau terdiri dari beberapa kolom.

Lintang (Girder): Lintang adalah elemen horizontal yang menopang beban jembatan. Lintang dapat terbuat dari baja, beton bertulang, atau bahan komposit.

Deck: Deck adalah permukaan jalan pada jembatan yang digunakan oleh kendaraan dan pejalan kaki. Deck dapat terbuat dari beton, aspal, atau bahan lainnya.

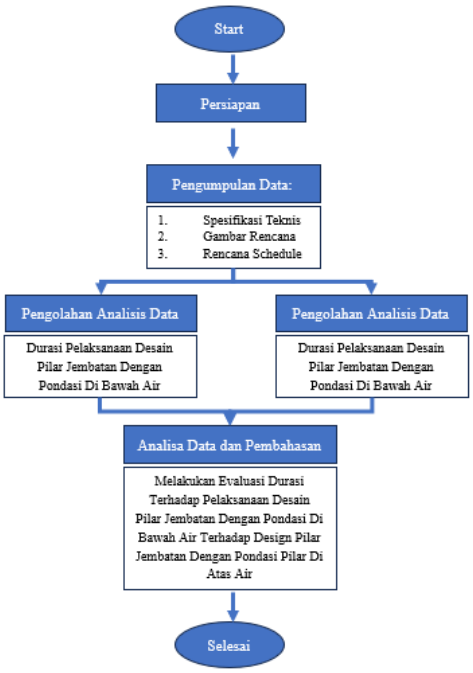
Abutment: Abutment adalah struktur penyangga pada ujung jembatan yang menahan tekanan horizontal dari lintang. Abutment umumnya terbuat dari beton atau batu.

 ISSN 2987-677X

Pondasi: Pondasi adalah bagian bawah jembatan yang menyalurkan beban struktur ke tanah atau fondasi di bawahnya. Pondasi dapat berupa pondasi di atas air (elevated foundation) atau pondasi di bawah air (submerged foundation), tergantung pada kondisi geografis dan geoteknis lokasi konstruksi.

Metodologi

Penelitian ini akan menggunakan pendekatan studi kasus dan analisis komparatif, sebagaimana terlampir dalam bagan alir berikut:



Gambar 1 Bagan Alir

Data Rencana dan metode kerja diambil dari Proyek Pembangunan Jembatan Kelambu, Jawa Tengah.

Hasil dan Pembahasan

Alur Pekerjaan Pilar Jembatan

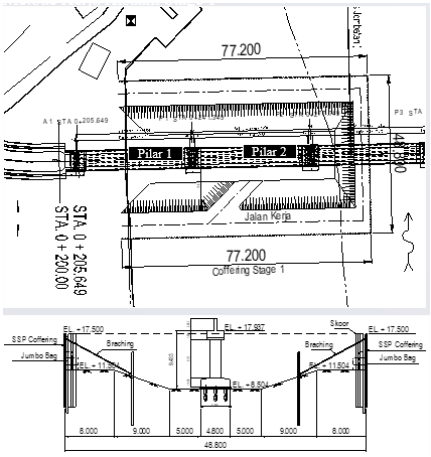
Alur Pekerjaan

1. Setting layout
2. Pengadaan mateial ssp sesuai dengan kebutuhan berdasar gambar kerja
3. Mobilisasi alat dan tenaga
4. Pemancangan ssp untuk kisdam menggunakan Crane Ponton
5. Pengeringan sisi dalam kisdam (Lokasi pekerjaan)
6. Pekerjaan timbunan untuk pembuatan jalan kerja
7. Pekerjaan galian untuk pondasi Pilar Jembatan
8. PDA test Pilar Jembatan
9. Pemancangan Spun Pile D45, L 20 m
10. Kupas Kepala Tiang Pancang dan Cor Lantai Kerja
11. Pengecoran Pilar Jembatan yang terbagi menjadi 6 tahapan di mulai dari pondasi Pilar
12. Cabut SSP Kisdam

Metode Kerja Kisdam Stage 1

Kisdam Stage 1 (Sisi Kiri)

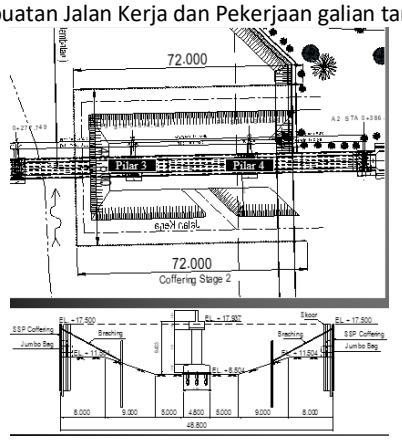
1. Panjang Kisdam Stage 1
2. Sisi Hulu 77.2 m, sisi Tengah 48.8 m, sisi Hilir 77.2 m
3. Perkuatan Kisdam SSP dengan Skoor dengan jarak antar Skoor 6 m
4. Braching antar Skoor dan Sabuk SSP sepanjang Kisdam SSP
5. Estimasi kebutuhan SSP untuk Kisdam Stage 1 = 724 btg
6. Dengan produktivitas pancang perhari = 22 btg
7. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan pancang Kisdam = 724 / 22 = 32.91 atau 33 hari
8. Pengeringan sisi dalam Kisdam menggunakan pompa Sumbmersible 6” dan 4 “
9. Estimasi waktu pengeringan selama 5 hari
10. Pembuatan Jalan Kerja dan Pekerjaan galian tanah



Gambar 2 Metode Kerja Kistdam Stage 1

Metode Kerja Kisdam Stage 2:

1. Panjang Kisdam Stage 2
2. Sisi Hulu 72 m, sisi Tengah 48.8 m, sisi Hilir 72 m
3. Perkuatan Kisdam SSP dengan Skoor dengan jarak antar Skoor 6 m
4. Braching antar Skoor dan Sabuk SSP sepanjang Kisdam SSP
5. Estimasi kebutuhan SSP untuk Kisdam Stage 2 = 684 btg
6. Dengan produktivitas pancang perhari = 21 btg
7. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan pancang Kisdam = 684 / 22 = 31,09 atau 31 hari
8. Pengeringan sisi dalam Kisdam menggunakan pompa Sumbmersible 6” dan 4 “
9. Estimasi waktu pengeringan selama 4 hari
10. Pembuatan Jalan Kerja dan Pekerjaan galian tanah



Gambar 3 Metode Kerja Kistdam 2

 ISSN 2987-677X

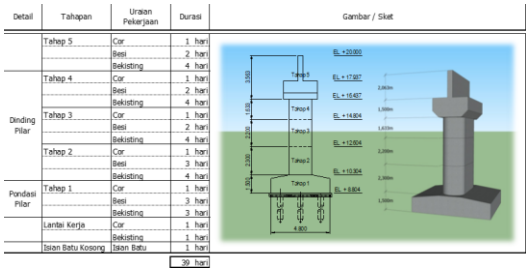
Metode Kerja Pilar Jembatan

1. Pilar Jembatan
2. Pekerjaan Isian Batu Kosong
3. Pengecoran Lantai Kerja
4. Pengecoran Pilar terbagi menjadi 5 tahapan di mulai dari pondasi Pilar
5. Pemasangan bekisting menggunakan sistem konvensional
6. Metode bekisting menggunakan Schafollding sesuai dengan tahapan pengecoran berdasarkan gambar kerja yang telah disetujui
7. Fabrikasi besi sesuai dengan gambar kerja
8. Langsir besi yang sudah terfabrikasi ke lokasi pekerjaan Pilar Jembatan
9. Pemasangan besi secara manual menggunakan tenaga pekerja
10. Pengecoran menggunakan Concrete Pump



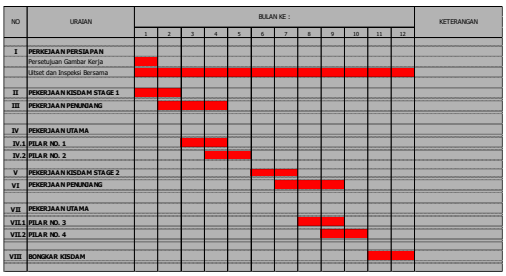
Gambar 4 Pekerjaan Pilar Jembatan

Tahapan Cor Pilar Jembatan



Gambar 5 Tahapan Cor Pilar Jembatan

Jadwal Pembangunan Pilar Jembatan



Gambar 6 Jadwal Pembangunan Pilar Jembatan

Analisa Estimasi Durasi Pembangunan Pilar Jembatan:

Rencana :

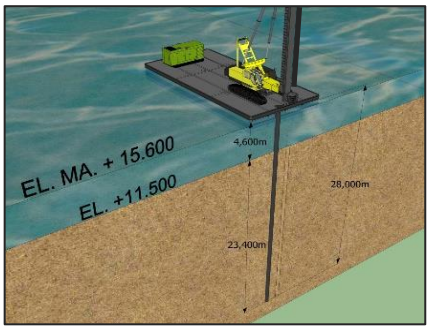
1. Panjang Kisdam Stage 1 = 203,2 m
2. Panjang Kisdam Stage 2 = 144 m
3. Lama waktu Pemancangan dan pengeringan = 4 bulan
4. Lama Waktu Pengecoran Pilar Jembatan (4 Pilar) = 6 bulan
5. Lama Waktu Cabut SSP Kisdam = 2 bulan
6. Total waktu yang di perlukan untuk pekerjaan Pilar Jembatan = 12 Bulan.

Metode Kerja Pilar Jembatan Diatas Air

1. Setting layout
2. Pengadaan mateial ssp sesuai dengan kebutuhan berdasar gambar kerja
3. Mobilisasi alat dan tenaga
4. Pengeboran untuk Pondasi Pilar Jembatan
5. Pemasangan Pipa Spiral D50, L 28m (Bore Pile)
6. Pemasangan besi tulangsn mengguanakan alat berat
7. Cor Pipa Spiral dengan metode pipa tremi
8. Pemasangan bekisting pilar dengan metode climbing
9. Pengecoran Pilar Jembatan
10. Jadwal Pelaksanaan telampir

Pekerjaan Pengeboran Pipa Spiral D50, L 28m

1. Volume Pengeboran = 1,904 m
2. Kapasitas Produksi perhari = 28 m (1 batang) per hari
3. Dengan komposisi alat
4. 1 unit Crane + Bore Machine
5. 1 unit Phonton
6. 1 unit Generator set
7. 1 unit Crane Service
8. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan adalah 1,904 / 28 = 68 hari

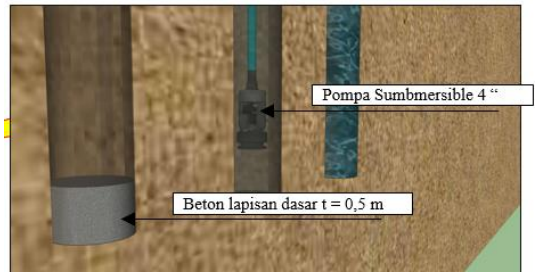


Gambar 7 Pekerjaan Pemancangan Pipa

Pekerjaan Pengeringan

1. Pipa yang sudah terpancang, di bersihkan dan dikeringkan dari air dan lumpur
2. Pengeringan dilakukan menggunakan pompa sumbmersible 4”
3. Estimasi waktu pengeringan adalah 6 Pipa / hari atau 3 hari per Pilar
4. Pipa yang sudah bersih dan kering di cor setebal 0,5 m unutk menjaga rembesan air dan menjaga ruang dalam pipa tetap kering

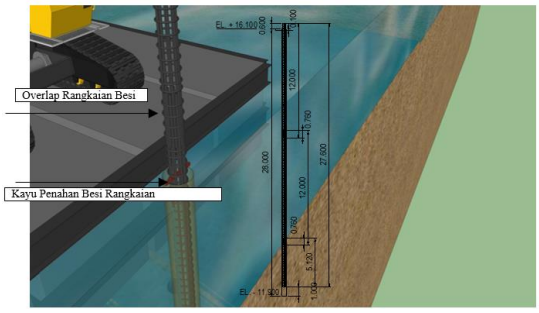
 ISSN 2987-677X



Gambar 8 Pekerjaan Dewatering

Pemasangan Besi Tulangan Pipa Spiral

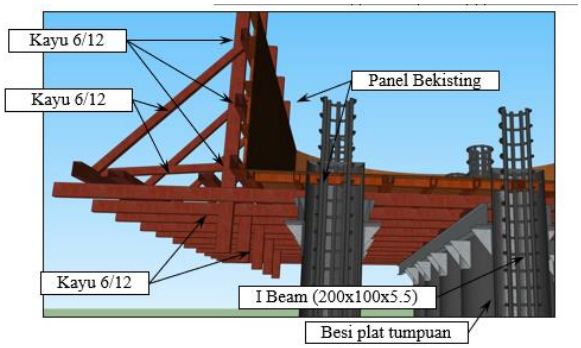
1. Volume total berat Besi per Pipa Spiral = 698,43 kg
2. Terbagi menjadi 3 Tahap rangkaian
3. 12 m dengan berat = 288,55 kg
4. 12 m dengan berat = 288,55 kg
5. 5,12 m dengan berat = 121,33 kg
6. Pemasangan dilakukan bertahap menggunakan Crane
7. Kapasitas per hari fabrikasi, Langsir dan pasang besi tulangan adalah 700 kg, atau sama dengan 1 Tiang Pancang Pipa per hari.



Gambar 9 Pemasangan Besi

Pekerjaan Bekisting Pilar Jembatan

1. Pekerjaan pemasangan bekisting dengan metode Climbing
2. Tumpuan berupa besi plat 12 mm yang dilas pada Pipa Spiral dengan dimensi 300x300
3. Menggunakan I Beam dan kayu 6/12 sebagai gelagar penopang panel Bekisting.



Gambar 10 Pekerjaan Bekisting Pilar Jembatan

Rencana :

1. Lama waktu Pemancangan dan pengeringan = 2 bulan
2. Lama Waktu Pengecoran Pilar Jembatan (4 Pilar) = 2 bulan
3. Total waktu yang di perlukan untuk pekerjaan Pilar Jembatan = 4 Bulan

Kesimpulan

1. Design Pondasi Pilar diatas air mengalami efisiensi waktu rencana sebesar 8 bulan, dari perencanaan 12 bulan, menjadi 4 bulan.
2. Perubahan metode mengakibatkan efisiensi pada pekerjaan kistdam dengan durasi perkiraan pekerjaan selama 2 Bulan untuk kistdam stage 1 untuk pemancangan pilar no 1 dan no 2, dan 3 bulan pada kistdam stage 2 untuk pemancangan pilar no 3 dan 4, dan mengganti dengan menggunakan teknik pemancangan Pipa yang dilanjutkan dengan pengecoran Pipa.
3. Serta Efisiensi waktu pembongkaran Kistdam selama 2 bulan.

Referensi

Salman. 2019. *Metode Bekisting dan Perancah.* Deepublish. D.I. Yogyakarta

Asiyanto. 2006. *Metode Konstruksi Dewatering*. UIP. Jakarta

Asiyanto. 2007. *Metode Konstruksi Untuk Pekerjaan Pondasi*. UIP. Jakarta

Wilopo Djoko. 2009. *Metode Konstruksi dan alat alat berat*. UIP. Jakarta

ISSN 2987-677X

Solusi Inovatif untuk Meningkatkan Akses Air Bersih di Desa Terpencil: Studi Kasus di Pulau Flores

Dicky Gode[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ dickygode@gmail.com

Artikel ini membahas tentang pelaksanaan proyek perpipaan air minum di desa-desa terpencil di Pulau Flores, Nusa Tenggara Timur, yang bertujuan untuk mengatasi masalah kekurangan air bersih. Metode penelitian kualitatif dengan pendekatan studi kasus digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis masalah serta solusi yang diterapkan. Beberapa solusi inovatif diterapkan untuk mengatasi keterbatasan teknologi dan sumber daya, seperti penggunaan metode pemanasan untuk menyambung pipa PVC dan penggunaan saringan air tradisional. Metode pemanasan dipilih karena kemudahan dan ketersediaan alat, namun mengurangi kekuatan sambungan dan berpotensi menghasilkan gas beracun. Saringan tradisional dipilih karena ekonomis dan efektif menyaring partikel besar serta menghilangkan zat organik, tetapi efektivitasnya dalam menghilangkan mikroorganisme masih memerlukan penelitian lebih lanjut. Artikel ini juga membahas kendala perizinan *crossing* jalan provinsi dan solusinya dengan memanfaatkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 20/PRT/M/2010. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pelaksanaan proyek serupa di daerah lain yang memiliki keterbatasan sumber daya dan teknologi.

Kata kunci : Pulau Flores, perpipaan air minum, desa terpencil, metode pemanasan pipa PVC, saringan air tradisional, perizinan *crossing* jalan.

Pendahuluan

Akses air bersih yang layak merupakan hak fundamental manusia dan prasyarat penting untuk kesehatan dan kesejahteraan (Resolusi PBB 64/292 2010). Di Indonesia sendiri akses air bersih termasuk untuk kebutuhan minum yang layak masih sangat timpang (Sukartini & Saleh, 2016) terutama daerah pedesaan dan pulau-pulau kecil. Salah satu contohnya adalah Pulau Flores, Nusa Tenggara Timur, yang memiliki beberapa daerah semi-arid dengan curah hujan rendah (Kurnianto & Gode, 2020). Hal ini mengakibatkan banyak desa di Flores mengalami kekurangan air bersih, terutama di musim kemarau.

Untuk mengatasi permasalahan ini, berbagai pihak seperti pemerintah maupun masyarakat langsung menyelenggarakan proyek perpipaan air minum di desa-desa yang mengalami kesulitan air bersih. Proyek ini didanai oleh berbagai sumber, termasuk dana dari pemerintah, hibah dari organisasi internasional dan dana gotong royong masyarakat (Pemerintah Indonesia, 2020). Namun, pelaksanaan proyek perpipaan air minum di desa-desa terpencil di Pulau Flores sering kali mengalami berbagai kesulitan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti lokasi yang terpencil, sumber daya yang terbatas dan keterbatasan biaya (Priayi, 2023). Artikel ini membahas masalah-masalah yang terjadi akibat keterbatasan teknologi dan sumber daya, serta solusi-solusi yang diterapkan untuk mengatasinya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan strategi dan solusi untuk meningkatkan akses air bersih di daerah pedesaan dan pulau-pulau kecil di Indonesia, dengan mempertimbangkan keterbatasan teknologi dan sumber daya yang sering dihadapi di wilayah tersebut.

Metodologi

Artikel ini menggunakan metode penelitian kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Peneliti akan melakukan penelitian terhadap proyek perpipaan air minum di desa di Pulau Flores. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kasus atau ide yang muncul selama proyek, kemudian menganalisisnya berdasarkan jurnal ilmiah dan sumber-sumber terpercaya lainnya untuk memastikan kevalidan solusinya. Penelitian ini akan menggunakan data yang diperoleh dari pengalaman penulis selama melaksanakan proyek. Data yang diperoleh kemudian akan dianalisis secara kualitatif untuk mengidentifikasi kasus atau ide yang muncul

 ISSN 2987-677X

selamaproyek.
Selanjutnya, peneliti akan mencari jurnal ilmiah , artikel ilmiah, dan aturan legalistas terpercaya yang relevan dengan kasus yang diidentifikasi. Sumber-sumber tersebut kemudian akan dianalisis untuk mengetahui temuan-temuan terbaru dan solusi-solusi yang direkomendasikan. Hasil analisis sumber-sumber tersebut kemudian akan dibandingkan dengan solusi yang telah diterapkan dalam proyek. Penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan standar etika penelitian yang berlaku di Indonesia yaitu Peraturan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019 Tentang Komisi Etik Dan Perilaku Peneliti Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Hasil Kerja

Penggunaan Metode Pemanasan untuk Menyambung Pipa PVC

Dalam pelaksanaan proyek perpipaan air minum di desa terpencil di Pulau Flores, salah satu tantangan yang dihadapi adalah ketersediaan lem PVC dan konektor pipa PVC yang berkualitas, permasalahannya biasanya jarak yang jauh dan biaya. Hal ini menuntut adanya solusi inovatif dan adaptif terhadap kondisi lapangan. Salah satu solusi yang ditemui penulis dalam proyek ini adalah penggunaan metode pemanasan untuk menyambung pipa PVC.
Proses penyambungan pipa PVC dengan pemanasan dilakukan dengan memanaskan ujung-ujung pipa yang akan disambungkan menggunakan alat pemanas sederhana, seperti kompor gas atau alat pemanas khusus pipa. Setelah ujung pipa cukup panas dan melunak, kedua ujung pipa disatukan dan ditekan hingga menyatu. Setelah dingin, sambungan pipa akan mengeras dan membentuk ikatan yang kuat.



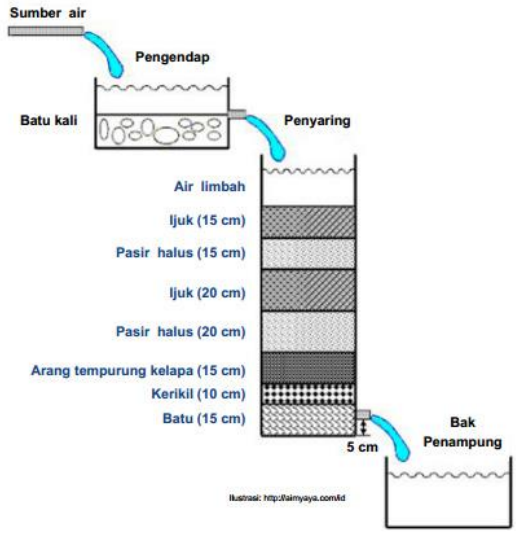
Ilustrasi pemanasan pipa pvc untuk disambungkan (Sumber : youtube @TUKANG AB, 2022)

Metode pemanasan pipa PVC dipilih karena beberapa alasan. Pertama, metode ini tidak memerlukan alat khusus yang mahal atau sulit didapatkan. Kedua, metode ini relatif mudah dipelajari dan dilakukan oleh pekerja lokal dengan pelatihan singkat. Ketiga, metode ini dinilai efektif dalam menghasilkan sambungan pipa yang kuat dan tahan lama, terutama dalam kondisi lapangan yang terbatas.
Sambungan pipa PVC yang dipanaskan memiliki kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan sambungan yang menggunakan lem atau konektor. Hal ini disebabkan oleh struktur molekul PVC yang terdegradasi akibat panas, sehingga mengurangi kohesi antar molekul (Yarahmadi., et al. 2003). Sambungan pipa yang dipanaskan juga lebih rentan bocor karena panas dapat menyebabkan pipa melengkung dan tidak rata, sehingga menghasilkan celah yang memungkinkan air merembes keluar. Tegangan maksimum pipa pvc yang dapat diterima juga mengecil dibandingkan sebelum dipanaskan (Rostam., et al. 2016). Sedangkan soal faktor keamanan, memanaskan pipa PVC dapat mengeluarkan gas Hidrogen Klorida yang berbahaya bagi kesehatan jika dihirup (Greenpeace, 2009). Jurnal lain juga mengatakan material pvc saat dipanaskan berpotensi mengeluarkan gas klorida lain seperti Klorin dioksida, Klorometana, dan Klorobenzena yang juga berpotensi menggangu kesehatan manusia. (Chong et al. 2019)
Berdasarkan analisis di atas, penggunaan metode penyambungan pipa PVC dengan cara dipanaskan pada proyek perpipaan air minum di desa terpencil Pulau Flores memiliki beberapa keterbatasan terkait efektivitas dan keamanannya. Sambungan pipa yang dihasilkan mungkin tidak sekuat dan tahan lama dibandingkan dengan sambungan yang menggunakan lem atau konektor. Selain itu, metode ini berpotensi menimbulkan bahaya kesehatan dan keselamatan bagi para pekerja.

Penggunaan Saringan Air Tradisional

Penggunaan saringan air tradisional pada broncaptering atau mata air menjadi praktik umum di berbagai desa di Pulau Flores. Hal ini dilatarbelakangi oleh anggapan bahwa saringan tradisional lebih ekonomis, baik dari segi pengadaan maupun perawatan. Namun, pemahaman mendalam mengenai mekanisme saringan ini, serta perbandingan komprehensif dengan saringan air konvensional, perlu dilakukan untuk memberikan gambaran utuh mengenai efektivitas dan kelayakan penggunaannya.

 ISSN 2987-677X



Ilustrasi saringan air tradisional (sumber : Yayasan Buddha Tzu Chi, 2011)

Saringan air tradisional pada broncaptering memanfaatkan material alami seperti pasir, kerikil, ijuk, arang, dan batu yang disusun berlapis. Mekanisme filtrasi melibatkan penyaringan partikel besar oleh pasir dan kerikil, serta adsorpsi zat organik dan bau oleh arang dan ijuk. Penelitian oleh Artidarma et al. (2021) dalam "Jurnal Teknologi Lingkungan" menunjukkan bahwa filter pasir lambat efektif untuk mengolah air untuk memenuhi semua parameter persyaratan air bersih. Sedangkan dalam penelitian oleh Prasetyo (2020) menggunakan dua jenis saringan sederhana, saringan pertama terdapat susunan dari atas ke bawah sebagai berikut : ijuk setinggi 20cm, pasir halus setinggi 20cm, arang batok kelapa 15cm, kerikil setinggi 10cm, dan batu marmer 15cm. Sedangkan untuk saringan kedua menggunakan susunan sebagai berikut : ijuk sama yaitu setinggi 20 cm, pasir halus berbeda yaitu setinggi 30cm, arangnya menjadi 10cm, kerikil juga masih sama 10cm, dan batu marmer juga sama yaitu 15cm. Hasilnya kedua tipe saringan air tersebut telah meningkat kualitas mutu airnya dan sesuai dengan peryaratan baku mutu air yang ditetapkan oleh oleh Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Namun, efektivitasnya terbatas dalam menghilangkan kontaminan berbahaya dan tidak selalu berhasil. Dalam penelitian oleh Jenti & Nurhayati (2014) menggunakan filter air sederhana untuk menyaring air yang terkontaminasi besi (fe), hasilnya menunjukan terjadinya penurunan besi namun belum memenuhi standar baku mutu air bersih. Penempatan urutan bahan penyaringan juga mempengaruhi hasil kualitas airnya (Adi, Wahyu., et al. 2014) misalnya apabila menggunakan arang efektif menghilangkan bau dan rasa pada air, namun karena bila ditempatkan diatas lapisan kapas, maka air hasil penyaringan yang seharusnya tidak berbau menjadi berbau karena adanya pengendapan partikel-partikel kotoran dan mikroorganisme pada kapas. Penyaring air tradisional merupakan solusi sementara yang dapat meningkatkan kualitas air secara terbatas terutama masalah mikro organisme karena penelitian mengenai hal ini sangat terbatas sehingga perlu penelitian lebih lanjut untuk memastikan keamanan air minum.

Perizinan *Crossing* Jalan

Penulis mengerjakan suatu proyek perpipaan air minum di desa di Pulau Flores yang diberikan oleh Dinas Pekerjaan Umum (PU) kabupaten. Salah satu pekerjaan dalam proyek ini adalah *crossing* jalan, yaitu memasang pipa di bawah jalan. Perlu diketahui bahwa menurut Undang-Undang No. 38 Tahun 2004, jalan menurut statusnya dikelompokkan menjadi 4 bagian yaitu, jalan desa yang dikelola oleh pemerintah desa berserta pemerinta kabupaten/kota, jalan kabupaten yang dikelola oleh pemerintah kabupaten/kota, jalan provinsi yang dikelola oleh pemerintah provinsi dan jalan nasional yang dikelola oleh pemerintah pusat.



Ilustrasi *crossing* jalan untuk pipa (Sumber : Self Repository)

Saat melakukan kegiatan *crossing* di jalan desa dan jalan kabupaten proses berjalan lancar dengan izin *crossing* jalan tersebut dikeluarkan oleh Dinas PU kabupaten sebagai pemberi kerja. Namun, penulis mengalami kendala saat akan melakukan *crossing* jalan provinsi. Dinas pekerjaan umum kabupaten tidak memiliki wewenang untuk mengeluarkan izin *crossing* jalan

 ISSN 2987-677X

provinsi. Untuk mendapatkan izin tersebut, penulis harus mengurusnya di dinas pekerjaan umum provinsi yang terletak di Kota Kupang, di Pulau Timor. Hal ini tentu menimbulkan masalah baru, yaitu biaya yang besar untuk pengurusan izin karena lokasi dinas pekerjaan umum provinsi yang berbeda pulau dengan lokasi proyek. Masalah ini dapat diatasi dengan memanfaatkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 20/PRT/M/2010. Sesuai dengan Pasal 32 ayat (1) di peraturan tersebut tentang Pedoman Pemanfaatan dan Penggunaan Bagian-Bagian Jalan, permohonan izin pemanfaatan ruang milik jalan dan ruang manfaat jalan yang bersifat lintas provinsi dan melewati ruas-ruas jalan provinsi dan jalan kabupaten/kota, dapat dikoordinasikan oleh Kepala Balai Besar/Balai Pelaksanaan Jalan Nasional. Mengingat proyek perpipaan air minum ini dilaksanakan di Pulau Flores dan melibatkan *crossing* jalan provinsi, maka permohonan izin dapat dikoordinasikan melalui kantor PPK (Pejabat Pembuat Komitmen) Kementerian PU yang ada di kabupaten masing-masing di Pulau Flores. PPK merupakan perwakilan dari Balai Besar/Balai Pelaksanaan Jalan Nasional di tingkat kabupaten. Dengan demikian, penulis tidak perlu pergi ke Kota Kupang untuk mengurus izin di Dinas Pekerjaan Umum Provinsi. Cukup mengurusnya di kantor PPK Kementerian PU di kabupaten setempat, sehingga akan lebih efektif dan efisien.

Kesimpulan

1. Penggunaan metode pemanasan untuk menyambung pipa PVC merupakan solusi inovatif dalam mengatasi keterbatasan sumber daya di daerah terpencil. Namun, perlu diperhatikan bahwa metode ini memiliki keterbatasan dalam hal kekuatan sambungan, mengurangi tegangan maksimum, dan berisiko mengeluarkan gas beracun saat dipanaskan, sehingga perlu dilakukan dengan hati-hati dan hanya digunakan dalam situasi darurat.
2. Penggunaan saringan air tradisional dapat memberikan manfaat yang signifikan terhadap kualitas air minum dibandingkan tidak disaring sama sekali, terutama dalam hal penghilangan partikel besar dan adsorpsi zat organik. Namun, efektivitasnya dalam menghilangkan mikroorganisme masih memerlukan penelitian lebih lanjut.
3. Perizinan *crossing* jalan untuk proyek di tingkat kabupaten dapat menjadi kendala jika jalan yang dikerjakan di tingkat provinsi. Namun, masalah ini dapat diatasi dengan memanfaatkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 20/PRT/M/2010 dan berkoordinasi dengan PPK Kementerian PU di kabupaten setempat.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten terkait yang telah memberikan kesempatan dan kepercayaan untuk melaksanakan proyek perpipaan air minum ini. Penulis juga berterima kasih kepada rekan-rekan kerja dan konsultan pengawas yang telah memberikan dukungan dan masukan selama pelaksanaan proyek.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada bapak dan ibu dosen Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan artikel ini. Tidak lupa, penulis mengucapkan terima kasih kepada masyarakat yang telah berpartisipasi dan mendukung pelaksanaan proyek ini.

Referensi

Adi, Wahyu., et al. (2014). Efektivitas Filter Bahan Alami Dalam Perbaikan Kualitas Air Masyarakat Nelayan Wilayah Pesisir Kabupaten Bangka. Jurnal Sumber daya Perairan Volume 8. Nomor. 2. Tahun 2014

Chong, N. S., Abdulramoni, S., Patterson, D., & Brown, H. (2019). Releases of Fire-Derived Contaminants from Polymer Pipes Made of Polyvinyl Chloride. Toxics, 7(4), 57.

Greenpeace. (2009). PVC: The Poison Plastic. [Online]. Available at: https://www.greenpeace.org/usa/wp-content/uploads/legacy/Global/usa/report/2009/4/pvc-the-poison-plastic.html [Accessed 07 Mei 2024].

Jenti & Nurhayati (2014). Pengaruh Penggunaan Media Filtrasi Terhadap Kualitas Air Sumur Gali Di Kelurahan Tambak Rejo Waru Kabupaten Sidoarjo. Jurnal Teknik WAKTU Volume 12 Nomor 02 – Juli 2014 – ISSN : 1412-1867

Kementerian Pekerjaan Umum. (2010). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 20/PRT/M/2010 tentang Pedoman Pemanfaatan dan Penggunaan Bagian-Bagian Jalan.

Kurnianto, Y. F., & Gode, D. (2020). Potensi air hujan di Pulau Flores dan pemanfaatannya di Kabupaten Sikka [Skripsi sarjana, Universitas

 ISSN 2987-677X

Kristen Petra]. Perpustakaan Universitas Kristen Petra.

Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). (2019). Kode Etik Peneliti Indonesia.

Pemerintah Indonesia. (2020). Ringkas Program - Pamsimas. [Online]. Available at: https://pamsimas.pu.go.id/profil/ringkas-program/ [Accessed 03 Mei 2024].

Pemerintah Republik Indonesia. (2004). Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan

Prasetyo, Ferry Putro (2020). Efektivitas Saringan Sederhana Dalam Meningkatkan Kualitas Air Bersih Di Desa Widororejo Rt 03/Rw 01 Makamhaji Sukoharjo. Universitas Muhammadiyah Surakarta

Priayi , Mildan Erlangga (2023). Tantangan Dan Solusi Mewujudkan Impian Akses Air Minum Melalui Perpipaan. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil

Rostam, S., Ali, A. K., & AbdalMuhammad, F. H. (2016). Experimental Investigation of Mechanical Properties of PVC Polymer under Different Heating and Cooling Conditions. Journal of Engineering, 2016, 3791417.

Sukartini, N. M., & Saleh, S. (2016). Akses Air Bersih di Indonesia. Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan, 9(2), 89-98.

Sutrisno, S., et al. (2021). Pengolahan Air Bersih dengan Saringan Pasir Lambat Menggunakan Pasir Pantai dan Pasir Kuarsa. Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah, Vol. 09, No. 2, 2021: 071 – 081

TUKANG AB. (2022, 8 Agustus). Cara Menyambung Pipa Paralon Tanpa Lem Tanpa Sok !!! [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=k7CHm2uk7bg

United Nations General Assembly. (2010). The human right to water and sanitation (A/RES/64/292).

Yayasan Buddha Tzu Chi Indonesia. (2011). Saringan Air Sederhana. https://www.tzuchi.or.id/

Yarahmadi, N., Jakubowicz, I., & Hjertberg, T. (2003). The effects of heat treatment and ageing on the mechanical properties of rigid PVC. Polymer Degradation and Stability, 82(1), 59-72.

ISSN 2987-677X

Penanganan Permukiman Kumuh dan Peluang Adaptasi *Resilient Housing* Masyarakat Pesisir Maumere Kab. Sikka

Antonio Heltra Pradana[1] L. M. Hadi Santoso[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ antonio.heltra@gmail.com

Kampung Wuring di Kel. Wolomarang Kec. Alok barat, Kab. Sikka merupakan salah satu lokasi penanganan prioritas kasus kekumuhan di Kab. Sikka. Melalui program RP2KPKPK dicari solusi untuk penanganan kekumuhan tersebut sembari menyelesaikan isu lain yaitu kerawanan terhadap bencana tsunami. Artikel ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif untuk menjabarkan proses penyusunan dan penanganan Kampung Wuring pada program RP2KPKPK tahun 2021. Hasilnya pendekatan Resilient Housing dipilih untuk menyelesaikan persoalan kekumuhan sekaligus bencana di kampung Wuring secara sekaligus.

Kata kunci: Kampung Wuring, Penanganan Kekumuhan, Resilient Housing

Pendahuluan

Demi mendukung, mengimplementasikan dan mencapai target Nasional dalam penanganan Rencana Pencegahan dan peningkatan Kualitas Perumahan kumuh dan Permukiman Kumuh, serta untuk mewujudkan lingkungan permukiman yang layak huni pemerintah Indonesia menerapkan berbagai macam program pengentasan kekumuhan dan penanganan kawasan (Direktur Jendral Cipta Karya, 2020). Baik itu berbasis kegiatan pemberdayaan masyarakat maupun dalam bentuk stimulan bantuan pendanaan perbaikan kawasan maupun penyuluhan dan sosialisasi salah satunya adalah program RP2KPKPK.

Secara umum, substansi dari RP2KPKPK yaitu merumuskan strategi, program pencegahan dan peningkatan kualitas permukiman kumuh skala kabupaten/kota menuju 0% kumuh (sampai penanganan kumuh tuntas) yang dijabarkan ke dalam rencana keterpaduan program penanganan dan penyusunan desain teknis dalam skala kawasan dan skala lingkungan. Rencana ini merupakan penjabaran dari strategi dan program ke dalam skala kawasan dan lingkungan yang disusun berdasarkan kebutuhan dalam mencapai 0% kumuh. Perhitungan ini nantinya didetailkan pada program tahunan jangka pendek (Direktur Jendral Cipta Karya, 2020). Untuk komponen infrastruktur permukiman pada program tahun pertama, di kawasan prioritas dilakukan penyusunan Rencana Detail Desain/Detailed Engineering Design (DED) Kebutuhan program penanganan RP2KPKPK dalam skala kabupaten/kota, skala kawasan, skala lingkungan, dan program pembangunan.

Merujuk pada pendekatan penganan obyek yang diatur di dalam RP2KPKPK sesuai Permen PUPR Nomor 14/PRT/M/2018, terdapat sasaran program dan kegiatan terkait dengan infrastruktur permukiman, yang terdiri atas:

- kondisi fisik bangunan hunian;
- aksesibilitas lingkungan;
- kondisi drainase lingkungan;
- kondisi pelayanan air minum/baku;
- kondisi pengelolaan air limbah;
- kondisi pengelolaan persampahan; dan
- kondisi proteksi kebakaran.

Selain fokus pada infrastruktur permukiman kumuh, program dan kegiatan yang disusun diarahkan mencakup infrastruktur bidang lainnya yang dibutuhkan di dalam pencegahan dan peningkatan kualitas permukiman kumuh seperti Ruang Terbuka Hijau (RTH). Kemudian yang tidak kalah pentingnya dalam proses penilaian terhadap permukiman kumuh yaitu terdapat beberapa pertimbangan lain yaitu kejelasan status lahan, kesesuaian dengan rencana tata ruang, nilai strategis lokasi, kepadatan penduduk, dan kondisi sosial ekonomi budaya masyarakat.

Di Kawasan pesisir perkotaan Maumere Kabupate SIkka, Pemerintah Kabupaten telah mengadakan penanganan permukiman kumuh pada tahun 2021 yaitu Peningkatan Kualitas Hunian dan Infrastruktur Permukiman Guna Mewujudkan Penyelenggaraan Perkotaan Maumere dan Kabupaten Sikka Bebas Kumuh. Kegiatan RP2KPKPK menjadi salah satu ujung tombak penanganan permukiman kumuh bersama dengan KOTAKU dan program-program sektoral lainnya. Pemerintah Daerah berharap dengan adanya program ini poermukiman kumuh di Kab. Sikka dapat ditangani semua dengan tepat sasaran dan penyelesaian yang baik. Salah satu yang menjadi lokasi penanganan permukiman kumuh adalah permukiman nelayan kampung Wuring yang terletak di Kelurahan Wolomarang, Kecamatan Alok Barat.

Secara umum, kampung Wuring memiliki luasan permukiman kumuh sebesar 25,99 Ha yang teridentifikasi dan ditinggali oleh 1242 jiwa yang tinggal di 289 bangunan. Dari jumlah rumah tersebut, terdapat persoalan-persoalan seperti kondisi bangunan yang tidak teratur, rumah-rumah yang tidak terlayani akses jalan, tidak dapat mengakses air minum, tidak memiliki

 ISSN 2987-677X

sanitasi dan persampahan yang mumpuni maupun drainase yang minim (LPPM ITN Malang, 2021).

Tabel 1 Gambaran kondisi Kekumuhan di kampung Wuring Wolomarang.

KONDISI KEKUMUHAN DI KELURAHAN WOLOMARANG		
KONDISI GEOGRAFIS DAN DEMOGRAFIS		**KONDISI BANGUNAN**
Nama Kawasan	: Kelurahan Wolomarang	179 Unit bangunan tidak teratur 0 Hektar kepadatan tidak sesuai ketentuan 73 Unit bangunan tidak memenuhi standard
Luas Kawasan	: 25,99 Ha	
Tipologi Permukiman	: Permukiman Tepi air (Kawasan Pesisir pantai)	
Jumlah Penduduk	: 1242 jiwa	
		KONDISI JALAN LINGKUNGAN
Jumlah Bangunan	: 285	954,75 m tidak terlayani jalan lingkungan 257,84 m jalan dengan kualitas permukaan buruk
LEGALITAS LAHAN: LEGAL		**KONDISI KETERSEDIAAN AIR MINUM**
Status Lahan	: status lahan secara keseluruhan sudah jelas	32 KK tidak dapat mengakses air minum yang aman 119 KK Tidak dapat terpenuhi kebutuhan ait minimalnya
Kesesuaian RTR	: lokasi tidak sesuai dengan peruntukan lahan fungsi perlindungan setempat	**KONDISI DRAINASE LINGKUNGAN** 15 Ha area terjadi genangan 1411,64 m tidak tersedia drainase lingkungan 0 m kualitas konstruksi drainase buruk
PERTIMBANGAN LAIN:		**KONDISI SANITASI**
Nilai strategis Lokasi	Lokasi terletak pada fungsi stategis kabupaten di kawasan minapolitan	27 KK sistem pengelolaan tidak sesuai standar teknis 163 KK tidak miliki sarpras yg sesuai syarat teknis
Kependudukan	Kepadatan penduduk 48 jiwa/ha	**KONDISI PERSAMPAHAN** 142 KK tidak memiliki sarpras sesuai syarat teknis 216 KK sistem kelola tidak sesuai standar teknis
Kondisi sosial ekonomi dan budaya	Lokasi memiliki potensi social ekonomi dan budaya.	**KONDISI PROTEKSI KEBAKARAN** 285 unit tidak tersedia prasarana proteksi kebakaran 285 unit tidak tersedia sarana proteksi kebakaran

Dari kondisi dan urgensi yang telah disampaikan diatas, artikel ini ingin mengelaborasi proses dan tahapan pekerjaan penanganan permukiman kumuh di kampung Wuring kelurahan Wolomarang. Selain pendekatan prosedural sesuai pedoman RP2KPKPK, digunakan pula tinjauan histori dan pendekatan resilient architecture digunakan untuk menjelaskan fenomena bermukim masyarakat di kampung Wuring sekaligus memberikan solusi kontekstual pada kasus permukiman kumuh pesisir ini.

Metode

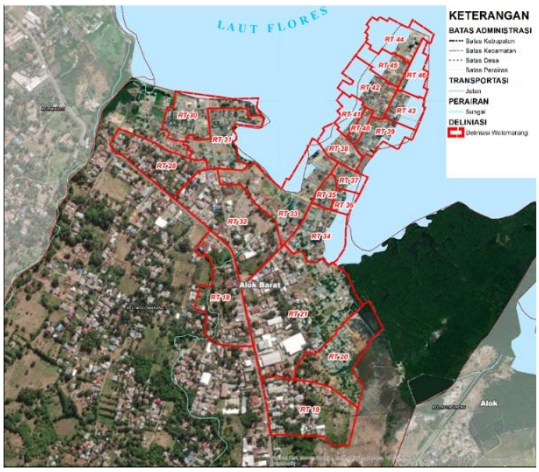
Metode dalam penulisan artikel ini terbagi menjadi metode pengumpulan data, pelaksanaan, analisa dan ketentuan teknis, serta metode perancangan arsitektur. Metode pengumpulan data menggunakan observasi, dan wawancara kepada warga-pemerintah daerah serta studi kebijakan dan pengumpulan data sekunder melalui literatur-literatur relevan. Sedangkan metode pelaksanaan mengacu pada diagram alir pada gambar 2. Kemudian metode analisa dilakukan dengan model deskriptif kualitatif untuk mendapatkan kedalaman analisa prosedural diagramatik dan kedalaman analisa histori maupun arsitektural (Groat & Wang, 2013).

Hasil Kerja

Sejarah dan Budaya Bermukim Masyarakat Wuring

Identifikasi literatur dan wawancara setempat menunjukkan bahwa masyarakat yang tinggal di kampung Wuring sebagian besar merupakan suku Bajo. Sedangkan sebagian lainnya merupakan suku Bugis, Buton, Selayar, Jawa dan suku lainnya. Suku Bajo ini sebetulnya berasal dari daerah Permaan di suatu pulau di Sulawesi Selatan pada tahun awal 1900an yang berpindah ke Maumere dan diterima dengan baik oleh Raja Sikka yang kemudian mendirikan permukiman di Wuring (Gobang, et al., 2017) (Porres, 2021).

Sebagai suku bangsa yang memiliki ikatan erat dengan laut, maka sejak awal tiba di Pulau Flores yatu di Maumere, masyarakat Bajo memilih tinggal di pesisir karena tidak dapat jauh dari laut. Singkat cerita mereka dari tempat tinggal pertama di daerah Tou, Kota Baru mereka kemudian berpindah dan menetap di kampung Wuring hingga saat ini (Gobang, et al., 2017). Masyarakat Bajo di kampung Wuring sangat akrab dengan laut dan tidak dapat melepaskan aktivitas sehari-hari dari laut. Hal ini terbukti pada tahun 1992 saat tsunami hebat melanda kota Maumere, kampung Wuring tenggelam diterjang ombak lebih dari 3m dan lebih dari 3100 jiwa dikabarkan meninggal dunia. Namun setelah direlokasi ke area perbukitan di sisi barat kecamatan Alok Barat, tidak sampai 6 bulan mereka kembali bertempat tinggal di pesisir karena



tidak dapat mengolah lahan dan bertani.

Gambar 1 Citra Satelit & Pembagian Kampung Wuring



Gambar 2 Foto Kekumuhan Kampung Wuring

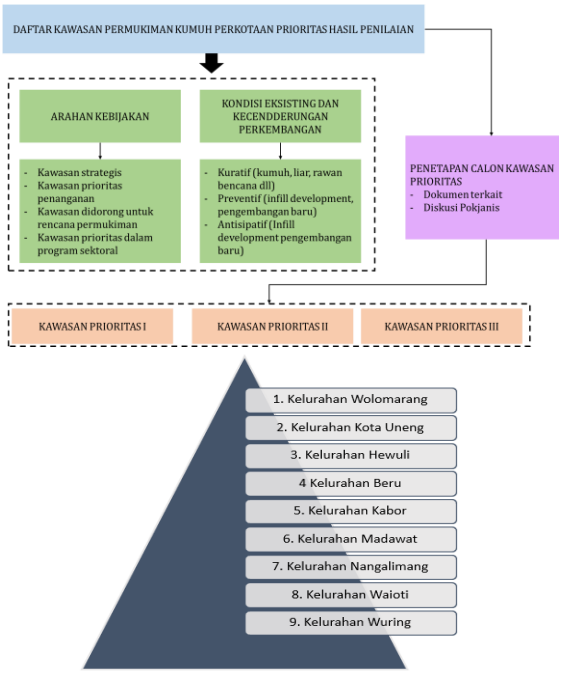
Berdasarkan wawancara lebih lanjut dengan warga Bajo RT 33 (sekitar pasar) Kampung Wuring dipilih oleh orang Bajo untuk tinggal karena potensi alam dari hasil laut yang berlimpah di sekitar Maumere dan posisinya yang strategis karena dekat dengan jalur transportasi laut utama. Selain itu, ketergantungan pada laut bagi suku Bajo terlihat dengan jelas dari rona

 ISSN 2987-677X

lingkungannya yaitu adanya pasar ikan di RT 33 dan sepanjang pesisir dan di tengah laut tertambat perahu-perahu nelayan. Dengan demikian kondisi dilematis ini menjadi tantangan penanganan permukiman kumuh agar budaya dan kebiasaan bermukim tetap dipertahankan namun dapat dimitigasi bencana tsunami dan peluang banjir rob yang dapat sewaktu-waktu terjadi.

Penanganan Permukiman Kumuh Melalui RP2KPKPK

Dalam konteks permukiman kumuh, persentase Kampung Wuring Kelurahan Wolomarang yang teridentifikasi masuk pada kriteria kekumuhan mencapai hampir 70%. Proses perhitungan kekumuhan pada pekerjaan RP2KPKPK mengikuti panduan SE-DJCK No 30/SE/DC/2020 mengenai Panduan Penyusunan RP2KPKPK. Proses tersebut dimulai dari mensortir data yang didapat dari SK Kumuh dan diverifiaksi ulang di lapangan oleh tim surveyor. Kemudian data tersebut dikompilasi dalam bentuk excel dan dilakukan perhitungan sesuai kriteria standar kekumuhan hingga mendapatkan tingkatan kumuh ringan, kumuh sedang dan kumuh berat. Tahapan ini kemudian disampaikan kepada forum saat FGD untuk dipertimbangkan matang-matang dan ditentukan lokasi prioritas yang genting segera ditangani. 3 Lokasi tertinggi yang mendapatkan skor kumuh sedang-berat menjadi prioritas utama penanganan kekumuhan (LPPM ITN Malang, 2021).



Gambar 3 Alur Penentuan Lokasi Penanganan Prioritas

Dari hasil perhitungan, Kampung Wuring Kelurahan Wolomarang mendapatkan skor kekumuhan tertinggi dengan klasifikasi berat. Oleh karena itu kawasan ini menjadi prioritas utama penanganan dan peningkatan kualitas kawasan. Adapun strategi yang digunakan untuk konsep penanganan adalah:

- Pembangunan/ perbaikan RTLH (rumah tidak layak huni)
- Pembangunan, perbaikan, penambahan kapasitas, kualitas, & jangkauan pelayanan jalan beserta sarananya
- Pembangunan, perbaikan kualitas dan keterhubungan drainase dan jaringan air limbah
- Pembangunan dan perbaikan infrastruktur dasar permukiman yang ramah lingkungan & berkelanjutan seperti IPLT (Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja), IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah), TPS 3R, TPST & lainnya
- Pembangunan, perbaikan, penambahan kapasitas, kualitas, & jangkauan pelayanan sarana prasarana proteksi kebakaran
- Pembangunan resapan air berupa biopori & sumur resapan
- Penyediaan ruang terbuka hijau



Gambar 4 Konsep Umum Penanganan Permukiman Kumuh 100-0-100

Selain harus menangani ke tujuh poin dari kriteria permukiman kumuh, prinsip umum yang diacu pada program RP2KPKPK berangkat dari semangat 100-0-100. Semangat ini mengedepankan peran seluruh pihak dalam penanganan kekumuhan, membangun sistem yang terpadu, transparan dan kontrol dari pemerintah daerah sebagai nahkoda kegiatan. Oleh karena itu, proses penanganan melibatkan akademisi agar dokumen dan program yang disusun tidak hanya normatif prosedural, tetapi juga kontekstual lokal yang bersifat soluti; yang mungkin perlu perspektif akademisi di bidang arsitektur untuk bisa melihatnya lebih dalam.

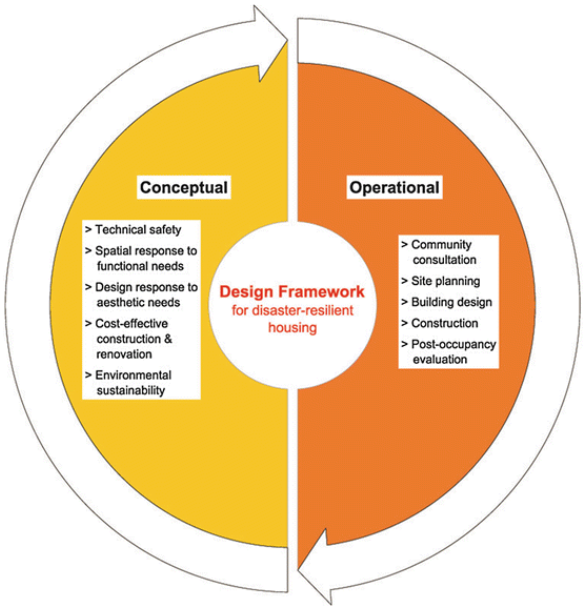
Peluang Pengembangan dan Tingkat Adaptasi Permukiman dengan Resilient Architecture

Dari perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa kampung Wuring memiliki tingkat kepentingan tinggi untuk segera ditangani. Mengingat gempa besar dan tsunami pernah dalam kurun waktu interval yang tidak terlalu jauh terjadi. Pasca gempa dan tsunami besar melanda kota Maumere pada 1992, persoalan bermukim di pesisir hingga saat ini masih menjadi polemik dan dilematis. Di satu sisi keberadaan permukiman pesisir cenderung menimbulkan kekumuhan karena mayoritas masyarakat yang tinggal

 ISSN 2987-677X

disana tidak memiliki kapital cukup untuk membeli tanah-hunian tapak di daratan secara legal; Sehingga dapat dipahami bahwa ketergantungan akan sumber daya laut dan tingkat ekonomi yang cenderung menengah ke bawah membuat pilihan tinggal diatas rumah kayu/ non permanen/ semi-permanen di atas laut tidak dapat ditawar lagi. Namun di sisi lain, persoalan bencana tsunami, banjir pasang air laut (rob) maupun persolaan kesehatan, sanitasi, dan akses terhadap kebutuhan standar hunian menjadi permasalahan yang tidak kunjung usai.

Dalam proses penyusunan RP2KPKPK persoalan ini semakin tajam muncul terutama dalam strategi penanganan permukiman kumuh. Selain stategi standar yang isa diterapkan, kondisi rawan bencana yang ada di Kampung Wuring perlu ditangani secara serius. Oleh karnea itu dalam proses penyusunan rancangan konsep, hingga DED dan penentuan estimasi biaya, dipilih framework dari Tranh (Tran, 2015) (Amorim & Faria, 2023) untuk mendesain permukiman tahan bencana (*disaster resilient housing*)



Gambar 5 Konsep *Disaster Resilient Housing*

Oleh karena itu, pendekatan Resilient Architecture digunakan untuk menjadi alternatif solusi persoalan kebencanaan sekaligus penanganan permukiman kumuh melalui RP2KPKPK. Pada kampung Wuring kelurahan Wolomarang konsep ini mengkombinasikan pembangunan seawall, integrasi dan akses antar rumah baik rumah yang berada di darat maupun diatas laut, ketersediaan RTH sebagai titik kumpul evakuasi, kelengkapan standar sanitasi, air bersih, drainase dan persampahan dalam satu desain yang terintegrasi.



Gambar 6 Konsep Penanganan Permukiman Wuring

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa pembangunan tembok seawall di sekeliling kampung Wuring tidak hanya berfungsi sebagai penahan gelombang, tetapi juga untuk pemanfaatan ekonomi lokal seperti area menjemur ikan, menambatkan kapal secara rapi, membuat integrasi antara jalan setapak darat, setapak laut dan seawall sehingga aksesisibilitas tinggi, serta memusatkan WC Komunal, dan jaringan air bersih (untuk WC) di area RTH, sedangkan jaringan air bersih untuk kebutuhan rumah tangga dapat diletakkan di bawah jalan-jalan penghubung antar rumah dan daratan.

Penambahan Seawall selain dapat melindungi dari abrasi dan bahaya Tsunami, dapat pula difungsikan menjadi tempat wisata buatan seperti untuk aktivitas jogging track, maupun tempat wisata non-permanen (sekedar meletakkan kursi-kursi kayu) untuk melihat matahari terbenam di sore hari. Selain itu, penanganan 7 indikator kekumuhan yang teridentifikasi disana dapat membuat citra kawasan semakin baik dan tidak memiliki kesan kumuh lagi. Pola penyelesaian yang holistik inilah yang selalu perlu dikedepankan, bukan hanya parsial dan menangani persoalan kumuh semata.

 ISSN 2987-677X



Gambar 7 Visualisasi Penanganan Jalan antar Bangunan



Gambar 8 Visualisasi RTH sekaligus Titik Kumpul Evakuasi pada area tengah Kampung Wuring

Kesimpulan

Penanganan permukiman kumuh menggunakan program RP2KPKPK telah terbukti dapat mengurangi luasan kekumuhan di berbagai kota di Indonesia secara cukup efektif. Kampung Wuring sebagai salah satu penerima program ini diharapkan dapat pula bertransformasi menjadi lingkungan permukiman yang sehat, nyaman, bersih dan tahan terhadap berbagai ancaman bencana. Lebih lanjut lagi pendekatan lokal dan pemahaman terhadap budaya bermukim masyarakat perlu menjadi pertimbangan penting dalam pelaksanaan penanganan program ini. Bukan hanya melalui pendekatan *top-down* yang mungkin bisa menggusur permukiman-permukiman menjadi hilang speerti relokasi pada tahun 1992 lalu, tetapi juga pendekatan kontekstual-adaptif desain kawasan dan permukiman. Sehingga program ini tidak hanya menangani satu solusi yaitu kekumuhan tetapi juga dapat menjadi salah satu sarana penyelesaian persoalan lainnya.

Tentu dibalik usulan tersebut, persoalan kesiapan fiskal pemerintah, kesaiapan masyarakat, persoalan teknis pemabangunan hingga pengelolaan selama konstruksi perlu dikelola dengan hati-hati dan cermat. Untuk itu, kajian berikutnya dapat mencoba menggali potensi-potensi pembiayaan, manajemen proyek dan manajemen konstruksi dalam skenario-skenario dan simulasi-simulasi desain yang adaptif terhadap bencana agar pelaksanaan program RP2KPKPK di Kampung Wuring maupun lokasi-lokasi dengan karakteristik serupa benar-benar optimal dan berhasil.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih sebesar-besarnya disampaikan kepada LPPM ITN Malang yang telah bekerjasama dengan Pemerintah Daerah Kab. Sikka dalam penyelenggaraan program RP2KPKPK. Sehingga penulis dapat turut terlibat, belajar dan berkontribusi pada penanganan (Direktur Jendral Cipta Karya, 2020) (LPPM ITN Malang, 2021)permukiman kumuh pesisir serta menerapkan keilmuan arsitektur dan perencanaan yang dipelajari.

Referensi

Amorim, E. e. r. & Faria, A., 2023. *Conceptualizing of Slum Upgrading: A Framework for Analysis.* Rio de Janeiro, Anais do Encontro Bienal de Alunos de Pós-graduação em Administração.

Direktur Jendral Cipta Karya, 2020. *Panduan Penyusunan RP2KPKPK.* 1 ed. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jendral Cipta Karya.

Gobang, A. A., Antariksa & Nugroho, A. M., 2017. Study of Spatial Systems in the Form of Bajo Tribe House in Wuring Village of Maumere City. *Local Wisdom,* 9(1), pp. 23-32.

Groat, L. & Wang, D., 2013. *Architectural Research Methods.* 1 ed. New Jersey: John Wiley & Sons.

LPPM ITN Malang, 2021. *Laporan Akhir RP2KPKPK Kabupaten Sikka.* Malang: LPPM ITN Malang.

Porres, M. E. D., 2021. Dinamika Sosial Ekonomi Nelayan Kampung Wuring di Pesisir Utara Flores. *Paradigma: Jurnal Multidisipliner Mahasiswa Pascasarjana Indonesia,* 2(1), pp. 19-26.

Tran, A. T., 2015. Design Framework for Disaster-Resilient Housing. In: *Developing Disaster Resilient Housing in Vietnam: Challenges and Solutions.* Switzerland: Springer, pp. 191-222.

 ISSN 2987-677X

Peningkatan Efisiensi Proses *Etching* pada Produksi *Chip DRAM* Menggunakan Gas COS/O_2: Studi Kasus Pengendalian *Critical Dimension*

Lisa Monica[1,2] Suratno Lourentius[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

[2] Micron Technology Taiwan

monicalisa0@gmail.com

suratno.lourentius@ukwms.ac.id

Pada era digital ini, *chip* semikonduktor merupakan fondasi teknologi modern dengan industri global yang mencapai pendapatan $513,8 miliar pada tahun 2021. Proses pembuatan *chip* semikonduktor, khususnya *DRAM* generasi terbaru *DDR5*, menghadapi tantangan dalam mengurangi ukuran *critical dimension* (*CD*) untuk meningkatkan kinerja. Peran *Process Engineer* (*PE*) sangat vital dalam mengawasi proses produksi dan mengatasi masalah teknis yang muncul. Proyek ini berfokus pada penyesuaian parameter proses *etching* dengan mengalihkan penggunaan gas dari CH_2F_2 ke COS/O_2 untuk mengatasi masalah pengendapan karbon dan risiko *under-etching*. Penggunaan gas COS/O_2 menunjukkan hasil yang lebih baik dalam mengendalikan profil *CD* dan meningkatkan efisiensi *etching* pada *DRAM DDR5*.

Kata kunci: *Chip* Semikonduktor, *DRAM*, *Etching*, *Critical Dimension*, COS/O_2

Pendahuluan

Pada era digital ini, keberadaan *chip* semikonduktor telah menjadi fondasi bagi berbagai teknologi modern. Data dari *Semiconductor Industry Association* (*SIA*) menunjukkan bahwa industri semikonduktor global menghasilkan pendapatan sebesar $513,8 miliar pada tahun 2021, menandai pertumbuhan sebesar 26,2% dari tahun sebelumnya. Peran penting Taiwan dalam industri semikonduktor juga terbukti signifikan, dengan *Taiwan Semiconductor Manufacturing Company* (*TSMC*) menjadi produsen terkemuka dengan pangsa pasar global sekitar 55%.

Dalam proses produksi *chip* semikonduktor, *Process Engineer* (*PE*) memegang peran yang sangat penting karena bertanggung jawab untuk memantau dan mengontrol seluruh proses produksi dari persiapan bahan baku hingga pengujian akhir produk. Pentingnya penerapan sistem kontrol kualitas yang ketat untuk memastikan bahwa setiap *chip* yang diproduksi memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Dalam makalah ini akan dijelaskan proses pembuatan *chip* semikonduktor, penjelasan mengenai *PE*, kendala yang terjadi dalam proses pembuatan *chip*, studi kasus pada proses *etching* di produksi *DRAM*, dan solusi yang diusulkan untuk mengatasi tantangan tersebut.

Kajian Pustaka

Proses Produksi Semikonduktor

Semikonduktor, sebuah komponen yang memiliki sifat penghantaran listrik yang berada di antara isolator dan konduktor, telah memperoleh reputasi karena propertinya yang unik. Sifat listrik yang khas membuatnya ideal untuk digunakan dalam berbagai perangkat elektronik. Dengan kemampuannya untuk mengatur tingkat kehantaran aliran listrik, semikonduktor digunakan dalam beragam aplikasi, termasuk sebagai bagian integral dari perangkat komputasi. Sejak dikenalnya pada pertengahan abad ke-19, penggunaan semikonduktor telah mengalami perkembangan yang signifikan. Penerapannya yang dimulai pada awal abad ke-20 telah menghasilkan teknologi-teknologi yang revolusioner, seperti: transistor, *integrated circuit* (*IC*), dan *chip* yang ukurannya semakin mengecil namun memiliki kemampuan yang setara dengan jutaan hingga milyaran transistor.

Salah satu produk semikonduktor adalah *Random Access Memory (RAM)*, jenis memori komputer yang digunakan untuk menyimpan data sementara saat komputer sedang dalam keadaan menyala. Data yang disimpan di dalam *RAM* tidak akan hilang ketika komputer dimatikan. Salah satu tipe memori semikonduktor yang digunakan dalam *RAM* adalah *Dynamic Random Access Memory* (*DRAM*). Dalam penyimpanan data, *DRAM* menyimpan setiap *bit* data dalam kapasitor terpisah yang

 ISSN 2987-677X

memerlukan penyegaran secara berkala untuk mempertahankan data yang disimpan. *DRAM* sangat bergantung pada kapasitor sebagai tempat untuk menyegarkan data.

Proses pembuatan perangkat semikonduktor melibatkan serangkaian tahapan yang rumit dan canggih. Dari pengolahan bahan mentah menjadi *wafer* silikon yang diukir dengan pola yang sesuai dengan desain sirkuit yang diinginkan, hingga proses penambahan lapisan-lapisan esensial seperti: lapisan logam dan isolator, setiap tahapan memerlukan teknologi dan peralatan khusus yang terus berkembang mengikuti perkembangan zaman. Gabungan inovasi teknologi dan kekuatan pasar meningkatkan kepadatan integrasi perangkat pada sebuah *chip* silikon secara stabil selama lebih dari tiga dekade. Produksi *DRAM* meningkat sekitar 50% per tahun dan 35% per tahun untuk *microprocessors* (SIA, 2021). Hal ini menunjukkan bahwa *chip* semikonduktor saat ini mampu mengakomodasi lebih banyak komponen dalam ruang yang sama, meningkatkan kinerja, dan efisiensi sistem secara keseluruhan. Demikian pula, peningkatan kinerja *chip* yang dihasilkan berjalan seiring dengan peningkatan hasil *chip* dan pengurangan biaya per *chip*. Dasar dari perkembangan ini adalah kemajuan dalam proses litografi, yang merupakan salah satu langkah kunci dalam pembuatan semikonduktor, di mana pola-pola skala halus yang diperlukan untuk fabrikasi dan integrasi perangkat komponen dihasilkan.

Selain proses litografi, pembuatan *chip* semikonduktor melibatkan serangkaian proses lain yang memerlukan teknologi canggih dan presisi. Pertama dimulai dengan desain sirkuit menggunakan perangkat lunak *Electronic Design Automation* (*EDA*). Desain ini disimulasikan untuk memastikan semua fungsi bekerja dengan benar sebelum diproduksi secara fisik (Brown & Vranesic, 2013). Proses pembentukan *wafer* sebagai bahan dasar dari *chip* semikonduktor dimulai dari *Ingot Growth* dimana silikon murni dilebur dan dibentuk menjadi kristal besar (*Ingot*). Kemudian *wafer slicing* ketika *Ingot* dipotong menjadi irisan tipis yang disebut dengan *wafer*. Terakhir, *wafer* dipoles untuk menghasilkan permukaan yang sangat halus di *wafer polishing* (Campbell, 2008).

Proses pembuatan semikonduktor meliputi deposisi, pelapisan *photoresist*, litografi, *etching*, ionisasi, dan pengemasan. Deposisi adalah proses menambahkan lapisan tipis material berbahan konduktif, semikonduktif, atau dielektrik di atas *wafer* silikon melalui beberapa metode secara kimia *Chemical Vapor Deposition* (*CVD*) maupun fisik *Physical Vapor Deposition* (*PVD*). *CVD* menggunakan gas reaktif untuk membentuk lapisan tipis pada permukaan *wafer*, sedangkan *PVD* menggunakan proses fisik seperti *sputtering* yang digunakan untuk mendepositkan material (Jaeger & Blalock, 2011). Litografi adalah teknik untuk memindahkan pola sirkuit ke *wafer* meliputi proses *coating*, *exposure*, dan *development*. Dalam proses *coating*, *wafer* dilapisi dengan bahan yang peka terhadap cahaya (*photoresist*). Selanjutnya photoresist dipaparkan (*exposure*) cahaya ultraviolet melalui masker yang sesuai dengan pola sirkuit. Larutan pengembang digunakan untuk menghilangkan bagian photoresist yang terkena cahaya dengan cara mencelupkan *wafer* ke dalamnya (*development*), sehingga meninggalkan pola pada *wafer* (Van Zant, 2014). Proses *etching* menghilangkan material dari *wafer* untuk membentuk pola yang diinginkan dengan menggunakan larutan kimia untuk mengikis material secara isotropik (*Wet Etching*) dan gas plasma atau reaksi kimia plasma untuk mengikis material secara anisotropik (*Dry Etching*) (Sze & Ng, 2006). Ionisasi adalah proses menembakkan ion-ion dari unsur tertentu ke dalam *wafer* dengan energi tinggi untuk mengubah sifat listrik material, membentuk transistor, dan komponen lain (Jacob et al., 2008). Pengemasan sebagai langkah terakhir di mana *chip* yang telah mengalami proses dipotong dari *wafer* dan ditempatkan ke dalam paket pelindung. Pengemasan melibatkan proses *dicing* untuk memotong *wafer* menjadi *chip* individual, *mounting* untuk memasang *chip* ke dalam paket, *wire bonding* untuk menghubungkan *chip* ke kaki-kaki paket untuk menyediakan jalur listrik. Proses pengemasan melindungi *chip* dari kerusakan fisik dan lingkungan serta memungkinkan koneksi listrik ke sistem elektronik (Van Zant, 2014).

Peran *Process Engineer* (*PE*) dalam proses produksi semikonduktor

Peran *PE* dalam produksi semikonduktor sangat penting untuk memastikan setiap proses berjalan dengan efisien, berkualitas, dan berbiaya efektif. *PE* berperan aktif dalam mengidentifikasi dan memecahkan masalah teknik yang timbul selama proses produksi, seperti perubahan kualitas material atau kerusakan pada peralatan produksi. Alat kontrol proses statistik digunakan untuk mengidentifikasi dan mengatasi variasi yang dapat mempengaruhi kualitas produk (Jacob et al., 2008), sehingga masalah dapat dideteksi pada tahap awal dan *PE* dapat mengambil tindakan korektif untuk mencegah terjadinya cacat produk. Selain itu, optimalisasi parameter juga diperlukan untuk meningkatkan hasil dan mengurangi biaya. Optimalisasi mencakup penyesuaian variabel proses seperti suhu, tekanan, dan waktu reaksi untuk mencapai kondisi yang paling stabil dan efisien. Pengembangan dan implementasi teknologi baru dalam proses produksi juga melibatkan *PE* dalam penelitian dan pengembangannya yang bekerja sama dengan tim desain untuk produksi yang lebih efisien dan inovatif (Van Zant, 2014). Misalnya, dalam pengembangan material baru untuk lapisan semikonduktor, *PE* memainkan peran dalam pengujian dan validasi teknologi sebelum diterapkan secara luas dalam produksi. Selain itu, *PE* juga bekerja sama dengan tim kualitas untuk memastikan setiap *chip* yang diproduksi memenuhi standar kualitas yang ketat. Pengembangan dan penerapan prosedur kontrol kualitas digunakan untuk mendeteksi dan mengeliminasi produk yang cacat. Proses ini melibatkan inspeksi visual,

 ISSN 2987-677X

pengujian fungsi, dan penggunaan alat ukur presisi untuk memastikan bahwa setiap *chip* memenuhi spesifikasi yang ditetapkan (Campbell, 2008).

Meskipun proses produksi *chip* semikonduktor telah sangat maju, masih ada berbagai kendala yang dapat mempengaruhi kualitas dan efisiensi produksi. Beberapa kendala umum meliputi variasi dalam bahan baku, fluktuasi lingkungan produksi, dan kegagalan peralatan. *PE* harus siap menghadapi tantangan ini dengan cepat dan efektif, menggunakan pengetahuan teknis mereka untuk menemukan solusi yang tepat (Kang & Leblebici, 2002).

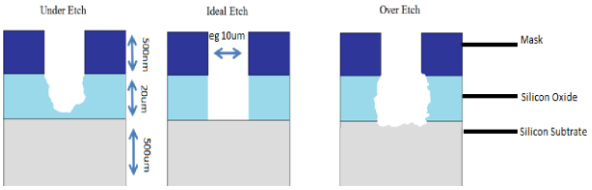
Proyek yang dibahas dalam laporan ini berfokus pada pembuatan *chip DRAM*. Secara tradisional, proses produksi *DRAM* memerlukan teknik litografi yang paling canggih. Namun, ada keterbatasan proses litografi yang tidak mampu menciptakan lubang yang cukup kecil untuk menyesuaikan dengan kebutuhan semikonduktor dalam *DRAM* (Ito & Okazaki, 2000), sehingga diperlukan pengendapan gas dalam proses *dry etching* untuk menghasilkan *critical dimension* (*CD*) yang diinginkan. Untuk mendapatkan ukuran yang kecil dalam proses *dry etching* timbul kesulitan untuk mempertahankan kedalaman sehingga akan terjadi proses *under-etching*.

Metode

Metode yang digunakan pada penulisan makalah ini melibatkan tahapan identifikasi permasalahan, dilanjutkan dengan analisis dampak perubahan parameter untuk mengidentifikasi solusi yang sesuai. Studi mekanisme parameter berdasarkan studi literasi.

Hasil Kerja

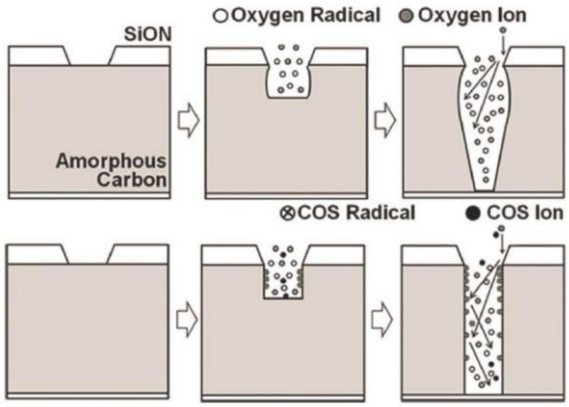
Perkembangan teknologi *DRAM* menunjukkan kemajuan yang signifikan dengan ukuran yang semakin kecil. Ukuran yang semakin kecil berkaitan dengan pengurangan dimensi kritis (*Critical Dimension* atau *CD*). *CD* mengacu pada ukuran terkecil dari fitur geometris pada *chip* yang mempengaruhi kinerja dan kapasitas memori. Pengurangan ukuran *CD* memungkinkan peningkatan densitas memori pada *chip DRAM*, efisiensi energi yang lebih baik, dan meningkatkan kecepatan akses serta pengiriman data. Meskipun memiliki banyak manfaat, pengurangan ukuran *CD* juga menghadirkan tantangan dalam proses manufaktur. Terdapat keterbatasan dalam proses litografi (Ito & Okazaki, 2000), serta proses *dry etching* yang memerlukan tingkat presisi yang lebih tinggi untuk menghindari proses *over-etching* atau *under-etching* (Pugh, 2013). Proses *dry etching* diperlukan untuk memastikan bahwa ukuran *CD* dapat dipertahankan secara konsisten selama proses produksi. Gambar 1 menunjukkan risiko *under-etch* terjadi ketika lapisan tidak sepenuhnya dihilangkan, proses *dry etching* yang ideal terjadi ketika lapisan dapat dihilangkan sepenuhnya, dan *over-etch* terjadi ketika lapisan material berikutnya mulai dihilangkan.



Gambar 1 Risiko yang bisa terjadi dalam proses *etching* (Pugh, 2013)

Proyek yang akan dibahas dalam laporan ini berfokus pada salah satu lapisan di produk *DDR5* (*Double Data Rate 5*) yang merupakan jenis memori *DRAM* yang merupakan generasi kelima dari teknologi *DDR*. *DDR5* memiliki kecepatan transfer data yang lebih tinggi dibandingkan generasi sebelumnya dan ukuran *CD* yang jauh lebih kecil. Hal ini menimbulkan hambatan dalam proses *dry etching* untuk mendapatkan hasil yang sama dengan generasi sebelumnya karena adanya risiko *under-etching*.

Sebelumnya, penyesuaian parameter (*recipe parameter adjustment* atau *RPA*) pada salah satu lapisan ini dilakukan dengan mengontrol aliran gas CH_2F_2. CH_2F_2 adalah gas *etching* dengan kemurnian tinggi yang digunakan dalam pembuatan semikonduktor. Penggunaan gas CH_2F_2 dalam proses *etching* SiN menghasilkan selektivitas yang tinggi dengan profil *CD* yang baik tanpa merusak material lain seperti SiO_2 atau poly-Si (Hsiao et al., 2021). Namun dalam penerapannya, ditemukan pengendapan lapisan karbon pada permukaan *wafer* yang mengurangi presisi dan kontrol terhadap ukuran *CD* dan menimbulkan risiko *under-etching* (Kim et al., 2020).



Gambar 2 Mekanisme *etching* dengan gas COS/O_2 pada layer karbon amorphous (Kim et al., 2013)

Dalam proyek ini, terjadi perubahan RPA dari gas CH_2F_2 di tahap keempat menjadi gas COS (*Carbonyl Sulfide*)/O_2 (Oksigen) di tahap ketujuh dan kesembilan belas. Perubahan RPA ini diharapkan dapat mencegah risiko yang ditimbulkan oleh gas CH_2F_2 seperti berkurangnya kontrol *CD* dan risiko *under-etching*. Gas COS dan O_2 adalah dua gas yang dapat digunakan dalam proses pembuatan semikonduktor, khususnya dalam proses *dry etching* dengan plasma dan deposisi lapisan tipis. Penggunaan gas COS/O_2 dapat menghasilkan laju *etching* yang cukup tinggi, sehingga

 ISSN 2987-677X

proses penghilangan lapisan karbon dapat dilakukan dengan efisien dan pengendalian yang lebih baik terhadap profil *CD* (Kim et al., 2020).

Mekanisme penggunaan gas COS/O_2 dalam proses *dry etching* layer karbon *amorphous* telah dipelajari di berbagai penelitian (Kim et al., 2013). Gambar 2 menjelaskan bagaimana gas COS dan O_2 dialirkan secara bersamaan ke dalam reaktor plasma untuk *etching* lapisan karbon, gas COS dan O_2 akan dipecah menjadi ion dan radikal yang sangat reaktif. Ion dan radikal O_2 akan terlebih dahulu menciptakan struktur seperti mangkuk sehingga dapat memperbesar *CD* di awal dan menciptakan kesempatan yang lebih baik untuk *etching* lebih dalam ke dalam karbon. Setelah itu, ion dan radikal COS akan mengisi ruang tersebut dan menciptakan profil yang lurus dan mengurangi risiko *under-etching*. Implementasi perubahan ini diharapkan tidak hanya meningkatkan efisiensi proses *etching*, tetapi juga memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kualitas dan konsistensi hasil produksi semikonduktor.

Kesimpulan

Proses produksi *chip* semikonduktor, terutama untuk *DRAM* generasi terbaru seperti *DDR5*, menghadapi tantangan dalam mempertahankan ukuran *critical dimension* (*CD*) yang semakin kecil. Penggunaan gas CH_2F_2 dalam proses *etching* sebelumnya efektif namun menimbulkan pengendapan karbon yang mengurangi presisi *CD*. Perubahan penyesuaian parameter proses (*RPA*) ke penggunaan gas COS/O_2 menunjukkan peningkatan dalam laju etching dan kontrol profil *CD*, mengurangi risiko *under-etching*, dan meningkatkan efisiensi proses produksi. Peran *Process Engineer* (*PE*) sangat penting dalam mengimplementasikan perubahan ini dan memastikan kualitas produk semikonduktor.

Ucapan Terima kasih

Pada akhirnya, penulis dapat menyelesaikan makalah ini dengan baik dengan bantuan dan dukungan dari banyak pihak dalam penelitian ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Micron Technology Taiwan sebagai tempat penulis bekerja atas dukungan dan kesempatan yang telah diberikan dalam pengembangan dan penyelesaian makalah ini. Dukungan dan fasilitas yang disediakan oleh perusahaan telah berperan penting dalam keberhasilan proyek ini.
2. Mo Yu selaku manager di departemen *dry etch* yang telah memberikan bimbingan, saran, dan kerjasama yang berharga sepanjang penelitian ini.
3. Hansen Chen, Lydia Chiang, Yung-Shan Chang, Bevis Chang, Jarvis Hsu, Chien-Yu Hsieh, Mark Chen, dan Ayaka Kanno selaku rekan-rekan atas kerjasama dari awal penelitian hingga penerapan dan studi kelayakan pada proses produksi.

Referensi

Semiconductor Industry Association (2021). State of the U.S Semiconductor Industry. Diunduh dari https://www.semiconductors.org/ pada 5 Mei 2024.

Brown, S., & Vranesic, Z. (2013). Fundamentals of Digital Logic with VHDL Design. McGraw-Hill Education.

Campbell, S. A. (2008). The Science and Engineering of Microelectronic Fabrication. Oxford University Press.

Jaeger, R. C., & Blalock, T. N. (2011). Microelectronic Circuit Design. McGraw-Hill Education.

Van Zant, P. (2014). Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing. McGraw-Hill Education.

Sze, S. M., & Ng, K. K. (2006). Physics of Semiconductor Devices. Wiley-Interscience.

Jacob, B., Ng, S., & Wang, D. T. (2008). Memory Systems: Cache, DRAM, Disk. Morgan Kaufmann.

Kang, S. M., & Leblebici, Y. (2002). CMOS Digital Integrated Circuits: Analysis and Design. McGraw-Hill.

Ito, T., & Okazaki, S. (2000). Pushing the limit of lithography. Nature, 406, 1027.

Pugh, C. J. (2013). End Point Detection in Reactive Ion Etching (Doctoral thesis). London: University College London.

Hsiao, S.-N., Ishikawa, K., Hayashi, T., Ni, J., Tsutsumi, T., & Hori, M. (2021). Selective etching of SiN against SiO2 and poly-Si films in hydrofluoroethane chemistry with a mixture of CH2FCHF2, O2, and Ar. Applied Surface Science, 530, 148439. http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2020.148439.

Kim, J. K., Cho, S. I., Kim, N. G., Jhon, M. S., Min, K. S., Kim, C. K., & Yeom, G. Y. (2013). Characteristics of Carbon Films Using COS/O2 Plasma in Semiconductor Manufacturing. Journal of Vacuum Science & Technology A, 31(2), 021301-1.

Kim, H., Moon, S., Lee, J., Park, K., Lee, D., Kim, M., Cho, S., Chung, W., Kang, D., Kim, S., Han, J., & Yoon, S. (2020). Etching Characteristics of Carbon Films Using COS/O2 Plasma in Semiconductor Manufacturing. IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, 33(1).

 ISSN 2987-677X

Sistem Back Up PLN ATS AMF Menggunakan Genset 75Kw

Yerry Topan A[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ andrew_sby@ukwms.ac.id

Energi merupakan salah satu kebutuhan penting bagi manusia, khususnya energi listrik. Saat ini kebutuhan energi listrik terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah populasi manusia dengan berbagai macam kebutuhan dan fungsi sumber energi listrik itu sendiri. Hal ini bisa dilihat dalam kehidupan sehari–hari, hampir setiap bangunan membutuhkan energi listrik, seperti: rumah penginapan, restauran, tempat wsata, hotel, maupun bangunan-bangunan lainnya. Dalam operasionalnya, gedung- gedung tersebut pasti memerlukan sistem perancangan distribusi listrik yang baik, aman dan berkualitas. Oleh karena itu kami membuat Back up sistem PLN menggunakan sistem ATS AMF bertujuan untuk mengoptimalkan pasokan listrik sehingga jika terjadi kegagalan sumber utama tidak menjadi masalah bagi cottage Wgarden. Dari proses implementasi mendapatkan hasil sebagai berikut : 1. Pada studi kasus ini pemasangan penggalian *trench* sudah sesuai yang di harapkan juga melihat juga sisi keamanan kabel, jenis kabel yang di gunakan dan juga menambahkan isolasi berupa pipa HDPE PN10 untuk melapisi kabel yang ada di dalam tanah. 2. Pada hasil pengujian waktu saat sumber PLN padam lalu genset start dan sumber PLN kembali normal dapat diambil kesimpulan bahwa settingan waktu harus disetting 5 detik pada modul dse dengan tujuan memastikan sumber PLN benar – benar padam dan sumber PLN benar – benar hidup agar nantinya pengujian tersebut dapat terjadi dengan optimal untuk digunakan pada tempat permintaan konsumen dan sesuai dengan kebutuhan konsumen.

Kata kunci: PLN, ATS, AMF, Genset

Pendahuluan

Energi merupakan salah satu kebutuhan penting bagi manusia, khususnya energi listrik. Saat ini kebutuhan energi listrik terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah populasi manusia dengan berbagai macam kebutuhan dan fungsi sumber energi listrik itu sendiri. Hal ini bisa dilihat dalam kehidupan sehari–hari, hampir setiap bangunan membutuhkan energi listrik, seperti: rumah penginapan, restauran, tempat wsata, hotel, maupun bangunan-bangunan lainnya. Dalam operasionalnya, gedung- gedung tersebut pasti memerlukan sistem perancangan distribusi listrik yang baik, aman dan berkualitas. Ketersediaan energi listrik diharapkan mampu memenuhi kebutuhan beban secara maksimal, sehingga tidak mempengaruhi kerja peralatan baik disisi pengguna maupun pengelola sistem kelistrikan. Namun pada kenyataannya, sumber energi listrik khususnya listrik negara, sering kali tidak dapat menyalurkan sumber energi listrik secara terus-menerus karena adanya gangguan maupun pemadaman listrik. Pada kondisi ini beban tidak akan mendapat suplai energi listrik yang sesuai, hal ini dapat menyebabkan kerugian bagi konsumen khususnya pada bangunan industri.

Oleh karena itu dibutuhkan suatu sumber energi listrik alternatif sebagai sumber energi cadangan, untuk mengendalikan kedua sumber ini dapat digunakan suatu sistem otomatis, yaitu Panel ATS-AMF. Panel Automatic Transfer Switch–Automatic Main Falure (ATS-AMF) merupakan seperangkat sistem yang berfungsi untuk mengatur pergantian dua atau lebih sumber energi listrik secara otomatis, seperti dari power listrik negara ke power generator-set. Dimana AMF berfungsi sebagai start otomatis genset jika PLN padam, sedangkan ATS berfungsi untuk memindahkan sumber PLN ke genset dan sebaliknya, pada prinsipnya Panel ATS-AMF dapat menggantikan fungsi operator manual dalam pergantian sumber energi listrik..

Sistem Yang di Gunakan

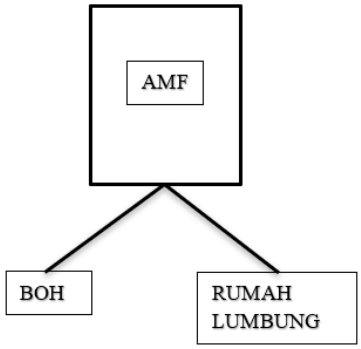
Pada proyek kali ini system yang akan digunakan adalah sistem ATF (Automatic Transfer Switch dan AMF (Automatic Main Failure). Sistem ini adalah sistem yang paling baik dan efisien digunakan untuk backup dengan genset berkapasitas besar karena selain dapat melakukan switch tegangan secara otomatis sistem ini juga dapat melakukan perawatan, seperti charge accu

 ISSN 2987-677X

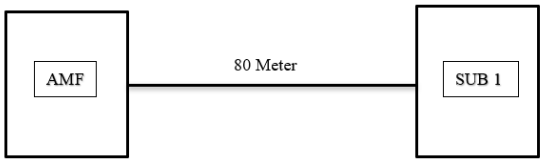
dan melakukan diagnosa kesalahan yang muncul ketika genset gagal start, sehingga dapat menggantikan peran operator dalam melakukan perpindahan sumber tegangan.

Hasil Kerja

Jarak Tempat Yang Akan di Supply PLN



Gambar 1. Distribusi AMF



Gambar 2. AMF to Sub 1

Pada studi kasus ini pengukuran jarak kabel jarak yang sudah di ukur tidak terlalu jauh, pemilihan jenis kabel dan penambahan isolasi kabel juga mendukung efisiensinya energy yang di salurkan, sehingga tidak ada penurunan daya dan penurunan tegangan yang sangat signifikan.

Owner Tidak Menginginkan Kabel Tampak (*Underground Cable)*

Pada studi kasus ini pemasangan penggalian trench sudah sesuai yang di harapkan juga melihat juga sisi keamanan kabel, jenis kabel yang di gunakan dan juga menambahkan isolasi berupa pipa HDPE PN10 untuk melapisi kabel yang ada di dalam tanah.

Sumber Listrik PLN Yang Akan di Gantikan Secara Otomatis Dengan Sumber Listrik Dari Genset

- Pada hasil pengujian waktu saat sumber PLN padam lalu genset start dan sumber PLN kembali normal dapat diambil kesimpulan bahwa settingan waktu harus disetting 5 detik pada modul dse dengan tujuan memastikan sumber PLN benar – benar padam dan sumber PLN benar – benar hidup agar nantinya pengujian tersebut dapat terjadi dengan optimal untuk digunakan pada tempat permintaan konsumen dan sesuai dengan kebutuhan konsumen.
- Pada hasil pengujian waktu saat backup load dari genset ke beban dapat diambil kesimpulanbahwa settingan waktu harus disetting 15 detik pada modul dse 4520 MKII dengan tujuan menunggu tegangan, frekuensi dan rpm stabil. Agar nantinya alat-alat yang dipakai dari suplai beban genset tidak rusak karena digunakan dibawah tegangan dan frekuensi yang semestinya.
- Pada hasil pengujian waktu saat genset cooling down dapat diambil kesimpulan bahwa settingan waktu harus di setting 60 detik pada modul dse 4520 MKII dengan tujuan menjaga agar saat sumber PLN tiba – tiba padam lagi, proses cooling down genset belum berhenti agar proses perpindahan backup load genset ke beban terjadi dengan cepat tanpa pengulangan proses waktu dari awal.
- Pada hasil pengujian proteksi suhu air pendingin mesin pada modul dse 4520 MKII. Dapat diambil kesimpulan bahwa harus selalu dijaga dan di perhatikan angka suhunya jangan sampai menyentuh angka 70°C yang apabila suhunya mencapai batas 70°C akan mengakibatkan mesin menjadi overheat dan genset akan shut down.
- Pada hasil pengujian tekanan oli mesin pada modul dse 4520 MKII. Dapat diambil kesimpulan tekanan oli mesin juga harus dijaga dan perhatikan angka oli barnya diangka 5.0 bar yang apabila tekanan oli mesinnya sudah menyentuh angka 1.8 bar maka genset akan shut down.

Tabel 1. Hasil pengujian perpindahan waktu saat PLN padam lalu genset start

NO	Percobaan ke (….)	Settingan Waktu Pada Modul (detik)	Apakah perpindahan berhasil ?
1	Percobaan ke 1	1 detik	Tidak
2	Percobaan ke 2	3 detik	Tidak
3	Percobaan ke 3	5 detik	Iya

 ISSN 2987-677X

Tabel 2. Hasil pengujian perpindahan saat sumber PLN kembali normal

NO	Percobaan ke (….)	Settingan Waktu Pada Modul (detik)	Apakah perpindahan berhasil ?
1	Percobaan ke 1	1 detik	Tidak
2	Percobaan ke 2	3 detik	Tidak
3	Percobaan ke 3	5 detik	Iya

Kesimpulan

Sistem ATS AMF dengan genset 75 kW memberikan solusi yang handal untuk memastikan kelangsungan pasokan listrik dalam situasi kegagalan pasokan listrik utama. Dengan kapasitas 75 kW, genset dapat menyediakan daya yang cukup untuk memasok listrik bagi kebutuhan kritis fasilitas.

Keberadaan sistem ATS AMF memastikan transfer daya dari sumber listrik utama ke genset secara otomatis saat terjadi kegagalan. Hal ini mengurangi risiko intervensi manusia yang dapat memperlambat respons dan meningkatkan kehandalan sistem.

Ucapan Terima kasih

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa penyusun panjatkan atas segala rahmat, hidayah-Nya, sehingga dapat penyelesaikan proyek ini sebagai syarat kelulusan program study insinyur untuk menjadi Keinsinyuran dengan baik. Penyusunan Laporan Praktik Keinsinyuran dan proyek ini tentu tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak untuk itu penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Ivan Gunawan, S.T., M.MT., CSCM., IPM., ASEAN Eng. selaku Ketua Program Pendidikan Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

2. Ir. Dra. Adriana Anteng Anggorowati,MSI.s ebagai dosen pembimbing yang dengan penuh kesabaran dalam memberikan arahan serta bimbingannya dalam menyusun laporan ini.

3. Ir. Surya Agustinus, ST, MT sebagai dosen pembimbing lapangan yang dengan penuh kesabaran dalam memberikan arahan serta bimbingannya dalam menyusun laporan ini.

4. Seluruh Dosen Program Studi Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya yang telah memberikan ilmu di masa perkuliahan.

5. Pekerja W garden kediri Jawatimur.

6. Keluarga serta teman-teman atas semangat dan dukunganya.

Dalam penyusunan Laporan Praktik Keinsinyuran ini masih banyak kekurangan dan keterbatasan yang jauh dari kesempurnaan.

.Referensi

Alfith, A. (2017). Optimalsasi ATS (Automatic Transfer Switch) pada Genset (Generator Set) 2800 Watt Berbasis TDR. Institut Teknologi Padang. Hlm, 226-232.

Apriani, Y., Bagaskara, M. R., Hurairoh, M., Oktaviani, W. A., & Sofian, I. M. (2021). The Automatic Monitoring System for PLTB, PLTS, and PLN based on The Internet of Things (IoT) Using Sonoff Pow R2. Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education), 6(2), 174-182

Duyo, R. A. (2020). Analisis Penyebab Gangguan Jaringan Pada Distribusi Listrik Menggunakan Metode Fault Tree Analysis Di Pt. Pln (Persero) Rayon Daya Makassar. VERTEX ELEKTRO, 12(2), 1-12.

Fehr, S. J. (2017). Emergency diesel-electricgenerator set maintenance and test periodicity. Old Dominion University.

Aribowo, D., Desmira, D., & Fauzan, D. A. (2020, November). Sistem Perawatan Mesin Genset Di Pt (Persero) Pelabuhan Indonesia Ii. In Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP (Vol. 3, No. 1, pp. 580-594).

Tsauri, I. S., & Hendarto, D. (2017). Rancang Bangun Perangkat Automatic Transfer Switch (ATS) Genset 1.200 VA sebagai Energi Listrik Cadangan. Jurnal Teknik Elektro dan Sains, 4(2).

Panduit, "Air Circuit Breakers (ACBs) for Circuit Protection," [Online]. Available: https://www.panduit.com/en/solutions/industry-solutions/energy-utilities/power-distribution-and-control/air-circuit-breakers-acbs-for-circuit-protection.html. [Accessed: 19-Jan-2022].

Schneider Electric, "Air Circuit Breakers (ACB) - Working, Different Types, Components and Its Applications," [Online]. Available: https://www.electrical4u.com/air-circuit-breaker-acb-working-types-and-its-applications/. [Accessed: 19-Jan-2022].

ABB, "Air circuit breakers (ACB)," [Online]. Available: https://new.abb.com/low-voltage/products/circuit-breakers/air-circuit-breakers-acb. [Accessed: 19-Jan-2022].

"Timer - Wikipedia," [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Timer. [Accessed: 19-Jan-2022].

Techopedia, "Timer - Definition," [Online]. Available: https://www.techopedia.com/definition/15129/timer. [Accessed: 15-Mei-2024].

 ISSN 2987-677X

"What is a Timer? - Definition from Techopedia," [Online]. Available: https://www.techopedia.com/definition/15129/timer. [Accessed: 15-Mei-2024].

Battery University, "BU-401a: Charging an AGM Battery," [Online]. Available: https://batteryuniversity.com/learn/article/charging_the_lead_acid_battery. [Accessed: 15-Mei-2024].
BatteryStuff, "Battery Charger Tutorial," [Online]. Available: https://www.batterystuff.com/blog/battery-charger-tutorial.html . [Accessed: 15-Mei-2024].

NOCO, "Understanding Battery Chargers," [Online]. Available: https://no.co/battery-chargers. [Accessed: 19-Jan-2022].Undang-undang Republik Indonesia Nomor 2 tahun 1989 tentang sistem Pendidikan Nasional. 1990. Jakarta : PT Armas Duta Jaya.

ISSN 2987-677X

Sensor Ultrasonik sebagai Sistem Pengendali Aliran Air pada Depo Air

Muhammad Imam Ghozali[12], Tarsisius Dwi Wibawa Budianta[2], Wibowo Harry Sugiharto[12], Alif Catur Murti[12]

[1] Program Studi Teknik Informatika, Universitas Muria Kudus, Indonesia

[2] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ imam.ghozali@umk.ac.id

Air sangat penting untuk kehidupan di bumi. Keberadaan air tawar di darat membuat manusia harus berpikir jangka panjang untuk mengantisipasi kekeringan. Air tawar untuk kebutuhan dapur harus diolah terlebih dahulu untuk membunuh mikroorganisme. Salah satu cara pengolahan adalah dengan penyaringan. Prosesnya meliputi air dipompa dari tangki penampung, lalu masuk ke tangki pengendapan dengan tekanan O_3 (ozon), kemudian disaring untuk mencegah benda asing masuk, dan terakhir melalui filter sinar ultraviolet untuk membunuh mikroorganisme. Penggunaan sensor aliran air dan mikrokontroler Arduino membantu mengontrol penggunaan air per galon dan mengurangi pemborosan.

Kata kunci: air, ultrasonik, depo, sensor

Pendahuluan

Air merupakan sumber kehidupan, yang tanpanya tidak ada makhluk hidup yang dapat bertahan lama di muka bumi(Abu Hasan, Muhammad, & Ismail, 2020; Jin, Sun, Ren, & Huang, 2023). Air bersifat terbatas dan tidak dapat diperbaharui, sehingga kemampuan untuk memenuhi dan menangani kebutuhan manusia sangat diperlukan. Sebagai sumber penyediaan air, kelestarian air harus dijaga agar dapat dimanfaatkan sebesar-besarnya untuk menunjang kehidupan manusia (Pasal 33 UUD 1945). Menurut (Sutjahjo, Anggraini, & Pamekas, 2011) rata-rata konsumsi air minum di kota besar untuk rumah sederhana berkisar antara 135-145 liter/orang/hari, rumah menengah antara 146-155 liter/orang/hari, dan rumah mewah antara 156-245 liter/orang/hari. Depot air merupakan salah satu alternatif untuk memperoleh air minum siap konsumsi.

Sayangnya, permasalahan di atas sangat mempengaruhi biaya yang dikeluarkan untuk melayani pelanggan (Asoka, 2020; Purnomo & Indonesia, 2019). Majunya teknologi saat ini menghadirkan tantangan baru, di mana sistem pengolahan air harus lebih efisien dan hemat biaya. Salah satu tantangan terbesar adalah mengontrol penggunaan air agar tidak ada yang terbuang sia-sia, terutama ketika galon tidak terpasang dengan benar. Tanpa kontrol yang baik, pemborosan air bisa terjadi, yang pada akhirnya meningkatkan biaya operasional depot air dan mengurangi efisiensi.

Sebagai solusi, penggunaan teknologi modern seperti sensor aliran air dan mikrokontroler Arduino bisa sangat membantu(Fadlila, Iqbal, Iqbal, Dahlan, & Dahlan, 2023; Mahmudin, Adiprawiro, & Kurniawan, 2022; Mamat, Shazali, & Othman, 2022). Dengan mengotomatisasi proses pengolahan air, alat ini dapat mengontrol penggunaan air per galon secara lebih akurat, sehingga mengurangi pemborosan. Sensor aliran air akan mendeteksi jika galon tidak terpasang dengan benar dan menghentikan aliran air untuk menghindari tumpahan. Mikrokontroler Arduino akan mengendalikan sistem ini secara keseluruhan, memastikan setiap langkah pengolahan air berjalan sesuai prosedur. Dengan demikian, teknologi ini diharapkan dapat mengurangi biaya operasional dan meningkatkan efisiensi depot air.

Penelitian Terkait

Tabel 1 menunjukkan berbagai metode pengukuran aliran air, masing-masing dengan kelebihan dan kekurangannya. Metode kapasitif tidak memerlukan kontak langsung dengan air namun terpengaruh oleh jenis bahan wadah, metode resistif berbiaya rendah namun rentan terhadap korosi, metode tekanan sangat akurat tetapi mahal dan kompleks, dan float switch serta water level sensor sederhana dan murah namun kurang akurat dan dapat terpengaruh oleh kondisi lingkungan.

Berdasarkan kelebihan dan kekurangan ini, sensor ultrasonik dipilih karena menawarkan akurasi tinggi, tidak terpengaruh kondisi cahaya, dan dapat digunakan dalam berbagai kondisi lingkungan, menjadikannya pilihan terbaik untuk pengendalian aliran air pada depo air.

Table 1. Penelitian Terkait

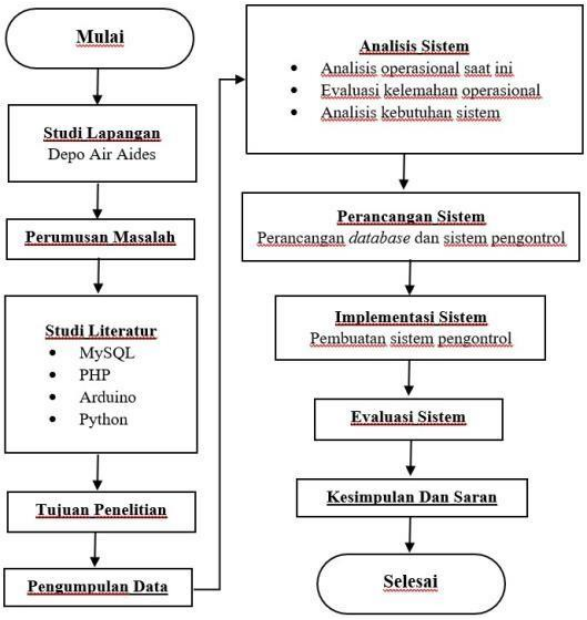
Metode	Kelebihan	Kekurangan	Sumber
Kapasitif	- Tidak memerlukan kontak langsung dengan air - Dapat mendeteksi berbagai jenis cairan - Sensitif terhadap perubahan level yang kecil	- Terpengaruh oleh jenis bahan wadah - Memerlukan kalibrasi yang tepat	(Chetpattananondh, Tapoanoi, Phukpattaranont, & Jindapetch, 2014; Jeurkar et al., 2020; Katman & Kaewpoonsuk, 2022; Kong et al., 2022; Malik, Somappa, Ahmad, Sonkusale, & Baghini, 2020)

 ISSN 2987-677X

Resistif	- Biaya rendah - Desain sederhana - Dapat digunakan untuk berbagai cairan konduktif	- Memerlukan kontak langsung dengan air - Terpengaruh oleh korosi dan endapan	(Almaaitah, Joksimovic, & Sajin, 2022; Baek et al., 2022; Heydari, Tabatabaei, & Rezai, 2022; Kim & Won Park, 2018)
Tekanan	- Akurasi tinggi - Dapat digunakan dalam berbagai kondisi lingkungan - Tidak terpengaruh oleh kotoran atau endapan	- Biaya lebih tinggi - Memerlukan instalasi yang lebih kompleks	(Ertezaei, Ponce, Dietrich, & Gruden, 2018; Sandro, Hairatunnisa, & Putra, 2021; Tawalbeh et al., 2023)
Float Switch	- Biaya rendah - Instalasi sederhana - Handal dalam lingkungan yang bervariasi	- Kurang akurat untuk pengukuran kontinu - Memerlukan ruang fisik yang cukup besar untuk bergerak	(Agussationo, Sepdian, & Rajanudin, 2022; Sihombing, Jaenul, Wilyanti, & Putri, 2022; Tombeng, Tedjo, & Lembat, 2018)
Ultrasonic Sensor	-Akurasi tinggi, - tidak terpengaruh kondisi cahaya, -dapat digunakan dalam berbagai kondisi lingkungan	- Terpenhgaruh oleh kebisingan lingkungan	(Ahmad et al., 2023; Azmi, Fawwaz, Muhathir, & Dharshinni, 2019; Baskhara, Anwar, & Abdurahman, 2021; Bello, Gana, Faruk, & Umar, 2018; Bresnahan et al., 2023; Jeswin, Marimuthu, & Chithra, 2017; Kang, David, Yang, Yu, & Ham, 2021; Khan, Kumar, & Sadistap, 2021; Pereira, de Carvalho, Mendes, & Formiga, 2022; Suryana, Paikun, & Ali Setyo Yudono, 2022; Tawalbeh et al., 2023; et al., 2020; Varun, Kumar, Chowdary, & Raju, 2018)

Tahapan Penelitian

Metode penelitian adalah cara dan tahapan yang digunakan peneliti untuk melakukan penelitian, mulai dari perumusan masalah hingga menemukan solusi yang sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Tahapan-tahapan ini harus jelas, saling berkaitan, dan sistematis untuk memastikan bahwa penelitian berjalan dengan baik dan menghasilkan hasil yang valid. Alur penelitian yang sistematis dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Alur Penelitian

Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian ini terbagi menjadi dua bagian, yaitu perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras bertujuan untuk menganalisis, menyiapkan persyaratan, dan merancang perangkat keras sebelum memasuki tahap pembuatan sistem. Sedangkan perancangan perangkat lunak bertujuan untuk mempersiapkan kebutuhan perangkat lunak sebelum diimplementasikan bersama perangkat keras.

Berdasarkan Gambar 2, perancangan flowchart diawali dengan mendekatkan galon pada jarak kurang dari 15 cm. Ketika sensor ultrasonik mendeteksi galon pada jarak tersebut, pompa dan solenoid akan berada pada posisi HIGH, sehingga pompa akan terus bekerja selama jumlah debit air yang diinginkan belum tercapai. Jika pembacaan data flow sensor sudah mencapai total debit air yang diinginkan, pompa dan solenoid akan berada pada posisi LOW. Setelah semua proses selesai, data total nilai debit air yang telah dibaca oleh flow sensor akan dikirimkan ke database untuk disimpan. Kemudian, data dari database akan ditampilkan ke web untuk pemantauan lebih lanjut.

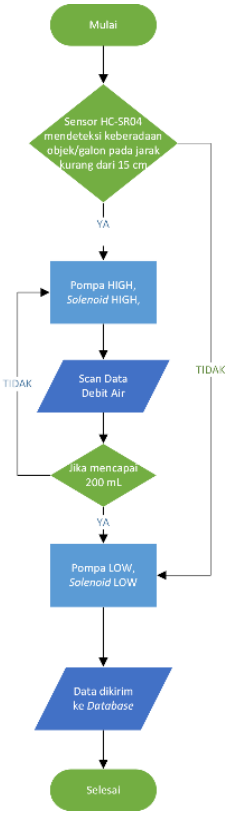
Pembahasan

Implementasi Sistem Kendali Air Galon

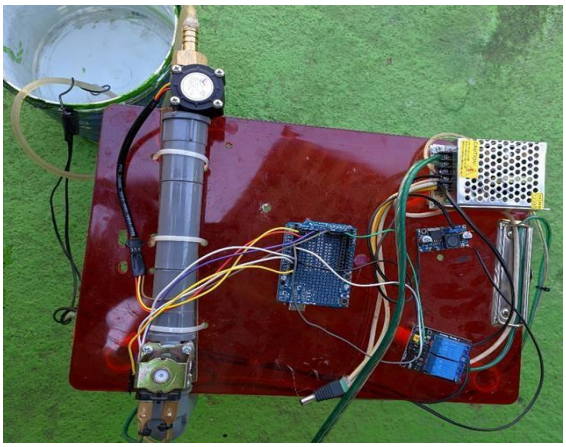
Tahap ini merupakan tahap di mana hasil perancangan perangkat lunak diintegrasikan dengan hasil perancangan perangkat keras. Gambar 3 menunjukkan bahwa ketika sensor HC-SR04 atau sensor ultrasonik mendeteksi galon, Arduino akan memerintahkan solenoid valve dan pompa melalui relay untuk menyala atau berada pada posisi HIGH. Pompa dan solenoid akan terus menyala selama debit air yang ditentukan belum terpenuhi, dengan perhitungan

 ISSN 2987-677X

jumlah debit air dilakukan oleh sensor aliran air. Setelah pengisian galon selesai, jumlah debit air yang telah terbaca oleh sensor aliran air akan dikirimkan ke Web Server dan kemudian ditampilkan pada tampilan web di browser, sesuai perancangan pada Gambar 3.



Gambar 2. Alur sistem



Gambar 3 Purwarupa Sistem Kendali Air Galon

Pengujian Sistem

Setelah tahap desain dan implementasi perangkat keras serta perangkat lunak selesai, langkah selanjutnya adalah tahap pengujian. Berikut adalah tabel keakuratan sensor aliran air. Pengujian menunjukkan bahwa terdapat variabilitas dalam tingkat akurasi sensor aliran air. Kesalahan (error) pengukuran berkisar antara 62% hingga 85%. Hal ini menunjukkan bahwa perlu dilakukan kalibrasi lebih lanjut atau peningkatan pada sensor untuk mengurangi tingkat kesalahan dan meningkatkan akurasi pengukuran.

Tabel 2 Akurasi sensor aliran air

Test ke-	Nilai Kalibrasi	Debit	Kaca	Sensor	Error
1	18.5	200mL	166	265	63%
2	18	200mL	132	211.4	62%
3	18	300mL	238	327.8	73%
4	19.5	300mL	260	328	79%
5	21	200mL	194	228.8	85%

Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan permasalahan yang terjadi pada kasus-kasus di atas, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini berhasil menunjukkan efektivitas sistem pengendalian air pada depo air. Sistem pengendalian air yang dibuat mampu memantau penggunaan air secara akurat, sehingga dapat meningkatkan efisiensi waktu dan penggunaan air. Dengan penerapan sistem ini, pemilik depo air dapat mengurangi pemborosan dan menghemat biaya pembelian air, yang secara keseluruhan meningkatkan efisiensi operasional depot air.

Referensi

Abu Hasan, H., Muhammad, M. H., & Ismail, N. I. (2020). A review of biological drinking water treatment technologies for contaminants removal from polluted water resources. *Journal of Water Process Engineering*. http://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.101035

Agussationo, Y., Sepdian, S., & Rajanudin, A. (2022). Rancang Bangun Water Level Control Berbasis Sonoff Smart Switch. *Jurnal Elektronika Listrik Dan Teknologi Informasi Terapan*. http://doi.org/10.37338/e.v4i1.234

Ahmad, U., Ali, H., Umer, M. H., Imran, A., Arif, A., & Ahmed Cheema, T. (2023). Microcontroller-based Sonar Ultrasonic Water Level Control System with Closed-loop Control Approach. *MATEC Web of Conferences*. http://doi.org/10.1051/matecconf/202338101008

Almaaitah, T., Joksimovic, D., & Sajin, T. (2022). Real-Time IoT-Enabled Water Management for Rooftop Urban Agriculture Using Commercial Off-the-Shelf Products. http://doi.org/10.3390/iocag2022-12235

Asoka, R. (2020). ANALISIS PERHITUNGAN HARGA POKOK PRODUKSI DAN PENETAPAN HARGA JUAL PADA DEPOT WIDI KARYA SUNGAI LILIN. *Jurnal Ekonomika*. http://doi.org/10.35334/jek.v11i1.1243

Azmi, F., Fawwaz, I., Muhathir, & Dharshinni, N. P. (2019).

Design of Water Level Detection Using Ultrasonic Sensor Based On Fuzzy Logic. *Journal of Information Technology Education: Research*. http://doi.org/10.31289/JITE.V3I1.2668

Baek, S., Lee, J. J., Shin, J., Kim, J. H., Hong, S., & Kim, S. (2022). Resistive Water Level Sensors Based on AgNWs/PEDOT:PSS-g-PEGME Hybrid Film for Agricultural Monitoring Systems. *ACS Omega*. http://doi.org/10.1021/acsomega.2c00017

Baskhara, H. A., Anwar, S., & Abdurahman. (2021). Design of Water Level Monitoring using Ultrasonic Sensor. In *Journal of Physics: Conference Series*. http://doi.org/10.1088/1742-6596/1772/1/012001

Bello, M. I., Gana, S. M., Faruk, M. I., & Umar, M. J. (2018). Autonomous ultrasonic based water level detection and control system. *Nigerian Journal of Technology*. http://doi.org/10.4314/njt.v37i2.29

Bresnahan, P., Briggs, E., Davis, B., Rodriguez, A. R., Edwards, L., Peach, C., … Merrifield, M. (2023). A LOW-COST, DIY ULTRASONIC WATER LEVEL SENSOR FOR EDUCATION, CITIZEN SCIENCE, AND RESEARCH. *Oceanography*. http://doi.org/10.5670/oceanog.2023.101

Chetpattananondh, K., Tapoanoi, T., Phukpattaranont, P., & Jindapetch, N. (2014). A self-calibration water level measurement using an interdigital capacitive sensor. *Sensors and Actuators, A: Physical*. http://doi.org/10.1016/j.sna.2014.01.040

Ertezaei, B., Ponce, L., Dietrich, A., & Gruden, C. (2018). Realtime water depth logger data as input to PCSWMM to estimate tree filter performance. *Journal of Water Management Modeling*. http://doi.org/10.14796/JWMM.C457

Fadlila, M. I., Iqbal, M., Iqbal, M., Dahlan, M., & Dahlan, M. (2023). Rancang Bangun Pengisian Bahan Bakar Menggunakan Sensor Waterflow dan Monitoring Penjualan Berbasis Arduino dan Delphi. *Jurnal Elektro Kontrol (ELKON)*. http://doi.org/10.24176/elkon.v3i1.9681

Gunawan, I., Akbar, T., & Giyandhi Ilham, M. (2020). Prototipe Penerapan Internet Of Things (Iot) Pada Monitoring Level Air Tandon Menggunakan Nodemcu Esp8266 Dan Blynk. *Infotek : Jurnal Informatika Dan Teknologi*. http://doi.org/10.29408/jit.v3i1.1789

Heydari, M. J. F., Tabatabaei, N., & Rezai, P. (2022). Low-Cost Resistive Microfluidic Salinity Sensor for High-Precision Detection of Drinking Water Salt Levels. *ACS Omega*. http://doi.org/10.1021/acsomega.2c00268

Jeswin, C., Marimuthu, B., & Chithra, K. (2017). Ultrasonic water level indicator and controller using AVR microcontroller. In *2017 International Conference on Information Communication and Embedded Systems, ICICES 2017*. http://doi.org/10.1109/ICICES.2017.8070773

Jeurkar, V., Inamdar, M., Kale, P., Khandelwal, A., Daware, S., & Patel, R. (2020). IOT Based Water Management System. In *2020 International Conference on Industry 4.0 Technology, I4Tech 2020*. http://doi.org/10.1109/I4Tech48345.2020.9102686

Jin, L., Sun, X., Ren, H., & Huang, H. (2023). Hotspots and trends of biological water treatment based on bibliometric review and patents analysis. *Journal of Environmental Sciences (China)*. http://doi.org/10.1016/j.jes.2022.03.037

Kang, S., David, D. S. K., Yang, M., Yu, Y. C., & Ham, S. (2021). Energy-efficient ultrasonic water level detection system with dual-target monitoring. *Sensors*. http://doi.org/10.3390/s21062241

Katman, R., & Kaewpoonsuk, A. (2022). AN EXPERIMENTAL KIT OF WATER LEVEL MEASUREMENT WITH LOW-COST CAPACITIVE SENSORS. *ICIC Express Letters, Part B: Applications*. http://doi.org/10.24507/icicelb.13.06.623

Khan, N., Kumar, P., & Sadistap, S. (2021). IoT enabled embedded ultrasonic sensor based water tank level system with pump switching control. In *AIP Conference Proceedings*. http://doi.org/10.1063/5.0043399

Kim, K., & Won Park, C. (2018). Paddling Posture Correction System Using IMU Sensors. *Journal of Sensor Science and Technology*.

Kong, N., Zhang, J., Hegh, D., Usman, K. A. S., Qin, S., Lynch, P. A., … Razal, J. M. (2022). Environmentally stable MXene ink for direct writing flexible electronics. *Nanoscale*. http://doi.org/10.1039/d1nr07387g

Mahmudin, M., Adiprawiro, S. N., & Kurniawan, M. F. O. (2022). Prototipe Sistem Pendeteksi Banjir Berbasis IoT (Internet Of Things). *UNISTEK*. http://doi.org/10.33592/unistek.v9i2.2337

Malik, S., Somappa, L., Ahmad, M., Sonkusale, S., & Baghini, M. S. (2020). A Fringing Field Based Screen-Printed Flexible Capacitive Moisture and Water Level Sensor. In *FLEPS 2020 - IEEE International Conference on Flexible and Printable Sensors and Systems*. http://doi.org/10.1109/FLEPS49123.2020.9239552

Mamat, N. H., Shazali, H. A., & Othman, W. Z. (2022). Development of a Weather Station with Water Level and Waterflow Detection using Arduino. In *Journal of Physics: Conference Series*. http://doi.org/10.1088/1742-6596/2319/1/012020

Pereira, T. S. R., de Carvalho, T. P., Mendes, T. A., & Formiga, K. T. M. (2022). Evaluation of Water Level in Flowing Channels Using Ultrasonic Sensors. *Sustainability (Switzerland)*. http://doi.org/10.3390/su14095512

 ISSN 2987-677X

Purnomo, A., & Indonesia, P. P. (2019). Analisis Rute Distribusi Dengan Metode Capacity Vehicle Routing Problem (Cvrp) Pada Produk Coca Cola Di Pusat Distribusi. *Industrial Engineering Journal*.

Sandro, T., Hairatunnisa, H., & Putra, M. (2021). Analisis Kinerja Sensor Water Level - Pressure Transducer (Studi Kasus Automatic Weather System Di Pelabuhan Merak). *ELECTRICES*. http://doi.org/10.32722/ees.v2i2.3588

Sihombing, J., Jaenul, A., Wilyanti, S., & Putri, N. (2022). Prototype of Drainage Water Level Monitoring System Using Internet of Things (IoT) Based Web. *SMARTICS Journal*. http://doi.org/10.21067/smartics.v8i2.7559

Suryana, A., Paikun, & Ali Setyo Yudono, M. (2022). Fluid Volume Detector on a Horizontal Tube Using an Ultrasonic-based Water Level Sensor. *FIDELITY : Jurnal Teknik Elektro*. http://doi.org/10.52005/fidelity.v4i1.80

Sutjahjo, N., Anggraini, F., & Pamekas, R. (2011). Konsumsi dan Pelanggan Air Minum Di Kota Besar dan Metropolitan. *Jurnal Permukiman*. http://doi.org/10.31815/jp.2011.6.138-146

Tawalbeh, R., Alasali, F., Ghanem, Z., Alghazzawi, M., Abu-Raideh, A., & Holderbaum, W. (2023). Innovative Characterization and Comparative Analysis of Water Level Sensors for Enhanced Early Detection and Warning of Floods. *Journal of Low Power Electronics and Applications*. http://doi.org/10.3390/jlpea13020026

Tombeng, M. T., Tedjo, C. A., & Lembat, N. A. (2018). Implementasi Sistem Pengontrolan Tower Air Universitas Klabat Menggunakan Mikrokontroler. *CogITo Smart Journal*. http://doi.org/10.31154/cogito.v4i1.102.60-71

Varun, K. S., Kumar, K. A., Chowdary, V. R., & Raju, C. S. K. (2018). Water Level Management Using Ultrasonic Sensor(Automation). *International Journal of Computer Sciences and Engineering*. http://doi.org/10.26438/ijcse/v6i6.799804

ISSN 2987-677X

Rekonfigurasi Single Busbar menjadi Double Busbar GI 150 kV Bulukandang untuk Meningkatkan Kehandalan Sistem

Dody Hary Sasmito[1] Riyan Mulyadi[1] Galuh Kurniawan Setia Putra[1] Rasional Sitepu[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ dody.kencana177@gmail.com

✉ riyan.kencana177@gmail.com

✉ galuh.kencana177@gmail.com

✉ rasional@ukwms.ac.id

Pada Gardu Induk 150 kV Bulukandang terdapat 4 Bay Eksisting yaitu Bay Lawang, Bay Bangil, Bay Trafo 1 dan Bay Trafo 2. Kondisi saat ini, 2 Bay Line (Bay Lawang dan Bay Bangil) sudah menerapkan rekonfigurasi double busbar dan 2 Bay Trafo (Bay Trafo 1 dan Bay Trafo 2) masih menggunakan rekonfigurasi single busbar. Sehingga operator Gardu Induk PLN saat melaksanakan manuver padam atau pemeliharan khususnya pada Bay Trafo 1 dan Bay Trafo 2 sangatlah sulit dikarenakan kondisi saat ini 2 Bay Trafo tersebut masih menggunakan rekonfigurasi single Busbar maka dari itu di lakukan sebuah tindakan untuk mempermudah hal tersebut dengan penambahan busbar 2 (Double Busbar) pada Bay Trafo 1 dan Bay Trafo 2, Sehingga saat pelaksanaan manuver padam dan pemeliharaan bisa mempermudah perpindahan dari Busbar 1 ke Busbar 2 dan memperhandal kehandalan sistem PLN saat terjadi gangguan.

Kata kunci: Gardu Induk 150 kv Bulukandang, Rekonfigurasi single busbar, rekonfigurasi double busbar.

I. PENDAHULUAN

a. Latar belakang

Gardu Induk 150 kV Bulukandang merupakan salah satu Gardu Induk milik PT. PLN (Persero) UPT Probolinggo yang terletak di Pandaan. Saat ini Gardu Induk 150 kV Bulukandang merupakan Gardu Induk yang menopang beban Listrik dikawasan wisata area pandaan dan sekitarnya. Sehingga saat pelaksanaan pemeliharaan rutin oleh PLN diwajibkan di jadwal-jadwal tertentu dikarenakan kondisi sistem di Gardu Induk 150 kV Bulukandang masih menggunakan rekonfigurasi single busbar. melihat kondisi tersebut PT. PLN (Persero) UPT Probolinggo mengadakan tender terbuka untuk pemilihan calon penyedia barang dan jasa, pada proses tender tepilihlah Main Kontraktor terpilih PT. Kencana Alam Putra Surabaya. Sehingga saat manuver kebutuhan pemeliharaan bisa mempermudah perpindahan dari busbar 1 ke busbar 2 dan memperhandal kehandalan sistem saat terjadi gangguan.

b. Rumusan Masalah

Berikut adalah beberapa masalah yang ditinjau dalam pelaksanaan pekerjaan Penyempurnaan Rekonfigurasi Single Busbar menjadi Double Busbar GI 150kV Bulukandang yaitu :

1. Apa dampak dari penambahan Double Busbar Gardu Induk 150 kV Bulukandang terhadap kehandalan sistem?

c. Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari pelaksanaan pekerjaan Penyempurnaan Rekonfigurasi Single Busbar menjadi Double Busbar GI 150kV Bulukandang yaitu :

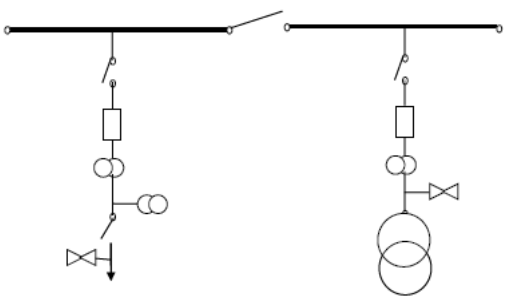
1. Pemasangan Double Busbar untuk meningkatkan kehandalan sistem di GI 150 kV Bulukandang.

Dalam penyusunan artikel praktik keinsiyuran ini permasalahan akan dibatasi sampai dengan permasalahan seputar Gardu Induk.

II. METODOLOGI

a. Landasan Teori

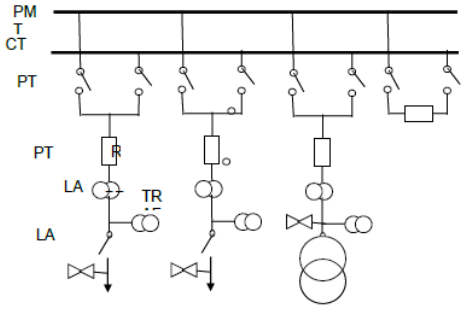
1. Menurut Buku Gardu Induk, Drs. M. Mustaghfirin Amin, MBA, 2014. Single Busbar adalah Gardu Induk yang hanya mempunyai satu (single) Busbar pada umumnya gardu dengan system ini adalah gardu induk yang berada pada ujung atau akhir suatu system transmisi. Pada rekonfigurasi single busbar saat pemeliharaan sangatlah susah dan membutuhkan padam.



Gambar 1. Single line diagram gardu induk sistem single busbar

 ISSN 2987-677X

2. Menurut Buku Gardu Induk, Drs. M. Mustaghfirin Amin, MBA, 2014. Double Busbar adalah Gardu Induk yang mempunyai dua (double) busbar, Gardu Induk system double busbar sangat efektif untuk mengurangi terjadinya pemadaman beban khususnya saat melakukan perubahan system (manuver system). Sehingga keunggulan double busbar dapat memperhandal kehandalan sistem PLN.



Gambar 2. Single line diagram gardu induk sistem double busbar

b. Diagram Alir Metodologi



c. Pengumpulan Data

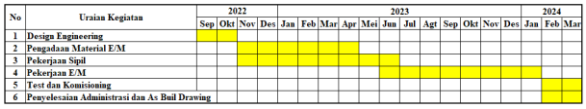
Data Umum Proyek :

Nama Proyek	:	Penyempurnaan Rekonfigurasi Single Bubar menjadi Double Busbar GI Bulukandang (Tahap 2)
Lokasi	:	Pandaan
Pemilik Proyek	:	PT. PLN (Persero) UPT Probolinggo
Main Kontraktor	:	PT. Kencana Alam Putra
Lingkup Pekerjaan	:	- Pekerjaan Persiapan - Pekerjaan Sipil - Pekerjaan E/M - Test dan Komisioning



Gambar 3. Tampak Atas Gardu Induk Bulukandang

III. Hasil Pembahasan

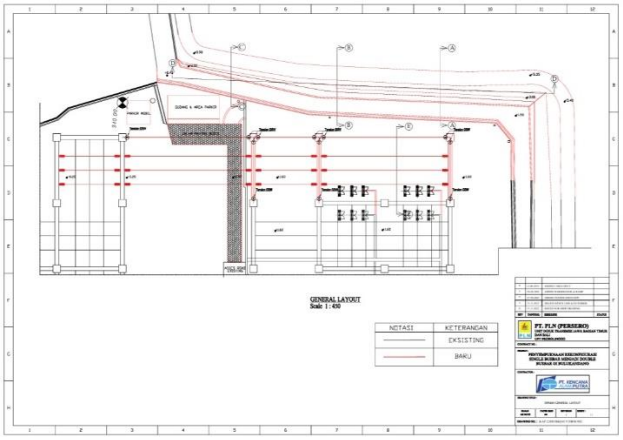


No	Uraian Kegiatan	2022				2023												2024		
		Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar
1	Design Engineering																			
2	Pengadaan Material E/M																			
3	Pekerjaan Sipil																			
4	Pekerjaan E/M																			
5	Test dan Komisioning																			
6	Penyelesaian Administrasi dan As Buil Drawing																			

Gambar 4. Sechedule Pelaksanaan Global

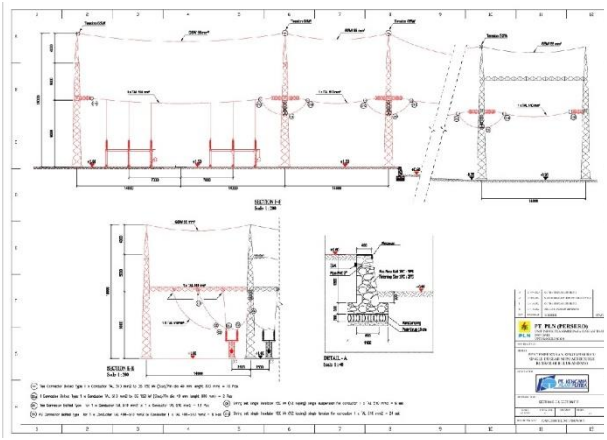
Metode Kerja :

- Pekerjaan Sipil :
  1. Pembuatan Pondasi Disconnecting Switch
  2. Pembuatan Pondasi Post Gantry
  3. Pembuatan Jalan
  4. Pembuatan DPT
- Pekerjaan E/M :
  1. Erection Post dan Beam
  2. Erection Disconnecting Switch
  3. Pemasangan Kabel Kontrol
  4. Wiring dan Terminasi



Gambar 5. Tampak Atas Rekonfigurasi Double Busbar

 ISSN 2987-677X



Gambar 6. Tampak Samping Rekonfigurasi Double Busbar

d. Test dan Komisioning

NO	Kegiatan	Dari	sampai dengan	Durasi Waktu	Keterangan
1	Test dan Komisioning Bay Trafo 1	1-Feb-24	10-Feb-24	10 hari	Padam Bay Trafo 1, padam kopel dan busbar 2
	- Pengkoneksian Sumber ACDC DS Bus 2 ke box Panel PMT Eksisting				
	- Pengujian Tahanan Kontak dan Isolasi				
	- Modifikasi kontrol DS Bus 2 di Panel Kontrol				
	- Pengujian Interlock (DS ke DS dan DS ke PMT)				
	- Pengujian lokal remote DS Bus 2				
	- Pengkoneksian Status DS ke Buspro Eksisting				
	- Pengujian Status Scada DS Bus 2 dari GI Bulukandang ke RCC UP2B Jatim				
	- Pengkoneksian Jumper Konduktor DS Bus 2 ke Flybus Eksisting (DS Bus 1)				
2	Test dan Komisioning Bay Trafo 2	01-Mar-24	10-Mar-24	10 hari	Padam Bay Trafo 2, padam kopel dan busbar 2
	- Pengkoneksian Sumber ACDC DS Bus 2 ke box Panel PMT Eksisting				
	- Pengujian Tahanan Kontak dan Isolasi				
	- Modifikasi kontrol DS Bus 2 di Panel Kontrol				
	- Pengujian Interlock (DS ke DS dan DS ke PMT)				
	- Pengujian lokal remote DS Bus 2				
	- Pengkoneksian Status DS ke Buspro Eksisting				
	- Pengujian Status Scada DS Bus 2 dari GI Bulukandang ke RCC UP2B Jatim				
	- Pengkoneksian Jumper Konduktor DS Bus 2 ke Flybus Eksisting (DS Bus 1)				
3	Pengkoneksian Jumper Konduktor dari Busbar 2 ke Fly Bus Busbar 2 Eksisting	11-Mar-24	12-Mar-24	2 hari	Padam Kopel dan Busbar 2

Gambar 7. Sechedule Pelaksanaan Test dan Komisioning

Dari hasil pelaksanaan pekerjaan Sipil dan Pekerjaan E/M tahapan selanjutnya adalah Test dan Komisioning yang meliputi :

1. Uji Individual Peralatan adalah Pengujian peralatan dalam kondisi terpasang atau belum terpasang yang dimaksudkan untuk mengetahui kondisi dan karakteristik peralatan tersebut dan membuktikan kesesuaian dengan spesifikasi teknik yang disebutkan dalam nameplate atau TPG.
2. Uji Fungsi Peralatan adalah Pengujian untuk mengetahui kinerja peralatan setelah diintegrasikan dengan sistem.
3. Uji Sistem Interlock adalah Pengujian untuk mengetahui kesesuaian urutan operasi switchgear untuk menjamin keselamatan sistem, peralatan dan operator.
4. Uji Point to Point (SAS) adalah Sistem otomasi pada gardu induk yang mempunyai fungsi monitoring dan controlling. Monitoring yaitu mengumpulkan data arus, tegangan serta kondisi tiap peralatan dan menyajikannya dalam sebuah tampilan HMI (Human Machine Interface) dan Controlling yaitu mengirim perintah open/close pada peralatan switchgear dan sistem ini memiliki tingkatan hirarki nya dalam pengoperasian peralatan (Master level - Station level - Local)

e. Penerbitan Rekomendasi Laik Bertegangan

Dari hasil pelaksanaan Test dan Komisioning diterbitkan Surat dari PLN Pusertif bahwa peralatan dan sistem yang telah diubah dari Rekonfigurasi Single Busbar menjadi Double Busbar dapat beroperasi dengan aman dan layak.

PLN
PUSERTIF

Nomor : 4199/TRS.01.05/F29000000/2024 13 Maret 2024
Lampiran : 1 Set
Sifat : Segera
Hal : Rekomendasi Teknik Laik Pemberian Tegangan dan Percobaan Pembebanan (RLB) dalam rangka Pengujian Sistem

Kepada
PLN UIT JBM

u.p. Yth. GENERAL MANAGER

Sehubungan dengan telah selesainya pengujian individu dan pengujian fungsi peralatan sesuai dengan Laporan Tim Inspeksi dan Permohonan Penerbitan Rekomendasi Teknik Laik Pemberian Tegangan dan Percobaan Pembebanan (RLB) PT PLN (Persero) Pusat Sertifikasi No. 003/MZY/24.3602.006.60/III/2024 tanggal 13 Maret 2024 untuk instalasi GI 150 kV Bulukandang dengan lingkup :

- Satu Unit PMS 150 kV Bus B pada Bay Transformator Tenaga 150/20 kV - 60 MVA No. 1

Dinyatakan ***laik diberi tegangan selama 24 jam dan percobaan pembebanan,*** sebagai salah satu mata uji dalam rangka penerbitan inspeksi komisioning.

Untuk keperluan pengujian tersebut mohon disiapkan SOP (Standard Operating Procedure) dan setelan relai proteksi yang disetujui oleh PT PLN (Persero) UIT JBM.

Bila pengujian bertegangan dan percobaan pembebanan telah dilakukan dan *pending items* (jika ada) telah diselesaikan dengan baik, maka dapat diterbitkan Sertifikat Laik Operasi (SLO).

Rekomendasi ini berlaku sampai dengan 7 (tujuh) hari kerja dan apabila tidak dilakukan *Energize* maka perlu dilakukan uji fungsi ulang.

Demikian yang dapat disampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

SENIOR MANAGER SISTEM PEMBANGKIT TRANSMISI DAN DISTRIBUSI,

MOHAMAD SOLIKHUDIN

Tembusan:
1. SM REN UIT JBM PLN
2. SM HAR TRANS UIT JBM PLN
3. MSB DAL KONS DAN LOG UIT JBM PLN
4. MUP II UPT PROBOLINGGO UPT PROBOLINGGO PLN
5. MAN II KONS UPT PROBOLINGGO PLN

Jl. Laboratorium No.1, RT.6/RW.1, Duren Tiga, Kec. Pancoran, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12760 1 dari 2
T (021) 7900034
F (021) 798 2034 W www.pln.co.id

Gambar 8. Surat Rekomendasi Laik Bertengangan

ISSN 2987-677X

IV. Kesimpulan

Sesuai dengan tujuan penulisan Artikel ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pelaksanaan manuver padam dan pemeliharaan rutin oleh PLN bisa berjalan dengan lancar karena sudah ada double busbar pada Gardu Induk 150 kV Bulukandang sehingga saat memerlukan pemindahan Bus (Rel) bisa dengan mudah dilakukan dan memperhandal kehandalan sistem saat terjadi gangguan karena Gardu Induk 150 kV Bulukandang sudah menjadi Rekonfigurasi Double Busbar.

Daftar Pustaka

[1] PT.PLN (Persero). 2013. Buku Pedoman Dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali.
[2] Buku Gardu Induk, Drs. M. Mustaghfirin Amin, MBA, 2014.
[3] PT. PLN (Persero) Unit Induk Transmisi Jawa Bagian Timur dan Bali UPT Probolinggo. 2022. Dokumen Tender/RKS Penyempurnaan Rekonfigurasi Single Busbar menjadi Double Busbar GI Bulukandang (Tahap 2)
[4] SPLN T5.001-1: 2008 Pedoman Desain Gardu Induk 150 kV Tanpa Operator Konvensional.

 ISSN 2987-677X

Analisis Peningkatan Kualitas Daya Listrik melalui Implementasi Active Harmonic Filter (AHF) dan Static Var Generator (SVG)

Hafrida Rahmah[1] Jonny Herbart Sitio[2]

[1] Program Studi D-III Teknologi Informasi, Fakultas Vokasi, Universitas Brawijaya

✉ hafrida.rahmah@ub.ac.id

[2] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ jonnyherbart@gmail.com

Dalam meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem kelistrikan di rumah tinggal, penting untuk memastikan bahwa distorsi harmonik diminimalisir guna mencegah kerusakan pada peralatan dan mengurangi biaya operasional. Pemasangan *Active Harmonic Filter* (AHF) dan *Static Var Generator* (SVG) 75A bertujuan untuk meningkatkan kualitas daya dengan menurunkan distorsi harmonik total (THD) di jaringan listrik. Proses testing dan commissioning dilakukan pada Juli 2021 di rumah tinggal di Jakarta Selatan. Metode yang digunakan meliputi pengukuran gelombang tegangan dan arus menggunakan *Power Quality Analyzer* AR6, baik saat perangkat AHF dan SVG aktif maupun non-aktif. Hasil pengukuran menunjukkan penurunan signifikan distorsi harmonik total dari 42.06% menjadi 4.87%, serta perubahan bentuk gelombang arus dari tidak sinusoidal menjadi mendekati sinusoidal saat AHF aktif. Spectrum harmonik individual yang terukur sebelum aktivasi AHF menunjukkan harmonik pada orde 3, 5, 7, dan 13 dengan distorsi harmonik total sebesar 36.7%, yang kemudian menjadi 0% setelah AHF diaktifkan. AHF dan SVG berhasil menurunkan distorsi harmonik total dan memperbaiki bentuk gelombang arus, menunjukkan bahwa kedua perangkat tersebut bekerja dengan baik.

Kata kunci: *Active Harmonic Filter*, *Static Var Generator*, distorsi harmonik total, kualitas daya

Pendahuluan

Kualitas daya listrik menjadi perhatian penting dalam operasional berbagai sektor industri dan komersial (Vaidya & Chatterjee, 2015). Kualitas daya yang buruk dapat menyebabkan berbagai masalah seperti kerusakan peralatan, kehilangan efisiensi energi, dan gangguan operasional (Ko & Gu, 2016). Dua teknologi yang banyak digunakan untuk meningkatkan kualitas daya adalah *Active Harmonic Filter* (AHF) dan *Static Var Generator* (SVG) (Peng et al., 2022).

Active Harmonic Filter (AHF) adalah perangkat yang digunakan untuk mengurangi distorsi harmonik dalam sistem daya listrik (Parthasarathy et al., 2015). Distorsi harmonik adalah fenomena di mana bentuk gelombang arus atau tegangan menyimpang dari bentuk sinusoidal idealnya (Sumanth et al., 2022). Harmonik dapat menyebabkan berbagai masalah dalam sistem daya, termasuk kerugian daya, panas berlebih, dan penurunan umur peralatan (Wei et al., 2017). Dengan mengurangi harmonik, AHF membantu meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem daya (Peng et al., 2022).

Static Var Generator (SVG) adalah perangkat yang digunakan untuk mengkompensasi daya reaktif dalam sistem daya listrik (Hongli et al., 2020). Daya reaktif adalah komponen daya yang tidak menghasilkan kerja nyata tetapi tetap menyebabkan arus mengalir dalam sistem (Liang, 2011). Daya reaktif dapat menyebabkan penurunan tegangan dan kerugian daya dalam sistem distribusi (Jianli, 2013). SVG bekerja dengan menyediakan atau menyerap daya reaktif sesuai kebutuhan, sehingga menjaga tegangan sistem tetap stabil dan meningkatkan faktor daya (Lv et al., 2020).

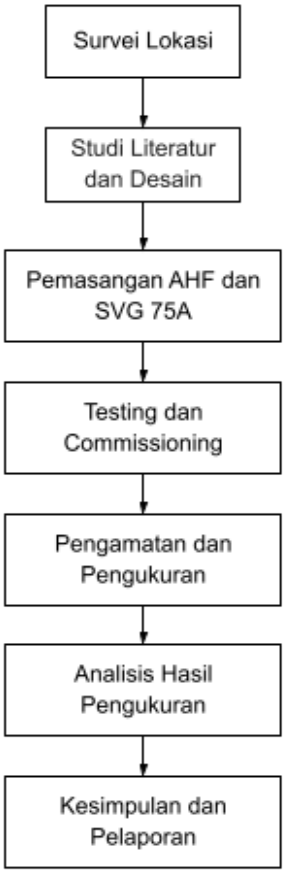
Perusahaan penyedia produk AHF dan SVG telah melakukan pemasangan dan pengujian AHF dan SVG pada sistem distribusi listrik di rumah tinggal di Jakarta Selatan. Pengujian dilakukan untuk melihat efektivitas AHF dan SVG dalam mengurangi harmonik dan mengkompensasi daya reaktif (Jiang & Chen, 2021). Produk AHF dan SVG dari FRANKE GMKP ENERGY LTD dirancang untuk aplikasi industri dan komersial, dengan fitur modular dan kemampuan filtrasi harmonik yang tinggi (Xiao-le, 2015). Produk ini dapat diaplikasikan dalam berbagai industri seperti manufaktur otomotif, rumah sakit, dan pusat data (Hong-bo, 2011). Produk AHF ini juga dapat membantu meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem distribusi listrik dengan menurunkan distorsi harmonik.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas Active Harmonic Filter (AHF) dan Static Var Generator (SVG) dalam meningkatkan kualitas daya listrik (Shentu et al., 2022). Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian ini melibatkan pemasangan, pengujian, dan analisis data kinerja AHF dan SVG yang didasarkan pada laporan teknis dari perusahaan penyedia dan katalog produk dari FRANKE GMKP ENERGY LTD (Wu, 2012). Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi praktis untuk peningkatan kualitas daya listrik di berbagai aplikasi industri dan komersial.

 ISSN 2987-677X

Metode

Pelaksanaan program pemasangan Active Harmonic Filter (AHF) dan Static Var Generator (SVG) 75A ini dilakukan melalui beberapa tahap pekerjaan, mulai dari survei, studi literatur, dan desain hingga pemasangan, testing, dan commissioning perangkat. Metode yang digunakan dalam laporan ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Metode Penelitian

Hasil Kerja

Proses instalasi dan pengujian *Active Harmonic Filter* (AHF) dan *Static Var Generator* (SVG) 75A dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi distorsi harmonik dan memperbaiki kualitas daya di jaringan listrik rumah tinggal. Berikut adalah hasil kerja yang telah dilakukan:

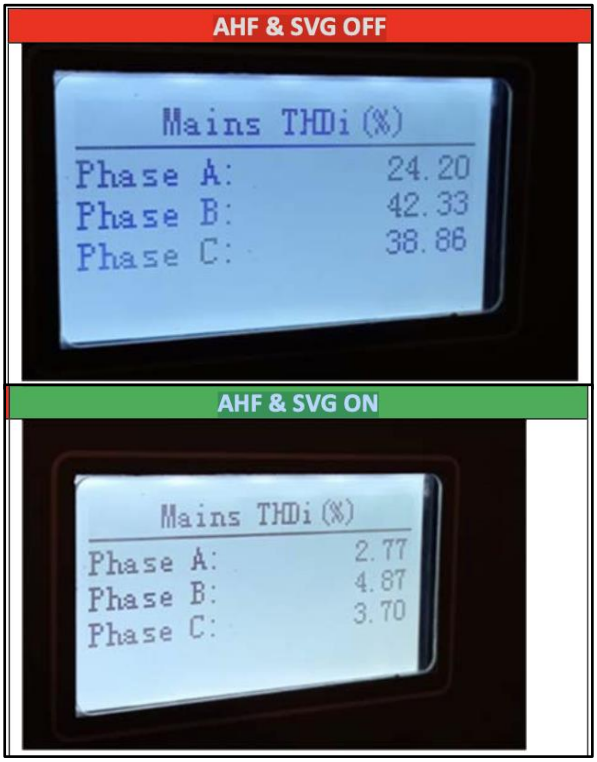
Pemasangan AHF dan SVG

Pemasangan dilakukan sesuai dengan standar teknis yang ditetapkan oleh perusahaan penyedia. Seluruh komponen dipastikan terpasang dengan benar dan sesuai desain yang telah disusun.

Testing dan Commissioning

Testing & commissioning dilakukan dengan menyalakan AHF & SVG pada saat beban ON, kemudian mengamati gelombang tegangan dan arus yang diukur oleh Power Quality analyzer AR6 dan juga melihat perubahan besarnya nilai Harmonisa yang terukur. Berikut adalah hasil yang diperoleh:

1. **Pengaruh Aktivasi AHF dan SVG terhadap Total Harmonic Distortion (THDi)**



Gambar 2 Perbandingan Nilai THDi pada Phase A, B, dan C saat AHF dan SVG OFF (atas) dan ON (bawah)

Gambar 2 menunjukkan pengaruh aktivasi Active Harmonic Filter (AHF) dan Static Var Generator (SVG) terhadap Total Harmonic Distortion (THDi) pada tiga fase (A, B, dan C) dalam sistem jaringan listrik.

Saat AHF dan SVG dalam kondisi non-aktif (OFF), nilai THDi pada Phase A, B, dan C masing-masing tercatat sebesar 24.20%, 42.33%, dan 38.86%. Nilai ini menunjukkan adanya distorsi harmonik yang signifikan dalam jaringan listrik, yang dapat berdampak negatif pada efisiensi dan keandalan peralatan listrik.

Setelah AHF dan SVG diaktifkan (ON), terjadi penurunan signifikan pada nilai THDi di ketiga fase tersebut. THDi pada Phase A menurun menjadi 2.77%, Phase B menjadi 4.87%, dan Phase C menjadi 3.70%. Penurunan ini menunjukkan bahwa aktivasi AHF dan SVG efektif dalam mengurangi distorsi harmonik, sehingga memperbaiki kualitas daya dalam sistem jaringan listrik.

Pengurangan THDi yang signifikan ini mencerminkan bahwa AHF dan SVG bekerja dengan baik dalam menekan harmonisa yang mengganggu dan mengembalikan bentuk gelombang arus mendekati sinusoidal. Hasil ini mengindikasikan peningkatan stabilitas dan efisiensi operasional dari sistem kelistrikan setelah implementasi teknologi AHF dan SVG.

 ISSN 2987-677X

2. Pengaruh Aktivasi AHF dan SVG terhadap Bentuk Gelombang Arus



Gambar 3 Perbandingan Bentuk Gelombang Arus Phase A, B, dan C saat AHF dan SVG OFF (atas) dan ON (bawah)

Gambar 3 menunjukkan perubahan bentuk gelombang arus pada tiga fase (A, B, dan C) sebelum dan sesudah aktivasi Active Harmonic Filter (AHF) dan Static Var Generator (SVG).

Saat AHF dan SVG dalam kondisi non-aktif (OFF), gelombang arus pada Phase A, B, dan C terlihat tidak sinusoidal dan sangat terdistorsi. Bentuk gelombang yang tidak teratur ini menunjukkan adanya harmonisa yang tinggi dalam sistem, yang dapat menyebabkan inefisiensi operasional dan potensi kerusakan pada peralatan listrik.

Setelah AHF dan SVG diaktifkan (ON), bentuk gelombang arus pada ketiga fase tersebut berubah menjadi lebih mendekati sinusoidal. Gelombang arus menjadi lebih halus dan teratur, menunjukkan pengurangan signifikan dalam distorsi harmonik. Transformasi ini menunjukkan bahwa AHF dan SVG efektif dalam menekan harmonisa dan memperbaiki bentuk gelombang arus.

3. Pengaruh Aktivasi AHF terhadap Spektrum Harmonik



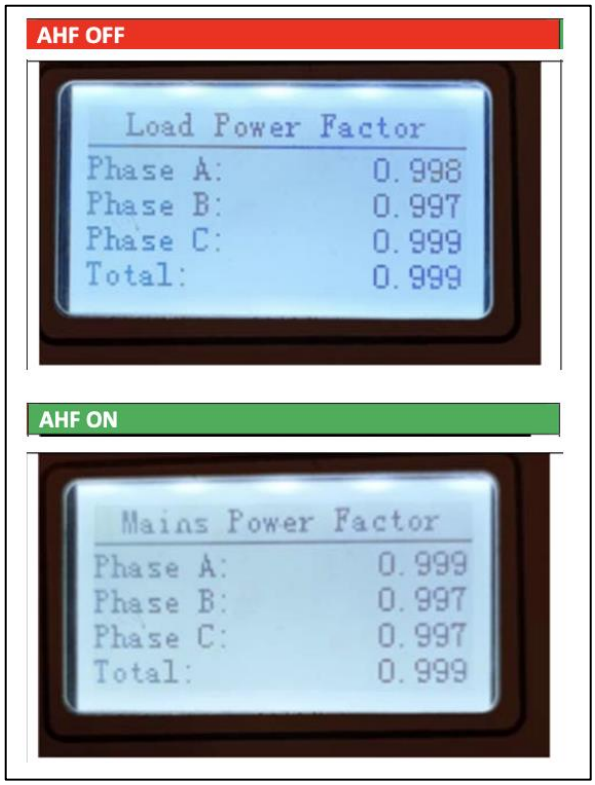
Gambar 4 Perbandingan Spektrum Harmonik pada Phase A, B, dan C saat AHF OFF (atas) dan ON (bawah)

Gambar 4 menunjukkan perubahan spektrum harmonik pada tiga fase (A, B, dan C) sebelum dan sesudah aktivasi Active Harmonic Filter (AHF). Saat AHF dalam kondisi non-aktif (OFF), spektrum harmonik individual terbaca oleh Power Analyzer menunjukkan adanya harmonik pada orde 3, 5, 7, dan 13 dengan Total Harmonic Distortion current (THDi) tercatat sebesar 36.7%. Keberadaan harmonik-harmonik ini mencerminkan adanya distorsi signifikan yang dapat mengganggu kualitas daya dan efisiensi sistem kelistrikan. Setelah AHF diaktifkan (ON), spektrum harmonik individual yang terbaca oleh Power Analyzer menunjukkan bahwa harmonik individual pada orde yang sebelumnya terdeteksi hilang, dan THDi turun menjadi 0%.

Perubahan ini menegaskan efektivitas AHF dalam menekan harmonisa yang mengganggu. Dengan menghilangkan harmonik pada berbagai orde, kualitas daya dalam sistem kelistrikan meningkat secara signifikan, yang pada gilirannya meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional peralatan listrik yang terhubung ke jaringan.

 ISSN 2987-677X

4. Pengaruh Aktivasi AHF terhadap Faktor Daya

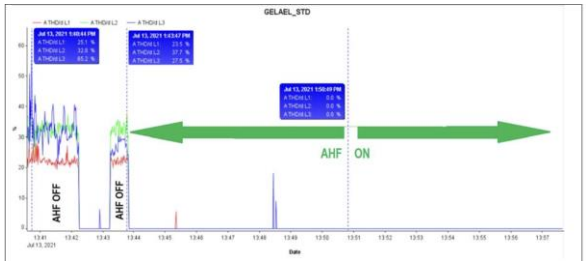


Gambar 5 Perbandingan Faktor Daya pada Phase A, B, dan C saat AHF OFF (atas) dan ON (bawah)

Gambar 5 menunjukkan pengaruh aktivasi Active Harmonic Filter (AHF) terhadap faktor daya pada tiga fase (A, B, dan C). Saat AHF dalam kondisi non-aktif (OFF), faktor daya pada Phase A, B, dan C masing-masing tercatat sebesar 0.998, 0.997, dan 0.999, dengan total faktor daya sebesar 0.999. Nilai ini menunjukkan bahwa faktor daya sudah cukup baik meskipun AHF dan SVG belum diaktifkan, sehingga kerja SVG untuk koreksi faktor daya tidak terlalu terlihat.

Setelah AHF diaktifkan (ON), faktor daya pada Phase A, B, dan C masing-masing menjadi 0.999, 0.997, dan 0.997, dengan total faktor daya tetap sebesar 0.999. Perubahan ini menunjukkan bahwa aktivasi AHF tidak memberikan pengaruh signifikan pada faktor daya yang sudah baik sebelumnya. Faktor daya yang tetap bagus setelah AHF diaktifkan membuktikan bahwa AHF mampu mempertahankan kualitas daya yang tinggi, sekaligus menekan distorsi harmonik tanpa mengorbankan efisiensi sistem kelistrikan.

5. Pengaruh Aktivasi AHF terhadap Nilai Current Total Harmonic Distortion (THDi)



Gambar 6 Grafik Nilai Current Total Harmonic Distortion (THDi) saat AHF OFF ON

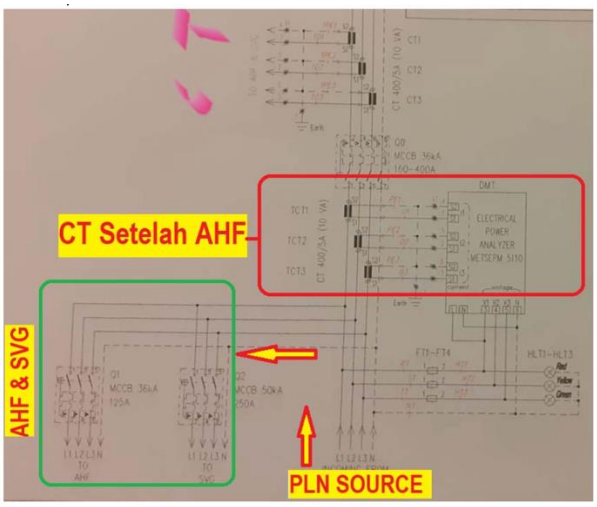
Gambar 6 menunjukkan grafik nilai Current Total Harmonic Distortion (THDi) pada tiga fase (L1, L2, dan L3) sebelum dan sesudah aktivasi Active Harmonic Filter (AHF).

Saat AHF dalam kondisi non-aktif (OFF), nilai THDi pada ketiga fase tercatat cukup tinggi, dengan THDi pada fase L1 mencapai 25.1%, fase L2 mencapai 32.8%, dan fase L3 mencapai 65.2%. Angka-angka ini menunjukkan adanya distorsi harmonik yang signifikan di dalam sistem jaringan listrik, yang dapat mengakibatkan inefisiensi operasional dan potensi kerusakan pada peralatan listrik.

Setelah AHF diaktifkan (ON), nilai THDi pada ketiga fase tersebut menurun drastis menjadi 0%. Hal ini mengindikasikan bahwa distorsi harmonik yang ada sebelumnya berhasil dihilangkan oleh AHF, sehingga kualitas daya di dalam sistem jaringan listrik meningkat secara signifikan.

Grafik ini membuktikan efektivitas AHF dalam menekan distorsi harmonik yang mengganggu dan mengembalikan bentuk gelombang arus menjadi lebih mendekati sinusoidal. Dengan penurunan nilai THDi menjadi 0%, sistem kelistrikan menjadi lebih stabil dan efisien, yang pada gilirannya dapat meningkatkan umur pakai dan kinerja peralatan listrik yang terhubung ke jaringan.

6. Posisi *Current Transformer* dalam Sistem Pengukuran



Gambar 7 Posisi Current Transformer (CT) dalam Sistem Pengukuran setelah AHF dan SVG

Gambar 7 menunjukkan diagram satu garis (single line diagram) yang mengilustrasikan posisi Current Transformer (CT) dalam sistem pengukuran setelah pemasangan Active Harmonic Filter (AHF) dan Static Var Generator (SVG).

Pada diagram ini, posisi CT untuk digital metering terletak setelah AHF dan SVG, tepat di sisi load. Posisi ini penting karena mempengaruhi hasil pengukuran distorsi harmonik total (THDi) dan faktor daya yang ditampilkan oleh digital meter.

 ISSN 2987-677X

Ketika CT ditempatkan setelah AHF dan SVG, penurunan THDi atau perubahan power factor yang terjadi akibat kerja AHF dan SVG tidak akan terukur oleh digital meter. Hal ini disebabkan karena CT hanya mengukur arus dan tegangan setelah perbaikan oleh AHF dan SVG, sehingga nilai THDi yang tertampil di digital meter akan tetap seperti kondisi beban tanpa AHF.

Posisi CT ini menunjukkan pentingnya penempatan sensor pengukuran yang tepat untuk mendapatkan data yang akurat mengenai kualitas daya sebelum dan sesudah penggunaan perangkat koreksi harmonik seperti AHF dan SVG. Dengan memahami posisi CT ini, operator dapat lebih efektif dalam menganalisis dan mengambil keputusan terkait pengelolaan kualitas daya di sistem jaringan listrik.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil kerja yang telah dilakukan, pemasangan Active Harmonic Filter (AHF) dan Static Var Generator (SVG) 75A menunjukkan hasil yang signifikan dalam meningkatkan kualitas daya di jaringan listrik rumah tinggal. Berikut adalah beberapa poin kesimpulan dari proyek ini:

1. Aktivasi AHF berhasil menurunkan THDi dengan cukup signifikan dari 42.06% menjadi 4.87% pada fase B, dan mencapai 0%.
2. Gelombang arus yang sebelumnya terdistorsi menjadi lebih mendekati sinusoidal setelah AHF diaktifkan.
3. Faktor daya tetap stabil dan baik sebelum dan sesudah aktivasi AHF.
4. Posisi CT setelah AHF dan SVG mempengaruhi hasil pengukuran, sehingga sensor harus ditempatkan dengan tepat.

Saran

Dari kesimpulan tersebut juga diberikan beberapa saran untuk proyek tindak lanjut yaitu:

1. Melakukan monitoring berkelanjutan terhadap kualitas daya setelah pemasangan AHF dan SVG.
2. Meninjau ulang penempatan sensor pengukuran seperti CT untuk memastikan bahwa semua perubahan kualitas daya yang dihasilkan oleh AHF dan SVG terukur dengan akurat oleh sistem monitoring.
3. Mempertimbangkan implementasi teknologi AHF dan SVG di lokasi lain yang mengalami masalah kualitas daya serupa, dengan melakukan studi kelayakan terlebih dahulu untuk memastikan manfaat yang optimal.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing, Bapak Ir. Hartono Pranjoto, B.Sc., M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng., atas segala arahan dan bimbingannya dalam penyusunan artikel ini.

Berikutnya ucapan terima kasih kepada PT Hikari Indo Sarana sebagai perusahaan penyedia AHF dan SVG serta pemilik rumah tinggal, Bapak Ricardo Gelael, yang telah memberikan amanah dan fasilitas selama proses pengumpulan dan analisis data penelitian ini.

Referensi

Feng, G., Cheng, X., & Zong, X. (2020). Compensation Point Configuration Method of Static Var Generator Based on Clustering Algorithm. *2020 IEEE 4th Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC)*, 1, 2055-2058.

Hong-bo, W. (2011). Application of A New Power Compensation And Harmonic Devices(SVG)Electromechanical Equipment. *Science and Technology Information*.

Hongli, J., Shiying, M., Ruihua, S., & Zutao, X. (2020). Research on Subsynchronous Interaction between direct-drive PMSG based Wind Farm and Static Var Generator. *2020 5th Asia Conference on Power and Electrical Engineering (ACPEE)*, 1160-1165.

Hu, R., Yi, G., & Xu, Y. (2015). Study on the Impact of Grid Harmonic Voltage on SVG and the Suppression. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics*, 3(3), 129-134.

Huang, X., Ren, L., & Pan, H. (2018). Research on Static Var Generator Based on Accurate Linearization and Multi-Sliding Mode. *2018 IEEE 3rd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)*, 510-514.

Jianli, H. (2013). Voltage Control for Static Var Generator Based on Approximate Dynamic Programming. *Low Voltage Apparatus*.

Jiang, X., & Chen, C. (2021). Application and Analysis of SVG (Static Var Generator) in Harmonic Automatic Control System. *2021 5th International Conference on Robotics and Automation Sciences (ICRAS)*, 140-143.

Ko, W. H., & Gu, J. (2016). Impact of Shunt Active Harmonic Filter on Harmonic Current Distortion of Voltage Source Inverter-Fed Drives. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 52, 2816-2825.

Liang, X. (2011). Brief Discussion on Advanced Static Var Generator. *Power Capacitor & Reactive Power Compensation*.

Lv, Y., Li, J., Jiang, F., Zhang, Z., & Zhang, S. (2020). DC Side Voltage Control for Static Var Generator Based on DMC. *2020 5th International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering (ICMCCE)*, 945-950.

Parthasarathy, S., Rahini, S., & Karthick Kumar, S. A. (2015). Performance evaluation of Shunt Active Harmonic filter under different control techniques. *2015 International Conference on Circuits, Power and Computing Technologies (ICCPCT-2015)*, 1-8.

Peng, Y., Sun, S., Cheng, Y., Xing, J., & Wang, S. (2022). Robust Control of Static Var Generator Based on Loop

ISSN 2987-677X

Forming. *2022 34th Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*, 3821-3826.

Shentu, L., Dong, W., Chang, J., Hua, W., Wang, C., & Zheng, D. (2022). Mechanism and Suppression of DC Overvoltage of Static Var Generators. *2022 Power System and Green Energy Conference (PSGEC)*, 895-899.

Sumanth, P., Pillai, S., Kumar, K., & Gupta, A. (2022). Three-Level Active Harmonic Filter with Power balancing and Reactive Power Compensation. *2022 IEEE Delhi Section Conference (DELCON)*, 1-6.

Vaidya, T. G., & Chatterjee, K. (2015). Stability analysis of active harmonic filter in presence of power factor correction capacitors. *2015 IEEE 10th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*, 1295-1300.

Wang, X. (2015). SVG Study Based on Matlab Auto Code Generation. *IEEE Transactions on Power Electronics*.

Wei, X., Zhu, G., Lu, J., Li, W., & Qi, E. (2017). Improved Reactive Current Detection Method of SVG. *Energies*, 10(9), 1374.

Wu, M. (2012). Research of the Static Var Generator(SVG) Suitable for Electrified Railway. *Railway Locomotive & Car*.

Zhang, C., Zhang, A., Cui, Y., & Wen, T. (2016). An Advanced Control and Extensible Configuration for Static Var Generator. *Mathematical Problems in Engineering*, 2016, 1-9.

ISSN 2987-677X

Desain Alat Penyiraman Jamur Tiram Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Mempertimbangkan Aspek K3L

Alif Catur Murti[1], Andrew Joewono[2], Wibowo Harry Sugiharto[3], Muhammad Imam Ghozali[4]

[1234] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

[134] Program Studi Teknik Informatika, Universitas Muria Kudus

✉ alif.catur@umk.ac.id

Jamur tiram putih adalah salah satu produk pertanian di sektor pangan yang populer di kalangan masyarakat karena rasanya yang enak dan aman untuk dikonsumsi. Kondisi yang dihadapi oleh para petani jamur tiram adalah tantangan dalam meningkatkan produksi, terutama karena perawatan budidaya jamur yang memerlukan perhatian khusus. Salah satu aspek penting adalah penyiraman yang harus dilakukan secara rutin dan terjadwal untuk menjaga kelembaban kumbung jamur tiram yang sangat dipengaruhi oleh faktor kondisi cuaca. Peran teknologi tepat guna sangat diperlukan untuk mengatasi kondisi tersebut. Teknologi yang dapat melakukan monitoring dan penyiraman berbasis IoT melalui *smartphone* dan juga memperhatikan standar K3L dalam Implementasinya. Teknologi ini telah diterapkan pada kumbung jamur tiram sehingga penyiraman bisa dilakukan dari jarak jauh, menghilangkan kebutuhan petani untuk datang langsung ke kumbung. Dengan demikian, para petani dapat mengatur penyiraman sesuai kebutuhan dan kondisi cuaca secara lebih efisien. Implementasi teknologi ini tidak hanya menghemat waktu dan tenaga tetapi juga memastikan bahwa kelembaban kumbung tetap optimal, yang pada akhirnya dapat meningkatkan produksi jamur tiram secara signifikan

Kata kunci: Penyiraman Jamur, IoT, K3L

Pendahuluan

Jamur tiram putih merupakan salah satu produk pertanian di sektor pangan yang populer di kalangan masyarakat karena rasanya yang enak dan aman untuk dikonsumsi. Jamur tiram memiliki manfaat kesehatan yang signifikan, termasuk membantu menjaga tekanan darah dan kadar kolesterol tetap sehat. Makanan ini juga merupakan sumber nutrisi yang baik yang dapat membantu mencegah kekurangan zat besi, dengan setiap 100 gram jamur mengandung sekitar 27% protein. Jamur juga kaya akan vitamin seperti thiamine (vitamin B1), riboflavin (vitamin B2), niasin (vitamin B3), biotin, vitamin C, dan berbagai mineral penting. Selain itu, jamur mengandung berbagai senyawa aktif seperti polisakarida (glikan), triterpen, nukleotida, manitol, dan alkaloid (Widodo et al., 2021)

Banyaknya manfaat yang diperoleh dari mengkonsumsi jamur tiram putih, permintaan terhadap jamur ini meningkat, menunjukkan bahwa usaha budidaya jamur tiram putih masih sangat menjanjikan. Salah satu usaha budidaya jamur tiram putih ini adalah "Torang Jamur", yang berlokasi di Desa Terban, Kecamatan Jekulo, Kabupaten Kudus. Kumbung jamur seluas 13 x 10 meter yang dapat menampung 12.000 baglog. Usaha Torang Jamur ini menghasilkan kurang lebih 50-60 kg jamur tiram putih/hari, yang mana kondisi jamur ada yang tumbuh optimal dan ada yang kurang optimal. Sehingga jumlah produksi tersebut belum mencapai permintaan pasar yang mencapai 80 kg/hari.

Usaha untuk mengoptimalkan pertumbuhan jamur tiram putih dapat dilakukan dengan pengkondisian suhu dan kelembaban kumbung jamur itu sendiri. Untuk pertumbuhan yang optimal, kumbung jamur harus memiliki suhu udara sekitar ±25ºC dan tingkat kelembaban udara sekitar ±80%. Untuk menjaga kondisi ini, penyiraman pada baglog jamur tiram perlu dilakukan dua kali sehari yakni pada pagi dan sore hari. Upaya pengendalian temperatur dan kelembaban udara dalam kumbung jamur diperlukan untuk menjaga pertumbuhan jamur tiram optimum (Hudan et al., 2020; Umniyatie et al., n.d.; Waluyo et al., 2018)

Proses penyiraman masih dilakukan secara manual dimana, petani jamur harus datang ke kumbung dan melakukan proses penyiraman ke kumbung jamur. Kondisi ini sangatlah tidak efisien dan berpotensi untuk terjadinya kelalaian dalam proses penyiraman jamur yang berakibat kondisi kumbung yang tidak optimal. Penyiraman yang dilakukan secara manual juga mengakibatkan penggunaan air yang kurang efisien, karena petani jamur tidak mengetahui secara pasti kondisi suhu dan kelembaban yang ada di kumbug.

IoT, singkatan dari Internet of Things, adalah sebuah teknologi canggih yang pada dasarnya merujuk pada banyaknya device dan suatu system di seeluruh dunia yang saling terhubung satu sama lain dengan meggunakan internet dan bisa saling berbagi data, terknologi –teknologi ini memiliki seperti sensor dan softwaredengan tujuan untuk berkomunikasi, mengendalikan, menghubungkan, dan bertukar data melalui perangkat lain selama masih terbuhung dengan internet dan mendukung kinerja tanpa menggunakan bantuan kabel, dan berbasis wirelessIoT memiliki hubungan yang erat dengan istilahmachine-to-machineatau M2M.(Selay et al., 2022)

 ISSN 2987-677X

Implementasi IoT dalam budidaya jamur tiram dapat mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia untuk melakukan penyiraman secara manual. Selain itu, data yang dikumpulkan dari sensor dapat digunakan untuk menganalisis kondisi lingkungan secara lebih akurat dan real-time.. Dengan demikian, teknologi IoT dapat berkontribusi signifikan terhadap peningkatan hasil produksi dan kualitas jamur tiram, menjadikannya solusi yang sangat relevan dalam era pertanian modern.(Waluyo et al., 2018)

Penerapan teknologi juga harus diimbangi dengan aspek Keselamatan, Kesehatan, Keamanan Kerja, dan Lingkungan (K3L). Dalam UU Nomor. 1 tahun 1970 mengenai Keselamatan Kerja, tertuang syarat-syarat keamanan kerja yang wajib dipenuhi oleh tiap orang ataupun instansi yang melaksanakan upaya, baik resmi ataupun informal, dimanapun terletak dalam usaha membagikan proteksi keamanan serta kesehatan seluruh orang yang terletak di area usahanya dan edukasi untuk kepatuhan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD). APD juga tergantung dari bagaimana persepsi dari setiap karyawan terhadap kesehatan dan keselamatan kerja yang mereka miliki(Indonesia, 1970)

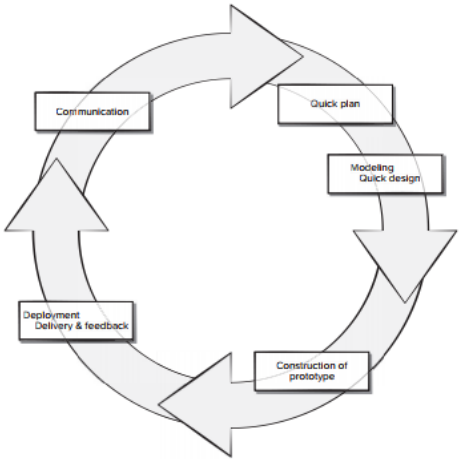
Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan suatu aspek penting yang perlu diperhatikan pada sistem manajemen perusahaan karena menyangkut kegiatan atau aktifitas-aktifitas yang melindungi serta memelihara sumber daya yang dimiliki perusahaan seperti manusia, alat- alat, fasilitas pekerja serta lingkungan dari kecelakaan yang berbahaya serta merugikan perusahaan.(Aditya Firmansyah; Eko Muh Widodo, 2022)

Berdasarkan kondisi permasalahan yang dihadapi oleh petani jamur maka perlu penggunaan teknologi berbasis IoT yang mempertimbangkan aspek K3L. Sehingga petani jamur tiram dapat melakukan pemantauan dan penyiraman kondisi lingkungan kumbung dari jarak jauh secara *real-time*, sehingga kegiatan operasional dalam produksi jamur bisa berjalan efektif dan efisien, sehingga berdampak produksi jamur tiram putih dapat meningkat dan mampu memenuhi permintaan pasar yang terus bertambah..

Metode

Penelitian ini menerapkan metode *prototype* yang mana dalam proses pembuatannya memerlukan pemahaman mendalam tentang apa yang ingin dibangun dengan beberapa syarat yang detail. Metode *prototype* merupakan sebuah teknik dalam melakukan pengembangan suatu sistem dengan menggunakan suatu prototype dalam menggambar sebuah sistem yang mana dapat membuat klien ataupun pemiliki sistem itu sendiri memiliki suatu gambaran mengenai sistem yang nantinya akan dibangun atau dikembangkan oleh tim developer atau tim pengembang. (Pressman & Maxim, n.d.)

Prototype dalam bahasa Indonesia memiliki arti purwarupa atau rupa awal yang mana merupakan rupa awal dari suatu sistem yang dapat memberikan gambaran terhadap rupa akhir dari sistem secara keseluruhan. Dengan adanya prototype, klien bisa berbincang maupun berdiskusi secara langsung dengan para sistem pengembang karena persepsi dan juga pemahaman mengenai sistem yang akan dibuat atau dikembangkan akan sama, sehingga tidak akan terjadi kesalahpahaman ketika proses pembuatan sistem, perangkat, hingga pembuatan perangkat luna tersebut berlangsung. Gambar skema prototipe dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Metode *Prototype*

Tahapan dalam metode prototype adalah sebagai berikut :

1. Komunikasi.

Tahapan awal dari model prototype guna mengidentifikasi permasalahan - permasalahan yang ada, serta informasi-informasi lain yang diperlukan untuk membangun sistem. Dalam proses komunikasi yang dilakukan dengan petani jamur di hasilkan beberapa kesimpulan diantaranya :

a. Alat penyiraman di kumbung jamur bisa di kontrol dari jarak jauh dengan menggunakan perangkat smartphone.
b. Tampilan kondisi suhu dan kelembaban disamping dimunculkan dalam panel lcd juga dimunculkan di interface aplikasi smartphone.
c. User Interface aplikasi yang mudah dipahami dan mudah digunakan untuk mengontrol.
d. Ada fitur penjadwalan untuk penyiraman 2 kali dalam sehari.
e. Ada notifikasi yang muncul ketika kondisi kelembaban kumbung meningkat.

2. Perencanaan.

Tahapan ini dikerjakan dengan kegiatan penentuan sumberdaya, spesifikasi untuk pengembangan berdasarkan kebutuhan sistem, dan tujuan berdasarkan pada hasil komunikasi yang dilakukan agar

 ISSN 2987-677X

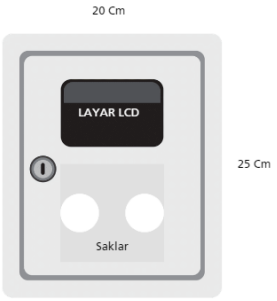
pengembangan dapat sesuai dengan yang diharapkan. Persiapan peralatan dan bahan dilakukan sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat sebelumnya. Pemilihan komponen didasarkan pada pertimbangan harga dan kualitas produk, dengan tujuan mencapai hasil optimal sesuai dengan sasaran awal, sekaligus mengelola alokasi dana sesuai dengan anggaran yang tersedia.

Tabel 1 Tabel kebutuhan alat

No	Nama Komponen	Fungsi
1	Arduino Uno R3	Memudahkan dalam membuat program untuk mengendalikan berbagai komponen elektronika
2	NodeMCU ESP8266	Mengintegrasikan antara *hardware* dengan aplikasi menggunakan Wi-Fi
3	*Humidity Sensor* (DHT22)	Mengukur suhu dan kelembaban udara pada ruangan
4	Pipa dan Selang	Sebagai tempat mengalirnya air
5	*Nozzle Sprayer*	Menyemprotkan atau membuat kabut menggunakan air
6	Pompa air	Mengalirkan air dari dalam tangki ke seluruh nozzle sprayer dengan cara menghisap air dari permukaan rendah ke permukaan yang tinggi
7	Exhaust Fan	Mengalirkan udara dari dalam kumbung jamur ke luar
8	Filter Air	Menyaring air dari tandon air menuju sprayer

3. Pemodelan

Tahapan selanjutnya ialah representasi atau menggambarkan model sistem yang akan dikembangkan. Dalam tahap ini, Prototype yang dibangun dengan sistem rancangan sementara kemudian di evaluasi terhadap petani jamur apakah sudah sesuai dengan yang diinginkan atau masih perlu untuk di evaluasi kembali. Setelah sistem dianggap sesuai dengan apa yang diharapkan customer, langkah berikutnya yaitu pembuatan aplikasi dan desain alat. Desain penyiraman otomatis dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Desain Alat

Sedangkan untuk desain *interface* dapat dilihat pada gambar 3.

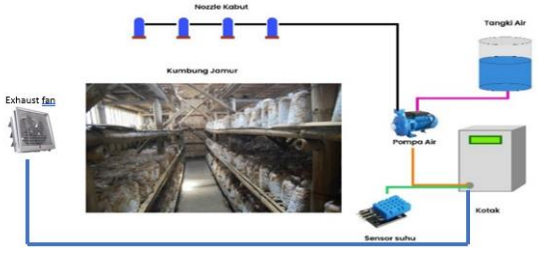


Gambar 3. Desain *interface* Aplikasi Blynk

Pada desain alat digunakan sebagai kontrol box yang di tempatkan di dalam kumbung jamur yang berfugsi sebagai monitor kondisi kumbung jamur dan sebagai kontrol alat penyiraman, sedangkan pada Interface ditampulkan waktu, kondisi kelembaban dan suhu secara *real-time* dari data yang didapatkan dari sensor. Melalui aplikasi juga dapat digunakan untuk melakukan kontrol penyiraman jarak jauh.

4. Konstruksi.

Tahapan inidigunakan untuk membangun prototype dan menguji-coba sistem yang dibangun. Dimulai perakitan perangkat IoT, dengan penyusunan komponen seperti mikrokontroler Arduino Uno, sensor suhu dan kelembaban, serta NodeMCU ESP8266. Selanjutnya, adalah perakitan sistem penyiraman yang mencakup elemen seperti pompa, nozzle kabut, dan tangki, sesuai dengan ilustrasi yang terlihat pada gambar 4. Terakhir, adalah pembuatan aplikasi mobile berbasis Blynk, sebagaimana ditampilkan pada gambar 3. Proses instalasi dan penyediaan user support juga dilakukan agar sistem dapat berjalan dengan sesuai. Pada gambar 4 merupakan tampilan cara kerja dari sistem penyiraman di kumbung jamur.



Gambar 4. Cara kerja Sistem Penyiraman Jamur

 ISSN 2987-677X

Penjelasan cara kerja pada Gambar 4:

a. Sensor bekerja selama 1 x 24 Jam, dalam memoitoring suhu dan kelembaban yang ada pada kumbung jamur.
b. Secara rutin ada penjadwalan otomatis yang dilakukan untuk penyiraman. (Pagi dan Sore)
c. Jika terjadi perubahan kondisi yang diakibatkan oleh cuaca, sehingga sensor menangkap hal tersebut maka secara otomatis akan memberikan notifikasi melalui smartphone petani jamur.
d. Petani jamur melakukan penyiraman dan menghidupkan exhaust fan melalui aplikasi atau bisa juga melalui kontrol box untuk menurunkan suhu dan kelembaban.
e. Kondisi kumbung berada dikondisi optimal untuk perkembangan jamur

5. Penyerahan.

Tahapan ini dibutuhkan untuk mendapatkan feedback dari pengguna, sebagai hasil evaluasi dari tahapan sebelumnya dan implementasi dari sistem yang dikembangkan. Tentunya dalam proses implementasi harus mempertimbangkan aspek Keselamatan, Kesehatan, Keamanan Kerja, dan Lingkungan (K3L) , sehingga Petani Jamur tidak menerima dampak negatif melainkan menerima dampak positif dari implementasi alat ini.

Hasil Kerja

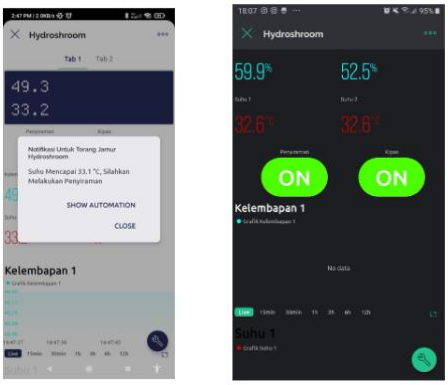
Implementasi Alat

Tahapan dilakukan sampai dengan pemasangan alat dan uji coba dari alat yang dipasang tersebut. Pada saat pemasangan alat perlu di perhatikan asek K3L diantaranya :

a. Pelatihan:
   Setelah proses installasi alat dan aplikasi ke smartphone, dilakukan proses pelatihan ke Petani Jamur untuk menjamin bahwa petani jamur mengetahui cara kerja secara keseluruhan dari alat yang dibangun.
b. Kelistrikan :
   Alat ini tentunya menggunakan sumberdaya listrik dalam fungsionalitasnya dan dekat dalam penggunaan air, sehingga ada risiko terjadi korsleting listrik. Penempatan kontrol box, lampu, pompa air, dan exhaust fan yang ideal (tidak terpapar langsung air dari sprayer). Memastikan kondisi kabel yang baik, tidak ada yang terkelupas (Jika ada sambungan pastikan sudah diisolasi dengan baik dan ditutup dengan selang bakar)
c. Lingkungan
   Dengan menggunakan alat ini tentunya penyiraman dilakukan sesuai dengan kebutuhan hanya jika terpantau peningkatan suhu dan kelembaban yang mengakibatkan tidak optimal bagi pertubuhan jamur. Tentunya penggunaan air akan lebih efisien.
d. Kesehatan
   Dalam aspek ergonomi penempatan panel kontrol diletakkan dekat dengan pintu masuk dengan ketinggian yang disesuaikan petani jamur untuk melihat panel LCD yang menampilkan suhu dan kelembaban di area kumbung jamur. Penggunaan IoT membuat intensitas petani jamu untuk datang ke kumbung jamur menjadi berkurang, sehingga risiko potensi terpapar cairan kimia (pupuk cair) menjadi minimum
e. Perawatan
   Sebagai tindakan prefentif untuk mengurangi biaya oprasional perbaikan alat maka dilakukan pemasangan filter air untuk menyaring kotoran yang ada pada air sebelum dialirkan ke sprayer, sehingga mengurangi kondisi nozle pada sprayer tersumbat.

Pengujian

Pada gambar 5 merupakan tampilan dari aplikasi Blynk yang menunjukkan notifikasi dan proses penyiraman.



Gambar 5. Tampilan Notifikasi dan Pengontrolan Alat menggunakan aplikasi BIynk

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui hasil yang diperoleh sesuai dengan yang diharapkan atau tidak, pada penelitian ini dilakukan dua jenis pengujian yang berbeda, yakni pengujian dengan usability testing (Sukmasetya et al., 2020) dan black box testing(Wijaya, 2021), adapun hasil dari usability testing dengan jumlah responden 10 petani jamur adalah sebagai berikut:

Tabel 2 *Usability Testing*

Faktor	Jumlah Sample	Rata-rata
Keseluruhan Pengukuran	10	4,52
Learnability	10	4,6
Efficiency	10	4,5
Memorability	10	4,4
Error	10	4,3
Satisfaction	10	4,8

 ISSN 2987-677X

Hasil dari usability testing ini memberikan gambaran mengenai pengalaman pengguna dalam menggunakan system. Data tersebut disajikan dalam berbagai aspek evaluasi, termasuk Learnability (kemudahan belajar), Efficiency (efisiensi), Memorability (kemampuan pengguna untuk mengingat), Error (tingkat kesalahan pengguna), dan Satisfaction (kepuasan pengguna). Dengan jumlah sampel sebanyak 10 partisipan dengan range penilaian 1 - 5, rata-rata keseluruhan dari seluruh pengukuran adalah 4,52, menunjukkan tingkat kepuasan yang baik. Terdapat penilaian yang positif dalam aspek Learnability (4,6), Efficiency (4,5), Memorability (4,4), dan Error (4,3). Ini mengindikasikan tingkat kemudahan belajar, efisiensi, kemampuan pengguna untuk mengingat, serta tingkat kesalahan pengguna yang baik. Pengguna juga sangat puas dengan produk ini, sebagaimana ditunjukkan oleh rata-rata skor Satisfaction sebesar 4,8. Setelah melakukan usability testing dilakukan pula *black box testing* yang memiliki hasil sebagai seperti pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil *Black Box Testing*

Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
Perintah Penyiraman Otomatis Berdasarkan Jadwal	Simulasikan jadwal penyiraman yang telah ditentukan	Sistem harus memulai penyiraman sesuai jadwal dan menghentikannya setelah selesai tanpa kesalahan	Sesuai Harapan
Perintah Penyiraman Otomatis Di Luar Jadwal dengan mengklik tombol penyiraman dari jarak 1, 3, 5, 7, >15 meter	Klik ON pada button penyiraman	Sistem harus merespons dan menjalankan penyiraman sesuai perintah, tanpa mengganggu jadwal utama	Sesuai Harapan
Sensor suhu dan kelembaban mendeteksi dengan akurat	Mengkomparasi suhu yang tampil di lcd dengan termometer ruangan	LCD Display menampilkan data yang akurat	Sesuai Harapan
Perintah menghidupkan kipas dengan mengklik tombol kipas dari jarak 1, 3, 5, 7, >15 meter	klik ON pada button kipas	Kipas dapat dihidupkan sesuai perintah	Sesuai Harapan

Kesimpulan

Penelitian ini menerapkan solusi penyiraman untuk kumbung jamur tiram dengan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT). Sistem berhasil melewati pengujian dengan hasil menunjukkan validitas dan kepuasan pengguna dari *black box testing* dan *usability testing*. Dari penelitian ini, disimpulkan bahwa implementasi teknologi IoT dalam penyiraman jamur bisa dilakukan dan membawa manfaat signifikan bagi usaha budidaya jamur. Ditambah lagi dengan memperhatikan aspek K3L pada saat implementasi, sehingga dalam kegiatan oprasional yang berjalan dari sisi keamanan petani, alat dan lingkungan terjaga dari risiko bahaya.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Torang Jamur sebagai mitra dalam kegiatan penelitian ini dan Universitas Muria Kudus yang mensupport pelaksanaan kegiatan penelitian ini

Referensi

Aditya Firmansyah; Eko Muh Widodo. (2022). *MATRIK Literature Review : Analisis Sistem Manajemen Kesehatan Dan Keselamatan Kerja Pada Proses Produksi Gula Kristal*. *XXII*(2). https://doi.org/10.350587/Matrik

Hudan, M., Hakim, T., & Nita, S. (2020). *APLIKASI PENYIRAM KUMBUNG JAMUR TIRAM OTOMATIS BERBASIS INTERNET OF THINGS MENGGUNAKAN BLYNK APPLICATION OF AUTOMATIC WATERING OYSTER MUSHROOM CAGE BASED*. 215–224.

Indonesia. (1970). *UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 1 TAHUN 1970 TENTANG KESELAMATAN KERJA*. *14*, 1–20.

Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (n.d.). *Software Engineering*.

Selay, A., Andgha, G. D., Alfarizi, M. A., Bintang, M. I., Falah, M. N., Khaira, M., & Encep, M. (2022). *Karimah Tauhid, Volume 1 Nomor 6 (2022), e-ISSN 2963-590X*. *1*, 860–868.

Sukmasetya, P., Setiawan, A., & Arumi, E. R. (2020). *PENGGUNAAN USABILITY TESTING SEBAGAI ALAT EVALUASI*. *9*(1), 58–67.

Umniyatie, O. S., Pramiadi, D., Henuhili, V., & Situasi, A. (n.d.). *Budidaya jamur tiram (*. 162–175.

Waluyo, S., Wahyono, R. E., Lanya, B., & Telaumbanua, M. (2018). *Pengendalian Temperatur dan Kelembaban dalam Kumbung Jamur Tiram (Pleurotus sp) Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler Control Temperature and Humidity in Oyster Mushroom (Pleurotus sp) House Automatically Using Microcontroller*. *38*(3), 282–288.

Widodo, O. S., Nursyahid, A., K, S. A., & Cahyaningtyas, W. (2021). *KELEMBAPAN SERTA PENYIRAMAN OTOMATIS PADA BUDIDAYA JAMUR DENGAN ESP32 DI FUNGI HOUSE yang dapat memudahkan petani dalam cuaca , ketika musim hujan petani tidak*. *17*(3), 210–219.

Wijaya, Y. D. A. W. A. (2021). *PENGUJIAN BLACKBOX SISTEM INFORMASI PENILAIAN KINERJA KARYAWAN PT INKA (PERSERO) BERBASIS EQUIVALENCE PARTITIONS*. *4*, 22–26.

 ISSN 2987-677X

Pemanfaatan Udara Panas Buang Ruang Trafo dan Kompressor sebagai Energi Baru Terbarukan Sumber Daya Listrik bagi Penerangan dengan Kemampuan 1000Watt

Augustinus Yuri Widodo[1] Adriana Anteng Anggorowati[2]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ augustinus.yuri@mayora.co.id

Komitmen profesional mendukung program pemerintah dalam mencari alternatif energi dengan penerapan di industri, menciptakan banyak alternatif energi atau energi terbarukan (EBT). Beberapa EBT yang sudah dikenal adalah turbin angin, kincir air atau penggunaan bahan bakar organik seperti cangkang kemiri dan cangkang sawit untuk pembakaran bioler, masih dapat dikembangkan dengan EBT lainnya. Energi terbuang adalah salah satu energi yang bisa dimanfaatkan sebagai EBT untuk menghasilkan daya listrik tertentu dalam memenuhi persentase minimal EBT dan emisi CO_2.

Kata kunci: Energi Baru Terbarukan

Pendahuluan

Sektor Industri berperan sangat strategis dalam pembangunan nasional karena mempunyai misi mendorong pertumbuhan ekonomi nasional dan menciptakan lapangan kerja. Pertumbuhan positif ekonomi nasional yang disokong oleh industri nasional, ternyata juga diiringi oleh semakin meningkatnya tingkat konsumsi sumber daya alam baik dalam bentuk bahan/material, **energi** dan air. Dengan tingkat konsumsi yang semakin meningkatdari tahun ke tahun, dikhawartirkan akan mempercepat krisis sumber daya alam dan menurunnya daya dukung lingkungan. Untuk itu pemanfaatan sumber daya alamdi segala sektor tak terkecuali di sektor industri dituntut untuk lebih bijak

Sebagaimana diamanatkan oleh Undang-undang nomor 3 tahun 2014 tentang Perindustrian, bahwa salah satu tujuan perindustrian adalah mewujudkan industri hijau. Industri hijau mengedepankan upaya efisiensi dan efektivitas penggunaan sumber daya secara berkelanjutan sehingga mampu menyelaraskan pembangunan industri dengan kelestarian fungsi lingkungan hidup dan memberi manfaat bagi masyarakat

Tahapan Industri Hijau



1. PENGHARGAAN INDUSTRI HIJAU

Untuk Industri besar, aspek penilaian terdiri dari:

a. Proses Produksi meliputi program efisiensi produksi, material input, energi, air, teknologi proses, sumber daya manusia, dan lingkungan kerja di proses produksi;
b. Kinerja Pengelolaan Limbah/Emisi meliputi program penurunan emisi GRK, pemenuhan baku mutu lingkungan, dan sarana pengelolaan limbah/emisi;
c. Manajemen Perusahaan meliputi standar operasional, Corporate *Social Responsibility* (CSR), penghargaan dan kesehatan karyawan.

Tabel-1. Kriteria Penilaian Penghargaan Industri Hijau kategori Industri Besar

Aspek Penilaian	Kriteria	Bobot (%)	Indikator	Skor
Energi	Upaya efisiensi energi		Telah melakukan efisiensi penggunaan energi (*energy index reduction*) > 7,5%	4
			Telah melakukan efisiensi penggunaan energi (*energy index reduction*) 5,0%<X≤7,5%	3
			Telah melakukan efisiensi penggunaan	2

 ISSN 2987-677X

			energi (*energy index reduction*) 2,5% <X ≤ 5,0%	
			Telah melakukan efisiensi penggunaan energi (*energy index reduction*) 0,0% <X ≤ 2,5%	1
			Belum ada Upaya efisiensi energy	0

2. SERTIFIKASI INDUSTRI HIJAU

Ruang lingkup Standar Industri Hijau untuk Industri Air Mineral ini bertujuan mengatur persyaratan teknis dan persyaratan manajemen sebagai baerikut:

a. Persyaratan teknis meliputi:
   1) Bahan baku;
   2) Bahan penolong;
   3) Energi;
   4) Air;
   5) Proses produksi;
   6) Produk;
   7) Kemasan;
   8) Limbah;
   9) Emisi gas rumah kaca.

b. Persyaratan ,anajemen meliputi:
   a) Kebijakan dan Organisasi;
   b) Perencanaan strategis;
   c) Pelaksanaan dan Pemantauan;
   d) Tinjauan Manajemen
   e) Tanggung jawab social perusahaan (*Corporate Social Responsibility*)

Metode

Berangkat dari komitmen untuk memenuhi aspek penilaian energi dengan menyelaraskan pembangunan industri dan kelestarian fungsi lingkungan hidup, riset terhadap energi baru terbarukan (EBT) menjadi agenda untuk mencari alternatif energi ramah lingkungan. Langkah pertama yang dilakukan adal;ah mengidentifikasi permnasalahan dalam Perusahaan terkait dengan energi yang dipergunakan dalam perufsahaan. Hasilnya seperti dalam Tabel-2.

1. Identifikasi Masalah.

Analisa identifikasi masalah ditentukan dengan melihat pencapaian aktual energi dibandingkan dengan target yang disajikan dalam Tabel-2.

Tabel-2. Monitoring Target Seting Energi

No	Energy Monitoring	Satuan	Target	Achivement
1	EBT (Energi Baru Terbarukan)	%	≥3	2,95
2	Energy Consumption Listrik	kwh/ton Product	≤123,8	135,63
3	GRK (Gas Rumah Kaca)	$KgCO_2$/L Product	≤0,04	0,05

Berdasarkan paermasalahan yang telah diidentifikasi tersebut, dapat dilakukan monitoring energi yang hasilnya seperti pada Tabel-3.

Tabel-3. Penggunaan daya EBT berdasarkan sumber energinya

No	Jenis EBT	Potensial Daya (Watt)	Aktual Daya (Watt)	Persentase (%)
1	Surya	40.250	40.250	87,7
2	Angin	5.573,56	0	12,1
3	Air	81,37	0	0,2
Total		**46.154,93**	**40.250**	**100**

Konversi energi adalah proses perubahan energi dari satu bentuk energi ke bentuk energi yang berbeda (*Widjonarko, dkk. 2020*). Prinsip transformasi energi dimanfaatkan oleh manusia ke dalam sistem yang mampu menghasilkan usaha. Dalam konsep teknologi dan fisika, energi diartikan sebagai kemampuan melakukan usaha. Sifat energi di dalam alam adalah kekal. Sesuai dengan hukum termodinamika pertama bahwa energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan. Sifat alami dari energi adalah berubah-ubah dari satu bentuk ke bentuk yang lainnya.Selain mampu berubah-ubah, energi juga dapat berpindah-pindah. Meskpun memiliki sifat berubah-ubah dan berpindah-pindah, jumlah keseluruhan energi adalah tetap. Manusia memanfaatkan perubahan energi yang berguna untuk kebutuhan hidupnya (*Saleh dan Bahariawan 2018)*. Komitmen Industri untuk melakukan pemantauan energi dapat dilihat pada Tabel-2 baik untuk energi baru terbarukan, energi fosil yang saat ini masih dominan terpakai maupun dampak penggunaan energi terutama terhadap lingkungan dengan melihat nilai emisi yang terukur pada Gas Rumah Kaca. Potensial daya terbesar pada daerah iklim tropis berasal dari sinar matahari sehingga pemanfaatan energi surya sudah lebih dahulu menjadi upaya peningkatan pelestarian lingkungan hidup dan menunjang program industri hijau. Fokus utama pemilihan sumber EBT berdasarkan Tabel-3 dengan merencanakan pemanfaatan energi angin yang dapat menjadi substitusi energi fosil. Energi Angin yang menjadi sumber energi EBT berasal dari buangan angin panas ruangan tranformator dan ruangan kompressor. Transformator dan kompressor adalah unit yang bekerja dengan melepas panas ke atas sehingga pada bagian atas ruangan terdapat exhaust fan yang membuang udara panas ini agar sirkulasi udara terjadi sehingga unit trafo dan

 ISSN 2987-677X

kompressor mengalami proses pendinginan akibat sirkulasi ini.

Tabel-4. Perbandingan potensial daya tiap ruangan

No	Ruangan	Potensial Daya (Watt)
1	LVMDB II	1233
2	Kompressor 4	1148
3	Kompressor 1	1148
4	Kompressor 3	894,27
5	Kompressor 2	826,09
6	LVMDB I	324,2

2. Identifikasi Penyebab

Energi angin adalah energi yang dihasilkan dari gerakan angin, proses pemanfaatan energi angin dilakukan melalui dua tahapan konversi energi. Aliran angin akan menggerakkan turbin (baling-baling) yang menyebabkan turbin berputar selaras dengan angin yang bertiup, kemudian putaran dari turbin dihubungkan dengan generator, dari generator dihasilkan arus listrik. Besarnya energi listrik yang dihasilkan dipengaruhi oleh Rotor. Pada turbin angin, kecepatan minimum angin yang mampu menghasilkan energi baru terbarukan adalah 10 m/s dan berdasar pengujian didapatkan kecepatan angin keluar dari exhaust adalah 11 m/s sampai 12 m/s sehingga sudah memenuhi standard tersebut.

Tabel-5. Analisa penyebab dengan metode brain storming

PENGELOMPOKAN KATEGORI BRAINSTORMING	
MAN	Implementasi EBT sulit diterapkan
MACHINE	Belum ada pemanfaatan angin dari exhaust fan
MACHINE	Energi mekanik belum menjadi energi listrik
MACHINE	Flow angin tidak mencukupi oleh potensi daya
MACHINE	Beban tidak dapat terpenuhi oleh potensi daya
MATERIAL	Kecepatan angin rendah
ENVIRONMENT	Luas area tidak mencukupi
ENVIRONMENT	Angin menyebar

Grafik-1. Pareto Akar Penyebab yang Dominan



Pareto penyebab belum dimanfaatkannya angin sebagai EBT, sesuai analisa dan verifikasi di lapangan adalah:

a. Belum adanya alat konversing energi angin menjadi energi kinetik;
b. Belum ada alat untuk mengarahkan aliran angin buangan.

Grafik-1. Menunjukkan akar penyebab dominan belum dimanfaatkannya tenaga angin.

3. Menentukan Solusi

Penentuan solusi dengan pertimbangan berbagai alternatif yang diperoleh dari hasil analisa dengan matrik dan analisa resiko terhadap alternatif solusi. Sebagai dasar Analisa, faktor yang menjadi baseline penentuan solusi terbaik dari alternatif solusi adalah:

a. Waktu fabrikasi: target kurang dari 1 minggu
b. Waktu pemasangan: kurang dari 1 minggu
c. Ketersediaan SDM: minimal 3 orang
d. Peluang keberhasilan: 75% - 100%
e. Biaya : tidak lebih dari Rp. 500.000

Maximal nilai tiap faktor adalah 3 dan minimal 1 sehingga total nilai untuk 5 faktor adalah 15.

Tabel-6. Analisa alternatif solusi

No	Root Cause	Alternatif Solusi
1	Belum ada alat untuk mengkonversi energi angin menjadi energi kinetik	Membuat baling-baling / blade angin model busur
		Membuat baling-baling / blade angin model siku
		Membuat baling-baling / blade angin model lurus
2	Belum ada alat pengarah angin	Membuat ducting pengarah angin model silindris
		Membuat ducting pengarah angin model kotak
		Membuat ducting pengarah angin model pipih
3	Belum ada alat untuk mengkonversi energi kinetik menjadi energi listrik	Pengadaan alat konversi (Alternator)
		Pengadaan alat konversi (generator DC)
		Modifikasi motor servo yang ada menjadi generator

Dari Tabel-6. dengan perhitungan terpisah pada setiap alternatif solusi diperoleh:

a. baling2x model busur mendapat total nilai 13 dari ke 5 faktor;
b. pengarah angin type silindris mendapat total nilai 15 dari ke 5 faktor;
c. modifikasi motor servo bekas menjadi generator mendapat total nilai 14 dari ke 5 faktor

Sehingga solusi terbaik kami pilih berdasar point tertinggi dari masing 2 (dua) kali alternatif yang muncul. Hasil penilaiannya dapat ditunjukkan dalam Tabel-6.

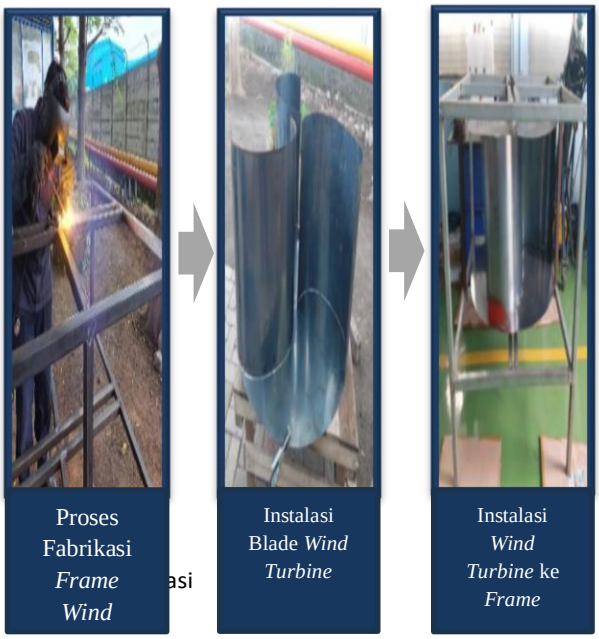
 ISSN 2987-677X

Tabel-7. Hasil Penilaian Risiko

No.	Solusi Terpilih	Risiko Solusi	Penilaian Risiko			Tingkat Risiko
			Kemungkinan (L)	Konsekuensi (S)	Nilai Risiko (LxS)	
1	Membuat baling-baling/blade angin model busur	Baling – baling kurang presisi	2	2	4	High
2	Membuat ducting pengarah angin model silindris	Ducting sobek	1	1	1	Low
4	Modifikasi motor servo yang ada menjadi generator	Modifikasi motor servo tidak menghasilkan energi listrik	1	1	1	Low

4. Aktivitas Pembuatan EBT

Tahap Fabrikasi Frame dan Sudu:



Proses Fabrikasi *Frame Wind*

Instalasi Blade *Wind Turbine*

Instalasi *Wind Turbine* ke *Frame*

asi

Tahap Modifikasi:



Modifikasi Motor Servo

Pengujian RPM Motor Servo

Tahap Fabrikasi Ducting:



Pengecekan *Ducting*

Instalasi *Ducting*

Tahap Pengujian

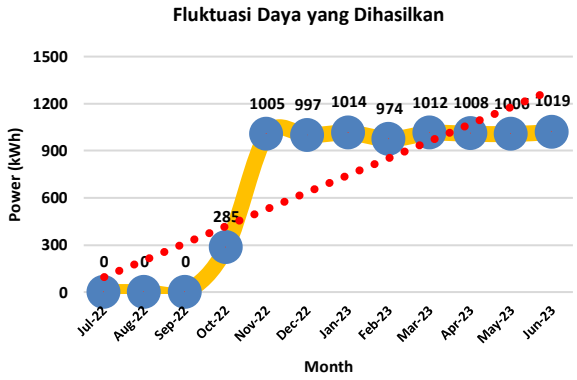


Pengukuran Vibrasi

Pengukuran rpm

Selama proses pembuatan, pengembangan baling2x dengan 3 sudu, 4 sudu dan 5 sudu dianalisa terkait getaran dan putaran turbin agar mendapatkan daya terbesar yang dihasilkan.

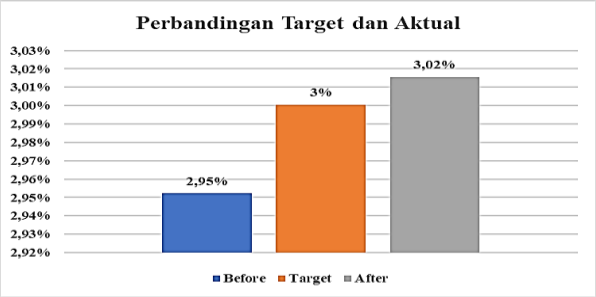
Grafik-2. Pemantauan Hasil



Dari Grafik-2 didapatkan daya yang dihasilkan wind turbin rata2x1040 kWh dengan pengukuran dilakukan selama 8 bulan untuk mengetahui konsistensi daya yang dihasilkan. Dengan standard penggunaan EBT terhadap konsumsi listrik total sebesar 3% sebagai syarat penghargaan industri hijau, dari perencanaan, pembuatan design dan pengujian alat EBT wind turbin dengan sumber angin panas buangan ruangan trafo dan kompressore didapatkan persentase EBT terhadap pemakaian energi listrik berbahan bakar fosil sebesar 3.02%. Nilai persentase ini sudah melampaui standard yang ditetapkan dan dapat disajikan dalam Grafik-3.

 ISSN 2987-677X

Grafik-3. Perbandingan Target dan Aktual.



Dampak Hasil

a. **Quality**: Potensi angin terbuang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi baru yang ramah lingkungan;
b. **Cost**: Penuruan biaya konsumsi energi listrik dengan sumber daya fosil**;**
c. **Enviroment**: Pengurangan pencemaran udara akibat CO_2 ;
d. **Moral**: setiap profesional terutama insinyur terpacu untuk mencari alternatif sumber energi.

Kesimpulan

1. Berdasarkan konsekuensi pertumbuhan ekonomi yang disokong sektor industri yaitu peningkatan penggunaan energi fosil memberikan dampak krisis sumber daya dan penurunan daya dukung lingkungan maka industri dituntut lebih bijak sesuai amanat Undang-undang nomor 3 tahun 2014 tentang Perindustrian dengan mewujudkan Industri Hijau;
2. Sumber Energi baru terbarukan yang sudah dikenal dengan penggunaan Angin, Air dan paparan sinar matahari tetap bisa memebrikan tantangan bagi insinyur untuk melakukan analisa dengan mengembangan perencanaan, membuat perancangan, dan melakukan effisiensi energi;
3. Angin panas terbuang yang berasal dari exhaust fan ruangan adalah sumber energi yang terbukti bisa dimanfaatkan sebagai energi baru terbarukan dan mencapai tujuan untuk pengurangan energi fosil, penghematan biaya dan penurunan dampak lingkungan akibat pencemaran sebagai bagian dari Tujuan Industri Hijau

Ucapan Terima kasih

Terima kasih kepada :
1. PT. Tirta Fresindo Jaya (Mayora Group) yang telah mendorong, memberi kesempatan dan fasilitas untuk mengembangkan energi baru terbarukan;
2. Management PT Tirta Fresindo Jaya yang dengan kebijakan Managemen Lingkungannya mendukung setiap langkah pengembangan dan penghematan energi;
3. Tim PT Tirta Fresindo Jaya Pasuruan yang dengan semangat, kerja keras dan pengorbanan waktu tenaga pikiran untuk melakukan perencanaan, pembuatan alat dan pemantaan hasil sehingga energi panas terbuang bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi baru terbarukan.

Referensi

1. Jurnal Meteorologi dan Geofisika volume 12 no 2 September 2011: 181 – 187
2. International advanced research journalin science, engineering and technology volume 7, issue 4, April 2020
3. Undang-Undang Republik Indonesia nomor 3 tahun 2014 tentang Perindustrian, tanggal penetapan 15 September 2014
4. Pedoman penilaian penghargaan industri hijau, Kementrian Perindustrian Republik Indonesia
5. Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia nomor 47 tahun 2020 tentang Standard Industri Hijau untuk Industri Air Mineral
6. Risalah Gugus Kendali Mutu team Naratama PT Tirta Fresindo Jaya Pasuruan 1

ISSN 2987-677X

Pengaruh Kecepatan Angin di Inlet Terhadap Distribusi Udara di Dalam Kandang Pada Hasil Produksi Pemeliharaan Ayam Broiler

Muhammad Luqman Husain[1], Rasional Sitepu[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ Mhdluqman12@gmail.com

Penelitian ini dilaksanakan pada 3 Maret sampai 15 Maret 2024 yang bertempat di Company Farm Boja 2 Desa Meteseh, Kecamatan Boja. Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah Mengetahui Pengaruh Kecepatan Angin pada Inlet terhadap Distribusi Udara di dalam kandang, sehingga diketahui hasil produksi yang lebih maksimal dan kondisi ayam terhindar dari penyakit pernafasan.
Sampel diuji dengan 4 metode dengan pengukuran distribusi udara sejumlah 16 titik. Pengukuran dengan melakukan perbandingan hasil produksi beserta kesehatan ayam periode sebelum memaksimalkan kecepatan angin pada inlet dan sesudah memaksimalkan kecepatan angin pada inlet.
Hasil Penelitian menunjukkan bahwa memaksimalkan kecepatan angin di Inlet akan meningkatkan distribusi udara didalam kandang sehingga meminimalisir udara kosong pada beberapa titik di area kandang. Sehingga disimpulkan kondisi ayam akan jauh lebih sehat dan hasil produksi meningkat Rp 4088/ekor dibanding periode sebelumnya.

Kata Kunci : Distribusi Udara, Hasil Produksi, Ayam Broiler

PENDAHULUAN

Ventilasi merupakan salahsatu hal terpenting dalam sistem kandang closed house dimana beberapa faktor yang mempengaruhi ventilasi dalam kandang adalah Temperature, Humidity, Kecepatan angin dan wind chilled. Pada kandang *closed house,* pengaturan ventilasi dan sirkulasi udara diatur oleh kipas (*fan).* Kipas (*fan)* berfungsi mengeluarkan udara panas dari kandang dan menciptakan hembusan angin ke dalam kandang *closed house*. Sedangkan, ventilasi minimum adalah udara minimal yang diperlukan untuk mengganti udara dalam kandang sehingga tetap optimal bagi *broiler*. Ventilasi minimum menyediakan kecukupan oksigen (O_2) dan menghilangkan uap air dalam kandang. Uap air yang berlebih dapat meningkatkan kadar amonia (NH_3) dan menyebabkan sekam basah, sehingga meningkatkan resiko terkena penyakit pada ayam. Syarat ventilasi minimum harus terpenuhi dalam kandang *closed house*. Salah satu gejala terjadi jika ventilasi minimum tidak terpenuhi adalah penyebaran ayam tidak merata. Anak ayam sampai 14 hari belum dapat mengatur suhu tubuhnya dengan baik dan anak ayam sampai 7 hari tidak boleh terkena tiupan angin dari kipas, namun syarat ventilasi minimum harus terpenuhi. Sistem ventilasi pada kandang closed house terdiri dari inlet dan outlet. Outlet berfungsi untuk mengeluarkan gas karbondioksida dan amonia dari dalam kandang, sedangkan inlet berfungsi untuk menerima udara bersih dari luar kandang kemudian dibawa masuk ke dalam kandang (Dewanti et al., 2014).

Tabel 1. Kebutuhan Ventilasi Minimum Per Umur

KEBUTUHAN VENTILASI (CFM/ KG BB AYAM)	
UMUR	CFM/ KG
0 - 1 HARI	4
2 - 4 HARI	4,2
5 - 7 HARI	4,5
8 - 10 HARI	4,7
11 - 14 HARI	5
15 - 21 HARI	5,5
22 - PANEN	6,2

Sehingga perlu dilakukanya perbaikan terhadap wind speed dalam kandang untuk mengurangi terjadinya blankspot dalam kandang dan meningkatkan performance dalam satu siklus pemeliharaan. Diantara pentingnya ventilasi adalah sebagai penghilang panas dalam kandang, menurunkan kelembapan, mengurangi debu dalam kandang, dan menyediakan oksigen. Peningkatan suhu di dalam kandang semakin tinggi pada jarak yang semakin menjauhi *inlet* (Yani *et al*,. 2016). Kecepatan angin maksimal dalam kandang adalah 3-4 meter/detik (Cobb Broiler Guide, 2018). Menggunakan ventilasi dengan negatif pressure adalah cara paling efisien untuk mencapai distribusi udara untuk ventilasi minimum (Cobb Broiler Guide 2021). Penyakit pernafasan masih menjadi momok menakutkan bagi ayam broiler dimana dominasi penyakit masih berkisar pada *Newcastle Disease* (ND) dan *Chronic Respiratory Disease* (CRD) yang erat kaitannya dengan manajemen ventilasi (Ridwan et al.,2020).

Untuk mengendalikan kasus pernapasan ini, langkah terpenting adalah menjaga keutuhan sistem pernapasan dari gangguan berbagai faktor pemicu utama. Hal ini

 ISSN 2987-677X

dapat dicapai jika mampu menjaga sistem pernapasan, dari saluran pernapasan atas hingga bawah dengan menyediakan kebutuhan udara sesuai kebutuhan. Parameter Kenyamanan Ayam menurut (drh Sumarno., 2020) adalah :

1) Mencapai suhu efektif pada segala usia dengan *Heat Stress Index* (IHS) <160
2) Kelembaban <70%
3) Suhu rektal (tubuh) ayam 39,5-40,6 ° C
4) Suhu tubuh - suhu lingkungan)> 8 ° C
5) Suhu rata-rata siang hari- suhu rata-rata malam hari <8 ° C
6) Perilaku makan dan minum ayam aktif dan menyebar merata.

Penurunan pressure melalui inlet dan jumlah distribusi udara yang masuk harus dibuka disesuaikan oleh air exchange dalam ruangan kandang disesuaikan oleh volume kandang sehingga distribusi udara dapat merata dan tidak adanya blankspot di beberapa area kandang. Oleh karena itu, pentingnya kemerataan udara dalam kandang menjadi sangat penting dalam sistem kandang closed house tingkat keberhasilan sistem ventilasi dapat mengurangi penyebaran penyakit sehingga hasil produksi dapat lebih maksimal.

METODE

Desain Experimental

Penyesuaian kecepatan angin dilaksanakan mulai umur 15 hari keatas dengan minimal fan 3 direct, penyesuaian kecepatan angin dilakukan di oppening tunnel inlet dengan minimal wind speed tunnel 600 fpm untuk memastikan distribusi udara di dalam kandang merata dan tidak adanya blankspot. Pelaksanaan penyesuaian kecapatan angin dilaksanakan pada periode pemeliharaan bulan 03 Maret – 15 Maret 2024 di Kandang 3 Company Farm Boja Lokasi 2.

Pengukuran dilakukan dengan beberapa perbedaan dari kecepatan inlet dan dilakukan pengukuran Wind Speed pada beberapa titik kandang untuk melihat kerataan angin di dalam kandang.

Tabel 2. Perlakuan Kecepatan Inlet dan Wind Speed dalam Kandang

Record Kecepatan Angin (Pengaruh Pressure)							
Kandang	Opening Tunnel	Posisi Pengambilan	Kec Titik Kiri	Kec Titik Tengah	Kec Titik Kanan	Average	CS
	Full Open (Speed 570)	6 meter setelah CP	552	712	557	607	36,6
		Tengah Kandang	452	530	470	484	36,6
		30 m dari fan	423	529	390	447	36,6
	Tambah Pressure (Speed 667)	6 meter setelah CP	567	686	630	628	36,6
		Tengah Kandang	494	610	489	531	36,6
		30 m dari fan	434	576	428	479	36,6
	Dengan Tirai Tunnel (Speed 576)	Tengah Kandang	530	506	515	517	36,6
	Dengan Tirai Tunnel (Speed 655)	Tengah Kandang	524	570	525	540	36,6

Persiapan Perlakuan

Perlakuan perlakuan dilakukan dengan memastikan fan direct minimal 3, speed di area opening tunnel minimal 600 fpm, pengukuran kerataan speed dilakukan pada beberapa titik kandang dengan membandingkan hasil ADG, Deplesi dan Hasil Akhir (FCR dan IP) dengan periode sebelumnya.

Perlakuan tersebut harus dilakukan dengan memastikan tidak adanya kebocoran dalam kandang yang berpotensi mengurangi speed angin, memastikan litter dalam keadaan baik, ayam sudah full kandang dan kapasitas fan masih sesuai atau tidak ada vanbel yang kendor. Untuk alat yang digunakan pada penelitian kali ini adalah kestrel 3000 untuk mengukur kecepatan angin di inlet dan dibeberapa titik kandang untuk melihat kesebaran angin di beberapa area kandang.

Pemeliharaan Ayam Broiler (Perlakuan)

Ayam yang dipelihara di kandang tipe *Closed House* berukuran 120 x 12 m yang berlokasi di Desa Meteseh, Kecamatan Boja Kabupaten Kendal (Company Farm Lokasi 2) yang berjumlah 10 lantai. Strain ayam yang digunakan pada perlakuan adalah Ross grade B dengan populasi 25000 ekor di Company Farm Lokasi 2. Drinking system pada kandang tersebut menggunakan nipple drinker sebanyak 4 line tiap lantai, sedangkan untuk feeding system menggunakan automatic feeder sebanyak 3 line per lantai dan dibantu baby chick feeder selama fase brooding. Automatic feeder mulai digunakan pada umur ayam 3 hari. Angka kematian dicatat 2 kali pagi dan sore hari, untuk pakan diberikan secara adlibitum sehingga untuk mengetahui Feed Intake harian ayam melalui Water Intake yang sudah terecord setiap pagi hari.

Pengambilan Data, Analisis, dan Perhitungan

Data primer performa pertumbuhan ayam broiler berupa angka kematian, ADG dan hasil akhir produksi. Pertambahan bobot harian dan deplesi diambil setiap pagi pada pukul 07.00 WIB selama satu periode pemeliharaan dengan perbandingan periode sebelumnya. Sedangkan, data sekunder berupa hasil pemeliharaan perioden sebelumnya didapatkan dari Analisis Hasil Panen pada kandang tersebut pada periode tersebut dan periode sebelumnya.

Analisis berdasarkan perbandingan 2 periode dimulai dari ayam umur 14 hari keatas hingga masa panen dan diakumulasikan pada hasil produksi periode tersebut dan sebelumnya. Perhitungan didapatkan dari hasil produksi berdasarkan FCR, IP dan AHP yang didasarkan pada laba pemeliharaan 2 periode sebagai parameter pembanding perbedaan sebelum dan sesudah dilakukannya penelitian.

Berisi mengenai metode dalam pengumpulan data yang digunakan sebagai parameter dan frekuensi pengambilan data (setiap hari/setiap minggu/dll). Sedangkan, data sekunder berupa hasil pemeliharaan periode sebelumnya dan periode perlakuan yang terdiri atas indeks performa (IP), pendapatan peternak, dan konversi pakan (*feed convertion ratio,* FCR) akhir didapatkan dari data Analisis Hasil Panen masing-masing kandang pada periode tersebut. Nilai FCR dan IP dihitung berdasar

 ISSN 2987-677X

rumus berikut.

$$FCR = \frac{jumlah\ pakan\ yang\ diberikan\ (kg)}{jumlah\ daging\ yang\ terpanen\ (kg)}$$

$$IP = \frac{(100 - deplesi) \times bobot\ akhir}{umur\ panen \times FCR}$$

HASIL KERJA

Tabel 3. Record Data Sebelum Perlakuan

Periode Sebelum Perlakuan							
Umur	ADG	Deplesi	AVG ADG	Total Dep	FCR	AVG BW	IP
15	48	0,18	76,6 gr/ek	3,55%	1,449	1,51	340
16	50	0,22					
17	60	0,12					
18	60	0,1					
19	68	0,09					
20	72	0,16					
21	75	0,12					
22	76	0,24					
23	75	0,1					
24	79	0,25					
25	79	0,17					
26	80	0,32					
27	80	0,22					
28	83	0,34					
29	85	0,38					
30	85	0,11					
31	87	0,13					
32	90	0,1					
33	90	0,13					
34	92	0,04					
35	95	0,03					

Tabel 4. Record Data Pasca Perlakuan

Periode Setelah Perlakuan							
Umur	ADG	Deplesi	AVG ADG	Total Dep	FCR	AVG BW	IP
15	40	0,14	80,76 gr/ek	1,67%	1,424	1,73	406
16	41	0,2					
17	47	0,16					
18	50	0,13					
19	55	0,1					
20	58	0,04					
21	60	0,04					
22	67	0,044					
23	70	0,1					
24	75	0,084					
25	76	0,08					
26	80	0,076					
27	95	0,076					
28	95	0,088					
29	105	0,048					
30	105	0,048					
31	107	0,072					
32	108	0,08					
33	112	0,04					
34	120	0,01					
35	130	0,01					

Tabel 5. Perhitungan Pendapatan Berdasarkan Analisis

Co Farm Lokasi 1		
	T0	T1
Hasil Pemeliharaan	Rp 78.749.440,-	Rp 180.943.140,-
Hasil/ekor	Rp 3.149,-	Rp 7.237,-
Selisih/Ekor	Rp 4.088,-	
Diff Total	Rp. 102.200.000,-	

PEMBAHASAN

Berdasarkan kedua percobaan yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa dengan melakukan maintain dengan kecepatan inlet 600 fpm dengan kerataan angin sesuai yang tertera di tabel 2 terbukti mampu menurunkan angka kematian, menaikkan ADG harian dan meningkatkan hasil produksi pada umur 15 hingga masa panen. Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan bahwa terjadi penurunan angka kematian pada perlakuan T1 dengan kecepatan inlet 600 fpm berturut-turut sebanyak 1,88% hingga akhir pemeliharaan. Dengan kerataan angin kondisi amonia yang tinggi di dalam kandang yang menyebabkan penyakit dan melambatnya ADG dapat ditekan dikarenakan aliran udara yang sesuai dan akan membuang amonia melalui outlet dari exhaust fan. Pada level 5 ppm amonia dapat mengiritasi mata dan lebih dari 10 ppm amonia dapat menjadi pemicu stres sehingga mengganggu aktivitas makan pada ayam dan berakibat pada penurunan konsumsi pakan (Miles et al., 2004; Aziz dan Barnes, 2010). Paparan amonia secara langsung dan terus menerus mencapai 25 ppm mengakibatkan iritasi saluran pernafasan pada bagian mukosa dan penurunan performans (Beker et al., 2004; Kristensen dan Wathes, 2000). Produksi amonia yang tinggi menyebabkan tingkat kematian tinggi pada ayam dan menggangu pertumbuhan (Moore et al., 1995).

Variabel lain meliputi ADG harian, rataan bobot panen, FCR, dan umur panen turut mempengaruhi IP akhir pemeliharaan. IP kandang tersebut menunjukkan hasil yang lebih baik setelah penerapan kecepatan angin di inlet minimal 600 fpm dengan perbandingan periode sebelumnya dengan kecepatan inlet antara 400-500 fpm. Kedua perlakuan menghasilkan IP yang berbeda. Dengan memaksimalkan kecepatan inlet, blankspot pada area kandang bisa teratasi dan kerataan udara dalam kandang tercapai dengan baik sehingga hasil produksi dibuktikan dengan IP hasil penmeliharaan yaitu 406 lebih baik dibandingkan periode sebelumnya yang hanya menggunakan kecepatan inlet berkisar antara 400-500 fpm dan masih banyak blankspot dan kurang meratanya distribusi udara di dalam kandang.

Analisis Pendapatan

Perhitungan pendapatan farm dipengaruhi oleh bobot ayam yang terpanen, biaya serta insentif produksi. Tabel 5 menunjukkan adanya kenaikan pendapatan peternak setelah dijalankanya pemaksimalan kecepatan angin pada area inlet yang mampu mengurangi angka kematian hingga 1,88% dari periode sebelumnya. Terjadi peningkatan pendapatan sebanyak Rp 4.088,- per ekor pasca perlakuan. Dengan ini, dapat diasumsikan apabila farm menjalankan kecepatan angin sesuai dengan distribusi udara berdasar pada volume kandang secara konsisten dari umur 15 hingga masa panen, maka bisa jadi pendapatan yang diterima pada periode sebelumnya lebih besar sebanyak Rp 102.200.000,-.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan, dapat disimpulkan bahwa penerapan kecepatan angin di inlet minimal di angka 600 fpm efektif dalam menurunkan angka kematian dari umur 15 hingga masa panen. Dengan menggunakan kecepatan angin minimal 600 fpm tidak terjadi lagi kendala distribusi udara sehingga hasil produksi lebih baik dari periode sebelumnya dikarenakan angka deplesi turun, ADG harian naik dan hasil FCR IP lebih baik dari periode sebelumnya. Pemaksimalan kecepatan angin di inlet

 ISSN 2987-677X

sangat disarankan untuk dapat dilakukan di kandang karena dapat dilakukan dengan mudah dan tanpa biaya tambahan tetapi mampu memberikan hasil yang lebih baik secara produksi dan ekonomi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah atas izin Tuhan yang Maha Kuasa penelitian tentang Distribusi Udara pada Ayam Broiler dapat diselesaikan dengan baik, penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Company Farm Charoen Pokphand, serta pihak pengelola Farm yang telah memberikan kesempatan bagi saya untuk terselesaikanya penelitian ini serta telah memfasilitasi segala sesuatu sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik, semoga banyak manfaat khususnya bagi farm peternak sehingga dapat meningkatkan hasil produksi pemeliharaan dan kondisi ayam broiler jauh lebih sehat.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2021. Cobb Broiler Management Guide. www.cobb-vantress.com.

Anonim. 2018. Cobb Broiler Management Guide. www.cobb-vantress.com.

Dewanti, 2014. Ventilasi pada kandang Closed House. http://eprints.undip.ac.id/73320/3/BAB_II.pdf

Ridwan, 2020. Mengenal Kandang Closed House. https://www.medion.co.id/mengenal-lebih-dalam-kandang-closed-house/

drh. Semarno, 2020. Manajemen Ventilasi pada Kandang sistem Closed House atau tertutup. http://www.majalahinfovet.com/2020/10/manajemen-ventilasi-pada-closed-house.html

drh. Andik, 2021. Broiler Guide Performance. https://www.medion.co.id/closed-house-optimalization-performance/

ISSN 2987-677X

The Overview Literature Review On Competence-Based Education In The Industrial Engineering Using PRISMA 2020

Yunia Dwie Nurcahyanie[1,2], Manik Ayu[1], Prihono [1], M. Nushron Ali [1]

[1] Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

[2] Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala

✉ yuniadwie@unipasby.ac.id

Abstract— Structured methods for the methodical re-alignment of professional education programs are needed for the comprehensive integration of the human workforce in digital and sustainable manufacturing and logistics systems. It is believed that investing in engineering education is essential to the advancement of both industry and society. Future engineers, though, will need more than simply a solid foundation in technology. The focus on competence-orientation is often neglected, particularly in the field of Industrial Engineering (IE), and empirically proven success criteria that support the holistic reorientation of engineering education are usually studied. The authors of this work perform a thorough literature review on engineering education, focusing on competence-based engineering education within the field of IE. Additionally, the writers offer beneficial implications for the competence-based for Industrial Engineering students and lectures writings.

Index Terms— BoK ,Curriculum, Industrial Engineering, Overview

I. INTRODUCTION

Maintaining innovation and, by extension, the long-term competitiveness of the entire economy, is critical to Indonesian society's sustained prosperity. One of the key success elements for professionalization programs can be considered to be the comprehensive integration of individuals into the so-called "factory of the future" and the related retraining or further certifications of the workforce. Thus, it is believed that investing in engineering education is essential for the future.

Recent studies demonstrate a significant increase in the shortage of skilled workers in manufacturing enterprises over the next few years, highlighting a substantial demand for qualified engineers in smart and sustainable operations management as the primary area of application for industrial engineering and management professionals. Engineering education for IEs has evolved and expanded continuously from the middle of the 18th century, in a manner similar to these disciplinary advancements. The advancements of the industrial revolution are comparable to the ongoing professionalization initiatives. Thus, we can anticipate a paradigm change in the working world in the future, particularly for engineers.

The term "Engineering Education 5.0" refers to the implications that the technological advancements based on the further development of Industry 5.0 concepts and models will have for engineering education. These advancements will permanently alter work processes, replace traditional occupational fields, and generate new occupational fields.To do this, (future) IE specialists will require training beyond just a solid grounding in science and technology. The pandemic and the rapidly advancing implementation of Industry 4.0/Industry 5.0 concepts have sparked transformative educational processes that call for not only a redesign of teaching and learning methodologies but also a redesign of learning content and competencies taught, particularly in engineering education for tomorrow's IE professionals. The problem today facing educational institutions is to properly integrate the aforementioned trends and requirements into IE engineering education in order to ensure future generations' well-being, the workability of engineers, and their comprehension of their roles.

This paper, therefore, pursues the following central research questions

1. What challenges is the IE discipline currently facing and what are the implications
   for engineering education of IEs?
2. Which competences are perceived as necessary concerning the engineering education of IEs?

In order to determine the current state of research on competencies and teaching strategies in engineering education in the context of the fifth industrial revolution, the paper will conduct a systematic literature review (SLR), there are 46 literature studied. Based on the findings, it will draw conclusions for the knowledge triangle, which consists of business, science, and education. The format of the paper is as follows: The research design and, thus, the methodology of this work. Result and discussion overview of the descriptive findings and the content analysis that led to the identification of two categories. Review of the findings and their significance for researchers and practitioners. The important claims in the paper's conclusion.

 ISSN 2987-677X

I. MATERIALS AND METHODS SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Using the SLR method makes it possible to compile an extensive overview of the best literature available on a certain subject. The most acceptable systematic strategy for an open, understandable, and comprehensive analysis of the body of literature was to adopt the Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis (PRISMA) standard. The implementation of PRISMA 2020 has promise for numerous parties. Readers can evaluate the suitability of the procedures and, consequently, the reliability of the results, with the help of comprehensive reporting. The synthesis process facilitates the assessment of the findings' relevance for IE practitioners. Describe the degree of confidence in the body of evidence supporting an outcome and the implications of findings to assist managers, policy makers, and other decision makers in developing suitable practice or policy recommendations.

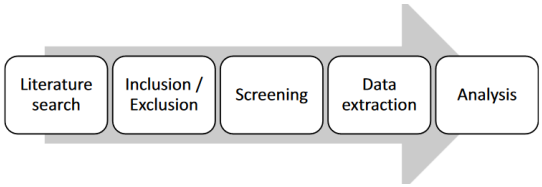


Figure 1. PRISMA Process (1)

II. MATERIALS AND METHODS SYSTEMATIC

The PRISMA method follows a systematic approach. This is shown in Figure 2 and will be described in more detail below (1).

A. Literature search and inclusion and exclusion criteria

This study focuses on literature that has already been published by professors and students in the PGRI Adi Buana Surabaya Program Study Industrial Technology at the University PGRI Adi Buana Surabaya Program. The total amount of published works is 89, with 11 IE lectures contributing to the total throughout the 2019–2024 time frame. From these few literary works, humata.ai eventually quotes them and performs categorization. The results of this classification were then manually entered onto paper, which became a riset group or riset topik. This is important to understand because the curriculum's results are aligned with previously published dosen analyses.

B. Literature search and inclusion and exclusion criteria

Following the inclusion and exclusion criteria, all relevant papers were downloaded as full texts from the respective online sources for the subsequent analysis. Before the content analysis, all 26 identified papers were analyzed descriptively to provide an overview of the current state of research. The content analysis was generated based on guidelines of qualitative social research using qualitative content analysis by means of inductive thematic categorization of the literature examined (2).

III. DISCUSSION AND IMPLICATIONS

Our study sought to openly provide a well-organized summary of the most recent research on "Engineering Education 5.0," with an emphasis on competence-based learning in the field of IE. The findings of this study suggest additional efforts to professionalize engineering education, which in turn helps to further characterize engineering education in the field of IE. The competency discourse's research trends can be determined by carefully carrying out the SLR. Additionally, two categories within didactical planning—the macro level and the meso level, respectively—as well as their theme clusters can be identified. Considering the first study question, which examines the clusters within the macro level category, it is possible to identify the following issues and suggest some improvements for IE engineering education. The papers together draw attention to the necessity of coordinating learning outcomes, professional requirements, and educational objectives. In order to overcome these obstacles, academic staff and students can utilize a teaching and learning center and train-the-teacher approaches.

On the other hand, it is acknowledged that sustainability factors, soft skills, and transversal skills receive insufficient emphasis. The majority of the examined IE curricula lack courses and initiatives that help students build their transdisciplinary and interpersonal skills, instead emphasizing just technical knowledge. Other efforts include going above and beyond the traditional curriculum, creating a mentorship program that pairs grads with current students, and issuing badges through the university job center.

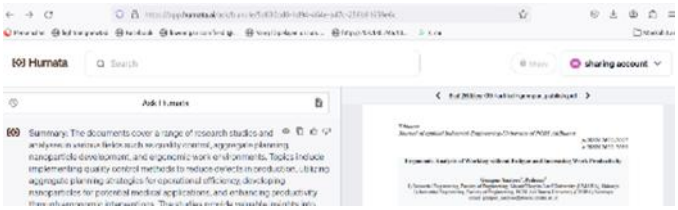


Figure 2. Themes mapping using humata.ai

Based on the analysis of several previously completed documents, several major topics have emerged, Summary of Key Aspects from the Documents in help with humata.ai.

1. Evaluation of Quality and Production Efficiency
2. Ambition and Production Strategy
3. Material and Technology Development
4. Ergonomics, Health, and Workplace Safety
5. Education and Training
6. Psychology and Adversity

 ISSN 2987-677X

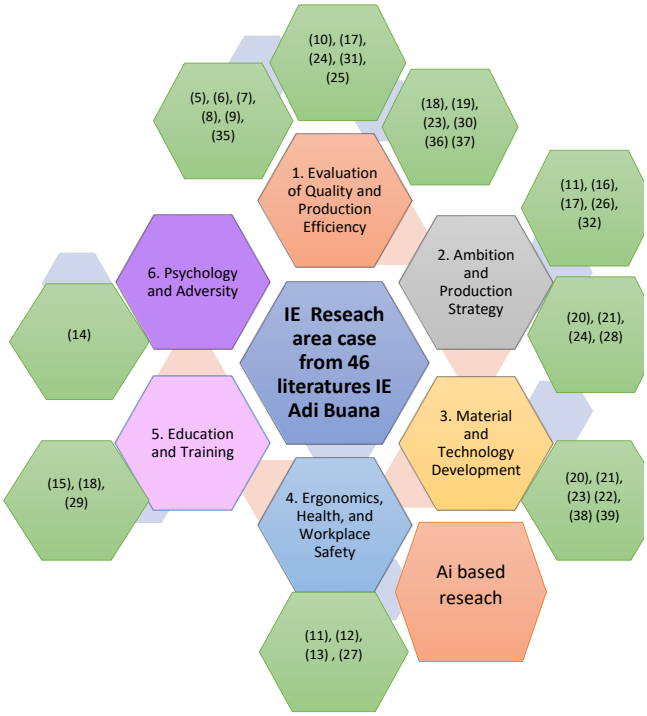


Figure 3. Six BoK mostly used in research IE Adi Buana Surabaya

The last 10 years' effects of artificial intelligence, with an emphasis on supply chain management, robots, quality assurance, predictive maintenance, and operational optimization. Machine learning algorithms provide predictive maintenance, which reduces downtime and maximizes resource allocation. Operational optimization improves decision-making, resource usage, and overall efficiency. It is accomplished by AI's real-time data analysis. Artificial Intelligence (AI) in robotics improves production capacities and advances image recognition and machine learning in quality control processes guarantee better quality. Artificial intelligence (AI) improves inventories, expedites routes, forecasts demand, and promotes resilience in supply chain management. The revolutionary synergy between human-machine collaboration is exemplified by collaborative robots and AI-driven workforce empowerment. The piece ends with a review of the last ten years' advancements, highlighting the continuous growth of AI in industrial engineering and promising more intelligent, flexible, powerful (3).

IV. LIMITATION

The study conducted a review of the scientific literature from 2018 to 2023 for IE lectures in University Adi Buana, the date of data extraction from IE Department Adi Buana database. A limitation of this research is that during the period of the screening, selection and analysis, and development of the framework, further research on competence-based engineering education may have been performed and published. The current rapid development of research in this area is a limit to the results of this review.

In summary, these documents cover many important aspects of quality control, production efficiency, technological advancement, workplace safety and health, education, and psychological well-being.Work Design & Measurement, Operations Research & Analysis, Engineering Economic Analysis, Facilities Engineering & Energy Management, Quality & Reliability Engineering, Ergonomics & Human Factors, Operations Engineering & Management, Supply Chain Management, Engineering Management, Safety, Information Engineering, Design and Manufacturing Engineering, Product Design & Development, System Design & Engineering are the fourteen bodies of knowledge that are based on Industrial System Engineering (4). All of the BoK has already been completed at IE Universitas PGRI Adi Buana Surabaya; nevertheless, if the keempat belas BoK is examined more closely, the majority of the research that is done is six Bok.

Table 1. Literature reviews as part of IE Studies

Some Paper Title from IE Adi Buana as studied (2019-2023)
Concise Consumer Needs for Women Muslim Fashion by Integrating Online Product Reviews and Designer Voice (5)
Implementing Online Product Reviews and Muslim Fashion (6)
A Study on Customer Acceptability of Online Payment Systems in Indonesia (7)
Analisa Kualitas Produksi Baut Hexagonal M21 Menggunakan Metode Seven Tools (Studi Kasus Perusahaan Baut Truk Di Kabupaten Gresik) (8)
Design For Longevity and Design For X: Concepts, Applications, and Perspectives (9)
The Willingness To Pay On Indonesian Fashion Longevity Using Structural Equation Modelling Post Pandemic (10)
Rearranging First-In First-Out (FIFO) Parts Layouts (11)
Safety and Health Management Implementation (12)
Keputusan Tetap Bertahan Setelah Pandemi Covid 19: Aksesbilitas Keselamatan & Kesehatan Kerja Pada Industri Kecil Pengolahan Kayu (13)
Household Participations and Sustainable Development Programs: Social Impact of Government Assistance in Indonesia (14)
Optimizing Company Performance Through Industrial Coordinator Training : A Practical Needs Assessment (15)
Relayout Tata Letak Fasilitas (Studi Kasus Pabrik Kerupuk Terbaik Di Surabaya) (16)
Overview of the Production Process Layout Through the Technology Group at PT. Kayu Mebel IndonesiaSemarang (17)
Model Penerimaan Teknologi dalam Penggunaan LMS Virlenda (18)
Development of Generator Set Product Services Using Quality Function Deployment atPT X (19)
Kompak: Komparasi Indikasi Kecacatan Hasil Pengelasan Logam Dengan Uji Non Destructive Test (Ndt) (20)
Analisa Perspektif Balanced Scorecard Dalam Pengukuran Kinerja (Studi Kasus : Bidang Contract MGMT & Customer Relations I (CMR I) PT. PLN Nusantara Power) (16)
Perancangan Mesin Pelebur Limbah Plastik menjadi Papan Polimer (21)
Aplication of Liqu Quese for LightWeight Brick Transportation (22)
Penerapan Teknologi Aplikasi "Ros Delivery" Berbasis Android Untuk Monitoring Pengiriman Produk (studi kasus : cv. Mulya Jaya Abadi Surabaya) (23)
Implementasi Metode Economic Order Quantity Untuk Bahan Baku Tepung Midgrain Di PT. XYZ (24)
Implementation of Material Requirement Planning (MRP) in Controlling RawMaterials for Shoes Products at PT.XYZ (25)
Pemilihan Supplier Bahan Baku Besi Untuk Perbaikan Mesin Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) (26)
Perbaikan Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Dengan Pendekatan Dmaic Bagi Pekerja Proyek Pembangunan Gedung Di Gresik (27)
Glucose Supply Control Using Silver Meal Heuristic Method at PT. XM Sidoarjo (28)
The utilization of metaverse technology applications based on science, technology, engineering and mathematics (Meta-STEM) to improve critical thinking skills (29)
Literature Review of the Effectiveness of Using Aggregate Planing in the Msme Industry (30)
Implementation of Material Requirement Planning (MRP) in Controlling Raw Materials for Shoes Products at PT. XYZ (25)
Peningkatan Produktivitas Pabrik Kertas Dengan Mempertimbangkan Power Faktor Dan Menggunakan Kapasitor Bank Di Pt Dayasa Aria Prima (31)
Optimization Through Linear Programming Method Simplex In Umkm Dongkal Awug Kang Cake In Bogor Regency (32)
Muscoluskeletal Disorder (MSDs) on Worker Batik Tulis (33)
Ergonomic Analysis of Working without Fatigue and Increasing Work Productivity (34)
Model Kebijakan circular economy limbah udang dengan menggunakan metode fuzzy logic (35)
Peningkatan Produktivitas Pabrik Kertas Dengan Mempertimbangkan Power Faktor Dan Menggunakan Kapasitor Bank Di Pt Dayasa Aria Prima (31)
Optimization Through Linear Programming Method Simplex In Umkm Dongkal Awug Kang Cake In Bogor Regency (32)
Model Kebijakan Circular Economy Limbah Udang Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Logic (35)
Application Of The Fmea Method In Determining Improvement Priorities In The Product Quality System At Company X (36)
Modeling E-Commerce Website Using QFD (37)
Improving The Heat Value of Biobriquettes Made From Rice Husk and Cabbage withThe Addition of Palm Oil (38)
Pengembangan Media Lumpur Lapindo Sebagai Bahan Tambah Pembuatan KeramikDevelopment of Lapindo Mud Media as an Additive for Making Ceramics (39)

V. DISCLOSURE STATEMENT

No potential conflict of interest was reported by the author(s).

 ISSN 2987-677X

VI. CONCLUSION

Particularly the industry and the related engineering education must completely realign due to the primary forces of digitalization and sustainability (Industry 4.0) as well as human centeredness (Industry 5.0), a greater commitment to sustainable business management, and ultimately crises, global disruption, internationalization, and pandemics. This makes it clear that engineering education is still in need of further growth before it becomes sufficiently professionalized. One major challenge that needs to be addressed is the alignment of educational objectives, learning outcomes, and professional obligations. Innovative teaching and learning techniques, industry collaboration, and real-world applications must all be incorporated into the curriculum in order to meet this challenge. Challenge-based learning, the use of tools, simulations, and specialized software, life-cycle engineering, flipped classrooms and laboratories, and closer industry engagement are a few examples of these teaching and learning strategies. The latter can be accomplished by means of strategic partnerships and collaborations with nearby sectors, involving alumni to cultivate relationships and tackle real-world issues and challenges in order to establish environments that are favorable for learning.

More research should focus on identifying the competencies required for both professional and private competence development in order to successfully navigate both the professional and personal spheres of daily life. In order to do this, future research should focus on developing better methods for measuring competencies or undertake more thorough studies using mixed-method approaches to investigate the competencies required of IE experts. Future study to further engineering education should start with the findings of this paper. An immersive adaptation of the professional education and training of (future) engineers is necessary, as was already noted in the introduction. The dynamic junction of AI and industrial engineering has undergone a dramatic metamorphosis that has propelled the industry into the era of Industry 4.0. In addition to completely redefining conventional manufacturing processes, this revolutionary integration of AI technology has ushered in a period of previously unheard-of efficiency, predictive power, and data-driven decision-making. Predictive maintenance has emerged as a crucial application of artificial intelligence, which has caused a seismic upheaval in the industrial sector. Machine learning algorithms anticipate equipment breakdowns by carefully analyzing data from sensors and machinery, which enables preventative maintenance interventions.

VII. REFERENCE

1. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt P, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The prisma 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. Med Flum. 2021;57(4):444–65.

2. Idemen E, Elmadag A, Okan M. A qualitative approach to designer as a product cue: proposed conceptual model of consumers perceptions and attitudes. Rev Manag Sci. 2020;

3. Lin X. Artificial Intelligence in the Industrial Engineering. Adv Oper Res Prod Manag. 2024;1(1):1–6.

4. IISE. Industrial System Engineering Body of Knowledge. IISE, editor. Georgia; 2021. 61 p.

5. Nurcahyanie YD, Singgih ML, Dewi DS. Concise Consumer Needs for Women Muslim Fashion by Integrating Online Product Reviews and Designer Voice. In: Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Sao Paulo, Brazil, April 5 - 8, 2021 [Internet]. Sao Paulo, Brazil: IEOM Society International; 2021. p. 1674–82. Available from: http://www.ieomsociety.org/brazil2020/papers/635.pdf

6. Nurcahyanie YD, Singgih ML, Dewi DS. Implementing Online Product Reviews and Muslim Fashion Innovation for Resilience during the New Normal in Indonesia. Sustain. 2022;14(4):1–20.

7. Nurcahyanie YD, Rosita E, Binantoro PW. Tibuana Journal of applied Industrial Engineering-University of PGRI AdiBuana p- ISSN 2622-2027 e- ISSN 2622-2035 AStudy on Customer Acceptability of Online Payment Systems in Indonesia Tibuana Journal of applied Industrial Engineering-University of PGRI. Tibuana [Internet]. 2022;05(01):24–33. Available from: https://jurnal.unipasby.ac.id/index.php/tibuana/article/view/4980

8. Nurcahyanie YD, Zufikri MH. Analisa Kualitas Produksi Baut Hexagonal M21 Menggunakan Metode Seven Tools (Studi Kasus Perusahaan Baut Truk Di Kabupaten Gresik). In: Seminar Nasional Hasil Riset dan Pengabdian (SNHRP) 4 [Internet]. Surabaya: SNHRP, 4; 2022. p. 40–9. Available from: https://snhrp.unipasby.ac.id/prosiding/index.php/snhrp/article/view/293

9. Nurcahyanie YD, Rohmadiani LD. Tibuana Journal of applied Industrial Engineering-University of PGRI Adi Buana p- ISSN 2622-2027 e- ISSN 2622-2035 Design For Longevity and Design For X : Concepts , applications , and perspectives Tibuana Journal of applied Industrial Engineering-Univers. Tibuana. 2023;06(01):58–64.

10. Yunia Dwie N, Rohmadiani LD. The Willingness To Pay On Indonesian Fashion Longevity Using Structural Equation Modelling Post Pandemic. 1st ed. Abid Ali Khan, M. Lutfi Ciddi & MU, editor. Proceedings Of International Conference On Studies In Engineering, Science, And Technology. Atalaya, Turkey: The Istes Organization; 2022.

11. Jumali MA, Rusdiyantoro, Alfi Rohmatil Maulidah, Yitno Utomo. Rearranging First-In First-Out (FIFO) Parts Layouts. PROZIMA (Productivity, Optim Manuf Syst Eng. 2023;6(2):137–42.

12. Abdul Jumali M, Utomo Y, Rusdiyantoro. Safety and Health Management Implementation. Tibuana. 2022;5(01):20–3.

13. Kristina A, Abdul Jumali M. KESELAMATAN & KESEHATAN KERJA PADA INDUSTRI KECIL PENGOLAHAN. In:

 ISSN 2987-677X

KEPUTUSAN TETAP BERTAHAN SETELAH PANDEMI COVID 19: AKSESBILITAS KESELAMATAN & KESEHATAN KERJA PADA INDUSTRI KECIL PENGOLAHAN KAYU [Internet]. Madura; 2022. p. 1001–7. Available from: https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/senmea/article/view/2526/1813

14. Rasyid M, Kristina A, Wantara P, Jumali MA. Household Participations and Sustainable Development Programs: Social Impact of Government Assistance in Indonesia. Int J Sustain Dev Plan. 2023;18(6):1725–32.

15. Nia P, Patmasari L, Jumali MA. Tibuana Journal of applied Industrial Engineering-University of PGRI AdiBuana e- ISSN 2622-2035 Optimizing Company Performance Through Industrial Coordinator Training : A Practical Needs Assessment Tibuana Journal of applied Industrial Engineering-Univers. Tibuana [Internet]. 2023;06(02):104–8. Available from: https://jurnal.unipasby.ac.id/index.php/tibuana/article/view/7665/4929

16. Nouval A udin nouval. Relayout tata letak fasilitas (studi kasus pabrik kerupuk terbaik di surabaya). Vol. 21, WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA. 2023. p. 9–14.

17. Cahyono A, Rusdiyantoro R, Ali MN. Overview of the Production Process Layout Through the Technology Group at PT. Kayu Mebel Indonesia, Semarang. Asian J Soc Humanit. 2023;1(08):407–19.

18. Utomo Y, Tripariyanto AY, Setiyorini DA. Model Penerimaan Teknologi dalam Penggunaan LMS Virlenda. JATI UNIK J Ilm Tek dan Manaj Ind. 2022;6(1):62–78.

19. Neysa Ivah Umma, Yitno Utomo. Development of Generator Set Product Services Using Quality Function Deployment at PT X. J Sist Tek Ind. 2023;25(2):298–311.

20. Utomo Y, Titisari MA, Jumali MA. KOMPAK : Komparasi Indikasi Kecacatan Hasil Pengelasan Logam dengan Uji Non Destructive Test (NDT). In: Seminar Nasional Hasil Riset dan Pengabdian (SNHRP) 4 [Internet]. 2023. p. 2267–75. Available from: https://snhrp.unipasby.ac.id/prosiding/index.php/snhrp/article/view/801

21. Arsy A, Firdaus A, Utomo Y. PERANCANGAN MESIN PELEBUR LIMBAH. In: SEMNASTI 2023. 2024. p. 365–9.

22. Febryanto ID, Virdaus MI, Faculty E. Tibuana Journal of applied Industrial Engineering-University of PGRI Adi Buana e- ISSN 2622-2035 Aplication of Liqu Quese for Light Weight Brick Transportation (Case Study at PT Priority One Indonesia Krikilan No . 28 , Driyorejo District , Gresik Regenc. Tibuana. 2021;04(2):83–90.

23. Febryanto ID, Rosi F. Proceeding Seminar Nasional WALUYO JATMIKO 2021 PENERAPAN TEKNOLOGI APLIKASI “ROS DELIVERY” BERBASIS ANDROID UNTUK MONITORING PENGIRIMAN PRODUK (STUDI KASUS : CV. MULYA JAYA ABADI SURABAYA). In: Seminar Nasional WALUYO JATMIKO 2021 [Internet]. 2021. p. 273–80. Available from: http://sasanti.or.id/ojs/index.php/hep/article/view/99

24. Febryanto ID, Margono PB. IMPLEMENTASI METODE ECONOMIC ORDER QUANTITY UNTUK BAHAN BAKU TEPUNG MIDGRAIN DI PT. XYZ. Vol. 1, Proceeding Seminar Nasional WALUYO JATMIKO 2021. 2021. p. 101–16.

25. Sukma Adhiyasa C, Febryanto ID, . P, Pramana YB. Implementation of Material Requirement Planning (MRP) in Controlling Raw Materials for Shoes Products at PT.XYZ. Tibuana. 2023;6(2):119–26.

26. Putra Pratama A. Pemilihan Supplier Bahan Baku Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process. In: Prosiding SAINTEK: Sains dan Teknologi. 2023. p. 375–82.

27. Titiek Koesdijati. PERBAIKAN MANAJEMEN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) DENGAN PENDEKATAN DMAIC BAGI PEKERJA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG DI GRESIK. WAKTU Vol. 2021;19(01):31–7.

28. Koesdijati T, Adi Waluyo D. Glucose Supply Control Using Silver Meal Heuristic Method at PT. XM Sidoarjo. Tibuana. 2022;5(2):135–40.

29. Rachmadtullah R, Setiawan B, Wasesa AJA, Wicaksono JW, Rasmitadila. The utilization of metaverse technology applications based on science, technology, engineering and mathematics (Meta-STEM) to improve critical thinking skills. J Educ e-Learning Res. 2023;10(4):778–84.

30. Cahyono A, Prihono P, Febrianto ID. Literature Review of the Effectiveness of Using Aggregate Planing in the Msme Industry. J Tek Ind Terintegrasi. 2023;6(4):1483–91.

31. Fahlevi RA, Prihono P. Peningkatan Produktivitas Pabrik Kertas Dengan Mempertimbangkan Power Faktor Dan Menggunakan Kapasitor Bank Di Pt Dayasa Aria Prima. J Rekayasa Sist Ind. 2023;8(2):51–9.

32. Cahyono A, Dwie Nurcahyanie Y. Optimization Through Linear Programming Method Simplex in Umkm Dongkal Awug Kang Cake in Bogor Regency. J Sci [Internet]. 2023;12(2):2023. Available from: http://infor.seaninstitute.org/index.php

33. Santoso G, Prihono. Muscoluskeletal Disorder (MSDs) on Worker Batik Tulis. Tibuana. 2021;4(02):99–103.

34. Santoso G, Prihono. Ergonomic Analysis of Working without Fatigue and Increasing Work Productivity. Tibuana. 2022;5(01):52–5.

35. Surabaya K. MODEL KEBIJAKAN CIRCULAR ECONOMY LIMBAH UDANG. J HEURISTIC [Internet]. 2022;19(1):11–22. Available from: https://jurnal.untag-sby.ac.id/index.php/HEURISTIC/article/view/6566/4832

36. Cahyono A, Ayu Titisari M, PGRI Adi Buana Surabaya U. Jurnal Scientia is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0) APPLICATION OF THE FMEA METHOD IN DETERMINING IMPROVEMENT PRIORITIES IN THE PRODUCT QUALITY SYSTEM AT COMPANY X. J Sci [Internet]. 2023;12(2):2023. Available from: https://seaninstitute.org/infor/index.php/pendidikan/article/view/1329

ISSN 2987-677X

37. Titisari MA, Hadi S, Utomo Y, Karya DF, Aliansa GBS. Modeling E-Commerce Website Using QFD. Bus Financ J. 2023;8(1):69–75.

38. Yanatra Budi Pramana, A DA, AR N. Improving The Heat Value of Biobriquettes Made From Rice Husk and Cabbage with The Addition of Palm Oil. Tibuana. 2022;5(2):120–6.

39. Sampurno R, Jangkit Pamuncak I, Eka Saputra N, Budi Pramana Y, Budipramana K. Pengembangan Media Lumpur Lapindo Sebagai Bahan Tambah Pembuatan Keramik. STIGMA J Mat dan Ilmu Pengetah Alam Unipa. 2023;16(1):28–34.

 ISSN 2987-677X

SISTEM IRIGASI SPRINKLE UNTUK PERTANIAN LAHAN SAWI DENGAN MENGGUNAKAN TENAGA SURYA

Deminus Teus Wenda[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

electreng.deminus.t.18@ukwms.ac.id

Sistem irigasi *sprinkle* (pancaran) untuk pertanian sawi dengan menggunakan tenaga surya sebagai sumber yang dapat menghasilkan energi listrik dan pompa air sebagai pompa yang memindahkan air dari tempat bertekanan rendah ke tempat dengan tekanan yang lebih tinggi . Sel surya merupakan sebuah alat yang tersusun dari material semikonduktor yang dapat mengubah sinar matahari menjadi tenaga listrik secara langsung. Sering juga dipakai istilah photovoltaic atau fotovoltaik. Dalam perancangan ini penyiram lahan tanaman sistem irigasi *sprinkle* (pancaran) menggunakan tenaga surya dibutuhkan peralatan Panel Surya, *Inveter Luminous Solar Home UPS* 1400VA/24V, Pompa Air *Wasser Pump* WD-101E dan penyemprot *Sprinkle*.

tujuan dalam perancangan ini adalah untuk meminimalisir penyiraman tanaman dan membantu kerja dari para petani Sawi dan tanaman lainnya yang kesulitan mendapat air untuk kebutuhan tanaman para petani. Rancangan sistem irigasi *sprinkle* (pancaran) dengan menggunakan panel surya sebagai sumber tegangan dan untuk mengetahui sistem kerja dalam penyiraman lahan tanaman Sawi secara maksimal, dan dapat diaplikasikan pada pertanian sawi. sehingga lahan pertanian tersebut dapat dipergunakan menjadi lahan pertanian yang produktif dengan jenis tanaman sawi yang dapat menerima sumber air melalui sistem irigasi *sprinkle* (pancaran).

Oleh karena itu sistem ini dirasakan akan sangat berguna bagi masyarakat dan diharapkan sistem ini dapat sebagai sumber energi listrik dan air untuk daerah-daerah lahan pertanian yang susah memperoleh air untuk penyiraman lahan tanaman. Agar dapat terus produktif melakukan kegiatan pertaniannya dengan harapan hasil-hasil dari kegiatan pertanian tersebut dapat berlangsung sepanjang masa (musim hujan, maupun kemarau), sehingga berdampak pada peningkatan perekonomian masyarakat.

Kata Kunci : Tenaga Surya , Sistem irigasi, *Sprinkle*

.

PENDAHULUAN

Sayur merupakan komoditas penting, karena dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari dan permintaannya cenderung terus meningkat sebagaimana jenis tanaman hortikultura lainnya seiring dengan terus bertambahnya jumlah penduduk. Sawi (*Brassica juncea*) merupakan salah satu jenis sayur yang digemari oleh masyarakat Indonesia. Konsumennya mulai dari golongan masyarakat kelas bawah hingga masyarakat kelas atas. Di Indonesia banyak sekali jenis masakan yang menggunakan sayuran sawi, baik sebagai bahan pokok maupun sebagai bahan pelengkapnya.

Jagad Indonesia ini memungkinkan dikembangkan tanaman sayur-sayuran yang banyak bermanfaat bagi pertumbuhan dan perkembangan bagi manusia. Diantara tanaman sayur-sayuran yang mudah dibudidayakan adalah caisim. Ditinjau dari aspek klimotologis, aspek teknis, aspek ekonomis, dan aspek sosialnya sangat mendukung, sehingga memiliki kelayakan untuk diusahakan di Indonesia.

Budidaya tanaman sawi relatif mudah untuk dilaksanakan, sehingga dapat dilalukan oleh petani ataupun pemula yang ingin menekuni agrobisnis tanaman ini. Budidaya tanaman sawi selain mudah dilaksanakan, juga sangat cepat menghasilkan karena tanamn ini memiliki umur relatif pendek (genjah), mulai dari awal penanaman sehingga siap panen.

Tanaman sawi dapat ditanam di dataran tinggi maupun dataran rendah. Sawi termasuk tanaman sayur yang tahan terhadap hujan. Sehingga ia dapat ditanam di sepanjang tahun, asalkan pada saat musim kemarau disediakan air yang cukup untuk penyiraman. keadaan tanah yang dikehendaki adalah tanah gembur, banyak mengandung humus, dan drainase baik dengan derajat keasaman (pH) 6-7 (Anonim, 2007).

Tanaman sawi termasuk tanaman sayuran daun dari keluarga *Cruciferae* atau tanaman kubis-kubisan yang mempunyai nilai ekonomi tinggi karena kaya akan serat, kandungan gizinya tinggi, dan juga tanaman ini dipercayai mempunyai kasiat obat. Bagian tanaman dari sawi yang dikonsumsi adalah daun-daun yang masih muda. Daun sawi sebagai bahan makanan sayuran memang memiliki bermacam-macam manfaat dan kegunaan dalam kehidupan masyarakat sehari-hari. Daun sawi selain

 ISSN 2987-677X

dimanfaatkan sebagai bahan makanan sayur ternyata juga dapat dimanfaatkan untuk pengobatan (terapi) bermacam-macam penyakit. Mengingat manfaat dan kegunaan dari tanaman sawi yang begitu besar sebaiknya mulai saat ini budidaya tanaman sawi perlu untuk semakin dikembangkan dalam upaya ikut serta dalam menjaga kesehatan masyarakat.

Selain memiliki kandungan vitamin dan zat gizi yang penting bagi kesehatan, tanaman sawi dipercaya dapat menghilangkan rasa gatal ditenggorokan pada penderita batuk. Sawi yang dikonsumsi berfungsi pula sebagai penyembuh sakit kepala.

Orang-orang pun mempercayai tanaman ini mampu bekerja sebagai bahan pembersih darah. Penderita penyakit ginjal dianjurkan untuk banyak-banyak mengonsumsi sawi karena dapat membantu memperbaiki fungsi kerja ginjal (/haryanto, *et al.,* 1995).

Komposisi zat-zat makanan yang terkandung dalam setiap 100 g berat basah tanaman sawi berupa protein 2,3 g, lemak 0,3 g. karbohidrat 4.0 g, Ca 220.0 mg, p 38.0 g, Fe2.9 g, Vitamin A 1,940mg, Vitamin B 0.09 mg, dan Vitamin C 102 mg (Haryanto *et al*., 1995).

Tanaman sawi kaya akan sumber vitamin A, sehingga berdaya guna dalam upaya mengatasi masalah kekurangan vitamin A atau mengatasi penyakit rabun ayam (Xerophthalmia) yang sampai kini menjadi masalah di kalangan anak balita. Kandungan nutrisi lain pada tanaman ini berupa juga dalam menjaga kesehatan tubuh manusia. (Rukmana, 1994).

Pertanian sawi saat ini, masih banyak daerah lahan Pertanian di Indonesia yang menyiram lahan tanaman secara manual atau dengan bantuan manusia. Cara seperti ini kurang efisien sehingga dibutuhkan suatu sistem seperti tenaga surya yang dapat mengkonversikan cahaya matahari menjadi energi listrik agar dapat menghasilkan listrik di daerah-daerah petanian yang sulit terjangkau listrik dan air. Sehingga perlu dicarikan alternatif untuk meminimalisir atau membantu beban kerja para petani.

Dampak positif yang dapat dirasakan, kesejahteraan masyarakat akan meningkat, karena dapat melakukan kegiatan pertanian sepanjang musim yang bernilai jual, peningkatan kemampuan sumber daya manusia juga akan mengalami peningkatan, dengan alih teknologi yang dilakukan (pelatihan dan penyuluhan, Alat Penyiram Lahan Pertanian Dengan Sistem Irigasi Sprinkle Dengan Energi Surya), dan yang lebih utama, masyarakat sadar perlunya menjaga alam sekitar untuk kehidupan yang berkelanjutan.

Oleh sebab itu akan dibuat suatu sistem penyiram tanaman sawi dengan menggabungkan Panel surya 17,8V 100 Watt, Inverter Luminous 1400 VA 24V Hybrid, Pompa WD 101 E, sprinkle.

Metode Perancangan system Alat dan Pembuatan Alat

Perancangan PLTS Sistem Hybrid Off-grid Untuk Pertanian Sawi Dengan Sistem Penyemprotan Irigasi Sprinkle ini dibutuhkan beberapa komponen-komponen pendukung yang terdiri dari: Panel surya PV (*photovoltaic*), Inverter Luminous 1400VA/24V, Listrik PLN, Baterai (aki), MCB AC/DC, Pompa, AC/DC Digital *multi-function Meter* dan sprinkle

A. Prancangan Blok Diagram



Gambar. Blok Diagram System

Pertama 8 buah panel surya yang dipasang secara seri-paralel 2S4P (2 seri 4 paralel) masing-masing daya (W) 100WP, tegangan (V) 17.8Vmp dan arus (I) 5.62 Imp akan menangkap sinar matahari dan diubah menjadi energi listrik berupa tegangan DC (*Direct Current*).

Kemudian energi listrik yang dihasilkan dari matahari oleh panel surya PV (*Photvoltaic*) akan disalurkan melalui MCB DC (*Miniature Circuit Breaker Direct Current*) dan masuk kedalam Inverter Luminous 1400VA.

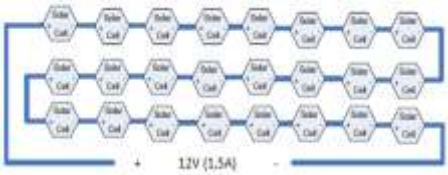
Dan tegangan PLN juga akan melewati MCB AC (*Miniature Circuit Breaker Alternating Current*) dan masuk (*input*) kedalam Inverter Luminous 1400VA. kemudian tegangan yang masukan (*input*) dari panel surya akan disimpan kedalam baterai (aki) dan diubah menjadi tegangan AC (*Alternating Current*) oleh Inverter Luminous 1400VA. Kemudian keluaran (*Output*) tegangan AC (*Alternating Current*) dari inverter dan PLN akan melewati MCB AC (*Miniature Circuit Breaker Alternating Current*) untuk diteruskan pada *timer* yang akan mengontrol waktu aktifnya pompa. Dan pompa akan menyedot air dari dalam bak airdan disalurkan pada pipa PVC (*polyvimyl chloride*) untuk disemeprotkan sistem irigasi oleh sprinkle, dengan waktu penyiraman 3 kali (sekali siram 30 menit/sesui setingan timer 1 pin 30 menit), mulai siram pagi jam 08.00 – 08.30, siang jam 12.00 – 12.30, dan sore jam 16.00 – 16.30. Sehingga pompa dapat melakukan proses penyiraman irigasi pada tanaman sawi melalui tiap-tiap sprinkle yang dipasang pada pipa PVC (*polyvimyl Chloride*).

 ISSN 2987-677X

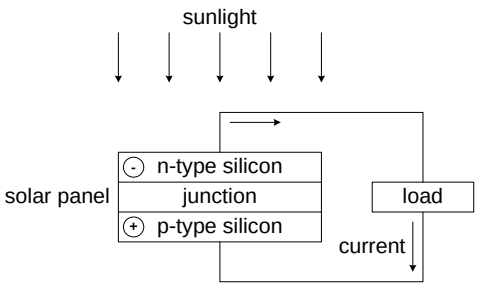
B. Perancangan Panel Surya PV (*Photovoltaic)*

Panel Surya PV (*photovoltaic*) yang dapat menghasilkan tegangan listrik searah DC (*Direct Current*) langsung dari sumber matahari. Menggunakan Panel Surya PV (*Photovoltaic*) jenis *polycristalline* dengan daya 100Wp dan tegangan 12V sebanyak 8 buah yang dirangkai secara seri dan parallen. Spesifikasi panel surya yang digunakan adalah *Rated Voltage* (Vmp) sebesar 17,8V dan *Rated Current* (Imp) sebesar 5,62A sehingga diperoleh daya maksimumnya Pm = 17,8 x 5,62 = 100,036 Wp ≈ 100 Wp.

Prinsip kerja dari panel surya adalah jika cahaya matahari mengenai panel surya, maka elektron-elektron yang ada pada sel surya akan bergerak dari N ke P, sehingga pada terminal keluaran dari panel surya akan menghasilkan energi listrik. Besarnya energi listrik yang di hasilkan oleh panel surya berbeda-beda tergantung dari jumlah sel surya yang dikombinasikan didalam panel surya tersebut. Keluaran dari panel surya ini adalah berupa listrik arus searah (DC) yang besar tegangan keluarnya tergsntung dengan jumlah sel surya yang dipasang didalam panel surya dan banyak sinar matahari yang menyinyari panel surya tersebut. (Bansai,1990).



Gambar. rangkaian solar cell pada solar panel



Gambar. Rangkaian Solar Cell

C. Perancangan komponen pada box panel

Box panel digunakan untuk penempatan bahan-bahan atau komponen yang akan digunakan untuk pembuatan suatu rangkaian listrik sehingga setiap komponon listrik dapat di tata dengan baik dalam box panel . Box panel yang digunakan berukuran panjang 250cm, lebar 100 cm dan tinggi 200cm. box panel ini terdiri dari box utama untuk komponen-komponen yang dipasang didalam dan di luar untuk memantau setiap tegangan listrik dan penempatan inverter dan baterai/aki.



Gambar. Control Box Panel



Gamabar. Isi Rangkaian box panel

D. Perancangan pipa irigasi sprinkle dan sawi

Pada tahap ini dilakukan pembuatan sistem irigasi, pengaturan pipa *polyvimyl chloridr* (PVC) utama dari bak air dan pompa kemudian hubungkan pipa pada irigasi sprinkle dengan jarak titik instalasi sprinkle per 2 meter yang dapat disemprotkan pada tanaman sawi.



Gambar. Pipa sprinkle dan sawi

Bibit sawi yang digunakan adalah jenis (*Brassica juncea*) yang ditanam dalam pot polybag 15 buah ukuran 50x50 yang berisi tanah, sekam padi, dan pupuk organik. Kemudian ditempatkan pada baja galvalum yang sudah ditataa untuk tempatkan pot-pot polybag di lahan berukuran 4x4.



Gamabar. Penempatan Sawi

 ISSN 2987-677X

Hasil Kerja

A. Pengukuran Suhu Cuaca ºC (Derajat Celsius)

Pada pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui suhu udara ºC (Derajat Celsius) di tempat melakaukan pengukuran di wilayah Pacar Kembang/Kalijudan . Pengukuran suhu Cuaca ºC (Derajat Celsius) mengunnakan *Hanphone* Oppo A3S yang terinstal aplikasi Cuaca. Terdapat 4 kali pengukuran suhu Cuaca ºC (Derajat Celsius) yang terlihat pada gambar 4.1 (hari pertama Kamis 04 Mei 2023) dan gambar 4.4 (Hari ke-4 Jumat 12 Mei 2023).

Pengukuran suhu cuaca ºC (Derajat Celsius) hari pertama (Hari Kamis, 04 Mei 2023)

Pada percobaan hari pertama, dilakukan pengukuran suhu udara ºC (Derajat Celsius) mulai dari jam 09.00 Wib sampai 15.00 Wib. Suhu udara ºC (Derajat Celsius) yang terukur sesuai dengan kondisi cuaca yang mendung atau cerah/panas saat waktu pengukuran. Sehingga suhu yang terukur dari jam 09.00 – 15.00 berkisar diantara, 30 ºC, 32 ºC, 31 ºC dan 30 ºC sehingga cuaca pada umumnya cerah. pengukuran suhu cuaca hari pertama dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4. 1 pengukuran suhu cuaca 09.00 – 16.00 Wib

Pengukuran suhu cuaca ºC (Derajat Celsius) pada hari pertama suhu paling rendah 30 ºC (Derajat Celsius) dari jam 09.0– 12.00 dan suhu paling tinggi 32 ºC (Derajat Celsius) dari jam 13.00.

B. Pengukuran Iradiasi pada Panel Surya PV (*Photovoltaic*)

Pada Pemgukuran ini berjutuan untuk mengetahui radiasi dari energi radiasi sinar matahari yang mengenai panel surya PV (*Photovoltaic*). Pengukuran radiasi mathari menggunakan alat *Solar Power Meter* (SM206-SOLAR). Hasil pengukuran radiasi sinar matahari dapat dilihat pada gambar 4.5 dan 4.6 dibawa



Gambar 4. 2 Radiasi matahari yang mengenai panel surya

Pengukuran energi radiasi sinar matahari pada Panel Surya PV(*Photovoltaic*) di hari ke-4 (Rabu 12 Mei 2023) pukul 12.45 – 15.00 Wib pada suhu 32 ºC yaitu, 961.2 W/m2 dan 127.8 W/m2. Seperti yang terlihat pada gambar 4.5

C. Pengukuran Panel Surya PV (*Photovoltaic*)

Pada pengukuran Panel Surya PV (*Photovoltaic*) bertujuan untuk mengetahui setiap Tegagan PV (V), Arus (I) PV Daya (P) PV dan Energi (W) PV. Setiap pengukuran yang dihasilkan oleh Panel Surya PV (*Photovoltaic)* sesuai dengan jumlah sel surya yang dipasang didalam panel surya dan banyak sinar matahari yang menyinyari panel surya tersebut. Pada pengukuran Panel Surya dilakukan 4 hari pengukuran. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.7



Pengukuran panel surya PV*(photovoltaic*) di hari pertama (04 Mei 2023) pukul 09.15 Wib saat suhu cuaca mencapai 32ºC dan radiasi matahari yang mengenai panel surya 137.6 W/m2. Diperoleh:

Tegangan (V) PV = 32.52 Volt
Arus (I) PV = 5.81 Ampere
Daya (P) PV = 188.9 Watt
Energi (W) PV = 796 kWh

D. Pengukuran PLN (Perusaahn Listrik Negara)

Pada pengukuran PLN (Perusahan Listrik Negara) bertujuan untuk mengetahui nilai tegangan dan arus yang masuk ke rangkaian jika terjadi kekurangan daya atau tegangan dari panel surya maka inverter akan langsung otomatis mem*backup* PLN agar sistem tetap berjalan (*on*).

 ISSN 2987-677X



pengukuran PLN AC dan Panel Surya DC

Pada pengukuran Listrik PLN tagangan dan arus yang diukur 236 Volt AC dan Arus (I) 0.000 Ampere. Nilai arus (I) tidak terbaca karena sistem alat belum di*backup* oleh PLN dan sistem masih memenuhi sumber listrik dari Panel surya PV (*Photovoltaic*). Dan jika sistem mengalami kekurangan energi listrik dari panel surya maka PLN akan langsung otomatis mem*backup* sistem alat.

Tegangan V PLN : 236 Volt
Arus (I) PLN : 0.000 Ampere
Daya (P) : 1.40 Watt
Energi (W) : 0.10 kWh
Frequensi (Hz) : 50 Hz
Power Factor (PF) : 1.00 FP

E. Pengukuran Baterai (Aki)

Pengukuran dan pengujian pada Baterai (Aki) bertujuan untuk mengetahui setiap tegangan dan arus yang disimpan atau dipasok dari Panel Surya untuk digunakan ketika kondisi Panel Surya tidak lagi mengalirkan aliran listrik ke sistem.



pengukuran Baterai (Aki)/Pompa *OFF*

Hasil pengukuran baterai (aki) pada gambar 4.12 menunjukkan;

Tegangan (V) : 217 Volt
Arus (I) : 0.000 Ampere
Daya (P) : 0.08 Watt
Energi (W) : 6.49 kWh
Frequensi : 50Hz
Power Factor (PF) : 0.00 PF

Dari hasil pengukuran Baterai (Aki) menunjukkan tegangan yang disimpan dari panel surya masih tetap (tidak ada pemakaian) karena arus yang keluar 0.000 Ampere dan daya yang keluar 0.08 watt. Artinya baterai (aki) tidak mengeluarkan arus karena kondisi pompa/beban saat *OFF.*



Gambar 4. 3 Hasil Pengukuran Baterai (Aki)/Pompa *ON*

Hasil pengukuran pada gambar 4.13 saat kondisi pompa/beban nyala (*on*) menunjukkan beberapa pengukuran antara lain:

Tegangan (V) : 217 Volt
Arus (I) : 0.343 Ampere
Daya (P) : 60.5 Watt
Energi (W) : 6.20 kWh
Frequensi : 50 Hz
Power Factor (PF) :0.81 PF

Dari hasil pengukuran saat kondisi pompa nyala (*on)* arus (I) yang keluar dari Baterai (Aki) sekitr 0.343 Ampere, artinya beban atau pompa masih menerima *suplay* listrik dari Panel Surya yang dapat langsung mengkonversikan tegangan DC(*Direct Current*) ke teganan AC (*Alternating Current*) Ole Inverter *hybrid* Luminous 1400 VA/24V.

F. Pengukuran Beban Pompa)

Pengujian dan pengukuran pada beban (pompa) bertujaun untuk mengetahui tegangan dan arus yang masuk ke pompa sehingga dapat mengetahui pompa dapat melakukan prososes penyedotan air dan penyiraman tanaman sawi lewat pipa *polyvimyl chloride* (PVC) dan sprinkle.

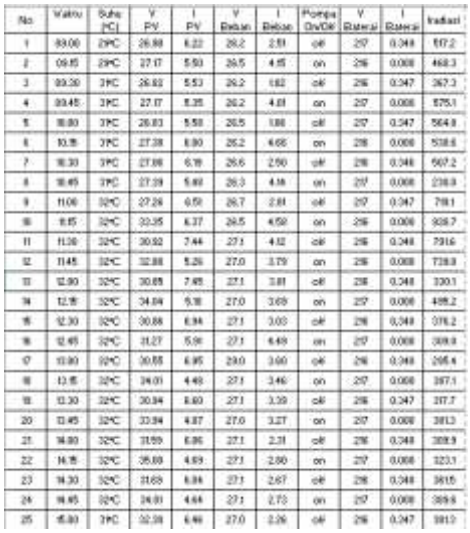


Pengukuran Beban (Pompa)/*ON*

 ISSN 2987-677X

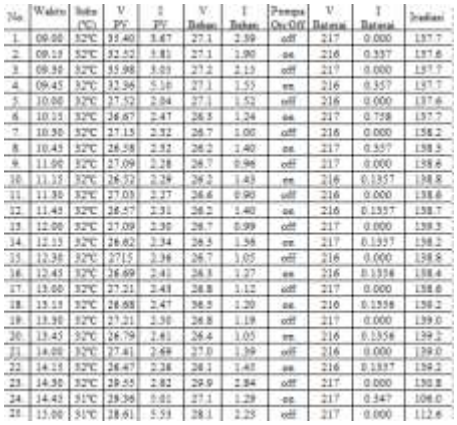
Dari hasil pengukuran yang keluar dari Beban (Pompa) saat kondisi pompa dalam keadaan *OFF* terukur di antaranya :

Tegangan (V) : 26.3 Volt
Arus (I) : 1.36 Ampere



No	Waktu	Suhu (ºC)	V PV	I PV	V Beban	I Beban	Pompa On/Off	V Baterai	I Baterai	Iradiasi
1	09.00	29ºC	26.88	6.22	26.2	2.51	off	217	0.348	517.2
2	09.15	29ºC	27.17	5.53	26.5	4.15	on	216	0.008	468.3
3	09.30	31ºC	26.93	5.53	26.2	1.62	off	216	0.347	267.3
4	09.45	31ºC	27.17	5.35	26.2	4.01	on	217	0.008	575.1
5	10.00	31ºC	26.83	5.53	26.5	1.66	off	217	0.347	564.8
6	10.15	31ºC	27.38	6.30	26.2	4.66	on	216	0.008	538.6
7	10.30	31ºC	27.66	6.19	26.6	2.90	off	216	0.348	597.2
8	10.45	31ºC	27.39	5.80	26.3	4.16	on	217	0.008	238.8
9	11.00	32ºC	27.26	6.59	26.7	2.81	off	217	0.347	718.1
10	11.15	32ºC	30.35	6.37	26.5	4.59	on	216	0.008	936.7
11	11.30	32ºC	30.92	7.44	27.1	4.12	off	216	0.348	731.6
12	11.45	32ºC	32.88	5.26	27.0	3.79	on	216	0.008	728.8
13	12.00	32ºC	30.85	7.45	27.1	3.81	off	216	0.348	330.1
14	12.15	32ºC	34.04	5.38	27.0	3.69	on	217	0.008	488.2
15	12.30	32ºC	30.88	6.84	27.1	3.03	off	216	0.348	376.2
16	12.45	32ºC	31.27	5.91	27.1	4.48	on	217	0.008	389.8
17	13.00	32ºC	30.88	6.95	29.0	3.60	off	216	0.348	295.4
18	13.15	32ºC	34.01	4.48	27.1	3.46	on	217	0.008	387.1
19	13.30	32ºC	30.94	6.60	27.1	3.39	off	216	0.347	317.7
20	13.45	32ºC	33.94	4.87	27.0	3.27	on	217	0.008	381.3
21	14.00	32ºC	31.59	6.06	27.1	2.31	off	216	0.348	308.9
22	14.15	32ºC	35.68	4.69	27.1	2.80	on	217	0.008	323.1
23	14.30	32ºC	31.68	6.84	27.1	2.67	off	216	0.348	361.5
24	14.45	32ºC	34.81	4.64	27.1	2.73	on	217	0.008	369.6
25	15.00	31ºC	32.38	6.46	27.0	2.26	off	216	0.347	381.0

Daya (P) : 35.7 Watt
Energi (W) : 3.04 kWh



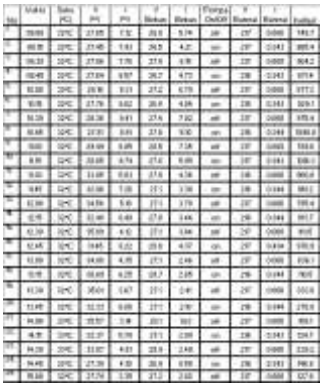
No	Waktu	Suhu (ºC)	V PV	I PV	V Beban	I Beban	Pompa On/Off	V Baterai	I Baterai	Iradiasi
1.	09.00	32ºC	35.40	3.47	27.1	2.39	off	217	0.000	137.7
2.	09.15	32ºC	32.52	5.81	27.1	1.90	on	216	0.357	137.6
3.	09.30	32ºC	35.98	3.03	27.2	2.13	off	217	0.000	137.7
4.	09.45	32ºC	32.36	5.10	27.1	1.55	on	216	0.357	137.7
5.	10.00	32ºC	27.52	2.04	27.1	1.52	off	216	0.000	137.6
6.	10.15	32ºC	26.67	2.47	26.5	1.24	on	217	0.758	137.7
7.	10.30	32ºC	27.13	2.32	26.7	1.00	off	216	0.000	158.2
8.	10.45	32ºC	26.58	2.32	26.2	1.40	on	217	0.357	138.3
9.	11.00	32ºC	27.09	2.28	26.7	0.96	off	217	0.000	138.6
10.	11.15	32ºC	26.52	2.29	26.2	1.43	on	216	0.1357	138.8
11.	11.30	32ºC	27.03	2.27	26.6	0.90	off	216	0.000	138.6
12.	11.45	32ºC	26.57	2.31	26.2	1.40	on	216	0.1357	138.7
13.	12.00	32ºC	27.09	2.30	26.7	0.99	off	217	0.000	138.3
14.	12.15	32ºC	26.62	2.34	26.5	1.36	on	217	0.1357	138.2
15.	12.30	32ºC	27.15	2.36	26.7	1.05	off	216	0.000	138.8
16.	12.45	32ºC	26.69	2.41	26.3	1.27	on	216	0.1356	138.4
17.	13.00	32ºC	27.21	2.43	26.8	1.12	off	217	0.000	138.6
18.	13.15	32ºC	26.68	2.47	26.5	1.20	on	216	0.1358	139.2
19.	13.30	32ºC	27.21	2.50	26.8	1.19	off	217	0.000	139.0
20.	13.45	32ºC	26.79	2.61	26.4	1.05	on	216	0.1358	139.2
21.	14.00	32ºC	27.41	2.68	27.0	1.39	off	216	0.000	139.0
22.	14.15	32ºC	26.47	2.28	26.1	1.47	on	216	0.1357	139.2
23.	14.30	32ºC	29.55	2.82	29.9	2.84	off	217	0.000	130.8
24.	14.45	31ºC	29.36	0.01	27.1	1.29	on	217	0.347	106.0
25.	15.00	31ºC	28.61	5.53	28.1	2.25	off	217	0.000	112.6

Gambar 4. 4 Pengukuran Beban (Pompa)/*ON*

Dari kedua pengukuran Beban (Pompa) saat *OFF* dan *On* menunjukkan perbedaan tegangan dan arus, karena ketika pompa di aktifkan (*ON*) maka akan megeluarkan tegangan dan arus. Dan jika pompa di nonaktifkan (*OFF*) maka arus dan tegangan yang keluar sedikit.

Tabel 4. 1 Data hasil pengukuran Suhu (ºC), PV, Beban Baterai dan Radiasi hari k-1 (Kamis, 04 Mei 2023)

Dari hasil pengukuran pada hari ke-1 yang ditunjukkan pada tabel 4.1 suhu (ºC) rata yang terukur 32ºC sejak pukul 09.00 – 14.30 dan pada pukul 14. 45 – 15.00 suhu cuaca turun menjadi 31ºC karena cuaca mulai mendung pada waktu tersebut. Kemudian saat pengukuran Tegangan (V) PV dan Arus (I) PV pukul 09.00 dan 14.30 saat beban dalam proses penyiraman (*on*) Teganan PV yang terukur 35.40 dan 29.55 Volt, dan Arus (I) Psnel surya 3.67 dan 2.62 Ampere. Dan pengukuran saat beban *on* pada pukul 09.15 dan pukul 14.45 tegangan PV yang terukur 32.52 dan 29.36 Volt, dan Arus (I) PV 5.81 dan 5.01



Ampere. Maka setiap nilai pengukuran Tegangan (V) dan Arus (I) pada Panel Surya PV (*photovoltaic*) tergantung pada suhu ºC cuaca dan intensitas sumber energi cahaya matahari yang mengenai panel surya.

Tabel 4. 2 Data hasil pengukuran Suhu (ºC), PV, Beban, Baterai dan Radiasi hari ke-2 (Jumat, 05 Mei 2023)

Pengukuran hari ke-2 . saat beban dalam proses penyiraman sawi (pompa *on*) pada pukul 11.30 – 12.45 rata-rata tegangan beban (V) dan Arus (I) pada beban yang terukur 27.1 volt, dan 27.1 volt. Arus (I) 4.14 Ampere dan 4.49 Ampere. kemudian pengukuran saat pompa *of* yang diukur pada pukul 09.00 dan pukul 15.00 tegangan (V) yang terukur 26.2 V dan 27.0 V. Arus (I) yang terukur 2.51 A dan 2.26A. Dari hasil pengukuran arus pada beban/pompa nilai arus yang terukur saat pompa dalam proses penyiraman (*on*) lebih besar (4.41A & 4.49A) dibandingkan saaf *off* yang arusnya kecil (2.51A & 2.26A).

Tabel 4. 3 Data hasil pengukuran Suhu (ºC), PV, Beban Baterai dan Radiasi hari ke-3 (Rabu, 10 Mei 2023.

 ISSN 2987-677X

Berdasarkan pengukuran dan pengujian pada hari ke-3 pukul 09.00 – 15.00 Tegangan (V) rata-rata dan Arus (I) rata-rata saat beban dalam kondisi *of/on* terhadap baterai (aki) terukur 216 - 217 Volt dan arus (I) rata-rata 0.000 Ampere (kondisi pompa *off*) dan 342 – 346 Ampere (saat kondisi pompa *on*). kemudian pengukuran pada iradiasi W/m2 cahaya matahari yang mengenai Panel Surya pada pukul 10.00 terukur 282.2 W/m2 dan pada pukul 12.00 terukur 604.9. Maka dari hasil pengukuran Baterai (Aki) dan Iradiasi cahaya matahari yang mengenai Panel Surya ketika beban/pomap dalam proses penyiraman (*on*) arus yang keluar kecil 0.342A. sampai 0.346A. Dan ketika pompa dalam kondisi tidak menyiram (*off*) arus tidak terbaca (0.000A)K

KESIMPULAN

Kesimpulan berdasarkan pada perancangan, pembuatan, pengujian dan pengukuran data pada sistem ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem yang dirancang PLTS *Hybrid* Off-grid atau penggabungan antara listrik PLN (*backup*), Panel Surya dan Battreai (Aki) untuk menyimpan Tegangan dari Panel Surya.
2. Tegangan maksimum pada Panel Surya mecapai 35.57 Volt pada suhu 33 ºC dan radiasi matahari yang mengenai panel surya 188.1 W/m2 pada pengukuran ke-4
3. Tegangan pada beban mecapai 28.5 volt saat pompa dalam proses penyirman dan arus (I) mencapai 7.35 Ampere. Dan saat kondisi OFF arus yang keluar 5.99 Ampere.
4. Tegangan baterai (aki) mencapai 216 volt sampai 207 volt saat kondisi beban (*on/off*). Dan arus baterai mencapai 0.343A kondisi (on) dan 0.000 Ampere kondisi (*off*)
5. Iradiasi matahari saat mendung atau pada suhu 29ºC mencapai 468.3 W/m2 dan saat cuaca cerah atau pada suhu tinggi 33ºC mencapai 239.2 W/m2.

Sehingga pada Sistem Irigasi Sprinkel untuk Pertanian Sawi dapat meghasilkan sumber listrik berupa Tegangan VDC samapi 35. 57 Volt melalui panel surya dan dikonfersi menjadi VAC oleh inverter kemudian dapat menggerakan beban/pompa dan menyalurkan air dari bak air ke pipa yang terpasang sprinkle. Kemudian dapat melakukan proses penyiraman irigasi sprinkle. Sehari dapat melakukan penyiraman 3 kali setiap 30 menit yaitu pada waktu pagi pukul 07.00 – 07.30, 09.00 -9.30 dan sore pukul 17.00 – 15.30 (WIB)

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah ini. Penulisan karya tulis ilmiah ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Profesi Insinyur, di Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
Penulis mengucapkan terimakasih kepada rekan-rekan yang turut dalam melakukan percobaan-percobaan yang dilakukan dalam artikel ini.
Penulis juga berterimakasih kepada Dr. Ir. Ivan Gunawan, S.T., M.MT., CSCM., IPM., ASEAN Eng. selaku Ketua Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya dan Dra. Ir. Andrew Joewono, S.T.,M.T.,IPU., ASEAN Eng. selaku dosen pembiimbing Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, yang telah banyak memberi arahan terkait mekanisme pembelajaran selama menjalani aktivitas akademik dan non akademik, memberikan masukkan terkait kompetensi keinsinyuran selama menjalani aktivitas studi dan menyelesaikan karya tulis ilmiah ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

REFERENCE

1. Marasi Deon Joubert, Dadang Ridwan, Ratna Manik Pratiwi, “ Kinerja Jaringan Irigasi Air Tanah Pada irigasi hemat Air Berbasis Pompa Air Tenaga Surya”. Kementerian PUPR, 20
2. Jefri L, Bagus M, Pranawa E, ”Desain Pembangkit Tenaga Listrik Hybrid Untuk Sistem Penerangan Di Tambak”, Proyek Akhir PENS-ITS, 2009
3. MANSYUR, IndraJaya. Studi Komparatif 2 Model Pembangkit Listrik Sistem Hibrid PLTS Dan PLN/Genset. *Prosiding Hasil Penelitian Fakultas Teknik UNHAS*, 2012, 6.
4. KIRI, Surinia V., et al. Otomatisasi Sistem Irigasi Tetes Berbasis Arduino Nano. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, 2017, 2.1: 44-49.
5. SOFIAH, Sofiah, et al. Pengaturan Kecepatan Motor AC Sebagai Aerator Untuk Budidaya Tambak Udang Dengan Menggunakan Solar Cell. *Jurnal Ampere*, 2020, 4.1: 209-221.
6. Fuad, Ahmad. "Budidaya Tanaman Sawi (Brassica Juncea. L)." (2010).
7. Sano, Havel Alindo, and Fri Murdiya. "Analisa Sistem Proteksi Petir Pada Sutt 150 KV Menggunakan Software ATP." *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains* 5.1: 1-7.
8. Diansyah, Imam Fajar Nur, Susatyo Handoko, and Jaka Windarta. "Implementasi dan Evaluasi Performa Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On Grid

 ISSN 2987-677X

Studi Kasus SMP N 3 Purwodadi." *Transient J. Ilm. Tek. Elektro* 10.4 (2022): 701-708.

9. Andreansyah, R. (2019). Perencanaan Dan Pembuatan Rangkaian Daya Starting Motor 3 Fasa, 380 Volt, 50 Hz, 3 Hp Dengan Metoda Bintang (Y)–Segitiga (Δ). *CYCLOTRON*, *2*(1).
10. Hutagalung, Siti Nurhabibah, and Melda Panjaitan. "Protype rangkaian inverter dc ke ac 900 watt." *Pelita Informatika: Informasi dan Informatika* 6.1 (2017): 64-66.
11. https://bumienergisurya.com/panel-surya-sp100-18p/ di akses 20/03.2023
12. SYAMSURI, Tresna Umar; MUKTI, Harrij; DUANAPUTRI, Rohmanita. Analisis Penggunaan Variable Speed Drive (VSD) pada Motor Kompresor. *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 2021, 8.3: 169-172.
13. Dewi, Ervina Yenny Rosita. "Rancang Bangun Sistem penyiram sayur sawi (Brassica chinensis L.) Menggunakan sensor kelembaban dan sensor intensitas cahaya berbasis Fuzzy Logic." (2015).

ISSN 2987-677X

Implementasi Teknis dan Sosial pada Pelaksanaan Pembangunan Rumah Pompa dan Saluran Kebonsari Surabaya

Heri Krisdianto[123] Edy Kurniawan Saputra[1]
Tarsisius Dwi Wibawa Budianta [1]

[1]Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Widya Mandala, Surabaya
[2]PT.Sarana Marga Perkasa
[3]PT.Pompa Dex Indoguna
✉ heri.krisdianto@gmail.com
✉ edymmtits2018@gmail.com

Rumah pompa pengendali banjir adalah prasarana utama yang acapkali menjadi suatu keharusan sebagai pelengkap keberadaan sebuah kota yang sangat komplek dengan permasalahan akibat land covering atau alihfungsi lahan sehingga menjadi berkurangnya lahan resapan air maupun genangan air. Dalam penulisan ini menggunakan metode survei lapangan pada proyek Pembangunan Rumah Pompa dan Saluran Kebonsari. Evaluasi pekerjaan dalam metode pelaksanaan pekerjaanp rumah pompa dan normalisasi saluran Kebonsari yang menjadi bagian dari system drainase kebon Agung. Urutan pekerjaan dimulai dari pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah/galian, pekerjaan struktur rumah pompa,normalisasi saluran Kebonsari,mekanikal eletrikal dan pekerjaan *finishing*. Dari penulisan ini akan diketahui metode pelaksanaan pekerjaan dan *risk management* Pembangunan Rumah Pompa Kebonsari dan Saluran Kebonsari dengan segala aspek & handicap yang dihadapi selama masa pelaksaan dikarenakan letak proyek tersebut tidak pada posisi yang ideal serta ada dampak resistensi dari warga di sekitar proyek.

Kata kunci : *metode pelaksanaan,rumah pompa,saluran,masalah sosial,risk management*

Pendahuluan

Rumah pompa pengendali banjir dan saluran pendukungnya sebagai bagian prasarana kota yang berfungsi sangat vital sebagai bagian dari system drainase kota yang direncanakan mampu untuk mengendalikan banjir yang terjadi pada suatu kawasan kota yang bersinergi dengan Kawasan disekitarnya dalam suatu system drainase yang terpadu,sehingga efektifitas sebuah system drainase kota dapat di ketahui efektifitasnya ketika terjadi situasi hujan yang terjadi pada *catchment area* yang bisa dicover oleh system drainase pada Kawasan tersebut.(Mulyanto, 2013).Untuk itu Pemerintah Kota Surabaya melalui Dinas Bina Sumber Daya Air & Bina Marga melaksanakan kegiatan Pembangunan Rumah Pompa & Saluran Kebonsari yang menjadi system drainase Saluran Kebon Agung yang pada awalnya mempunyai hulu di kali Surabaya dan hilir pada Kawasan Gunung Anyar Surabaya.Saluran ini adalah bagian dari alih fungsi/konversi dari saluran irigasi menjadi saluran drainase(Widjaya, 2013). Rumah pompa Kebonsari dilengkapi penunjang operasional dengan catu daya dari PLN sebesar 15000 Kva lengkap dengan trafo dan cubicle dan pompa banjir type Axial 1 unit dan I unit sludge pump submersible sentrifugal (pompa lumpur) direncanakan dengan konstruksi beton bertulang pada kolam,dinding kolam, struktur & atap dengan mutu beton K-350, sedangkan dinding arsitekturnya menggunakan batu bata merah di finising dengan plasteran ,bangunan rumah pompa berada di STA 0+000 dan saluran Kebonsari sepanjang 700 m pada STA 0+000 – STA 0+700.Pada Proyek Rumah pompa ini juga termasuk pekerjaan mekanikal & eletrikal antara lain Catu daya dari PLN dan dilengkapi dengan catu daya genset dari Dinas Sumber daya air & Bina Marga Pemerintah kota Surabaya. Pekerjaan saluran Kebonsari selain dilakukan normalisasi dengan pengangkatan sedimen dengan kedalaman yang telah direncanakan di dalam gambar perencanaan *long section & cross section* juga dilakukan perbaikan dan perkuatan dinding penahan dengan menggunakan pasangan batu kali diplester halus. Adapun data teknis pekerjaan sebagaimana pada Tabel 1 berikut:

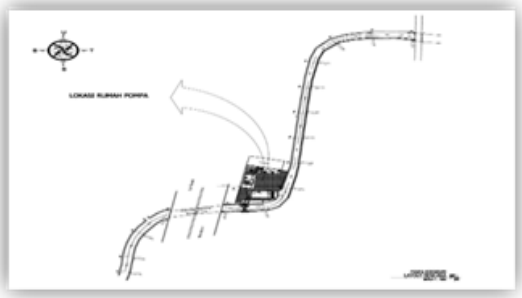
Tabel 1. Data Teknis

Nama Kegiatan	Pengelolaan Dan Pengembangan Sistem Drainase yang Terhubung Langsung Dengan Sungai Dalam Daerah Kabupaten / Kota
Nama Sub Kegiatan	Pembangunan Sistem Drainase Perkotaan
Nama Proyek	Pembangunan Rumah Pompa dan Saluran Kebonsari
No Kontrak	611.41/013/06.2.01.05.T/436.7.3/2022
No Addendum	611.41/013/06.2.01.05.T.5/436.7.3/2022
Lokasi Proyek	Kebonsari LVK Surabaya
Nilai Kontrak Awal	Rp18.292.745.923,00 Incl Ppn
Nilai Kontrak + Addemdum	Rp20.120.424.948,00 Incl Ppn
Pelaksanaan	23 Juni 2022 – 30 Desember 2022
Pemilik Proyek	Dinas Sumber Daya Air & Bina Marga Kota Surabaya
Kontraktor Pelaksana	PT.Sarana Marga Perkasa
Supply Pompa	PT.Pompa Dex Indoguna
Konsultan Perencana	CV.Karya Wira Bumi
Konsultan Pengawas	PT. DUTA BHUANA JAYA

 ISSN 2987-677X

Pekerjaan saluran Kebonsari selain dilakukan normalisasi dengan pengangkatan sedimen dengan kedalaman yang telah direncanakan di dalam gambar perencanaan *long section & cross section* juga dilakukan perbaikan dan perkuatan dinding penahan dengan menggunakan pasangan batu kali dengan diplester halus.

Pada Pembangunan Rumah Pompa dan Saluran Kebonsari ini mengalami suatu kondisi yang tidak ideal secara infrastruktur pelaksanaan karena berada pada Kawasan pemukiman yang berada pada wilayah satu kecamatan Jambangan dan dua wilayah kelurahan yaitu kelurahan pagesangan dan kelurahan Kebonsari, dengan akses jalan yang sempit untuk mobilisasi dan demobilisasi peralatan berat (Gambar 1 dan Gambar 2). Selain itu pada sisi lain lokasi Pembangunan rumah pompa ini juga berbatasan langsung dengan pagar pembatas jalan tol Surabaya Sidoarjo yang relative sangat dekat dengan badan jalan tol yang sangat dimungkinkan terjadi longsoran ataupun bergesernya ruas jalan tol tersebut pada saat dilakukan galian untuk membuat kolam /basement tampungan air rumah Pompa.Selain itu normalisasi saluran kebonsari ini mulai STA 0+000 sampai STA 0+700 pada sisi kiri dan kanan saluran tidak ada jalan /akses yang bisa dilewati alat berat maupun kendaraan pengangkut sedimen normalisasi serta material-material untuk pembuatan plengsengan atau dinding penahan saluran.



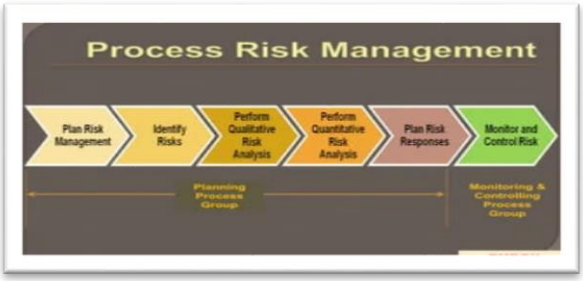
Gambar 1. Denah Rumah Pompa dan Saluran



Gambar 2. Lokasi Pembangunan Rumah Pompa & Saluran Kebonsari

Pada pelaksanan proyek Risiko adalah suatu kondisi atau peristiwa tidak pasti yang jika terjadi mempunyai efek positif atau negatif terhadap sasaran proyek. Sebuah risiko mempunyai penyebab dan jika risiko itu terjadi, akan ada konsekuensi. Jika yang terjadi adalah peristiwa yang tidak pasti, maka dampaknya adalah pada ***biaya, jadwal***, dan ***kualitas proyek***. Sedangkan manajemen risiko merupakan suatu seni dan ilmu pengetahuan dalam mengidentifikasi, menganalisis dan merespon terhadap faktor-faktor risiko yang ada selama pelaksanaan suatu proyek. Tahapan dalam manajemen risiko berdasarkan PMBOK (Project Management Body of Knowledge) menurut Pertiwi (2017), dibagi ke dalam enam tahapan seperti Gambar 3. antara lain:

1. Perencanaan Manajemen Risiko
2. Identifikasi Risiko
3. Pelaksanaan Analisis Risiko Kualitatif
4. Pelaksanaan Analisis Risiko Kuantitatif
5. Perencanaan Tanggapan Risiko
6. Pemantauan Dan Pengendalian Risiko



Gambar 3. Tahapan Manajemen Risiko PMBOK

Metode

Penetapan Strategi Pelaksanaan di Lapangan

Berdasarkan permasalahan yang terangkum, maka strategi penyelesaianya dapat dilakukan dengan beberapa solusi yaitu:

1. Upaya menyewa atau pinjam pakai lahan/kavling untuk jalan akses operasional proyek dan pergerakan peralatan berat dan logistic material proyek.
2. Perubahan sequence pekerjaan dari schedule awal perencanaan pelaksanaan, dari yang semula rencana bekerja secara simultan menjadi area spot-spot mengikuti kondisi lapangan.
3. Tracking Item kritis, Pekerjaan galian baik pada titik rumah pompa dan sepanjang saluran kebonsari merupakan major item dan item yang kritis, maka dari itu monitoring dan evaluasi lebih ditajamkan.
4. Analisa keterlambatan pekerjaan mulai dari kendala dan mitigasi masalah(Dava Werdana & Priyanto, 2023) .
5. Mendetailkan Perencanaan Pekerjaan lanjutan dari rencana pemilihan strategi ini diharapkan dapat menyelesaikan sisa pekerjaan dengan tepat waktu

 ISSN 2987-677X



Gambar4. Akses utama sebelum negosiasi

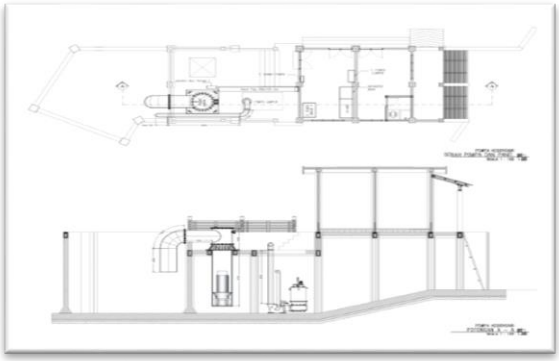


Gambar 5. Akses utama setelah negosiasi dan pengurugan perbaikan tanah

Eksekusi Strategi dalam Pelaksanaan di lapangan

Rekayasa pelaksanaan dilaksanakan dengan mengadakan pengamatan langsung on the spot di lapangan dengan melakukan simulasi simulasi untuk menentukan akses jalan konstruksi dan besaran/dimensi alat berat serta alat angkut yang memungkinkan digunakan pada fase konstruksi dan berupaya untuk mempunyai wawasan terhadap lingkungan dan memelihara sub drainase yang terhubung dengan system drainase utama (Syarif, 2022).

Pendekatan sosial dilakukan untuk mengantisipasi resistensi/penolakan warga disekitar lokasi proyek rumah pompa dan saluran melalui rapat-rapat yang dikoordinasi oleh Dinas Bina Marga & Pematusan dan pemangku wilayah baik kecamatan,kelurahan ,polsek dan koramil termasuk juga organisasi kemasyarakatan setempat (Mubarak dkk., 2016).



Gambar 6. Denah dan potongan rumah pompa

Hasil Kerja

A. Rumah Pompa

Pada posisi STA 0+000 Pembangunan Rumah pompa dengan pendekatan secara sosial dengan ajakan partisipatif untuk kepentingan bersama akhirnya berhasil mendapatkan akses dengan memanfatkan dua kavling kosong yang secara urutan saling terhubung dengan mendekati titik lokasi rumah pompa dan ini adalah akses yang sangat krusial dan tidak ada arternatif lain,karena apabila menggunakan akses jalan tol sangat beresiko pada tahap perijinan karena jalan tol sebagai obyek vital nasional sangat tidak mudah untuk merealisasikannya karena memerlukan tahapan birokrasi yang sangat panjang yang justru akan memangkas schedule pelaksanaan yang mengakibatkan keterlambatan selain itu perencanaan tapak dari bangunan rumah pompa ini sangat dekat dengan pagar & bahu jalan tol yang berfungsi sebagai barrier stabilitas dari badan jalan tol itu sendiri. Sehingga mobilisasi peralatan berat dan material dapat di lakukan walaupun pada akses yang lain masih mendapat hambatan karena harus melewati jalan akses pemukiman gang yang relative sempit (Gambar 7, 8 dan 9).



Gambar 7. Pekerjaan Galian Awal & Pekerjaan *Steel Site Pile*



Gambar 8. Pekerjaan Galian & Pemasangan *Bracing*

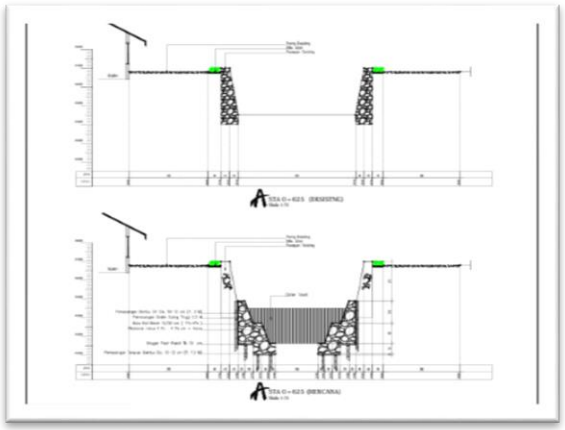
ISSN 2987-677X



Gambar 9. Pekerjaan Galian Dan persiapan pengecoran

B. Normalisasi & Perbaikan Dinding Penahan

Pekerjaan pendalaman saluran *existing* dan normalisasi perbaikan dinding saluran (Gambar 10, 11, dan 12) dilakukan dengan penggunaan metode klaster pemasangan kisdam untuk mengantisipasi volume air yang yang terjebak pada saluran dengan menggunakan pompa dan melakukan aliran grafitasi dengan menggunakan pipa PVC untuk dialirkan ke tempat klaster berikutnya dengan urutan secara estafet. Untuk kondisi tanah dasar saluran yang sangat lembek diantisipasi dengan menggunakan kombinasi rel dari kayu dan bambu yang mampu menopang roda *dump truck* Ketika melakukan aktifitas pengangkutan sedimen pada dasar saluran existing dengan bantuan excavator sebagai alat bantu untuk menggali sedimen dan menempatkan galian sedimen pada dump truck untuk dibuang pada lahan yang sebelumnya telah dipersiapkan sebelum konstruksi dimulai (Prodjosumarto, 1996).



Gambar 10. Potongan melintang saluran



Gambar 11. Situasi existing penampang saluran pada STA 00+400



Gambar 12. Situasi existing penampang saluran pada STA 00+525

Pada pekerjaan dinding penahan saluran ada 2 macam pekerjaan yaitu: memberikan penguatan pondasi dinding saluran yang lama untuk dibangun kembali sesuai dengan dimensi gambar perencanaan dan membangun dinding penahan saluran yang baru karena dinding penahan saluran existing sudah rusak (Gambar 13,14 dan 15). Pengamanan dinding saluran existing dengan menggunakan terucuk-terucuk bambu sebelum pondasi yang baru dibangun di bawah dinding penahan saluran existing untuk mencegah kerusakan yang tidak diinginkan karena berdampingan dengan pagar dan pemukiman warga.(Ericsson & Makarim, 2019)



Gambar 13. Pekerjaan Galian pada Saluran pada STA 0+400

.

 ISSN 2987-677X



Gambar 14. Pekerjaan Galian pada Saluran pada STA 0+550



Gambar 15. Pekerjaan pemasanga rel bambu untuk akses excavator dan dump truck STA 0+450

C. Pekerjaan Struktur & Finising Rumah Pompa

Pada fase ini, *schedule* pekerjaan yang semakin ketat karena terjadi banyak kondisi luar biasa karena factor sosial adan akses yang sempat menghambat pekerjaan,maka pada pekerjaan pengecoran yang dianggap krusial untuk membantu pekerjaan lanjutan maka digunakan beton mutu tinggi (*fast track*) sehingga pekerjaan lanjutan pada rumah pompa dapat dilaksankan secara simultan pada waktu yang singkat tanpa menunggu umur beton idealnya karena pada masa 3 hari beton telah mampu mengeras sempurna hampir menyetuh mutu ideal pada umur beton normal. Dilanjutkan dengan pekerjaan *finishing* dan pekerjaan mekanikal & elektrikal berjalan sesuai simultan sampai pada tahap *commissioning test* hingga dinyatakan rumah pompa dapat dioperasikan secara normal (Gambar 16,17,18 dan 19).



Gambar 16. Pekerjaan Begisting cor pada lantai rumah pompa tampak dari arah jalan tol



Gambar 17. Pekerjaan Begisting cor pada lantai rumah pompa tampak dari arah inlet



Gambar 18. Pemasangan sarana mekanikal & eletrikal pada rumah pompa

 ISSN 2987-677X



Gambar 19. Tampak rumah pompa dan rumah trafo dan *cubicle* PLN tampak dari akses selatan

Kesimpulan

Pada implementasi atau pelaksanaan proyek Pembangunan Rumah Pompa & Saluran Kebonsari ini sempat mengalami kendali baik teknis maupun sosial,tapi Upaya untuk mengantisipasi dengan mengedepankan musyawarah partisipatif warga disekitar lokasi proyek dengan fasilitator dari stageholder terkait baik dari pemerintah maupun owner proyek memberikan dampak yang cukup siginifikan bagi penyelesaian proyek ini.

Pengaruh lingkungan yang tidak kondusif juga menjadi kendala atau hambatan terhadap produktifitas pekerja yang berdampak langsung terhadap keselamatan Kesehatan kerja (K3) terutama masalah psikologis dan fisik pekerja yang harus menjalankan schedule pekerjaan yang sangat ketat untuk mencapai progress yang diinginkan oleh Perusahaan karena keterbatasan waktu akibat hambatan-hambatan teknis dan sosial.(Didit Darmawan, 2023)

Hambatan Teknis yang terjadi bisa diantisipasi dengan rekayasa lapangan dan simulasi simulasi dalam rapat manajemen proyek yang dilakukan secara berkala untuk mengevaluasi baik dari sisi metode pelaksanaan maupun dari sisi manajemen waktu pelaksanaan yang terikat di dalam kontrak dengan *owner* dalam hal ini adalah Dinas Bina Marga Dan Sumber Daya Air Pemerintah kota Surabaya.

Dampak secara langsung keberadaan dari proyek Pembangunan Rumah Pompa Dan saluran kebonsari ini saat ini telah memberikan dampak yang sangat antisipatif dan terukur untuk mengantisipasi banjir pada musim hujan untuk Kawasan ketintang dan sekitarnya sebagai catchment area saluran kebonsari.(Ahmad dkk., 2023)

Dengan telah pula diselesaikannya area genangan/kolam retensi/bozem Ketintang lengkap dengan pompa outletnya maka Rumah Pompa dan saluran kebonsari ini telah sangat tepat fungsinya sebagai pompa booster yang mendorong air banjir ke arah Rumah Pompa Jambangan yang mempunyai outlet langsung ke Kali Surabaya.

Secara komprehensif sinergi antara kolam retensi yang diusahakan dan dikelola oleh Dinas Bina Marga & Sumber Daya Air kota Surabaya bisa disebut dengan ***Sistem polder***. Sistem Polder adalah suatu cara penanganan banjir dengan kelengkapan bangunan sarana fisik, yang meliputi saluran drainase, kolam retensi, pompa air, yang dikendalikan sebagai satu kesatuan pengelolaan. Dengan sistem polder, maka lokasi rawan banjir akan dibatasi dengan jelas, sehingga elevasi muka air, debit dan volume air yang harus dikeluarkan dari sistem dapat dikendalikan. Oleh karena itu, sistem polder disebut juga sebagai sistem drainase yang terkendali.(Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018)

Sistem ini dipakai untuk daerah-daerah rendah dan daerah yang berupa cekungan, ketika air tidak dapat mengalir secara gravitasi. Agar daerah ini tidak tergenang, maka dibuat saluran yang mengelilingi cekungan. Air yang tertangkap dalam daerah cekungan itu sendiri ditampung di dalam suatu waduk, dan selanjutnya dipompa ke kolam tampungan.

Kelemahan pada *system polder* yaitu sangat bergantung pada pompa. Jika pompa mati, maka kawasan akan tergenang, sehingga diperlukan adanya pengawasan pada pompa. Selain itu, biaya operasi dan pemeliharaannya relatif mahal. Problema penanganan banjir di lapangan untuk kota-kota di Indonesia cukup rumit karena ruang terbuka untuk resapan air semakin langka. Kondisi tersebut merupakan akibat dari Tata Ruang Wilayah dan Kawasan tidak dikelola secara memadai dan alih fungsi lahan menjadi permukiman penduduk semakin tidak terkendali. Sehingga pemerintah perlu mengoptimalkan sistem polder dengan memasang tanggul pengaman untuk kawasan rendah dan mengembangkan drainase di perkotaan yang masih memiliki gravitasi, guna mengurangi kawasan banjir akibat genangan. Dalam mengembangkan sistem polder perkotaan harus dilakukan secara terintegrasi antara rencana tata ruang dan tata air utamanya pada kota-kota pantai yang memiliki cekungan.

Setiap tetes air buangan yang jatuh pada kawasan polder harus didrainase dengan bantuan pompa, dan untuk itu perlu disosialisasikan konsep pengendalian pengembangan sistem polder berkelanjutan sebagai langkah antisipasi terhadap perubahan akibat pembangunan pada kawasan yang sangat mempengaruhi dan berdampak pada lingkungan.

 ISSN 2987-677X

Referensi

Ahmad, F. H., Suhardono, A., & Hanggara, I. (2023). PERENCANAAN ULANG DRAINASE PERKOTAAN BERWAWASAN LINGKUNGAN PADA KAWASAN JALAN KETINTANG MADYA KOTA SURABAYA. Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi POLINEMA, 4(1).

Dava Werdana, S., & Priyanto, B. (2023). Analisis Percepatan Waktu Dan Biaya Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Menggunakan Metode Time Cost Trade Off. Journal of Comprehensive Science (JCS), 2(7). https://doi.org/10.59188/jcs.v2i7.423

Ericsson, E., & Makarim, C. A. (2019). ANALISIS KEGAGALAN DESAIN RETAINING WALL PADA TANAH DENGAN KEPADATAN LEPAS LUNAK SAMPAI SEDANG. JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil, 2(3). https://doi.org/10.24912/jmts.v2i3.5821

Didit Darmawan. (2023). Dampak Stres, Supervisi dan K3 Terhadap Produktivitas Pekerja Proyek Konstruksi. JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING BUILDING AND TRANSPORTATION, 7(1). https://doi.org/10.31289/jcebt.v7i1.8967

THE IMPACT OF IRRIGATED LAND CONVERSION TO SETTLEMENT ON URBAN DRAINAGE SYSTEM PERFORMANCE (CASE STUDY GAYUNGSARI AREA SURABAYA)

Alih Fungsi Lahan Irigasi Menjadi Permukiman Terhadap D, Martha Widjaya Peneliti Bidang Teknologi Konstruksi J, Sosekling Jl Gayung Kebon Sari P

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). Perencanaan Sistem Polder dan Kolam Retensi. Modul Diklat Teknis.

Mubarak, Husin, S., & Syarafina. (2016). RISIKO EKSTERNAL PADA PELAKSANA PROYEK KONSTRUKSI DI PROVINSI ACEH. Konferensi Nasional Teknik Sipil 10.

Mulyanto. (2013). Penataan Drainase Perkotaan. Graha Ilmu, 6(August).

Pertiwi, H. (2017). Implementasi Manajemen Risiko Berdasarkan PMBOK Untuk Mencegah Keterlambatan Proyek Area Jawa Timur (Studi Kasus: PT. Telkom). Jurnal Studi Manajemen dan Bisnis, 4(2). https://doi.org/10.21107/jsmb.v4i2.3959

Prodjosumarto, P. (1996). Pemindahan Tanah Mekanis. Dalam Acta Acustunited Ac. (Vol. 26, Nomor 4).

Syarif, A. (2022). Drainase Perkotaan Berwawasan Lingkungan. Drainase Perkotaan Berwawasan

 ISSN 2987-677X

Walrus Optimizer untuk Perencanaan Menu Makanan Ibu Hamil

Diva Kurnianingtyas[1,2], Andrew Joewono[1]
Nathan Daud[2]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

[2] Departemen Teknik Informatika, Universitas Brawijaya

✉ divaku @ub.ac.id

Studi ini mengeksplorasi penerapan *Walrus Optimizer* (WO) yang merupakan algoritma metaheuristik baru. WO digunakan untuk mengoptimalkan menu makanan ibu hamil. Studi ini bertujuan merekomendasikan menu harian berdasarkan kebutuhan nutrisi dan keterbatasan keuangan ibu hamil. Dengan memanfaatkan WO dapat menavigasi masalah optimasi yang kompleks secara efisien, seperti perencanaan diet harian dengan menyeimbangkan faktor biaya dan kebutuhan gizi. Data yang digunakan terdiri dari berbagai bahan makanan beserta nilai gizi dan fungsi biaya yang mempertimbangkan penalti gizi dan biaya finansial. Hasil studi ini menunjukkan bahwa WO dapat menghasilkan rencana diet yang praktis dan hemat biaya untuk memenuhi kebutuhan gizi spesifik ibu hamil, sehingga mendukung kesehatan ibu dan janin. Pendekatan ini tidak hanya menawarkan solusi yang terukur untuk perencanaan diet, tetapi juga menggarisbawahi potensi metode komputasi canggih dalam mengatasi tantangan kesehatan masyarakat.

Kata kunci: optimasi, algoritma evolusi, kecerdasan berkoloni, kecerdasan buatan, menu makanan

Pendahuluan

Wanita hamil memiliki kebutuhan nutrisi yang cukup besar, oleh karena itu penting untuk mengoptimalkan pola makan mereka. Nutrisi yang cukup sangat penting untuk kesejahteraan ibu dan pertumbuhan janin yang tepat (Malik et al., 2022; Perrone et al., 2016). Ketidakseimbangan nutrisi dapat mengakibatkan konsekuensi negatif seperti diabetes gestasional, hipertensi, dan masalah perkembangan pada janin. Penelitian telah mengindikasikan bahwa menjaga pola makan yang seimbang dapat secara efektif mengurangi masalah-masalah ini dan meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan ibu dan anak secara umum (Pepito et al., 2022; Perrone et al., 2016).

Optimalisasi menu makanan untuk ibu hamil tidak hanya membutuhkan pemenuhan kebutuhan nutrisi, tetapi juga mempertimbangkan implikasi keuangan dari diet tersebut (Sawal Hamid et al., 2019). Perencanaan diet yang efisien sangat penting, terutama dalam situasi dengan sumber daya yang terbatas ketika keterbatasan anggaran dapat membatasi akses terhadap beragam makanan bergizi. Penelitian telah menunjukkan bahwa jenis makanan yang dikonsumsi, dan jumlah nutrisi yang dikonsumsi selama kehamilan dapat berdampak besar pada kesehatan ibu dan bayi yang sedang berkembang (Kwarteng, 2018; Nur et al., 2021). Selain itu, menjaga pola makan yang sehat adalah cara yang hemat biaya untuk mengelola tingkat stres oksidatif yang terjadi pada wanita hamil (El Sherbiny et al., 2023). Selain itu, tanggung jawab keuangan yang terkait dengan situasi ekonomi yang tidak menentu pada setiap individu yang sedang hamil menekankan pentingnya penerapan program nutrisi yang hemat biaya (Nikmawati et al., 2021; Shah et al., 2023).

Algoritma metaheuristik adalah metode komputasi tingkat lanjut yang digunakan untuk memecahkan masalah optimasi kompleks yang sulit ditangani dengan pendekatan tradisional. Algoritma ini memberikan solusi yang efisien dan mendekati untuk masalah non-linier berskala besar di berbagai domain (Megatama et al., 2021; Porras et al., 2019). Pengoptimal Walrus (Han et al., 2024), tambahan yang relatif baru dalam keluarga algoritma metaheuristik, dirancang untuk menavigasi secara efisien melalui ruang solusi yang kompleks untuk menemukan solusi yang optimal (Seljak, 2006). Hal ini ditandai dengan ketangguhan dan kemampuannya untuk keluar dari optima lokal, sehingga cocok untuk tugas-tugas optimasi multi-tujuan seperti perencanaan diet yang mempertimbangkan nutrisi dan biaya.

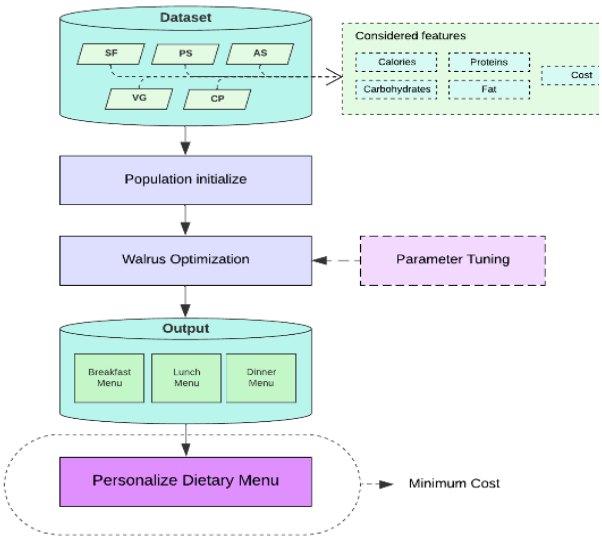
Dalam hal merancang diet untuk wanita hamil, menggunakan algoritme canggih seperti pengoptimal Walrus terbukti bermanfaat. Instrumen ini membantu menangani kebutuhan nutrisi yang kompleks sambil mempertimbangkan keuangan. Alat ini membantu mengembangkan menu harian yang tidak hanya memenuhi persyaratan diet yang diperlukan untuk kesehatan ibu hamil dan janin, tetapi juga sesuai dengan keuangan seluruh rumah tangga. Kemahiran pengoptimal Walrus dalam tawar-menawar ruang solusi yang kompleks memungkinkan ahli gizi dan ahli diet untuk membuat rekomendasi diet yang seimbang dan hemat biaya. Hal ini membantu mengurangi risiko kesehatan yang terkait dengan nutrisi dan stres oksidatif, sekaligus menjamin asupan makronutrien dan mikronutrien esensial yang cukup. Strategi ini tidak

 ISSN 2987-677X

hanya meningkatkan kesehatan bayi dan ibu, tetapi juga memberikan solusi praktis dan fleksibel yang cocok untuk berbagai kondisi keuangan. Hal ini memastikan bahwa setiap ibu hamil, terlepas dari kondisi keuangan mereka, memiliki akses yang sama terhadap nutrisi terbaik untuk mendukung kehamilan yang sehat.

Metode

Salah satu metode untuk meningkatkan rekomendasi diet adalah melalui penerapan Walrus Optimizer. Walrus Optimizer (WO) adalah algoritme metaheuristik inovatif yang meniru pola perilaku walrus di lingkungan alaminya. WO dipengaruhi oleh pergerakan, bertengger, mencari makan, bertelur, berkumpul, dan respons terhadap sinyal keselamatan dan bahaya yang diperhatikan oleh walrus. Tujuan utama yang dilakukan oleh WO adalah untuk meniru perilaku-perilaku tersebut untuk mengeksplorasi ruang pencarian masalah optimasi secara efisien, dengan tujuan untuk menemukan solusi terbaik dengan meniru metode sosial dan kelangsungan hidup walrus (Han et al., 2024; Said et al., 2024).



Gambar 1 Deskripsi Permasalahan

Dimana:
SF: Makanan pokok
PS: Makanan sumber nabati
AS: Makanan sumber hewani
VG: Sayuran
CP: Pelengkap

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari penelitian sebelumnya, yang secara khusus berfokus pada item menu yang terdiri dari nutrisi esensial (SF), sumber protein dari tanaman (PS), sumber protein hewani (AS), sayuran (VG), dan pelengkap (CP), beserta biaya yang sesuai (Kurnianingtyas et al., n.d.). Terkait rekomendasi personalisasi untuk ibu hamil, parameter ini mencakup variabel seperti usia, tinggi badan, berat badan, tingkat aktivitas, dan tingkat stres (Popova et al., 2023). Cakupan yang luas dari dataset ini memungkinkan pemeriksaan menyeluruh terhadap berbagai faktor yang dapat memengaruhi kesehatan ibu dan kebutuhan nutrisi selama kehamilan. Proyek ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi makanan yang lebih akurat dan efisien yang disesuaikan dengan kebutuhan spesifik ibu hamil dengan menggabungkan data dari beberapa sumber dan mempertimbangkan berbagai variabel ibu, termasuk faktor biaya.

Model metaheuristik menggabungkan fungsi biaya yang memperhitungkan penalti gizi dan biaya yang terkait. Penalti gizi didefinisikan sebagai jumlah selisih antara kebutuhan gizi dan perolehan gizi, seperti yang dinyatakan oleh Persamaan 1.

$$\text{Penalty} = \Sigma(\text{Kebutuhan nutrisi} - \text{Peningkatan Nutrisi}) \quad (1)$$

Setelah menghitung skor penalti, skor biaya dapat dihitung. Fungsi biaya dalam penelitian ini didefinisikan sebagai berikut:

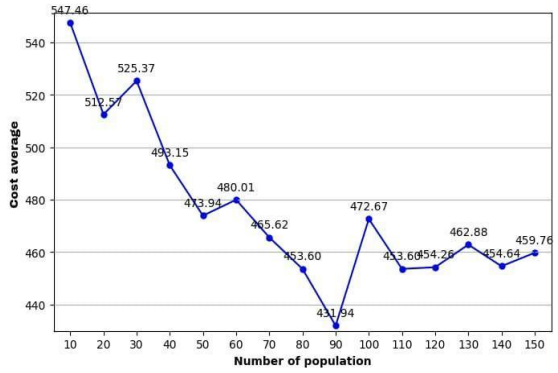
$$\text{Fungsi biaya} = 0.997 \times \text{Penalti} + 0.003 \times \Sigma(\text{Biaya}) \quad (2)$$

Alasan untuk nilai bobot yang berbeda dalam penalti dan biaya adalah karena keduanya pada dasarnya tidak dapat dibandingkan. Meskipun tidak dapat dibandingkan secara langsung, namun perlu dilakukan upaya yang proporsional. Penalti diberi bobot dengan koefisien 0,997, sedangkan biaya diberi bobot dengan koefisien 0,003, sehingga memungkinkan adanya perbandingan yang berarti antara kedua nilai tersebut.

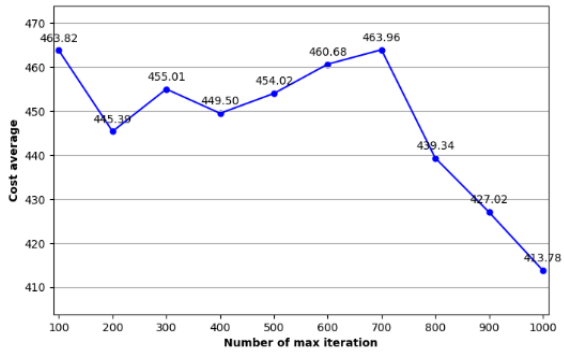
Hasil

Parameter algoritme adalah salah satu faktor yang memengaruhi seberapa baik kinerjanya. Algoritma dengan parameter yang optimal akan mengungguli kombinasi parameter alternatif. Penelitian ini melibatkan penyetelan parameter WO untuk meningkatkan hasil solusi. Optimasi parameter ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Parameter algoritma WO ditentukan oleh ukuran populasi dan ukuran generasi. Eksperimen dilakukan pada dua kesempatan terpisah, khususnya untuk mengevaluasi ukuran populasi dan jumlah iterasi maksimum. Evaluasi awal ukuran populasi melibatkan sepuluh populasi dan kemudian diulang dengan penambahan sepuluh populasi hingga total 150 populasi. Selanjutnya, evaluasi awal ukuran generasi ditetapkan pada 100 generasi dan kemudian diulang hingga 1000 generasi. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, nilai optimal untuk parameter ukuran populasi adalah 90. Grafik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai ideal untuk parameter ukuran iterasi maksimum adalah 1000.

 ISSN 2987-677X

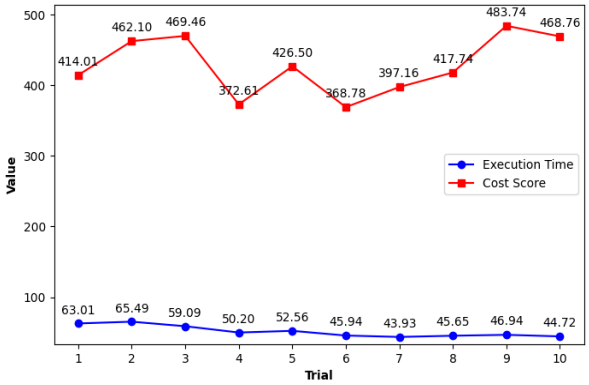


Gambar 2 Uji Parameter Populasi



Gambar 3 Uji Parameter Iterasi

Gambar 3 menunjukkan bahwa dengan menyesuaikan parameter tuning populasi dan iterasi maksimum dalam rentang ini, trade-off antara efektivitas komputasi dan kualitas solusi dapat dicapai. Pernyataan ini dikuatkan oleh penelitian lain (Ren et al., 2016). Setelah menyempurnakan dua parameter seperti yang telah disebutkan sebelumnya, sebanyak 10 percobaan telah dilakukan dengan menggunakan algoritma WO untuk mengoptimalkan pencarian makanan yang sesuai untuk ibu hamil berdasarkan komposisi gizi dan harga, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Hasil Waktu Eksekusi dan Biaya

Hasil dari uji coba ini menunjukkan bahwa waktu eksekusi tidak berkorelasi secara langsung dengan skor biaya. Pernyataan di atas didukung oleh penelitian berikut (Son & Nguyen Dang, 2023; Yoon et al., 2020). Setiap percobaan akan menghasilkan solusi yang berbeda (Madukwe et al., 2020). Percobaan keenam menghasilkan solusi optimal dengan nilai biaya terendah dan waktu eksekusi rata-rata yang singkat. Hasil dari percobaan ini digambarkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Rekomendasi Menu Diet Ibu Hamil dari WO

Waktu	ID Makanan	Kode Makanan	Nama Makanan	Berat	Kalori	Karbohidrat	Proteins	Lemak	Biaya
Makan Pagi	8	SF	Boiled potatoes	200 grams	27 kcal	124 grams	0.4 grams	4.2 grams	Rp 3,000
	5	PS	Fermented soybeans paste (Tauco)	50 grams	11.1 kcal	92 grams	2.75 grams	5.7 grams	Rp 4,000
	9	AS	Grilled Carp	80 grams	9.44 kcal	167.2 grams	9.04 grams	12.16 grams	Rp 8,000
	10	VG	Cucumber	200 grams	2.8 kcal	16 grams	0.4 grams	0.4 grams	Rp 4,000
	7	CP	Guava	150 grams	17.7 kcal	73.5 grams	0.3 grams	0.9 grams	Rp 3,000
Makan Siang	8	SF	Boiled potatoes	200 grams	27 kcal	124 grams	0.4 grams	4.2 grams	Rp 3,000
	6	PS	Boiled Mung Beans	50 grams	1.3 kcal	69 grams	0.55 grams	5.35 grams	Rp 2,000
	9	AS	Grilled Carp	80 grams	9.44 kcal	167.2 grams	9.04 grams	12.16 grams	Rp 8,000
	7	VG	Vegetable Soup	200 grams	2 kcal	54 grams	2.6 grams	4 grams	Rp 4,000
	8	CP	Bali Orange	150 grams	18.6 kcal	72 grams	0.3 grams	0.9 grams	Rp 3,750
Makan Malam	6	SF	Rice Vermicelli	200 grams	164.2 kcal	696 grams	0.2 grams	9.4 grams	Rp 3,000
	9	PS	Boiled Green Beans	50 grams	9.15 kcal	54.5 grams	0.25 grams	4.35 grams	Rp 2,000
	8	AS	Pickled Tilapia	80 grams	9.68 kcal	264 grams	18.72 grams	14.24 grams	Rp 6,400
	11	VG	Water Spinach Salad	200 grams	20 kcal	150 grams	5.6 grams	4.6 grams	Rp 6,000
	11	CP	Persimmon	150 grams	30 kcal	117 grams	0.6 grams	1.2 grams	Rp 3,750
TOTAL					359.41 kcal	2240.4 grams	51.15 grams	83.76 grams	Rp 63,900

 ISSN 2987-677X

Kesimpulan

Dalam penelitian ini, penggunaan algoritma Walrus Optimizer (WO) untuk perencanaan menu diet bagi ibu hamil telah diselidiki, dengan mempertimbangkan faktor ekonomi dan nutrisi. Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan metaheuristik-khususnya Walrus Optimizer-menawarkan jawaban yang praktis dan dapat diterapkan pada banyak masalah yang terkait dengan merancang diet yang sehat dan seimbang. Pertama, kami menemukan bahwa Walrus Optimizer dapat menghasilkan saran diet yang memperhitungkan batasan keuangan selain memenuhi kebutuhan nutrisi dasar. Mengingat setiap orang memiliki situasi keuangan yang berbeda, hal ini sangat penting. Algoritme ini secara efektif menggabungkan sejumlah variabel, termasuk usia, tinggi badan, berat badan, tingkat stres, tingkat aktivitas, dan semua hal yang mempengaruhi kebutuhan nutrisi ibu hamil. Kedua, kami berhasil menentukan nilai ideal untuk ukuran populasi dan jumlah iterasi maksimum melalui proses penyetelan parameter, yang meningkatkan kualitas solusi yang dihasilkan. Menurut data eksperimen, penyetelan parameter ini menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam efisiensi komputasi dan kualitas solusi, yang pada gilirannya memungkinkan penggunaan sumber daya yang tersedia secara lebih efektif. Hal ini menunjukkan bahwa strategi yang digunakan tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga dapat diterapkan dalam berbagai situasi keuangan. Secara keseluruhan, penelitian ini menawarkan perspektif baru tentang bagaimana menciptakan program nutrisi yang hemat biaya dan berbasis bukti untuk ibu hamil. Kami dapat memberikan solusi yang terukur dan mudah beradaptasi yang mempromosikan kesehatan ibu dan anak dengan cara yang inklusif dan berkelanjutan dengan memanfaatkan kemampuan Walrus Optimizer. Studi ini menambah pengetahuan yang sudah ada di lapangan dan membuka jalan baru untuk investigasi penggunaan teknologi mutakhir dalam perencanaan nutrisi dan kesehatan

Referensi

El Sherbiny, S., Squillacioti, G., Colombi, N., Ghelli, F., Lenta, E., Dalla Costa, C., & Bono, R. (2023). The Effect of Dietary Patterns and Nutrient Intake on Oxidative Stress Levels in Pregnant Women: A Systematic Review. *Antioxidants*, *12*(7), 1427.

Han, M., Du, Z., Yuen, K. F., Zhu, H., Li, Y., & Yuan, Q. (2024). Walrus optimizer: A novel nature-inspired metaheuristic algorithm. *Expert Systems with Applications*, *239*, 122413.

Kurnianingtyas, D., Daud, N., Indriati, I., & Muflikhah, L. (n.d.). Comparison Genetics Algorithm and Particle Swarm Optimization in Dietary Recommendations for Maternal Nutritional Fulfillment. *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, *21*(2), 216–227.

Kwarteng, A. (2018). The impact of budgetary planning on resource allocation: evidence from a developing country. *African Journal of Economic and Management Studies*, *9*(1), 88–100.

Madukwe, K. J., Gao, X., & Xue, B. (2020). A ga-based approach to fine-tuning bert for hate speech detection. *2020 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)*, 2821–2828.

Malik, S. I. A., Shahzad, L., Hussain, S., Qurban, S., Durrani, H., & Ashraf, M. N. (2022). How poverty, malnutrition and other socioeconomic factors affect maternal health: A quantitative study from Lahore Pakistan. *Pakistan Journal of Medical & Health Sciences*, *16*(09), 230.

Megatama, M. A., Mahmudy, W. F., & Santoso, E. (2021). Food Menu Recommendations Based on Recommended Dietary Allowances using Genetic Algorithm. *Bulletin of Culinary Art and Hospitality*, *1*(2), 5.

Nikmawati, A., Abdullah, R., Usman, J., Yusriadi, Y., Yusuf, O. Y. H., & Parta, I. (2021). Analysis of household economic conditions and community habits on the incidence of anemia in pregnant women through household nutrition management in the working area of the salugatta health center, central mamuju regency. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 3324–3331.

Nur, A. D., Yasmin, B. A., Mia, B., Dani, R., Ratna, D. S., & Mitha, R. A. (2021). Efforts To Improve The Health Of Mother And Baby Through The Utilization Of Moringa Leaves As Food Material In Harjosari Ii Village, Medan Amplas District. *ABDIMAS TALENTA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *6*(1), 1–8.

Pepito, B. M., Dawes, J., Hildebrand, D., & Joyce, J. (2022). Analysis of a State Police Academy Menu Cycle for Dietary Quality and Performance Nutrition Adequacy. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(19), 12642.

Perrone, S., Tataranno, M. L., Santacroce, A., Bracciali, C., Riccitelli, M., Alagna, M. G., Longini, M., Belvisi, E., Bazzini, F., & Buonocore, G. (2016). Fetal programming, maternal nutrition, and oxidative stress hypothesis. *Journal of Pediatric Biochemistry*, *6*(02), 96–102.

Popova, P., Anopova, A., Vasukova, E., Isakov, A., Eriskovskaya, A., Degilevich, A., Pustozerov, E., Tkachuk, A., Pashkova, K., & Krasnova, N. (2023). Trial protocol for the study of recommendation system DiaCompanion with personalized dietary recommendations for women with gestational diabetes mellitus (DiaCompanion I). *Frontiers in Endocrinology*, *14*, 1168688.

Porras, E. M., Fajardo, A. C., & Medina, R. P. (2019). Solving dietary planning problem using particle swarm optimization with genetic operators. *Proceedings of the 3rd International Conference on Machine Learning and Soft Computing*, 55–59.

 ISSN 2987-677X

Ren, J., Hu, P., Yang, D., & Liu, D. (2016). Tuning of mid-range wireless power transfer system based on delay-iteration method. *IET Power Electronics*, *9*(8), 1563–1570.

Said, M., Houssein, E. H., Aldakheel, E. A., Khafaga, D. S., & Ismaeel, A. A. (2024). Performance of the Walrus Optimizer for solving an economic load dispatch problem. *AIMS Math*, *9*, 10095–10120.

Sawal Hamid, Z. B., Rajikan, R., Elias, S. M., & Jamil, N. A. (2019). Utilization of a diet optimization model in ensuring adequate intake among pregnant women in Selangor, Malaysia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(23), 4720.

Seljak, B. K. (2006). Dietary menu planning using an evolutionary method. *2006 International Conference on Intelligent Engineering Systems*, 108–113.

Shah, M., Hasan, M., & Afeworki, A. (2023). Cost-efficient child vaccination project results from hard-to-reach rural communities in Kenya. *European Journal of Public Health*, *33*(Supplement_2), ckad160-1375.

Son, P. V. H., & Nguyen Dang, N. T. (2023). Solving large-scale discrete time–cost trade-off problem using hybrid multi-verse optimizer model. *Scientific Reports*, *13*(1), 1987.

Yoon, J., Hong, T., Park, C., Noh, S.-Y., & Yu, H. (2020). Log analysis-based resource and execution time improvement in HPC: A case study. *Applied Sciences*, *10*(7), 2634.

ISSN 2987-677X

Analisis Perilaku Masyarakat Membangun Terhadap Garis Sempadan Bangunan Pada Kawasan Perumahan Sawojajar

Agus Wahyudi[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Garis Sempadan Bangunan (GSB) mempunyai arti sebuah garis yang membatasi jarak bebas minimum dari bidang terluar suatu massa bangunan terhadap batas lahan yang dikuasai. Pengertian tersebut dapat disingkat bahwa GSB adalah batas bangunan yang diperkenankan untuk dibangun. Batasan atau patokan untuk mengukur besar GSB adalah as jalan, tepi sungai, tepi pantai, jalan kereta api, dan/atau jaringan tegangan tinggi. Meskipun demikian dalam praktek membangun, masyarakat tidak terlalu memandang GSB sebagai peraturan yang penting. GSB menjamin adanya ruang terbuka hijau privat dalam bentuk halaman rumah, menambah keamanan, serta mengurangi pengaruh bising dari kendaraan di jalan raya terhadap penghuninya.Tulisan dimaksudkan untuk menganalisis perilaku masyarakat dalam membangun bangunan rumahnya dalam menyikapi peraturan GSB. Penelitian dilakukan dengan pendekatan deskriptif kualitatif terhadap bangunan- bangunan rumah di kawasan perumahan Sawojajar yang merupakan kawasan perumahan terbesar di kota Malang. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi terhadap aspek tata letak bangunan dan fungsi bangunan di beberapa koridor perumahan. Hasil penelitian menunjukkan sebagian besar masyarakat melakukan pelanggaran terhadap peraturan GSB.

Kata kunci: tata letak bangunan, garis sepadan bangunan

Pendahuluan

Fenomena semakin menjamurnya bangunan yang ada di kota malang seiring dengan pertumbuhan ekonomi yang semakin melesat memberikan dampak terhadap tatanan bangunan yang ada di kota malang .Faktor kepadatan penduduk menjadi salah satu pencetus menjamurnya keberadaan bangunan saat ini. Oleh karena itu, beberapa dampak buruk bisa terjadi antara lain (1) kepadatan bangunan dengan tata letak yang tidak teratur, (2) tidak adanya ruang terbuka hijau sebagai daerah resapan hujan dan pengurang polusi udara, (3) akses jalan yang sulit dilewati oleh kendaraan besar (mobil) pada pemukiman padat penduduk, (4) kecilnya jalan akses menuju daerah tertentu karena banyak dijadikan pemukiman, (5) akses untuk mendapatkan air bersih dan air minum sulit didapat, (6) tidak adanya drainase yang baik dapat menyebabkan banjir pada saat musim penghujan, (7) kepadatan penduduk membuat banyak sampah rumah tangga menumpuk, (8) banyak penyakit yang timbul karena lingkungan yang tidak bersih, (9) buruknya instalasi kelistrikan di daerah tersebut, (10) banyaknya kejadian kebakaran yang terjadi di permukiman padat karena hubungan arus pendek listrik, (11) banyaknya sungai atau drainase yang tercemar oleh limbah rumah tangga. Beberapa dampak tersebut diatas, juga bisa dikarenakan minimnya pengetahuan penduduk tentang peraturan yang berkaitan dengan garis sempadan bangunan.

Bertitik tolak tentang garis sempadan bangunan, apabila peraturan tersebut di terapkan dengan baik maka akan memberi efek positif pada tata letak bangunan yang ada di kota malang. Sehingga tatanan bangunan akan sesuai dengan rencana tata ruang wilayah kota sesuai zona masing-masing. Seperti zona perdagangan, zona industri, zona pendidikan, zona taman kota dll.

Kemudian bisa kita amati juga di kawasan sekitar jalan raya Perumahan Sawojajar, disana banyak memanfaatkan lahan untuk digunakan sebagai hunian/tempat tinggal sekaligus sebagai tempat usaha. Dalam penerapannya, lahan untuk hunian/tempat tinggal sekaligus tempat usaha ini tentunya sedikit banyak akan menimbulkan suatu permasalahan baru yang menarik untuk dijadikan sebagai objek penelitian. Penelitian ini dilakukan dengan metode kualitatif dan menggunakan teknik analisis deskriptif kualitatif serta overlay peta. Hasil yang diperoleh dari penelitian tentang perubahan pola ruang hunian akibat dari kegiatan komersial yaitu perubahan NJOP yang makin meningkat dari tahun ke tahun sehingga mempengaruhi nilai PBB juga tinggi yang menyebabkan dulunya ruang-ruang hunian berubah fungsi menjadi bangunan komersial, perkembangan ruang-ruang kegiatan komersial merubah bentuk bangunan.

Menurut Misavan dan Br Gultom (2014) Sebagai kawasan yang bergerak dibidang ekonomi dan jasa perdagangan, pertokoan pada kawasan komesil atau ruko telah melakukan pembaruan fasad mereka sebagai pendukung untuk melancarkan usaha mereka. Sedangkan perubahan image/citra visual yang terjadi dapat dengan cepat dirasakan sebagai akibat

 ISSN 2987-677X

tanggapan visual yang terjadi antara pengamat dengan elemen kawasan tersebut Lynch, 1960 dalam Asih (2007). Tinjauan visual kawasan merupakan salah satu upaya untuk memberikan kontrol dan arahan karakter kawasan sebagai pengarah pergerakan, orientasi, penandaan kota yang sesuai dengan karakter kawasan tersebut menurut Kristiadi dalam Asih (2007).

Hal ini mendorong berkembangnya ruko di seluruh penjuru dunia sebagai alternatif membuka usaha baru yang dengan kesederhanaan dan kepraktisannya dapat menampung segala aktifitas dengan skala ekonomi kecil dan efisiensi waktu.

1.2. Perumusan Masalah

Dengan laju pertumbuhan penduduk yang makin tinggi, Kota Malang menjadi daerah hunian yang semakin padat yang ditandai oleh pembangunan perumahan dan permukiman di berbagai penjuru kota. Namun sayangnya, pembangunan sektor ini belum merata. Oleh karena itu dalam pengembangan wilayah perumahan dan permukiman di Kota Malang saat ini dan masa mendatang hendaknya diperlukan pemanfaatan ruang melalui perencanaan yang matang dengan berpedoman pada peraturan garis sepadan bangunan (GSB) Kota Malang yang telah ditetapkan, sehingga segala potensi wilayah dalam kaitannya dengan pengembangan wilayah perumahan dan permukiman dapat didayagunakan secara optimal. Dengan demikian, dalam penelitian ini penulis merumuskan permasalahan yang akan diteliti, yaitu :

1. Sejauhmana masyarakat mengetahui tentang aturan garis sepadan bangunan (GSB) ?
2. Bagaimana masyarakat menyikapi aturan GSB dalam penerapan pembangunan ?
3. Faktor – faktor apa yang melatarbelakangi sikap atau perilaku masyarakat dalam membangun?

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penulis dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mendeskripsikan sejauh mana masyarakat mengetahui tentang Garis Sepadan Bangunan.
2. Untuk mendiskripsikan bagaimana masyarakat menyikapi aturan GSB dalam penerapan pembangunan.
3. Untuk mengetahui factor-faktor apa saja yang melatarbelakangi sikap/perilaku masyarakat dalam membangun factor ekonomi atau prestis

1.3. Hasil yang Diharapkan

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah mengetahui sejauhmana masyarakat mengetahui tentang penerapan garis sepadan bangunan GSB.

1.5. Kontribusi Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini penulis berharap akan mempunyai kontribusi sebagai berikut :

1. Akademis, sebagai bahan acuan dan informasi bagi peneliti selanjutnya yang berkaitan dengan perencanaan tata ruang wilayah dan pengembangan wilayah perumahan dan permukiman.
2. Praktis, sebagai bahan masukan kepada pemerintah kota Malang tentang kebijakan kota yang berkaitan dengan penerapan garis sepadan bangunan (GSB).

1.6. Orisinalitas Penelitian

Penelitian mengenai garis sepadan ini sudah banyak dilakukan oleh peneliti lain dengan lokasi yang berbeda, seperti yang tertera dalam tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Penelitian Sejenis yang Pernah Dilakukan

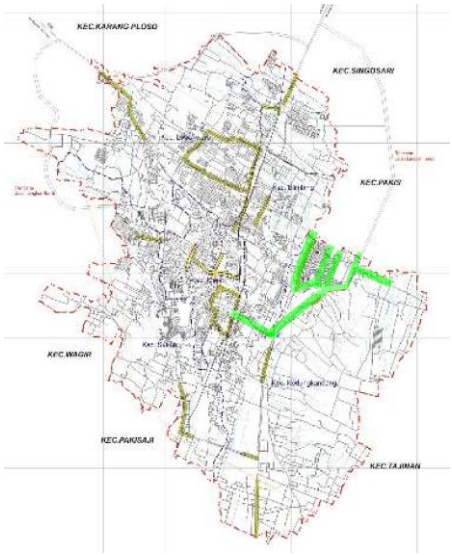
PENELITIAN TATA BANGUNAN					
NO	**JUDUL**	**LOKASI, LINGKUP DAN TEMA, TEORI DAN KONSEP**	**TUJUAN DAN MAKSUD**	**METODE**	**JENIS DATA**
1.	IDENTIFIKASI PERUBAHAN PERUMAHAN DI PERUMAHAN BUMI WANAMUKTI (*Arsitektur Tata Kota Dengan Analisis Perubahan Kondisi Yang Ada*) Efri Sestyani, Sariffudin, 2015	Perumahan Bumi Wanamukti, Semarang, Jawa Tengah	Menganalisis perubahan lingkungan secara statistik di Perumahan Bumi Wanamukti	Metode Penelitian : -Survey -Kuesioner -Analisis Statistik -Analisis Deskriptif	Data primer: data kuesioner, Data sekunder: literatur, data administratif.
2.	IDENTIFIKASI KEGIATAN PEMBENTUKAN RUANG LUAR RUKOPADA KORIDOR JALAN DI KAWASANPERUMAHAN SAWOJAJAR KOTA MALANG Elong Pribadi, Suning, 2014	Di Kawasan Perumahan Sawojajar Kota Malang.	Mengidentifikasi tipologi ruang luar ruko pada koridor jalan Perumahan Sawojajar kota Malang.	Metode Penelitian: survey Metode observasi dan pengamatan. -Kompilasi Data -Analisis -Transformasi Konsep	Data primer: wawancara, survey tapak Data sekunder: literatur, studi tipologi.
3	IDENTIFIKASI PERKEMBANGAN DAN EVALUASI KESESUAIAN LAHANUNTUK KAWASAN INDUSTRI DI KOTA SEMARANG. Izzan Arif Hutomo, Sri Rahayu, 2013	Kawasan Industri Kota Semarang	Mengkaji secara literatur kesesuaian lahan dengan kawasan Industri di Kota Semarang	Metode Deskriptif-Kualitatif Analisis Citra, Analisis Fungsi Analisis Tata guna lahan.	Data primer: observasi, pengamatan dan pengambilan sampel di lapangan, pemetaan dengan SIG. Data Sekunder: Studi Literatur
4.	EFEKTIVITAS IMPLEMENTASI KEBIJAKAN RENCANA PEMINDAHAN LOKASI INDUSTRI-	Kawasan Industri Simongan, Kota Semarang.	Penelitian efektifitas kebijakan rencana pemindahan lokasi industri	Metode penelitian deskriptif-kualitatif: -Metode survey -Metode	Data primer: -Studi Peraturan Bangunan: 1. Peta Wilayah 2. RTR Kota Semarang Tahun
	INDUSTRI YANG BERADA DI KAWSANSIMONGAN KE KAWASAN INDUSTRI PADA RENCANA TATA RUANG KOTA SEMARANG Diah Ayu Ratnasari, 2015			analisis tematik	2015 -Studi Komparasi Literatur: 1. Survey lokasi industri Simongan yang akan dipindahkan 2. Studi lokasi perencanaan kawasan Industri yang akan dilaksanakan.
5.	IDENTIFIKASI PROSES DAN DAMPAK PERUBAHAN FUNGSI PERUMAHAN MENJADI KOMERSIL DI KORIDOR WOLTER MONGINSIDI DAN KAWASAN PASAR SANTA, KECAMATAN KEBAYORAN BARU Holiqkurrahman Raus, Aditianata, 2011	Koridor Wolter Monginsidi, Pasar Santa, Kecamatan Kebayoran Baru	Penelitian Perubahan Fungsi dari kawasan perumahan menjadi kawasan komersil.	Metode identifikasi pola /karakteristik perubahan pemanfaatan lahan: -Metode Kualitatif, metode yang menekankan proses daripada hasil akhir.	Data primer: Data Umum Lokasi Pengamatan (*Survey*) Data Sekunder: - Data Tapak -Studi Literatur *Timeline*, adalah Mengamati dengan indera pola perkembangan yang terjadi dari waktu ke waktu di koridor jalan.

 ISSN 2987-677X

Beberapa penelitian di atas telah memberikan penjelasan bahwasannya GSB (Garis Sepadan Bagunan sangat menarik untuk dilakukan penelitian, mulai ijin bagunan yang dikeluarkan oleh pemda setempat prilaku masyarakat dalam membangun , tata ruang, perubahan bentuk, tipologi maupun bagian- bagian rumah.

1.7. Batasan Penelitian

Agar hasil yang diharapkan dapat tercapai maka penelitian ini dibatasi hanya pada perumahan sawojajar kec kedungkandang



Gambar 1 Peta Kecamatan Kedungkandang

(Sumber: Arsip Pemerintah Kota Malang , 2013

Metode

3.1. Metode Penelitian

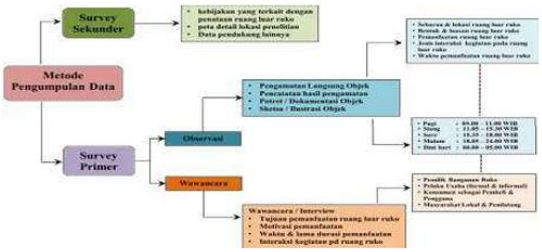
Kajian penelitian ini bersifat metode kualitatif dan menggunakan teknik analisis deskriptif kualitatif serta overlay peta., dengan menggunakan metode deskriptif-kualitatif. Penggunaan metode ini, bertujuan menggambarkan makna pola tipologi tata letak garis sepadan bagunan pada wilayah Jalan Danau Kerinci ,Jalan Danau Sentani dan Jalan Danau Toba yang dijadikan latar penelitian. Pendekatan deskriptif didasarkan pada pandangan bahwa peneliti hanya dapat memahami dan memperoleh pengetahuan dari tangan pertama dari subyek yang diteliti

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik masyarakat dalam membangun, dan mengetahui prilaku masyarakat dalam penerapan garis sepadan bangunan , kegiatan pembentukan perilaku masyarakat yang terjadi di Kawasan Perumahan Sawojajar.

3.2. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data terdiri dari tahapan persiapan dan teknik survey, tahapan persiapan merupakan tahapan awal dalam mempersiapkan segala kebutuhan berupa data-data awal sebagai bahan persiapan survey, sedangkan teknik survey merupakan tahapan pengumpulan data dan informasi yang terkait dengan tema penelitian dimana terdiri dari survey primer dan survey sekuder. Secara luas, observasi atau pengamatan berarti setiap kegiatan untuk melakukan pengukuran. Akan tetapi, observasi atau pengamatan di sini diartikan lebih sempit, yaitu pengamatan dengan menggunakan indera penglihatan yang berarti tidak mengajukan pertanyaan - pertanyaan. Observasi yang dilakukan pada lokasi studi, dengan melakukan pengamatan terhadap beberapa aspek :

- Mendatangi dan melakukan pengamatan secara langsung terhadap semua ruang luar yang terdapat di lokasi penelitian.
- Pencatatan hasil pengamatan untuk kemudian diolah menjadi informasi atau data yang disesuaikan dengan variable yang telah ditentukan.
- Melakukan dokumentasi dengan media foto atau sketsa sebagai pertimbangan untuk pembuktian kondisi yang ada di lapangan yang nantinya juga digunakan sebagai bahan analisis



Gambar 5. Metode Pengumpulan

DataTabel 1 Jenis, bentuk, cara pengambilan, dan sumber data

Jenis Data	Bentuk Data	Cara Pengambilan Data	Sumber Data
Aspek Fisik			
a. Fungsi / keruangan, meliputi: posisi, orientasi ruang, pola hubungan ruang, b. Pelingkup, meliputi: lantai, dinding dan bukaan, dan atap, c. Struktur, meliputi: elemen konstruksi lantai, dinding, dan atap. d. Responden terhadap Sempadan	Layout, denah, foto,teks	Wawancara ,survey	Lapang, pengelola lapang,studi pustaka, pemilik rumah
Aspek Non Fisik			
a. Keterkaitan antara fungsi, aktivitasdan transformasi bentuk yang ada, b. Makna penerapan konsep .	Layout, denah, foto,teks	Wawancara ,survey	Lapang, pengelola lapang, studi pustaka, pemilik rumah

3.3.2. Analisis Data

Teknik analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik analisis kualitatif.
Menurut Hubermen (1992) analisis data kualitatif dilakukan dalam tiga alur, yaitu:

1. Reduksi data, data yang diperoleh dipilih, dikelompokkan, dan disederhanakan melalui pembuatan ringkasan, tabel, dan diagram agar lebih mudah dipahami.

 ISSN 2987-677X

2. Penyajian data, data yang telah direduksi disajikan dalam bentuk teks naratif yang dilengkapi dengan tabel, diagram, bagan, dan atau gambar sehingga dapat diperoleh informasi yang terpadu.
3. Verifikasi, merupakan proses penarikan kesimpulan dari analisa terhadap data.

Variabel penelitian yang digunakan adalah (1) aspek fisik, dan (2) aspek non fisik, sebagaimana tertera di tabel di bawah ini.

Tabel 3 Variabel penelitian

1. Aspek Fisik

Kode	Tujuan	No	Tolok Ukur
AF 1	**Fungsi / Keruangan**		
	Melakukan analisa fungsi ruang	1	Posisi
		2	Orientasi ruang
		3	Pola hubungan ruang
AF 2	**Pelingkup**		
	Melakukan analisis elemen pelingkup .	1	Lantai
		2	Dinding dan bukaan
		3	Atap
AF 3	**Struktur**		
	Melakukan analisis elemen struktur .	1	
		2	
		3	

2. Aspek Non Fisik

Tujuan
Melakukan analisis mengenai keterkaitan antara fungsi, aktivitas dan transformasi bentuk yang ada, dan makna penerapan konsep secara global.

3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

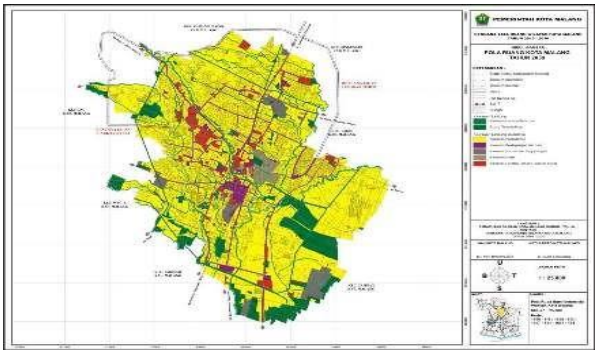
Penelitian ini dilakukan di wilayah kelurahan Sawojajar madiopuro dan lesanpuro, Kecamatan Kedungkandang Kabupaten Malang dengan obyek rumah,ruko dan restoran ada di lokasi studi. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan pebruari 2018 sampai dengan bulan Juni 2018. Pelaksanaan penelitian terdiri dari tahap penelusuran berupa pengumpulan data, kunjungan lapang, dan wawancara, dilanjutkan dengan tahap analisis dan sintesis data berupa perumusan tata letak hingga penulisan laporan.

3.3. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perangkat keras (hardware) dan lunak (software). Perangkat keras yang digunakan antara lain berupa netbook, kamera, recorder, dan mesin cetak (printer). Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian terdiri dari program komputer seperti AutoCAD, MS word, MS excel, dan Adobe Photoshop. Bahan penelitian yang digunakan dalam analisis berupa peta wilayah, peta citra satelit, sketsa, data deskriptif baik dari pustaka maupun hasil wawancara, serta foto dan gambar.

3.4. Penentuan Sampel Penelitian

Kota Malang secara geografis terletak pada posisi 1120 38’ 01,7’’ Bujur Timur dan 7° 58’ 42,2’’ Lintang Selatan mencakup luasan wilayah sebesar 11.006 Km2. Batas geografis Kota Malang arah Barat adalah barisan Gunung Kawi dan Panderman, sebelah Utara adalah Gunung Arjuno, sebelah Timur adalah Gunung Semeru, sedangkan Secara administratif Kota Malang terdiri dari 5 (lima) kecamatan dengan jumlah kelurahan sebanyak 57 (lima puluh tujuh) kelurahan. Kecamatan Kedungkandang yang merupakan salah satu kecamatan di Kota Malang memiliki luas area sebesar 39.89 Km2 dan merupakan wilayah kecamatan terbesar diantara kecamatan lainnya yaitu 36.24% terhadap luas Kota Malang



Gambar 6 Peta Wilayah Administratif Kota Malang
Sumber: http://malangkota.go.id

Malang yang terdiri dari 5 kecamatan yaitu:

- Kecamatan Klojen
- Kecamatan Kedungkanndang
- Kecamatan Lowokwaru
- Kecamatan Blimbing
- Kecamatan Sukun

Tabel 1 Luas Kelurahan dan Persentase Luas Kelurahan di Kota Malang Terhadap Luas Kota Malang (Sumber: BPS Kota Malang , Update Terakhir : 10 Dec 2018)

Kelurahan	Luas Wilayah (km2)	Persentase (%) Terhadap Luas Kota
Arjowinangun	2.87	2.61
Tlogowaru	3.86	3.51
Wonokoyo	5.58	5.07
Bumiayu	3.86	3.51
Buring	5.53	5.02
Mergosono	0.56	0.51
Kotalama	0.86	0.78
Kedungkandang	4.94	4.49
Sawojajar	1.81	1.64
Madyopuro	3.49	3.17
Lesanpuro	3.73	3.39
Cemorokandang	2.80	2.54
Kecamatan Kedungkandang	**39.89**	**36.24**
Kebonsari	1.57	1.43
Gadang	1.95	1.77
Ciptomulyo	0.83	0.75
Sukun	1.29	1.17
Bandungrejosari	2.75	2.50
Bakalan Krajan	1.78	1.62
Mulyorejo	2.75	2.50
Bandulan	2.24	2.04
Tanjungrejo	0.93	0.84
Pisang Candi	1.84	1.67
Karang Besuki	3.04	2.76
Kecamatan Sukun	**20.97**	**19.05**
Kasin	0.98	0.89
Sukoharjo	0.55	0.50
Kidul Dalem	0.49	0.45
Kauman	0.82	0.75
Bareng	1.06	0.96
Gading Kasri	0.91	0.83
Oro Oro Dowo	1.38	1.25
Klojen	0.81	0.74
Rampal Celaket	0.51	0.46
Samaan	0.54	0.49

 ISSN 2987-677X

Penanggungan	0.78	0.71
Kecamatan Klojen	**8.83**	**8.02**
Jodipan	0.49	0.45
Polehan	1.01	0.92
Kesatrian	1.45	1.32
Bunulrejo	1.84	1.67
Purwantoro	2.29	2.08
Pandanwangi	3.98	3.62
Blimbing	1.10	1.00
Purwodadi	1.58	1.44
Polowijen	1.35	1.23
Arjosari	1.16	1.05
Balearjosari	1.52	1.38
Kecamatan Blimbing	**17.77**	**16.15**
Merjosari	3.36	3.05
Dinoyo	1.17	1.06
Sumbersari	1.28	1.16
Ketawanggede	0.83	0.75
Jatimulyo	2.51	2.28
Lowokwaru	1.23	1.12
Tulusrejo	1.31	1.19
Mojolangu	2.88	2.62
Tunjung Sekar	1.87	1.70
Tasikmadu	2.43	2.21
Tunggulwulung	1.87	1.70
Tlogomas	1.86	1.69
Kecamatan Lowokwaru	**22.60**	**20.53**
Kota Malang	**110.06**	**100.00**

Sumber: Bagian Pemerintahan Kota Malang

Penentuan sampel penelitian didasarkan pada aplikasi teoritis sehingga penghayatan mendalam terhadap obyek studi lebih diutamakan. Adapun syarat sampel penelitian tersebut adalah: (1) Fungsi ruas jalan minimal . (2) Memiliki orisinalitas. (3) Kemudahan dalam pengambilan data. Setelah melakukan pengamatan berdasarkan kriteria di atas maka didapatkan 3 (tiga) sampel ruas jalan bisa dijadikan sebagai obyek penelitian.

Penentuan sampel penelitian didasarkan pada aplikasi teoritis sehingga penghayatan mendalam terhadap obyek studi lebih diutamakan. Adapun syarat sampel penelitian tersebut adalah:
ruas jalan ini memiliki dua lajur dengan lebar total 8 - 16 m. Sesuai dengan fungsi awal, peruntukan wilayah ini adalah kawasan permukiman, akan tetapi dengan perkembangan yang terjadi pada ruas jalan ini terjadi perubahan peruntukan dari kawasan permukiman menjadi kawasan perdagangan dan jasa.

1. Jalan Danau Kerinci

Jalan Danau Kerinci adalah salah satu jalan utama yang terdapat di perumahan Sawojajar, ruas jalan ini memiliki dua lajur dengan lebar total 16 m. Sesuai dengan fungsi awal, peruntukan wilayah ini adalah kawasan permukiman, akan tetapi dengan perkembangan yang terjadi pada ruas jalan ini terjadi perubahan peruntukan dari kawasan permukiman menjadi kawasan perdagangan dan jasa.



Gambar 7 foto tampak depan jalan raya danau kerinci
(Sumber: Hasil penelitian, 2018)

1. Jalan Danau Sentani

Ruas Jalan Danau Sentani rata-rata memiliki lebar 5-6 m dengan rencana sempadan pagar sebesar 14 m atau 7 meter kiri kanan dari as jalan. Ruas jalan ini memiliki peruntukan sebagai kawasan permukiman. Perubahan peruntukan pada wilayah ini berupa perubahan dari permukiman menjadi perdagangan dan jasa.
Secara umum terjadi pada kesesuaian peraturan GSB, dimana pada bangunan Apotik dan bahan bangunan membangun perluasan toko pada area sempadan. Begitu pula dengan bangunan yang beralih fungsi menjadi rumah kost. Jenis lainnya yaitu perubahan fungsi perdagangan menjadi pendidikan (TK Selaras Cita) yang tidak menyediakan lahan parkir yang cukup memadai sehingga pada saat tertentu menggunakan rumija sebagai parkir.
Jalan Danau Sentani
- Peruntukan Lokasi :Permukiman (kuning) dan Perdagangan dan Jasa (ungu).
- Fungsi Utama Bangunan : Permukiman dan usaha perdagangan dan jasa.
- Bentuk Bangunan : rumah tinggal dan toko atau ruko.
- GSB umum : 6 meter kiri kanan
- Area Parkir : ada pada sebagian ruko, tetapi pada beberapa rumah tinggal yang beralih fungsi menjadi toko/apotik tidak menyediakan lahan untuk parkir.

 ISSN 2987-677X




Gambar 8 foto tampak depan Jalan Danau Sentani
(Sumber: Hasil penelitian, 2018)

1. Jalan Danau Toba

Jalan Danau Toba adalah satu ruas jalan utama yang berada di kawasan Sawojajar. Ruas jalan ini di dominasi oleh kawasan perdagangan dan jasa walaupun ada beberapa wilayah didalam ruas jalan ini masih dipergunakan sebagai daerah hunian. Ruas jalan ini memiliki lebar total 13 m dengan rencana sempadan pagar sebesar 20 m. Secara umum garis sempadan bangunan, dimana beberapa bangunan toko atau bengkel tidak menyisakan lahan untuk area parkir, sehingga area parkir menggunakan rumija yang pasti berbahaya bagi pengguna jalan.

Jalan Danau Toba

- Peruntukan Lokasi :Permukiman (kuning) dan Perdagangan dan Jasa (ungu).
- Fungsi Utama Bangunan :permukiman dan usaha perdagangan dan jasa.
- Bentuk Bangunan : rumah tinggal dan toko atau ruko.
- GSB umum : 8 meter dengan beberapa catatan pelanggaran
- Area Parkir : ada pada sebagian ruko, tetapi pada beberapa rumah tinggal yang beralih fungsi menjadi toko tidak menyediakan lahan untuk parkir.




Gambar 9 foto tampak depan Jalan Danau Toba
(Sumber: Hasil penelitian, 2018)

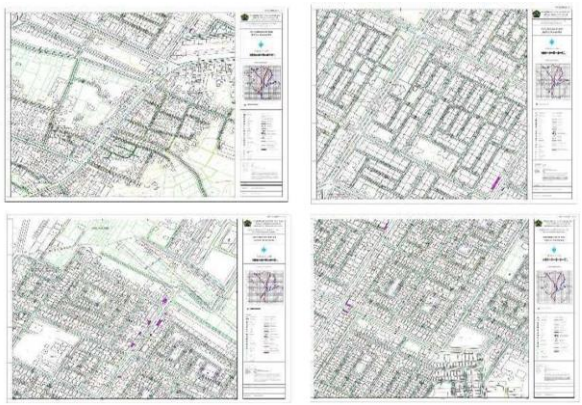
Pembahasan

Pola penataan ruang bagi kawasan perumahan sawojajar telah di tetapkan berdasarkan arah dan potensi perkembangan Kota Malang.Tetapi minimnya pengetahuan tentang peraturan yang berkaitan dengan ijin pembangunan tempat perdagangan,dan jasa.Perkembangan ekonomi yang meningkat menyebabkan perubahan perilaku dengan mendahulukan kepentingan dan mengabaikan peraturan yang telah ditetapkan. Kebutuhan akan area pengembangan , perdagangan dan jasa tidak sejalan dengan program yang telah ditetapkan oleh Pemerintah Kota Malang.

5.1 Obyek kajian kami didaerah perumahan sawojajar

5.1. 1 Jalan Danau Sentani

Ruas Jalan Danau Sentani rata-rata memiliki lebar 5-6 m dengan rencana sempadan pagar sebesar 14 m atau 7 meter kiri kanan dari as jalan. Ruas jalan ini memiliki peruntukan sebagai kawasan permukiman. Perubahan peruntukan pada wilayah ini berupa perubahan dari permukiman menjadi perdagangan dan jasa. Secara umum pelanggaran terjadi pada kesesuaian peraturan GSB, dimana pada bangunan Apotik dan bahan bangunan membangun perluasan toko pada area sempadan. Begitu pula dengan bangunan yang beralih fungsi menjadi rumah kost. Jenis pelanggaran lainnya yaitu perubahan fungsi perdagangan menjadi pendidikan (TK Selaras Cita) yang tidak menyediakan lahan parkir yang cukup memadai sehingga pada saat tertentu menggunakan rumija sebagai parkir.



Bangunan eksisting melebihi Rencana Sempadan Bangunan dan rencana sempadan pagar Total Rumah dan Toko (Ruko). Tempat usaha sebanyak 120 bangunan

Kebanyakan bangunan ruko sudah mengikuti aturan rencana garis sempadan pagar dan sempadan bangunan.

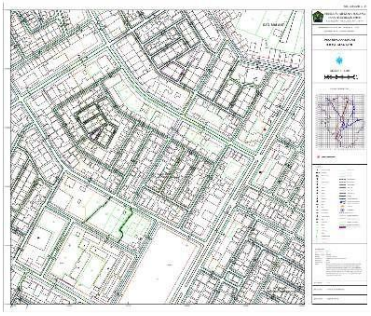
 ISSN 2987-677X

No.	Materi	Eksisting	Perwal thn 2009	Pelanggaran	RTRW 2012-2032	Pelanggaran
1.	Peruntukan:	Kawasan Perdagangan dan permukiman. Tempat usaha sebanyak 70 bangunan.	Kawasan Perdagangan dan permukiman	0 %	Kawasan Perdagangan dan permukiman.	0 %
2.	Garis Sempadan Bangunan	Sebagian 6 meter, tetapi ada bangunan perdagangan yang memiliki GSB < 4 m	6 meter.	5 %	GSB 6 meter, diindikasikan pelanggaran sebanyak 19 bangunan	27,14 %
3.	Area Parkir	Sebagian Ada	Ada	5 %	ada	27,14 %
4.	Ruang Terbuka Hijau	Sebagian Ada	Ada	10 %	ada	20 %
5.	Sumur resapan air hujan	Ada	Ada	0 %	Ada	0 %
6.	Saluran Drainase	Ada drainase terbuka	Ada	0 %	Ada	0 %

5.1.3 Jalan Danau Kerinci

- Peruntukan Lokasi : Permukiman (kuning) dan Perdagangan dan Jasa (ungu).
- Fungsi Utama Bangunan : permukiman dan usaha perdagangan dan jasa.
- Bentuk Bangunan : rumah tinggal, toko atau bengkel.
- GSB umum : 8 meter kiri kanan
- Area Parkir : ada disediakan pemilik usaha atau fasilitas ruko
- Ruang Terbuka Hijau : ada di pulau jalan dan RTH masing-masing persil
- Sumur Resapan Air Hujan : ada
- Saluran/Drainase : terbuka





Bangunan eksisting melebihi Rencana Sempadan Bangunan dan rencana sempadan pagar Total Rumah dan Toko (Ruko). Tempat usaha sebanyak 89 bangunan. Kebanyakan bangunan ruko sudah mengikuti aturan rencana garis sempadan agar dan sempadan bangunan.

No.	Materi	Eksisting	Perwal thn 2009	Pelanggaran	RTRW 2012-2032	Pelanggaran
1.	Peruntukan:	Kawasan Perdagangan dan permukiman. Tempat usaha sebanyak 70 bangunan.	Kawasan Perdagangan dan permukiman	0 %	Kawasan Perdagangan dan permukiman.	0 %
2.	Garis Sempadan Bangunan	Sebagian 6 meter, tetapi ada bangunan perdagangan yang memiliki GSB < 4 m	6 meter.	5 %	GSB 6 meter, diindikasikan pelanggaran sebanyak 19 bangunan	27,14 %
3.	Area Parkir	Sebagian Ada	Ada	5 %	ada	27,14 %
4.	Ruang Terbuka Hijau	Sebagian Ada	Ada	10 %	ada	20 %
5.	Sumur resapan air hujan	Ada	Ada	0 %	Ada	0 %
6.	Saluran Drainase	Ada drainase terbuka	Ada	0 %	Ada	0 %

5.2 Analisis Perubahan Lingkungan Perumahan

Perubahan yang paling banyak dilakukan penghuni pada setiap tipe rumahnya adalah perombakan. Perombakan adalah perubahan struktur fisik rumah secara total. Perombakan pada ta dilakukan dengan menggabungkan rumah menjadi 2 rumah atau meningkatkan rumah menjadi 2 lantai. Pada tipe 36 berdasarkan hasil kuisioner sebanyak 40% melakukan perombakan dengan meningkatkan rumah menjadi 2 lantai dan 8% melakukan perubahan dengan menggabungkan

Kesimpulan

Secara umum pelanggaran terjadi pada kesesuaian peraturan GSB, dimana pada bangunan

1. Secara umum terjadi perubahan fungsi dari bangunan rumah tinggal yang berkembang menjadi bangunan komersial tetapi masih dalam koridor pada kawasan perdagangan dan jasa yang merupakan indikasi pertambahan nilai ekonomi dari suatu massa bangunan.

2. Pelanggaran yang terjadi pada wilayah studi secara umum merupakan pelanggaran :

a. Pelanggaran sempadan jalan

b. Pelanggaran penyediaan area parkir pada bangunan dengan fungsi umum seperti toko, sekolah, bengkel dan sebagainya

c. Pelanggaran penyediaan ruang terbuka hijau

d. Pelanggaran penyediaan sumur resapan air hujan

3. Dari hasil studi yang dilakukan pada kegiatan Indenfikasi Pelanggaran Bangunan pada Kawasan Perdagangan dan Jasa Kecamatan Kedungkandang dengan fokus pada 3 ruas jalan dimaksud, dapat disimpulkan pelanggaran yang terjadi pada beberapa kawasan studi sebesar 15 % dari wilayah tinjauan.

ISSN 2987-677X

Referensi

Misavan dan Br Gultom (2014) ," Kawasan yang bergerak dibidang ekonomi dan jasa perdagangan, pertokoan pada kawasan komesil atau ruko telah melakukan pembaruan fasad" Lynch, 1960 dalam Asih (2007) "Perubahan image/citra visual yang terjadi dapat dengan cepat dirasakan sebagai akibat tanggapan visual yang terjadi antara pengamat dengan elemen kawasan" Kristiadi dalam Asih (2007). "Kawasan sebagai pengarah pergerakan, orientasi, penandaan kota yang sesuai dengan karakter kawasan "

Wikipedia Tanpa Tahun, "Garis Sempadan Bangunan", URL:https://id.wikipedia.org/wiki/Garis_sempadan#Garis_Sempadan_Bangunan, diakses tanggal 1 Oktober 2016.

Hukum Online, 2011, "Penetapan GSB Bangunan Rumah di Komplek Perumahan", URL: http://www.hukumonline.com/klinik/detail/lt4d4ae98d05a4e/penetapan-gsb-bangunan- rumah-di-komplek-perumahan, diakses tanggal 1 Oktober 2016.

Wahyudi, 2013 "Identifikasi Pelangaran Bangunan Pada Kawasan Industri , Perdagangan dan Jasa di Kecamatan Kedungkandang Tahun 2013"

Peta Rencana Situasi Kota Malang Dinas Pekerjaan Umum Kota Ma

ISSN 2987-677X

Peningkatan Kualitas Infrastruktur Pendukung Ketahanan Pangan dan Wisata Desa Di Desa Gedangan Kecamatan Karangrejo Kabupaten Tulungagung

Early Cahyani[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Ketersediaan Pangan merupakan kebutuhan dasar manusia yang harus dipenuhi. Kebutuhan dasar merupakan salah satu hak asasi manusia, pangan memiliki peran yang sangat penting bagi kehidupan suatu bangsa. Pandemi COVID-19 menyebabkan terganggunya berbagai hal baik ekonomi, sosial dan salah satunya ketahanan pangan. Pada akhirnya, produksi dan distribusi pangan masyarakat ikut terganggu dan bahkan dapat menyebabkan krisis pangan baru. Ketahanan pangan berdasarkan UU No 18/2012 tentang Pangan yaitu kondisi terpenuhinya pangan bagi negara sampai dengan perseorangan, yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, beragam, bergizi, merata dan terjangkau serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat, untuk dapat hidup sehat, aktif, dan produktif secara berkelanjutan. Prioritas penggunaan dana desa tahun 2022 dalam rangka pencapaian SDGs Desa sesuai dengan Permendesa PDTT Nomor 7 Tahun 2021 ada 3 poin besar yang menjadi fokus utama pertama pemulihan ekonomi nasional sesuai kewenangan desa, kedua mitigasi dan penanganan bencana alam dan non alam sesuai kewenangan desa, ketiga program prioritas nasional sesuai kewenangan desa salah satu kegiatannya yaitu penguatan ketahanan pangan nabati dan hewani untuk mewujudkan Desa tanpa kelaparan.

Kata Kunci : *Ketahanan Pangan, Desa Wisata, Pembangunan Berkelanjutan, Wisata Berbasis Masyarakat*

Pendahuluan

Pembangunan nasional di Indonesia dilaksanakan untuk menciptakan kemakmuran dan kesejahteraan rakyat. Hasil pembangunan harus dapat dinikmati oleh seluruh rakyat sebagai peningkatan kesejahteraan lahir dan batin secara adil dan makmur di wilayah perkotaan maupun perdesaan.

Selain untuk Ketahanan pangan , untuk mendukung desa maju berdaya dan mandiri pengembangan sektor wisata juga menjadi prioritas Pembangunan Desa . Menurut *Fanel* Pariwisata didefenisikan sebagai sistem yang saling terkait yang mencakup wisatawan dan jasa terkait yang yang disediakan serta dimanfaatkan (fasilitas, atraksi, transportasi dan akomodasi) untuk menyokong kegiatan mereka. Salah satu yang menjadi suatu bentuk kegiatan ekowisata pada kawasan tertentu yang melibatkan masyarakat lokal setempat adalah desa wisata. *Menurut Priasukmana & Mulyadin*, Desa Wisata merupakan suatu kawasan pedesaan yang menawarkan keseluruhan suasana yang mencerminkan keaslian pedesaaan baik dari kehidupan sosial ekonomi, sosial budaya, adat istiadat, keseharian, memiliki arsitektur bangunan dan struktur tata ruang desa yang khas, atau kegiatan perekonomian yang unik dan menarik serta mempunyai potensi untuk dikembangkanya berbagai komponen kepariwisataan, misalnya atraksi, akomodasi, makanan-minuman, cindera-mata, dan kebutuhan wisata lainnya. Desa wisata merupakan wilayah pedesaan yang mempunyai karakteristik khusus sehingga layak dijadikan daerah wisata.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat diperoleh rumusan permasalahan sebagai berikut:

1. Apa yang termasuk Infrastuktur pendukung ketahanan pangan dan wisata desa ?
2. Apa yang termasuk Infrastuktur pendukung ketahanan pangan dan wisata desa ?
3. Apa infrastruktur yang paling perlu ditingkatkan kualitasnya dari infrastruktur pendukung ketahanan pangan dan wisata desa?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas peningkatan Infrastuktur pendukung ketahanan pangan dan wisata Desa
2. Mengetahui rekomendasi peningkatan kualitas Infrastruktur pendukung ketahanan pangan dan wisata desa yang sudah terbangun dapat berdampak langsung pada penguatan ketahanan pangan dan peningkatan pengelolaan wisata desa
3. Mengetahui Infrastruktur yang kualitasnya perlu penanganan yang lebih intensif dan perbaikan dari hasil infrstruktur yang telah terbangun

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk:

 ISSN 2987-677X

1. Memberikan masukan dan rekomendasi terkait kualitas infrastruktur yg mempengaruhi penguatan ketahanan pangan dan wisata desa yang dibiayai dari Anggaran Pendapatan dan Belanja Desa (APBDes)
2. Sebagai bahan masukan bagi Desa dalam mengambil keputusan untuk menentukan prioritas penganggaran pembangunan infrastuktur ketahanan pangan dan Wisata Desa

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini difokuskan pada Pembangunan infrastruktur pendukung ketahanan pangan dan wisata desa di Desa Gedangan Kecamatan Karangrejo Kabupaten Tulungagung pada Tahun Anggaran 2020 - 2022

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Landasan Teori

Ketersediaan pasokan pangan sendiri sebagai bentuk kesiapan pemenuhan kebutuhan penduduk merupakan hal yang sangat penting untuk menghindari terjadinya gejolak politik maupun sosial yang berkepanjangan.

Menurut Perpres No.104 / tahun 2021 sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 ayat (4) Dana Desa sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b ditentukan penggunaan untuk: a. Program perlindungan sosial berupa bantuan langsung tunai desa paling sedikit 40% (empat puluh persen); b. Program ketahanan pangan dan hewani paling sedikit 20% (dua puluh persen); c. Dukungan pendanaan penanganan Corona Virus Disease 2019 (COVID-19) paling sedikit 8% (delapan persen), dari alokasi Dana Desa setiap desa; d. Program sektor prioritas lainnya

Aspek Ketahanan Pangan, Menurut Badan Ketahanan Pangan (2005), terdapat empat aspek yang membentuk ketahanan pangan, yaitu:

1. Ketersediaan pangan, yakni tersedianya pangan secara fisik pada daerah yang didapatkan dari produksi domestik, impor ataupun bantuan pangan tapi ketersediaanya lebih diutamakan dari produksi domestik.
2. Akses pangan, yaitu kemampuan rumah tangga dalam memperoleh kecukupan pangan, baik berasal dari produksi sendiri maupun pembelian, barter, hadiah, pinjaman, serta bantuan atau dari kelimanya semua.
3. Penyerapan pangan, dilihat dari penggunaan akan pangan oleh anggota keluarga pada masyarakat.
4. Status gizi merupakan outcome dari ketahanan pangan.

Definisi infrastruktur Pariwisata, seperti definisi pariwisata, definisi yang menjelaskan mengenai pengertian dari infrastruktur juga terdiri dari berbagai pengertian, antara lain:

- Sebuah sistem infrastruktur dapat didefinisikan sebagai fasilitas atau struktur dasar, peralatan, instalasi yang dibangun dan yang dibutuhkan untuk berfungsinya sistem sosial dan sistem ekonomi masyarakat (Grigg, 2000).
- Infrastruktur sebagai struktur dan fasilitas fisik yang dikembangkan oleh badan pemerintah untuk menjalankan fungsi pemerintahan dalam menyediakan air, sumber tenaga, penanganan limbah, transport dan layanan sejenisnya untuk memfasilitasi pencapaian tujuan sosial dan ekonomi *(American Public Work Association).*
- Suatu sistem fasilitas umum, baik yang didanai pemerintah maupun swasta yang menyediakan pelayanan yang penting dan mendukung pencapaian standar kehidupan *(Associated General Contractors of America).*
- Dalam Tourism Planning disebutkan bahwa infrastruktur dalam konteks perencanaan mengacu pada segala bentuk konstruksi di atas maupun di bawah tanah yang dapat menyediakan kebutuhan dasar untuk menunjang pembangunan seperti pembangunan perkotaan, industri, dan pariwisata. (Inskeep, 1991)

3. Metodologi Penelitian

3.1 Pengumpulan Data

Penelitian dilakukan dengan metode studi kasus yaitu suatu metode untuk menganalisis data dari suatu objek yang dijadikan kasus dilakukan dengan metode pengumpulan data (data collection)merupakan alat dan wawancara dg pemangku kepentingan. Objek yang menjadi kasus dalam penelitian ini adalah Kualitas Infrastruktur Ketahanan Pangan dan Wisata Desa di Desa Gedangan Kecamatan Karangrejo Kabupaten Tulungagung tahun anggaran 2020-2022



 ISSN 2987-677X

Deskripsi Metode

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif deskriptif dengan pendekatan Analisis Data sekunder (ADS). Memanfaatkan data sekunder yang dimaksud yaitu dengan menggunakan sebuah teknik uji statistik yang sesuai untuk mendapatkan informasi yang diinginkan dari tubuh materi atau data yang sudah matang yang diperoleh pada instansi Lembaga (Pemerintahan Desa, Kecamatan, BPS) tertentu kemudian di olah secara sistematis dan objektif.

Data analisis Kuantitatif disajikan menggunakan tabel, tabel distribusi frekuensi, grafik garis atau batang, diagram lingkaran dan pictogram. Untuk Pembahasan terhadap hasil penelitian akan menyertakan penjelasan yang mendalam dan interpretasi trehadap data-data yang telah disajikan untuk kemudian menghasilkan kesimpulan yang berisikan jawaban singkat terhadap rumusan masalah berdasarkan data yang terkumpul

Data sekunder yang digunakan adalah data Keuangan Desa (APBDesa) Desa Gedangan Kecamatan Karangrejo Tahun Anggaran 2020-2022 yang selanjutnya diidentifikasi melalui instrument penelitian yang relevansinya atau kesesuaiannya dengan peningkatan kualitas Infrastruktur Ketahanan pangan dan wisata Desa .

3.3 Analisis Hasil Penelitian

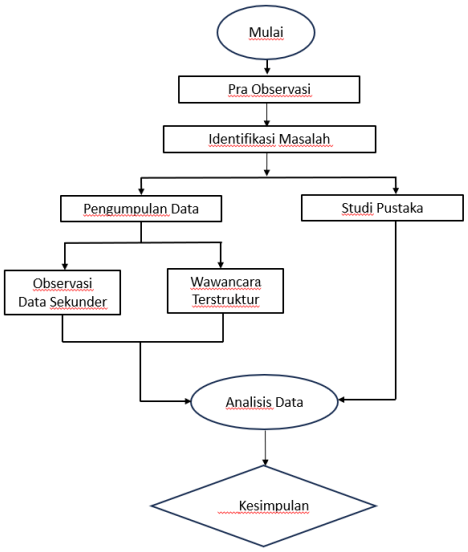
Teknik analisis data yang digunakan dalam analisis kualitatif memiliki empat tahap yaitu pengumpulan data, reduksi data, penyajian data dan langkah terakhir adalah penarikan kesimpulan dan verifikasi. Untuk lebih jelas dalam setiap langkahnya, akan kita bahas bersama di bawah ini. Langkah-langkah tersebut sebagai berikut:

1. Reduksi data
2. Display data
3. Kesimpulan dan Verifikasi

Penarikan kesimpulan dan verifikasi data merupakan tahap akhir dalam teknik analisis data kualitatif yang dilakukan melihat hasil reduksi data tetap mengacu pada tujuan analisis hendak dicapai.

3.4 Model

Berdasarkan metode yang digunakan pada penelitian ini, maka model yang digunakan pada penelitian ini menggunakan deskriptif. Deskriptif menurut Prof.Dr.Sugiyono adalah menggambarkan atau mengamati objek yang diteliti.



3.5 Diagram

Pada tahapan penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif , yang dilakukan beberapa tahapan

Tahap 1 : Pra Observasi

Pra Observasi yang didasarkan data dan realisasi kegiatan pembangunan Infrastruktrur Ketahanan Pangan dan Wisata Desa di Ds.Gedangan Kecamatan Karangrejo Kabupaten Tulungagung Tahun anggaran 2020-2022

Tahap 2 : Identifikasi Masalah

Dari hasil praobservasi maka dilanjutkan dengan mengidentifikasi dan mengiventarisir masalah hasil kegiatan infrastruktur yg sudah terbangun, jenis infrastruktur yang memenuhi klasifikasi Infrastruktur ketahanan pangan dan Wisata Desa

Tahap 3 : Studi Pustaka

Studi pustaka ini digunakan sebagai pencarian referensi terkait konsep Infrastruktur ketahanan Panagn dan Wisata desa dengan menggunakan literatur yang relevan, baik berupa jurnal, artikel ataupun buku.

Tahap 4 : Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi , wawancara dan Kuisioner

 ISSN 2987-677X

Observasi yang dilakukan dengan mengamati objek yang ada di lapangan secara rinci untuk menganalisa kualitas Infrastruktrur Ketahanan Pangan dan Wisata Desa di Ds.Gedangan Kecamatan Karangrejo Kabupaten Tulungagung Tahun anggaran 2020-2022

Kuisioner disusun dengan membuat lembaran berisi pertanyaan-pertanyaan meyangkut Infrastruktur Ketahanan Pangan dan Wisata Desa di Ds.Gedangan Kecamatan Karangrejo Kabupaten Tulungagung Tahun anggaran 2020-2022.

Adapunn Komposisi Kuisioner

1. Bentuk kuisioner adalah semi tertutup yaitu sebagian berupa pertanyaan tertutup dengan menjawab berdasarkan pilihan yang tersedia menyangkut skala penilaian, dan sebagian lagi berupa pertanyaan terbuka dengan memberikan kesempatan bagi responden untuk menambah masukan yang mungkin muncul pada Infrastruktur Ketahanan Pangan dan Wisata Desa di Ds.Gedangan Kecamatan Karangrejo Kabupaten Tulungagung Tahun anggaran 2020-2022

2. Wawancara dan Kuisioner dilakukan secara terstruktur dengan pihak Pemerintah Desa, Pendamping Kegiatan dan Lembaga Pemberdayaan Masyarakat Desa yang berperan dalam kegiatan Pembangunan Infrastruktur dan Wisata Desa Gedangan

Adapun Jumlah Responden sejumlah 50 Responden menggunakan rumus Slovin. Rumus Slovin adalah metode statistik yang digunakan untuk menentukan ukuran sampel yang tepat dalam penelitian. Rumus Slovin sering digunakan dalam survei dan penelitian untuk memastikan bahwa sampel yang diambil adalah representatif dari populasi yang lebih besar. Ukuran sampel yang terlalu kecil dapat menghasilkan kesimpulan yang tidak akurat, sementara ukuran sampel yang terlalu besar dapat membuang-buang waktu dan sumber daya. Dalam hal ini, rumus Slovin menjadi alat yang sangat berguna untuk menentukan ukuran sampel yang tepat.

Cara Menghitung Rumus Slovin

Untuk menghitung rumus Slovin, kamu perlu menentukan tiga variabel utama: ukuran populasi (N), margin of error (e), dan tingkat kepercayaan (C). Berikut adalah rumus untuk menghitung ukuran sampel yang tepat:

Rumus Slovin

n = N / (1 + Ne^2)

Di mana:

- n = ukuran sampel
- N = ukuran populasi
- e = margin of error
- C = tingkat kepercayaan

Tahap 5 : Analisa data dilakukan setelah mendapatkan data – data dari hasil observasi wawancara. Terstruktur dan Kuisioner. Dari data yang ada akan di analisis terkait Kualitas Infrastruktur Ketahanan pangan dan Wisata Desa Ds Gedangan

Analisis data menggunakan teori research Gap. Gap analysis adalah tools analisis yang dirancang untuk mengukur perbedaan antara keadaan aktual (actual state) atau kinerja organisasi pada selang waktu tertentu dan keadaan yang diinginkan atau potensial di masa depan (Mercadal, 2020). Gap analysis digunakan untuk membandingkan posisi Anda saat ini dengan posisi ideal yang Anda inginkan. Ini membantu Anda mengidentifikasi gaps di antara kedua keadaan tersebut dan menghasilkan rencana aksi yang akan dilakukan untuk menutup gap tersebut.

Tahap 6 : Kesimpulan

Kesimpuan dapat dilakukan setelah semua tahapan telah dilalui, untuk menemukan solusi dari masalah yang ada.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Lapangan

Pengumpulan data pada penelitian berupa hasil observasi dan wawancara di dg Pemerintah Desa Gedangan Kec Karangrejo Kabupaten Tulungagung

Tabel 2: Anggaran ALokasi u/Infrastruktur Ketahanan Pangan dan Wisata Desa TA 2020-2022

NO	KEGIATAN	TAHUN ANGGARAN		
		2022	2021	2020
1	Total Pendapatan APBDes	1,768,426,031.62	1,617,481,225.48	1,690,788,852.05
2	Sarpras Ketahanan Pangan	239,444,550	232,162,375	217,691,600
3	Sarpras wisata Desa	221,894,950	472,195,900	265,628,800
4	Kegiatan Lainnya	1,307,086,532	913,122,950	1,207,468,452

Sumber : Data Realisasi Sistem Keuangan Desa Gedangan

 ISSN 2987-677X

Data pada data tabel 2, akan digunakan untuk mengetahui total besaran alokasi APBDes untuk pembangunan Infrastruktur Ketahanan pangan dan Wisata Desa. Setelah diperoleh data alokasi, selanjutnya dilakukan pengumpulan data terkait jumlah/Volume kegiatan yg terbangun dari alokasi dana APBDes.

Tabel 3 : Jumlah Kegiatan Infrastruktur Ketahanan Pangan dan Wisata Desa TA 2020-2022

NO	Kegiatan	TA 2022		TA 2021		TA 2020	
		JML	VOL	JML	VOL	JML	VOL
1	Jalan Desa	-				1	150
2	Jalan Lingkungan	-		-		-	
3	Jalan Usaha Tani	2	223	-		1	500
4	Prasarana Jalan/Saluran Drainase/TPT	3	116	1	150	-	
5	Pemeliharaan Jalan	3	1,500	-		-	
6	Saluran Irigasi	-		-		-	
7	Pemeliharaan Saluran Irigasi	1	600	1	500	-	
8	Prasarana Air Bersih	-		1	1	-	
9	MCK	1	3			-	
10	Sarpras Pendukung Wisata	1		2	1,134	1	1,134
11	Taman Bermain		1		-	-	

Sumber : Data Realisasi Data Sarpras Desa Gedangan

Analisis Data

Analisis ditentukan dg menganalisis hasil kuisioner , dg 50 Responden. Analisis data menggunakan teori research Gap. Gap analysis adalah tools analisis yang dirancang untuk mengukur perbedaan antara keadaan aktual (actual state) atau kinerja organisasi pada selang waktu tertentu dan keadaan yang diinginkan atau potensial di masa depan (Mercadal, 2020)

MEAN = (1xJML STB)+(2xJML TB)+(3xJML C)+(4xJML B)+(5x JML-TB)

50 (JML Responden)

MEAN Rata-rata = JML MEAN/JML Pertanyaan Kuisioner= 50/12 = 4.19

GAP = MEAN - $MEAN$Rata-Rata

Hasil GAP yg Negatif artinya adalah parameter yang direkomendasikan untuk peningkatan kualitas Infrastruktur Jalan

4.3 Pembahasan

Dari hasil analisis data didapatkan untuk nilai GAP yang negatif adalah parameter yang direkomendasikan untuk peningkatan kualitas Infrastruktur Ketahanan Pangan

***Tabel 4.2.6** : Rekap Kuisioner dan Analisis untuk Infrastruktur Ketahanan Pangan*

NO	PERTANYAAN	JALAN		SALURAN	
		REKOM/GAP		REKOM/GAP	
1	Apakah Bangunan yg dibangun sesuai dg kebutuhan/usulan dari Masyarakat/Pemanfaat?	-	0.25	-	0.37
2	Apakah dalam desain perencanaan bangunan melibatkan tenaga teknis yg kompeten di bidang teknis?	√	-0.05	√	-0.08
3	Apakah Desain Bangunan sesuai dg kondisi existing di lapangan?	√	-0.13	√	-0.26
4	Bagaimana kualitas bahan/Material yg digunakan dalam Pembangunan tersebut?	√	-0.03	√	-0.05
5	Apakah satuan harga bahan/upah/ Rencana Anggaran Biaya yg digunakan memenuhi satuan harga yg berlaku/Kewajaran harga?	√	-0.21	√	-0.05
6	Bagaimana keterlibatan masyarakat lokal dalam kegiatan Pembangunan?	-	0.21	-	0.37
7	Apakah dalam pelaksanaan Pembangunan dilakukan pengawasan oleh institusi terkait yg kompeten di bidang teknik?	√	-0.07	√	-0.12
8	Apakah dalam Pembangunan mempertimbangkan efisiensi biaya dalam pelaksanaannya?	√	-0.05	√	-0.08
9	Apakah hasil pekerjaan di Lapangan sesuai dg Volume dan Spesifikasi teknis (Kualitas/standar mutu pekerjaan)	√	-0.07	√	-0.08
10	Bagaimana fungsi/Kelayakan bangunan setelah dibangun ?	-	0.19	-	0.25
11	Apakah Bangunan mempertimbangkan ketahanan terhadap Bencana Alam dan Perubahan Iklim?	√	-0.21	√	-0.38
12	Apakah Hasil Bangunan berdampak pada aspek ekonomi, sosial, budaya dan Lingkungan dalam Masyarakat sekitar?	-	0.15	-	0.11

Rekomendasi Peningkatan Kualitas Infrastruktur Ketahanan Pangan untuk Infrastruktur Jalan dan Saluran adalah sebagai berikut :

1. Melibatkan Tenaga Teknis yang kompeten di bidang teknis dalam desain perencanaan bangunan
2. Menyesuaikan Desain Bangunan sesuai dg kondisi existing lapangan
3. Menggunakan kualitas bahan/Material yang standar dalam Pembangunan Infrastruktur
4. Menggunakan satuan harga bahan/upah/ Rencana Anggaran Biaya sesuai dengan satuan harga yg berlaku/kewajaran harga
5. Melakukan pengawasan dengan melibatkan institusi yang kompeten di bidang teknis dalam pelaksanaan Pembangunan
6. Mempertimbangkan efisiensi biaya dalam pelaksanaa Pembangunan
7. Menyesuaikan hasil pekerjaan di Lapangan dg Volume dan Spesifikasi teknis (Kualitas/standar mutu pekerjaan)
8. Mempertimbangkan ketahanan Bangunan terhadap Bencana Alam dan Perubahan Iklim

 ISSN 2987-677X

***Tabel 4.2.7** : Rekap Kuisioner dan Analisis untuk Infrastruktur Wisata Desa*

NO	PERTANYAAN	MCK		KIOS		TAMAN	
		REKOM/GAB		REKOM/GAP		REKOM/GAP	
1	Apakah Bangunan yg dibangun sesuai dg kebutuhan/usulan dari Masyarakat/Pemanfaat?		0.22		0.07		0.10
2	Apakah dalam desain perencanaan bangunan melibatkan tenaga teknis yg kompeten di bidang teknis?		0.02	√	-0.11	√	-0.04
3	Apakah Desain Bangunan sesuai dg kondisi existing di lapangan?	√	-0.02	√	-0.13	√	-0.18
4	Bagaimana kualitas bahan/Material yg digunakan dalam Pembangunan tersebut?	√	-0.02		0.03	√	-
5	Apakah satuan harga bahan/upah/ Rencana Anggaran Biaya yg digunakan memenuhi satuan harga yg berlaku/Kewajaran harga?	√	-0.08	√	-0.03		0.06
6	Bagaimana keterlibatan masyarakat lokal dalam kegiatan Pembangunan?		0.34		0.35		0.16
7	Apakah dalam pelaksanaan Pembangunan dilakukan pengawasan oleh institusi terkait yg kompeten di bidang teknik?	√	-0.28	√	-0.11	√	-0.08
8	Apakah dalam Pembangunan mempertimbangkan efisiensi biaya dalam pelaksanaannya?	√	-0.12	√	-0.03		0.06
9	Apakah hasil pekerjaan di Lapangan sesuai dg Volume dan Spesifikasi teknis (Kualitas/standar mutu pekerjaan)		0.22		0.11		0.06
10	Bagaimana fungsi/Kelayakan bangunan setelah dibangun ?		0.02		0.01		0.06
11	Apakah Bangunan mempertimbangkan ketahanan terhadap Bencana Alam dan Perubahan Iklim?	√	-0.02	√	-0.33	√	-0.20
12	Apakah Hasil Bangunan berdampak pada aspek ekonomi, sosial, budaya dan Lingkungan dalam Masyarakat sekitar?	√	-0.02		0.19	√	-

Rekomendasi Peningkatan Kualitas Infrastruktur Wisata Desa , Infrastruktur MCK, Kios Desa dan Taman adalah sebagai berikut :

1. Melibatkan Tenaga Teknis yang kompeten di bidang teknis dalam desain perencanaan bangunan
2. Menyesuaikan Desain Bangunan sesuai dg kondisi existing lapangan
3. Menggunakan kualitas bahan/Material yang standar dalam Pembangunan Infrastruktur
4. Menggunakan satuan harga bahan/upah/ Rencana Anggaran Biaya sesuai dengan satuan harga yg berlaku/kewajaran harga
5. Melakukan pengawasan dengan melibatkan institusi yang kompeten di bidang teknis dalam pelaksanaan Pembangunan
6. Mempertimbangkan efisiensi biaya dalam pelaksanaa Pembangunan
7. Menyesuaikan hasil pekerjaan di Lapangan dg Volume dan Spesifikasi teknis (Kualitas/standar mutu pekerjaan)
8. Mempertimbangkan ketahanan bangunan terhadap Bencana Alam dan Perubahan Iklim
9. Mempertimbangkan ketahanan Bangunan terhadap Bencana Alam dan Perubahan Iklim

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan:

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat dikemukakan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Teridentifikasinya Infrastruktur Ketahanan Pangan untuk meningkatkan daya beli masyarakat miskin dengan menaikkan tingkat produksi pangan /sektor pertanian dan meningkatkan suplai pangan dan daya beli masyarakat yang sudah terbangun di Ds Gedangan adalah Jalan usaha Tani dan Saluran Irigasi. Sedangkan Infrastruktur Desa Wisata yang menunjang bidang sosial, bidang ekonomi serta sebagai mediator antara lingkungan sebagai suatu elemen dasar dengan sistem ekonomi dan sosial masyarakat yang sudah terbangun di Ds Gedangan yaitu MCK, Kios dan Taman

2. Rekomendasi untuk meningkatkan kualitas Infrastruktur ketahanan Pangan (Jalan dan Saluran) dan Infrastruktur Wisata Desa (MCK, Kios, Taman) yang belum maksimal adalah dari aspek desain bangunan kurang sesuai dg kondisi existing lapangan, pengerjaan bangunan menggunakan kualitas bahan/material yang kurang standar, dalam pengawasan kurang melibatkan institusi yang kompeten di bidang teknis,beberapa material menggunakan satuan harga bahan/upah/ yang relative tinggi dari satuan harga yg berlaku/kewajaran harga, Efisiensi biaya pelaksanaan yang belum optimal dan hasil pekerjaan di lapangan dg volume dan spesifikasi teknis yang kurang dari kualitas/standar mutu pekerjaan.

3. Teridentifikasinya Infrastruktur Jalan, Saluran, MCK, Kios dan Taman yang kualitasnya perlu ditingkakan adalah Taman

5.2 Saran

1. Pemerintah Desa Gedangan berkoordinasi dan bekerka sama dengan pihak terkait agar infrastrruktur yang dibangun dapat terlaksana secara optimal mulai perencanaaan/penganggaran, pelaksanaan dan pengawasan sehingga fungsi/kelayakan bangunan dapat dimanfaatkan oleh masyaraka untuk menunjang kemajuan Desa

2. Implementasi konsep Pembangunan Infrastruktur Ketahanan Pangan di Desa Gedangan memerlukan pendekatan berdasarkan skala prioritas secara berjenjang dan sistematik

 ISSN 2987-677X

3. Pengembangan infrastruktur Desa Wisata memerlukan nilai investasi yang besar, maka perlu upaya publikasi dan penyebaran informasi kepada berbagai stakeholders kepariwisataan, sehingga peluang ini dapat dimanfaatkan secara optimal untuk kepentingan penggalakan investasi di bidang kepariwisataan. Dan untuk konsep Desa Wisata agar mencapai hasil maksimal bila ditunjang oleh sumberdaya manusia yang profesional. Oleh karena itu diperlukan pelatihan-pelatihan agar sumberdaya yang tersedia dapat meningkatkan kualitas pelayanannya

DAFTAR PUSTAKA

Bappenas. (2022).

Sekilas SDGs. https://sdgs.bappenas.go.id/sekilas-sdgs/

Perpres No.104 tahun 2021 Pasal 5 ayat 4

tentang Penggunaan Dana Desa Tahun 2022

Permendesa No.7 Tahun 2022

tentang Prioritas Penggunaan Dana Desa untuk progrsm Prioritas Nasional sesuai Keweanangan Desa

Sugiyono (2020). *Buku Metode Penelitian Kuantitati Kualitatif, Alfabeta, Bandung*

Garvin, David (1988) *Mengelola Kualitas: Keunggulan Strategis dan Kompetitif . Free Press, 1988. Temukan di Harvard*.

Yamit, Zulian. (2013*). Manajemen Kualitas Produk & Jasa. Ekosinia. Jakarta.*

Indranata , Iskandar. (2008). *Pendekatan Kualitatif untuk Pengendalian Kualitas.*

Amirin, T. (2011).*Populasi Dan Sampel Penelitian 4: Ukuran Sampel Rumus Slovin*. Jakarta : Erlangga

Philip Crosby (1979) *pakar kualitas dan pendiri Philip Crosby Associations, mengembangkan 14 Langkah untuk Peningkatan Kualitas dan menerbitkannya dalam bukunya tahun 1979 , "Quality is Free." 14*

kompas.id. (2017). *Jaga Ketahanan Pangan Lewat Sektor Pariwisata. https://www.kompas.id/baca/utama/2017/12/17/ jaga-ketahanan-pangan-lewat-sektor-pariwisata*

Hadiwijoyo, S. S. (2012). *Perencanaan Pariwisata Perdesaan Berbasis Masyarakat: Sebuah Pendekatan Konsep. Graha Ilm*

Lamat, R., Johari, S., Kunasekaran, P. (2019)

Factors influencing sustainable community based tourism (CBT) among the indigenous people of Lambir, Sarawak

Khan.M.T.I., Anwar, S.,Batool, Z (2022)

The role of infrastructure, socio-economic development, and food security to mitigate the loss of natural disasters

Donaldson D.A (2022)

Digital from farm to fork: Infrastructures of quality and control in food supply chains

Minaei, N. (2022)

Resilient food infrastructure and location-based categorisation of urban farms (Book Chapter)

Omotoso, A.B., Daud, S.A., Okojie, L., Omotayo, A.O. (2022)

Rural infrastructure and production efficiency of food crop farmers: Implication for rural development in Nigeria

Paudyal, P., Dahal, P., Bhandari P., Dahal, B.K (2023)

Sustainable rural infrastructure: guidelines for roadside slope excavation

ISSN 2987-677X

Analisis Manajemen Resiko Proyek Penataan Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) Bromo Tengger Semeru Ngadisari Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo

Endrik Soedjarwoko[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Pariwisata merupakan sektor yang menjanjikan dan dapat memberikan pembangunan yang luas dan berkelanjutan bagi masyarakat. Pembangunan infrastruktur pariwisata bertujuan untuk menarik minat sehingga meningkatkan kunjungan jumlah turis. Pengelolaan wisata perlu mempertimbangkan daya dukung dalam mendukung turis yang berkunjung. Sehingga pembangunan infrastruktur sebagai pendukung pengelolaan wisata tidak mengganggu ekosistem lingkungan dan sosial masyarakat setempat. Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Ngadisari Kecamatan Sukapura, Kabupaten Probolinggo. Bersifat strategis karena berada di lokasi kawasan Seruni Point dusun Cemorolawang desa Ngadisari yang merupakan desa adat masuk kawasan obyek wisata yang Bromo Tengger Semeru sedang dikembangkan, melibatkan banyak pihak dan instansi terkait, Badan Perencanaan Nasional (Bappenas), Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat,Kementrian Pariwisata dan Ekonomi Kreatif serta Pemerintah Kabupaten Probolinggo mendapatkan porsi anggaran yang besar dari pemerintah daerah, dan secara menyeluruh merubah wajah desa Ngadisari dan sekitarnya. Dari awal, Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura , Kabupaten Probolinggo ini sudah mengalami banyak kendala. Baik dari sisi perencanaan, masalah kepemilikan tanah, adanya hambatan dari para petani yang sekarang berada di sekitar dan hambatan lain dari masyarakat disekitarnya. Di Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura konstruksi pasti terdapat suatu resiko. Resiko merupakan suatu konsekuensi dari kondisi yang tidak pasti, di proyek konstruksi ini ketidakpastiannya sangat besar karena tidak dapat diprediksi secara pasti berapa keuntungan atau kerugian yang akan diperoleh. Karena hal inilah maka perlu adanya manajemen resiko dari awal proyek konstruksi, untuk mengurangi resiko dan dampak dari resiko yang mungkin akan terjadi.

Kata kunci: KSPN Bromo Tengger Semeru

Pendahuluan

Latar Belakang

Dalam setiap proyek konstruksi pasti terdapat suatu resiko. Resiko merupakan suatu konsekuensi dari kondisi yang tidak pasti. Dalam suatu proyek konstruksi ketidakpastiannya sangat besar karena tidak dapat diprediksi secara pasti berapa keuntungan atau kerugian yang akan diperoleh. Karena hal inilah maka perlu adanya manajemen resiko dari awal proyek konstruksi, untuk mengurangi resiko dan dampak dari resiko yang mungkin akan terjadi.

Dalam PMBOK Guide 3rd edition (2004), dipaparkan tahapan manajemen resiko, yaitu Risk Identification, Risk Analysis, Risk Response, Risk Monitoring and Control. Resiko dalam proyek konstruksi sebenarnya dipikul oleh banyak pihak yang terlibat dalam proyek. Pada umumnya resiko hanya diidentifikasi dari pihak owner dan kontraktor saja, padahal banyak pihak lain yang juga terlibat dalam proyek, seperi konsultan pengawas, konsultan perencana, dan masyarakat sekitar proyek.

Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat melalui Dirtjen Penataan Kawasan dan Permukiman dan Pemerintah Kabupaten Probolinggo melalui Program Kawasan Pariwisata Nasioanal (KSPN) pada tahun 2023 ini adalah Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Ngadisari Kecamatan Sukapura, Kabupaten Probolinggo. Bersifat strategis karena berada di lokasi kawasan Seruni Point dusun Cemorolawang yang merupakan desa adat masuk kawasan obyek wisata yang Bromo Tengger Semeru sedang dikembangkan, melibatkan banyak pihak dan instansi terkait, Badan Perencanaan Nasional (Bappenas),Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat,Kementria Pariwisata dan Ekonomi Kreatif serta Pemerintah Kabupaten Probolinggo mendapatkan porsi anggaran yang besar dari pemerintah daerah, dan secara menyeluruh merubah wajah desa Ngadisari.

Dari awal, Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura , Kabupaten Probolinggo ini sudah mengalami banyak kendala. Baik

 ISSN 2987-677X

dari sisi perencanaan, masalah kepemilikan tanah, adanya hambatan dari para petani yang sekarang berada di sekitar dan hambatan lain dari masyarakat disekitarnya.

Dengan demikian perlu dilakukan analisis yang cukup mendalam terhadap berbagai risiko yang akan muncul dalam pelaksanaan Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura. Terutama risiko yang termasuk katagori major risk sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam mengambil mitigasi yang diperlukan atau dalam mengambil keputusan selanjutnya untuk dapat menekan akibat yang ditimbulkan oleh risiko tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

1. Risiko apa saja yang teridentifikasi dan bagaimana penilaian (assessment) risiko dalam Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura ?
2. Risiko-risiko apa saja yang termasuk kategori dominan (major risk) dalam dalam Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengidentifikasi berbagai risiko dalam Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo
2. Untuk mengetahui risiko apa saja yang termasuk kategori dominan (major risk) berdasarkan hasil identifikasi dan penilaian (assessment) pada Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

Dapat memberikan informasi risiko yang telah teridentifikasi dan dapat mengelompokkannya sesuai dengan sumber risiko pada taha Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian dilakukan untuk mengidentifikasi berbagai risiko Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo

Metode

2.1 Pendekatan Penelitian

Ditinjau dari pendekatan metodenya, jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif kualitatif. Metode deskriptif kualitatif bertujuan untuk membuat deskripsi, gambaran atau lukisan secara sistematik, faktual, dan akurat mengenai fenomena atau hubungan antar fenomena yang akan diselidiki (Kristinayanti, 2005).

Penelitian dilakukan dengan metode studi kasus yaitu suatu metode untuk menganalisis data dari suatu objek yang dijadikan kasus. Objek yang menjadi kasus dalam penelitian ini adalah Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo Risiko yang mungkin terjadi akan diidentifikasi dengan metode *brainstorming* atau wawancara dan survey yang bertujuan untuk mendapatkan informasi dari expertis, dari pihak yang terkait langsung dengan proyek dan selanjutnya akan dituangkan dalam bentuk kuisioner untuk diberikan kepada responden.

2.2. Lokasi Penelitian

Lokasi atau tempat penelitian ini dilakukan pada Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo yang terletak di Desa Ngadisari, Kecamatan Sukapura , Kabupaten Probolinggo , Provinsi Jawa Timur

2.3. Tahapan Penelitian

2.3.1 Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder dalam penelitian Manajemen Risiko Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo bertujuan untuk mendapatkan informasi awal dalam upaya mengidentifikasi risiko dalam menyusun kuisioner penelitian. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini berupa data existing dan data perencanaan Proyek Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo.

2.3.2 Identifikasi Risiko

Tahap identifikasi risiko Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo dilakukan sesuai pandangan Godfrey (1996) yakni dimulai dengan mencari informasi dengan jelas terhadap sumber *(source)* risiko tersebut, kejadian atau peristiwa *(event)* dan akibat *(effect)* dari risiko tersebut. Secara garis besar pada tahap identifikasi risiko akan merinci dengan detail risiko-risiko yang mungkin terjadi dan dilanjutkan dengan menentukan potensi dan penyebabnya, melalui pelaksanaan survey serta penyelidikan terhadap masalah-masalah yang ada. Langkah yang digunakan untuk mengidentifikasi risiko antara lain dengan mengkaji data dari catatan, laporan historis yang tersusun dalam arsip baik yang dipublikasikan atau tidak dipublikasikan, menyusun daftar *(check list)* risiko, melakukan wawancara dengan para personel pengelola *(expert)* yang terlibat, serta melakukan *brainstorming.*

2.3.3 Penyusunan Kuisioner

Kuisioner disusun dengan membuat lembaran berisi pertanyaan- pertanyaan meyangkut risiko Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di

 ISSN 2987-677X

Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo Kuisioner ini disusun dari hasil identifikasi risiko pada pengkajian data sekunder seperti disampaikan di atas.

A. Komposisi Kuisioner

Secara garis besar, kuisioner yang diberikan kepada responden terdiri dari tiga bagian yaitu:

1. Bagian satu: berisi tentang identitas responden yang terdiri dari nama, jabatan, dan instansi tempat bekerja.
2. Bagian dua: terdiri dari penjelasan dan tata cara menjawab pertanyaan serta penjelasan kolom-kolom pertanyaan yang akan diisi responden.
3. Bagian tiga: mengenai isi kuisioner yaitu identifikasi risiko yang akan terjadi pada Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo disertai dengan opini/persepsi responden menyangkut skala *likelihood/probability* (peluang) dan *consequences* (akibat/konsekuensi) risiko dari risiko yang teridentifikasi.

Bentuk kuisioner adalah semi tertutup yaitu sebagian berupa pertanyaan tertutup dengan menjawab berdasarkan pilihan yang tersedia menyangkut skala penilaian, dan sebagian lagi berupa pertanyaan terbuka dengan memberikan kesempatan bagi responden untuk menambah risiko-risiko yang mungkin muncul pada Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo, apabila responden menganggap ada faktor-faktor yang belum teridentifikasi. Identifikasi risiko dalam kolom 1 didapatkan dari identifikasi risiko pada pengkajian data sekunder, kemudian dikembangkan dengan pengamatan dilapangan dan dengan melakukan brainstorming dan wawancara.

B. Skala Penilaian pada Kuisioner

Jawaban dari responden berdasarkan pilihan yang disediakan, menyangkut skala *likelihood/ probability* (peluang) dan *consequences* (akibat/ konsekuensi) risiko dari risiko yang teridentifikasi. Penilaian yang diberikan oleh responden mengenai munculnya peluang/ *probability* terhadap risiko didefinisikan seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 3.1 Skala Kemungkinan (*Likelihood*)

Tingkat Frekuensi	Skala
Sangat Sering.	5
Sering	4
Kadang-kadang	3
Jarang	2
Sangat Jarang	1

(Sumber: Godfrey,1996)

Sedangkan pengukuran besarnya konsekuensi (consequences) terhadap risiko Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura didefinisikan seperti pada Tabela2.2.

Tabel 2.2 Skala Konsekuensi (*Consequences*)

Tingkat Konsekuensi	Skala
Sangat Besar	5
Besar	4
Sedang	3
Kecil	2
Sangat Kecil	1

(Sumber: Godfrey,1996)

2.3.4 Responden Penelitian

Teknik pengumpulan data dalam penelitian Manajemen Risiko pada Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo mengunakan metode porpusive sampling, yaitu peneliti yang didasari atas kemampuan dan pengetahuan serta pertimbangan tertentu dapat menentukan pilihannya dalam memilih responden yang diyakininya mampu memberikan jawaban pada kuisioner sesuai topik penelitian (Sugiyono,2007). Metode ini digunakan karena tidak semua unsur/anggota institusi atau komponen masyarakat memahami dan terlibat dalam pengambilan keputusan terkait dengan Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo

Pada penelitian ini agar para ahli/expertis dapat dianggap mewakili representatif dari populasi, maka reponden penelitian sekurang-kurangnya berasal dari unsur/dinas pemerintah daerah kabupaten yang terkait dengan Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo, penyedia jasa (kontraktor pelaksana, konsultan perencana dan konsultan pengawas) serta unsur dari masyarakat tempat lokasi Proyek. Berdasarkan pendapat tersebut, maka sampel dalam penelitian ini berjumlah 10 (sepuluh) responden terdiri dari para expertis dan pihak yang terlibat langsung dengan proyek seperti diuraikan di bawah :

1. PPK (Pejabat Pembuat Komitmen) Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo (Kasatker Balai Prasarana Permukiman Wilayah (BPPW) Jawa Timur Kementrian PUPR)
2. Kepala Bidang Infrastruktur dan Kewilayahan pada Badan Perencanaan Penelitian dan Pengembangan Daerah (Bapelitbangda) Kabupaten Probolinggo
3. Kepala Bidang Bina Marga pada dinas Pekerjaan Umum Penataan Ruang Kabupaten Probolinggo
4. Kepala Bidang Tata Bangunan dan Bidang AMPL pada Dinas Cipata Karya dan Pertanahn Kabupaten Probolinggo

 ISSN 2987-677X

5. Kepala Bidang Sarpras dan Bidang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan pada Dinas Perhubungan Kabupaten Probolinggo

6. Kepala Bidang Pengelolaan Persampahan pada Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Probolinggo

7. Konsultan Perencana Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo (arsitek, perencana proyek)

8. Konsultan Menejeman Proyek (MK) Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo(arsitek, pengawas proyek)

9. Kontraktor Pelaksana Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo (pelaksana proyek)

10. Tokoh Masyarakat/Adat (anggota DPRD Ka bProbolinggo)

2.3.5 Pengumpulan Data Kuisioner

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dengan cara melakukan survey dengan pengisian kuisioner dan wawancara langsung dengan para responden yang dianggap memiliki kompetensi terhadap Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo Sedangkan data sekunder didapatkan dengan mengumpulkan data sesuai dengan daftar check list menurut kebutuhan data pendukung untuk melengkapi data kuisioner.

Waktu untuk melaksanakan pengumpulan data primer menggunakan metode kuisioner/ interview dalam penelitian Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo ini dalam waktu singkat yaitu dimulai dari bulan April 2023 sampai dengan … Mei 2023. Pengumpulan data primer dalam kuisioner/interview dalam penelitian ini dilakukan sebagai berikut :

1. Sebelum dilakukan interview, terlebih dahulu responden diberikan pertanyaan pertanyaan tertulis dengan model pertanyaan yang telah disiapkan.

2. Bersamaan dengan pertanyaan yang diserahkan kepada responden dijelaskan secara umum tentang maksud dan cara menjawab dari masing-masing pertanyaan yang harus dijawab.

3. Interview dilaksanakan sesuai dengan waktu dan tempat yang disepakati oleh responden dengan mempertimbangkan :

a. Waktu dari responden untuk mempelajari dan memahami pertanyaan yang harus dijawab.

b. Waktu luang untuk dilaksanakannya interview

c. Beban psikologis responden saat menjawab pertanyaan.

4. Akibat pertimbangan pada dictum 3.c, para responden diharapkan menjawab pertanyaan pada saat tidak terjadi beban psikologis, sehingga pada saat tersebut interview hanya dilaksanakan terhadap hal-hal atau pertanyaan yang meragukan/ membingungkan responden.

5. Pada saat melaksanakan interview, terlebih dahulu responden ditanyakan apakah ada pertanyaan yang masih membingungkan bagi responden, mengenai pertanyaan yang akan diajukan dalam kuisioner. Bila ada pertanyaan yang masih meragukan bagi responden maka pada saat ini dilakukan penjelasan ulang terhadap pertanyaan yang membingungkan responden, sampai responden betul-betul mengerti tentang pertanyaan yang akan dijawab.

6. Setelah responden memahami tentang pertanyaan yang akan dijawab maka interview dapat dilaksanakan. 2.4 Metode dan Teknik Analisis Data

Data yang dikumpulkan dari kuesioner perlu diolah terlebih dahulu (editing, pengkodean data, dan tabulasi data), sehingga diperoleh ringkasan data opini responden yang siap untuk dianalisis. Pada tahap ini juga dilakukan proses penentuan skala penilaian dan penaksiran parameter yang dimaksudkan untuk mengetahui nilai kemungkinan dan besarnya kerugian yang terjadi, dilanjutkan dengan melakukan analisis tingkat penerimaan risiko.

Pembahasan

Data Umum Proyek

Nama Proyek : Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo

Lokasi Proyek : Desa Ngadisari Kecamatan Sekapura

Nilai Proyek : Rp. 50.956.760.000,-

Waktu Proyek : 15 September 2022 – 16 September 2024

SKPD Penanggung Jawab : Balai Prasarana Permukiman Wilayah (BPPW) Jawa Timur

Pelaksana : PT. Sasmito

Kontrak Pelaksana : 300/SPK/Cb16.5.1/2022

Konsultan MK : PT. Yodya Kso Indah Karya

Kontrak MK : 361/SPK/Cb16.5.1/2022

Konsultan Perencana : PT. Stupa

3.1.2 Terminal Wisata Seruni Point

 ISSN 2987-677X

Terminal Wisata Seruni Poin ini akan dikembangkan dengan konsep Tiga Bentar, yaitu Tiga Kidung Suci Baku Masyarakat Suku Tengger. Nantinya Tiga Bentar ini akan disimbolkan dengan adanya tiga pilar pada gerbang masuk Terminal Wisata. Adapun beberapa strategi SO/ agresif berkaitan dengan Terminal Wisata Seruni Poin adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan branding wisata melalui pengembangan ruang terbuka publik dengan memperhatikan desain budaya dan kearifan lokal;

2. Pengembangan atraksi wisata di sekitar Bromo Tengger Semeru;

3. Peningkatan branding wisata melalui pengembangan hub utama menuju kawasan Bromo Tengger Semeru melalui pembangunan Terminal Wisata; dan

4. Diversifikasi produk UMKM dengan peningkatan nilai tambah.

Konsep desain pada Terminal Wisata Seruni Poin ini terdiri atas:

1. Penyebaran area parkir;
2. Jalur sirkulasi kendaraan yang mengikuti kontur sehingga meminimalisir cut and fill;
3. Zona pertunjukan sebagai area fleksibel;
4. Menggunakan ekspresi yang lebih natural; serta
5. Mempertahankan vegetasi tepi sungai.



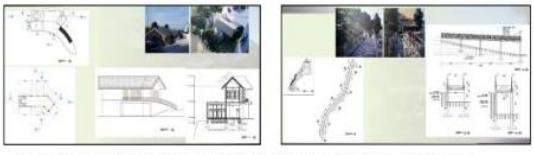
Gambar 3.2.1 : *Siteplan* Terminal Parkir Wisata Seruni Poin



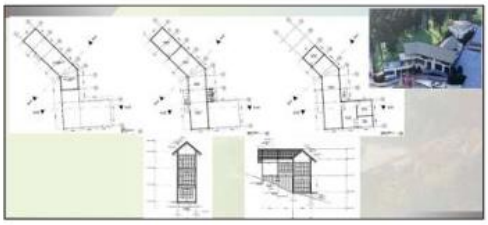
Gambar 3.2.2 : Sirkulasi di Area Terminal Wisata Seruni Poin , Penataan-Situasi Kawasan



Gambar 3.2.3 : Rencana Penataan Gerbang Masuk: Bentar BTS



Gambar 3.2.4: Rencana Penataan TIC , Ruang Pengelola , Broadwalk



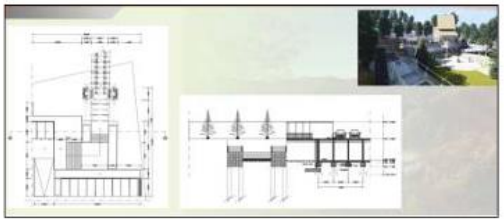
Gambar 3.2.5 : Perencanaan Bangunan Multifungsi Depan



Gambar 3.2.6. : Rencana Penataan Jalur Kuda, Parkir Mobil *Broadwalk*



Gambar 3.2.7 : Perencanaan Bangunan Multifungsi Tengah



Gambar 3.2.8 : Rencana Penataan *Entrance* Jembatan Kaca

RENCANA ANGGRAN BIAYA (RAB)

PEKERJAAN : PENGEMBANGAN KAWASAN KSPN BROMO-TENGGER-SEMERU
LOKASI : SERUNI POINT, SUKAPURA KABUPATEN PROBOLINGGO
TAHUN : 2022

NO.	MACAM PEKERJAAN	JUMLAH (RP)
I.	PEKERJAAN PERSIAPAN	320,326,312.50
II.	PEKERJAAN TERMINAL WISATA SERUNI POINT	
1.	PEKERJAAN STRUKTUR	
1	GERBANG MASUK (BENTAR)	1,040,116,000.75
2	BANGUNAN MULTI FUNGSI BAWAH	4,402,070,432.84
3	BANGUNAN MULTI FUNGSI TENGAH	4,402,070,432.84
4	RUANG TERBUKA	100,354,407.64
5	LANDSCAPE	3,837,549,299.74
6	RAMP 2 (RAMP A & RAMP B)	1,437,530,834.22
7	BANGUNAN MULTI FUNGSI ATAS	1,925,286,839.84
8	PUSAT INFORMASI WISATA (TIC) DAN KANTOR PENGELOLA	932,607,079.06
9	MULTI FUNGSI DEPAN (MAKAN-MINUM, TOILET, CENDERA MATA DAN KLINIK)	993,737,321.47
10	DPT AREA PARKIR MOTOR, JALUR KUDA DAN RAMP MOTOR	340,562,466.52
11	DPT AREA PARKIR MOBIL, ENTRANCE JEMBATAN KACA DAN RAMP MOBIL	1,362,249,866.10
12	CUT AND FILL	309,966,711.00
2.	PEKERJAAN ARSITEKTUR	
1	GERBANG MASUK : BENTAR BTS	160,022,866.58
2	BANGUNAN MULTI FUNGSI BAWAH	1,034,535,266.75
3	BANGUNAN MULTI FUNGSI TENGAH	774,113,342.25
4	BANGUNAN MULTI FUNGSI ATAS	743,132,733.39
5	PUSAT INFORMASI WISATA (TIC) DAN KANTOR PENGELOLA	629,835,943.38
6	MULTI FUNGSI DEPAN (MAKAN-MINUM, TOILET, CENDERA MATA DAN KLINIK)	863,294,018.23
7	PERKERASAN AREA PARKIR MOTOR, JALUR KUDA DAN RAILLING	220,888,013.33
8	PERKERASAN AREA PARKIR MOBIL DAN ENTRANCE JEMBATAN KACA & RAILLING	2,675,573,192.64
9	AMPHITHEATER	238,119,037.27
10	BANGUNAN BOARD WALK	63,592,122.39
3.	PEKERJAAN INFRASTRUKTUR	
1	DRAINASE	318,316,117.79
2	KANSTEEN	113,769,140.63
4.	PEKERJAAN ELEKTRIKAL	
1	PEKERJAAN DISTRIBUSI LISTRIK	1,234,663,430.00
2	PEKERJAAN INSTALASI GENSET	134,550,000.00
3	PEKERJAAN PANEL DISTRIBUSI TEGANGAN RENDAH	173,350,120.68
4	PEKERJAAN INSTALASI PENERANGAN DAN STOP KONTAK	366,238,733.98
5	PEKERJAAN KABEL FEEDER	193,384,853.30
6	PEKERJAAN INSTALASI TATA UDARA	12,051,105.17
7	PEKERJAAN INSTALASI PENYALUR PETIR	103,136,916.25
5.	PEKERJAAN PENYEDIAAN AIR BERSIH	
1	PEMBUATAN SARANA PENYEDIAAN AIR	361,043,656.95
2	PEMBUATAN SISTEM PENAMPUNGAN AIR	1,108,228,743.68
6.	PEKERJAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH	410,090,626.27
7.	PEKERJAAN PERSAMPAHAN	209,587,500.00
8.	PEKERJAAN VEGETASI	37,060,019.36
III.	BIAYA KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3)	201,325,000.00
	JUMLAH	33,784,330,524.80
	PPN 10%	3,378,433,052.48
	JUMLAH TOTAL	37,162,763,577.28
	DIBULATKAN	**37,162,700,000.00**

Gambar 3.2.11. Rencana Anggaran Biaya Seruni Point

 ISSN 2987-677X

3.1.3. Pembangunan Infrastruktur Permukiman Dusun Cemorolawang

Dusun Cemorolawang merupakan suatu kawasan permukiman yang menjadi pintu masuk utama ke Gunung Bromo, dimana dari dusun Cemorolawang tersebut ”view” Gunung Bromo dengan Lautan Pasirnya nampak memberikan panorama yang sangat indah. Di sisi lain terdapat permasalahan terkait kondisi infrastruktur permukimannya, sehingga perlu segera (urgent) dilakukan penataan.



Gambar 3.3.1. Kondisi Existing Cemorolawang



Gambar 3.3.2. Renc. Kegiatan di Cemorolawang



Gambar 3.3.3. Jalan Lingkungan



Gambar 3.3.4. Pembangunan Dinding Penahan Tanah



Gambar 3.3.5. Toilet Moduler

RENCANA ANGGRAN BIAYA (RAB)				
PEKERJAAN	: PENGEMBANGAN KAWASAN KSPN BROMO-TENGGER-SEMERU			
LOKASI	: CEMOROLAWANG, KABUPATEN PROBOLINGGO			
TAHUN	: 2022			
NO.	**MACAM PEKERJAAN**			**JUMLAH (RP)**
I.	PEKERJAAN PERSIAPAN			220,376,093.75
II.	PEKERJAAN INFRASTRUKTUR PERMUKIMAN CEMOROLAWANG			
	1.	PEKERJAAN JALAN LINGKUNGAN		
		A	JALAN LINGKUNGAN TYPE 01 (P : 575,60m, L : 2,10m)	2,506,645,758.11
		B	JALAN LINGKUNGAN TYPE 1B (P : 664m, L : 2,10m)	2,885,382,542.55
		C	JALAN LINGKUNGAN TYPE 02 (P : 588,18m, L : 1,95m)	2,231,242,296.37
		D	JALAN LINGKUNGAN TYPE 03 (P : 213,70m, L : 1,50m)	585,942,318.91
		E	JALAN LINGKUNGAN TYPE 04 (P : 51,40m, L : 0,80m)	186,129,648.86
		F	JALAN LINGKUNGAN TYPE 05 (P : 92,90m, L : 0,80m)	243,663,751.12
		G	PENGADAAN BAK SAMPAH	225,112,500.00
	2.	PEKERJAAN TOILET MODULAR		740,575,109.38
	3.	PEKERJAAN PEMBUATAN PUSAT EDUKASI KEBERSIHAN LINGKUNGAN		1,818,303,098.92
	4.	PEKERJAAN TITIK KUMPUL PADA PERSIMPANGAN JALAN CEMOROLAWANG		
		A	LANDSCAPE	894,511,937.19
		B	DINDING BATA	270,194,088.91
		C	DRAINASE KAWASAN	378,159,547.94
		D	DINDING PENAHAN TANAH (DPT) BETON BERTULANG	2,758,884,912.58
		E	TOILET TITIK KUMPUL	628,298,059.50
		F	ELEKTRIKAL AREA TITIK KUMPUL	202,815,080.81
		G	PEKERJAAN SENI (Artworks)	3,420,000,000.00
III.	BIAYA KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3)			201,325,000.00
			JUMLAH	20,397,561,744.89
			PPN 10%	2,039,756,174.49
			JUMLAH TOTAL	22,437,317,919.38
			DIBULATKAN	**22,437,300,000.00**

Gambar 3.3.8. Rencana Anggaran Biaya Cemorolawang

3.2 Identifikasi Risiko Proyek Penataan Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo

Risiko yang teridentifikasi dalam penelitian Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo berjumlah ….. (…….) risiko, selanjutnya dilakukan pengelompokan atau melakukan klasifikasi risiko menurut sumber risiko. Pengelompokan risiko disesuaikan dengan pendapat Godfrey (1996), dimana risiko dapat bersumber dari politis (political), lingkungan (environmental), perencanaan (planning), pemasaran (market), ekonomi (economic), keuangan (financial), proyek (project), teknik (tecnical), manusia (human), kriminal (criminal), dan keselamatan (safety). Hasil pengelompokan identifikasi risiko berdasarkan sumber risiko diuraikan seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Identifikasi Risiko Berdasarkan Sumber Risiko

Sumber Risiko	No Risiko	Identifikasi Risiko
Politik/ *Political*	1	Adanya hambatan dari sekelompok orang yang menentang kebijakan kepala desa lama akibat pembangunan Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura sehingga masyarakat pesimis pembangunan akan berhasil.
	2	Kurangnya koordinasi dan kerjasama antara instansi terkait sehingga pekerjaan menjadi tumpang tindih
	3	Hambatan dengan adanya kepentingan politik menjelang Pileg 2024 sehingga ada kesan berlomba-lomba mengajukan proyek strategis untuk mencari simpati dan dukungan masyarakat.
Lingkungan/ *Environment*	4	Longsoran tanah akibat tebing curam disekitar lokasi Seruni Point
	5	Adanya gangguan akibat penempatan material yang mengganggu lingkungan masyarakat

 ISSN 2987-677X

Tabel 4.1 Identifikasi Risiko Berdasarkan Sumber Risiko

Sumber Risiko	No Risiko	Identifikasi Risiko
Politik/ *Political*	1	Adanya hambatan dari sekelompok orang yang menentang kebijakan kepala desa lama akibat pembangunan Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura sehingga masyarakat pesimis pembangunan akan berhasil.
	2	Kurangnya koordinasi dan kerjasama antara instansi terkait sehingga pekerjaan menjadi tumpang tindih
	3	Hambatan dengan adanya kepentingan politik menjelang Pileg 2024 sehingga ada kesan berlomba-lomba mengajukan proyek strategis untuk mencari simpati dan dukungan masyarakat.
Lingkungan/ *Environment*	4	Longsoran tanah akibat tebing curam disekitar lokasi Seruni Point
	5	Adanya gangguan akibat penempatan material yang mengganggu lingkungan masyarakat
Perencanaan/ *Planning*	6	Data perencanaan yang kurang akurat
	7	Adanya perubahan desain yang berulang-ulang
	8	Kendala melakukan konsultasi desain dengan berbagai pihak sehingga menghambat waktu penyelesaian perencanaan
Pemasaran/ *Market*	9	Kurangnya sosialisasi tentang kegiatan pembangunan proyek
Ekonomi/ *Economic*	10	Terjadinya kenaikan harga BBM dalam kurun pelaksanaan
Keuangan/ *Financial*	11	Terbatasnya alokasi dana APBN untuk biaya pembangunan
	12	Birokrasi dalam pengamprahan termin pembayaran
	13	Kenaikan harga bahan dan peralatan yang digunakan
Alami/ *Natural*	14	Terjadinya longsoran tanah akibat tebing curam disekitar lokasi Seruni Point
Proyek/ *Project*	15	Pelaksanaan terkesan tumpang tindih karena dikerjakan oleh Kementrian dan Pemerintah Daerah
	16	Kurangnya pengalaman dari tenaga pengawas di lapangan
	17	Jadwal pelaksanaan mundur akibat banyaknya kendala baik dari teknis maupun non teknis
	18	Kurangnya kontrol terhadap kualitas material yang digunakan
	19	Kurangnya koordinasi antara owner, pelaksana dan pengawas proyek
	20	Terjadinya perubahan Schedule pelaksanaan oleh kontraktor
	21	Terjadinya perubahan desain dalam kurun waktu pelaksanaan di lapangan
	22	Belum terwujudnya seluruh bangunan pelengkap penunjang sesuai rencana
	23	Adanya ketidakpastian mengenai letak dan bentuk desain pekerjaan utama
Teknik/ *Technical*	24	Kendala penempatan tenaga yang memiliki keterampilan dalam pembangunan
	25	Pemilihan tenaga kerja yang tidak sesuai dengan kebutuhan sehingga tidak dapat bekerja secara maksimal
	26	Kendala pengawasan penggunaan material
	27	Kendala pekerjaan bongkar pasang akibat ketidakcocokan masyarakat
	28	Waktu pengerjaan proyek terkesan lambat
	29	Bahan konstruksi yang dipesan tidak sesuai dengan kebutuhan
	30	Sulitnya mendapatkan material untuk pembangunan
	31	Gudang penyimpanan barang yang kurang memadai
Manusia/ *Human*	32	Kurangnya kesadaran masyarakat terhadap keberadaan proyek
	33	Kurangnya komunikasi dari instansi terkait dengan masyarakat
	34	Kurangnya pemahaman masyarakat tentang manfaat proyek yang sedang dikerjakan
Kriminal/ *Criminal*	35	Terjadi kehilangan material dan peralatan di lokasi proyek
	36	Adanya perusakan hasil pekerjaan oleh sekelompok orang yang tidak dikenal
Keselamatan/ *Safety*	37	Terjadinya kecelakaan kerja di lokasi proyek
	38	Terjadinya kecelakaan masyarakat akibat proyek

3.3. Jawaban Responden Terhadap Frekuensi dan Konsekuensi Risiko

Bentuk kuisioner adalah semi tertutup yaitu sebagian berupa pertanyaan tertutup dengan menjawab berdasarkan pilihan yang tersedia. Jawaban yang diharapkan dari responden menyangkut skala frekuensi (likehood) dan konsekuensi (consequences) risiko dari risiko yang teridentifikasi, dan sebagian lagi berupa pertanyaan terbuka dengan memberikan kesempatan untuk menambahkan identifikasi risiko yang belum teridentifikasi atau belum tercantum dalam lembar pertanyaan kuisioner.

Hasil jawaban dari 10 responden terhadap pertanyaan mengenai frekuensi risiko Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo disajikan pada Lampiran 1. Jawaban responden adalah mengenai frekuensi kejadian dari masing-masing risiko yang teridentifikasi, yaitu skala 1 (sangat jarang), skala 2 (jarang), skala 3 (kadang-kadang), skala 4 (sering), skala 5 (sangat sering).

Hasil jawaban responden terhadap pertanyaan mengenai konsekuensi dari risiko yang teridentifikasi dalam Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura Kabupaten Probolinggo disajikan pada Lampiran 2. Jawaban responden adalah mengenai dampak/konsekuensi terjadinya risiko dari masing-masing risiko yang teridentifikasi, yaitu skala 1 (sangat kecil), skala 2 (kecil), skala 3 (sedang), skala 4 (besar), skala 5 (sangat besar).

3.4. Distribusi Frekuensi dan Modus Jawaban Responden Terhadap Frekuensi (Likelihood) Risiko

Sesuai dengan metode penelitian pada Bab III, bahwa nilai modus dari setiap item pertanyaan dapat mewakili representasi pendapat responden terhadap frekuensi terjadinya risiko maupun konsekuensi risiko. Distribusi frekuensi dan modus jawaban responden terhadap frekuensi terjadinya risiko yang teridentifikasi dalam Proyek Penataan dalam Proyek Penataan Kawasan Bromo Tengger Semeru di Kecamatan Sukapura disajikan pada Tabel 3.2.

Referensi

Asiyanto. 2009. Manajemen Risiko Untuk Kontraktor. Jakarta : Pradnya Paramita.

Darmawi, H. 2006. Manajemen Risiko. Cetakan kesepuluh. Jakarta : Bumi Aksara.

Flanagan, R. dan Norman, G. 1993. Risk Management and Construction. Cambridge : University Press.

Godfrey, P.S., Sir William Halcrow and Partners Ltd. 1996. Control of Risk A Guide to Systematic Management Of Risk from Construction. Wesminster London : Construction Industry Research and Information Association (CIRIA).

Kezner, H. 1995. Project Management A System Approach to Planning Scheduling

and Controlling. Fifth edition. New York : Van Nostrand Reinhold.

ISSN 2987-677X

Siregar, S. 2010. Statistika Deskriptif Untuk Penelitian. Jakarta : Raja Grafindo Persada.

Sugiyono. 2010. Statistika Untuk Penelitian. Cetakan ke 16. Jakarta : CV. Alfabeta.

Thompson, P.A. dan Perry, J.G. 1991. Engineering Construction Risk. London : Thomas Telford Ltd.

ISSN 2987-677X

Analisa Kelayakan Investasi

Afief Riyadi[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Rencana pembangunan Fly Over Terminal Multipurpose Teluk Lamong (FO TMTL) dimaksudkan untuk peningkatan layanan pengguna sehingga mampu meningkatkan kemudahan untuk mencapai terminal TMTL. Biaya investasi dalam pembangunan FO TMTL terdiri dari biaya pembangunan jalan akses dan FO TMTLnya sendiri dengan total panjang 2,4 km. Sedangkan, pengembalian investasi yang diperhitungkan adalah peningkatan market share dengan melakukan ugrading aksesibility dan manfaat yang diperoleh dari penghematan biaya operasi kendaraan (BOK). Proses membandingkan biaya investasi proyek dengan manfaat potensial dari proyek dikenal sebagai analisis manfaat biaya (*benefit cost analysis*). Dalam analisis biaya manfaat, rasio benefit cost (B/C ratio) merupakan indikator yang dapat digunakan untuk analisis kelayakan investasi. Pengambil keputusan publik harus dapat menjelaskan apakah penggunaan sumber daya produktif dalam bentuk proyek memberi manfaat terbaik bagi masyarakat, yang diukur dari penghematan BOK. Berdasarkan hasil perhitungan 12 alternatif didapatkan 2 kelompok hasil: alternatif 1 sampai dengan 6 yang menggunakan manfaat BOK skenario 1 menghasilkan hasil yang hampir sama dengan perbedaan NPV pada masing-masing alternatif dan persamaan periode pengembalian investasi (Tahun 2023) dan nilai B/C ratio rata-rata 2,17. Sedangkan untuk alternatif 7 sampai dengan 12 yang menggunakan manfaat BOK skenario 2 menghasilkan hasil yang hampir sama pula dengan perbedaan NPV pada masing- masing alternatif dan persamaan periode pengembalian investasi (Tahun 2022) dan nilai B/C ratio rata-rata 2,54.

Kata kunci: analisis biaya manfaat, analisis kelayakan proyek, NPV

Latar Belakang

Rencana pembangunan Flu Over Terminal Multipurpose Teluk Lamong (FO TMTL) dimaksudkan untuk peningkatan layanan pengguna sehingga mampu meningkatkankemudahan untuk mencapai terminal TMTL. Tujuan yang lain adalah untuk meningkatkan daya saing bagi perusahaan sebagai first class company, dengan menyediakan akses dan layanan yang terbaik bagi pengguna jasa pelabuhan sehingga pada akhirnya akan meningkatkan market share bagi perusahaan. Selain itu dengan pembagunanan FO TMTL ini diharapkan mampu mengurangi kerugian akibat biaya operasi kendaraan baik bagi pengguna jasa pelabuhan maupun masyarakat umum. Seperti dari hasil kajian transportasi menunjukkan beberapa permasalah dengan jalan eksisting dengan adanya penyempitan di beberapa ruas jalan maupun kapasitas jalan nasional yang sudah tidak memenuhi lagi dengan adanya perkembangan jalan.

Sehingga dalam perhitungan analisis kelayakan, pengembalian investasi yang diperhitungakan adalah peningkatan market share yang meningkat dengan melakukan ugrading aksesibility dan manfaat yang diperoleh dari penghematan biaya operasi kendaraan atau BOK. Sedangkan biaya investasi yang akan diperhitungkan adalah biaya investasi pembangunan jalan akses dan FO TMTL dengan total panjang 2,4 km.

Pengembalian Investasi FO TMTL Tingkat Pengembalian (*Rate Of Return*)

Apabila sejumlah dana diinvestasikan, suatu tingkat bunga harus ditetapkan untuk

pengembalian uang tersebut sehingga total pinjaman / investasi ditambah bunganya dapat penuh dikembalikan di akhir pembayaran / penerimaan.

Adapun variabel investasi pada analisa kelayakan FO TMTL adalah sebagai berikut :

 ISSN 2987-677X

1. Biaya konstruksi : penganggaran pada Tahun 2014 diasumsikan mulai beroperasi Tahun 2016.

2. Biaya pemeliharaan : dihitung annual atau seragam setiap tahunnya dengan gradien kenaikan menyesuaikan asumsi inflasi sebesar 5% per tahun, FO TMTL diasumsikan dengan masa pakai 50 tahun.

3. Manfaat (Penghematan) BOK : ada 2 skenario, diambil dengan manfaat paling kecil nilainya yaitu Skenario 1.

4. Market Share : ada 6 skenario, diambil dengan manfaat paling kecil nilainya yaitu Skenario 1. Perhitungan market share diambil dengan nilai 1 % dari total pendapatan terminal untuk masing-masing skenario. Hasil perhitungan market share dapat dilihat pada tabel berikut :

Tahun	PDRB PESIMIS		PDRB MODERAT		PDRB OPTIMIS	
	Tanpa APBS	Dengan APBS	Tanpa APBS	Dengan APBS	Tanpa APBS	Dengan APBS
0	5.251.863.020	4.626.808.470	4.231.179.710	5.611.894.940	4.281.390.060	5.681.121.980
1	6.465.038.708	5.860.051.908	6.343.015.920	7.734.883.343	6.493.656.306	7.903.388.167
2	6.825.818.985	8.432.198.774	9.953.023.698	11.812.427.814	10.294.278.410	11.955.788.086
3	6.599.545.954	8.218.913.893	10.075.711.825	11.778.799.843	11.701.938.200	12.284.650.651
4	7.207.522.982	8.901.181.882	10.827.427.251	12.387.807.185	11.220.256.528	12.803.087.723
5	8.727.634.819	10.662.541.731	12.288.207.833	14.014.162.897	12.871.277.724	14.617.979.146
6	9.315.879.301	11.193.258.984	12.999.933.700	14.134.301.997	13.098.485.422	14.881.808.981
7	9.324.016.338	10.888.422.881	12.378.035.678	14.167.419.890	13.298.913.270	15.030.770.594
8	10.340.869.102	12.193.824.894	13.873.723.825	15.839.891.005	13.084.043.828	16.341.370.174
9	10.190.866.257	12.056.478.773	13.808.799.240	15.803.796.600	13.374.872.162	16.294.255.641
10	10.220.532.896	12.071.739.511	13.998.253.918	13.394.722.308	15.651.314.998	15.839.837.971
11	11.666.871.254	13.748.641.285	15.666.806.175	16.826.857.877	17.002.736.843	17.459.002.193
12	11.899.375.321	13.913.620.729	16.308.048.784	18.341.826.349	17.543.461.826	17.121.851.001
13	12.032.508.994	14.118.519.580	16.297.776.940	15.999.739.430	17.147.497.101	16.835.807.350
14	12.634.909.153	13.823.903.434	17.851.160.610	17.373.617.870	18.889.653.785	18.335.538.409
15	13.128.915.705	15.497.865.473	17.361.873.825	17.014.380.228	18.452.204.260	17.992.119.189
16	14.163.692.447	13.877.295.928	16.894.079.278	16.433.882.731	17.954.595.113	16.557.855.969
17	16.398.750.096	16.383.720.673	18.386.520.609	17.577.124.931	19.147.891.300	17.971.686.778
18	16.165.517.254	15.947.686.648	17.907.741.842	16.730.025.342	18.148.664.472	16.723.396.133
19	15.676.032.538	15.538.203.417	17.299.281.490	15.999.751.393	17.240.299.921	15.915.979.477
20	17.082.969.700	16.858.311.345	18.243.999.043	16.933.485.390	18.303.471.678	16.881.594.839
(NPV)	230.191.960.760	238.186.860.446	292.634.394.052	305.608.518.933	310.085.903.403	314.743.212.143

Tingkat Pengembalian adalah tingkat bunga untuk pengembalian pinjaman / investasi dimana tingkat bunga tersebut mengakibatkan aliran dana tahunan / nilai sekarang dari penerimaan sama dengan aliran dana tahunan/nilai sekarang pengeluaran. Tingkat bunga yang ditentukan adalah sebesar i = 5,3% dengan masa perencanaan investasi selama 20 tahun mulai Tahun 2014 sampai dengan 2034, dengan variabel investasi yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel Arus Kas Investasi FO TMTL dengan Manfaat BOK (Ske 1) dan Market Share Pesimis tanpa APBS

Tahun	Biaya Konstruksi	Biaya Pemeliharaan	Manfaat BOK (Ske 1)	Market Share Pesimis tanpa APBS	NPV	NPV Kumulatif
2013	(981.081.168.686)				(981.081.168.686)	(985.088.538.889)
2014					-	(985.088.538.889)
2015					(56.479.723.136)	(1.041.568.281.025)
2016		(56.479.723.136)			(53.581.709.592)	(1.095.150.000.617)
2017		(58.581.709.592)	180.148.088.280	6.305.645.594	115.481.924.980	(979.668.075.637)
2018		(62.268.894.757)	181.345.624.022	7.207.322.962	120.884.252.227	(858.783.823.410)
2019		(65.587.359.495)	191.852.934.272	8.237.654.813	138.158.229.590	(720.625.593.820)
2020		(68.651.456.470)	209.443.956.781	9.231.873.501	149.165.614.613	(571.459.979.207)
2021		(72.084.029.293)	222.692.425.068	8.324.216.358	159.932.412.133	(411.527.567.074)
2022		(75.688.230.758)	226.813.088.826	18.180.868.082	171.575.726.668	(239.951.840.406)
2023		(78.472.842.296)	251.859.926.787	10.180.868.237	182.368.130.748	(57.583.709.658)
2024		(83.446.274.410)	260.891.869.584	10.226.532.886	193.761.128.378	136.178.418.720
2025		(87.618.588.131)	284.888.952.920	11.660.471.234	208.307.236.243	344.485.654.963
2026		(91.999.517.537)	301.365.808.780	11.860.973.327	223.233.348.584	567.719.003.547
2027		(96.589.493.414)	325.439.263.081	12.032.538.464	240.872.428.063	808.591.431.610
2028		(101.109.868.085)	349.256.956.216	13.631.809.153	261.861.737.284	1.070.453.168.894
2029		(106.340.941.490)	376.817.799.074	13.128.915.732	284.665.773.316	1.355.118.942.210
2030		(111.825.388.564)	400.362.608.521	14.163.692.447	309.001.373.404	1.664.120.315.614
2031		(117.617.287.992)	429.849.568.263	16.336.250.016	327.570.530.327	1.991.690.845.941
2032		(123.598.112.395)	453.707.138.086	16.165.317.254	346.304.303.148	2.337.995.149.089
2033		(129.932.563.013)	482.336.309.055	15.870.632.338	368.360.381.286	2.706.355.530.375
2034		(135.925.188.012)	485.892.462.440	17.083.069.739	367.139.864.139	3.073.495.394.514

Berdasarkan tabel diatas dihitung analisa investasi dengan manfaar BOK skenario 1 dan Market Share skenario 1 dengan biaya konstruksi dianggarkan Tahun 2014, Tahun 2016 mulai dioperasikan dan menambahkan biaya pemeliharaan, dan memulai memperhitungkan market share dan manfaat BOK pada Tahun 2017. Dari hasil analisa investasi diatas, investasi FO TMTL dapat dikatakan layak karena memiliki NPV pada akhir tahun investasi (2034) sebesar + Rp. 3,134 Trilyun, dengan Payback Period (Jangka Waktu Pengembalian Investasi) pada Tahun 2023.

Benefit Cost Analysis

Proses membandingkan biaya investasi proyek dengan manfaat potensial dari proyek dikenal sebagai analisa manfaat biaya (Benefit Cost Analysis) sebagai bagian penting dari metode analisa ekonomi. Pengambil keputusan publik harus dapat menjelaskan apakah penggunaan sumber daya produktif dalam bentuk proyek memberi manfaat terbaik bagi masyarakat, manfaat yang dirasakan tersebut dalam hal ini dapat dilihat dari penghematan biaya operasional kendaraan.

Analisa manfaat biaya adalah alat pengambilan keputusan yang memberi manfaat dalam memberikan informasi tentang pengaruh-pengaruh yang diinginkan maupun yang tidak diinginkan dari proyek publik tersebut. Dari sudut pandang yang sama, melihat analisa manfaat biaya pada proyek publik sama dengan analisa kemampuan memperoleh laba pada proyek komersial. Dengan kata lain bahwa analisa manfaat biaya berusaha menjelaskan apakah manfaat sosial dari aktifitas publik yang diusulkan lebih besar dari biaya sosialnya.

Biasanya keputusan investasi publik melibatkan pengeluaran yang besar dimana manfaat yang diperoleh diharapkan terjadi pada jangka waktu yang lama. Untuk menggambarkan nilai dari proyek publik adalah dengan membandingkan manfaat bagi pengguna dengan biaya yang dikeluarkan pemerintah melalui perhitungan rasio manfaat biaya atau rasio B/C. Dalam hal ini akan dijelaskan definisi rasio B/C dan hubungan antara kriteria nilai sekarang (Present Worth) dengan rasio B/C.

Definisi : Benefit (manfaat) : keuntungan, dalam bentuk rupiah, yang diterima oleh pemilik, Disbenefit : kerugian yang diderita, Cost : pengeluaran untuk biaya awal, biaya operasional, biaya pemeliharaan dan sebagainya.

 ISSN 2987-677X

Hasil Perhitungan Analisa Benefit Cost Ratio (BCR)

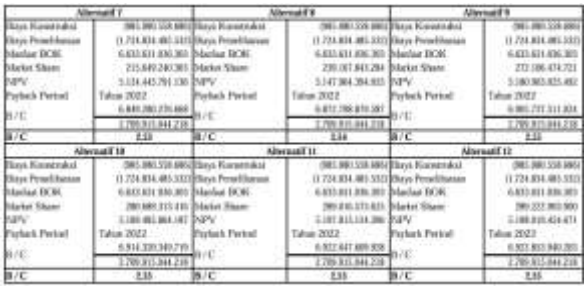
Variabel investasi	Total
Biaya Konstruksi	(985.080.558.686)
Biaya Pemeliharaan	(1.724.834.485.532)
Manfaat BOK	5.628.148.740.732
Market Share	215.649.240.365
NPV	3.133.882.936.879
B / C	5.843.797.981.097
	2.709.915.044.218
B / C	**2,16**

Dari hasil analisa BCR diatas didapatkan nilai BCR = 2,16 > 1 maka dapat dikatakan investasi tersebut

Alternatif	Manfaat BOK	Market Share
Alternatif 1	Skenario 1	PDRB Pesimis Tanpa APBS
Alternatif 2	Skenario 1	PDRB Pesimis Dengan APBS
Alternatif 3	Skenario 1	PDRB Moderat Tanpa APBS
Alternatif 4	Skenario 1	PDRB Moderat Dengan APBS
Alternatif 5	Skenario 1	PDRB Optimis Tanpa APBS
Alternatif 6	Skenario 1	PDRB Optimis Dengan APBS
Alternatif 7	Skenario 2	PDRB Pesimis Tanpa APBS
Alternatif 8	Skenario 2	PDRB Pesimis Dengan APBS
Alternatif 9	Skenario 2	PDRB Moderat Tanpa APBS
Alternatif 10	Skenario 2	PDRB Moderat Dengan APBS
Alternatif 11	Skenario 2	PDRB Optimis Tanpa APBS
Alternatif 12	Skenario 2	PDRB Optimis Dengan APBS

Perbandingan 12 Alternatif berdasarkan perbedaan skenario manfaat BOK dan Market Share dapat dilihat pada tabel berikut :





Berdasarkan hasil perhitungan untuk masing-masing alternatif diatas, untuk alternatif 1 sampai dengan 6 dimana manfaat BOK yang digunakan adalah skenario 1 menghasilkan hasil yang hampir sama dengan perbedaan NPV pada masing-masing alternatif dan persamaan periode pengembalian investasi (Tahun 2023) dan nilai B/C ratio rata-rata 2,17. Sedangkan untuk alternatif 7 sampai dengan 12 dimana manfaat BOK yang digunakan adalah skenario 2 menghasilkan hasil yang hampir sama pula dengan perbedaan NPV pada masing- masing alternatif dan persamaan periode pengembalian investasi (Tahun 2022) dan nilai B/C ratio rata-rata 2,54.

ISSN 2987-677X

STRATEGI EFEKTIF DALAM PENANGANAN DAN PEMELIHARAAN KOMPONEN DI INDUSTRIAL PULP PT X KALIMANTAN UTARA

Ivan Phangliady[1]

[1] Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Laporan ini dibuat berdasarkan hasil riset di PT.X. Penulis bekerja sebagai automation engineer dan masih dalam tahap training. Penulis berperan sebagai planner di operation maintenance dikarenakan PT.X masih dalam tahap konstruksi. Lingkup kerja di divisi operation maintenance adalah menyiapkan data-data sparepart PLC dan juga DCS serta komponen-komponen yang akan digunakan saat pabrik sudah berjalan. Namun penulis lebih fokus ke bagian DCS-nya. Dalam laporan keinsinyuran ini akan dibahas tentang masalah yang dihadapi dalam menjalankan kegiatan maintenance pada sebuah sistem. Masalah ini dirangkum dan dijadikan satu, masing-masing masalah akan dibahas mulai dari latar belakangnya sampai dengan penyelesaiannya. Dengan adanya laporan keinsinyuran ini penulis berharap agar dapat memberikan informasi terkait praktik insinyur di pabrik pulp dan dapat memberikan gambaran positif untuk calon insinyur kedepannya.

STUDI KASUS 1

SOP REPAIR

1. Latar Belakang

Seperti yang diketahui bahwa terdapat beberapa hal menyangkut dengan SOP dalam melakukan penggantian komponen di pabrik. SOP dalam pemasangan komponen harus ditaati agar pengerjaannya dapat selesai dengan tidak adanya cacat pada sparepart alat. SOP yang harus ditaati salah satunya adalah dengan mempersiapkan tools saat ingin memperbaiki di lapanan. Tools yang perlu dipersiapkan, yaitu:

1. Multimeter:

Multimeter merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk mengukur besaran arus listrik, tegangan listrik, dan hambatan listrik. Namun, multimeter yang beredar di perusahaan penulis dapat mensupplai arus. Berikut adalah gambar multimeter.



Gambar 1

2. Obeng:

Obeng merupakan tools yang digunakan untuk memutar sekrup atau baut. Obeng merupakan salah satu komponen penting dalam maintenance karena DCS yang terinstall banyak menggunakan baut sebagai penguat rangkaian. sebagai penguat rangkaian.



Gambar 2

3. Test Pen:

Test Pen adalah alat untuk mengujii elektronik yang digunakan untuk mennetukan ada atau tidaknya tegangan listrik di sebuah peralatan yang diuji. Bentuk test pen hampir mirip seperti obeng, namun obeng tidak dapat menguji tegangan yang dilalui benda elektronik.



Gambar 3

4. Tang Potong:

 ISSN 2987-677X

Tang potong adalah sebuah tool yang berfungsi untuk memotong kabel berbahan tembaga, besi, aluminium, dan baja.



Gambar 4

Tool berperan penting dalam maintenance karena jika tidak adanya tool maka user akan kesusahan dalam membuka dan mengembalikan DCS ke posisi semula.

Setelah tool sudah dipersiapkan, user memperbaiki alat yang ingin diperbaiki. Alat tersebut dibawa ke workshop untuk dianalisa kerusakannya dan diperbaiki.

Namun sebelum itu harus dilakukannya analisa apakah alat yang diganti tadi memang rusak atau tidak. Masalah harus diperiksa apakah komponen kita yang rusak atau kesalahan dari equipment lapangan.

Selain tool, hal yang mencangkup ranah automation adalah DCS. DCS merupakan singkatan dari Distrubuted Control System. Sistem ini digunakan untuk memonitor dan mengendalikan alat-alat instrumentasi yang ada di lapangan secara real-time. DCS terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

1. Controller

Controller salah satu equipment dalam sistem DCS yang berfungsi untuk mengontrol sinyal input dan output. Umumnya besar arus yang dikonversi menjadi sinyal adalah 4-20 mA. Controller juga menggunakan protokol untuk berkomunikasi seperti protokol profibus dan profinet.



Gambar 5
(https://cdn.productimages.abb.com/9PAA000000269 22_720x540.jpg)

Controller juga merupakan salah satu aspek penting karena controller dapat menjalankan suatu proses produksi secara otomatis.

2. Input dan Output

Input dan Output merupakan equipment yang berfungsi sebagai penerima dan penghubung antara operator dengan alat yang ada di lapangan. Ketika adanya sinyal yang diberikan oleh operator untuk mengontrol aktuator di lapangan, equipment ini akan menerima dan meneruskan sinyal tersebut ke aktuator yang ada di lapangan.



(1)



(2)

Gambar 6
(https://symphonyplushardwareselector.automation.abb.com/product/ai04)

Gambar diatas menampilkan bentuk dari modul input dan output. Modul ini diletakan di mounting base dan berada dekat dengan controller.

3. Modul Redundant

Redundant adalah sistem listrik dengan menggunakan daya masukan dari 2 power supply yang terpisah yang dimana jika satu power supply mengalami masalah akan digantikan dengan power supply yang lain agar distribusi listrik tidak putus.



Gambar 7
(https://res.cloudinary.com/rsc/image/upload/bo_1.5 px_solid_white,b_auto,c_pad,dpr_2,f_auto,h_399,q_a uto,w_710/c_pad,h_399,w_710/Y1769046-01?pgw=1)

Modul redundant menyatukan 2 power supply menjadi satu agar ketika satu power supply bermasalah, sistem DCS tidak mati karena masih diberikan supply dari power supply yang lain.

4. Power supply

Power supply merupakan komponen yang berfungsi sebagai pemberi daya agar dapat menjalankan fungsi

 ISSN 2987-677X

dari sistem DCS. Power supply memiliki banyak tipe. Namun, yang digunakan di sistem DCS adalah power supply yang dapat konversi daya dari 24 V menjadi 5V karena banyak dari equipment DCS hanya membutuhkan daya input sebesar 5V.

2. Analisis Masalah

SOP merupakan aspek penting yang harus ditaati semua user. Namun, terdapat suatu masalah ketika SOP tidak ditaati dengan baik. Ketika user tidak menaati SOP dalam memasang equipment pada DCS, akan merusak DCS itu sendiri.

Hal ini kejadian di tempat penulis ketika user tidak mengikuti SOP dan merusak mounting base yang mengakibatkan kerusakan parah pada controller. Port pada mounting base mengalami kerusakan parah sehingga tidak dapat digunakan. Hal ini menunjukan seberapa pentingnya SOP dalam pemasangan untuk mencegah kerusakaan yang dapat berujung pada breakdown maintenance

3. Solusi Masalah

Agar semua pengguna mematuhi Prosedur Operasional Standar (SOP) yang berlaku dalam memperbaiki peralatan di perusahaan, diperlukan pendekatan yang komprehensif dan terstruktur. Pertama-tama, edukasi dan pelatihan yang menyeluruh tentang SOP harus menjadi prioritas utama. Ini termasuk memastikan bahwa semua teknisi dan personel terlibat dalam perbaikan peralatan memahami secara menyeluruh setiap langkah dalam SOP, serta konsekuensi dari melanggarnya. Pelatihan harus dilakukan secara berkala untuk memastikan pemahaman yang berkelanjutan dan pembaruan terhadap SOP yang mungkin terjadi dari waktu ke waktu.

Selanjutnya, penting untuk membangun sistem pengawasan yang efektif untuk memantau kepatuhan terhadap SOP. Hal ini dapat mencakup penerapan pemeriksaan rutin, penggunaan teknologi untuk melacak dan merekam kegiatan perbaikan, serta pembentukan tim pengawasan khusus yang bertanggung jawab untuk menegakkan SOP. Sistem pengawasan yang baik tidak hanya mendeteksi pelanggaran, tetapi juga memberikan umpan balik yang konstruktif untuk membantu pengguna memahami pentingnya kepatuhan dan meningkatkan kinerja mereka.

Selain itu, memberikan insentif bagi kepatuhan yang baik dan menerapkan sanksi yang tegas bagi pelanggar SOP juga merupakan langkah yang penting. Insentif seperti penghargaan atau pengakuan atas kepatuhan yang konsisten dapat menjadi motivasi tambahan bagi pengguna untuk mematuhi SOP. Di sisi lain, sanksi yang jelas dan konsisten harus diberlakukan terhadap pelanggar SOP untuk menegaskan komitmen perusahaan terhadap kepatuhan. Dengan kombinasi pendekatan yang terstruktur ini, diharapkan bahwa semua pengguna akan secara konsisten mematuhi SOP dalam memperbaiki peralatan perusahaan, yang pada gilirannya akan meningkatkan efisiensi operasional dan keamanan keseluruhan.

STUDI KASUS 2

FORMULIR MAINTENANCE ORDER

1. Latar Belakang

Formulir maintenance order adalah salah satu aspek penting dalam maintenance. Dengan adanya formulir ini, user dapat memperoleh history perbaikan yang dilakukan di pabrik. Data yang didapat akan diolah menjadi sebuah summary data yang akan mempermudah dalam identifikasi lokasi alat yang ingin diperbaiki.

Form ini harus diisi dahulu sebelum melakukan maintenance. Data ini mencangkup lokasi equipment, daya yang dihasilkan, dan juga tanggal penjadwalan perbaikan.

Dengan adanya ketentuan ini, form dapat menjadi acuan data yang actual dimana kerusakan terjadi.

Berikut merupakan bentuk form yang dipaparkan di PT.X

Maintenance Order Form				Problem code:
Work Type:	(Breakdown, Corrective, Preventive)			
Scheduling:	(Planned or Unplanned)			
Shift:				
Requested by:				
Equipment name:				
Equipment brand				
Equipment type:				
Description				
Note				
	Requeted by:	Supervisor	Manager	

2. Analisis Masalah

Dalam kasus ini, masalah muncul saat pengisian formulir maintenance order karena tipe peralatan yang ingin diperbaiki tidak ditulis dengan benar.

Maintenance Order Form				Problem code: 031
Work Type:	(Breakdown, Corrective, Preventive)			
Scheduling:	(Planned or Unplanned)			
Shift:	Pagi			
Requested by:	Heru (process engineering)			
Equipment name:	Temperature Gauge			
Equipment brand:	Schuh			
Equipment type:	TX500			
Description				
Temperatur lapangan yang tidak dapat diidentifikasi secara langsung karena temperature gaugenya rusak				
Note				
TM500, range 100-300˚C, stem 6mmx150mm, media air condensat				
	Requeted by:	Supervisor	Manager	
	Heru	Sabil	Yanto	

 ISSN 2987-677X

Dari kasus ini kita dapat melihat bahwa tipe yang ditulis salah, tipe yang harusnya dibeli adalah tipe TM500 namun user salah menulis TX500. Hal ini berdampak pada jalannya penggantian alat. User akan mencari model untuk seri TX500 dan akan membelinya karena spare tidak ada. Akibatnya cost untuk divisi maintenance akan meningkat karena membeli barang yang tidak pernah dibeli sebelumnya.

Ketika part yang dibeli tidak dapat digunakan, maka produksi akan berjalan dengan tidak dapat diketahuinya suhu. Akibatnya, kondisi lapangan akan sangat membahayakan dan dapat menyebabkan kebakaran.

3. Solusi Masalah

Untuk mengatasi masalah ini, langkah pertama yang dapat diambil adalah meningkatkan pelatihan bagi pengguna dalam mengisi formulir maintenance order dengan benar. Ini melibatkan penyediaan panduan yang jelas dan pemahaman yang mendalam tentang bagaimana mengidentifikasi dan menuliskan tipe peralatan dengan akurat. Pelatihan rutin dan penggunaan contoh kasus yang relevan dapat membantu memperkuat pemahaman pengguna dan mengurangi kemungkinan kesalahan di masa depan.

Selain itu, penting untuk memperkenalkan sistem validasi atau pemeriksaan otomatis dalam formulir untuk memastikan bahwa tipe peralatan yang dimasukkan sesuai dengan format yang benar. Dengan adanya validasi otomatis, pengguna akan menerima peringatan atau pemberitahuan jika ada kesalahan dalam penulisan tipe peralatan. Ini akan membantu mengurangi kemungkinan kesalahan manusia dan memastikan bahwa formulir maintenance order diisi dengan benar sejak awal, sehingga proses maintenance dapat berjalan dengan lebih lancar dan menghindari gangguan terhadap proses produksi.

Kesimpulan

Pentingnya maintenance dalam operasi perusahaan tidak hanya terletak pada perbaikan peralatan yang rusak, tetapi juga pada proses yang terorganisir dan terencana. Penggunaan Standar Operasional Prosedur (SOP) saat melakukan perbaikan maintenance sangat vital dalam memastikan bahwa setiap tindakan perbaikan dilakukan dengan konsistensi dan keamanan yang optimal. SOP membantu dalam memberikan panduan yang jelas kepada tim maintenance, termasuk langkah-langkah yang harus diambil, penggunaan alat yang benar, dan langkah-langkah keselamatan yang harus diikuti. Dengan menerapkan SOP, perusahaan dapat meminimalkan risiko kegagalan, memastikan kualitas perbaikan yang konsisten, dan menjaga keselamatan kerja.

Selanjutnya, pentingnya formulir maintenance order tidak bisa diabaikan dalam proses maintenance. Formulir maintenance order membantu dalam melacak setiap tindakan maintenance yang dilakukan, termasuk detail pekerjaan yang dilakukan, waktu yang diperlukan, suku cadang yang digunakan, dan biaya yang terkait. Dengan menggunakan formulir maintenance order, perusahaan dapat memiliki rekaman yang lengkap dan terperinci tentang riwayat maintenance setiap peralatan, memungkinkan untuk analisis yang lebih baik tentang kinerja peralatan, pemantauan biaya maintenance, dan perencanaan perawatan preventif yang lebih efektif.