



Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

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



Seminar Praktik Keinsinyuran III 2024

Pembangunan Berkelanjutan Berbasis Teknologi Maju untuk Indonesia Raya

PROSIDING



ISSN 2987-677X

PROSIDING

SEMINAR PROFESI KEINSINYURAN

Surabaya, 13 Januari 2024



Seminar Praktik Keinsinyuran III
**Pembangunan Berkelanjutan Berbasis Teknologi
Maju untuk Indonesia Raya**



PROSIDING SEMINAR PRAKTIK KEINSINYURAN III
TEMA
PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN BERBASIS TEKNOLOGI MAJU UNTUK
INDONESIA RAYA

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. Lusya 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 : 13 Januari 2024



PRAKATA TIM EDITOR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa. Prosiding yang berisi makalah-makalah yang dipresentasikan dalam Seminar Praktik Keinsinyuran 3 dengan Tema: Pembangunan Berkelanjutan Berbasis Teknologi Maju untuk Indonesia Raya 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 Prosiding Seminar Praktik Keinsinyuran ini.

Surabaya, 9 Maret 2024

TIM EDITOR



SAMBUTAN KETUA PANITIA

Kami mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memperkuat keinsinyuran kita pada Seminar Praktik Keinsinyuran 3 yang bertema: “PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN BERBASIS TEKNOLOGI MAJU UNTUK INDONESIA RAYA” yang diselenggarakan oleh Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Seminar ini merupakan media untuk publikasi dan diseminasi hasil-hasil penelitian dari praktik keinsinyuran kita. Dengan bangga, kami menghadirkan keynote speaker yang sudah tidak diragukan lagi rekan jejak keinsinyurannya Ir. Hartono Pranjoto, M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng. Beliau akan memberikan gambaran teknologi masa depan berbasis Microchip. Pada kesempatan ini, kami menyampaikan terima kasih kepada Dekan Fakultas Teknik beserta jajarannya yang telah memberikan dukungan penuh bagi terselenggaranya Seminar Praktik Keinsinyuran 3 ini. Kami juga berterima kasih kepada keynote speaker, para pemakalah, seluruh panitia yang telah membantu dan berpartisipasi untuk kesuksesan pelaksanaan Seminar Praktik Keinsinyuran 3 ini. Terima kasih sebesar-besarnya kepada seluruh peserta seminar dan yang telah menyisihkan waktunya yang berharga untuk berpartisipasi dalam seminar ini. Atas nama panitia, kami menyampaikan permohonan maaf atas kekurangannya dalam pelaksanaan seminar ini. Selamat berseminar.

Surabaya, 13 Januari 2024
Ketua Panitia



SINOPSIS

Seminar Praktik Keinsinyuran merupakan kulminasi dari dua mata kuliah wajib dalam kurikulum Program Studi Profesi Insinyur: Studi Kasus dan Pemateri pada Seminar, Workshop, Diskusi. Seminar Praktik Keinsinyuran III ini mengangkat tema **PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN BERBASIS TEKNOLOGI MAJU UNTUK INDONESIA RAYA**. Inisiatif **PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN** *ini* bertujuan memastikan peningkatan kesejahteraan ekonomi masyarakat yang berkesinambungan, menjaga keberlanjutan kehidupan sosial masyarakat, menjaga kualitas lingkungan hidup serta pembangunan yang inklusif dan terlaksananya tata kelola yang mampu menjaga peningkatan kualitas kehidupan dari satu generasi ke generasi selanjutnya. Tujuan mulia tersebut membutuhkan dukungan dari para Insinyur yang bertugas merancang dan mengembangkan metode, teknik, atau alat untuk mempermudah kehidupan manusia. Pemanfaatan teknologi maju ini bagaikan dua sisi mata uang. Di satu sisi dapat mendukung pembangunan berkelanjutan dan di sisi lain dapat membawa dampak negatif. Oleh karena itu, peran moral Insinyur menjadi semakin penting untuk mengarahkan pemanfaatan teknologi maju guna mendukung peningkatan efisiensi dan efektivitas dalam melakukan sesuatu melalui siklus penyempurnaan dan modifikasi.



DAFTAR ISI

DEWAN REDAKSI	i
PRAKATA TIM EDITOR	ii
SAMBUTAN KETUA PANITIA	iii
SINOPSIS	iv
DAFTAR ISI	v
Penerapan Rancangan Alat Potong Strap Jam untuk Mengurangi Jumlah Cacat dan Menurunkan Waktu Proses di UMKM XYZ Yogyakarta	1-5
Manajemen Supervisi Proyek Pembangunan Myze Hotel Sumenep-Madura	6-9
Evolution of Approaches in Requirements Engineering: Literature Review	10-17
Metode Pelaksanaan Struktur Baja Crown Berbentuk Sepasang Cincin Lingkaran Di Ketinggian + 134,8 m Di Atas Muka Tanah	18-22
Analisis Daya Dukung Tanah (<i>Deep Boring</i>) untuk Proyek Penggantian Jembatan Candisari Kabupaten Lamongan	23-26
Redesain Mini Concrete Pump Dengan Pendekatan Dfma Dan Analisis Struktur	27-32
Pembangunan Sistem Pertanian Terpadu dari Hulu ke Hilir dalam Rangka Meningkatkan Produktivitas, Produksi dan Nilai Tambah Komoditas Bawang Merah di Kecamatan Rubaru	33-36
Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau pada Pembangunan Gedung DPRD Kabupaten Sumenep	37-42
Forensik Engineering Aliran Pipa Distribusi Pada Pekerjaan Jaringan Pipa Air Minum di Kabupaten Sumenep	43-46
Strategi Peningkatan Pelayanan Sistem Distribusi Air Minum Pdam Kecamatan Kota – Kabupaten Sumenep	47-50
Design Method of Lifting Work-Unloading and Installation Generator 1000KVA at Tokyu Mega Kuningan Project	51-56
Perencanaan Procurement (Pengadaan) Material dan Jasa Dalam Pembangunan Pabrik PT. Caterlindo	57-61
Perancangan Tangki Baterai untuk Konversi Vespa Listrik dengan Metode Pahl dan Beitz	62-65
Project Minimasi Durasi Breakdown Akibat Proses Ganti Roll – Line Reguler	66-67
Analisis penerapan metode “non-value added activity elimination (novaceli)” untuk penghematan biaya produksi dengan merancang alat bantu transportasi overhead conveyor system (ocs) : studi kasus di sebuah perusahaan manufaktur perhiasan emas	68-74
Faktor-Faktor Penghambat Pelaksanaan Penyerahan Prasarana, Sarana dan Utilitas (PSU) Perumahan di Kabupaten Sumenep	75-78
Pengeringan Bawang Merah Menggunakan Modular Air Dryer	79-83
Faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Jaringan Sensor Nirkabel pada Desain Manajemen Energi pada Gedung	84-89



Rehabilitasi Embung Montorna Desa Montorna Kecamatan Pasongsongan Kabupaten Sumenep	90-97
Analisa Risk Priority Number dalam Penentuan Komponen Kritis Mesin	98-101
Meningkatkan Efisiensi Penyampaian Informasi dan Pengumpulan Data: Rekomendasi Sistem Digitalisasi untuk Bappeda Nias Utara	102-110
Penggunaan EPAKSI Dalam Rangka Penentuan Prioritas Penanganan Dan Pengelolaan DI. Nonsain Kabupaten Sumenep	111-115
Desain Struktur Bangunan Untuk Hunian Tetap dan Gedung Laboratorium Sekolah, yang Aman terhadap Gempa	116-120
Pelaksanaan Pemeliharaan Tingkat Berat Pesawat Sukhoi Su-27/30 Di Depo Pemeliharaan 30	121-130
Analisis Potensi Sumberdaya dan Kebencanaan berdasarkan Pemetaan Geologi di daerah Binangun dan sekitarnya, Kecamatan Kawunganten, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah	131-136
Analisis Sistem Antrian Menggunakan Software Simulasi Arena Pada Pom Bensin Gunung Anyar Surabaya	137-140
Metode dan Analisis Perhitungan Deposit Pasir Laut di Perairan Banten Untuk Kebutuhan Reklamasi	141-145
Aplikasi Pemetaan UMKM Batik Madura menggunakan metode K-Means Clustering	146-150
Instalasi Water Treatment Untuk Memenuhi Air Khusus Laboratorium Rs Adi Husada Undaan Wetan	151-152
Analisa Sungai Marengan Dalam Rangka Meningkatkan Efektivitas Penanggulangan Banjir di Kabupaten Sumenep	153-157
Perencanaan Lintasan Bebas Tabrakan untuk Robot Beroda Menggunakan Algoritma Dijkstra yang Ditingkatkan	158-161
Analisa Performansi Multi-Repeater dalam Optimalisasi QoS dan Jangkauan Sinyal GSM di Daerah Terisolir Jaringan Telekomunikasi	162-167
Desain Dan Implementasi Programmable Single Ended Primary Inductor Converter Menggunakan Metode Proportional Integral Derivative	168-171
EOQ (Economic Order Quantity) Analysis for Improving Raw Material Inventory Efficiency in Salt Manufacturing	172-176
Analisis Kelayakan Spasial Kualitatif Terhadap Penetapan Kecamatan Batuan Sebagai Rencana Kawasan Kota Baru Kabupaten Sumenep	177-181
Peran Encoder Sebagai Pembaca Pulsa pada Mesin Las Gentong Molen	182-185
Perancangan Sistem Kendali Pergerakan Robot Pembajak Sawah Menggunakan Pendekatan Metode Path Following	186-195
Purwarupa Heat Exchanger Model U-Tube Type Shell And Tube Aliran Counter Flow Sebagai Media Ajar Pengendalian Temperatur	196-200
Desain Welding Procedure Spesification untuk Project Overhaul Crude Oil Storage Tank tangki R Series di Perusahaan Oil & Gas Refinery Unit V	201-205



Metode Repair Tangki Timbun menggunakan Jack Up untuk Project Overhaul Crude Oil Storage Tank tangki R Series di Perusahaan Oil & Gas Refinery Unit V	206-212
Keunggulan Kompetitif Perbankan Syariah Di Indonesia	213-218
Penentuan Rute dan Pusat Distribusi Bantuan Logistik Erupsi Eksplosif Merapi	219-223
Optimasi Penjadwalan Proyek Dengan Metode PERT/CPM dan Linier Programing	224-229
Rancang Bangun Sistem Silo Otomatis berbasis PLC Haiwell	229-230
Pemanfaatan Tepung Porang Sebagai Strength agent Pada Industri Kertas	231-233
Pengelupas cat tembok berbahan dasar air	234-235
Kaji Terap Mesin Pengering Ikan Tipe Rak dengan Sumber Panas dari Biomassa Tempurung Kelapa	236-240
Perencanaan dan Pengadaan Sumber Daya 20kVA untuk UPS Baru	241-243
Implementasi sistem kontrol Programable Logic Controller (PLC) pada Proses Regenerasi Di Instalasi Pengolahan Air Bersih	244-247
Analisis Potensi Sumberdaya dan Kebencanaan berdasarkan Pemetaan Geologi di daerah Binangun dan sekitarnya, Kecamatan Kawunganten, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah	248-253
Penggunaan Material DenseGraded Emulsion Mixture (DGEM) Sebagai Bahan Pekerjaan Peningkatan Jalan di Daerah Kepulauan	254-255
Akselerasi proyek produksi tangki dengan strategi penambahan jam kerja lembur	256-261
Kearifan Lokal di Guwosari pada Pengembangan Lokasi Kampus II UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta	262-266
Analisis SWOT home industry 'My Dessert Box Jogja' untuk menentukan rencana strategi perusahaan	267-271
Proyek Konstruksi: Tergambar dan Terbangun Tidak Selalu Sama	272-276



Penerapan Rancangan Alat Potong Strap Jam untuk Mengurangi Jumlah Cacat dan Menurunkan Waktu Proses di UMKM XYZ Yogyakarta

Josef Hernawan Nudu^{1,2} Andrew Gabriel Marthins Asy¹

¹ Program Studi Teknik Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

² Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ josef.nudu@uajy.ac.id

UMKM XYZ berlokasi di Yogyakarta dan mengolah produk kulit untuk asesoris jam tangan. UMKM XYZ memperoleh keluhan konsumen mengenai kualitas produk strap jam; periode Februari-Maret 2020 terdapat 16 kejadian keluhan yang terdiri atas 6 keluhan ukuran strap jam, 5 keluhan warna, dan 5 keluhan keterlambatan pengiriman. Solusi yang disepakati antara pelaksana proyek dan pemilik UMKM XYZ adalah melakukan perancangan alat potong strap jam tangan dan menerapkannya untuk mengatasi ketidakseragaman ukuran strap jam. Perancangan dilakukan menggunakan metode kreatif. Keinginan konsumen (pekerja) dianalisis menggunakan *House of Quality* (HoQ) untuk memperoleh karakteristik teknis. Implementasi alat potong strap jam tangan memberikan hasil seluruh produk strap jam dalam masa pengamatan sesuai spesifikasi (*zero defect*), rata-rata waktu pemotongan berkurang dari 197,45 detik (sebelum penggunaan alat potong) menjadi 75,65 detik (setelah penggunaan alat potong), kebutuhan biaya pembuatan alat potong sebesar Rp. 550.000, dan biaya pembuatan alat bantu akan kembalimodal kurang satu bulan masa produksi dengan asumsi laju produksi 500 unit/bulan. Penggunaan metoda perancangan yang tepat menghasilkan alat yang menghasilkan kualitas dimensi yang sesuai spesifikasi, harga yang sesuai batasan anggaran pemilik, waktu pengerjaan yang lebih singkat dan alat potong yang diterima baik oleh pekerja.

Kata kunci: perancangan, alat potong, kualitas dimensi, metoda kreatif

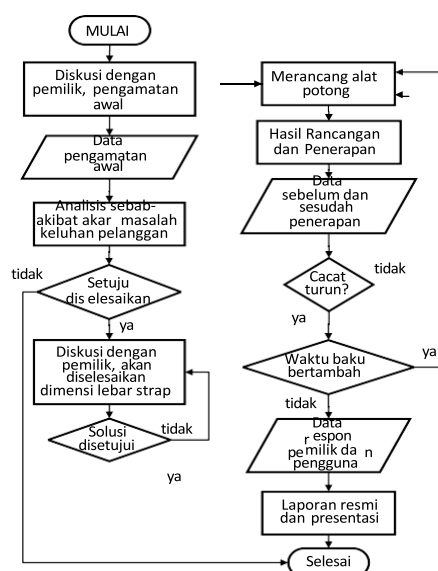
Pendahuluan

UMKM XYZ berlokasi di Yogyakarta dan memproduksi asesoris berbahan dasar kulit antara lain gantungan kunci, dompet, ikat pinggang, dan *strap* jam tangan. Pembuatan strap jam masih dikerjakan secara manual sehingga dimensi yang diperoleh tidak konsisten. UMKM XYZ menerima 16 keluhan selama Februari-Maret 2020, dengan rincian: 6 kali keluhan ukuran tidak sesuai spesifikasi, 5 keluhan warna tidak sesuai, dan 5 keluhan keterlambatan pengiriman. Target proyek yang dilakukan adalah menyelesaikan masalah ukuran produk. Pertimbangannya adalah keluhan pelanggan yang tercatat paling banyak berupa keluhan masalah dimensi dan masalah dimensi berkaitan dengan keluhan keterlambatan pengiriman. Produk yang ukurannya tidak sesuai dengan spesifikasi memerlukan pengerjaan ulang atau harus diganti dengan produk baru. Pengerjaan ulang atau penggantian baru mengakibatkan bertambahnya beban/waktu produksi yang berpotensi membuat pesanan terlambat dikirim. Bertambahnya kebutuhan material, waktu pengerjaan dan keterlambatan pengiriman menambah beban finansial UMKM XYZ berupa biaya material, biaya tenaga kerja dan biaya keterlambatan.

Metode

Tahapan penyelesaian proyek ditampilkan pada Gambar 1. Penyelesaian masalah keluhan pengguna produk strap jam diawali dimulai dengan observasi

lapangan sesuai permintaan pemilik. Diskusi mendalam dilakukan dengan pemilik untuk memutuskan permasalahan yang akan diselesaikan.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Permasalahan yang akan diselesaikan adalah ketidaksesuaian dimensi produk dengan spesifikasi. Solusi terpilih dari beberapa alternatif solusi untuk ketidaksesuaian dimensi produk adalah dengan penggunaan alat bantu pemotongan strap jam. Perancangan alat bantu pemotongan dilakukan dengan menggunakan metoda rasional dan tahapan *House of*

Quality (HoQ). Rancangan kemudian dinyatakan dalam bentuk gambar teknik dan dibawa ke bengkel teknik untuk direalisasikan. Data hasil penerapan dianalisis dan dibandingkan dengan data sebelum penerapan.

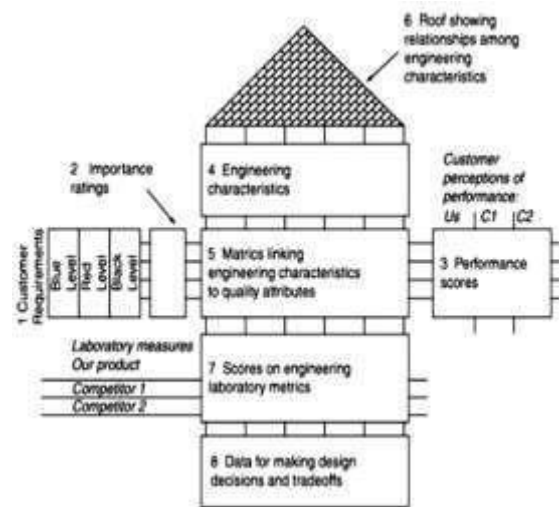
Terdapat beberapa metoda perancangan yang bisa digunakan proses perancangan produk yang bisa diterapkan, misalnya metoda perancangan *Quality Function Deployment* (QFD), Metoda Rasional, Metoda Kreatif dan TRIZ. Setelah mempertimbangkan kemampuan dan keunggulan masing-masing metoda, maka dipilih Metoda Kreatif sebagai metoda perancangan.

Metoda kreatif adalah salah satu metoda perancangan yang menitikberatkan pada upaya mengeksplorasi ide-ide perancangan. Perancangan menggunakan metoda kreatif bisa dilakukan dengan: brainstorming, sinetrik, dan memperluas daerah solusi (Cross, 2021). Keunggulan metoda ini adalah kecepatan dalam memperoleh hasil rancangan karena tidak mengikuti alur yang panjang dan cocok untuk digunakan pada perancangan yang mementingkan hasil akhir. Kekurangannya adalah hasil rancangan sulit untuk ditelusuri alur berpikir perancangannya. Kekurangan lain dari metoda ini adalah hasil rancangan sangat tergantung pada kreatifitas dan wawasan/pengetahuan perancang.

Pendekatan perancangan menggunakan HoQ dilakukan untuk menghasilkan alur pemikiran yang terstruktur dalam menentukan spesifikasi alat bantu. Wawancara dan brain storming ide-ide perancangan dengan berbagai pihak, termasuk pihak pemilik dan perancang lain, dilakukan secara intensif untuk mengurangi dampak dari kurangnya wawasan dan kreatifitas perancang. Dengan pendekatan ini akan diperoleh hasil rancangan yang baik, namun cepat dalam proses perancangannya. Tahapan perancangan menggunakan metoda kreatif adalah: Pengenalan, Persiapan, Inkubasi, Iluminasi, dan Verifikasi (Cross, 2021). Tahapan Pengenalan dilakukan dengan melakukan diskusi dengan pemilik UMKM, pekerja, dan analisis data lapangan. Tahap persiapan dilakukan dengan melakukan analisis diagram sebab akibat (ASQ, 2023). Tahap inkubasi dilakukan oleh pelaksana proyek dengan memikirkan alternatif solusi selama pelaksanaan. Tahap iluminasi dilakukan dengan diskusi bersama tim perancang. Tahap verifikasi dilakukan dengan membuat alat dan menerapkan.

Rancangan yang baik adalah rancangan yang diterima oleh pengguna. Pengguna pada proyek ini adalah pekerja UMKM XYZ. Metoda HoQ digunakan untuk memperoleh alat yang mampu menyelesaikan permasalahan dimensi strap jam dan sesuai dengan keinginan pekerja. Metoda HoQ adalah cara untuk mengubah keinginan-keinginan pekerja terhadap alat potong dan mengkonversinya menjadi spesifikasi alat potong. Tujuan yang ingin dicapai adalah alat potong yang sesuai harapan pekerja sehingga alat ini akan

digunakan pekerja dengan baik (Ficalora dan Cohen, 2009). Skema sederhana konsep HoQ ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Skema input dan output HoQ
(Ficalora danCohen, 2009)

Hasil Kerja

Diskusi dengan pemilik memberikan informasi awal bahwa UMKM XYZ memiliki masalah dengan keluhan pelanggan. Informasi ini ditindaklanjuti dengan mencari data pemesanan dan data keluhan pelanggan seperti ditampilkan pada Tabel 1.

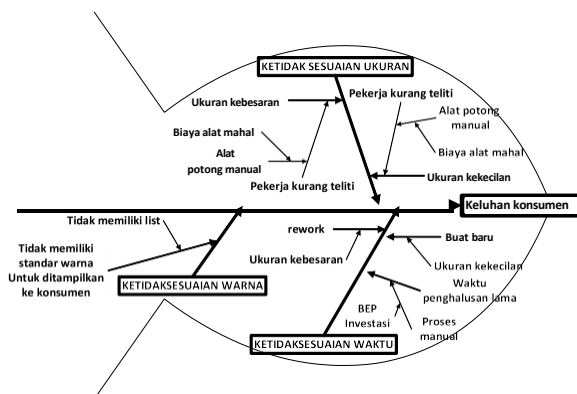
Tabel 1 Data pemesanan dan keluhan pelanggan

No	Tanggal	Nama	Alamat	Produk	Jumlah
1	28/01/20		Yogyakarta	S	
2	28/01/20		Balikpapan	D	
3	28/01/20		Cilandak	D	
4	29/01/20		Yogyakarta	S	
5	30/01/20		Yogyakarta	S	
6	31/01/20		Yogyakarta	IP	
7	01/02/20		Surakarta	S	
8	01/02/20		Surabaya	S	
9	01/02/20		Yogyakarta	S	
10	02/02/20		Yogyakarta	D	
...					
18	06/02/20		Padalarang	S	
19	07/02/20		Yogyakarta	S	
20	08/02/20		Yogyakarta	S	
21	09/02/20		Yogyakarta	S	
22	09/02/20		Yogyakarta	S	
23	10/02/20		Yogyakarta	S	
24	12/02/20		Yogyakarta	S	
25	12/02/20		Bogor	D	
...					
46	01/03/20		Cilegon	S	
47	02/03/20		Magelang	S	
48	02/03/20		Yogyakarta	IP	

Selama waktu pengamatan (28 Januari 2020 – 2 Maret 2020) terdapat 48 *order*. Dari 48 *order* tersebut, terdapat 16 keluhan yang terdiri dari keluhan ukuran tidak sesuai spesifikasi (6 kejadian), keluhan warna (5 kejadian), dan keluhan keterlambatan pengiriman (5

kejadian). Proyek keteknikan fokus mengurangi keluhan dimensi produk (data no 4, 9, 19, 24, 47 pada Tabel 1).

Penyebab keluhan ukuran strap jam tangan dialami dengan menggunakan *Fishbone Diagram* dan memberikan hasil seperti pada Gambar 2. Analisis pada *Fishbone Diagram* menunjukkan bahwa pengerjaan manual adalah penyebab yang muncul pada beberapa keluhan sehingga diputuskan untuk merancang alat bantu proses pembuatan strap dan menerapkannya di UMKM XYZ.



Gambar 2 Akar masalah pada keluhan ukuran

Metoda Kreatif memiliki beberapa tahapan.

Kesadaran bahwa terdapat permasalahan keluhan pelanggan, indentifikasi tiga jenis keluhan, identifikasi akar masalah yang akan diselesaikan, dan keputusan pemilik bahwa akan dilakukan perancangan dan aplikasi alat bantu pemotongan adalah hasil dari Tahapan Pengenalan dan Persiapan.

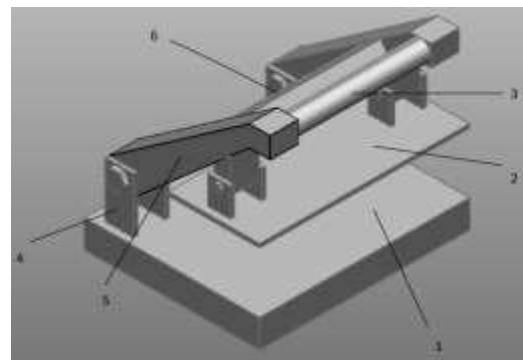
Tahap selanjutnya pada Metode Kreatif adalah tahapan Inkubasi. Pada tahapan ini tim pelaksana memiliki tugas dan target untuk merancang alat bantu pemotongan strap jam. Waktu penyelesaian proyek adalah lima bulan. Pelaksana proyek dibantu oleh sebuah tim dalam proses perancangan alat bantu pemotongan strap jam. Nama anggota tim dan tugasnya ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Anggota Tim Kreatif UMKM XYZ

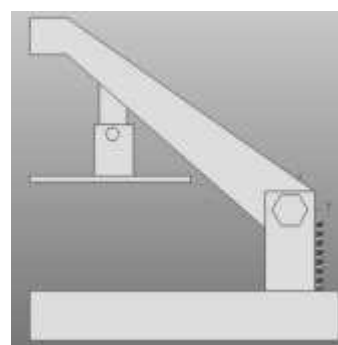
No	Nama	Peran
1	Josef Hernawan Nudu	Pengarah, supervisor
2	Andrew Gabriel Marthins Asy	merancang desain dari alat potong strap jam tangan
3	Y W	pemilik UKM XYZ
4	Pekerja XYZ	pengguna alat potong strap jam tangan
5	Pak H	pemilik dan teknisi Bengkel pembuat alat
6	Pak Y	teknisi Bengkel pembuat alat

Proses inkubasi dilakukan selama tiga bulan dan selanjutnya memasuki Tahapan Iluminasi yang hasilnya adalah gagasan-gagasan rancangan alat bantu pemotongan yang dinilai bisa mewakili kebutuhan pemilik dan pekerja. Gagasan yang dinilai terbaik untuk

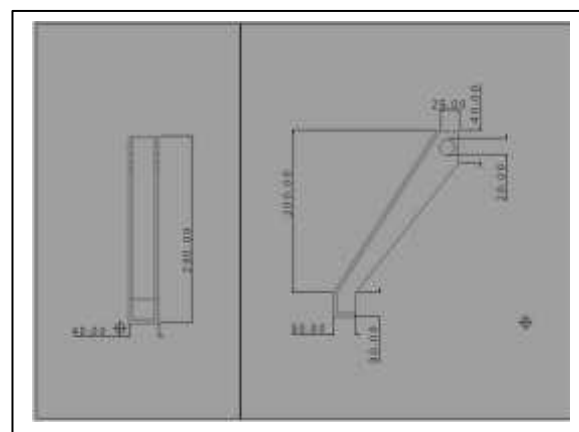
diterapkan dan hasil rancangannya ditampilkan pada Gambar 3, 4, 5, 6, 7



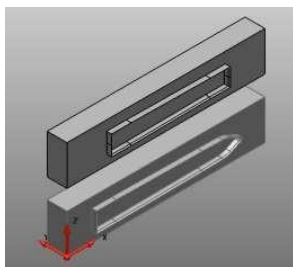
Gambar 3 Gambar susunan alat pemotong strap



Gambar 4 Tampak samping alat pemotong strap



Gambar 5 Dimensi alat pemotong strap



Gambar 6 Gambar pisau pemotong strap



Gambar 7 Alat pemotong strap

Tabel 3 adalah data yang dimensi strap yang dipotong tanpa alat hasil rancangan dan menggunakan alat hasil rancangan. Data pada Tabel 3 diolah untuk menunjukkan hasil/perbedaan antara jumlah cacat sebelum dan sesudah penggunaan alat potong, waktu proses sebelum dan sesudah penggunaan alat potong. Hasil pengolahan data disajikan pada Tabel 4.

Tabel 3 Data pengamatan produksi strap jam tangan

No	Data sebelum aplikasi alat			Data sesudah aplikasi alat		
	Lebar strap lonjong (cm)	Lebar strap tumpul (cm)	Waktu pengerjaan (s)	Lebar strap lonjong (cm)	Lebar strap tumpul (cm)	Waktu pengerjaan (s)
1	2.01	2.17	185	2.00	2.00	72
2	2.03	2.08	205	2.03	2.01	75
3	1.95	2.15	189	2.00	2.00	71
4	2.05	2.06	193	2.05	2.02	76
5	1.98	2.13	199	2.00	2.00	80
6	2.13	2.02	208	2.00	2.02	77
7	2.15	1.95	210	2.00	2.00	73
8	2.04	2.03	181	2.00	2.03	75
9	2.06	2.21	191	2.00	2.01	76
10	2.20	2.04	205	2.00	2.04	72
11	2.02	2.01	211	2.02	2.01	81
12	2.03	2.18	199	2.03	2.00	74
13	2.01	2.05	201	2.01	2.05	79
14	2.10	1.93	207	2.00	2.00	76
15	2.20	2.10	194	2.00	2.01	74
16	2.15	2.15	186	2.00	2.05	73
17	2.20	2.12	188	2.00	2.02	77
18	2.05	2.05	203	2.05	2.03	79
19	2.25	2.03	185	2.00	2.03	81
20	2.05	1.97	209	2.05	1.99	72

Produk strap jam memiliki spesifikasi tebal $2 \pm 0,1$ cm. Ukuran tebal paling besar yang diterima sebesar 2,1 cm. Nilai 2,1 cm ini disebut juga sebagai batas kendali atas (*Upper Specification Limit, UCL*). Ukuran tebal paling kecil yang diterima sebesar 1,9 cm. Nilai 1,9 cm ini disebut juga sebagai batas kendali batas (*Lower Specification Limit, UCL*) (Montgomery, 2009).

Tabel 4 Pengolahan data hasil pengamatan

Parameter	Strap lonjong, spesifikasi $2 \pm 0,1$ cm		Strap tumpul, spesifikasi $2 \pm 0,1$ cm	
	Tanpa alat potong	Dengan alat potong	Tanpa alat potong	Dengan alat potong
USL	20,1 cm	20,1 cm	20,1 cm	20,1 cm
LSL	19,9 cm	19,9 cm	19,9 cm	19,9 cm
Tebal rata-rata	2,083 cm	2,012 cm	2,072 cm	2,016 cm
Deviasi standar	0,084 cm	0,019 cm	0,078 cm	0,018 cm
UCL (Tingkat kepercayaan 99%)	2,336 cm	2,069 cm	2,307 cm	2,069 cm
LCL (Tingkat kepercayaan 99%)	1,830 cm	1,955 cm	1,836 cm	1,963 cm

Tebal rata-rata untuk strap lonjong sebelum pemakaian alat adalah 2,083 cm dan deviasi standar 0,084 cm. Jika digunakan tingkat keyakinan 99% ($\pm 3\sigma$) maka dimensi tebal strap lonjong akan berada diantara nilai ukuran 1,830 cm dan 2,336 cm. LSL dan USL strap jam tangan adalah 1,9 cm dan 2,1 cm maka sebanyak 43,48% produksi berada diluar batas spesifikasi, dengan rincian 1,49% terlalu kecil (di bawah LSL) dan 42,00% terlalu besar (di atas USL). Tebal rata-rata untuk strap lonjong setelah pemakaian alat adalah 2,012 cm dan deviasi standar 0,019 cm. Jika digunakan tingkat keyakinan 99% ($\pm 3\sigma$) maka 0,050% produksi strap lonjong produksi berada diluar batas spesifikasi karena tebalnya melebihi USL. Penggunaan alat potong hasil rancangan mampu menurunkan cacat dimensi tebal strap lonjong sebesar 43,43%

Analisis yang sama diterapkan pada data strap tumpul. Tebal rata-rata untuk strap tumpul sebelum pemakaian alat adalah 2,072 cm dan deviasi standar 0,078 cm. Jika digunakan tingkat keyakinan 99% ($\pm 3\sigma$) maka dimensi tebal strap tumpul akan berada diantara nilai ukuran 1,836 cm dan 2,307 cm. LSL dan USL strap jam tangan adalah 1,9 cm dan 2,1 cm maka sebanyak 37,23% produksi berada diluar batas spesifikasi, dengan rincian 1,43% terlalu kecil (di bawah LSL) dan 35,80% terlalu besar (di atas USL). Tebal rata-rata untuk strap tumpul setelah pemakaian alat adalah 2,016 cm dan deviasi standar 0,018 cm. Jika digunakan tingkat keyakinan 99% ($\pm 3\sigma$) maka 0,025% produksi strap tumpul berada diluar batas spesifikasi karena tebalnya melebihi USL. Penggunaan alat potong hasil rancangan mampu menurunkan cacat dimensi tebal strap tumpul sebesar 37,22%

Waktu pengerjaan strap jam sebelum penggunaan alat adalah 197,45 detik dengan deviasi standar 9,69 detik. Waktu pengerjaan strap jam setelah penggunaan alat adalah 75,65 detik dengan deviasi standar 3,12 detik. Pada tingkat keyakinan 99% (3σ) maka waktu terlama untuk membuat produk strap jam tangan tanpa alat potong adalah 226,53 detik. Pada tingkat keyakinan 99% (3σ) maka waktu terlama untuk membuat produk strap jam tangan dengan alat potong adalah 85,00 detik. Penggunaan alat potong menurunkan waktu pembuatan sampai 141,53 detik dan penghematan waktu rata-rata sebesar 121,8 detik.

Biaya pembuatan alat sebesar Rp. 550.000,- Data kebutuhan material setiap unit strap senilai Rp. 29.500,- Biaya rework per unit Rp. 1.979,17,- Kapasitas produksi satu bulan sebesar 500 unit. Dengan persentase cacat sebelum penggunaan alat maka 7,45 unit (dibulatkan menjadi 8 unit) terlalu kecil dan harus membuat baru (membutuhkan material baru); sebanyak 217,4 unit (dibulatkan menjadi 218 unit) terlalu besar dimensinya dan harus rework. Dengan hasil produksi menggunakan alat bantu pemotongan yang mencapai zero defect maka diperoleh penghematan dari material sebesar 8 unit x Rp. 29.500,-/unit setara Rp. 236.000,-. Penghematan tenaga kerja dari proses rework sebesar 218 unit x Rp. 1.979,17,-/unit setara Rp. 431.459,-. Total penghematan sebesar Rp. 667.459,-. Investasi alat potong sebesar Rp. 550.000,- akan balik modal (*Break Event Point*, BEP) dalam jangka waktu kurang dari satu bulan pada laju produksi 500 unit/bulan.

Respon pekerja setelah menggunakan alat hasil rancangan dicatat dan hasilnya baik. Pekerja merasa nyaman dengan penggunaan alat. Respon yang baik adalah hasil dari metoda mendengarkan kebutuhan pengguna dengan HoQ.

Hasil penerapan dan tahapan perancangan yang dilakukan memiliki kesamaan dengan publikasi penelitian sebelumnya. Penerapan Metoda Kreatif untuk merancang alat potong memberikan hasil yang baik ini sejalan dengan hasil penelitian dari Umyati dkk. (2017) yang menggunakan Metoda Kreatif untuk melakukan perbaikan stasiun pemotongan bahan baku dengan merancang alat bantu pemotongan spon di IKM Permata. Solusi berupa alat potong untuk menurunkan cacat produksi sejalan dengan hasil penelitian Permatadenyn dan Nuryulianti (2016) yang merancang alat cetak isi resolles dengan Metoda *Quality Function Deployment* (QFD). Cara penghitungan BEP yang dilakukan sejalan dengan penghitungan BEP oleh Kusumawardani dan Alamsyah (2020) yang melakukan analisis perhitungan BEP (*Break Even Point*) dan *Margin of Safety* untuk menentukan harga jual pada UMKM. Penerapan konsep BEP pada penentuan harga jual Boeds Coffe memberikan harga jual yang baik dengan *Margin of Safety* sebesar 46%.

Kesimpulan

Kesimpulan dari perancangan alat pemotong strap jam dan penerapannya adalah perancangan menggunakan metoda kreatif yang dilanjutkan dengan penerapan alat telah berhasil menurunkan tingkat cacat produksi sampai tahap *zero defect*. *Zero defect* belum dapat membuktikan bahwa tidak ada keluhan pelanggan pada aspek ukuran strap jam karena hasil penerapan tidak dapat digunakan untuk melayani pesanan umum sebagai dampak *lockdown Covid-19*. Waktu pengerjaan turun dari rata-rata 197,45 detik menjadi 75,65 detik dengan menggunakan alat yang dirancang. Investasi harga alat sebesar Rp. 550.000,- akan kembali modal dalam jangka waktu kurang dari satu bulan pada laju produksi 500 unit/bulan. Alat yang dirancang telah memenuhi keinginan pemilik dan pekerja.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada UMKM XYZ yang telah memberikan izin dan data penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah membantu dalam proses perijinan.

Referensi

- American Society for Quality (ASQ). (2023). Fishbone Diagram. <https://asq.org/quality-resources/fishbone> diakses 23 November 2023
- Cross, N. (2021). *Engineering design Methods Strategies for Product Design*, 5th ed., John Wiley & Sons.
- Ficalora, J.P., Cohen, L. (2009). *Quality Function Deployment and SIX SIGMA*. Donnelley, Crawfordsville, Indiana, USA.
- Permatadenyn, A., Nuryulianti, E. (2016). Perancangan Alat Cetak Isi Resolles Dengan Metode *Quality Function Deployment* (QFD) Untuk Meningkatkan Efisiensi Dan Efektivitas Pada Home Industry Roti. *Jurnal Teknoscienza*, Vol. 1, No. 1, 1-14.
- Umyati, A., Yadi, Y. H., Cahyadi, D.D. (2017). Perbaikan Stasiun Pemotongan Bahan Baku Melalui Perancangan Alat Bantu Pemotongan Spon Dengan Menggunakan Metode Kreatif Di IKM Permata. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri*, ISSN 2085-4218, C7.1–C7.6.
- Kusumawardani, A., Alamsyah, I.M. (2020). Analisis Perhitungan BEP (*Break Even Point*) dan *Margin of Safety* Dalam Penentuan Harga Jual Pada Usaha Kecil Menengah. *Jurnal Ilmu Keuangan dan Perbankan (JIKAP)*, Vol. 9, No. 2, 118–129.
- Montgomery, D.C. (2009). *Statistical Quality Control* (7th ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.



Manajemen Supervisi Proyek Pembangunan Myze Hotel Sumenep-Madura

**Didik Satrio¹ Freddy Hartono¹ Suherman¹
Novi Ardiyanto¹ Adriana Anteng
Anggorowati¹ Lusia Permata Sari Hartanti¹**

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ diksatrio2@gmail.com

Sesuai dengan Detail Rancang Bangun Myze Hotel Sumenep dibangun 5 lantai direncanakan menjadi hotel bintang **** pertama di kota Sumenep. Pada saat ini progres pelaksanaan pembangunan telah mencapai kurang lebih 85% dan direncanakan pada awal Januari 2024 akan dilakukan *soft opening*. Metode kerja manajemen supervisi dilaksanakan dengan menempatkan personil profesional tenaga ahli dan tenaga pendukung. Hasil kerja berupa uraian tugas dan tanggung jawab personil dan laporan kegiatan selama pelaksanaan pembangunan. Beberapa faktor penyebab keterlambatan diuraikan dalam bab kesimpulan dan saran-saran yang harus dilakukan oleh manajemen supervisi untuk mengantisipasi keterlambatan progres pelaksanaan fisik di lapangan agar dapat tepat waktu, biaya dan mutu.

Kata kunci: detail engineering design, hotel, manajemen hotel

Pendahuluan

Proyek Pembangunan MYZE HOTEL berlokasi di pusat kota Sumenep-Madura tepat di akses pintu masuk kota dari arah kota Pamekasan. Detail Rancang Bangun MYZE HOTEL terdiri dari bangunan 5 lantai dan direncanakan termasuk hotel bintang 4 yang pertama dibangun di kota Sumenep sebagai bentuk partisipasi investor swasta mengantisipasi perkembangan kota Sumenep dan kebutuhan hotel di masa yang akan datang yang semakin meningkat.

Pelaksanaan Pembangunan (*ground breaking*) dimulai pada bulan September 2021 oleh kontraktor PT Istaka Karya (Persero). Namun dalam perjalanan waktu disebabkan ketidakmampuan pihak Kontraktor Pelaksana terjadi keterlambatan progres yang berlarut-larut sehingga pihak *OWNER* memutuskan untuk melakukan *cutoff* dan putus kontrak pada progres pondasi tiang pancang. Untuk selanjutnya Kontraktor Pelaksana pekerjaan dialihkan ke kontraktor PT Joglo Multi Ayu.

Pada saat ini bulan November 2023 realisasi progres Pembangunan fisik mencapai 85% dan ditargetkan pada bulan Januari 2024 dilakukan serah terima pekerjaan (PT Cahaya Timur Madura, 2023).

Sebagai konsultan supervisi yang ditunjuk secara personal oleh pihak *OWNER* penulis bersama tim supervisi menjalankan tugas supervisi dari mulai pekerjaan struktur, arsitektur, mekanikal & elektrik serta *site development*.

Metode

Didalam menjalankan tugas supervisi secara garis besar meliputi supervisi mengenai mutu, waktu dan biaya untuk pencapaian fisik (kualitas dan kuantitas) sesuai dengan yang direncanakan.

Hasil Kerja

Sebagai pegangan atau acuan kerja supervisi dilakukan berdasarkan Kerangka Acuan Kerja (KAK). Termasuk dalam hal ini memenuhi kebutuhan tenaga personil lengkap dengan uraian tugas masing-masing personil konsultan supervisi, mulai dari tenaga ahli (*Profesional Staff*) dan tenaga pendukung (*Sub Profesional Staff*) sebagai berikut :

A. Tugas dan Tanggung Jawab Personil

1. Team Leader

Tugas dan Tanggung Jawab *Team Leader* meliputi :

- Memimpin, mengarahkan dan mengendalikan seluruh tenaga ahli supervisi konstruksi Kontraktor Pelaksanaan fisik di lapangan;
- Menerapkan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan Lingkungan (K3L)
- Mengkoordinasikan seluruh tenaga ahli supervisi konstruksi untuk setiap kegiatan pelaksanaan dan pengukuran lapangan yang dilakukan Kontraktor Pelaksana dan menyampaikan laporan kepada *OWNER* sehingga dapat dilakukan dengan cepat keputusan-keputusan

- yang diperlukan, termasuk untuk pekerjaan pengembalian kondisi dan pekerjaan minor mendahului pekerjaan utama serta rekayasa terperinci lainnya;
- d. Mengkoordinasikan seluruh tenaga ahli supervisi konstruksi secara teratur dan memeriksa pekerjaan pada semua lokasi di lapangan dimana pekerjaan konstruksi sedang dilaksanakan serta memberi penjelasan tertulis kepada Kontraktor Pelaksana mengenai apa yang sebenarnya dituntut dalam pekerjaan tersebut, bila dalam kontrak hanya dinyatakan secara umum;
 - e. Memastikan bahwa Kontraktor Pelaksana memahami Dokumen Kontrak secara benar, melaksanakan pekerjaan sesuai dengan spesifikasi serta gambar-gambar, dan menerapkan teknik pelaksanaan konstruksi yang tepat sesuai dengan kondisi lapangan untuk berbagai macam kegiatan pekerjaan;
 - f. Membuat rekomendasi kepada *OWNER* untuk menerima atau menolak pekerjaan dan material;
 - g. Mengkoordinasikan realisasi kemajuan pekerjaan setiap hari yang dicapai Kontraktor Pelaksana pada lembar kemajuan pekerjaan (*progress schedule*) yang telah disetujui;
 - h. *Monitoring* dan mengevaluasi kemajuan dari semua pekerjaan dan melaporkannya segera/tepat waktu kepada *OWNER* bila kemajuan pekerjaan terlambat sebagaimana tercantum pada buku Spesifikasi Umum dan hal itu benar-benar berpengaruh terhadap jadwal penyelesaian yang direncanakan. Dalam hal demikian, maka membuat rekomendasi secara tertulis bagaimana caranya untuk mengejar keterlambatan tersebut;
 - i. Memeriksa dengan teliti semua kuantitas hasil pengukuran setiap pekerjaan yang telah selesai;
 - j. Menjamin bahwa sebelum Kontraktor Pelaksana diijinkan untuk melaksanakan pekerjaan berikutnya, maka pekerjaan-pekerjaan sebelumnya yang akan tertutup atau menjadi tidak tampak harus sudah diperiksa/diuji dan sudah memenuhi persyaratan dalam Dokumen Kontrak;
 - k. Memberi rekomendasi kepada *OWNER* menyangkut mutu dan jumlah pekerjaan yang telah selesai dan memeriksa kebenaran dari setiap bukti pembayaran bulanan Kontraktor Pelaksana;
 - l. Mengkoordinasikan perhitungan dan pembuatan sketsa-sketsa yang benar untuk bahan *OWNER* pada setiap lokasi pekerjaan;
 - m. Mengawasi dan memeriksa pembuatan Gambar Sebenarnya Terbangun/Terpasang (*as-built drawings*) dan megupayakan agar semua gambar tersebut dapat diselesaikan sebelum Penyerahan Pertama Pekerjaan (PHO);
 - n. Memeriksa dengan teliti/seksama setiap gambar-gambar kerja dan analisa/perhitungan konstruksi dan kuantitasnya, yang dibuat oleh

Kontraktor Pelaksana sebelum Kontraktor Pelaksanaan;

- o. Melakukan inspeksi secara teratur dan memeriksa pekerjaan pada semua lokasi pekerjaan dalam kontrak dan membuat laporan kepada *OWNER* terhadap hasil inspeksi lapangan.
- p. Memberi rekomendasi kepada *OWNER* hasil penjaminan mutu dan keluaran hasil pekerjaan terkait dengan usulan pembayaran yang diajukan Kontraktor Pelaksana;
- q. Mengkoordinasikan pembuatan laporan-laporan mengenai kemajuan fisik dan keuangan proyek yang ada dibawah wewenangnyanya dan menyerahkan kepada *OWNER* yang terkait tepat pada waktunya;
- r. Menyusun/memelihara arsip korespondensi kegiatan, laporan harian, laporan mingguan, bagan kemajuan pekerjaan, pengukuran, pembayaran, gambar desain, laporan hasil inspeksi lapangan dan lainnya.
- s. Menyusun catatan harian semua kegiatan di lapangan;
- t. Bertanggungjawab penuh kepada *OWNER* atas beban pekerjaan yang telah dilimpahkan.

2. Tenaga Ahli Bangunan Gedung

Tugas dan Tanggung Jawab Tenaga Ahli Bangunan Gedung meliputi :

- a. Menerapkan SMM, SMK3-L, Bangunan Hijau, dan peraturan yang berkaitan dengan bangunan gedung dalam penyelenggaraan jasa konstruksi;
- b. Membantu tugas tugas *Team Leader* khususnya yang berkaitan dengan pekerjaan sipil pada blok/gedung;
- c. Melakukan perhitungan struktur atas dan struktur bawah bangunan gedung;
- d. Bersama-sama Kontraktor Pelaksana membantu proyek menyiapkan *soft drawing* dan *as-built drawing*;
- e. Melakukan koordinasi berkala atau mensinkronisasikan gambar struktur, arsitektur, mekanikal, elektrikal & *plumbing*;
- f. Memberikan bimbingan, pengarahan kepada *inspector* dilapangan;
- g. Melakukan evaluasi, pemeriksaan dan pengujian terhadap bahan-bahan pekerjaan yang akan dipakai memeriksa kelengkapan gambar;
- h. Mengawasi pekerjaan pembangunan dan perbaikan, dan lain-lain dan membantu mengambil keputusan yang cepat dan tepat apabila terjadi penyimpangan;
- i. Membuat laporan hasil pekerjaan;
- j. Bertanggung jawab atas semua hasil pelaksanaan pekerjaan Kontraktor Pelaksana kepada *Team Leader* dan *OWNER*.

3. Tenaga Ahli Arsitektur

Tugas dan Tanggung Jawab Tenaga Ahli Arsitektur meliputi :

- a. Menerapkan SMM, SMK3-L, Bangunan Hijau, dan peraturan yang berkaitan pekerjaan disain arsitektur dalam penyelenggaraan jasa konstruksi;
- b. Membantu tugas-tugas *Team Leader* khususnya yang berkaitan dengan pekerjaan disain arsitektur pada blok/gedung;
- c. Memeriksa dan memproses Data Lapangan;
- d. Bersama-sama Kontraktor Pelaksana membantu proyek menyiapkan *soft drawing* dan *as-build drawing*;
- e. Melakukan evaluasi, pemeriksaan dan pengujian terhadap bahan-bahan pekerjaan yang akan dipakai memeriksa kelengkapan gambar;
- f. Mengawasi pekerjaan pembangunan dan perbaikan, dan lain-lain dan membantu mengambil keputusan yang cepat dan tepat apabila terjadi penyimpangan;
- g. Menilai dan memeriksa berita acara kemajuan pekerjaan untuk pembayaran asuransi atau termin;
- h. Wajib berkoordinasi dengan Tenaga Ahli dan Asisten Tenaga Ahli lainnya (Struktur, MEP dll) dan memastikan semua berjalan sesuai jadwal;
- i. Memeriksa kelengkapan gambar arsitektural;
- j. Membuat laporan hasil pekerjaan;
- k. Bertanggung jawab atas semua hasil pelaksanaan pekerjaan kepada *Team Leader* dan *OWNER*.

4. Tenaga Ahli Mekanikal

Tugas dan Tanggung Jawab Tenaga Ahli Mekanikal meliputi:

- a. Menerapkan Sistem Manajemen Keselamatan dan kesehatan Kerja dan Lingkungan (K3L) dalam penyelenggaraan jasa konstruksi;
- b. Membantu tugas tugas *Team Leader* khususnya yang berkaitan dengan disain Mekanikal pada blok/gedung;
- c. Memeriksa dan Menganalisa Data Lapangan;
- d. Melakukan koordinasi berkala atau mensinkronisasikan gambar disain Mekanikal agar tidak melebihi dari waktu yang direncanakan;
- e. Memberikan bimbingan, pengarahan dan supervisi di bidang mekanikal untuk memperlancar proses Supervisi;
- f. Melakukan pemeriksaan pengujian pekerjaan terhadap bahan-bahan pekerjaan Mekanikal yang dipakai;
- g. Memeriksa kelengkapan gambar Mekanikal;
- h. Membuat laporan hasil pekerjaan;
- i. Bertanggung jawab atas semua hasil Mekanikal kepada *Team Leader*.

5. Tenaga Ahli Elektrikal

Tugas dan Tanggung Jawab Tenaga Ahli Elektrikal meliputi :

- a. Menerapkan Sistem Manajemen Keselamatan dan kesehatan Kerja dan Lingkungan (K3L) dalam penyelenggaraan jasa konstruksi;

- b. Membantu tugas tugas *Team Leader* khususnya yang berkaitan dengan pekerjaan disain Elektrikal pada blok/gedung;
- c. Memeriksa dan Menganalisa Data Lapangan;
- d. Membantu *Team Leader* dalam mempersiapkan petunjuk teknis dari setiap kegiatan pekerjaan Elektrikal;
- e. Melakukan koordinasi berkala atau mensinkronisasikan gambar arsitektur dan disain Elektrikal, agar tidak melebihi dari waktu yang direncanakan;
- f. Memberikan bimbingan, pengarahan dan supervisi dibidang Elektrikal untuk memperlancar proses Supervisi Konstruksi;
- g. Melakukan pemeriksaan pengujian pekerjaan terhadap bahan-bahan pekerjaan Elektrikal yang dipakai;
- h. Memeriksa kelengkapan gambar Elektrikal;
- i. Membuat laporan hasil pekerjaan;
- j. Bertanggung jawab atas semua hasil Elektrikal kepada *Team Leader*.

6. Tenaga Ahli Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Tugas dan Tanggung Jawab Tenaga Ahli Kesehatan dan Keselamatan Kerja mampu menterjemahkan Undang-Undang/Code dan Keselamatan Kerja (K3) meliputi :

- a. Menerapkan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan Lingkungan (K3L);
- b. Membantu tugas tugas *Team Leader* khususnya yang berkaitan dengan pekerjaan K3 pada blok/gedung.

Standar yang berkaitan dengan K3 :

- a. Mampu menumbuhkan budaya kerja K3 dengan melakukan pendekatan pendekatan ke seluruh jajaran organisasi proyek, guna meningkatkan tanggung jawab dan kepedulian dalam menerapkan K3, sehingga dapat terwujud budaya K3 organisasi yang terintegrasi ke dalam sistem manajemen organisasi yang ada di tingkat proyek/kegiatan kerja di lapangan;
- b. Memberikan bimbingan, pengarahan dan supervisi pada pekerja di tingkat proyek.
- c. Membuat laporan hasil pekerjaan;
- d. Bertanggung jawab atas semua pelaksanaan K3 kepada *Team Leader* dan *OWNER*.

7. Tenaga Ahli Lingkungan

- a. Menerapkan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan Lingkungan (K3L) dalam penyelenggaraan jasa konstruksi;
- b. Mengelola kesehatan dan keselamatan kerja prasarana lingkungan;
- c. Melakukan komunikasi di tempat kerja;
- d. Mengidentifikasi kebutuhan prasarana lingkungan;
- e. Menilai pelaksanaan konstruksi prasarana lingkungan;
- f. Membuat laporan hasil pekerjaan;
- g. Bertanggung jawab atas semua hasil kepada *Team Leader*.

B. Tugas Tenaga Sub Profesional *Staff*

1. *Inspector*

- a. Membantu tugas *Team Leader*;

- b. Memeriksa dan memproses Data Lapangan;
- c. Membantu *Team Leader* dalam mempersiapkan petunjuk teknis dari setiap kegiatan pekerjaan;
- d. Melakukan koordinasi berkala dengan Kontraktor Pelaksana dilapangan;
- e. Memeriksa Kelengkapan Administrasi Teknis Rekanan meliputi : Gambar-gambar *Soft Drawing, As Built Drawing, Back Up Data, Time Schedule*, Laporan Harian, Mingguan, Bulanan;
- f. Mencatat dan mendokumentasikan setiap pekerjaan;
- g. Bertanggung jawab atas semua hasil pelaksanaan pekerjaan kepada *Team Leader* dan *OWNER*.

Hasil kerja selama kegiatan supervisi proyek Pembangunan Myze Hotel Sumenep adalah berupa :

1. Laporan Progres Mingguan
2. Notulen Rapat
3. Dokumentasi pelaksanaan pekerjaan
4. Hasil Tes Laboratorium
5. *Shop Drawing*

Kota Sumenep yang berkembang membutuhkan banyak hotel yang representatif. Diharapkan dengan keberadaan Myze Hotel berbintang 4 dapat menarik semakin banyak wisatawan yang berkunjung ke kota Sumenep. Pembangunan hotel berbintang 4 dengan segala fasilitasnya dalam penanganannya diperlukan kemampuan dan pengalaman para insinyur, baik dari disiplin teknik sipil, arsitektur, mesin, elektro dan teknik lingkungan serta landscape yang cukup mumpuni.



Gambar 1 Tampak Myze Hotel Sumenep

Beberapa faktor yang mempengaruhi keterlambatan progres pelaksanaan fisik antara lain :

- a. waktu yang digunakan untuk membuat gambar kerja yang terbatas dan tidak memadai.
- b. produk material tidak sesuai persyaratan.
- c. kurangnya pengalaman tim pelaksana maupun tenaga kerja terampil.
- d. koordinasi dan komunikasi yang kurang baik antar personil pelaksana dan personil pengawas yang terlibat dalam proyek.
- e. proses administrasi persetujuan pekerjaan tambah kurang.
- f. kondisi cuaca yang buruk saat kegiatan pembangunan proyek.
- g. tidak adanya pengajuan metode pelaksanaan atau *job mix design* dari kontraktor untuk setiap tahapan pekerjaan.
- h. terjadi penyimpangan pelaksanaan di lapangan terhadap *master schedule*.

- i. arus kas yang tidak lancar sehingga terjadi keterlambatan untuk pembelian material.
- j. terjadi penyimpangan terhadap pelaksanaan metode konstruksi.
- k. jumlah tenaga kerja yang digunakan tidak tercapai sesuai kebutuhan dan pekerjaan dapat selesai tepat waktu.
- l. adanya perubahan material dengan spesifikasi yang setara dengan material sebelumnya.

Kesimpulan

Dalam pelaksanaan kegiatan tim personil supervisi berdasarkan Rencana Acuan Kerja dengan adanya pembagian tugas dan tanggungjawab sesuai *job desk* yang sudah disusun.

Dari hasil kesimpulan diatas dapat dilaksanakan saran-saran sebagai berikut :

1. manajemen supervisi harus mampu menganalisa terhadap kendala- kendala yang terjadi di lapangan kemudian mengejar keterlambatan progres.
2. manajemen supervisi harus mengontrol dan memonitor faktor-faktor yang terjadi di lapangan dalam proses *Planning, Organizing, Actuating, dan Controlling* terkait indikator waktu, biaya, dan mutu .
3. manajemen supervisi sebaiknya mampu menanamkan rasa komitmen yang tinggi terutama untuk pihak kontraktor agar tidak terjadi mis komunikasi.
4. manajemen supervisi harus bisa mengidentifikasi masalah dan memberikan pertimbangan dalam mengambil keputusan secara cepat dan tepat untuk menyelesaikan suatu permasalahan.

Ucapan Terima kasih

Terimakasih juga kepada PT Cahaya Timur Madura sebagai *OWNER* atas diberikannya kesempatan kepada penulis terlibat dalam pelaksanaan Pembangunan Myze Hotel maupun dalam penulisan artikel ini.

Referensi

- PT Cahaya Timur Madura (2023).
Arsip Laporan Kegiatan Proyek Pembangunan
Myze Hotel Sumenep



Evolution of Approaches in Requirements Engineering: Literature Review

Rinto Rakhmatullah¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ rinto86@ppi.ac.id

This research aims to explore the evolution of approaches in requirements engineering and the technologies used in software development. This research uses a systematic literature review (SLR), with a selection of literature samples discussing requirements engineering approaches in the last five years. Research findings indicate that goal-oriented, user-centered, and agile approaches have been the primary focus in requirements engineering. Furthermore, natural language processing and artificial intelligence technologies have expedited and facilitated the requirements engineering process. The existence of challenges and problems in requirements engineering drives the evolution of this approach. This research shows several evolutions that have occurred in each approach to requirements engineering.

Kata kunci: NLP, SLR, AI, *requirements engineering*

Introduction

Technological advancement has become one of the most profound and transformative forces in human development. The emergence of numerous cutting-edge technologies has been a primary driver of evolution in various aspects of life, including the discipline of requirements engineering. Requirements engineering is essential for translating user desires into a more technical vision when constructing software (Altarturi et al., 2018). The key to the success of quality software development is a deep understanding of what users want and need. In this regard, requirements engineering becomes the most crucial phase that underpins the entire software development lifecycle (Chakraborty et al., 2012). Requirements engineering is one of the key stages in software development aimed at understanding, defining, and documenting the requirements that software to be developed must meet.

The evolution of requirements engineering has brought about various new challenges. One obstacle that has emerged is the software development community's limited understanding of the approaches used (Inayat et al., 2015). Furthermore, evolving trends in software systems and projections about future software needs might give rise to new requirements engineering research difficulties (Cheng & Atlee, 2007). The increasing scale of software systems, the closer integration of software with its surroundings, the enhanced autonomy of software to adjust to its surroundings, and the increasing globalization of software development are some of the current trends and demands that have been articulated.

Traditional requirements engineering approaches often involve lengthy documents detailing requirements specifications in technical language. But as software becomes more complicated and more dynamic requirements are needed, this strategy has become less successful. Traditional requirements engineering approaches also have many limitations that cannot meet the needs of software development (Elshandidy & Mazen, 2013). Therefore, requirements engineering practices have

evolved towards approaches that emphasize more effective communication, collaboration among stakeholders, and more adaptive modeling. These developments bring significant changes to the approach in requirements engineering. This evolution reflects the challenges and changes in the world of software, as well as efforts to improve software development practices. These changes are reflected in various methods, techniques, tools, and practices that continue to evolve in an effort to enhance the process of gathering, analyzing, modeling, and documenting requirements. Technological advancements, shifting user expectations, and increasing software project complexity are some factors influencing changes in requirements engineering. In this article, researchers will explore the evolution of requirements engineering approaches from traditional methods to the latest approaches. Researchers will examine the approaches taken by recent research in software development and the evolution that has occurred in previously existing approaches.

Method

The present investigation utilizes a Systematic Literature Review (SLR) methodology to examine current literature about the development of requirements engineering. This approach is conducted to discover supporting evidence regarding the approaches or methods of requirements engineering that are most commonly used for current technology development needs. The researcher utilizes an SLR approach, which involves several steps as follows (Durach et al., 2017):

1. Defining the Research Questions.

The first step is to define the research questions based on the objectives of the predetermined research. This research aims to identify the methods and approaches used by previous research in requirements engineering. Additionally, this research aims to understand the evolution that has occurred in previous research in the field



of requirements engineering. In order to fulfill the research objectives, the following research questions are developed:

- What approach is used by previous research in requirements engineering?
- What evolution has occurred in the approaches or methods used by previous research in requirements engineering?

2. Determining the Characteristics of the Search for Previous Research.

The second step is to determine the characteristics of the literature to be searched according to the predetermined topic. Defining the inclusion and exclusion criteria for the literature to be obtained is another task done at this stage. The established inclusion and exclusion criteria for choosing earlier material are as follows:

- Inclusion Criteria
 - Articles related to the topic of requirements engineering
 - Articles related to methods or approaches in requirements engineering
 - Articles from research conducted in the last five years (2019-2023)
 - The search engine used is Google Scholar
 - Selected articles are from international journals
- Exclusion Criteria
 - Non-English

3. Retrieving Relevant Literature Samples

The third step is to retrieve literature samples that have the potential relevance to the predetermined topic. This stage is carried out by applying the previously defined inclusion and exclusion criteria. The researcher searches for literature using Google Scholar as the literature search engine. The search process is conducted by entering several keywords into the search engine, such as "Requirements Engineering," "Requirements Engineering Method," "Requirements Engineering Approach," and "Requirements Engineering Evolution." The first process is performed by entering these keywords. In the second process, literature is filtered by selecting research conducted in the last five years. In the final process, scanning is done on the abstracts and keywords of each literature sample selected in the second process. In this search process, the researcher selected a sample of 86 articles related to requirements engineering approaches in the last five years.

4. Selecting Relevant Literature

The fourth step is to select the literature samples generated from the final search process. This stage is carried out by reading and understanding the content of the 86 articles obtained from the previous process. The researcher also filters the research samples produced from this process using the inclusion and exclusion criteria defined. In this stage, the researcher selects 40 articles as relevant literature to discuss the topic in this research. Memilih literatur yang relevan.

5. Synthesizing the Selected Literature

The fifth step is to combine, summarize, and analyze the relevant literature to gain a deeper understanding of the research topic. This step is applied to the 41 articles selected as sources of literature for this research. The literature analysis is based on the approach used in requirements engineering research in the last five years. The following table shows the 41 articles chosen as literature for this research.

Approach	Articles	Author
Agile	1. Uses of business process modeling in agile software development projects	(González Moyano et al., 2022)
	2. A Blockchain-Based Framework for Distributed Agile Software Development	(Farooq et al., 2022)
	3. Distributed cat modeling based agile framework for software development	(B & V, 2020)
	4. Exploring software development at the very large-scale: a revelatory case study and research agenda for agile method adaptation	(Dingsøyr et al., 2018)
	5. Hybrid Project Management between Traditional Software Development Lifecycle and Agile Based Product Development for Future Sustainability	(Leong et al., 2023)
Goal-Oriented	6. Goal-oriented requirements engineering: an extended systematic mapping study	(Horkoff et al., 2019)
	7. Combining Goal modelling with Business Process modelling: Two Decades of Experience with the User Requirements Notation Standard	(Amyot et al., 2022)
	8. Automated Goal Model Extraction from User Stories Using NLP	(Gunes & Aydemir, 2020)
	9. ARAS: adaptation requirements for adaptive systems	(Aradea et al., 2023)
	10. Goal-based configuration analysis for networks of collaborative cyber-physical systems	(Brings et al., 2020)



Approach	Articles	Author
User-Centered	11. User-centered requirements engineering to manage the fuzzy front-end of open innovation in e-health: A study on support systems for seniors' physical activity	(Ehn et al., 2021)
	12. A Requirement Engineering Approach to User-Centered Design	(Xiao et al., 2020)
	13. User-Centered Requirements for Augmented Reality as a Cognitive Assistant for Safety-Critical Services	(Bräker et al., 2023)
Use Case	14. A use case driven approach to game modeling	(Albaghajati & Hassine, 2022)
	15. Automating system test case classification and prioritization for use case-driven testing in product lines	(Hajri et al., 2020)
	16. A use-case-driven approach for demonstrating the added value of digitalisation in wind energy	(Barber et al., 2023)
Model Driven	17. UML and NFR-framework based method for the analysis of the requirements of an information system	(Arif et al., 2023)
	18. Model-driven engineering of safety and security software systems: A systematic mapping study and future research directions	(Mashkoor et al., 2023)
	19. Towards Human-centric Model-driven Software Engineering	(Grundy et al., 2020)
	20. Model-based documentation of dynamicity constraints for collaborative cyber-physical system architectures: Findings from an industrial case study	(Brings et al., 2019)
	21. Model-based valuation of smart grid initiatives: Foundations, open issues, requirements,	(de Kinderen et al., 2022)

Approach	Articles	Author
	and a research outlook	
	22. A Neural Network Based Approach to Domain Modelling Relationships and Patterns Recognition	(Saini et al., 2020)
	23. Business Process Model and Notation for Forensic-Ready Software Systems	(Daubner et al., 2022)
	24. The ODD Protocol for Describing Agent-Based and Other Simulation Models: A Second Update to Improve Clarity, Replication, and Structural Realism	(Grimm et al., 2020)
Global Software Development	25. Fuzzy AHP based prioritization and taxonomy of software process improvement success factors in global software development	(Khan et al., 2019)
	26. Understanding coordination in global software engineering: A mixed-methods study on the use of meetings and Slack	(Stray & Moe, 2020)
	27. Success factors influencing requirements change management process in global software development	(Akbar et al., 2019)
Safety-Critical	28. Security Requirements Engineering in Safety-Critical Railway Signalling Networks	(Heinrich et al., 2019)
	29. An ontology-based secure design framework for graph-based databases	(Paneque et al., 2023)
	30. Contextualizing of Architectural Security Patterns as a Knowledge Management Challenge	(Brazhuk, 2021)
	31. A maturity model for secure requirements engineering	(Niazi et al., 2020)
	32. Challenges of Machine Learning Applied to Safety-Critical Cyber-Physical Systems	(Pereira & Thomas, 2020)
	33. Blockchain-oriented	(Demi,



Approach	Articles	Author
Oriented	Requirements Engineering: Framework A	(2020)
	34. Blockchain-based model for tracking compliance with security requirements	(Marjanović et al., 2023)
	35. Decentralized blockchain flexibility system for Smart Grids: Requirements engineering and use cases	(Luigi D'Oriano, Giuseppe Mastandrea, Giuseppe Rana, Giuseppe Raveduto, Vincenzo Croce, Matteo Verber, 2020)
	36. Reliable Requirements Engineering Practices for COVID-19 Using Blockchain	(Shahzad et al., 2021)
	37. SRE_BBC: A Self-Adaptive Security Enabled Requirements Engineering Approach for SLA Smart Contracts in Blockchain-Based Cloud Systems	(Singh & Lee, 2022)
	38. Exerting Qualitative Analytics and Blockchain Requirement-Engineering in Designing and Implementing a Luxury Products Authentication System	(Udokwu et al., 2023)
AI-Based	39. Requirements Engineering Challenges in Building AI-Based Complex Systems	(Belani et al., 2019)
	40. Requirements engineering for artificial intelligence systems: A systematic mapping study	(Ahmad et al., 2023)
	41. Requirements Engineering in the Days of Artificial Intelligence	(Dalpiaz & Niu, 2020)

Result and Discussion

Blockchain-oriented, and AI-based. The researcher will then go on to talk about the research's comparative features for each of the methods that were found.

One of the approaches used in requirements engineering research is the agile approach. There are five articles that discuss requirements engineering using this approach. In these five articles, the evolution of the Agile approach in software development can be observed. The first article describes the use of business process modeling as a tool to enhance understanding and transparency in Agile projects (González Moyano et al., 2022). Meanwhile, the second article introduces blockchain as a technology that can be applied in Agile-based software development, showing an effort to combine the latest technological elements with Agile practices (Farooq et al., 2022). The third article presents a case study in the banking sector that highlights the frequent changes in requirements that occur in Agile projects, demonstrating the adaptation and adjustments needed to address real challenges (Indra et al., 2021). The fourth article discusses software development on a very large scale, emphasizing the complexity of coordination within geographically dispersed development teams, and raises questions about the adaptation of Agile methodologies for increasingly larger projects (Dingsøyr et al., 2018). The fifth article introduces a hybrid project management approach that combines Agile and traditional practices, aiming to achieve sustainability in the future by blending rigidity and flexibility (Leong et al., 2023). Secara keseluruhan, evolusi pendekatan Agile terlihat dalam upaya untuk mengatasi tantangan baru dan mencari cara baru untuk meningkatkan efektivitas dalam berbagai konteks pengembangan perangkat lunak. Overall, the evolution of the Agile approach is evident in the efforts to address new challenges and find new ways to enhance effectiveness in various software development contexts.

Furthermore, there are five requirements engineering articles that utilize the Goal-Oriented approach. The evolution of the Goal-Oriented approach in these five articles reflects the development of concepts and techniques in goal-based requirements engineering. The first article is a systematic mapping study detailing various goal-oriented approaches (Horkoff et al., 2019). The second article demonstrates the integration of goal modeling with business process modeling, describing the integration of these concepts over two decades (Amyot et al., 2022). The third article reflects efforts to automate goal model extraction from user stories using natural language processing (Gunes & Aydemir, 2020). The fourth article highlights requirement adaptation in adaptive systems and how goals play a role in this process (Aradea et al., 2023). The fifth article covers goal-based configuration analysis in the context of collaborative physical and cyber-physical systems, showing advancements in goal application across broader domains (Brings et al., 2020). Overall, the evolution of research in these five articles reflects the evolution of the Goal-Oriented approach from basic understanding to more automated and applied in broader domains or fields.

Next is the user-centered approach obtained from three articles on requirements engineering. The evolution of the user-centered approach in these three articles reflects a

shift towards a deeper understanding of the user's role in requirements engineering. The first article shows evolution by combining the concepts of requirements engineering with open innovation in the context of e-health, emphasizing the user's role in the early, ambiguous phase (Ehn et al., 2021). The second article proposes a user-centered requirements engineering approach, highlighting the importance of a deep understanding of user needs throughout the development cycle (Xiao et al., 2020). The third article reflects evolution in the augmented reality domain with a specific focus on its application in safety-critical services, showing a shift in attention to users as cognitive assistants (Bräker et al., 2023). Overall, the evolution in these three articles reflects efforts to integrate a deeper understanding of users into system development, especially in more specific and complex contexts like e-health and augmented reality.

The use case-driven approach, which can be found in three research articles, is the next strategy. These three articles show how the use case-driven method has evolved and how the idea of employing user cases in different contexts has developed. The first paper (Albaghajati & Hassine, 2022) develops a use case-driven framework for game modeling and illustrates particular applications in game creation. The second article shows how this method has evolved with automation in terms of using use cases to prioritize and classify system testing, particularly in situations with a variety of product types (Hajri et al., 2020). The third paper (Barber et al., 2023) illustrates the application of the use case-driven approach in the context of wind energy, emphasizing the value addition of digitalization in a wider domain. Overall, this evolution reflects improvements in the application of the use case-driven approach concept in various fields, from gaming to wind energy, as well as advancements in automation and understanding the added value of digitization.

The model-driven approach is the most widely used approach in requirements engineering research in the last five years. Researchers found 8 research articles that use this approach. The evolution of the model-driven approach in these 8 articles reflects significant variations in its application. The first article uses UML and NFR-framework as the basis for analyzing information system requirements, emphasizing the use of models for understanding requirements (Arif et al., 2023). The second article is a systematic mapping study that highlights the use of model-driven engineering in the development of safety and security software, showing efforts to incorporate security into the model-driven approach (Mashkoo et al., 2023). The third article proposes a more human-centered approach in model-driven software engineering, emphasizing the role of users in software development (Grundy et al., 2020). The fourth article focuses on model-based documentation for collaborative cyber-physical systems, showing very specific applications (Brings et al., 2019). The fifth article integrates modeling into the assessment of smart grid initiatives, with a focus on integrating technology into energy infrastructure (de Kinderen et al., 2022). The sixth article combines neural networks for domain modeling and pattern recognition, blending artificial intelligence into requirements engineering (Saini et al., 2020). The seventh article uses

BPMN notation in the context of forensically-ready software, highlighting the integration of forensic requirements into software engineering (Daubner et al., 2022). The eighth article improves the ODD protocol for clearer simulation model descriptions, enhancing the structure and authenticity of simulation model documentation (Grimm et al., 2020). Overall, this evolution reflects a shift in the use of the model-driven approach, from requirements analysis to software engineering, with an emphasis on various aspects, including security, collaboration, assessment, and the use of technologies like neural networks.

Global software development in requirements engineering research is the next strategy. The three articles that follow show how the technique has evolved to account for differences in the worldwide software development environment. The first article emphasizes the analytical approach in global requirements management and using the fuzzy AHP method to rank success criteria for software process optimization in global software development (Khan et al., 2019). The second paper emphasizes the critical role that communication and collaboration play in global development. It is a mixed-method study that examines coordination in global software development through meetings and the Slack communication platform (Stray & Moe, 2020). The third paper highlights the difficulties in managing requirement changes in a distributed environment and focuses on success factors influencing the requirement change management process in global software development (Akbar et al., 2019). The development of these three publications shows varying emphasis on requirements engineering-related topics including analytics, communication, and change management within the intricate framework of international software development.

The safety-critical strategy, which was discovered by researchers through five requirements engineering-related research articles, comes next. Changes in complexity and difficulties associated with developing systems that require critical safety are reflected in the evolution of requirements engineering methodologies in the context of safety-critical aspects discussed in these articles. The first article (Heinrich et al., 2019) focuses on safety requirements engineering in high-security railway signaling networks. In the second publication, Paneque et al. (2024) present a model-driven approach to security in graph-based databases using an ontology-based design framework. The final piece emphasizes the difficulties knowledge managers face when applying architectural security principles in a dynamic setting (Brazhuk, 2021). In order to assist enterprises in achieving higher security levels, the fourth article (Niazi et al., 2020) presents a maturity model for security requirements engineering. The sixth piece (Pereira & Thomas, 2020) highlights the difficulties that come with applying machine learning to safety-critical cyber-physical systems. These five papers show how security has become more complex, with a focus on knowledge management, process maturity, ontology use, and the problems posed by machine learning and other new technologies in critical safety situations.

The most commonly used approach by researchers in requirements engineering research is the blockchain approach found in six articles. The evolution of the requirements engineering approach in the context of blockchain reflects increased complexity and diversity in blockchain applications. The first article proposes a requirements engineering framework focused on blockchain and provides systematic guidance (Demi, 2020). The second article develops a blockchain-based model to track compliance with security requirements, demonstrating the use of blockchain to ensure compliance (Marjanović et al., 2023). The third article focuses on the use of blockchain in Smart Grid systems and highlights requirements engineering in a decentralized environment (Luigi D'Oriano, Giuseppe Mastandrea, Giuseppe Rana, Giuseppe Raveduto, Vincenzo Croce, Matteo Verber, 2020). The fourth article explores the use of blockchain in COVID-19 requirements management, showing relevant applications to the current situation (Shahzad et al., 2021). The fifth article proposes a requirement engineering approach that leverages blockchain smart contracts in cloud systems (Singh & Lee, 2022). The sixth article blends qualitative analytics with blockchain requirements engineering in luxury product authentication system development (Udokwu et al., 2023). The evolution in these six articles reflects the diversification of blockchain use in various contexts, from compliance management to luxury product authentication, and an emphasis on using blockchain technology in more diverse solutions.

The AI-based technique is the most recent requirements engineering research approach discovered in the previous five years. The emergence of requirements engineering in the context of artificial intelligence (AI) is a reflection of growing attention to the particular difficulties that arise during the creation of AI systems. The first article identifies specific challenges in building complex AI systems, emphasizing the need for a deeper approach to requirements engineering (Belani et al., 2019). The second article is a systematic mapping study that investigates requirements engineering practices for AI systems, reflecting a shift towards more in-depth research in this topic (Ahmad et al., 2023). The third article highlights the evolution of requirements engineering in the era of artificial intelligence, emphasizing the role of AI in assisting the requirements engineering process (Dalpiaz & Niu, 2020). Overall, this evolution reflects a greater shift towards understanding specific AI requirements and increased interest in understanding requirements engineering practices that are suitable for the rapidly evolving AI context.

The evolution of requirements engineering in various approaches demonstrates significant development in this discipline over the last five years. In the Agile approach, there are efforts to address new challenges in software development by using business process modeling and technologies like blockchain. Similarly, in the Goal-Oriented approach, evolution is seen from basic understanding to more automated applications in various domains. The user-centered approach combines a deeper understanding of users, especially in contexts like e-health and augmented reality. Meanwhile, the use case-driven approach shows an increase in the application of this concept in various fields,

including gaming and wind energy, along with developments in automation. The model-driven approach is the most widely used, reflecting diversity in the use of models in requirements analysis to software engineering, with an emphasis on aspects like security, collaboration, assessment, and the use of advanced technologies like neural networks. On the other hand, the global software development approach emphasizes different challenges in managing requirements in a distributed context. The safety-critical approach highlights complexities related to security in the development of highly critical systems. Meanwhile, the blockchain approach shows the diversification of this technology's use in various application contexts, from compliance management to luxury product authentication. Finally, the AI-based approach reflects increased interest in understanding unique requirements that arise in AI system development. Overall, the evolution in these various approaches reflects significant changes in how we approach requirements engineering in software development.

Conclusion

Goal-oriented, user-centered, and agile approaches are only a few of the techniques and methodologies utilized in requirements engineering, according to research done using the Systematic Literature Review (SLR) approach. Artificial intelligence and natural language processing are two more technologies that have been used to speed and ease the requirements engineering process. Nonetheless, several obstacles remain to be addressed, such as the issues associated with comprehending user requirements and incorporating heterogeneous requirements from multiple stakeholders. Consequently, in order to create better software that meets user needs, ongoing efforts are required to develop better methodologies and technologies in requirements engineering.

Acknowledgements

My heartfelt thanks go to Ir. Lusia Permata Sari Hartanti, S.T., M.Eng., CIOMP., IPM., ASEAN Eng., for her unwavering reminders to stay motivated throughout my journey in the Professional Engineering Program. Her dedication, guidance, and wisdom have not only inspired me academically but also personally. I deeply value every piece of advice, support, and reminder she has provided, which have been the main driving forces in my journey. Her presence as a mentor has opened many paths and opportunities for me, and for all of this, I am immensely grateful.

References

- Ahmad, K., Abdelrazek, M., Arora, C., Bano, M., & Grundy, J. (2023). Requirements engineering for artificial intelligence systems: A systematic mapping study. *Information and Software Technology*, 158(3), 107176.
<https://doi.org/10.1016/j.infsof.2023.107176>

- Akbar, M. A., Sang, J., Nasrullah, Khan, A. A., Mahmood, S., Qadri, S. F., Hu, H., & Xiang, H. (2019). Success factors influencing requirements change management process in global software development. *Journal of Computer Languages*, 51(December 2018), 112–130. <https://doi.org/10.1016/j.cola.2018.12.005>
- Albaghajati, A., & Hassine, J. (2022). A use case driven approach to game modeling. In *Requirements Engineering* (Vol. 27, Issue 1). <https://doi.org/10.1007/s00766-021-00362-4>
- Amyot, D., Akhigbe, O., Baslyman, M., Ghanavati, S., Ghasemi, M., Hassine, J., Lessard, L., Mussbacher, G., Shen, K., & Yu, E. (2022). Combining Goal modelling with Business Process modelling: Two Decades of Experience with the User Requirements Notation Standard. *Enterprise Modelling and Information Systems Architectures*, 17(2). <https://doi.org/10.18417/emisa.17.2>
- Aradea, Supriana, I., & Surendro, K. (2023). ARAS: adaptation requirements for adaptive systems: Handling runtime uncertainty of contextual requirements. In *Automated Software Engineering* (Vol. 30, Issue 1). Springer US. <https://doi.org/10.1007/s10515-022-00369-3>
- Arif, M., Mohammad, C. W., & Sadiq, M. (2023). UML and NFR-framework based method for the analysis of the requirements of an information system. *International Journal of Information Technology (Singapore)*, 15(1), 411–422. <https://doi.org/10.1007/s41870-022-01112-7>
- Barber, S., Sempreviva, A. M., Sheng, S., Farren, D., & Zappalá, D. (2023). A use-case-driven approach for demonstrating the added value of digitalisation in wind energy. *Journal of Physics: Conference Series*, 2507(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2507/1/012002>
- Belani, H., Vukovic, M., & Car, Z. (2019). Requirements engineering challenges in building ai-based complex systems. *Proceedings - 2019 IEEE 27th International Requirements Engineering Conference Workshops, REW 2019*, 252–255. <https://doi.org/10.1109/REW.2019.00051>
- Bräker, J., Osterbrink, A., Semmann, M., & Wiesche, M. (2023). User-Centered Requirements for Augmented Reality as a Cognitive Assistant for Safety-Critical Services. *Business and Information Systems Engineering*, 65(2), 161–178. <https://doi.org/10.1007/s12599-022-00779-3>
- Brazhuk, A. (2021). *Contextualizing of Architectural Security Patterns as a Knowledge Management Challenge*. 21–24.
- Brings, J., Daun, M., Bandyszak, T., Stricker, V., Weyer, T., Mirzaei, E., Neumann, M., & Zernickel, J. S. (2019). Model-based documentation of dynamicity constraints for collaborative cyber-physical system architectures: Findings from an industrial case study. *Journal of Systems Architecture*, 97(February), 153–167. <https://doi.org/10.1016/j.sysarc.2019.02.012>
- Brings, J., Daun, M., Weyer, T., & Pohl, K. (2020). Goal-based configuration analysis for networks of collaborative cyber-physical systems. *Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing*, 1387–1396. <https://doi.org/10.1145/3341105.3374011>
- Dalpiatz, F., & Niu, N. (2020). Requirements Engineering in the Days of Artificial Intelligence. *IEEE Software*, 37(4), 7–10. <https://doi.org/10.1109/MS.2020.2986047>
- Daubner, L., Matulevičius, R., Buhnova, B., & Pitner, T. (2022). Business Process Model and Notation for Forensic-Ready Software Systems. *International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering, ENASE - Proceedings, Enase*, 95–106. <https://doi.org/10.5220/0011041000003176>
- de Kinderen, S., Kaczmarek-Heß, M., Ma, Q., & Razo-Zapata, I. S. (2022). Model-based valuation of smart grid initiatives: Foundations, open issues, requirements, and a research outlook. *Data and Knowledge Engineering*, 141(September 2021), 102052. <https://doi.org/10.1016/j.datak.2022.102052>
- Demi, S. (2020). Blockchain-oriented Requirements Engineering: A Framework. *Proceedings of the IEEE International Conference on Requirements Engineering, 2020-Augus*, 428–433. <https://doi.org/10.1109/RE48521.2020.00063>
- Dingsøyr, T., Moe, N. B., Fægri, T. E., & Seim, E. A. (2018). Exploring software development at the very large-scale: a revelatory case study and research agenda for agile method adaptation. *Empirical Software Engineering*, 23(1), 490–520. <https://doi.org/10.1007/s10664-017-9524-2>
- Ehn, M., Derneborg, M., Revenäs, Å., & Cicchetti, A. (2021). User-centered requirements engineering to manage the fuzzy front-end of open innovation in e-health: A study on support systems for seniors' physical activity. *International Journal of Medical Informatics*, 154(April). <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2021.104547>
- Farooq, M. S., Kalim, Z., Qureshi, J. N., Rasheed, S., & Abid, A. (2022). A Blockchain-Based Framework for Distributed Agile Software Development. *IEEE Access*, 10(June), 17977–17995. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3146953>
- González Moyano, C., Pufahl, L., Weber, I., & Mendling, J. (2022). Uses of business process modeling in agile software development projects. *Information and Software Technology*, 152(August). <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2022.107028>
- Grimm, V., Railsback, S. F., Vincenot, C. E., Berger, U., Gallagher, C., Deangelis, D. L., Edmonds, B., Ge, J., Giske, J., Groeneveld, J., Johnston, A. S. A., Milles, A., Nabe-Nielsen, J., Polhill, J. G., Radchuk, V., Rohwäder, M. S., Stillman, R. A., Thiele, J. C., & Ayllón, D. (2020). The ODD protocol for describing agent-based and other simulation models: A second update to improve clarity, replication, and structural realism. *Jasss*, 23(2). <https://doi.org/10.18564/jasss.4259>
- Grundy, J., Khalajzadeh, H., & McIntosh, J. (2020). Towards human-centric model-driven software engineering. *ENASE 2020 - Proceedings of the 15th International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering, Enase*, 229–238. <https://doi.org/10.5220/0009806002290238>

- Gunes, T., & Aydemir, F. B. (2020). Automated Goal Model Extraction from User Stories Using NLP. *Proceedings of the IEEE International Conference on Requirements Engineering, 2020-Augus*, 382–387. <https://doi.org/10.1109/RE48521.2020.00052>
- Hajri, I., Goknil, A., Pastore, F., & Briand, L. C. (2020). Automating system test case classification and prioritization for use case-driven testing in product lines. *Empirical Software Engineering*, 25(5), 3711–3769. <https://doi.org/10.1007/s10664-020-09853-4>
- Heinrich, M., Vateva-Gurova, T., Arul, T., Katzenbeisser, S., Suri, N., Birkholz, H., Fuchs, A., Krauß, C., Zhdanova, M., Kuzhiyelil, D., Tverdyshev, S., & Schlehuber, C. (2019). Security Requirements Engineering in Safety-Critical Railway Signalling Networks. *Security and Communication Networks*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/8348925>
- Horkoff, J., Aydemir, F. B., Cardoso, E., Li, T., Maté, A., Paja, E., Salnitri, M., Piras, L., Mylopoulos, J., & Giorgini, P. (2019). Goal-oriented requirements engineering: an extended systematic mapping study. *Requirements Engineering*, 24(2), 133–160. <https://doi.org/10.1007/s00766-017-0280-z>
- Khan, A. A., Shameem, M., Kumar, R. R., Hussain, S., & Yan, X. (2019). Fuzzy AHP based prioritization and taxonomy of software process improvement success factors in global software development. *Applied Soft Computing Journal*, 83, 105648. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105648>
- Leong, J., May Yee, K., Baitsegi, O., Palanisamy, L., & Ramasamy, R. K. (2023). Hybrid Project Management between Traditional Software Development Lifecycle and Agile Based Product Development for Future Sustainability. *Sustainability*, 15(2), 1121. <https://doi.org/10.3390/su15021121>
- Luigi D'Oriano, Giuseppe Mastandrea, Giuseppe Rana, Giuseppe Raveduto, Vincenzo Croce, Matteo Verber, M. B. (2020). Smart Grids : Requirements engineering and use cases. *IEEE International Conference and Workshop in Óbuda on Electrical and Power Engineering*, 39–44.
- Marjanović, J., Dalčeković, N., & Sladić, G. (2023). Blockchain-based model for tracking compliance with security requirements. *Computer Science and Information Systems*, 29(1), 359–380. <https://doi.org/10.2298/CSIS210923060M>
- Mashkoo, A., Egyed, A., Wille, R., & Stock, S. (2023). Model-driven engineering of safety and security software systems: A systematic mapping study and future research directions. *Journal of Software: Evolution and Process*, 35(7), 1–26. <https://doi.org/10.1002/smr.2457>
- Niazi, M., Saeed, A. M., Alshayeb, M., Mahmood, S., & Zafar, S. (2020). A maturity model for secure requirements engineering. *Computers and Security*, 95, 101852. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2020.101852>
- Paneque, M., Roldán-García, M. del M., Blanco, C., Maté, A., Rosado, D. G., & Trujillo, J. (2023). An ontology-based secure design framework for graph-based databases. *Computer Standards and Interfaces*, 88(October 2023), 103801. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2023.103801>
- Pereira, A., & Thomas, C. (2020). Challenges of Machine Learning Applied to Safety-Critical Cyber-Physical Systems. *Machine Learning and Knowledge Extraction*, 2(4), 579–602. <https://doi.org/10.3390/make2040031>
- Saini, R., Mussbacher, G., Guo, J. L. C., & Kienzle, J. (2020). A Neural Network Based Approach to Domain Modelling Relationships and Patterns Recognition. *Proceedings - 10th International Model-Driven Requirements Engineering Workshop, MoDRE 2020*, 78–82. <https://doi.org/10.1109/MoDRE51215.2020.00016>
- Shahzad, B., Javed, I., Shaikh, A., Sulaiman, A., Abro, A., & Memon, M. A. (2021). Reliable requirements engineering practices for covid-19 using blockchain. *Sustainability (Switzerland)*, 13(12), 1–25. <https://doi.org/10.3390/su13126748>
- Singh, I., & Lee, S.-W. (2022). SRE_BBC: A Self-Adaptive Security Enabled Requirements Engineering Approach for SLA Smart Contracts in Blockchain-Based Cloud Systems. *Sensors*, 22(10), 3903. <https://doi.org/10.3390/s22103903>
- Stray, V., & Moe, N. B. (2020). Understanding coordination in global software engineering: A mixed-methods study on the use of meetings and Slack. *Journal of Systems and Software*, 170, 110717. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.110717>
- Udokwu, C., Zimmermann, R., Norta, A., Brandtner, P., Kormiltsyn, A., & Aroh, S. M. (2023). Exerting Qualitative Analytics and Blockchain Requirement-Engineering in Designing and Implementing a Luxury Products Authentication System. *Inventions*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/inventions8010049>
- Xiao, B., Su, K., & Su, X. (2020). A Requirement Engineering Approach to User-Centered Design. *Journal of Physics: Conference Series*, 1453(1), 0–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1453/1/012032>



Metode Pelaksanaan Struktur Baja Crown Berbentuk Sepasang Cincin Lingkar Di Ketinggian + 134,8 m Di Atas Muka Tanah

Aris Dwi Prayogi

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ aries.dprayogi29@gmail.com

Seiring perkembangan zaman dan waktu di Indonesia mendorong tumbuhnya pembangunan gedung. Jakarta merupakan kota yang padat penduduk sehingga lahan menjadi terbatas, hal ini menjadikan permasalahan dalam pembangunan. Sebagai alternatif permasalahan tersebut adalah pembangunan *vertical building*. Perencanaan struktur *vertical building* memerlukan perencanaan yang matang dan koordinasi seksama antara perencana, pelaksana, dan *engineer*. Proyek “Pegadaian Tower” ini terdapat pekerjaan Struktur Baja Cover Crown pada *roof top*. Pemasangan Crown pada ketinggian 139 meter dengan struktur sebagai penopangnya merupakan sebuah tantangan yang berat bagi pelaksana. Proses pelaksanaan yang dilakukan pertama yaitu pekerjaan persiapan, fabrikasi, pemasangan angkur tanam, pekerjaan struktur kolom, *bracket*, tangkai, ring, hingga pekerjaan *finishin*. Pada pelaksanaan pengangkatan baja pada ketinggian 134,8 meter terjadi kendala eksternal yaitu tekanan angin terlalu tinggi sehingga tidak memungkinkan untuk dilaksanakan pengangkatan baja oleh *crane*. Hal tersebut yang menyebabkan terjadi keterlambatan sehingga perlu dilaksanakan pekerjaan lembur.

Kata kunci: Metode Pelaksanaan, Struktur Baja

1. Pendahuluan

Seiring perkembangan zaman dan waktu di Indonesia mendorong tumbuhnya pembangunan gedung. Jakarta sebagai ibu kota negara mempunyai tujuan kegiatan bisnis dan barometer pembangunan di wilayah pulau Jawa. Perkembangan bisnis akan berdampak pada pembangunan gedung-gedung perkantoran. Namun wilayah Jakarta yang cukup padat serta keterbatasan lahan menimbulkan sebuah permasalahan. Sebagai alternatif permasalahan tersebut adalah pembangunan *vertical building*.

Perencanaan struktur *vertical building* memerlukan perencanaan yang matang dan pelaksanaan pembangunan gedung. Selain perencanaan struktur segi arsitektural berperan penting dalam menunjukkan identitas sebuah bangunan gedung terutama perkantoran. Desain arsitektural yang unik mampu menarik perhatian konsumen, menunjukkan karakter perkantoran, dan simbol dari perkantoran tersebut.

Pada proyek “Pegadaian Tower” ini terdapat pekerjaan *Crown/Mahkota* pada lantai tertingginya. *Crown/Mahkota* tersebut merupakan konstruksi baja dengan finishing *Stainless Steel Hairline 316* sebagai *Cover*.



Gambar 1 Gambar Crown/Mahkota

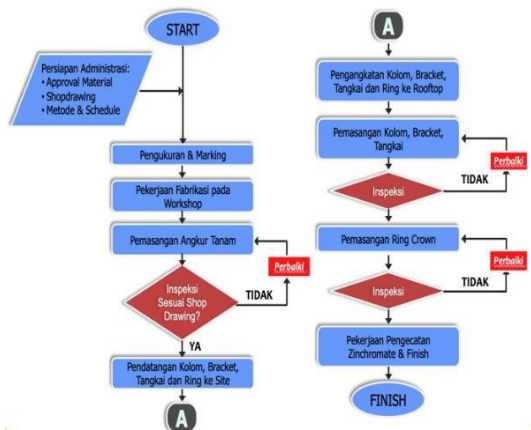
1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas rumusan masalah adalah bagaimana metode pelaksanaan pemasangan konstruksi baja *Crown/Mahkota* di atas ketinggian 139 meter di atas permukaan tanah pada proyek Pegadaian Tower?

1.3. Batasan masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah pelaksanaan struktur baja *Crown/Mahkota* gedung bentuk sepasang cincin dengan diameter besar pada ketinggian +134,8 meter diatas permukaan tanah setempat.

2. Metode



Gambar 2 Bagan Alir Penelitian

2.1. Pekerjaan Persiapan

Pertama, dilakukan pekerjaan persiapan yang meliputi: pembuatan shopdrawing serta melakukan review struktur pekerjaan Baja *Crown* serta berkoordinasi langsung dengan para stakeholder yang akan terlibat dalam pelaksanaan. Selain itu juga dilakukan pekerjaan *joint survey* untuk menentukan titik letak baut/angkur. Pekerjaan ini dilakukan sesuai shopdrawing yang telah disepakati bersama.



Gambar 3 Proses Koordinasi Pra Pelaksanaan

2.2. Pekerjaan Fabrikasi pada Workshop Subkontraktor

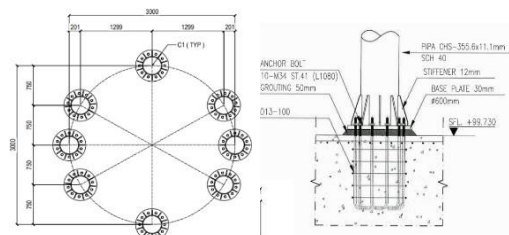
Setelah pekerjaan-pekerjaan persiapan selesai, maka selanjutnya dilakukan pekerjaan fabrikasi pada workshop subkontraktor yang ahli pada bidang pekerjaan baja sesuai gambar shopdrawing dan segment yang disetujui oleh Konsultan MK. Untuk fabrikasi yang dilakukan di workshop merupakan fabrikasi profil baja sesuai *shopdrawing* dan dilaksanakan pemeriksaan mutu secara berkala oleh tim QC dan Konsultan MK.



Gambar 4 Proses Fabrikasi Baja Di Workshop

2.3. Pemasangan Angkur tanam pada Struktur Pondasi *Crown / Mahkota*

Pertama, dilakukan *joint survey* untuk menentukan titik koordinat letak baut/angkur. Pekerjaan ini dilakukan sesuai shopdrawing yang disetujui oleh Konsultan MK. 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 supaya saat pengecoran angkur-angkur tersebut tidak bergeser harus diperkutan ke tulangan pondasi struktur *crown* tersebut.



Gambar 5 Gambar Angkur

2.4. Pekerjaan Perancah

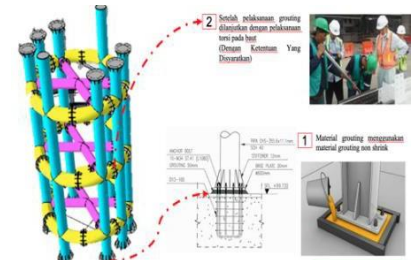
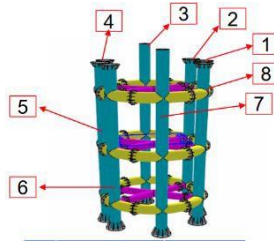
Setelah angkur terpasang dan pekerjaan konstruksi baja telah terkirim dilokasi, maka selanjutnya dilaksanakan pemasangan perancah system ringlock yang berfungsi sebagai akses pekerja untuk menjangkau area pekerjaan erection struktur *Crown/Mahkota Baja* tersebut.

2.5. Pemasangan Kolom *Crown*

Setelah perancah terpasang, maka selanjutnya dilakukan pemasangan kolom yang merupakan pipa baja dengan ukuran 16" dengan TC1, sebelum dilakukan lifting pemasangan material terhadap sling harus benar benar stabil, lalu di lakukan lifting material ke lokasi pemasangan dan di letakkan tepat diatas angkur, sling tidak dilepas sampai kolom dengan angkur terpasang. Pengangkatan segmen Kolom menggunakan Tower Crane 1, dengan perhitungan berat adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Perhitungan Berat untuk Segment Kolom

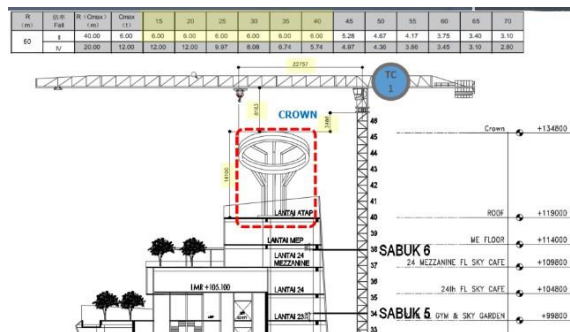
NO	DESKRIPSI	BERAT (KG)
1	KOLOM SEGMENT 1	1029
2	KOLOM SEGMENT 2	1219
3	KOLOM SEGMENT 3	1303
4	KOLOM SEGMENT 4	1219
5	KOLOM SEGMENT 5	1029
6	KOLOM SEGMENT 6	1219
7	KOLOM SEGMENT 7	1303
8	KOLOM SEGMENT 8	1219
9	BALOK BRACING	250



Gambar 7 Pelaksanaan Cek Torsi

Tabel 2 Torsi (Baut)

ASTM A325 / ASTM A449 / SAE GRADE 5						
Bolt Size	TPI	Proof Load (lbs)	Tension Load (lbs)	Tightening Torque (ft-lbs)	Washed	Galv Platin
1/4"	20	2700	2025	4	11	8
5/16"	18	4450	3338	9	22	17
3/8"	16	6600	4950	15	39	31
7/16"	14	9050	6788	21	52	40
1/2"	13	12050	9038	28	70	55
5/8"	12	15450	11588	54	136	105
3/4"	11	19200	14400	75	188	150
7/8"	10	24800	21300	133	333	264
1"	9	32950	29438	215	537	429
1 1/8"	8	51500	39825	322	805	644
1 1/4"	7	54650	42738	397	992	782
1 3/8"	7	71780	57375	560	1400	1120
1 1/2"	6	85450	64088	734	1836	1464
1 5/8"	6	104050	78000	975	2438	1950
1 3/4"	5	104500	78935	1143	2857	2286
2"	4 1/2	137300	103125	1719	4292	3438
2 1/4"	4 1/2	178750	139050	2514	6269	5027
2 1/2"	4	228050	174025	3254	8194	6557
2 3/4"	4	271150	203363	4660	11653	9321
3"	4	328350	246263	6197	15591	12311



Gambar 6 Hubungan Kapasitas TC terhadap Radius Angkat TC 1

2.6. Pekerjaan Sambungan

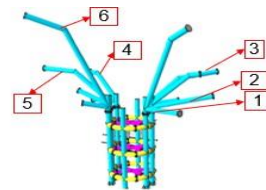
Setelah rangkaian kolom telah terpasang maka selanjutnya dilaksanakan test torsi pada sambunagn untuk memastikan pekerjaan sambungan baja yang dipasang telah sempurna sesuai dengan perencanaan.

2.7. Pekerjaan Test Torsi Baut

Dalam pemasangan baut baja terdapat tahapan yang perlu diperhatikan yakni sebagai berikut:

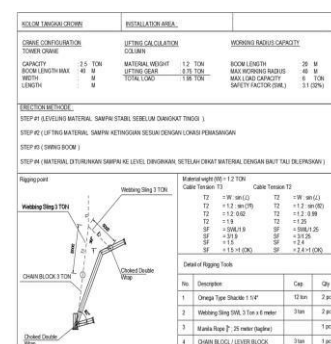
- **Periksa Ulir / Drat**
- **Pengencangan Baut**
- **Sekuen / Urutan**

Kencangkan satu per satu secara berseberangan, jangan langsung ke torsi maksimal, lakukan beberapa kali sampai mencapai nilai torsi sesuai standart yang berlaku. Periksa sekali lagi jika semua sudah terpasang, karena pada pengencangan dengan banyak baut, pengencangan pada satu sisi bisa merubah kekencangan baut pada sisi yang lain.



Gambar 8 Gambar Urutan Kerja & Berat Segment

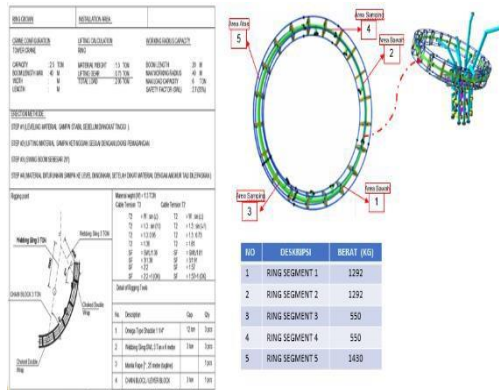
NO	DESKRIPSI	BERAT (KG)
1	KOLOM SEGMENT 1	1190
2	KOLOM SEGMENT 2	1016
3	KOLOM SEGMENT 3	930
4	KOLOM SEGMENT 4	840
5	KOLOM SEGMENT 5	1006
6	KOLOM SEGMENT 6	1220



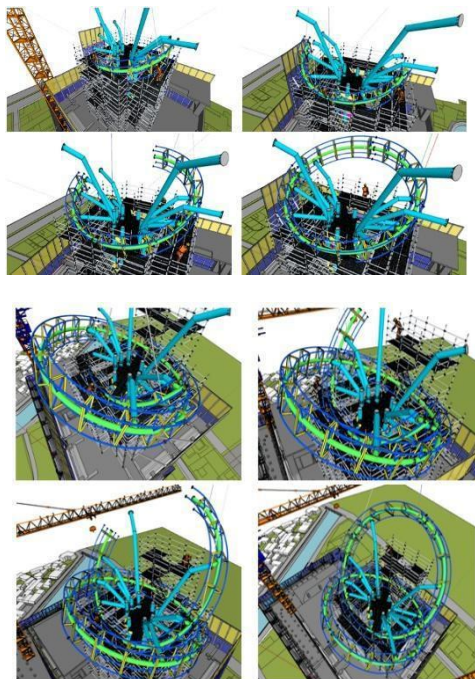
Gambar 9 *Lifting Plan Sheet*

2.9. Pekerjaan Pemasangan Sepasang Ring/Cincin Baja

Sepasang ring dengan diameter 13m dan 11,4m merupakan struktur utama yang akan di finishing dengan menggunakan plat stainless gold dengan grade 316 hairline (tahan terhadap cuaca exterior). Pelaksanaan dimulai dengan ring pertama yang terletak pada area bawah kemudian dilanjut dengan ring kedua pada area atas.



Gambar 10 Perencanaan Segment Lifting



Gambar 11 Pemasangan Ring Area Atas

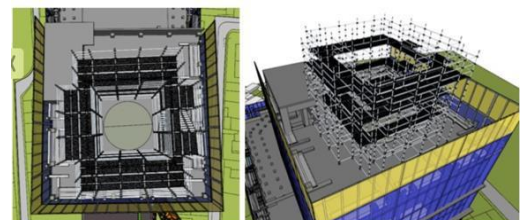
Setelah semua bagian Baja Crown terpasang, maka selanjutnya kerangka Crown Baja di cat ulang untuk bagian-bagian yang tergores dengan menggunakan zinchromate dan cat baja khusus yang tahan terhadap cuaca extyernal agar tahan dari karat. Pengecatan dilakukan secara manual oleh pekerja dengan menggunakan kuas dan rol.

3. Hasil Kerja

Metode yang digunakan dalam pemasangan struktur baja dengan ketinggian + 134,8 meter di atas permukaan tanah sangat kompleks tingkat ketelitian dan pelaksanaannya. Berdasarkan uraian di atas pekerjaan perakitan hingga pengangkatan membutuhkan perhitungan yang tepat agar konstruksi baja tersebut dapat dikerjakan sesuai dengan perencanaan. Serta dibutuhkan operator *tower crane* yang ahli dalam pelaksanaan mengangkat baja tersebut.

Bahan material baja yang berat serta faktor angin mempengaruhi proses pelaksanaan pemasangan *crown* baja tersebut. Berkaitan permasalahan tersebut pekerjaan pemasangan *crown* dibagi beberapa *segment*. *Segment* pertama yaitu dilakukan fabrikasi material karena dengan kondisi material terpisah-pisah akan mempermudah pengangkatan oleh TC. Selanjutnya per bagian konstruksi tersebut diangkat menggunakan *tower crane*.

Material baja yang telah difabrikasi selanjutnya di angkat ke atas gedung untuk dirangkai hingga menjadi konstruksi baja *crown*. Pada *segment* ketiga diperlukan perancah yang kokoh untuk perangkaian baja. Desain perancah bagian bawah menggunakan peancah modular (PCH Sistem Ringlock) dan bagian tangkai serta ring menggunakan perancah tubular. Setelah perancah aman baru dipasang *scaffolding*.



Gambar 12 Desain Perancah

Pemasangan *crown* pada ketinggian +134,8 meter dipengaruhi juga oleh kondisi lingkungan yaitu kondisi angin. Sebelum operator TC melaksanakan pengangkatan fabrikasi perlu dilakukan koordinasi dengan *engineer*, *pengawas lapangan*, *tim safety* yang bertugas untuk memastikan kecepatan angin tidak lebih dari 20 knot (Persyaratan K3L).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kerja di atas dalam metode pelaksanaan pemasangan konstruksi baja *crown* tersebut pada ketinggian +134,8 meter di atas permukaan tanah, memerlukan koordinasi



serta sinergi antara perencana, tim pelaksana, tim *engineer*, tim *safety*, dan tim *medis*. Perletakan *crown* pada ketinggian +134,8 meter bisa terpasang memerlukan proses fabrikasi yang presisi, perlengkapan K3L yang lengkap, pengangkatan dengan Tower Crane, metode perancah yang kokoh, memperhatikan faktor kecepatan angin tidak diperbolehkan lebih 20 knot, dan pemeriksaan kesehatan berkala pada tim yang terlibat serta pengawasan tim *safety rescue* yang siyap siaga saat pelaksanaan.

5. Ucapan Terima Kasih

Akhir kata, diharapkan metode ini dapat menjadi referensi pelaksanaan struktur baja pada ketinggian.

Ucapan terimakasih kepada dosen pembimbing Bapak Ir. Hadi Santoso, M.M., IPM yang memberikan arahan. Project Manager PT PP (Persero) Tbk. proyek Pegadaian Tower yang telah memberikan kepercayaan mengawal proses pelaksanaan struktur khusus tersebut kepada saya. Terimakasih juga saya ucapkan kepada rekan-rekan yang terlibat dalam proses tersebut.

6. 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 Yogyakarta.

Analisis Daya Dukung Tanah (*Deep Boring*) untuk Proyek Penggantian Jembatan Candisari Kabupaten Lamongan

Agus Pindo Basuki¹, Lusya Permata Sari Hartanti², Nur Azizah Affandy³

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

² Program Studi Teknik Industri, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

³ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Lamongan

✉ hippams@gmail.com, lusia.hartanti@ukwms.ac.id, nurazizah@unisla.ac.id

Penelitian ini membandingkan metode pelaksanaan *Bored Pile* dan *Driven Pile* dalam konteks pondasi tiang. Analisis daya dukung tanah menunjukkan bahwa tanah di lokasi pengeboran mampu mendukung beban konstruksi dengan baik. Peningkatan nilai daya dukung tanah seiring dengan kedalaman menunjukkan lapisan tanah di bawah permukaan menjadi lebih padat dan stabil. *Bored Pile* pada kedalaman 400 m dan 600 m memiliki daya dukung tanah berturut-turut sebesar 111,3 ton (QL/SF) dan 180,6 ton (QL/SF). *Driven Pile*, pada kedalaman yang sama, memiliki daya dukung tanah masing-masing sebesar 137,9 ton (QL/SF) dan 222,8 ton (QL/SF). Informasi ini menjadi dasar perencanaan fondasi dan evaluasi stabilitas tanah. Meskipun demikian, analisis lebih lanjut terhadap sifat konsolidasi dan kompaksi tanah serta pertimbangan geoteknik tambahan diperlukan untuk keputusan yang lebih akurat. Kesimpulan ini membentuk dasar untuk merancang struktur yang aman dan stabil sesuai dengan kondisi geoteknik di lokasi proyek.

Kata kunci: *Bored Pile*, *Driven Pile*, Jembatan, Daya Dukung Tanah

Pendahuluan

Penyelidikan tanah sebagai salah satu hal yang sangat penting dalam perencanaan konstruksi fondasi, baik itu fondasi penahan, fondasi gedung, fondasi jembatan, dan lainnya membutuhkan data tanah. Perencanaan konstruksi fondasi harus sesuai dengan kondisi tanah atau kondisi lokasi proyek untuk menjamin keamanan konstruksi terhadap penurunan tanah pergeseran tanah serta bencana alam seperti gempa bumi dan angin dan lain-lain (Rukmana & Ridwan, 2018). Penyelidikan tanah akan memberikan data kondisi tanah yang jelas bagi perencanaan untuk menentukan fondasi konstruksi yang sesuai, sehingga mencapai suatu kestabilan dan keamanan bagi konstruksi itu sendiri dan orang-orang yang menempati bangunan tersebut dari ancaman kejadian alam dan lain-lain (Suri & Sugianto, 2019).

Penyelidikan yang menggunakan mesin bor atau bor dalam (*Deep Boring*) (ASTM D02113 dan ASTM D 01452) dan *Cone Penetrometer Test* (CPT)/Sondir (ASTM D3441) merupakan suatu penyelidikan tanah yang paling lengkap dengan struktur tanah serta density tanah lapangan (Al-Wedyan et al., 2007).

Fondasi bangunan gedung bertingkat, jembatan berbentangan besar, adalah konstruksi yang paling terpenting pada suatu bangunan, sebab fondasi berfungsi penahan seluruh beban (beban hidup dan beban mati) yang berada di atasnya dan gaya-gaya dari luar serta meneruskan beban menuju lapisan tanah pendukung di bawahnya, dan dalam apapun beban yang terjadi baik dari yang disebabkan berat sendiri ataupun beban rencana harus di salurkan kedalam suatu lapisan pendukung dalam hal ini adalah tanah yang di bawah struktur tersebut (Brown & Hettiarachchi, 2008).

Penelitian tentang *bored pile* telah banyak dilakukan, diantaranya oleh (Mubarak, 2014) melakukan kajian

mengenai besaran produktivitas pekerjaan pondasi *bored pile*. Hasil kajiannya mendapatkan nilai produktivitas pekerjaan pondasi *bored pile* sebesar 3.14 m³/jam. (Fadilah, 2018) mengkaji tentang daya dukung pondasi *bored pile* berdasarkan data N-SPT menurut rumus Reese & Wright dan penurunan. Sementara itu Dhiva (2014) melakukan kajian mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas pengeboran *bored pile* dengan menggunakan mesin bor ringan metode *direct wash* dan pengaruhnya terhadap produktivitas pengeboran.

Dengan merencanakan pembangunan penggantian jembatan Candisari di kecamatan Sambeng, Kabupaten Lamongan, yang memiliki bentang 45 m dan lebar 7 m, dilakukan penyelidikan tanah di lapangan sebagai tahap kritis. Proyek ini memerlukan parameter-parameter data tanah yang diperoleh melalui bor mesin/bor dalam (*Deep Boring*) dan *cone penetrometer test* (CPT) di lokasi rencana pembangunan jembatan. Tujuannya adalah untuk memahami karakteristik tanah melalui analisis contoh tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*) di laboratorium, sehingga perencana proyek dapat melakukan perhitungan kekuatan daya dukung tanah dengan tingkat akurasi yang optimal. Penyelidikan tanah ini menjadi langkah kunci dalam memastikan fondasi yang kokoh dan keselamatan jembatan yang direncanakan.

Metode

Lokasi Pekerjaan



Gambar 1 Jembatan Candisari kecamatan Sambeng
Kabupaten Lamongan

Pada Gambar 1 lokasi penyelidikan tanah pada Jembatan Candisari kecamatan Sambeng Kabupaten Lamongan.

Sumber dan Jenis Data

Data yang diperoleh berasal dari CV Rubikon dan mencakup berbagai jenis informasi esensial. Spesifikasi umum dan teknis memberikan pandangan holistik terkait proyek, sementara gambar perencanaan memvisualisasikan rincian secara lebih terperinci. Uraian pekerjaan pondasi atau scope pekerjaan pondasi menjadi landasan untuk memahami tugas-tugas yang harus diselesaikan dalam konteks fondasi, memberikan pemahaman yang mendalam tentang pekerjaan konstruksi yang diharapkan. Semua data ini menjadi sumber daya yang krusial untuk merancang dan melaksanakan proyek dengan akurat dan efektif.

Peralatan

Peralatan lapangan yang digunakan dalam penyelidikan tanah ini mencakup peralatan bor dalam, satu unit mesin bor hidrolis (rotary drilling machine) dengan kapasitas 100 meter, mesin diesel yang sesuai dengan kapasitas mesin bor, serta pompa air dengan kapasitas 50-60 liter per menit. Selain itu, terdapat casing dengan diameter 97 mm, drilling rod dengan diameter 4,05 cm, tabung sampel berukuran panjang 50 cm dan diameter 7,5 cm, serta piston dan piston rol untuk pengambilan sampel tanah yang tidak terganggu (undisturbed sample - UDS). Semua peralatan yang digunakan dalam pekerjaan ini telah memenuhi persyaratan, memiliki ukuran yang sesuai, dan berada dalam kondisi baik tanpa kerusakan atau cacat, sehingga diharapkan mampu memberikan hasil pekerjaan yang optimal.

**Hasil Kerja
Pekerjaan Boring**

Pekerjaan lapangan dilaksanakan mengacu pada ASTM D-1586-84; "Standard Method for Penetration Test and Split Barrel Sampling of Soil". Pengeboran dilakukan dengan pengambilan contoh tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*) dan pelaksanaan SPT setiap interval 2 meter (SPT pertama kali dilaksanakan pada kedalaman – 2.00 meter dari *original ground level*). Pelaksanaan SPT dihentikan setelah harga SPT > 60 sebanyak 3 kali berturut-turut setinggi 45 cm sampai dengan ketebalan minimal 6 meter atau disesuaikan sesuai dengan permintaan.

Dari setiap pengeboran dilakukan pencatatan pelaksanaan pekerjaan terutama masalah teknis lapangan yang terjadi/ditemui. Hasil pekerjaan lapangan tersebut dituangkan kedalam borlog yang menggambarkan elevasi muka tanah terhadap datum. Number of blows standard penetration test dan kedalamannya (dalam angka dan grafik). Kedalaman tanah *undisturbed sample* diambil. Elevasi lapisan batas atas dan bawah dari setiap perubahan lapisan tanah yang ditemui selama pengeboran. Deskripsi jenis tanah untuk tiap interval kedalaman.

Undisturbed Sampling

Proses pengambilan contoh tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*) dilaksanakan dengan interval 2 meter, dimulai pada kedalaman – 1.50 dari permukaan

tanah asli (*original ground*). Pendekatan ini bertujuan untuk mendapatkan representasi yang akurat dari struktur dan karakteristik tanah yang tidak mengalami gangguan atau perubahan signifikan selama proses pengambilan sampel. Dengan dimulainya pada kedalaman tersebut, diharapkan contoh tanah yang diperoleh mencerminkan kondisi tanah sejati di lokasi tersebut, memungkinkan analisis laboratorium yang mendalam untuk memahami sifat-sifat geoteknis dan konsolidasi tanah secara lebih komprehensif.

Penetration Test Standard

Unified Soil Classification dipergunakan untuk menyusun *soil description* atau *lithology*. Bilamana dibutuhkan, tanah tersebut dapat dipakai untuk laboratorium test yang tidak membutuhkan *undisturbed*, untuk itu sample harus dimasukkan dalam kantong plastik yang ditutup dengan baik dan diberi identitas nomor boring dan kedalamannya.

Percobaan SPT dihentikan setelah didapatkan harga SPT ≥ 60 sebanyak 3 (tiga) kali berturut-turut atau disesuaikan sesuai dengan permintaan.

Laboratorium Test

Contoh tanah (*undisturbed sample*) yang dihasilkan dari pengeboran menjalani uji di laboratorium untuk memperoleh indeks dan sifat fisik tanah. Pelaksanaan pengujian mengikuti standar ASTM untuk setiap parameter, dan upaya diambil untuk memastikan bahwa contoh tanah tidak terganggu baik saat dikeluarkan dari *sampler tube* maupun saat pembentukan specimen. Dari masing-masing contoh tanah (*undisturbed sample*), dilakukan berbagai percobaan laboratorium termasuk analisis ukuran butir dan uji hidrometer (ASTM D421 & D422, AASHTO T87 & T88), pengukuran volumetri dan gravimetri (ASTM D2216, D854, D698 & D1557), serta penentuan Atterberg Limits (SNI-1996-2008). Proses ini bertujuan untuk memahami karakteristik tanah secara menyeluruh dan memastikan data yang akurat untuk mendukung perencanaan dan pelaksanaan proyek konstruksi dengan tingkat ketelitian yang tinggi.

Klasifikasi Tanah

Berdasarkan hasil pengeboran dan pelaksanaan SPT, kondisi lapisan tanah dapat diklasifikasikan dalam Tabel 1

Tabel 1 Klasifikasi Tanah

N (blows) γ (kN/m ³) State	Cohesionless soil				
	0 - 3 - very loose	4 - 10 12 - 16 loose	11 - 30 14 - 18 medium	31 - 50 16 - 20 dense	> 50 18 - 23 very dense
N (blows) γ (kN/m ³) Consistency	Cohesive soil				
	< 4 14 - 18 very soft	4 - 6 16 - 18 soft	6 - 15 16 - 18 medium	16 - 25 16 - 20 stiff	> 25 > 20 hard

Sumber : (Bowles, 1988)

Pada Tabel 1, Klasifikasi tanah menjadi "cohesive soil" dan "cohesionless soil" mencerminkan perbedaan mendasar dalam sifat mekanik tanah. "Cohesive soil," seperti lempung dan liat, ditandai oleh daya rekat antarpartikel tanah yang kuat, yang memungkinkan pembentukan gumpalan atau adukan kohesif ketika terpapar air. Di sisi lain, "cohesionless soil," seperti pasir dan kerikil, kurang memiliki daya rekat antarpartikel, sehingga tidak dapat membentuk gumpalan yang signifikan ketika basah.



Klasifikasi ini menjadi kunci dalam rekayasa geoteknik, mempengaruhi desain dan konstruksi fondasi, stabilitas lereng, dan berbagai aspek lain dari proyek konstruksi yang melibatkan tanah. Memahami perbedaan ini memungkinkan insinyur untuk mengambil keputusan yang tepat dalam merancang struktur yang kokoh dan aman sesuai dengan karakteristik tanah yang dihadapi.

Koordinat Titik-Titik Penyelidikan Tanah

Koordinat titik penyelidikan tanah dapat dilihat pada Tabel dibawah ini sebagai berikut :

Tabel 2 Koordinat Titik Penyelidikan Tanah

TITIK	Koordinat (UTM)	
	(Easting)	(Northing)
BH - 1	643571.000 m E	9190796.000 m S

Tabel 3 Perhitungan Daya Dukung 1 Tiang Pondasi dengan Tipe Bored Pile kedalaman 400 mm

Type	Bored Pile														Bor Hole : BH - 1		
Diameter	400 mm																SF : 3
Depth (m)	N	N'	N''	Np	K	qp	Ap	α	Qp (ton)	Ns1	Ns	qs	As	β	Qs (ton)	QL (ton) (Qp+Qs)	P (ton) (QL/SF)
-2.00	54	34.5	34.5	33.8	20	675	0.126	0.85	72.1	50.0	50.0	17.7	2.51	0.80	35.5	107.6	35.9
-4.00	51	33	33.0	34.3	20	700	0.126	0.85	74.6	50.0	50.0	17.7	5.03	0.80	71.0	145.6	48.6
-6.00	60	37.5	37.5	34.2	20	683	0.126	0.85	73.0	50.0	50.0	17.7	7.54	0.80	106.6	179.6	69.9
-8.00	49	32	32.0	30.2	20	603	0.126	0.85	64.4	49.0	49.8	17.6	10.05	0.80	141.4	205.9	68.6
-10.00	27	21	21.0	24.8	20	497	0.126	0.85	53.1	27.0	45.2	16.1	12.57	0.80	161.5	214.6	71.5
-12.00	28	21.5	21.5	22.3	20	447	0.126	0.85	47.7	28.0	42.3	15.1	15.08	0.80	182.3	230.0	76.7
-14.00	34	24.5	24.5	23.6	20	477	0.126	0.85	50.9	34.0	41.1	14.7	17.59	0.80	207.1	256.0	86.0
-16.00	36	25.5	25.5	24.7	20	493	0.126	0.85	52.7	36.0	40.5	14.5	20.11	0.80	233.2	285.9	95.3
-18.00	33	24	24.0	24.7	20	493	0.126	0.85	52.7	33.0	39.7	14.2	22.62	0.80	257.4	310.1	103.4
-20.00	34	24.5	24.5	24.3	20	485	0.126	0.85	51.8	34.0	39.1	14.0	25.13	0.80	282.2	334.0	111.3

Pada Tabel 3, Secara umum, terlihat bahwa daya dukung tanah cenderung meningkat seiring dengan peningkatan kedalaman. Mulai dari kedalaman -2.00 m hingga -20.00 m, terjadi peningkatan bertahap dalam kemampuan tanah untuk menahan beban, yang tercermin dalam nilai beban akumulatif (P) yang semakin besar, mencapai puncaknya pada kedalaman -20.00 m dengan nilai 111,3 ton (QL/SF).

Tabel 4 Perhitungan Daya Dukung 1 Tiang Pondasi Tipe Bored Pile kedalaman 600 mm

Type	Bored Pile															Bor Hole : BH - 1	
Diameter	600 mm															SF : 3	
Depth (m)	N	N'	N''	Np	K	qp	Ap	α	Qp (ton)	Ns1	Ns	qs	As	β	Qs (ton)	QL (ton) (Qp+Qs)	P (ton) (QL/SF)
-2.00	54	34.5	34.5	35.0	20	700	0.283	0.85	168.2	50.0	50.0	17.7	3.77	0.80	83.3	251.5	73.8
-4.00	51	33	33.0	34.3	20	685	0.283	0.85	164.6	50.0	50.0	17.7	7.54	0.80	106.6	271.2	86.4
-6.00	60	37.5	37.5	31.6	20	632	0.283	0.85	151.9	50.0	50.0	17.7	11.31	0.80	159.8	311.7	103.9
-8.00	49	32	32.0	29.0	20	580	0.283	0.85	139.4	49.0	49.8	17.6	15.08	0.80	212.1	351.5	117.2
-10.00	27	21	21.0	27.3	20	546	0.283	0.85	131.2	27.0	45.2	16.1	18.85	0.80	242.3	373.5	124.5
-12.00	28	21.5	21.5	24.9	20	498	0.283	0.85	119.7	28.0	42.3	15.1	22.62	0.80	273.4	393.1	131.0
-14.00	34	24.5	24.5	23.3	20	466	0.283	0.85	112.0	34.0	41.1	14.7	26.39	0.80	310.6	422.6	146.9
-16.00	36	25.5	25.5	24.0	20	480	0.283	0.85	115.4	36.0	40.5	14.5	30.16	0.80	349.8	465.2	155.1
-18.00	33	24	24.0	24.6	20	493	0.283	0.85	118.4	33.0	39.7	14.2	33.93	0.80	386.0	504.4	166.1
-20.00	34	24.5	24.5	24.7	20	493	0.283	0.85	118.6	34.0	39.1	14.0	37.70	0.80	423.2	541.8	168.6

Dalam Tabel 4, secara keseluruhan terlihat bahwa kemampuan daya dukung tanah cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya kedalaman. Mulai dari kedalaman -2.00 m hingga -20.00 m, terdapat peningkatan progresif dalam kemampuan tanah untuk menopang beban, yang tercermin dalam peningkatan nilai beban akumulatif (P), mencapai puncaknya pada kedalaman -20.00 m dengan nilai 180,6 ton (QL/SF).

Tabel 5 Perhitungan Daya Dukung 1 Tiang Pondasi dengan Tipe Driven Pile kedalaman 400 mm

Type	Driven Pile															Bor Hole :	BH - 1
Diameter	400 mm															SF :	3
Depth (m)	N	N'	N''	Np	K	qp	Ap	α	Qp (ton)	Ns1	Ns	qs	As	β	Qs (ton)	QL (ton) (Qp+Qs)	P (ton) (QL/SF)
-2.00	54	34.5	34.5	33.8	20	675	0.126	1.00	84.8	50.0	50.0	17.7	2.51	1.00	44.4	129.2	43.1
-4.00	51	33	33.0	35.0	20	700	0.126	1.00	88.0	50.0	50.0	17.7	5.03	1.00	88.8	176.8	56.9
-6.00	60	37.5	37.5	34.2	20	683	0.126	1.00	85.9	50.0	50.0	17.7	7.54	1.00	133.2	219.1	73.0
-8.00	49	32	32.0	30.2	20	603	0.126	1.00	75.8	49.0	49.8	17.6	10.05	1.00	176.8	252.6	84.2
-10.00	27	21	21.0	24.8	20	497	0.126	1.00	62.4	27.0	45.2	16.1	12.57	1.00	201.9	264.3	86.1
-12.00	28	21.5	21.5	22.3	20	447	0.126	1.00	56.1	28.0	42.3	15.1	15.08	1.00	227.9	284.0	94.7
-14.00	34	24.5	24.5	23.6	20	477	0.126	1.00	59.9	34.0	41.1	14.7	17.59	1.00	258.9	318.8	106.3
-16.00	36	25.5	25.5	24.7	20	493	0.126	1.00	62.0	36.0	40.5	14.5	20.11	1.00	291.5	353.5	117.8
-18.00	33	24	24.0	24.7	20	493	0.126	1.00	62.0	33.0	39.7	14.2	22.62	1.00	321.7	383.7	127.9
-20.00	34	24.5	24.5	24.3	20	485	0.126	1.00	60.9	34.0	39.1	14.0	25.13	1.00	352.7	413.6	137.9

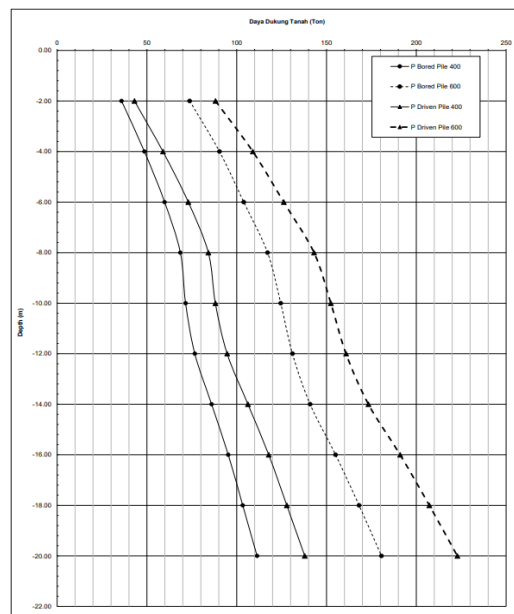
Dalam Tabel 5. hasil analisis kemampuan daya dukung tanah menggunakan Driven pile menunjukkan bahwa secara keseluruhan, terlihat adanya kecenderungan peningkatan kemampuan daya dukung tanah seiring dengan meningkatnya kedalaman. Mulai dari kedalaman -2.00 m hingga -20.00 m, terjadi peningkatan secara progresif dalam kemampuan tanah untuk menahan beban, yang tercermin dalam peningkatan nilai beban akumulatif (P), mencapai puncaknya pada kedalaman -20.00 m dengan nilai 137,9 ton (QL/SF).

Tabel 6 Perhitungan Daya Dukung 1 Tiang Pondasi dengan Tipe Driven Pile kedalaman 600 mm

Type	Driven Pile														Bor Hole : BH - 1		
Diameter	600 mm														SF : 3		
Depth (m)	N	N'	N''	Np	K	qp	Ap	α	Qp (ton)	Ns1	Ns	qs	As	β	Qs (ton)	QL (ton) (Qp+Qs)	P (ton) (QL/SF)
-2.00	54	34.5	34.5	35.0	20	700	0.283	1.00	197.9	50.0	50.0	17.7	3.77	1.00	66.6	264.5	88.2
-4.00	51	33	33.0	34.3	20	685	0.283	1.00	193.7	50.0	50.0	17.7	7.54	1.00	133.2	326.9	109.0
-6.00	60	37.5	37.5	31.6	20	632	0.283	1.00	178.7	50.0	50.0	17.7	11.31	1.00	199.8	378.5	126.2
-8.00	49	32	32.0	29.0	20	580	0.283	1.00	154.0	49.0	49.8	17.6	15.08	1.00	265.2	429.1	143.0
-10.00	27	21	21.0	27.3	20	546	0.283	1.00	154.4	27.0	45.2	16.1	18.85	1.00	302.8	457.2	152.4
-12.00	28	21.5	21.5	24.9	20	498	0.283	1.00	140.8	28.0	42.3	15.1	22.62	1.00	341.8	482.6	160.9
-14.00	34	24.5	24.5	23.3	20	466	0.283	1.00	131.6	34.0	41.1	14.7	26.39	1.00	388.3	520.1	173.4
-16.00	36	25.5	25.5	24.0	20	480	0.283	1.00	135.7	36.0	40.5	14.5	30.16	1.00	437.3	573.0	191.0
-18.00	33	24	24.0	24.6	20	493	0.283	1.00	139.3	33.0	39.7	14.2	33.93	1.00	482.5	621.8	207.3
-20.00	34	24.5	24.5	24.7	20	493	0.283	1.00	139.5	34.0	39.1	14.0	37.70	1.00	529.0	668.5	222.8

Dalam Tabel 6, hasil analisis daya dukung tanah dengan Driven pile secara umum menunjukkan bahwa kapasitas tanah untuk menopang beban cenderung meningkat seiring dengan kedalaman yang bertambah. Mulai dari kedalaman -2.00 m hingga -20.00 m, terlihat peningkatan progresif dalam kemampuan tanah untuk menahan beban, yang tercermin dalam kenaikan nilai beban akumulatif (P), mencapai puncaknya pada kedalaman -20.00 m dengan angka sebesar 222,8 ton (QL/SF).

GRAFIK DAYA DUKUNG 1 TIANG PONDASI
Project : Penggantian Jembatan Candisari
Location : Kab. Lamongan
Bore Hole : BH - 1



Gambar 2 Hasil Analisa Daya Dukung tanah Bored Pile dan Driven Pile

Tabel 7 Bore Log[illegible]

Berdasarkan hasil *Bore Log* di atas, dapat disimpulkan bahwa kondisi tanah di lokasi pengeboran menunjukkan variasi lapisan dengan karakteristik yang berbeda. Pada kedalaman 1.50 - 2.00 m, terdapat lapisan lempung kelanauan coklat dengan nilai N SPT sebesar 54, menunjukkan tingkat kekompakan yang relatif tinggi. Selanjutnya, pada kedalaman 3.50 - 4.00 m, lapisan lempung cadas coklat memiliki nilai N SPT sebesar 51, menunjukkan sifat tanah yang cukup stabil. Di kedalaman 7.50 - 8.00 m, lapisan lempung kepasiran abu-abu cadas memiliki nilai N SPT sebesar 49, menandakan sifat tanah yang cukup kohesif. Pada kedalaman 11.50 - 12.00 m, terdapat lapisan lempung kelanauan abu-abu dengan nilai N SPT sebesar 28, dan pada kedalaman 15.50 - 16.00 m, lapisan lempung kelanauan abu-abu menunjukkan nilai N SPT sebesar 36. Kesimpulan ini memberikan gambaran yang berguna untuk perencanaan fondasi dan konstruksi, mengingat perbedaan karakteristik tanah pada kedalaman tertentu dapat mempengaruhi desain struktur secara signifikan.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis data daya dukung tanah, dapat diambil kesimpulan akhir bahwa tanah di lokasi pengeboran menunjukkan kapasitas yang memadai untuk mendukung beban konstruksi. Peningkatan nilai daya dukung tanah seiring dengan peningkatan kedalaman memberikan indikasi bahwa lapisan tanah di bawah permukaan cenderung menjadi lebih padat dan stabil. Pada *Bored Pile* dengan kedalaman 400 m dan 600 m diperoleh daya dukung tanah 111,3 ton (QL/SF) dan 180,6 ton (QL/SF). Sedangkan untuk *Driven Pile* dengan kedalaman 400 m dan 600 m diperoleh daya dukung 137,9 ton (QL/SF) dan 222,8 ton (QL/SF). Informasi ini dapat dijadikan dasar penting dalam perencanaan fondasi dan evaluasi stabilitas tanah untuk proyek konstruksi di lokasi tersebut. Namun, untuk keputusan yang lebih rinci dan akurat, analisis lebih lanjut terhadap sifat konsolidasi dan kompaksi tanah serta pertimbangan geoteknik tambahan diperlukan. Kesimpulan ini menjadi landasan untuk merancang struktur yang aman dan stabil sesuai dengan kondisi geoteknik yang ditemui di area proyek.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada CV Rubikon dan Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Kabupaten Lamongan

Referensi

- Al-Wedyan, H. M., Bhat, R. B., & Demirli, K. (2007). Whirling Vibrations in Boring Trepanning Association Deep Hole Boring Process: Analytical and Experimental Investigations. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 129(1), 48–62. <https://doi.org/10.1115/1.2280610>
- Bowles, J. E. (1988). *“Foundation Analysis and Design”*, .
- Brown, T., & Hettiarachchi, H. (2008). Estimating Shear Strength Properties of Soils Using SPT Blow Counts: An Energy Balance Approach. *GeoCongress 2008*, 364–371. [https://doi.org/10.1061/40972\(311\)46](https://doi.org/10.1061/40972(311)46)
- Fadilah, U. N. , & T. H. (2018). Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data N-SPT Menurut Rumus Reese&Wright Dan Penurunan. *Jurnal IKRA-ITH Teknologi*, 2(3), 7–13.
- Mubarak, B. A. T. , & Y. M. (2014). Studi nilai produktivitas pekerjaan pondasi bored pile. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala*, 3(2), 199–208.
- Rukmana, Y. Y., & Ridwan, M. (2018). Geological Engineering Characteristics of the Residual Soil: Implementation for Soil Bearing Capacity at Gayungan, Surabaya, East Java. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 288, 012157. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/288/1/012157>
- Suri, S., & Sugianto, M. A. (2019). COMPARISON OF BORED PILE AXIAL BEARING CAPACITY BASED ON VESICâ€™S METHOD (1970), STANDARD PENETRATION TEST (SPT), AND LOADING TEST IN THE PROJECT OF ELEVATED TOLL ROAD JAKARTA â€“ CIKAMPEK STA.9+500 â€“ STA.47+000. *Journal of Green Science and Technology*, 2(3). <https://doi.org/10.33603/jgst.v2i3.2147>



Redesain Mini Concrete Pump Dengan Pendekatan Dfma Dan Analisis Struktur

Anda Iviana Juniani^{1,2}, Tri Andi Setiawan²,
Muchammad Ragil Prawira²

¹ Program Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya

² Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya

✉ andaiviana@ppns.ac.id

Tahap konseptual desain memegang peran penting dalam proses manufaktur produk *Mini Concrete Pump*, hal ini didukung oleh adanya interaksi yang kuat dan signifikan pada tahap desain awal dengan proses manufaktur, waktu perakitan dan biaya produksi produk. Desain yang lebih mudah dirakit akan meningkatkan efisiensi penggunaan waktu yang berujung pada penurunan biaya produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi desain *Mini Concrete Pump* menggunakan Analisis Struktur dan DFMA (*Design for Manufacturing and Assembly*). Metode DFMA berfokus pada redesign dengan bentuk yang paling sederhana dan tidak merubah fungsionalitas dari produk tersebut. Langkah awal dari penelitian adalah identifikasi desain awal produk *Mini Concrete Pump* dengan metode *Design for Assembly* (DFA) untuk perbaikan rancangan seperti penggantian material dan saran pengurangan part yang tidak memberikan nilai tambah secara signifikan. Berdasarkan evaluasi ini didapatkan 1 konsep redesign yang memiliki jumlah part lebih sedikit dari desain awal dengan tingkat kerumitan desain yang dapat dikurangi. Kemudian dilakukan Analisis Struktur dengan software FUSION 360 untuk mengetahui kekuatan struktur atau safety factor pada desain awal dan produk redesign tersebut. Selanjutnya dilakukan simulasi DFMA untuk mengetahui selisih waktu perakitan serta biaya komponen pembentuk ketiga desain tersebut. Hasil dari penelitian ini memaparkan bahwa safety factor dapat ditingkatkan sebesar 14,96%, waktu perakitan berkurang hingga 19,07%, jumlah komponen berkurang hingga 15%, serta efisiensi perakitan berkurang hingga 18,41%.

Kata kunci: analisis struktur, DFMA, desain efisiensi, redesign, *safety factor*

Pendahuluan

Tingkat kerumitan desain merupakan faktor yang dapat mempengaruhi durasi perakitan yang berujung pada biaya produksi pada suatu produk. Setiap produk tidak dapat terlepas dari proses desain. Proses desain memakan lebih dari 70% dari total biaya pembuatan produk (Bothroyd dan Dewhurst, 2002). Desain produk yang paling sederhana berujung pada proses pengerjaan yang singkat sehingga biaya menjadi sangat minimum. DFMA adalah kombinasi dari 2 metode, yakni *Design for Manufacture* (DFM) dan *Design for Assembly* (DFA). *Design for Manufacture* merupakan desain yang mempertimbangkan kemudahan saat proses manufaktur part/komponen yang akan membentuk sebuah produk, sedangkan *Design for Assembly* merupakan desain yang mempertimbangkan kemudahan perakitan part/komponen yang akan membentuk sebuah produk. Secara umum, software yang dikembangkan oleh Boothroyd Dewhurst, Inc. terbagi atas 2, yakni DFA: Product Simplification dan DFM: Concurrent Costing (Boothroyd, 1994).

Pembuatan produk *Mini Concrete Pump* ini memerlukan biaya yang cukup besar sehingga banyak pasar yang kesulitan dalam menjangkau harga produk ini. Hal ini dapat

diatasi dengan penggunaan metode DFMA untuk pengurangan biaya produksi dari pengurangan waktu perakitan.

Penerapan DFMA ini bertujuan untuk mengurangi jumlah operasi perakitan dengan mengurangi jumlah parts dan membuat proses perakitan lebih mudah dilakukan yang berdampak pada pengurangan waktu perakitan dengan hasil pengurangan biaya pengerjaan yang terjadi pada produk.

Analisis ini diawali dengan identifikasi desain awal dengan metode DFA (*Design for Assembly*) untuk mengetahui bagian part mana saja yang dapat direduksi ataupun diganti. Setelah teridentifikasi langkah selanjutnya adalah pembuatan konsep desain baru yang memiliki jumlah part yang lebih sedikit dari desain awal.

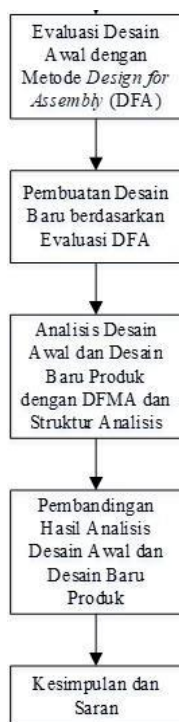
Kedua konsep desain tersebut akan masuk ke tahap analisis struktur yang berujung pada safety factor pada masing-masing konsep desain. Hasil analisis structure tersebut akan dilanjutkan dengan simulasi menggunakan software DFMA. Setelah diketahui detail perakitan pada masing-masing konsep desain, maka dilakukan perbandingan yang bertujuan untuk mencari konsep desain yang lebih optimal. Penggunaan metode Analisis Structure dan DFMA

diharapkan dapat memberikan solusi untuk masalah desain pada produk Mini Concrete Pump.

Metode

2.1. Evaluasi Desain Awal dengan Metode Design for Assembly

Tahapan ini berisi tentang evaluasi desain awal dengan metode DFA (lihat Gambar 1). Desain awal dari produk yang telah ditentukan untuk re-design, dievaluasi dengan metode design for assembly (DFA). Evaluasi ini bertujuan untuk mengefisiensi waktu perakitan pada suatu produk agar biaya perakitan yang dikeluarkan dapat direduksi.



Gambar 1 Metode Penelitian

2.2. Pembuatan Desain Baru Berdasarkan Evaluasi DFA

Desain awal *mini concrete pump* tersebut menjadi patokan pada evaluasi DFA untuk re-design produk tersebut dengan tujuan memangkas waktu perakitan dan mereduksi biaya perakitan agar mendapatkan desain baru yang lebih efisien. Desain baru yang dihasilkan berasal dari desain awal produk yang telah mengalami pengurangan part ataupun pengurangan kerumitan desain dengan mempertimbangkan efisiensi tetapi tidak mengurangi fungsional dari produk tersebut agar performa dari produk tersebut tetap terjaga beserta kualitas dari produk tersebut.

2.3. Analisis Desain Awal dan Desain Baru Produk dengan DFMA dan Struktur Analisis

Tahapan ini adalah kelanjutan proses pembuatan desain baru berdasarkan evaluasi DFA. DFMA adalah kombinasi dari Design for Assembly (DFA) dan Design for Manufacture

(DFM). DFMA digunakan untuk tiga kegiatan utama (Boothroyd, 1994):

- Sebagai dasar untuk penelitian rekayasa bersamaan pada penyederhanaan struktural untuk menghemat manufaktur dan biaya perakitan.
- Sebagai alat untuk menganalisis produk saingan dan mengukur tantangan produksi dan perakitan.
- Sebagai alat bantu biaya untuk membantu mengendalikan pengeluaran dan menegosiasikan kontrak dengan pemasok.

DFMA menyediakan struktur desain yang lebih mudah tanpa meninggalkan kebutuhan pelanggan atau mengorbankan kualitas produk. Bentuk desain yang sederhana juga menyeimbangkan waktu perakitan yang lebih singkat dan mengurangi biaya produksi. Ada banyak metodologi DFA, tetapi yang paling luas adalah metodologi Boothroyd-Dewhurst (B&D). Metodologi B&D memberikan empat indikator untuk implementasinya: waktu perakitan, biaya perakitan, jumlah minimum komponen, dan desain efisiensi (Ezpeleta et al., 2019). Adapun asumsi kritis yang digunakan dalam metodologi B&D:

- Bagian ditambahkan satu per satu selama perakitan.
- Komponen hadir dalam jumlah besar dan berorientasi secara acak.
- Perancang memiliki informasi lengkap tentang dimensi bagian.

Tujuan dari DFMA adalah untuk mengurangi struktur produk untuk membuat perakitan lebih mudah dan untuk meningkatkan komponen untuk membuat manufaktur lebih mudah. Hal ini juga memungkinkan desainer untuk mengurangi jumlah komponen yang digunakan, menyederhanakan dan mengurangi sejumlah prosedur manufaktur, menggunakan suku cadang dan bahan standar, desain untuk penyambungan yang efisien, produksi suku cadang, dan perakitan, dan menggunakan suku cadang umum di seluruh lini produk, serta menghilangkan atau mengurangi jumlah penyesuaian yang dibutuhkan.

Analisis DFMA yang dilakukan adalah perhitungan efisiensi perakitan dan waktu perakitan yang berdampak pada pengurangan biaya produksi pada produk tersebut serta perhitungan safety factor sebagai acuan kekuatan struktur pada produk desain. Perhitungan efisiensi perakitan menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

$$E_m = \frac{(N_{min} \times t_a \times 100)}{t_m} \text{ Persamaan (1)}$$

Perancangan chassis yang dilakukan harus memperhatikan tipe bahan yang digunakan agar rancangan dapat dikatakan aman. Besar tegangan yang terjadi harus lebih kecil atau sama dengan tegangan ijinnya. Hal ini digunakan sebagai acuan faktor keamanan atau safety factor disingkat "sf" adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi agar elemen mesin terjamin aman dengan dimensi yang minimum atau kecil. Menurut Vidosic (1957) dalam (Fitriyanto, 2017), memberikan safety factor berdasarkan tegangan luluh, sebagai berikut:

- $sf = 1,25 - 1,5$: untuk bahan yang sesuai dengan penggunaan pada kondisi terkontrol dan tegangan yang bekerja dapat ditentukan dengan pasti.
- $sf = 1,5 - 2,0$: untuk bahan yang sudah diketahui, dan pada kondisi lingkungan beban dan tegangan yang tetap dan dapat ditentukan dengan mudah.
- $sf = 2,0 - 2,5$: untuk beban yang beroperasi secara rata-rata dengan batasan beban yang diketahui.
- $sf = 2,5-3,0$: untuk bahan yang diketahui tanpa mengalami tes. Pada kondisi ini, beban dan tegangan rata-rata.
- $sf = 3,0-4,5$: untuk bahan yang sudah diketahui. Beban dan tegangan yang tidak pasti, dan kondisi lingkungan yang juga tidak pasti.

Perhitungan safety factor dapat menggunakan persamaan (2) sebagai berikut:

$$sf = \frac{\sigma_y}{\sigma_{max}} \quad \text{Persamaan (2)}$$

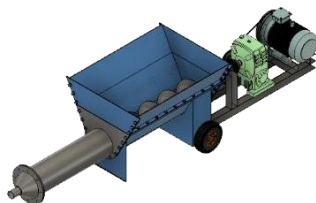
2.4. Perbandingan Hasil Analisis Desain Awal dan Desain Baru Produk

Tahapan ini dilakukan setelah kedua desain telah di analisis, dan hasil dari analisis kedua desain tersebut dibandingkan untuk mengetahui keunggulan dari salah satu desain tersebut. Desain baru produk diharapkan memiliki keunggulan terhadap desain awal produk agar tujuan dari redesign produk dapat tercapai dan desain baru produk dapat dikatakan lebih efisien dari desain awal produk. Dengan beberapa pencapaian tersebut optimalisasi produk yang dilakukan tersebut dapat dianggap berhasil.

Hasil Kerja

3.1 Analisis DFMA Desain Awal Produk

Mini concrete pump adalah salah satu peralatan konstruksi yang berfungsi untuk mendistribusikan adonan semen yang telah dicampur oleh mixer menuju ke titik pengecoran yang dibutuhkan. Mixer yang digunakan biasanya merupakan peralatan konstruksi yang relative besar dengan dimensi yang tidak memungkinkan jika berada di lahan sempit atau terbatas. Mini concrete pump (lihat Gambar 2) ini membantu pendistribusian semen dari mixer untuk mencapai titik pengecoran yang sulit digapai seperti pada ketinggian tertentu, untuk maksimal jangkauan ketinggian dari peralatan ini hanya mencapai 4 meter.



Gambar 2 Desain Awal Mini Concrete Pump

Tabel 1 Sequence Desain Awal Mini Concrete Pump

N o	Nama Part	Dimensi (mm)	Sequenc e
1	Conveyor Troughs	1000 x 578 x 345	1
2	Troughs End	36 x 578 x 345	2
3	Hopper	1036 x 795,6 x 204	3
4	Bearing UFC	65, 2 x 130 x 130	4
5	Kaki Roda	200 x 446, 67 x 450	5
6	Penyangga Depan	12 x 446, 67 x 416	6
7	As Roda	646, 67 x 19 x 19	7
8	Roda	254, 78 x 80,6 x 254, 78	8
9	Dudukan Gearbox & Motor Listrik	1200 x 310 x 65	9
10	Bracket Bearing	65 x 180 x 305	10
11	Screw Conveyor 7 Blade	1800 x 210 x 210	11
12	Poros	480 x 45 x 45	12
13	Chain Coupling	105 x 90 x 90	13
14	Gearbox Speed Reducer	287x 387 x 395	14
15	Pulley V Double	43 x 128 x 128	15
16	Motor Listrik	464 x 300 x 340	16
17	Pulley B 25 cm	62, 5 x 276 x 276	17
18	V Belt	431 x 3, 5 x 270	18
19	Through Output	800 x 578 x 345	19
20	Hose Pump Connector	232, 5 x 330 x 330	20

Tabel 2 Report Analysis Totals Desain Awal

Per product data						
	Entries (including repeats)	Number of different parts	Total time, s	Labor cost, \$	Item costs (including tooling), \$	Weight, kg
Parts	35	20	287,85	2,82	2011,01	321,10
Subassemblies:						
Partially or fully analyzed	5	3	47,45	0,47	0,00	0,00
Named only	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Excluded	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Operations:						
Standard	0	0	0,00	0,00	-	-
Library	0	0	0,00	0,00	-	0,00
Column Totals	40	23	335,30	3,29	* 2011,01	** 321,10

Cost totals based on a product life volume of 10.000

	Labor cost, \$	Other operation cost, \$	Manuf. piece part cost, \$	Total cost without tooling, \$	Assy. tool or fixture cost, \$	Manuf. tooling cost, \$	Total cost, \$
Cost per product	3,29	0,00	2011,01	2014,30	0,00	0,00	2014,30
Production life cost	32.872	0	20.110.100	20.142.972	0	0	20.142.972

*Note: Manufacturing piece part costs not given for some items. Total cost may be incomplete.

**Note: Weight not given for some items. Total weight may be incomplete.

DFMA Index

Theoretical minimum number of items	23
DFMA Index	20,1

Production data

Overall plant efficiency, %	85,00
Labor rate, \$/hr	30,00

Assembly efficiency dari desain awal adalah:

$$E_m = \frac{(N_{min} x t_o x 100)}{t_m} \quad \text{Persamaan 2}$$

$$E_m = \frac{23 \times 3 \times 100}{335.30}$$

$$E_m = 20,6$$

Keterangan:

E_m = Assembly efficiency

N_{min} = Jumlah komponen minimum secara teori

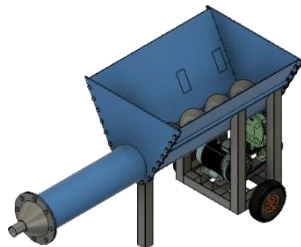
t_a = Jumlah waktu perakitan

t_m = Waktu perakitan ideal untuk satu komponen (3 detik)

Tabel 3 Suggestion for Redesign

Nama Komponen	Nomor Komponen	Quantity	Time Savings, (s)
Bearing UFC	4	1	6,35
Kaki Roda	5	1	3,45
Penyangga depan	6	1	8,65
Chain Coupling	13	1	5,95
UNP panjang	9	3	25,95
UNP pendek	9	3	25,95
Plat	10	1	8,65
UNP	10	3	25,95
		Totals	110,90

3.2 Analisis DFMA Redesain Mini Concrete Pump



Gambar 2 Konsep Redesign Mini Concrete Pump

Tabel 4 Sequence Redesign Mini Concrete Pump

No	Nama Part	Dimensi (mm)	Sequence
1	Conveyor Trough	1000 x 795.6 x 549	1
2	Through End	36 x 795.6 x 549	2
3	Kaki Roda 1. Lancip	385 x 65 x 65	3
3	2. Support berlubang	232 x 65 x 65	3
3	3. Support penyangga	180 x 65 x 65	3

No	Nama Part	Dimensi (mm)	Sequence
3	4. Support depan	386 x 65 x 65	3
4	As Roda	Ø19 x 1200	4
5	Trolley Wheel	Ø255 x 81	5
6	UCF 208	65, 2 x 130 x 130	6
7	Screw Conveyor	1800 x 210 x 210	7
8	Dudukan Gearbox dan Motor	310x 65 x 65	8
9	Poros	Ø45 x 480	9
10	Speed Reducer (Gearbox)	180 x 130 x 10	10
11	Polea de Double V	287x 387 x 395	11
12	Pulley 1. Poros Screw	Ø81 x 22	12
12	2. Poros Gearbox	Ø81 x 22	12
13	HXP (Motor Listrik)	464 x 300 x 340	13
14	Pulley b	62, 5 x 276 x 276	14
15	V belt 1. Motor ke Gearbox	431 x 3, 5 x 270	15
15	2. Gearbox ke poros	616 x 3.5 x 100	15
16	Trough output 1. Pipa	330 Ø x 800	16
16	2. Plate	580 x 350 x 8	16
17	Hose pump connector	232, 5 x 330 x 330	17

Tabel 5 Report Analysis Redesign Mini Concrete Pump

Per product data						
	Entries (including repeats)	Number of different parts	Total time, s	Labor cost, \$	Item costs (including tooling), \$	Weight, kg
Parts	30	18	246,70	2,42	1981,36	277,10
Subassemblies:						
Partially or fully analyzed	4	4	24,65	0,24	0,00	0,00
Named only	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Excluded	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Operations:						
Standard	0	0	0,00	0,00	-	-
Library	0	0	0,00	0,00	-	0,00
Column Totals	34	22	271,35	2,66	* 1981,36	** 277,10

Cost totals based on a product life volume of 10.000

	Labor cost, \$	Other operation cost, \$	Manuf. piece part cost, \$	Total cost without tooling, \$	Assy. tool or fixture cost, \$	Manuf. tooling cost, \$	Total cost, \$
Cost per product	2,66	0,00	1981,36	1984,02	0,00	0,00	1984,02
Production life cost	26.602	0	19.813.600	19.840.202	0	0	19.840.202

*Note: Manufacturing piece part costs not given for some items. Total cost may be incomplete.

**Note: Weight not given for some items. Total weight may be incomplete.

DFA Index	
Theoretical minimum number of items	22
DFA Index	23,8

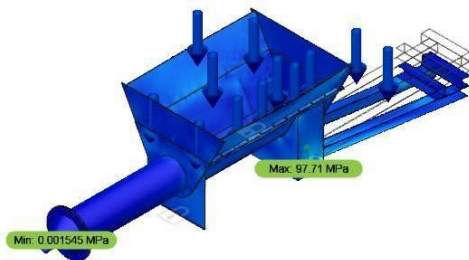
Production data	
Overall plant efficiency, %	85,00
Labor rate, \$/hr	30,00

Assembly efficiency dari redesign 1 adalah:

$$E_m = \frac{N_{min} \times t_a \times 100}{tm}$$
$$E_m = \frac{22 \times 3 \times 100}{271,35}$$
$$E_m = 24,3$$

3.3 Analisis Struktur

Pembebanan pada kekuatan struktur terdapat pada 3 area dengan masing-masing gaya F_1 sebesar 6879, 6 N pada pembebanan area *hopper* dan *body*, F_2 sebesar 8172, 5 N pada pembebanan area kaki roda dan penyangga depan, dan F_3 sebesar 98, 09 N pada pembebanan areaudukan *gearbox* dan *motor*.

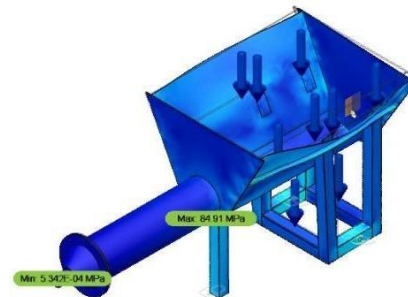
**Gambar 3** Hasil Analisis Struktur Desain Awal Mini Concrete Pump

Hasil analisa *stress* pada struktur desain awal dengan material ASTM A36 yaitu maksimal sebesar 97, 71 MPa dengan *safety factor* yang dapat dihitung dengan persamaan (3.2):

$$SF = \frac{\sigma_y}{\sigma_{maks}}$$
$$= \frac{250 \text{ Mpa}}{93,09 \text{ Mpa}}$$
$$= 2,67$$

Persamaan (4)

Hasil *safety factor* sebesar 2,54 lebih besar dari 2,5 maka *initial design* mampu menerima beban sebesar 351 kg.

**Gambar 4** Hasil Analisis Struktur Redesign Mini Concrete Pump

Hasil analisa *stress* pada struktur *redesign* dengan material ASTM A36 yaitu maksimal sebesar 84,91 Mpa dengan *safety factor* yang dapat dihitung dengan persamaan (3.2):

$$SF = \frac{\sigma_y}{\sigma_{maks}}$$
$$= \frac{250 \text{ Mpa}}{84,91 \text{ Mpa}}$$
$$= 2,92$$

Hasil *safety factor* sebesar 2,92 lebih besar dari 2,5 maka *redesign 1* mampu menerima beban sebesar 351 kg

3.4 Analisis Perbandingan Desain Awal dan Redesain Mini Concrete Pump

Tabel 6 Perbandingan Hasil Analisis

Parameter	Initial Design	Redesign 1
Static Stress		
Stress (Mpa)	97,71	84,9
Safety Factor	2,54	2,92
Per Product Data		
Entries (including repeats)	35	30
Number of different entries	20	18
Total assembly labour time, s	335,30	271,35
Weight kg	321,10	277,10
Per Product Cost		
Labour cost, GBP	3,29	2,66
Mfg. piece part cost, GBP	2011,01	1981,36
Total cost without tooling, GBP	2014,30	1984,02
Mfg. tooling cost, GBP	0,00	0,00
Total cost, GBP	2014,30	1984,02
DFA Index		
Theoretical minimum number of items	23	22
DFA Index	20,1	23,8



Kesimpulan

Dari hasil simulasi kedua konsep desain mini concrete pump yang telah dipaparkan, dapat disimpulkan bahwa konsep redesign memenuhi kriteria yang ditunjukkan dengan nilai safety factor 2, 92, labour time 271, 35 s, manufacturing cost paling rendah senilai \$1984, 02 setara dengan Rp. 29.665.067, - dengan kurs 14.952. Maka konsep desain yang memiliki hasil simulasi terbaik atau dapat dikatakan sebagai desain produk yang berkelanjutan adalah redesign 1 mini concrete pump

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih dipersembahkan untuk keluarga atas segala doa dan dukungan, kemudian untuk PPNS atas kesempatan yang diberikan, dan LPDP.

Referensi

- Antony Kishore M, dan Arunkumar Subbaiah., DFMA and Sustainability Analysis in Product Design. Journal of Physics: Conference Series, 2020, pp. 1-9.
- Boothroyd, G.; Dewhurst, P.; Knight, W.A. Product Design for Manufacturing and Assembly, 3rd ed.; CRC Press, Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, USA, 2011
- Ezpeleta, I., Justel, D., Bereau, U., & Zubelzu, J. (2019). DFA-SPDP, a new DFA method to improve the assembly during all the product development phases.

- Procedia CIRP, 84, 673–679.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.273>
- Geoffrey Boothroyd, Peter Dewhurst, W. A. K. (2011). Product Design for Manufacture and Assembly Third Edition.
- Juniani, A.I.; Singgih, M.L.; Karningsih, P.D. Design for Manufacturing, Assembly and Reliability on Product Redesign: Literature Review and Research Direction. In Proceedings of the Second Asia Pacific International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Surakarta, Indonesia, 14–16 September 2021.
- Juniani, A. I., Singgih, M. L., & Karningsih, P. D. (2022). Design for Manufacturing, Assembly, and Reliability: An Integrated Framework for Product Redesign and Innovation. Designs, 6(5), 88.
<https://doi.org/10.3390/designs6050088>
- Nainggolan, Youvita, Amani Nurul K, dan Ryan Salim. Modul DFMA Product Design for Manufacture and Assembly. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pranstya, Arventa L. (2017). Redesign Sepeda Pascastroke dengan Pendekatan Design for Manufacturing and Assembly. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Fakultas Teknologi Industri, Surabaya.
- Panjaitan, Martin H. (2021). Rancang Bangun Mini Concrete Pump dengan Sistem Conveyor. Tugas Akhir, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Teknik Desain & Manufaktur, Surabaya.
- Subbaiah, Arunkumar, dan Kishore M. Antony., Integration of DFMA and Sustainability. International Journal of Sustainable Engineering, 2021, pp. 1-15.



Pembangunan Sistem Pertanian Terpadu dari Hulu ke Hilir dalam Rangka Meningkatkan Produktivitas, Produksi dan Nilai Tambah Komoditas Bawang Merah di Kecamatan Rubaru

Arif Firmanto¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ firmasfiraku@gmail.com

Pendahuluan

Sumenep memiliki lahan pertanian seluas 169.140,38 Ha dan lahan bukan pertanian seluas 41.427 Ha, yang berpotensi untuk dilakukan eksplorasi pengembangan pertanian melalui Sistem Pertanian Terintegrasi. Daerah dataran tinggi memiliki peran yang sangat penting sebagai Daerah Aliran Sungai (DAS) dan juga dalam konservasi sumber daya air dan pemeliharaan ekosistem. Masalah yang paling umum dihadapi lahan di dataran tinggi adalah erosi, kekurangan air, degradasi kesuburan tanah dan produktivitas yang semuanya terkait dengan masalah lingkungan.

Seiring dengan program integrasi pemerintah dalam peningkatan produksi hortikultura perlu adanya dukungan sarana dan prasarana dan penanganan pasca panen untuk dapat mengoptimalkan pemanfaatan lahan khususnya lahan kering agar bisa memberikan kontribusi yang tinggi dalam peningkatan produksi hortikultura. Oleh sebab itu, perlu adanya penanganan dan pengelolaan yang baik terhadap lahan pertanian serta sumber-sumber air yang ada di wilayah-wilayah sentra produksi sehingga mampu mendukung dan mensuplai kebutuhan pertanian, dengan

Pembangunan Sistem pertanian terpadu dari hulu ke hilir telah berhasil k meningkatkan produktifitas , produksi dan nilai tambah produk, serta kualitas bawang merah dengan melalui langkah - langkah teknis dan strategis antara lain :

pembangunan sentra kawasan pengolahan bawang merah pengembangan infrastruktur lahan, penguatan sistem kelembagaan, sehingga mampu mempertahankan kabupaten sumenep sebagai penghasil bawang merah unggul.

Kata kunci: bawang merah, pembangunan pertanian, produktivitas, produksi, nilai tambah

harapan terwujudnya sistem pertanian terpadu melalui peningkatan produksi hortikultura. Selain itu, infrastruktur untuk penanganan pasca panen juga sangat penting dalam pengoptimalan hasil panen agar bisa bernilai tinggi.

Kecamatan Rubaru berdasarkan Surat Gubernur Nomor: 050/2004/202.2/2011 tanggal 04 Mei 2011 ditetapkan sebagai lokasi Pengembangan Kawasan Agropolitan di Jawa Timur dengan komoditas unggulan Bawang Merah dan Cabai dengan komoditas pendukung adalah peternakan, dan komoditas Bawang Merah menjadi potensi masyarakat Kecamatan Rubaru, yang masuk Kecamatan Agropolitan telah diapresiasi oleh Kementerian Pertanian (Kementan) RI pada Tahun 2011 melalui SK Mentan RI Nomor : 2525/Kpts/SR.120/5/2011 tanggal 20 Mei 2011 sebagai varietas unggul.

Program Pembangunan Sistem Pertanian Terpadu Dan Terintegrasi ini bertujuan untuk meningkatkan produktifitas pertanian dan meningkatkan pendapatan petaninya. Desainnya dirancang agar pada tingkat usaha tani produktivitas meningkat tanpa merusak lingkungan sehingga semua desain konstruksi akan disesuaikan dengan desain yang ramah lingkungan. Kelembagaan petani juga akan diperkuat melalui pelatihan dan pembelajaran lainnya

serta didukung dari materiil untuk dapat mandiri dan membentuk satuan usaha yang berkelanjutan.

Metode

Metode yang digunakan dalam Tulisan ini adalah metode deskriptif yakni dengan menjelaskan rangkaian kerja dengan unsur-unsur penyusun didalamnya

Hasil Kerja

Beberapa upaya yang telah dilakukan dalam Program Pembangunan Sistem Pertanian Terpadu dan Terintegrasi dari Hulu ke Hilir Komoditas Bawang Merah di Kecamatan Rubaru dan Pasongsongan antara lain :

MEMBANGUN SENTRA KAWASAN PENGEMBANGAN BAWANG MERAH

Pembangunan Sentra Kawasan pengembangan Bawang Merah perlu dilakukan agar kecamatan Rubaru sebagaimana ditetapkan menjadi kawasan agropolitan lebih mudah dan terfokus dalam proses pengembangannya. Ada beberapa hal yang telah dilakukan dalam tahapan ini yaitu dengan melakukan pengembangan lahan marjinal yang direkayasa menjadi lahan produktif tentunya dengan berbagai upaya di lapangan. Selain itu pada tahap ini juga dilakukan pembangunan infrastruktur Irigasi sebanyak 102 unit sebagai upaya penyediaan air untuk budidaya Bawang Merah dan juga memperbaiki akses jalan usaha tani sepanjang 10 km menuju ke sentra kawasan yang menjadi pusat pengembangan bawang merah dari hulu ke hilir.

Di tahap ini pula dilakukan penyediaan sarana produksi baik on farm maupun off farm dalam rangka melengkapi upaya membangun sentra ini.



MEMBENTUK KORPORASI PETANI (BUMP)

Korporasi Petani penting sebagai upaya menguatkan kelembagaan ekonomi petani untuk akses dan usaha agribisnis Bawang merah . Dalam hal ini kelompok tani di kecamatan Rubaru bergabung membentuk Koperasi Permata Indah Rubaru yang beranggotakan perwakilan dari poktan yang ada di kecamatan Rubaru. Saat ini Koperasi PIR telah bergerak dibidang usaha agribisnis Bawang Merah dan memiliki asset yang cukup besar.



MENGINISIASI ADANYA LEARNING CENTER BAWANG MERAH

Dengan bekerjasama dengan Institut Pertanian Bogor (IPB) untuk pembentukan learning center yang diawali dengan pertemuan tanggal 21 Juni 2023 dan rapat lanjutan penandatanganan MoU pada tanggal 6 Juli 2023 yang bertempat di Ruang Sidang Fakultas Pertanian IPB wing 19 level 5 Bogor.

Pusat Studi Bawang Merah Ini diharapkan menjadi tempat rujukan dalam mempelajari segala hal tentang Bawang Merah varietas lokal Rubaru , baik dengan tujuan pendidikan /penelitian atau juga untuk tujuan wisata.



MEMFASILITASI PEMASARAN PRODUK HASIL PERTANIAN MELALUI MOU /KERJASAMA DENGAN BEBERAPA OFF TAKER

Upaya Fasilitasi Pemasaran Produk dan kerjasama ini dilakukan untuk membantu petani membuka dan

memperluas akses pemasaran dari produk yang sudah dihasilkan.

Beberapa upaya yang telah dilakukan yakni Pada tahun 2022 Korporasi petani PIR menjalin kerjasama dgn CV. Akancatani Group menjadi suplier ke Modern market se Jawa Timur, selain itu Produk korporasi petani juga di pasarkan ke toko kelontong di Madura. Pada Tahun 2023 Korporasi petani PIR bekerjasama dgn diaspora di belanda melalui perusahaan importir benhelen trading di Netherlands. sampel produk sudah terkirim dan mereka tertarik untuk order kapasitas 1 container. Pada tahun ini juga korporasi petani bekerjasama dengan PT. Semeru Indonesia Maju (Goorita) dengan besaran order 100 kg bawang goreng. dengan jangka waktu perjanjian selama 1 tahun sejak 12 Juni 2023.

Selain beberapa kerjasama diatas, pada tahun 2023 juga telah dibangun Kerjasama dengan PT. Eden Pangan Indonesia tentang kepeminatan Kerjasama Dunia Usaha Produk Bawang Goreng dan Pasta Bawang.



DIVERSIFIKASI PRODUK OLAHAN BAWANG

Diversifikasi produk olahan bawang menjadi sangat penting dalam rangka untuk menaikkan nilai tambah produk. Upaya ini telah dilakukan dengan mengupayakan pengolahan produk mentah Bawang merah menjadi berbagai macam produk olahan diantaranya Bawang Goreng berbagai rasa, pasta bawang yang dikemas dalam berbagai kemasan dan ukuran sesuai hasil observasi dan keinginan pasar.

Contoh Hasil Diversifikasi Produk Bawang Merah



MEMBERIKAN PEMBEKALAN KEPADA PETANI SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN SDM PERTANIAN

Pembekalan terhadap petani sebagai pelaku utama dalam pembangunan pertanian ini dilakukan dalam rangka meningkatkan kualitas kilmuan dan keterampilan dalam bidang pertanian. Beberapa yang telah dilakukan dalam upaya ini diantaranya Pelatihan Budidaya Bawang dengan Good Agricultural Practices berupa Demplot Bawang Merah, pelatihan ini penting untuk dilakukan agar petani mendapatkan pembekalan yang memadai dan benar dalam melakukan budidaya Bawang merah sehingga produktivitas dan Produksinya dapat meningkat. Bentuk Pembekalan lain yaitu dengan pelatihan dalam aspek manajerial agribisnis, pelatihan ini bertujuan memberikan dasar bagi para petani sebagai pelaku usaha dibidang pertanian.



Pelatihan Kelembagaan Petani

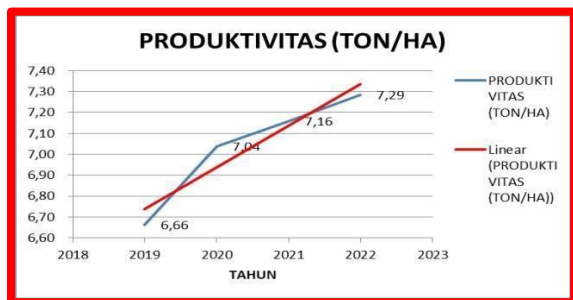


Sekolah Lapang/Demplot Bawang Merah

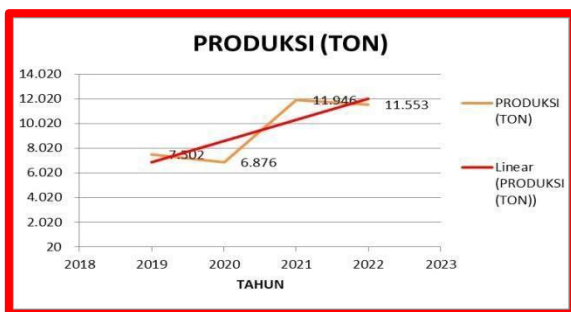
Berikut Kami sajikan capaian produksi bawang merah selama 3 (tiga) terakhir :

- ❖ Tahun 2020 semula luas panen 977 ha, Produksi 6.876 ton dan produktivitas 7,038 ton/ha
- ❖ Tahun 2021 menjadi luas panen 1.669 ha, Produksi 11.946 ton dan produktivitas 7,158 ton/ha,
- ❖ Tahun 2022 luas panen 1.586 ha, Produksi 11.553 ton dan produktivitas 7,285 ton/ha.

Beberapa upaya yang telah dilakukan



Gambar 1 Tabel Produktivitas Bawang 3 Tahun Terakhir



Gambar 2 Tabel Produksi Bawang 3 Tahun Terakhir

Kesimpulan

Dari hasil pekerjaan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Produktivitas, Produksi dan Nilai Tambah Produk Bawang Merah telah mengalami peningkatan dengan adanya Upaya yang maksimal dalam program pembangunan sistem pertanian terpadu dari Hulu

ke Hilir di Kecamatan Rubaru. Namun diyakini masih banyak hal yang perlu terus diperbaiki dan dikembangkan. Oleh karena itu informasi berupa kritik dan saran demi perbaikan pelaksanaan kegiatan ini sangat diharapkan, demi tercapainya pembangunan pertanian berkelanjutan yang lebih baik dan efisien serta tepat guna di masa yang akan datang.

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada orang-orang yang membantu dalam menyelesaikan tulisan ini.

1. Dosen Pembimbing atas bimbingan dan arahan yang telah diberikan dalam proses penyelesaian tulisan ini,
2. dan kepada seluruh karyawan Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian Kabupaten Sumenep yang telah mendukung proses penyelesaian program ini

Referensi

- Rahayu, E, Dan Berlian, N. V. A, 1999. Bawang Merah. Penebar Swadaya, Jakarta, Hlm4.
- Suhardi, 1998. Jurnal Hortikultura, Badan Penelitian Dan Pengembangan Hortikultura, Jakarta. Hlm. 1021.
- Rukmana, R, 1995. Bawang Merah Budidaya Dan Pengolahan Pasca Panen. Kanisius, Jakarta, Hlm 18
- Peraturan Menteri Keuangan Nomor 224/PMK.07/2017 tentang Pengelolaan Hibah dari Pemerintah Pusat kepada Pemerintah Daerah;

Keputusan Direktur Jenderal Prasarana Dan Sarana Pertanian Nomor 34/Kpts/Kl.230/B/11/2020 tentang Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Pinjaman Luar Negeri The Development Of Integrated Farming System In Upland Areas (Upland).



Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau pada Pembangunan Gedung DPRD Kabupaten Sumenep

Eri Susanto¹, Salamet Supriyadi¹, Benny Irawan¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ sanchia35@gmail.com

Pendahuluan

Permasalahan lingkungan terutama terkait pemanasan global dan perubahan iklim menjadi latar belakang munculnya fenomena *sick building syndrome*, yaitu permasalahan kesehatan dan ketidaknyamanan penghuni atau pengguna bangunan gedung akibat kualitas udara dan polusi udara dalam bangunan yang ditempatinya. Menurut *World Health Organisation (WHO)*, 30% bangunan gedung di dunia mengalami masalah kualitas udara dalam ruangan. Hal ini memantik munculnya konsep *green architecture*, yaitu pendekatan perencanaan arsitektur yang berusaha meminimalisasi berbagai pengaruh membahayakan pada kesehatan manusia dan lingkungan. Penciptaan atau inovasi energi yang terbarukan juga menjadi latar belakang

Permasalahan lingkungan terutama terkait pemanasan global dan perubahan iklim menjadi latar belakang munculnya fenomena *sick building syndrome*, yaitu permasalahan kesehatan dan ketidaknyamanan penghuni atau pengguna bangunan gedung akibat kualitas udara dan polusi udara dalam bangunan yang ditempatinya. Hal ini memantik munculnya konsep *green architecture*, yaitu pendekatan perencanaan arsitektur yang berusaha meminimalisasi berbagai pengaruh membahayakan pada kesehatan manusia dan lingkungan. Penciptaan atau inovasi energi yang terbarukan juga menjadi latar belakang berkembangnya konsep *Green Architecture* hingga konsep *Green Building* (Bangunan Gedung Hijau).

Merujuk kepada Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung yang ditindaklanjuti dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 21 Tahun 2021 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau, diatur segala ketentuan tentang penyelenggaraan bangunan gedung yang dikenai persyaratan Bangunan Gedung Hijau. Kemudian ditegaskan lagi dengan ditetapkannya Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor : 01/SE/M/2022 tentang Petunjuk Teknis Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau yang disusun dalam rangka menindaklanjuti ketentuan penilaian kinerja Bangunan Gedung Hijau.

Bangunan Gedung Hijau merupakan Bangunan Gedung yang memenuhi Standar Teknis Bangunan Gedung dan memiliki kinerja terukur secara signifikan dalam penghematan energi, air, dan sumber daya lainnya melalui penerapan prinsip Bangunan Gedung Hijau sesuai dengan fungsi dan klasifikasi dalam setiap tahapan penyelenggaraannya.

Pembangunan Gedung DPRD Kabupaten Sumenep merupakan salah satu bangunan yang bersifat wajib (*mandatory*) untuk dilakukan Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau dalam setiap tahapannya.

Berdasarkan hasil tinjauan dan analisis Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau dalam Tahap Perencanaan Teknis pada Pembangunan Gedung DPRD Kabupaten Sumenep diperoleh nilai termasuk dalam kategori "MADYA" dengan persentase 75% dan masuk dalam kategori "MADYA".

Kata kunci : Penilaian Kinerja, Bangunan Gedung Hijau

berkembangnya konsep *Green Architecture* hingga konsep *Green Building* (Bangunan Gedung Hijau).

Merujuk kepada Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung yang ditindaklanjuti dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 21 Tahun 2021 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau, diatur segala ketentuan tentang penyelenggaraan bangunan gedung yang dikenai persyaratan Bangunan Gedung Hijau. Kemudian ditegaskan lagi dengan ditetapkannya Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor : 01/SE/M/2022 tentang Petunjuk Teknis Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau yang disusun dalam rangka menindaklanjuti ketentuan Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau. Panduan pada setiap tahap terdiri dari

parameter penilaian kinerja Bangunan Gedung Hijau, pemberian nilai, aspek-aspek yang perlu diperiksa, dan dokumen pembuktian.

Bangunan Gedung Hijau merupakan Bangunan Gedung yang memenuhi Standar Teknis Bangunan Gedung dan memiliki kinerja terukur secara signifikan dalam penghematan energi, air, dan sumber daya lainnya melalui penerapan prinsip Bangunan Gedung Hijau sesuai dengan fungsi dan klasifikasi dalam setiap tahapan penyelenggaraannya.

Penilaian kinerja Bangunan Gedung Hijau dilakukan terhadap :

1. Bangunan Gedung baru dengan kategori wajib (*mandatory*);
2. Bangunan Gedung baru dengan kategori disarankan (*recommended*);
3. Bangunan Gedung yang sudah ada kategori wajib (*mandatory*);
4. Bangunan Gedung yang sudah ada kategori disarankan (*recommended*);
5. Hunian Hijau Masyarakat (H2M) dengan kategori disarankan (*recommended*);
6. Kawasan Hijau baru dengan kategori disarankan (*recommended*); dan
7. Kawasan Hijau yang sudah ada dengan kategori disarankan (*recommended*).

Bangunan Gedung baru dengan kategori wajib (*mandatory*) dan Bangunan Gedung yang sudah ada dengan kategori wajib (*mandatory*) meliputi :

1. Bangunan Gedung klas 4 (empat) dan 5 (lima) di atas 4 (empat) lantai dengan luas paling sedikit 50.000 m² (lima puluh ribu meter persegi);
2. Bangunan Gedung klas 6 (enam), 7 (tujuh), dan 8 (delapan) di atas 4 (empat) lantai dengan luas lantai paling sedikit 5.000 m² (lima ribu meter persegi);
3. Bangunan Gedung klas 9a dengan luas di atas 20.000 m² (dua puluh ribu meter persegi) Bangunan Gedung klas 9b dengan luas di atas 10.000 m² (sepuluh ribu meter persegi).
4. Khusus Bangunan Gedung Negara diatas 5.000 m² (sebagai *pilot project*).

Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau untuk Bangunan Gedung baru dengan kategori wajib (*mandatory*), dan Bangunan Gedung Baru dengan kategori disarankan (*recommended*), dilaksanakan pada tahap :

1. Perencanaan teknis;
2. Pelaksanaan konstruksi;
3. Pemanfaatan; dan
4. Pembongkaran.

Untuk itu, dalam proses Pembangunan Gedung DPRD Kabupaten Sumenep yang termasuk dalam kategori wajib (*mandatory*) akan menerapkan konsep Bangunan Gedung Hijau dalam setiap tahapannya. Pembangunan Gedung DPRD Kabupaten Sumenep merupakan upaya Pemerintah Kabupaten Sumenep dalam mewujudkan Bangunan Gedung Negara yang aman, nyaman dan bernilai estetika. Berdasarkan Laporan Final LPPM ITS Tahun 2014, Kondisi Gedung DPRD Kabupaten Sumenep di lokasi existing direkomendasikan untuk segera dilakukan pembongkaran dikarenakan mengalami kerusakan struktur utama yang membahayakan baik pada gedung itu sendiri maupun aktivitas yang ada di dalamnya.

Maka dilakukanlah penyiapan lahan baru dan disepakatinya Nota Kesepakatan Bersama antara Bupati Sumenep dan DPRD Kabupaten Sumenep Nomor : 415.4/1177/435.023/2022 - Nomor : 415.4/20/435.050/2022 tentang Pelaksanaan Kegiatan Tahun Jamak Pekerjaan Pembangunan Gedung Kantor DPRD Kabupaten Sumenep pada tanggal tanggal 02 Agustus 2022.

Berdasarkan Surat Keputusan Bupati Sumenep Nomor : 188/95/KEP/435.013/2023 ditetapkan Metode Terintegrasi Rancang dan Bangun (*Design and Build*) untuk Pembangunan Gedung Kantor DPRD Kabupaten Sumenep TA. 2023 – 2024 dengan kriteria mendesak.

Pembangunan Gedung DPRD Kabupaten Sumenep dilaksanakan berdasarkan Surat Perjanjian Nomor : 600.1.15.2/190/KTR.GED.DPRD/435.108.4/2023, tanggal 04 Agustus 2023 dengan pelaksana PT. PP Urban yang akan menyelesaikan pekerjaan tersebut selama 420 (empat ratus dua puluh) hari kalender sampai dengan tanggal 29 September 2024 dengan nilai kontrak sebesar Rp. 100.093.693.513,75 (Seratus Milyar Sembilan Puluh Tiga Juta Enam Ratus Sembilan Puluh Tiga Ribu Lima Ratus Tiga Belas Koma Tujuh Puluh Lima Rupiah).

Pengawasan pekerjaan ini akan dilaksanakan oleh Konsultan Manajemen Konstruksi PT. Yodya Karya (Persero) berdasarkan Surat Perjanjian Nomor : 602/124/KTR.PBG.MK/435.108.4/2022, tanggal 08 November 2022, dengan nilai kontrak sebesar Rp. 2.332.516.815.00 (Dua Milyar Tiga Ratus Tiga Puluh Dua Juta Lima Ratus Enam Belas Ribu Delapan Ratus Lima Belas Rupiah).

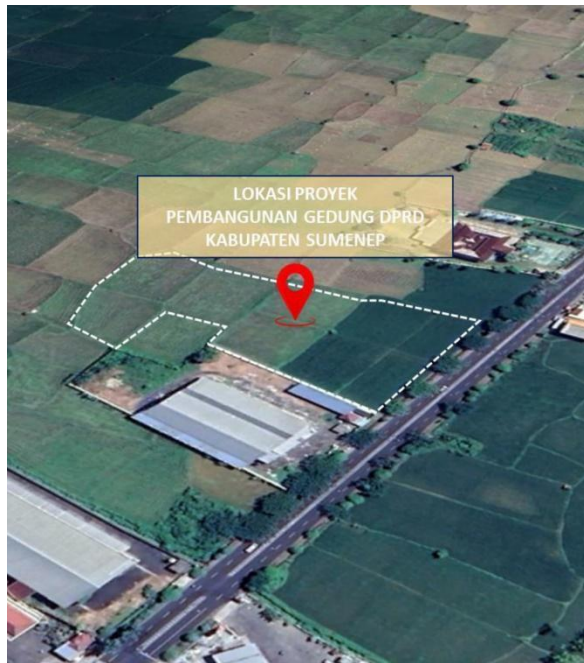
Target Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau dalam Tahap Perencanaan Teknis pada Gedung DPRD Kabupaten Sumenep adalah Predikat Madya sebagaimana digambarkan dalam **Tabel 1**.

Tabel 1 Tingkat Predikat BGH

PREDIKAT BGH	PERENCANAAN TEKNIS	
	NILAI	PERSENTASE
BGH UTAMA	≥ 132	≥ 80%
BGH MADYA	108 - 131	65 – 79%
BGH PRATAMA	75 - 107	45 – 64%

Metode

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan mempraktikkan unsur observasi, pendalaman, pemeriksaan, dan investigasi yang akan diterapkan dalam sebuah objek. Penelitian ini bertujuan menganalisis Tahap Perencanaan Teknis Pembangunan Gedung DPRD Kabupaten Sumenep sesuai dengan rujukan Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor : 01/SE/M/2022 tentang Petunjuk Teknis Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau.

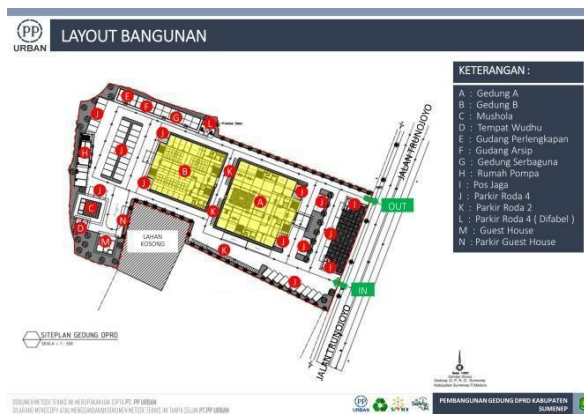


Gambar 1 Lokasi Proyek Pembangunan Gedung DPRD Kabupaten Sumenep

Hasil Kerja

Berdasarkan Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor : 01/SE/M/2022 tentang Petunjuk Teknis Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau terdapat 7 variabel dalam melakukan Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau dalam Tahap Perencanaan Teknis, yaitu : Pengelolaan Tapak; Efisiensi Penggunaan Energi; Efisiensi Penggunaan Air; Kualitas Udara Dalam Ruang; Penggunaan Material Ramah Lingkungan; Pengelolaan Sampah; dan Pengelolaan Air Limbah.

Pada setiap variabel terdapat beberapa indikator penilaian dengan poin maksimum di dalamnya adalah sebagai berikut : Pengelolaan Tapak (34 poin); Efisiensi Energi (44 poin); Efisiensi Penggunaan Air (22 poin); Kualitas Udara Dalam Ruang (24 poin); Penggunaan Material Ramah Lingkungan (21 poin); Pengelolaan Sampah (10 poin); dan Pengelolaan Air Limbah (10 poin). Total poin tertinggi dari 7 variabel tersebut yaitu 165 poin. Berikut gambaran bangunan gedung yang akan diteliti Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau-nya.



Gambar 2 Lay Out Bangunan



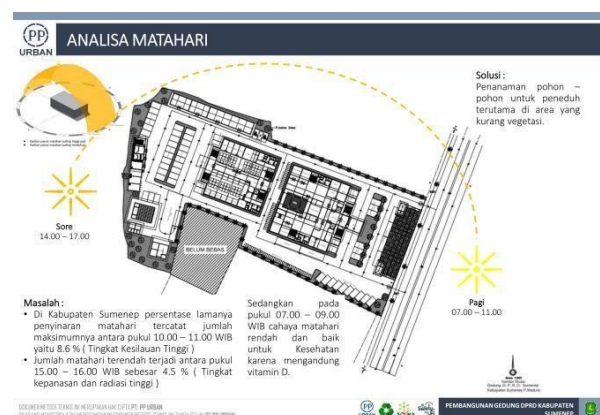
Gambar 3 Pengelolaan Tapak



Gambar 4 Visualisasi Perspektif Bangunan

Pengelolaan Tapak

Pengelolaan tapak merupakan salah satu parameter Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau dalam Tahap Perencanaan Teknis. Pengelolaan Tapak bertujuan untuk menghasilkan rancangan bangunan yang responsif terhadap kondisi tapak sehingga memiliki kinerja yang baik dalam hal efisiensi energi, konservasi air dan meminimalkan dampak buruk ke lingkungan. Lingkup Pengelolaan Tapak dalam Kinerja Bangunan Gedung Hijau meliputi : Orientasi Bangunan, Pengolahan Tapak termasuk Aksesibilitas atau Sirkulasi, Pengelolaan Lahan Terkontaminasi Limbah B3, Rencana Ruang Terbuka Hijau (RTH) Privat, Penyediaan Jalur Pedestrian, Pengelolaan Tapak Basemen, Penyediaan Lahan Parkir, dan Sistem Pencahayaan Ruang Luar.



Gambar 5 Simulasi Pola Edar Matahari

Tabel 2 Perhitungan Nilai Albedo

No	Material	Nilai Albedo (An)	Luas (Ln)	Total Nilai Albedo
Penutup Atap				
1	Genteng Metal	0.35	5,431.00	1,900.85
2	Atap Dak Beton	0.45	591.00	265.95
Lansekap				
1	Lantai Paving	0.40	7,760.00	3,104.00
TOTAL			13,782.00	5,270.80
Nilai Albedo			0.38	

Beberapa simulasi pola edar matahari juga dilakukan untuk menganalisis arah edar matahari, sehingga dapat diketahui apa saja aspek-aspek kriteria dalam penilaian bangunan gedung hijau. Kemudian Pengolahan Tapak termasuk Aksesibilitas atau Sirkulasi dengan melakukan perhitungan nilai albedo. Hasil skor penilaian pada pengelolaan tapak terhadap Gedung DPRD Kabupaten Sumenep mencapai nilai 23 atau 13.94% yang diperoleh dari total poin masing masing kriteria per jumlah total poin variabel penilaian.

Efisiensi Penggunaan Energi

Efisiensi penggunaan energi ditujukan untuk mencapai tingkat energi yang optimal sesuai dengan fungsi Bangunan Gedung, mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, serta mengurangi biaya yang berlebihan terkait penggunaan energi. Program efisiensi penggunaan energi merupakan bagian dari program konservasi energi sebagai upaya sistematis, terencana dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya. Pengaturan efisiensi penggunaan energi mencakup selubung bangunan, sistem ventilasi, sistem pengondisian udara, sistem pencahayaan, sistem transportasi dalam gedung, perhitungan efisiensi energi, serta sistem kelistrikan.

Pada kriteria ini terdapat beberapa perhitungan nilai perpindahan termal atap atau RTTV (*Roof Thermal Transfer Value*) pada selubung bangunan dan perhitungan penghematan efisiensi energi listrik dapat dihitung dengan Persamaan 1 :

$$RTTV = \frac{\alpha (A_r \times U_r \times T_{DEK}) + (A_s \times U_s \times \Delta T) + (A_s \times SC \times SF)}{A_o}$$

RTTV merupakan nilai perpindahan termal menyeluruh untuk atap (W/m^2), A_r adalah luas atap yang tidak transparan (m^2), α adalah absorbtans radiasi matahari, U_r adalah transmitans termal atap tidak transparan ($W/m^2.K$), T_{DEK} adalah beda temperatur ekuivalen (K), U_s adalah transmitans termal fenetrasi (skylight) ($W/m^2.K$), A_s adalah luas skylight (m^2), ΔT adalah beda temperatur antara kondisi perencanaan luar dan bagian dalam (diambil 5 K), SC adalah koefisien penebus dari sistem fenetrasi dan SF adalah faktor radiasi matahari (W/m^2).

Nilai perbandingan selubung bangunan transparan dengan selubung bangunan masif atau *Window to Wall Ratio (WWR)* pada bangunan ini kurang dari 30% sebagaimana dijelaskan dalam **Tabel 3**.

Tabel 3 Perbandingan *Window to Wall Ratio (WWR)*

WWR	
1 Sisi Selatan	
dinding B	412.00
dinding A	640.00
	1,052.00
Jendela B	105.33
Jendela A	90.46
	195.79
RATIO	19%

Untuk sistem ventilasi pada bangunan ini yang ruangan-ruangannya dilengkapi dengan sistem pengondisian udara, namun direncanakan untuk tidak mengondisikan sebagian atau seluruh ruang pasif (koridor, lobby lift, toilet, dan lain-lain) akan melengkapinya dengan ventilasi alami atau ventilasi mekanis sehingga tetap memenuhi kenyamanan *termal*.

Pada parameter sistem pengkondisian udara, bangunan ini direncanakan menggunakan *Air Conditioning (AC)* dengan suhu ruangan paling rendah $25^{\circ}C \pm 1^{\circ}C$ dan kelembaban *relative* ruangan $60\% \pm 10\%$. kW/TR atau COP dari peralatan pengkondisian udara sesuai dengan SNI 6390:2020 atau edisi terbaru yaitu rata-rata 4.25.

Pada parameter pencahayaan alami, daerah yang mendapat pencahayaan alami sesuai standar, memiliki pengelompokan lampu terpisah dengan daerah yang tidak mendapatkan cahaya alami. Daerah yang mendapat pencahayaan alami sesuai standar, dilengkapi dengan sensor intensitas cahaya (*lux*) yang dapat mengatur penyalaan lampu sesuai dengan tingkat pencahayaan sesuai standar.

Pada sistem transportasi dalam gedung, perhitungan *traffic analysis lift* telah sesuai SNI 03-6573-2001 atau edisi terbaru. Transportasi vertikal ini juga memiliki fitur hemat energi dengan menggunakan teknologi *Variable Voltage Variable Frequency (VVVF)*.

Pada sistem kelistrikan, bangunan ini direncanakan memiliki pengelompokan beban listrik dan masing-masing memiliki kWh meter, serta tersedia submeter energi listrik untuk sumber daya utama lebih besar dari 100 kVa.

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, hasil skor Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau pada Kriteria Efisiensi Penggunaan Energi mencapai nilai 33 atau 20% dari total poin masing masing kriteria per jumlah total poin variabel penilaian.

Efisiensi Penggunaan Air

Efisiensi penggunaan air pada Bangunan Gedung Hijau dimaksudkan untuk mengoptimalkan penggunaan air bersih pada Bangunan Gedung, mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, serta mengurangi biaya penggunaan air.

Efisiensi penggunaan air diperhitungkan dengan menerapkan persyaratan teknis efisiensi penggunaan air sesuai dengan pedoman dan standar teknis terkait, yang

diperkirakan mampu mencapai konservasi air dengan kisaran 20-25%.

Lingkup kriteria efisiensi penggunaan air terdiri dari sumber air, pemakaian air, dan penggunaan peralatan saniter hemat air (*water fixture*).

Untuk Bangunan Gedung dengan kategori wajib (*mandatory*) dan disarankan (*recommended*) tidak diperkenankan menggunakan air tanah, kecuali belum ada layanan jaringan perpipaan air bersih fasilitas kota.

Adapun hasil skor Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau pada Kriteria Efisiensi Penggunaan Air mencapai nilai 14 atau 8.48% dari total poin masing masing kriteria per jumlah total poin variabel penilaian.

Kualitas Udara Dalam Ruang

Persyaratan kualitas udara dalam ruang atau *Indoor Air Quality (IAQ)* pada Bangunan Gedung Hijau bertujuan untuk menjaga kualitas udara dalam ruang yang dapat mempengaruhi kondisi fisik dan psikologis pengguna Bangunan Gedung Hijau untuk melakukan tugasnya. Hampir 90% orang-orang menghabiskan sebagian besar waktunya di dalam bangunan terutama di ruangan sehingga kualitas udara di dalamnya mempunyai peran yang sangat penting. Kualitas udara yang buruk dapat menyebabkan ketidaknyamanan, gangguan kesehatan, dan produktivitas yang lebih rendah. Kualitas udara dalam ruangan yang baik menjaga kesehatan penghuni gedung dan berkontribusi pada kenyamanan dan kesejahteraan mereka.

Kualitas udara dalam ruang harus dirancang sehingga memenuhi standar dan peraturan yang berlaku. Persyaratan Bangunan Gedung Hijau difokuskan pada terbebasnya udara dalam ruangan dari polutan-polutan terutama yang berasal dari dalam ruangan sendiri. Polutan di dalam ruangan dapat memiliki tingkat yang lebih tinggi dibanding di luar ruangan sehingga harus dikurangi. Kualitas udara dalam ruang Bangunan Gedung Hijau mengatur mengenai Pelarangan Merokok, Pengendalian Zat Karbon Dioksida (CO₂) dan Karbon Monoksida (CO), dan Pengendalian Penggunaan Bahan Pembeku (*Refrigerant*).

Hasil skor Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau pada Kriteria Kualitas Udara Dalam Ruang mencapai nilai 8 atau 4.85% dari total poin masing masing kriteria per jumlah total poin variabel penilaian.

Pengelolaan Material Ramah Lingkungan

Penggunaan bahan material dalam Bangunan Gedung Hijau bertujuan untuk mengurangi jumlah polutan berbahaya bagi kesehatan dan kenyamanan pengguna bangunan serta menjaga keberlangsungan rantai pasokan material dalam skala nasional yang ramah lingkungan, meliputi pengendalian penggunaan material berbahaya, dan penggunaan material ramah lingkungan.

Dalam ruang lingkup variabel pengelolaan material ramah lingkungan berdasarkan petunjuk teknis aspek utama dalam penilaian yaitu menggunakan Rencana Kerja Syarat-Syarat (RKS). Berdasarkan dokumen RKS beberapa kriteria termasuk ke dalam kategori penilaian dan dari hasil yang telah di analisa Bangunan Gedung DPRD Kabupaten Sumenep ini memperoleh total skor sebesar 20 atau 12.12%.

Pengelolaan Sampah

Pengelolaan sampah pada Bangunan Gedung Hijau dimaksudkan untuk meningkatkan kesehatan pengguna, aman bagi lingkungan dan perubahan perilaku pengguna Bangunan Gedung Hijau, sehingga penyediaan alternatif fasilitas pengelolaan sampah di Bangunan Gedung Hijau yang tepat dan berkelanjutan bagi lingkungan. Variabel yang dinilai adalah : Penerapan Prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*); Penerapan Sistem Penanganan Sampah; dan Penerapan Sistem Pencatatan Timbunan Sampah.

Pada variabel ini Bangunan Gedung DPRD Kabupaten Sumenep ini memperoleh skor 3 atau 1.82%.

Pengelolaan Air Limbah

Pengelolaan air limbah pada Bangunan Gedung Hijau dimaksudkan untuk mengurangi beban air limbah yang dihasilkan dan mencegah timbulnya penurunan kualitas lingkungan di sekitar bangunan. Lingkup kriteria pengelolaan air limbah terdiri atas : Penyediaan Fasilitas Pengelolaan Air Limbah Sebelum Dibuang Ke Saluran Pembuangan Kota; dan Daur Ulang Air yang Berasal Dari Air Limbah Domestik.

Adapun hasil skor Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau pada Kriteria Pengelolaan Air Limbah mencapai nilai 9 atau 5.45% dari total poin masing masing kriteria per jumlah total poin variabel penilaian.

Hasil Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau dari seluruh variabel terhadap Bangunan Gedung DPRD Kabupaten Sumenep adalah sebesar 110 atau 66.67%.



Gambar 6 Bentuk Sertifikat BGH



Gambar 7 Bentuk dan Jenis Plakat BGH



NO.	DESKRIPSI	POIN		
		MAKS	RENCANA	%
A.	PENGLOLAAN TAPAK	34	23	13.94
B.	EFISIENSI PENGGUNAAN ENERGI	44	33	20.00
C.	EFISIENSI PENGGUNAAN AIR	22	14	8.48
D.	KUALITAS UDARA DALAM RUANG	24	8	4.85
E.	PENGGUNAAN MATERIAL RAMAH LINGKUNGAN	21	20	12.12
F.	PENGLOLAAN SAMPAH	10	3	1.82
G.	PENGLOLAAN AIR LIMBAH	10	9	5.45
TOTAL		165	110	66.67

Tabel 4 Hasil Perhitungan Penilaian Kinerja BGH

Kesimpulan

Berdasarkan hasil tinjauan dan analisis Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau dalam Tahap Perencanaan Teknis pada Pembangunan Gedung DPRD Kabupaten Sumenep diperoleh nilai 110 atau 66.67% dan masuk dalam kategori "MADYA".

Ucapan Terima kasih

Terimakasih kepada tenaga pendidik yang telah membimbing penulis dan mendukung terlaksananya penelitian ini. Terimakasih juga penulis ucapkan kepada pihak-pihak terkait yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian penelitian ini.

Referensi

- Bina Teknik Permukiman dan Perumahan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Penilaian Kawasan Hijau, D. (2022). *Overview SE DJCK No 1 Tahun 2022, Petunjuk Teknis Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau*.
- PUPR, M. (2022). *Lampiran Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 01/SE/M/2022. " Tentang Petunjuk Teknis Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau."*
<https://doi.org/jdih.pu.go.id>
- Sujatmiko, W. (2022). *Overview SE DJCK No. 1 Thn 2022 Juknis Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau*.
- Sujatmiko, W., Yusniewati, Suhendi, F., Kusumawati, F., Rahmawati, Y., & Gumilar, R. P. (2020). *Sistem Rating Bangunan Gedung Hijau*.



Forensik Engineering Aliran Pipa Distribusi Pada Pekerjaan Jaringan Pipa Air Minum di Kabupaten Sumenep

**Dora Dwi Apriliani¹ Dra.Ir. Adriana Anteng
Anggorowati,M.Si.,IPU.¹**

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ dora_apriliani@yahoo.com

Dalam pemenuhan akses air bersih/minum masyarakat Desa Rubaru Kecamatan rubaru dengan jumlah penduduk 827 KK terdiri dari 4 dusun (Dusun kombira, Dusun Barak Saba, Dusun Temor Saba dan Dusun Galagas) memanfaatkan air bersih yang bersumber dari beberapa sumber air baku yang ada di Desa Rubaru diantaranya sumur gali, sumber mata air. Namun ketersediaan sumber air baku di desa , kapasitas sarana yang ada kurang memadai, maka Pemerintah Kabupaten Sumenep melalui Penyediaan Air Minum Berbasis Masyarakat (PAMBM) melakukan intervensi dalam kegiatan Penyediaan Air Minum Berbasis Masyarakat dengan komponen kegiatan : pengeboran, pembangunan tandon, jaringan pipa transmisi dan distribusi, yang ada di lokasi layanan Dusun Galagas dan Dusun Barak Saba dengan capaian layanan 323 KK. Dalam keberlanjutan akses sarana air minum, maka Kelompok Sarana Penyedia Air Minum (KP - SPAM) melakukan pengembangan akses sarana air minum ke jalur utara secara mandiri dengan memanfaatkan sarana existing dari Penyediaan Air Minum Berbasis Masyarakat (PAMBM), pengembangan jaringan pipa baru dengan sambungan rumah 14 unit, yang dibangun oleh (KP = SPAM) secara mandiri tidak optimal dalam pelayanan ke masyarakat. Maka perlu dilakukan forensic engineering terhadap sistem jaringan pipa distribusi di Desa Rubaru Kecamatan Rubaru. Dari kajian analisis Teknik melalui perhitungan hidrolis simulasi EPANET 2.0 didapat ada nilai tekanan air yang tidak memenuhi nilai batas yang diijinkan berdasar Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007.

Kata kunci: Forensic Engineering, Pipa Distribusi, Desa Rubaru, Hidrolis.

Pendahuluan

Berdasarkan SNI 7509 : 2011 tentang “ Tata cara perencanaan teknik jaringan distribusi dan unit pelayanan system penyediaan air minum”, jaringan pipa distribusi adalah rangkaian system perpipaan untuk mendistribusikan air minum dan reservoir distribusi ke konsumen.

Seiring dengan pertumbuhan penduduk kebutuhan akan air minum / bersih semakin meningkat, namun kapasitas daya dukung air baku makin berkurang, kualitas sumber air minum makin menurun akibat pencemaran, pelayanan air minum melalui perpipaan terbatas untuk masyarakat menengah di perkotaan, sementara pelayanan air minum untuk masyarakat miskin belum memadai. Hal ini disebabkan masih rendahnya partisipasi masyarakat dan swasta dalam penyediaan air minum / bersih. Salah satu upaya peningkatan pelayanan air minum adalah Penyediaan Air Minum Berbasis Masyarakat (PAMBM). Dalam pencapaian target Sustainable Development Goals (SDGs) tahun 2030 yaitu menjamin ketersediaan serta pengelolaan air bersih dan sanitasi yang berkelanjutan untuk semua. Sebab itu Pemerintah melalui pelaksanaan PAMBM menumbuh - kembangkan partisipasi masyarakat dalam penyediaan air minum dan penguatan kelembagaan masyarakat dalam pengelolaan air minum, agar masyarakat

mampu menyelenggarakan pembangunan sistem penyediaan air minum secara mandiri dan berkelanjutan. Desa Rubaru Kecamatan rubaru Kabupaten Sumenep merupakan salah satu desa yang mendapat pelaksanaan Penyediaan Air Minum Berbasis Masyarakat (PAMBM) pada tahun 2018. Desa Rubaru Kecamatan Rubaru Kabupaten Sumenep terdiri dari 4 dusun diantaranya : Dusun (Kombira. Barak Sabe, Temor Saba, Galagas), dengan jumlah penduduk. Melalui Penyediaan Air Minum Berbasis Masyarakat, Desa Rubaru Kecamatan Rubaru dapat membangun unit produksi air minum yaitu : reservoir dan jaringan pipa distribusi sepanjang 1.600 m. Secara rinci data penduduk dan akses sarana air minum dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1 jumlah penduduk & Akses SAM

No.	Dusun	Jumlah		Yang Mempunyai Akses SAM		Yang Belum Mempunyai Akses SAM	
		Jiwa	(KK)	SAM (KK)	SAN (KK)	SAM (KK)	SAN (KK)
1	Kombira	216	319	-	170	319	149
2	Barak Saba	119	164	21	135	143	29
3	Temor Saba	123	153	153	126	-	27
4	Galagas	127	191	119	147	72	44
	Jumlah	3.599	827	293	578	534	249

Keterangan : Sumber data IMAS

Pada tahun 2019 kelompok masyarakat melakukan pengembangan jaringan pipa ke arah utara sepanjang 425 m dengan jumlah layana 14 unit. Dari jaringan pengembangan pipa baru aliran air pada sambungan rumah kecil bahkan tidak mengalir. Timbulnya masalah dengan pipa jaringan baru di masyarakat perlu penanganan secara teknis dengan melakukan forensik pada sarana bangunan yang ada.

Kajian studi *forensic engineering* ini bertujuan untuk Mengetahui faktor yang mempengaruhi tidak optimalnya jaringan pipanisasi yang di bangun dari pengembangan secara mandiri oleh Kelompok Sarana penyedia Air Minum.

Metode

Untuk Mengetahui faktor yang mempengaruhi tidak optimalnya jaringan pipanisasi yang di bangun oleh Kelompok Sarana penyedia Air Minum, perlu dilakukan forensic structural engineering, atau sering disebut investigasi engineering, dengan langkah – langkah sebagai berikut :

1. Observasi lapangan
2. Pengumpulan data/dokumen
3. Kajian Analisis.

Berdasarkan langkah–langkah investigasi, maka penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif. Yaitu menentukan masalah dengan melakukan pendekatan pada objek. Menurut Sugiyono deskriptif kualitatif merupakan metode untuk menggambarkan sebuah objek yang akan diteliti secara alamiah.

Hasil Kerja

Data hasil studi *forensic engineering* akan diperoleh dari kegiatan investigasi yang dilakukan dengan melibatkan masyarakat, untuk mendapatkan informasi dan data – data teknis yang dibutuhkan :

Observasi Lapangan :

Mengamati secara langsung aliran air pada sambungan rumah di jaringan pipa baru, dan mengamati aliran air pada sambungan rumah sekitar pada jaringan pipa existing. Serta melakukan penelusuran pada jaringan pipa baru untuk mengamati dan mengukur elevasi jaringan pipa dengan menggunakan GPS.

Tabel 2 Data Pengukuran

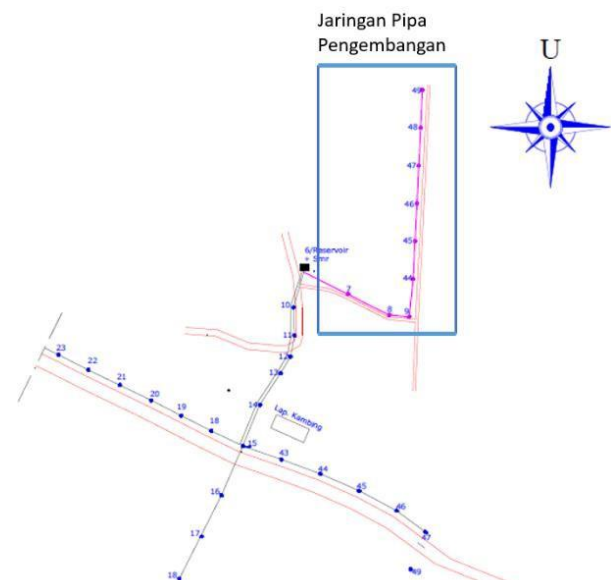
No	Jalur Pipa	Node	Elevasi h (+ m)	Pjg Pipa L (m)	Jmlh. Pddk yg dilayani (jiwa)
		10	240.00		
	10 - 7	7	240.00	50	0
	7 - 8	8	240.00	50	0
	8 - 9	9	240.00	25	0
	9 - 44	44	240.00	50	8
	44 - 45	45	240.00	50	10
	45 - 46	46	240.00	50	6
	46 - 47	47	241.00	50	17
	47 - 48	48	241.00	50	20
	48 - 49	49	241.00	50	9
TOTAL				425	70

Pengumpulan Data / Dokumen :

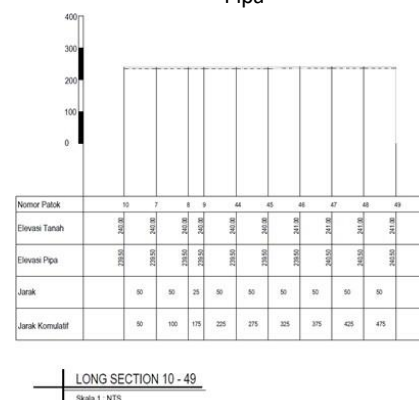
Sebagai acuan kajian analisis, setelah melakukan observasi lapangan di lanjutkan memeriksa dokumen berupa perencanaan existing, serta mengamati peta jaringan pipa yang ada pada peta desa. Serta melakukan wawancara pada masyarakat dan Kelompok Sarana penyedia Air Minum, untuk mendapatkan informasi, data teknis yang dibutuhkan seperti halnya, dimensi pipa dan jenis pipa yang digunakan.



Gambar 1 Pengumpulan Data/Dokumen dan Wawancara



Gambar 2 Gambar Existing dan Pengembangan Jaringan Pipa



Gambar 3 Long Section Jaringan Pipa Baru

Kajian Analisis.

Dari hasil kegiatan observasi lapangan dan Pengumpulan data , maka didapat data pengukuran, diantaranya adalah :

1. Elevasi pipa seperti pada gambar 3, yang menunjukkan elevasi pipa ke arah layanan paling ujung naik 1m dari pipa sambungan pipa existing.
2. Panjang pipa pengembangan / baru sepanjang 425 m dengan jenis pipa PVC diameter 2".
3. serta jumlah layanan penduduk yang dilayani pada jaringan pipa baru, yaitu 70 jiwa. Dari jumlah layanan jiwa yang diperoleh, maka dapat memproyeksikan jumlah penduduk pada beberapa tahun mendatang sesuai periode perencanaan yang diinginkan.

$$P_t = P_o \cdot (1 + r \cdot t)$$

$$r = \frac{1}{t} \left(\frac{P_t}{P_o} - 1 \right)$$

Keterangan :

P_t = Jumlah penduduk pada tahun ke- t ;

P_o = Jumlah penduduk pada tahun dasar;

r = Laju pertumbuhan penduduk;

t = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun).

Jumlah proyeksi penduduk ini akan digunakan untuk menghitung hidrolis pipa dengan menggunakan EPANET.2.0. Dengan menggunakan perhitungan hidrolis berdasarkan rumus persamaan Hazen William, maka dapat menghitung kehilangan tekanan dalam pipa.

$$h_f = \frac{10,675L \cdot Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot D^{4,87}}$$

Keterangan :

h_f = kehilangan tekanan, dalam m

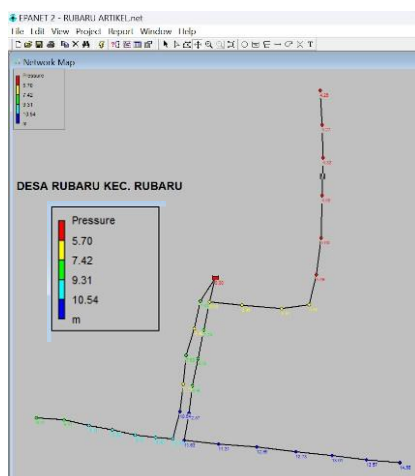
L = panjang pipa, dalam m

Q = debit, dalam m³/detik

C = koefisien Hazen William untuk pipa, lihat Tabel A.1

D = diameter pipa, dalam m

Sehingga dari nilai kehilangan tekanan akan mendapatkan nilai tekan / *pressure* pada jaringan pipa distribusi.



Gambar 4 Jaringan Pipa Simulasi Aliran Air
Pada EPANET 2.0

Tabel 3 Tabel Node

Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Pressure m
Junc 2	240	0.6	6.93
Junc 3	238.8	0.4	7.74
Junc 4	237.8	0.39	8.58
Junc 5	237.3	0.37	8.95
Junc 6	232.3	0.34	12.57
Junc 7	232.3	0.3	11.63
Junc 28	237.3	0.37	5.70
Junc 29	232.3	0.34	10.54
Junc 30	232.3	0.32	10.44
Junc 31	233.3	0.19	9.38
Junc 34	233.3	0.19	9.35
Junc 35	233.3	0.16	9.32
Junc 36	233.3	0.15	9.31
Junc 37	233.3	0.15	9.31
Junc 38	233.3	0.15	9.31
Junc 8	240	0.15	6.46
Junc 9	240	0.15	5.97
Junc 10	240	0.15	5.85
Junc 22	240	0.15	5.69
Junc 23	240	0.13	5.60
Junc 24	241	0.11	4.55
Junc 32	241	0.1	4.32
Junc 33	241	0.06	4.27
Junc 39	241	0.02	4.26
Junc 40	237	0.39	7.68
Junc 41	240	0.4	6.99
Junc 42	240	0.5	7.42
Junc 43	232	0.3	11.31
Junc 44	230	0.2	12.95
Junc 45	230	0.2	12.73
Junc 46	229	0.2	13.61
Junc 47	229	0.14	13.57
Junc 48	228	0.14	14.56

Kesimpulan

Sebelum mengembangkan sistem jaringan pipa air bersih perlu dilakukan analisis teknis, untuk Mengetahui apakah sistem jaringan pipa air bersih yang di rencanakan layak untuk di kembangkan atau tidak. Dari analisis perhitungan hidrolis melalui EPANET 2.0 dapat dilihat pada gambar 4 : nilai pressure diatas 10.54 berwarna biru Tua, nilai 10,54 – 9.31 berwarna biru muda, nilai 9.31 – 7.42 berwarna hijau, nilai 7.42 – 5.7 berwarna kuning, dan nilai dibawah 5.7 berwarna merah. Sementara pada tabel 3 terdapat nilai pressure dibawah 5.7, yang mana diketahui terdapat sebanyak 4 *junction* yaitu : *junction* 24,32,33,39 yang nilai tekanan air dibawah nilai yang diijinkan. Hal ini sebagai salah satu faktor yang menyebabkan aliran air tidak optimal. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007 sisa tekanan minimum pada ujung pipa terjauh sebesar 5.16 m. Pada jaringan pipa yang aliran air



dibawah tekanan minimum tidak dapat memanfaatkan sarana reservoir dari sarana terbangun dari program Pemerintah. Sehingga memerlukan sarana reservoir yang dapat memberi tekanan aliran diatas kriteria yaitu 5.16 m, sehingga air dapat mengalir secara optimal dan lancar sampai pada konsumen.

Ucapan Terima kasih

Terimakasih kepada pihak – pihak yang terlibat dalam penulisan artikel ini. Kepada Dra. Ir. Adriana Anteng Anggorowati, M.Si., IPU Selaku dosen pembimbing yang terus menggali informasi mengenai inovasi atau temuan yang pernah saya lakukan selama bekerja, sehingga pengalaman yang terlupakan selama bekerja menjadi objek penulisan artikel ini.

Referensi

- SNI 7509:2011 tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Distribusi dan Unit Pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum.
- Sugiyono, 2020. Buku Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif. Bandung, Alfabeta.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman Balitbang Kementerian Pekerjaan Umum. 2012. Pedoman Umum Penyediaan Air Minum Berbasis Masyarakat. Bandung: Puskim
- Randall K. Noon. 2001. Forensic Engineering Investigation. United States of America.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum. Departemen Pekerjaan Umum.



Strategi Peningkatan Pelayanan Sistem Distribusi Air Minum Pdam Kecamatan Kota – Kabupaten Sumenep

Dedi Falahuddin¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ dedifalahuddin@gmail.com

Pendahuluan

Kebutuhan air minum dengan kuantitas, kontinuitas dan kualitas yang memadai sebagaimana yang tertuang dalam Peraturan Pemerintah R.I. Nomor 16 Tahun 2005 tentang Sistem Penyediaan Air Minum masih merupakan harapan yang belum bisa dinikmati oleh semua lapisan masyarakat di Kabupaten Sumenep.

Dalam melakukan pelayanan air minum kepada masyarakat, sistem jaringan distribusi dari suatu kesatuan sistem penyediaan air bersih merupakan bagian yang sangat penting. Fungsi pokok dari jaringan pipa distribusi adalah untuk menghantarkan air minum keseluruh pelanggan dengan tetap memperhatikan faktor kualitas, kuantitas dan tekanan air. Kondisi yang diinginkan oleh seluruh pelanggan adalah ketersediaan air secara terus menerus.

Suatu sistem distribusi air minum akan mengalami peningkatan beban pelayanan seiring dengan tumbuhnya populasi dan perkembangan wilayah/kota yang dilayani, sehingga menyebabkan sistem distribusi yang ada tidak lagi mampu memenuhi peningkatan pertumbuhan tersebut. Kondisi seperti ini dijumpai di Kabupaten Sumenep. Kedudukan Kecamatan Kota Sumenep merupakan pusat kegiatan ekonomi, pemerintahan dan pendidikan, menyebabkan tingginya kepadatan dan laju pertumbuhan penduduk yang sangat berpengaruh pada peningkatan kebutuhan akan pelayanan air minum.

Berdasarkan data PDAM Kabupaten Sumenep tahun 2023 diketahui bahwa PDAM melayani 5.941 sambungan rumah (35.646 jiwa) di kecamatan kota, sedangkan jumlah total penduduk wilayah kota sebanyak 71.560 jiwa atau baru mencapai pelayanan 50 % dari jumlah penduduk di Kecamatan Kota Sumenep. Kondisi ini masih jauh lebih kecil dibandingkan standar cakupan pelayanan air minum untuk kategori kota sedang yaitu 80% (NSPM Bidang Air minum Departemen Permukiman dan Prasarana

Pelayanan penyediaan air minum PDAM Kabupaten Sumenep masih dihadapkan pada berbagai masalah teknis, keuangan, dan kelembagaan.. Untuk mengatasi berbagai permasalahan tersebut dibutuhkan suatu strategi bagaimana memperbaiki permasalahan yang ada berdasarkan aspek teknis, finansial dan kelembagaan. Dengan penyusunan strategi tersebut diharapkan target 68% peningkatan pelayanan air minum kepada masyarakat agar mendapatkan akses dan penurunan tingkat kehilangan air hingga mencapai 25% dapat tercapai. Hasil evaluasi aspek teknis menunjukkan bahwa ketersediaan sumber air baku wilayah Kecamatan Kota Sumenep belum memenuhi untuk kebutuhan air minum penduduk hingga 13 tahun kedepan, cakupan pelayanan yang masih rendah, tingkat kebocoran masih tinggi dan kondisi eksisting jaringan pipa transmisi dan distribusi masih perlu dibenahi. Sedangkan hasil Pengukuran kinerja PDAM Kabupaten Sumenep didasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 294/PRT/M/2005 tentang Badan Pendukung Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (BPP SPAM). Berdasar hasil penilaian tersebut menunjukkan bahwa kinerja PDAM Kabupaten Sumenep dapat dikategorikan masih sakit. Untuk mencapai kategori sehat berdasarkan penilaian BPPSPAM diperlukan berbagai strategi terkait bidang keuangan, manajemen, dan teknik. Berdasarkan strategi yang telah dilakukan maka pada tahun 2010 PDAM Kabupaten Sumenep akan berada dalam kategori sehat.

Kata Kunci : Strategi, jaringan distribusi, peningkatan pelayanan, PDAM Kabupaten Sumenep.

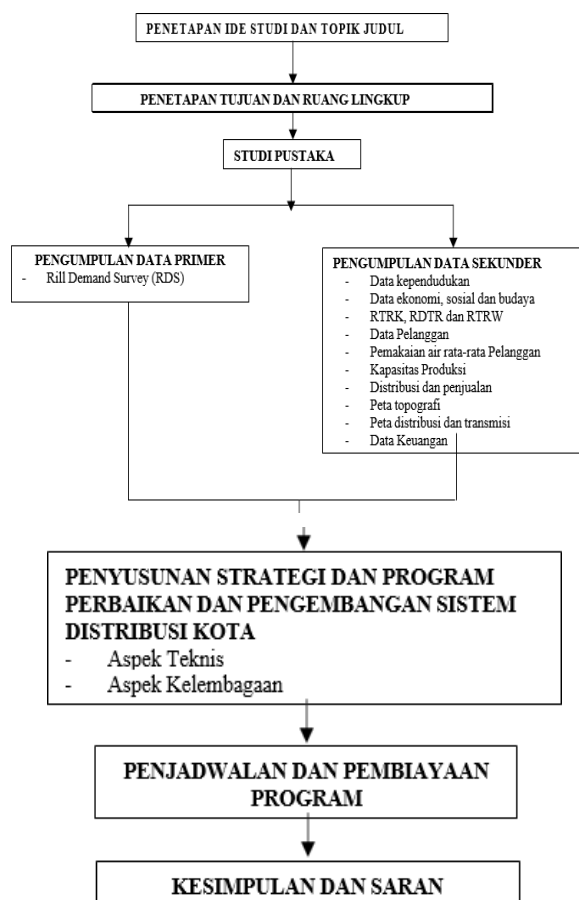
Wilayah tahun 2003). Dimana dalam NSPM tersebut disebutkan harus memenuhi syarat kualitas berdasarkan peraturan menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang kesehatan. Tingkat kehilangan air atau *Non Revenue Water* sebesar 49,16%. Ini diperoleh dari volume air yang didistribusikan selama 1 tahun = $3.091.789,44 \text{ m}^3$ dikurangi air yang terbayarkan (dipertanggungjawabkan) = $1.571.865,75 \text{ m}^3$. Selisih yang diperoleh merupakan *Non Revenue Water* sebesar $1.519.923,69 \text{ m}^3$. Kehilangan air tersebut melebihi standar tingkat kehilangan air minimum yaitu 25%. Selain itu, pada pagi dan sore hari masyarakat pelanggan PDAM di beberapa wilayah sering mengalami kesulitan dalam memenuhi kebutuhan air minumnya karena kurangnya aliran air dari PDAM.

Metode

Metode pengumpulan data primer berupa observasi lapangan, sedangkan data sekunder diperoleh melalui kajian pustaka dan pengumpulan dokumen-dokumen yang berkaitan dengan obyek penelitian.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survey dan metode kasus. Metode survey dilakukan dengan melakukan pengamatan di lapangan dengan tujuan untuk mengukur fakta, merumuskan dan melukiskan apa yang terjadi. Metode kasus dilakukan

melalui suatu penelitian pendekatan secara spesifik terhadap masalah-masalah dengan lebih mendalam di segala tingkatan. Responden yang dijadikan sampel dalam penelitian ini berjumlah 146 orang pelanggan PDAM dan 136 Non Pelanggan PDAM.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Hasil Kerja

Aspek Teknis

Dari hasil survei kebutuhan nyata diketahui bahwa konsumsi air bersih oleh masyarakat pelanggan PDAM dan non pelanggan PDAM sebesar 133,33 liter/orang/hari.

Penentuan tingkat pelayanan PDAM Kabupaten Sumenep terhadap kebutuhan air bersih masyarakat di Kecamatan Kota Sumenep didasarkan atas beberapa kriteria sebagai berikut :

- Hasil survei tahun 2023 diketahui minat penduduk non pelanggan PDAM menjadi pelanggan PDAM adalah sebesar:
Persentase sangat berminat + Persentase berminat = 23,53 % + 47,06 %
= 70,59 %
- Penduduk yang bersedia membayar biaya sambungan baru sebesar 67,65 %.
- Penduduk yang mampu membayar rekening air berdasar 74 %.
- Tingkat pelayanan saat ini sebesar 50 %.
- Persentase non pelanggan PDAM saat ini sebesar 50 %.

Berdasarkan data tersebut di atas, dapat dilakukan perhitungan tingkat pelayanan (Rianto, 2003) sebagai berikut :

Tambahan Pelayanan :

$$\begin{aligned} &= \text{Non Pelanggan} \times \text{Minat} \times \text{Kemampuan} \times \text{Kesanggupan} \\ &= 50\% \times 70,59\% \times 67,65\% \times 74\% \\ &= 17,67\% \end{aligned}$$

Tingkat Pelayanan :

$$\begin{aligned} &= \text{Cakupan Pelayanan Sekarang} + \text{Tambahan Pelayanan} \\ &= 50\% + 17,67\% \\ &= 67,67\% \text{ dibulatkan menjadi } 68\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap kondisi eksisting pelayanan air bersih oleh PDAM Kabupaten Sumenep yang telah dilakukan maka ada beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam upaya untuk meningkatkan pelayanan air bersih kepada masyarakat Kecamatan Kota Sumenep, yaitu :

- Jumlah penduduk yang belum terlayani air minum oleh PDAM Kabupaten Sumenep tahun 2022 masih cukup besar yaitu 50% dengan tingkat pelayanan air tahun 2022 sebesar 50 %.
- Minat masyarakat non pelanggan menjadi pelanggan PDAM dari hasil survei kebutuhan nyata (SKN) yang dilakukan pada tahun 2023 cukup tinggi yaitu sebesar 70,59 % sehingga pada tahun proyeksi yang akan datang akan dicapai 68%.
- Sistem jaringan transmisi dan distribusi yang ada saat ini masih dapat dioptimalkan untuk mendukung peningkatan pelayanan serta kapasitas air baku dan kapasitas produksi yang tersedia masih dapat ditingkatkan guna memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat di masa yang akan datang.
- Perlu memperhatikan ketersediaan air baku dan penurunan kehilangan air berdasarkan proyeksi kebutuhan air minum hingga tahun 2033, dimana pada tahun 2032 akan mulai terjadi defisit kebutuhan air minum untuk pelanggan PDAM .

Strategi Aspek Teknis

Rencana peningkatan pelayanan air bersih kepada masyarakat Kecamatan Kota Sumenep diawali dengan optimalisasi dan perbaikan kondisi jaringan pipa eksisting untuk meningkatkan performa jaringan yang ada, pembentukan blok pelayanan dan melakukan pengembangan jaringan distribusi yang diarahkan terutama pada :

- ✓ Wilayah yang berdasarkan analisa hidrolis, memiliki tekanan dan kecepatan aliran air yang cukup memadai serta wilayah yang cakupan pelayanannya masih rendah.
- ✓ Wilayah yang telah ada jalur pipa distribusi eksisting, area pemukiman dan masih terjangkau sistem distribusi yang ada.
- ✓ Wilayah kota yang sama sekali belum mendapatkan pelayanan air bersih dari PDAM.
- ✓ Wilayah pengembangan kota yang memiliki prioritas untuk dikembangkan berdasarkan RTRW dan BWK Kecamatan Kota Sumenep

Aspek Kelembagaan

Penilaian Berdasarkan Badan Pendukung Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (BPP SPAM)

Penilaian kinerja PDAM yang diterapkan berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 294/PRT/M/2005 tentang Badan Pendukung Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (BPP SPAM), ditentukan berdasarkan jumlah nilai yang diperoleh dari pembobotan yang dilakukan, bobot kinerja dan nilai maksimum pada tiap bidang yang ditinjau yaitu bidang keuangan, manajemen dan bidang teknis. Berdasarkan penilaian tersebut pada tahun 2008 penilaian kinerja adalah:

1. Bidang Keuangan : Bobot kinerja = 0,80
2. Bidang Manajemen : Bobot kinerja = 0,56
3. Bidang Teknik : Bobot kinerja = 0,15
4. Total penilaian atas kinerja PDAM Kabupaten Sumenep dari tiga aspek adalah 1,51 dan berdasarkan tingkat keberhasilan yang dicapai, maka PDAM berada pada kategori < 1,7 (Sakit). Hal ini mengindikasikan PDAM mengalami penurunan sambungan, defisit kas, tidak mampu membiayai penggantian aset, pelayanan kepada masyarakat terabaikan, gagal menyelesaikan pinjaman.

Strategi Aspek Kelembagaan

Dengan pengelolaan yang lebih baik pada berbagai aspek maka akan dicapai kategori Sehat pada tahun 2024, dengan total penilaian adalah 2,12

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil survei kebutuhan nyata yang telah dilakukan bahwa cakupan pelayanan PDAM Kecamatan Kota Sumenep akan mencapai 67,67%, dan hal tersebut terealisasi pada tahun 2021.
2. Berdasarkan proyeksi kebutuhan air minum hingga tahun 2021, pada tahun 2018 akan mulai terjadi defisit kebutuhan air minum untuk pelanggan PDAM, sehingga diperlukan penambahan pompa pada Sumur Bor Kebunagung guna mengoptimalkan kapasitas sumber yang ada
3. Penilaian PDAM Kabupaten Sumenep akan mencapai kategori Sehat apabila dilakukan berbagai strategi terkait bidang keuangan, Manajemen, dan teknik.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih disampaikan kepada Dosen Pembimbing program keinsinyuran dan rekan PDAM Kabupaten Sumenep.

Referensi

- Al Layla, M.A., Ahmad S. and Middlebrooks, E.J. (1978), Water Supply Engineering Design, Ann Arbor Science, Michigan, U.S.A.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Sumenep (2022), Kecamatan Kota Sumenep Dalam Angka 2022, Sumenep.
- Basuki S. (1993), Macam-macam Pipa dan Accessories dalam Pemakaian di Teknik Lingkungan, Tugas

- Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- CV. Sigma Usaha Mandiri (2006), Tabel Buku Besi, CV. Sigma Usaha Mandiri, Surabaya.
- Departemen Dalam Negeri (1999), Keputusan Menteri Dalam Negeri Nomor 47 Tahun 1999, tentang Pedoman Penilaian Kinerja Perusahaan Daerah Air Minum, Departemen Dalam Negeri, Jakarta.
- Departemen Negara Hukum dan Hak Asasi Manusia (2005a), Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, Departemen Hukum dan Hak Asasi Manusia, Jakarta.
- Departemen Hukum dan Hak Asasi Manusia (2005b), Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2005 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Tahun 2004 - 2009, Sinar Grafika, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum (2005), Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 294/PRT/M/2005 tentang Badan Pendukung Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Dinas Kesehatan Kabupaten Sumenep (2008), Laporan Hasil Pemeriksaan Kualitas Air PDAM Kabupaten Sumenep Tahun 2022, Sumenep.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya Departemen (1998), Petunjuk Teknis Perencanaan Rancangan Teknik Sistem Penyediaan Air Minum Perkotaan Volume V, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya (2000), Petunjuk Teknis Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum Perkotaan, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya (2007), Pedoman Penyusunan Rencana Induk Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum Lintas Kabupaten dan/atau Kota, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Pemerintahan Umum Daerah Direktorat Pendapatan dan Keuangan Daerah (2000), Petunjuk Pelaksanaan Survei Kepuasan Pelanggan, Direktorat Jenderal Pemerintahan Umum Daerah Direktorat Pendapatan dan Keuangan Daerah, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Tata Perkotaan dan Tata Pedesaan (2004), Standar Pelayanan Bidang Air Minum, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Direktorat Jenderal Tata Perkotaan dan Tata Pedesaan, Jakarta.
- Degarmo, E.P., et al. (1999), Ekonomi Teknik, Edisi Kesepuluh, PT. Prenhallindo, Jakarta.
- Ghozali Imam, H. Prof. Dr. M.Com. Akt, (2005), Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program SPSS Edisi 3, Universitas Diponegoro, Yogyakarta.
- Harlan, R.L.; Kolm K.E.; Gutentag, E.D. (1989), Water Well Design and Construction, Elsevier Science Publishing Company Inc, New York, USA.
- Kementerian Negara Otonomi Daerah (2000), Pedoman Akuntansi Perusahaan Daerah Air Minum, Kementerian Negara Otonomi Daerah, Jakarta.
- Kodoatie Robert J. (1994), Analisis Ekonomi Teknik, Andi, Yogyakarta.
- Linsey, R.K.; Franzini, J.B.; Sasongko, D. (1996), Teknik Sumber Daya Air (Terjemahan), Erlangga, Jakarta.
- Mangkoedihardjo, S, (1985), Penyediaan Air Bersih I Dasar-dasar Perencanaan dan Evaluasi Kebutuhan Air, Teknik Penyehatan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Mangkoedihardjo, S, (1985), Penyediaan Air Bersih II Dasar-dasar Perencanaan dan Evaluasi Kebutuhan Air, Teknik Penyehatan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.



- Menteri Kesehatan RI (2002), Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 907/Menkes/SK/VII/2002, Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum, Jakarta.
- Metodologi Penelitian, (2003), Bahan Kuliah Untuk Mahasiswa S1 dan S2 Teknik Lingkungan FTSP, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Pemerintah Kabupaten Sumenep Dinas Pekerjaan Umum Pengairan (2005), Survey Potensi Air Tanah Dalam Dengan Geo Listrik Di Kabupaten Sumenep – Kerjasama Dengan Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan Departemen Energi sumber Daya Mineral Tahun 2005, Sumenep.
- PDAM Kabupaten Sumenep (2022), Laporan Keuangan PDAM Sumenep Tahun 2022, Sumenep.
- PU. dan Tata Ruang Kabupaten Sumenep (2022), Rencana Umum Tata Ruang Kecamatan Kota Sumenep, Sumenep.
- Rangkuti. F. (2006) Analisa SWOT Teknik Membedah Kasus Bisnis, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Roosman. L.A. (2000), Epanet 2 User's Manual, Water Supply and Water Resources Division, National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati, OH.



Design Method of *Lifting Work-Unloading and Installation Generator 1000KVA at Tokyu Mega Kuningan Project*

Yohanes Surya¹ Hartono Pranjoto¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ hanes.surya@gmail.com

✉ pranjoto@ukwms.ac.id

Work in the construction sector has many sub-sectors, one of which is lifting work. A lifting work analysis of the Unloading, lifting, and installation of a generator 1000KVA will be presented in this proceeding. Before lifting work is carried out, it is necessary to analyze and design a work method that includes calculating the safety factor for the lifting power of heavy equipment (mobile crane) and the generator shifting method. This design and method aim to minimize the risk of work accidents and create an estimated list of work tools to be used and a Budget Estimate Plan (BEP) required for the work. However, this proceeding only focuses on design and work methods. The work method used is Unloading and lifting using the KATO NK-3600 series mobile crane with a lifting capacity of 360 tons, and the shifting work method uses a skidding rail. Based on the design and methods, an efficient and safe installation process was produced with a mobile crane safety factor 1.35.

Keywords: *Lifting work analysis, safety factors, mobile crane, shifting work method.*

Pekerjaan di bidang konstruksi memiliki banyak sub-bidang pekerjaan, diantaranya adalah pekerjaan pengangkatan (*lifting work*). Pada prosiding ini akan disajikan mengenai analisis *lifting work* proses *Unloading, lifting* dan instalasi generator 1000KVA. Sebelum dilaksanakannya *lifting work* ini diperlukan analisis dan desain metode kerja (*work method*) yang mencakup perhitungan *safety factor* daya angkat alat berat (*mobile crane*) dan metode pergeseran atau *shifting* generator. Tujuan dari desain dan metode ini adalah untuk meminimalisir resiko kecelakaan kerja dan membuat daftar estimasi alat kerja yang akan digunakan serta rancangan anggaran biaya (RAB) yang dibutuhkan dalam pekerjaan. Namun pada prosiding ini hanya difokuskan pada desain dan metode kerja (*work method*). Metode kerja yang digunakan adalah *Unloading* dan *lifting* dengan menggunakan *mobile crane* KATO seri NK-3600 dengan kapasitas angkat 360 ton, dan metode *shifting work* dengan menggunakan *skidding rail*. Berdasarkan desain dan metode yang digunakan, dihasilkan proses instalasi yang efisien dan aman dengan *safety factor mobile crane* sebesar 1.35.

Kata kunci: *analisis lifting work, safety factor, mobile crane, metode shifting work.*

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang luas dengan pembangunan infrastruktur yang *massive* baik di sektor *public* maupun *private*. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik 2001, pembangunan infrastruktur di Indonesia menjadi salah satu faktor meningkatnya peran sektor konstruksi terhadap perekonomian Indonesia. Hal ini dapat dilihat dari besarnya persentase sektor konstruksi terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) sebesar 10,39% pada triwulan III/2021 (Handayani dan Yuniastuti, 2021). Dalam sektor konstruksi ini terdapat banyak sekali pekerjaan *lifting* untuk memindahkan dan menempatkan material & peralatan baik di *ground level* maupun dengan ketinggian tertentu. Salah satu pekerjaan *lifting* yang sangat penting terkait dengan

pekerjaan *mechanical, electrical, plumbing* (MEP) adalah *Unloading, shifting* dan instalasi generator listrik. Pada proses pekerjaan konstruksi instalasi ini diperlukan perencanaan, desain metode kerja (*work method*) dan penjadwalan yang matang. Hal ini merupakan aspek yang sangat penting terkait dengan manajemen keselamatan (*safety*), menghindari keterlambatan pekerjaan, dan agar pengerjaan dapat dilakukan dengan efektif dan efisien. Pemasangan *heavy equipments* dilakukan baik sebagai pekerjaan konstruksi baru di lokasi "*green field*", maupun pada proyek *retrofit* yang dilakukan di pabrik dan pada instalasi sipil yang sudah ada (Fedock, 1999). Perencanaan metode *lifting* generator ini dibuat dengan menyesuaikan kondisi area kerja yaitu bangunan sipil yang ada (*civil*

existing) dimana dalam proyek ini adalah pembangunan gedung bertingkat.

Dalam penulisan prosiding ini penulis melakukan desain perencanaan instalasi generator yang merupakan *equipment* dalam sistem MEP di tokyu mega kuningan *project*. Pengertian dari *lifting device* adalah mesin yang digunakan untuk menaikkan atau menurunkan beban. Alat-alat dari *lifting device* tersebut termasuk *cranes*, *hoists*, *chain falls*, *jacks*, *jacking systems*, *strand lift system*, *gin poles*, *derricks*, *monorail hoist*, *gantry crane*; tetapi tidak termasuk perangkat seperti *elevators & conveyors*. *Lifting* adalah suatu proses pengangkatan, atau penempatan peralatan, komponen, atau material dengan alat pengangkat (*lifting device*) (The Bechtel Equipment Operations Rigging Department, 2002).

Mobile crane adalah salah satu peralatan yang paling sering digunakan dalam konstruksi, dan pemilihan yang tidak tepat dari sebuah *mobile crane* dapat menyebabkan kecelakaan kerja yang serius (Peng dan Chua, 2017). Pekerjaan *lifting* yang terkait dengan penggunaan *mobile crane* merupakan pekerjaan yang berisiko tinggi sehingga dalam perencanaan penggunaan *crane* ini harus berdasarkan kondisi *civil existing* untuk menentukan posisi *crane* dan tambahan bantalan pada *outrigger crane* jika diperlukan. Selain itu juga bagaimana *crane* ini aman untuk melewati area kerja dan aman untuk dilakukan *positioning*.

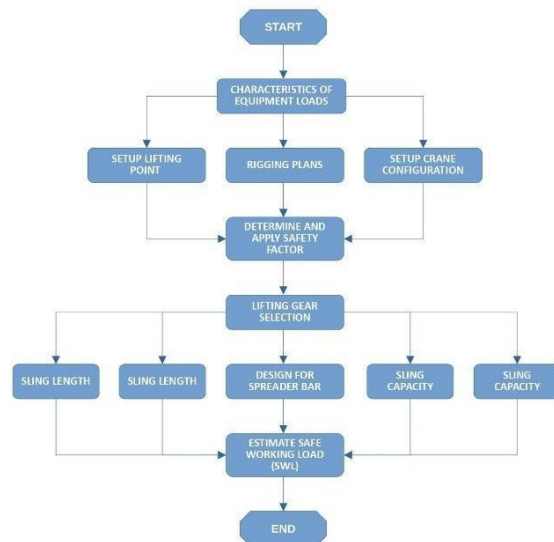
Scope pekerjaan yang diuraikan dalam prosiding ini adalah melakukan desain metode kerja, menentukan kapasitas daya angkat *crane* yang bisa mengangkat beban generator 1000KVA seberat 17.3T, menentukan posisi marking *crane*, menghitung safety factor *crane*, membuat *spreader bar* untuk distribusi beban dari *crane* ke generator dan membuat Gambar kerja. Dalam pekerjaan ini akan digunakan *crane* dengan kapasitas 360T seri KATO NK-3600. Main tools yang akan digunakan adalah *skidding rail* dari material steel. Adapun untuk scaffolding yang dipakai untuk *temporary landing stage* sebagai lantai *skidding rail* dan pergeseran generator tidak termasuk *scope* dalam perencanaan pekerjaan ini.

Metode

Metode pekerjaan ini menggunakan proses sebagai berikut:

1. *Unloading* dan *lifting* generator 1000KVA dari *truck delivery* dengan *crane* kapasitas 360T.
2. Shifting generator ke posisi *landing stage* (diatas *skidding rail*).
3. Shifting generator menuju pondasi dengan mendorong generator dengan menggunakan hydraulic electric pump.

Pada Gambar 1 di bawah ini menunjukkan *flowchart* dari proses pekerjaan *rigging* dan *lifting*.

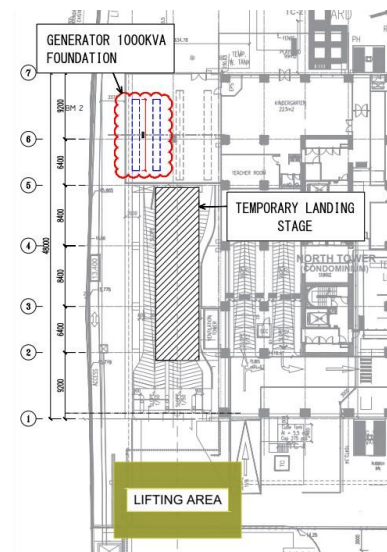


Gambar 1 Flow Chart Proses Pekerjaan *Rigging* dan *Lifting*

Hasil Kerja

A. Lokasi Pekerjaan

Subjek pekerjaan ini adalah pekerjaan *lifting* dan instalasi generator 1000KVA dengan berat 17.3T di proyek pembangunan gedung apartemen yang dikerjakan oleh Shimizu Corporation. Lokasi instalasi generator 1000KVA berada di area *ground floor* (Gambar 2).



Gambar 2 Lokasi *Lifting* dan Instalasi Generator 1000KVA

B. Lifting Gear

Pada pekerjaan ini akan dilakukan tahap perencanaan dan tahap *erection* dengan menggunakan perangkat lunak untuk desain & drawing serta *tools* yang akan digunakan dalam pekerjaan di *site project*. Adapun alat yang digunakan adalah:

1. Pemodelan dan *drawing lifting* menggunakan perangkat lunak *autocad*.
2. *Tools* yang dipakai saat proses *lifting* diantaranya: *mobile crane* kapasitas 360T, *round sling* (panjang 5M;

kapasitas 10T), *square spreader bar* kapasitas 25T dan shackle kapasitas 16T & 12T.

3. Tools yang dipakai saat shifting generator diantaranya: *skidding rail, hydraulic jack, wooden block, stand skidding rail*.

C. Perhitungan Dan Safety Factor Crane

Mobil *crane* yang akan dipakai dalam proyek ini adalah *crane* dengan kapasitas 360T merk KATO NK-3600. *Crane* ini dipilih dengan mempertimbangkan *safety factor* yang dihasilkan.

Salah satu keuntungan menggunakan mobile *crane* adalah operator *crane* dapat mengatur panjang boom dan sudut boom sesuai dengan perencanaan desain operasional (Peng dan Chua, 2017).

Gambar 3 menunjukkan *load chart* kapasitas daya angkat beban dari NK-3600 *crane* dengan posisi maksimal panjang boom 40m.

作業半径 (m)	40mブーム				
	性能区分				
	S	A	B	C	D
7.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0
8.0	95.0	95.0	95.0	95.0	73.0
9.0	90.0	95.0	90.0	88.5	57.0
10.0	85.5	85.5	85.5	73.5	46.5
11.0	79.0	79.0	79.0	60.5	38.5
12.0	73.0	73.0	73.0	50.5	32.5
14.0	63.5	63.5	58.5	37.0	23.5
16.0	56.0	56.0	46.0	28.5	17.0
18.0	49.5	49.5	37.0	22.0	12.5
20.0	44.5	44.5	30.5	17.5	8.5
22.0	40.0	37.5	25.5	14.0	6.0
24.0	36.0	32.5	21.5	11.0	
26.0	32.5	28.5	18.5	8.5	
28.0	30.0	25.0	15.5	6.5	
30.0	27.5	22.0	13.5		
32.0	24.5	19.5	11.5		
34.0	22.0	17.5			
36.0	19.0	15.5			
38.0					
40.0					
42.0					
危険角度	2°		35°		52°
標準フック	160tフック				
フック重量	2,000kg				
巻掛本数	10本				

Gambar 3 Load Chart Crane NK-3600 Kapasitas 360T
Sumber: NK-3600 Catalog

Dalam proyek ini akan dipakai boom dengan panjang 40m dan radius *crane* 30m seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kapasitas Lifting Crane Pada Generator 1000KVA

Panjang Boom	Radius Lifting	Sudut Boom	Lifting Capacity
40 m	30 m	42°	27.5 ton

Menurut DNV-OS-H205-Offshore Standards for Lifting Operations: Bagian 2-5 (2014), fokus ekstra harus diperhatikan pada efek dinamis selama operasi *lifting*. Efek beban dinamis yang diakibatkan oleh pengaruh eksternal secara umum dapat dihitung dengan menggunakan *dynamic amplification factor* (DAF) seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2. Faktor-faktor ini diterapkan pada beban gantungan statis (*static hook load* - SHL) dari struktur yang diangkat (Clement, 2015).

Tabel 2 Dynamic Amplification Factors sesuai dengan DNV-OS-H205 (2014)

Static Hook Load (SHL) dalam Ton	Dynamic Amplification Factor		
	Onshore	Inshore	Offshore
SHL < 100	1.10	1.15	1.30

100 < SHL < 300	1.05	1.12	1.25
300 < SHL < 1000	1.05	1.10	1.20
1000 < SHL < 2500	1.03	1.08	1.15
SHL > 2500	1.03	1.05	1.10

(Sumber: DNV-OS-H205, 2014)

Perhitungan Safety Factor-at Pickup & Installation Point dengan menggunakan *crane* NK-3600 untuk melakukan *lifting* pada generator 1000KVA dengan berat 17.3T adalah sebagai berikut:

KATO NK-3600 Mobile Crane

Lift crane with full Counterweight 95 Ton
40.0 M Boom ==> Use Conservative

Total beban yang diangkat:

Cargo generator 1000KVA weight	17.3 Ton
Main hook block weight	2 Ton
Rigging gear equipment weight	1.5 Ton
Total weight	20.3 Ton

Working radius = 30 m

Lifting capacity = 27.5 Ton

(1) Safety Factor (SF)

$$SF = \frac{\text{Lifting Capacity}}{\text{Total Weight}} \times 100\%$$
$$SF = \frac{27.5}{20.3} \times 100\%$$

$$SF =$$

$$1.35$$

Jika ≥ 1.3 is OK

(2) Safety Factor for spare capacity

$$\text{Crane load used} = \frac{\text{Total Weight}}{\text{Lifting Capacity}} \times 100\%$$
$$\text{Crane load used} = \frac{20.3}{27.5} \times 100\%$$

$$\text{Crane load used} = 73.82\%$$

$$\text{Spare} = 100\% - 73.82\%$$

$$\text{Spare} = 26.18\%$$

Min. spare $\geq 25\%$ OK

D. Sling Angle Factor (SAF)

Sling Angle Factor atau faktor sudut tali adalah faktor yang digunakan untuk amplifikasi tegangan pada *sling* apabila sudut saat proses *lifting* adalah kurang dari 90°. Sesuai dengan standar ANSI B30.9 (2014) setiap sudut yang dibuat antara tali dengan permukaan horizontal beban memiliki faktor yang berbeda-beda, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 3.

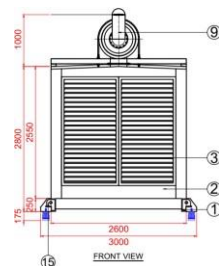
Tabel 3 Sling Angle dan Sling Angle Factors berdasarkan ANSI B30.9 (2014)

Sling Angle (°)	Sling Angle Factor (ε)	Sling Angle (°)	Sling Angle Factor (ε)	Sling Angle (°)	Sling Angle Factor (ε)
90°	1.000	60°	1.155	30°	2.000
85°	1.004	55°	1.221	25°	2.366
80°	1.015	50°	1.305	20°	2.924
75°	1.035	45°	1.414	15°	3.864
70°	1.064	40°	1.555	10°	5.759
65°	1.103	35°	1.742	5°	11.47

(Sumber : ANSI B30.9, 2014)

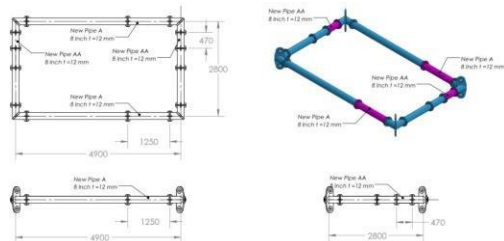
E. Desain Square Spreader bar

Pada proyek ini diperlukan *spreader bar* untuk mendistribusikan beban secara merata dari main hook *crane* kepada generator. Sebuah *spreader bar* adalah struktur yang dirancang untuk menahan gaya tekanan yang dihasilkan oleh bentuk dari sudut sling, dengan mengubah garis aksi gaya pada titik angkat ke dalam bidang vertikal. Struktur ini juga harus menahan momen lentur yang disebabkan oleh geometri dan toleransi (GL Nobel Denton, 2010). Pada Gambar 4 menunjukkan gambar dari generator 1000KVA tampak depan yang menjadi dasar dari pembuatan *spreader bar* ini.



Gambar 4 Data Generator 1000KVA (Tampak Depan)

Pada poin 15 Gambar 4 menunjukkan posisi *lifting lug* yang akan digunakan sebagai posisi *shackle* untuk memasang sling. Jika sling yang digunakan langsung dipasang dari main hook ke *lifting* dan tidak memakai *spreader bar* maka sling akan menabrak bagian dari generator bagian atas. Maka untuk itu dilakukan desain *spreader bar* berbentuk persegi (*square*) agar posisi sling tidak menabrak bagian generator yang lain. Pada Gambar 5 menunjukkan desain dari *square spreader bar*.



Gambar 5 Desain New Square Spreader bar

Pada desain *spreader bar* ini menggunakan material dari steel pipe ASTM A36 dan steel plate dengan tebal 15 dan 30mm. Detail *spreader bar* ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Detail Square Spreader bar

Item	Parameter
Panjang spreader (mm)	4900

Lebar spreader (mm)	2800
Material pipa	ASTM A36 Steel
Tebal pipa (mm)	12
Berat spreader (Kg)	1291
Steel plate (mm)	15
Steel plate (mm)	30

Pada Gambar 6 ditunjukkan fabrikasi dari *spreader bar*.

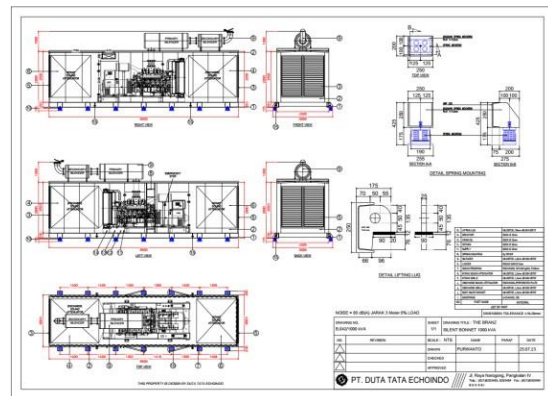


Gambar 6 Fabrikasi Square Spreader bar

F. Lifting Method

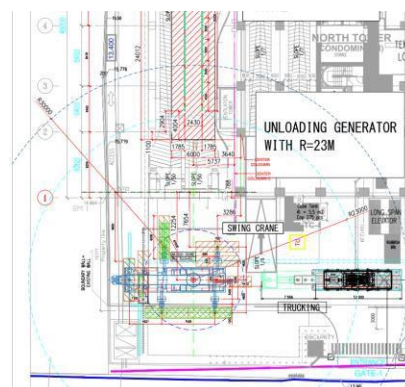
1. Preparation of Work

Dalam persiapan pekerjaan (*preparation of work*) *lifting* ini telah ditentukan spesifikasi generator 1000KVA dengan berat 17.3T, dimensi P x L x T = 9.5x3x3.975 M seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 7 Data Drawing Generator 1000KVA

Sebelum melakukan marking *crane*, terlebih dulu dilakukan survey lokasi *lifting* untuk menentukan apakah kondisi *existing* layak untuk diberikan pembebanan dalam hal ini sebagai marking dari *outrigger crane*. Pada Gambar 7 menunjukkan layout posisi *lifting* dari *crane NK-3600*.



Gambar 8 Posisi Marking Crane untuk Lifting Generator 1000KVA

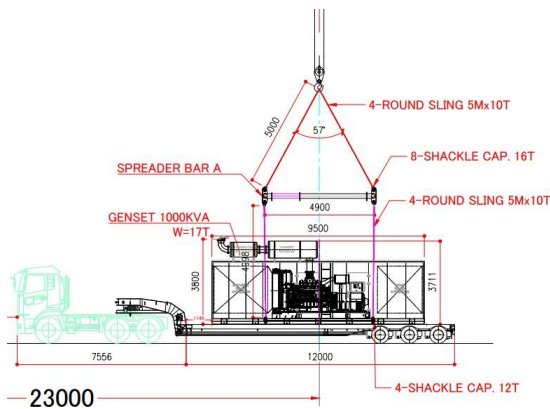
Setelah dilakukan *site survey*, diketahui bahwa sebagian area *existing* marking *crane* membutuhkan pemadatan, maka kemudian dilakukan instalasi steel plate & steel mat

tambahan untuk menopang outrigger crane. Untuk melakukan *lifting* dan *unloading*, pada crane ini di setting dengan *full extended outrigger* pada jarak 9.2 m.

Sebelum melakukan *lifting* maka dilakukan setting *lifting* gear pada crane dan generator. Tabel 5 menunjukkan *lifting* gear yang digunakan pada proses instalasi ini.

Tools	Description	Quantity
NK-3600 Crane	Kapasitas 360T	1
Square Spreader bar	Kapasitas 25T	1
Round Sling	P=5 M; Kap.=5T	8
Shackle	Kapasitas 16T	8
Shackle	Kapasitas 12T	4

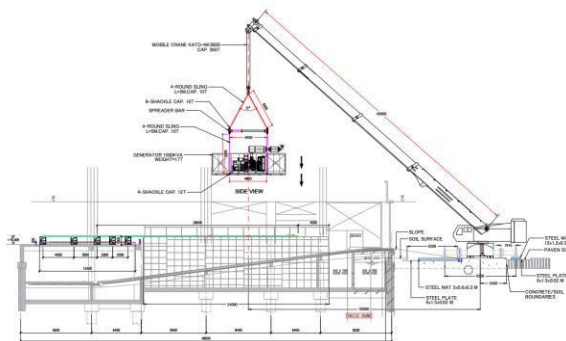
Untuk detail pemasangan *lifting* gear ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Detail Pemasangan *Lifting* Gear

2. Unloading Generator 1000KVA

Pada proses ini dilakukan *Unloading* dan *lifting* generator 1000KVA dari truk pengiriman dengan *setting* panjang boom crane=40 m dan radius crane=23 m. Pada Gambar 9 menunjukkan desain *unloading* generator 1000KVA dari truk pengiriman.



Gambar 10 Desain *Unloading* Generator 1000KVA dari Truk Pengiriman dan Landing di Temporary Stage

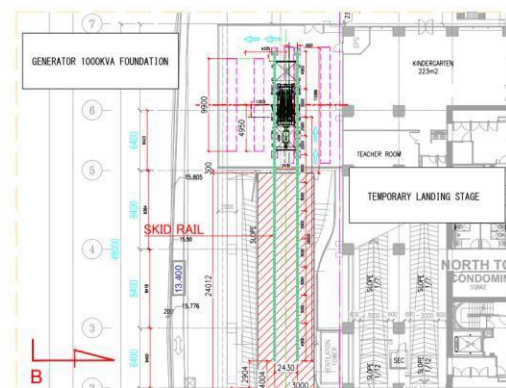
Pada Gambar 11 menunjukkan proses *Unloading* generator 1000KVA dari truk pengiriman menggunakan crane NK-3600. Proses *Unloading* kemudian diteruskan menjadi posisi *lifting* menuju area *temporary landing stage*. Dari proses *lifting* ini kemudian dilakukan proses *shifting* menuju area pondasi generator 1000KVA.



Gambar 11 *Unloading* dan *Lifting* Generator 1000KVA dari Truk Pengiriman Menuju *Landing Stage*

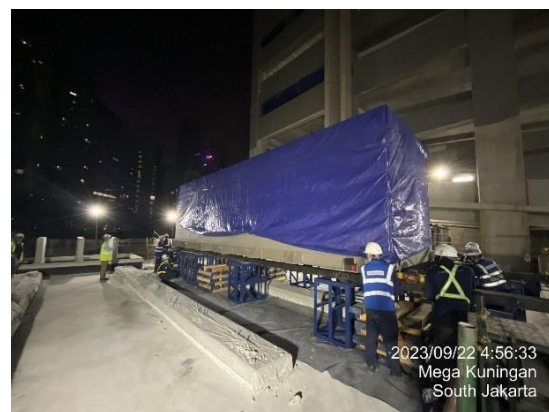
3. Shifting Method

Metode *shifting* pada generator dilakukan setelah generator landing di temporary stage. Gambar 12 menunjukkan desain *shifting* generator.



Gambar 12 Desain *Shifting* Generator 1000KVA

Gambar 13 menunjukkan posisi generator diatas *skidding* rail. Pada posisi diatas *skidding* rail ini generator didorong oleh *hydraulic pump* pada 2 titik menuju area lokasi instalasi di pondasi generator.



Gambar 13 *Shifting* Generator 1000KVA

Kesimpulan

Setelah melakukan perencanaan pada proyek instalasi generator 1000KVA ini, berdasarkan desain dan metode yang digunakan, dihasilkan perencanaan instalasi yang efisien dan aman dengan *safety factor mobile crane* sebesar



1,35 (aman dilakukan proses *erection*). Sehingga kemudian dilakukan proses *erection* di *site project*. Keberhasilan proses *erection* di *site project* ini ditunjukkan pada Gambar 10 dan 11. Saran yang dapat penulis berikan pada pekerjaan proyek ini adalah bagaimana menurunkan biaya pekerjaan yang bisa dihilangkan seperti menghilangkan penambahan steel mat pada kaki *outrigger*. Tetapi dalam hal ini kesiapan area *existing* seperti pemadatan area tanah bergantung pada *main contractor* pekerjaan sipil, karena untuk proyek instalasi ini hanya memiliki *scope unloading* dan *lifting*. Jika kesiapan area *existing* masih kurang, maka harus diberikan *tools* tambahan agar pekerjaan menjadi aman untuk dilakukan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ir. Hartono Pranjoto, M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng. selaku pembimbing yang telah mendukung proses pembuatan prosiding ini sehingga berjalan dengan baik. Terima kasih juga saya sampaikan kepada atasan dan rekan-rekan divisi instalasi yang telah bekerja sama dalam mensukseskan proyek ini.

Referensi

- Handayani, F., dan Yuniastuti, W. (2021). *Konstruksi Dalam Angka 2021*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Fedock, D. S. (1999). *Construction Loads Produced During Heavy Lifting, Rigging and Handling Operations*. American Society of Civil Engineers, 1999 Structures Congress. April 19-21. New Orleans, Louisiana, U.S.A.: Babcock & Wilcox Barberton.
- The Bechtel Equipment Operations Rigging Department. (2002). *Bechtel Rigging Handbook, 2nd Edition*. United States of America: Bechtel Corporation.
- Clement, C. (2015). *Offshore Heavy Lift Design and Operations: Sling Tension in Heavy Lifts with Quadruple Sling Arrangement*. Aberdeen : University of Aberdeen.
- Peng, L. and Chua, D. K. H. (2017). *Decision Support for Mobile Crane Lifting Plan with Building Information Modelling (BIM)*. 7th International Conference on Engineering, Project, and Production Management. National University of Singapore, Singapore: Procedia Engineering 182 (2017) 563 - 570.
- DNV-OS-H205. (2014). *Offshore Standard: Lifting Operations (VMO Standard - Part 2-5)*. Det Norske Veritas (DNV) AS.
- Mobile Cranes KATO NK-3600 Catalog :https://www.kato-works.co.jp/products/truck/pdf/NK/NK-3600_spec.pdf.
- American Society of Mechanical Engineers (ASME). ANSI 30.9 – 2014. (2014). *Codes of Practice for Fabrication, Attachment, Use, Inspection, Testing and Maintenance of Slings*. American Society of Mechanical Engineers (ASME): New York.

- GL Nobel Denton (2010). *Technical Policy Board Guidelines For Marine Lifting Operations*. Noble Denton Group: www.gl-nobledenton.com.



Perencanaan Procurement (Pengadaan) Material dan Jasa Dalam Pembangunan Pabrik PT. Caterlindo

Rinda Yolanda¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik
Widya Mandala Surabaya

✉ rindayolanda020390@gmail.com

Pendahuluan

Pembangunan pabrik di Indonesia merupakan salah satu pilar pembangunan perekonomian nasional yang diarahkan dengan menerapkan prinsip-prinsip pembangunan industri yang berkelanjutan serta didasarkan pada aspek pembangunan ekonomi, sosial dan lingkungan hidup. Saat ini pembangunan industri sedang dihadapkan pada berbagai tantangan yang sangat berpengaruh terhadap perkembangan industri dan ekonomi nasional. Peningkatan daya saing industri merupakan salah satu pilihan yang harus dilakukan agar produk industri nasional mampu bersaing di dalam negeri maupun luar negeri.

Pabrik (plant atau factory) adalah tempat di mana faktor-faktor industri seperti manusia, alat, material, energi uang (modal/capital), informasi dan sumber daya alam (tanah, air, mineral, dan lain-lain) dikelola bersama-sama dalam suatu sistem produksi guna menghasilkan suatu produk atau jasa secara efektif, efisien, dan aman.

Dalam proses perancangan pabrik hal penting yang perlu diperhatikan adalah mengenai tata letak pabrik yang ada didalamnya. Lokasi pabrik merupakan salah satu faktor penting dalam perancangan sebuah pabrik, dengan lokasi pabrik yang tepat dapat menunjang kegiatan produksi dan kegiatan lainnya dalam perusahaan tersebut. Begitu pula sebaliknya lokasi pabrik yang tidak tepat bisa menurunkan tingkat produktivitas dari perusahaan.

Lokasi pabrik merupakan salah satu faktor penting dalam perancangan sebuah pabrik, dengan lokasi pabrik yang tepat

dapat menunjang kegiatan produksi dan kegiatan lainnya

Sistem procurement atau pengadaan dalam konteks manajemen proyek merujuk pada serangkaian proses dan prosedur yang diimplementasikan untuk mengidentifikasi, memilih, dan mendapatkan sumber daya, barang, atau jasa yang diperlukan untuk melaksanakan proyek. Sistem ini dirancang untuk memastikan bahwa pengadaan tersebut dilakukan dengan efisien, transparan, dan sesuai dengan persyaratan proyek serta standar etika dan hukum yang berlaku. Procurement sangat erat hubungan antara pemahaman yang akurat tentang scope. Proyek dengan pemilihan strategi procurement untuk proyek tersebut agar hasil proyek optimal.

Procurement dalam proyek konstruksi memiliki peran strategis dalam lambatan, dan mengontrol biaya. Dengan melakukan memastikan kelancaran proyek, menghindari ketertugas-tugas ini dengan efisien, mereka membantu memastikan bahwa semua bahan dan peralatan yang dibutuhkan untuk proyek konstruksi tersedia pada waktu yang tepat dan dalam kondisi yang sesuai.

Kata kunci: Procurement, Pengadaan, Material, Jasa, Manajemen Proyek

dalam perusahaan tersebut. Begitu pula sebaliknya lokasi pabrik yang tidak tepat bisa menurunkan tingkat produktivitas dari perusahaan.

Penentuan lokasi pabrik ditentukan atas dasar :

1. Pemasaran
2. Pengadaan Bahan Baku
3. Tersedianya sarana transportasi
4. Peraturan yang berlaku (Perizinan, UMR, Perpajakan)
5. Ekosistem / Iklim Lingkungan
6. Jaringan Instalasi Listrik
7. Sumber Air dan Sarana Pembuangan Limbah
8. Lingkungan sosial dan Politik
9. Sumber tenaga kerja atau SDM
10. Dan pendukung lain-lain

Pengaturan fasilitas atau perangkat dalam suatu pabrik berhubungan erat dengan luas area yang dibutuhkan. Tata letak yang tepat akan sangat menentukan bagi keselamatan dan kelancaran kerja para karyawan serta berpengaruh pada produktivitas pabrik.



Metode

Pada tahap awal procurement untuk proyek yang sedang dijalankan, akan melibatkan beberapa tahapan yang penting untuk memastikan bahwa material yang diperlukan tersedia dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi proyek. Berikut adalah tahapan-tahapan dalam pembelian material proyek :



Gambar 1 Tahapan / alur yang dijadikan Dasar dalam pembelian material.

Hasil Kerja

1. Perencanaan dan Pengumpulan data material dari RAB/RAP

Pada tahap pertama Manajer Proyek/ Pimpinan Proyek bekerja sama dengan tim dan pemangku kepentingan dan mengembangkan rencana manajemen pengadaan material proyek. Rencana ini menguraikan strategi pengadaan , identifikasi supplier yang bersifat potensial dan menetapkan pendekatan pengadaan yang sejalan dengan tujuan proyek. Kegiatan utama dalam tahapan ini meliputi :

- Identifikasi material yang diperlukan, pada umumnya sumber listing material dari RAP/RAB yang sudah disusun sebelumnya. Pada umumnya sudah

tercantum spek material, merek / brand yang sudah diajukan serta alternatif bahan/ material sebagai support.

- Penyusunan Anggaran, Penentuan anggaran pembelian mencakup biaya material/jasa, biaya pengiriman, pajak dan biaya lain yang terkait dalam pembelian kebutuhan proyek. Dalam pengelolaan anggaran khususnya untuk pembelian material diharapkan harga satuan pembelian sudah di lock dalam suatu sistem bertujuan untuk meminimalisir hal-hal yang tidak diinginkan.

RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)					
Nama Proyek : Pekerjaan Cor Lantai Produksi					
Pekerjaan : Cor Lantai					
Lokasi : Jl. Industri Brijuni Bando - Trosobo, Sidoarjo					
NO	URAIAN PEKERJAAN	Qty	SAT	HARGA SATUAN	JUMLAH
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
I. PEKERJAAN PERSIAPAN					
1	Pengaliran Area Lantai	1,00	li	Rp 1.000.000,00	Rp 1.000.000,00
2	Standarisasi Area	1,00	li	Rp 1.500.000,00	Rp 1.500.000,00
3	Pemborosan Area	1,00	li	Rp 1.500.000,00	Rp 1.500.000,00
TOTAL I					Rp 4.000.000,00
II. PEKERJAAN LANTAI					
1	Pemborosan Lantai Grout	81,00	m ²	Rp 50.000,00	Rp 4.050.000,00
2	Gelatan Tambah	81,00	m ²	Rp 40.000,00	Rp 3.240.000,00
3	Pelapisan Cor Dik Lantai (8-10cm)	81,00	m ²	Rp 415.000,00	Rp 33.615.000,00
* Pasir					
* Pelapisan Tint Cor Semen K-225 + Wamark M6					
* Acian Pelapisan Tint Lantai					
TOTAL II					Rp 41.305.000,00
III. PEKERJAAN LAIN LAIN					
1	Pemborosan Akril	1,00	li	Rp 1.500.000,00	Rp 1.500.000,00
2	Melubangi - Dremel/Busana	1,00	li	Rp 1.500.000,00	Rp 1.500.000,00
TOTAL III					Rp 3.000.000,00
SUB TOTAL I + II + III + IV					Rp 59.325.000,00
GRAND TOTAL					Rp 59.325.000,00

Gambar 2 Copy dokumen RAB yang digunakan acuan pembelian material

2. Seleksi Supplier dan Negosiasi

Penting untuk diingat bahwa seleksi supplier dan negosiasi adalah proses berkelanjutan dalam manajemen rantai pasokan, dan penting untuk menjaga hubungan yang baik dengan supplier Anda untuk memastikan kelancaran bisnis Anda. Selain itu, manajemen risiko juga merupakan bagian penting dalam proses ini, dengan mempertimbangkan potensi gangguan pasokan dan cara mengatasinya. Untuk mendapatkan harga yang bersaing dan penentuan

supplier/vendor yang dipilih, tim purchasing menggunakan parameter sebagai acuan. Parameter yang digunakan adalah suatu analisis perbandingan dimana didalamnya ada beberapa harga dari beberapa supplier yang relevan sebagai calon pemasok material.

ANALISA PERBANDINGAN HARGA									
No	Material	Jumlah	Satuan	UD. Surya Gemilang		CV. Eka Jaya		UD. Sahar - Sahar	
				Harga	Jumlah	Harga	Jumlah	Harga	Jumlah
1	Pasir Pasang Lumajang	5	m ³	Rp. 225.000,00	Rp. 1.125.000,00	Rp. 245.000,00	Rp. 1.225.000,00	Rp. 250.000,00	Rp. 1.250.000,00
Jumlah:				Rp. 1.125.000,00		Rp. 1.225.000,00		Rp. 1.250.000,00	
Ppn 10%:				0		0		0	
Ongkos Kirim:				0		0		0	
Total:				Rp. 1.125.000,00		Rp. 1.225.000,00		Rp. 1.250.000,00	

Gambar 3 Form dokumen perbandingan harga

3. Pengadaan Material / Alat dan Jasa

Pengadaan material proyek adalah proses mendapatkan, membeli, atau mengakuisisi berbagai jenis bahan, barang, atau komponen yang diperlukan untuk menjalankan suatu proyek konstruksi atau proyek lainnya. Material-material ini dapat meliputi segala hal mulai dari bahan bangunan, peralatan, alat kerja, hingga barang-barang konsumsi yang diperlukan untuk melaksanakan proyek dengan sukses. Pengadaan material proyek merupakan bagian integral dalam manajemen proyek yang efektif, karena ketersediaan dan kualitas material dapat berdampak langsung pada kelancaran dan keberhasilan proyek secara keseluruhan. Oleh karena itu, pengelolaan pengadaan material harus dilakukan dengan cermat dan profesional.



Gambar 4 Pembelian material besi

4. Pengiriman Material / Alat

Proses ini memerlukan koordinasi yang baik antara tim proyek, tim purchasing, dan vendor untuk memastikan pengiriman material yang lancar dan sesuai dengan

kebutuhan proyek. Selain itu, transparansi dan komunikasi yang efektif sangat penting selama proses ini. Pada tahap ini koordinasi dengan bagian Gudang/logistic sangat penting karena material / alat yang dikirim perlu adanya pencocokan antara surat jalan dengan lampiran PO (Purchase Order) yang sebelumnya dikirimkan. Lampiran PO juga dapat membantu bagian penerima material untuk menyesuaikan apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang diminta lapangan atau tidak.

Penting untuk memiliki sistem manajemen logistik yang efisien dan komunikasi yang baik antara semua pihak terlibat dalam rantai pasok proyek untuk memastikan bahwa material proyek dikirim dan dikelola dengan baik.

Yang perlu diperhatikan sebelum material akan dikirim dari pihak supplier adalah :

1. Perencanaan Material dapat dikategorikan dari Jenis material, Jumlah material dan Vendor penyedia material
2. Penyimpanan Distribusi / Gudang apakah memadai untuk menerima barang/material
3. Penerimaan dan Pemeriksaan di lapangan apakah keamanan sudah tersedia atau belum tersedia
4. Administrasi dan Dokumentasi sebagai bagian pencatatan dan pelaporan



Gambar 5 Penerimaan dan pemeriksaan material

5. Monitoring dan Pengendalian Kualitas

Penentuan kualitas material oleh departemen purchasing

adalah langkah kritis dalam memastikan bahwa material yang dibeli memenuhi standar yang dibutuhkan untuk proyek. Adapun standar yang perlu diperhatikan dalam penentuan kualitas material adalah :

a. Spesifikasi Teknis

Membuat spesifikasi teknis yang jelas dan rinci untuk material yang dibutuhkan. Spesifikasi ini harus mencakup karakteristik fisik, kimia, dimensi, dan standar kualitas yang harus dipenuhi oleh material.

b. Penggunaan Standar Industri

Merujuk pada standar kualitas industri yang relevan. Banyak jenis material memiliki standar industri yang telah ditetapkan, seperti standar ASTM untuk baja atau standar ISO untuk berbagai produk.

c. Sertifikat dan Sumber Material

Meminta sertifikat kualitas dari pemasok atau produsen material. Sertifikat ini memberikan informasi tentang komposisi kimia, kekuatan, dan karakteristik lain dari material tersebut. Memilih sumber material yang terpercaya dan berpengalaman yang memiliki reputasi baik dalam penyediaan material berkualitas

d. Konsultasi dengan ahli

Mengonsultasikan ahli atau insinyur material jika diperlukan untuk mendapatkan pandangan profesional tentang kualitas material yang dibutuhkan. Ahli dapat memberikan wawasan teknis, pengalaman, dan saran yang berharga untuk memastikan bahwa material yang dipilih memenuhi standart kualitas dan memenuhi kebutuhan spesifik proyek.

e. Evaluasi Kinerja Supplier

Evaluasi kinerja supplier adalah proses yang penting dalam manajemen rantai pasok untuk memastikan bahwa penyedia atau pemasok yang Anda kerjasamakan terus memenuhi standar kualitas, keandalan, dan kepuasan pelanggan. Adapun beberapa upaya untuk penilaian penunjukan supplier tetap adalah :

1. Kumpulkan Data dan Informasi Supplier

2. Analisis Kualitas Produk
3. Evaluasi Kepatuhan Pengiriman Material
4. Evaluasi Harga dan Biaya
5. Evaluasi Layanan Pelanggan
6. Mempertimbangkan Kinerja Keberlanjutan



Gambar 6 Cek Ukuran actual diameter besi dan sertifikasi besi

6. Pencatatan dan Pelaporan

Setiap kali barang atau layanan diterima, pencatatan harus dibuat dalam sistem akuntansi perusahaan. Informasi yang dicatat mencakup tanggal penerimaan, nomor pesanan pembelian, jumlah, dan nilai barang yang diterima.

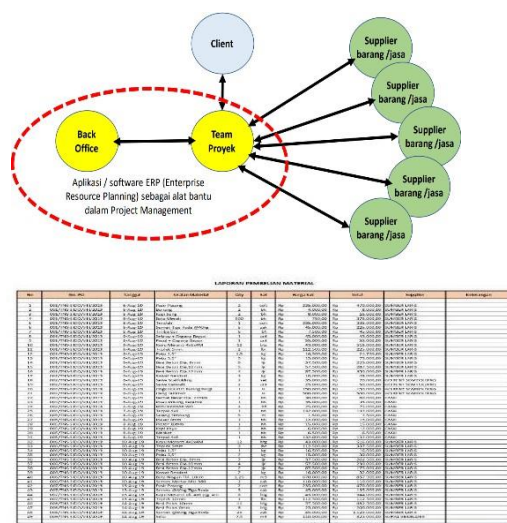
Semua dokumen terkait pembelian, termasuk pesanan pembelian, faktur, bukti penerimaan, dan catatan pembayaran, harus diarsipkan dengan baik untuk keperluan audit dan dokumentasi. Sehingga dalam proses procurement perlu alat bantu berupa sistem ERP (Enterprise Resource Planning) guna memudahkan dan mengklasifikasi fluktuasi harga, jenis material/alat/jasa dan administrasi yang berhubungan dengan procurement. Aplikasi / Software ERP yang biasa diaplikasikan dalam project management Orlansoft, Oddo Series dan sebagainya.

ERP, atau Enterprise Resource Planning, memiliki peran krusial dalam proyek manajemen dengan menyediakan platform terintegrasi untuk mengelola berbagai aspek operasional perusahaan. Berikut adalah beberapa fungsi utama ERP dalam proyek manajemen:

1. Integrasi Data
2. Perencanaan Sumber Daya

- | | | | |
|----|-----------------------------------|----|---|
| 3. | Manajemen Persediaan | 5. | Staff Purchasing PT. Caterlindo |
| 4. | Pemantauan Kinerja Proyek | 6. | Staff Legal & GA PT. Caterlindo |
| 5. | Manajemen Resiko | 7. | Staff Accounting & Finance PT. Caterlindo |
| 6. | Manajemen Dokumen | 8. | Staff K3 |
| 7. | Pelacakan dan Pengaturan Data | 9. | Supplier dan Vendor |
| 8. | Manajemen Supplier/Vendor/Subcont | | |
- ### Referensi

Pratiwi, R. (2019). *Manajemen Logistik dan Rantai Pasok*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.



Gambar 7 Administrasi pelaporan data pembelian material dan Fungsi sistem ERP dalam proyek

Kesimpulan

Perencanaan procurement dalam suatu proyek merupakan bagian yang sangat strategis yang akan menentukan sukses atau tidaknya proyek yang akan dikelola.

Procurement diawali dengan perencanaan yang melibatkan dari key personal (PIC) beberapa department yang terkait

Perencanaan pengadaan / pembelian material/barang dan jasa didasarkan pada budgeting, harga satuan yang sudah tertera pada kontrak/RAB yang berlaku

Proses procurement dalam proyek yang rumit akan sangat terbantu oleh aplikasi / software ERP (Enterprise Resource Planning) khusus untuk Project Management

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih kepada semua pihak yang berkontribusi dan berperan langsung pada proyek tersebut diantaranya :

1. Dr. Ir. Suratno Lourentius, MS., IPM selaku dosen pembimbing
2. Tim Management CV. TNS
3. Tim Operasional CV. TNS
4. Manajer Operasional PT. Caterlindo

Referensi

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2009 Tentang Kawasan Industri. Jakarta: Kementerian Keuangan Negara Republik Indonesia.

Radian Z. Hosen, (2023). Teknologi Modul Procurement Dalam Project Managemet.ASDAMKINDO

Petunjuk Teknis Pelaksanaan Keppres No. 80 Tahun 2003
Tentang Pedoman Pelaksanaan Pengadaan Barang
/ Jasa Pemerintah, BP Panca Usaha, Jakarta, 2003



Perancangan Tangki Baterai untuk Konversi Vespa Listrik dengan Metode Pahl dan Beitz

Andreas Reiza Heindrawan¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ andreas.prj07@gmail.com

Pendahuluan

Sejak Tahun 2022 trend kendaraan listrik sudah tersebar di hampir seluruh belahan dunia. Hal tersebut terjadi dikarenakan menipisnya sumber daya mineral yang ada, maka dari itu banyak pihak yang berusaha untuk mencari celah dan mengambil kesempatan untuk mempopulerkan kendaraan listrik.

Di Indonesia sendiri saat ini sudah banyak tersebar kendaraan listrik. Baik hasil produksi lokal maupun Internasional. Selain itu perusahaan besar seperti Polytron dan Hyundai gencar mempromosikan produk kendaraan listriknya. Disisi lain juga terdapat pihak- pihak atau perseorangan yang ikut berkontribusi dalam mempopulerkan kendaraan listrik. Salah satunya adalah Elders Garage.

Elders Garage merupakan kreator lokal pertama yang mempopulerkan kendaraan listrik. Selain ikut terlibat mempopulerkan perusahaan ini juga terus mengembangkan bisnisnya di bidang konversi kendaraan konvensional menjadi listrik. Konversi kendaraan listrik pada umumnya dilakukan pada kendaraan seperti Vespa dan motor honda 70. Karna terkesan dengan karya dan inovasinya banyak pihak yang juga ikut mempopulerkan konversi kendaraan listrik dan membuat bisnis konversi kendaraan konvensional ke listrik. Selain itu saat ini juga banyak terdapat kit yang tersedia untuk mempermudah proses konversi. Kit tersebut banyak tersedia di marketplace dan banyak di impor oleh para importir lokal.

Kendaraan Listrik saat ini sangat banyak diminati oleh berbagai lapisan masyarakat. Selain hemat energi kendaraan listrik juga mampu menurunkan biaya transportasi dari satu tempat ke tempat lain. Trend kendaraan listrik memancing minat banyak pihak untuk melakukan pengembangan. Konversi kendaraan listrik salah satunya menjadi daya tarik tersendiri. Dengan adanya konversi kendaraan ke listrik, kendaraan dengan model lama menjadi dapat berdaya guna kembali. Vespa listrik dengan model klasik juga banyak diminati untuk dijadikan kendaraan konversi. Battery menjadi bahan sumber pemasok untuk kendaraan konversi. Maka diperlukan standarisasi yang dapat membantu mempermudah proses konversi, contohnya dalam penentuan bentuk atau wadah dari battery itu sendiri.

Kata kunci: kendaraan listrik, konversi, vespa, battery

Saat ini ada beberapa jenis kendaraan yang diminati sebagai bahan untuk melakukan konversi kendaraan listrik. Salah satunya adalah motor vespa. Karena memiliki kesan klasik, motor ini memiliki daya tarik tersendiri ketika dikonversi. Beberapa waktu lalu saya bersama salah satu perusahaan konversi kendaraan listrik di kota Bandung bekerjasama untuk membuat inovasi wadah *battery* khusus untuk kendaraan Vespa. Nantinya konversi kendaraan jenis vespa akan dibuat standar untuk wadah *battery* nya.

Metode

Projek yang dilakukan berdasarkan pada implementasi metode Perancangan Pahl dan Beitz. Dimana Metode ini berfokus pada beberapa poin seperti: Perencanaan dan Penjelasan Tugas, Perancangan Konsep Produk, Perancangan Bentuk Produk, dan Perancangan Detail.

Hasil Kerja

Perencanaan dan Penjelasan Tugas

Perencanaan dilakukan dengan berdasarkan pada proses pengukuran dan penentuan kategori produk. Dalam hal ini pengembangan produk difokuskan kepada kendaraan berjenis vespa. Produk vespa juga kemudian di kategorisasi menjadi dua bagian yaitu Small Frame dan Large Frame. Berikut ilustrasi sebagai gambaran untuk vespa Small Frame (kiri) dan Large Frame (kanan).



Gambar 1 Perbandingan Vespa Small Frame dan Large Frame

Setelah dikategori menjadi dua bagian, kemudian dilakukan proses pengembangan untuk masing- masing kategori. Sebagai langkah awal maka dilakukan proses sketsa produk dan pengukuran. Pada proyek kali ini pengembangan difokuskan untuk vespa Large Frame.

Perancangan Konsep Produk

Setelah memperoleh sketsa produk dan hasil pengukuran, kemudian dilakukan ke tahap penyusunan konsep. Konsep yang diterapkan untuk proses perancangan produk berdasarkan pada spesifikasi dan jumlah battery yang akan di gunakan pada unit. Sebelumnya telah dilakukan proses perhitungan dan penentuan jumlah battery yang diperlukan. Selain battery juga penentuan material produk dimana produk yang akan di rancang harus memiliki bobot yang ringan taui mampu intuk menahan beban battery. Kemudian ditentukan juga layouting atau positioning komponen yang ada.

Perancangan Bentuk Produk

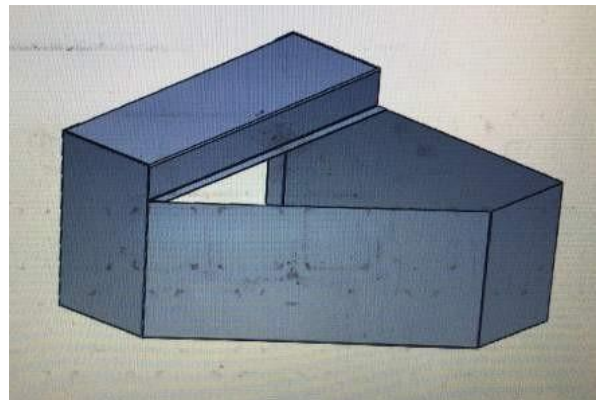
Perancangan bentuk produk diawali dengan desain bagian atas atau holder untuk penahan wadah battery ke rangka vespa. Untuk melakukan proses yang lebih akurat maka dibuatkan sampel penutup dari bahan akrilik yang telah di bentuk menyesuaikan geometry frame pada vespa. Ilustrasi proses dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2 Sample Akrilik Holder Frame

Dari proses sampling tersebut kemudian dilakukan proses pengecekan terhadap frame hingga ditemukan beberapa kekurangan yang kemudian akan disempurnakan.

Proses penentuan bentuk produk dilanjutkan pada pembuatan geometry wadah dengan menggunakan media karton. Setelah didapat perkiraan bentuk dengan karton, kemudian dilakukan proses pembuatan model 3 dimensi menggunakan *software*. Sehingga diperoleh perkiraan bentuk produk sebagai berikut.



Gambar 3 Model 3 Dimensi bagian Wadah Battery

Selain pembentukan bagian wadah proses juga dilanjutkan dengan penyusunan dummy battery. Tujuannya agar memperoleh perkiraan dengan pendekatan aktual terhadap kondisi yang diharapkan. Berikut ilustrasi untuk penyusunan battery nya.



Gambar 4 Penyusunan Cell Battery

Setelah memperoleh bentuk susunan battery kemudian dilakukan proses pembuatan sampling wadah dengan bahan Sheet Metal atau plat. Berikut ilustrasinya.



Gambar 5 Pembentukan Wadah Battery dengan Sheet Metal

Berikut merupakan hasil sample awal menggunakan bahan plat besi.



Gambar 6 Sample Unit Wadah Battery

Setelah sample selesai kemudian proses berlanjut pada tahapan fitting ke unit vespa untuk menganalisis lebih lanjut. Berikut gambaran proses fitting ke unit vespa.



Gambar 7 Fitting Sample ke Unit Vespa

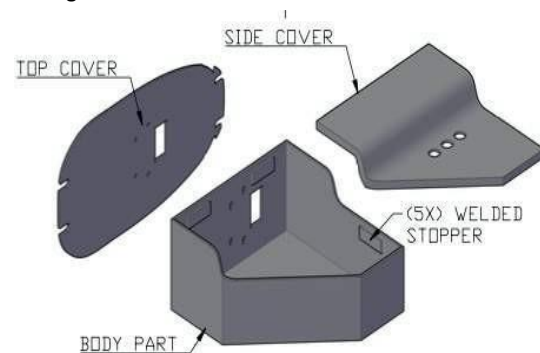
Selain dilakukan proses fitting ke unit juga dilakukan proses fitting terhadap rangkaian *battery* yang telah disusun. Berikut ilustrasinya.



Gambar 7 Fitting Cell Battery ke Sample Produk

Perancangan Detail

Dari proses sampling yang telah dijelaskan di atas masih terdapat beberapa poin yang menjadi kendala. Maka dari itu dilakukan pengembangan desain produk sesuai poin-poin yang telah menjadi catatan. Selain itu ada juga masukan- masukan yang didapatkan dari pihak supplier selaku produsen. Berikut hasil akhir dari produk yang telah dirancang.



Gambar 8 Bentuk Final Desain Wadah Battery

Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan setelah menjalankan proyek ini adalah perlunya bantuan dan riset yang mendalam sebelum melakukan proses sampling. Kemudian perlu juga untuk memperhitungkan parameter proses produksi di lapangan terkait dengan pengolahan material di supplier. Sehingga menghindari pemborosan biaya pengembangan dan material yang ada.

Ucapan Terima kasih

Saya ingin mengucapkan terima kasih kepada Ibu Ir. Lusya Permata S. H., S.T., M.Eng., CIOMP., IPM., ASEAN Eng. selaku pendamping dalam proses pengerjaan Artikel dan pengisian FAIP. Selain itu saya juga mengucapkan terima kasih kepada para pengurus dan dosen dari Program Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala yang



selalu membantu dan memberikan semangat untuk menyelesaikan proses studi di program Insinyur ini.

Referensi

Pahl, G., Beitz W.1996.Engineering Design (A Systematic Approach), 2nd ed. Springer, London.

Groover, M.P.2000. Fundamental of Modern Manufacturing. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Project Minimasi Durasi Breakdown Akibat Proses Ganti Roll – Line Reguler

Kevin Cornelius S.T¹

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

✉ kevin96c@gmail.com

Rata-rata durasi breakdown akibat proses ganti roll yang cukup tinggi, yaitu 10 menit mengandung berbagai macam aktivitas non value added yang bisa dihilangkan dari downtime yang ada. Dari hal tersebut, dilakukan improvement penetapan standar waktu yang baru untuk aktivitas ganti roll, dan sosialisasi kepada tim produksi yang ada. Dari hasil sosialisasi, maka didapatkan estimasi benefit dari project ini yaitu sebesar 5 Milyar Rupiah.

Kata kunci: Ganti roll, efisiensi, improvement

Pendahuluan

Rata-rata waktu ganti roll di Line Reguler yang tertulis di OEE adalah sekitar 10 menit. Waktu tersebut terlalu lama, dikarenakan banyak waktu tunggu yang terjadi. Maka perlu dilakukan pengamatan terhadap aktivitas ganti roll yang inti saja. Tujuan dari project ini yaitu meminimalkan durasi ganti roll yang ada tanpa menghilangkan aktivitas inti dari ganti roll tersebut.

Metode dan Ruang Lingkup

Metode pengambilan data didapatkan dari observasi serta data internal tim produksi, yaitu data OEE. Perlu diketahui bahwa dalam laporan ini akan digunakan 2 istilah tetap, yaitu istilah Before dan After. Untuk Before, masa waktu yang digunakan yaitu dari bulan Januari-Oktober 2019. Untuk After, masa waktu yang digunakan yaitu bulan November-Desember 2019 Week 47-50 saja. Untuk bulan November 2019 Week 45-46 dianggap sebagai masa sosialisasi.

Hasil Kerja

Pengolahan Data

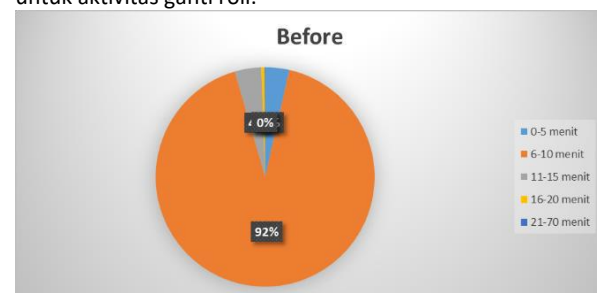
Telah dilakukan beberapa pengamatan terkait aktivitas ganti roll ini. Berikut ini adalah hasil dari pengamatan yang dilakukan pada sekitar W39-W40 terhadap beberapa mesin secara random (proses ganti roll masih dilakukan oleh petugas roll):

Tabel 1 Tabel Hasil Pengamatan Aktivitas Ganti Roll (Before)

No	Aktivitas Ganti Roll (Before)	Durasi (detik)
1	Tunggu petugas roll	150
2	Melepas core roll lama	11
3	Membuka kemasan roll baru	10
4	Memasang roll baru	25
5	Menyambung plastik lama ke plastik baru dengan isolasi	99
6	Aktivitas lain + toleransi	305
TOTAL		600

Dari Tabel 1 diatas, dapat diketahui bahwa aktivitas inti dari proses ganti roll hanya dari nomor 2 sampai pada nomor 5 (melepas core roll lama sampai menyambung plastic lama ke plastic baru dengan isolasi) yang hanya berdurasi sekitar

2.5 menit saja. Sisanya, yaitu waktu tunggu petugas roll dan waktu mengerjakan aktivitas lain bukanlah proses inti dari proses ganti roll. Selanjutnya, berikut ini adalah data yang tertulis di OEE dalam periode bulan Januari-Oktober 2019 untuk aktivitas ganti roll:



Gambar 1 Diagram Lingkaran Pengolahan Data OEE Durasi Aktivitas Ganti Roll (Before)

Dari Gambar 1 diatas, dapat diketahui bahwa durasi ganti roll dapat dibagi menjadi 5 kelompok waktu. Dari 5 kelompok waktu tersebut, yang paling besar frekuensinya adalah kelompok waktu 6-10 menit. Selain itu, dalam data before juga memiliki nilai tengah (median) sebesar 10 menit dan rata-rata sebesar 10.07 menit. Sehingga jika informasi dari Tabel 1 digabungkan dengan Gambar 1 diatas, maka didapatkan hasil yaitu bahwa durasi aktivitas inti ganti roll tidaklah mencapai 10 menit, melainkan hanya membutuhkan sekitar 2.5 menit saja. Sisanya, waktu digunakan untuk hal-hal lain, baik itu menunggu maupun mengerjakan aktivitas lain dengan kondisi mesin mati.

Dari hasil selama pengamatan (periode pengamatan dari awal tahun 2019), kebanyakan aktivitas lain yang dilakukan oleh packer diantaranya adalah:

- Pergi ke toilet
- Forming karton
- Idle

Aktivitas-aktivitas tersebut yang membuat proses ganti roll menjadi 10 menit. Selain itu, berdasar hasil diskusi dan wawancara dengan orang produksi, didapatkan informasi bahwa packer maupun petugas roll mengetahui toleransi yang diberikan untuk aktivitas ganti roll adalah sebesar 10 menit. Sehingga, beberapa packer memanfaatkan waktu tersebut untuk melakukan aktivitas lain, meskipun proses ganti roll sudah selesai sebelum 10 menit.

Dari uraian diatas, maka dari itu tim PD&I bekerja sama dengan tim Produksi untuk melakukan sosialisasi kepada para operator, packer, agar durasi ganti roll dapat dipersingkat dari 10 menit menjadi toleransi maksimum 5 menit dan aktivitas ganti roll dilakukan oleh packer, bukan lagi petugas ganti roll.

Analisis Data

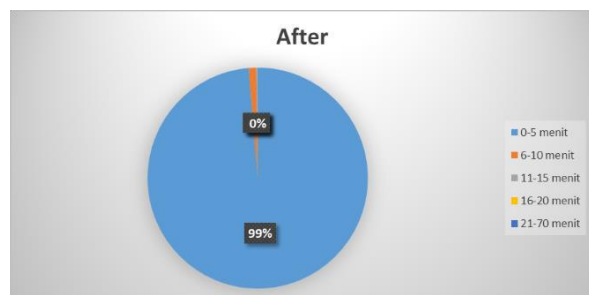
Dari hasil pengolahan data pada sub bab sebelumnya, maka tim PD&I dan tim Produksi sepakat untuk memberikan sosialisasi pada operator, packer dan helper tambahan yang ada di Line Reguler. Berikut ini adalah update dari jadwal sosialisasi dari project ini:

Tabel 2 Tabel Update Sosialisasi Project Ganti Roll di Line Reguler

Agenda	Jadwal
Sosialisasi ke operator Line Reguler	W35 – W36
Sosialisasi ke packer mesin SB	W35 – W36
Penambahan helper di Line Reguler	W45
Sosialisasi ke packer dan helper mesin ST	W45 – W46
Sosialisasi ke packer dan helper mesin SK	W45 – W46

Tahap selanjutnya dari sosialisasi yaitu verifikasi. Verifikasi yang dilakukan ada 2, yaitu verifikasi langsung di lapangan, dan verifikasi berdasarkan data OEE. Verifikasi langsung di lapangan menggunakan metode pengamatan, dengan periode pengamatan pada Week 47-48. Dari hasil pengamatan, ditemukan durasi ganti roll dari mesin di Reguler sudah sesuai dengan hasil sosialisasi, yaitu maksimal sebesar 5 menit.

Selanjutnya yaitu verifikasi dari data OEE. Sesuai penjelasan yang sudah tertulis diatas, maka project minimasi durasi ganti roll ini baru dapat dianggap efektif pada bulan November mulai dari W47 – W50, karena pada W45-46 masih pada tahap sosialisasi. Berikut ini adalah pengolahan dari data OEE terkait durasi ganti roll setelah sosialisasi:



Gambar 2 Diagram Lingkaran Pengolahan Data OEE Durasi Aktivitas Ganti Roll (After)

Dari Gambar 5.1 diatas dapat diketahui bahwa durasi aktivitas ganti roll sudah bernilai tengah 5 menit dan rata-rata 5.03 menit.

Analisis Benefit

Dari sub bab diatas, didapatkan informasi bahwa project minimasi durasi ganti roll ini dapat menghemat 5 menit setiap ganti roll. Berikut ini adalah penghitungan data OEE terkait aktivitas ganti roll dari bulan Januari sampai pada bulan Desember:

Tabel 3 Tabel Persentase Data OEE Aktivitas Ganti Roll

Bulan	%Ganti Roll
Januari	5.31%
Februari	5.41%
Maret	5.62%
April	6.03%
Mei	5.43%
Juni	4.69%
Juli	5.76%
Agustus	6.44%
September	6.28%
Oktober	5.74%
November	3.13%
Desember	3.16%
Rata2 Before	5.67%
Rata2 After	3.15%

Dari Tabel 3 diatas, kemudian dilakukan penghitungan benefit dengan template penghitungan yang ada. Dan didapatkan hasil estimasi benefit yang bisa didapatkan dari project minimasi durasi ganti roll ini yaitu sebesar Rp 5,000,000,000.-.

Kesimpulan

Prosedur aktivitas ganti roll yang baru sudah terimplementasi per bulan November. Terjadi penurunan downtime ganti roll sebesar 2.52%. Jika penurunan downtime ganti roll tersebut dikonversi menjadi rupiah dan disetahunkan, maka didapatkan benefit sebesar Rp. 5,000,000,000.-.

Ucapan Terima Kasih

Saya mengucapkan terima kasih kepada tim Produksi yang sudah membantu saya dalam project ini, dan kepada atasan-atasan saya yang sudah membantu saya dalam melakukan analisis data untuk project ini

Analisis penerapan metode “non-value added activity elimination (novaceli)” untuk penghematan biaya produksi dengan merancang alat bantu transportasi overhead conveyor system (ocs) : studi kasus di sebuah perusahaan manufaktur perhiasan emas

Narendra Diva Arlingga¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ narendraarlingga@gmail.com

PT. Untung Bersama Sejahtera adalah salah satu produsen perhiasan emas terbesar di Indonesia. Dalam menghasilkan suatu produk, tentu telah melalui berbagai macam proses dari setiap divisi yang terdapat di perusahaan. Salah satu proses tersebut adalah proses poles. Berdasarkan analisis dengan metode “non-value added activity elimination (novaceli)” pada serangkaian aktivitas Proses Poles yang merupakan salah satu divisi yang terdapat pada PT. Untung Bersama Sejahtera, aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah (NVA) pada proses tersebut dapat dihilangkan 100% dengan penerapan *Overhead Conveyor System* (OCS). Dengan menerapkan *Overhead Conveyor System* (OCS), maka terdapat 3 macam penghematan yang seharusnya dapat dilakukan oleh pihak manajemen, yaitu penghematan waktu siklus, penghematan jam kerja, penghematan biaya. Pada penghematan waktu siklus didapatkan sebesar 9.29 Menit / per SPK. Pada estimasi penghematan jam kerja poles didapatkan sebesar 15.79 Jam / per hari. Sedangkan pada estimasi penghematan biaya akibat penghematan jam kerja didapatkan sebesar Rp. 18.063.760,- / per bulan.

Kata kunci: waste; efficiency; novaceli; overhead conveyor system; non-value-added activities

Pendahuluan

Industri perhiasan menjadi salah satu sektor yang turut berkontribusi terhadap perkembangan perekonomian Indonesia. Hal ini dapat dilihat dari adanya peningkatan produk perhiasan emas yang terus diekspor. Berdasarkan data Kementerian Perindustrian, ekspor perhiasan emas tahun pada tahun 2021 naik sebesar 77% dibandingkan tahun 2020, dari US\$ 1,4 miliar menjadi US\$ 2,5 miliar (Khoirunnissa, 2023). Pada sektor industri manufaktur, hal penting yang harus diutamakan adalah kualitas produk. Kualitas produk merupakan senjata strategi yang potensial untuk dapat mengalahkan pesaing. Kemampuan dari kualitas produk tersebut dapat menunjukkan berbagai fungsi termasuk di dalamnya adalah ketahanan, ketepatan, handal, dan kemudahan dalam penggunaan (Kotler dan Armstrong, 2008).

Dalam menciptakan suatu produk dengan kualitas yang baik, tentu telah melalui berbagai macam proses dari berbagai divisi yang terdapat di dalam perusahaan. Salah satunya adalah proses poles yang terdapat dalam departemen *Elegant Gold* (EG). Keunggulan dari departemen ini adalah mampu memproduksi berbagai macam gelang bangle yang bervariasi. Namun, terdapat permasalahan dalam departemen ini, salah satunya adalah terjadinya inefisiensi dalam proses produksi sebagai akibat

adanya aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah atau *non-value-added activities*.

Pada proses poles, seringkali tertunda sehingga terjadi *bottleneck*. Hal ini disebabkan karena operator harus meninggalkan area mesin poles untuk melakukan beberapa aktivitas yang tidak bernilai tambah tersebut seperti pengambilan barang pekerjaan poles di adm, pengantaran barang pekerjaan ke area pencucian, dan pengantaran barang reparasi ke bagian patri laser. Selain ketiga aktivitas tersebut, operator juga berpotensi sering bergurau dengan operator lain sehingga menyebabkan kemungkinan terjadinya *lost time* menjadi lebih banyak.

Beberapa aktivitas tidak bernilai tambah tersebut menyebabkan kinerja produksi menjadi tidak efisien karena konsumsi sumber daya dan pemborosan waktu kerja. Hal ini dapat berdampak pada besarnya peningkatan konsumsi sumber daya dan dapat mempengaruhi harga penjualan produk. Bila harga jual produk menjadi mahal, maka daya saing produk di pasar dapat menurun. Strategi yang dapat diupayakan oleh perusahaan untuk mengelola aktivitas tidak bernilai tambah adalah dengan melakukan penyederhanaan tahapan proses produksi, sehingga dapat menghemat waktu dan meminimalkan biaya produksi.

Pengidentifikasi serangkaian aktivitas yang bernilai tambah dan aktivitas tidak bernilai tambah dapat dilakukan menggunakan *fishbone diagram*, didukung dengan metode



4M+1E (*man, material, machine, dan method environment of work*) (Wignjosoebroto, 2006). Berdasarkan permasalahan yang ada, maka penelitian ini akan membahas mengenai bagaimana cara untuk memaksimalkan efektivitas pada proses poles.

Metode

Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada departemen produksi PT. Untung Bersama Sejahtera. Penelitian ini bersifat penelitian kualitatif deskriptif. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengidentifikasi aktivitas-aktivitas yang ada di departemen produksi kemudian mengklasifikasikan aktivitas tersebut menjadi dua bagian yaitu *value added activity* dan *non value added activity*. Aktivitas tidak bernilai tambah akan dieliminasi dengan penerapan solusi yang didapatkan dari pendekatan metode analisis masalah 4M+1E dan *Why-Why Analysis*. Data yang digunakan yaitu data kuantitatif berupa laporan omset produksi tahun 2021 dan laporan total jam kerja setiap bulannya serta data kualitatif yaitu aktivitas produksi dan sarana prasarana perusahaan.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada PT. Untung Bersama Sejahtera Surabaya. Penelitian ini dilaksanakan selama bulan Agustus-Juni 2021.

Prosedur Penelitian

Menentukan rumusan masalah, merumuskan masalah penelitian, mencari informasi yang mendukung penelitian, menentukan metode penelitian, memberikan saran, membuat kesimpulan.

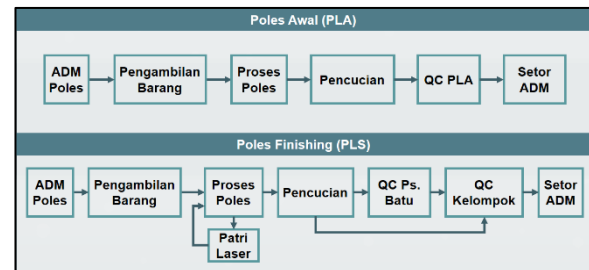
Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan dalam penulisan ini adalah metode deskriptif. Sugiyono (2011:21), menjelaskan bahwa metode analisis deskriptif adalah metode yang digunakan untuk menggambarkan atau menganalisis suatu hasil penelitian namun tidak digunakan untuk menggunakan kesimpulan yang lebih luas.

Hasil Kerja

Proses Poles

Proses Poles merupakan proses untuk meratakan, menghaluskan, dan mengkilapkan permukaan suatu barang menggunakan mesin poles, roda poles, dan obat poles. Berikut merupakan alur proses Poles dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Alur Proses Poles

Hasil Observasi Cycle Time Proses

Pada penelitian ini telah dilakukan pengambilan sampel sebanyak 20 Bon pekerjaan poles. Dari sampel tersebut akan dilakukan analisis untuk melihat rata-rata waktu dari setiap Bon.

Pada analisis sampel, juga akan dianalisis lebih detail terkait rincian aktivitas di setiap sub-prosesnya. Gambaran dari hasil pengumpulan sampel dapat dilihat pada Gambar 2.

NAMA PROSES		SAMPSEL																				RATA-RATA	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Detik	Menit
Pengambilan Pekerjaan	Ambil Pekerjaan di ADM	119	36	56	237	277	159	100	42	179	95	160	184	186	79	103	147	39	102	192	46	127	2.12
	Tulis Varian Control Awal	32	35	28	12	29	20	13	26	21	33	30	27	16	35	29	11	14	23	32	22	24	0.41
Proses Poles	Bagi Pekerjaan di kelompok	94	62	103	39	170	83	45	159	138	116	94	105	147	95	36	171	178	121	60	113	106	1.77
	Meratakan-Menghaluskan	793	449	763	525	767	584	523	762	457	676	713	651	605	730	463	612	765	581	644	736	640	10.67
	Mengkilapkan	9/9	7/7	5/6	8/0	8/6	9/0	9/5	6/8	7/4	8/0	7/7	6/4	7/5	9/0	8/0	6/19	6/38	6/68	6/80	8/60	7/67	12.78
	Antar dan ambil Patri Laser	23	0	18	0	0	0	15	21	32	0	19	0	24	0	0	28	0	0	0	0	23	0.38
Pencucian	Antar ke Pencucian	31	39	62	26	29	192	30	33	24	36	136	230	73	32	50	34	89	20	51	37	63	1.05
	Pencucian	1289	830	1658	851	1210	885	785	1194	1005	1123	925	839	1051	1117	986	965	1649	881	1151	1330	1087	18.11
QC Batu	Antar ke QC Batu	12	10	10	8	9	12	13	5	12	12	14	7	13	15	9	14	12	11	8	15	11	0.18
	Menunggu QC batu	1380	1078	209	661	472	216	818	584	1227	480	1070	112	1207	660	682	1181	994	1032	491	845	803	13.38
	QC Batu	740	692	845	813	814	725	748	775	794	814	716	727	807	805	734	759	754	704	836	823	771	12.85
	Tunggu setor QC Kelompok	519	286	36	364	66	272	245	101	268	21	71	152	173	329	139	433	297	406	138	142	222	3.70
QC Kelompok	Antar ke QC Kelompok	57	46	78	59	56	50	51	59	37	45	56	45	58	49	57	51	62	50	89	45	55	0.92
	Antri proses QC Akhir	387	668	748	417	604	613	558	863	559	969	508	870	558	693	617	883	479	821	971	480	663	11.06
	Proses QC Akhir	111	201	603	2160	1559	1060	648	1043	1085	862	1081	664	906	957	868	1419	109	966	588	811	947	15.78
	Antri Packaging	355	549	492	342	511	425	430	407	495	566	472	389	518	474	480	567	415	583	561	339	469	7.81
Setor Pekerjaan	Proses Packaging	94	108	55	74	118	58	81	70	125	92	128	51	64	58	65	49	155	78	54	110	84	1.41
	Tulis varian Control Akhir	49	39	45	36	37	33	34	36	37	40	43	32	39	46	39	36	32	39	39	35	38	0.64
	Antar ke ADM	192	38	121	44	120	51	45	81	73	58	66	75	77	64	82	145	67	45	71	57	81	1.36
RATA-RATA TOTAL																					6981	116.35	
		Non Value Added															Terdapat Bottle Neck						

Gambar 2 Hasil Pengumpulan Sampel 20 Bon

Hasil Observasi Lead Time Proses

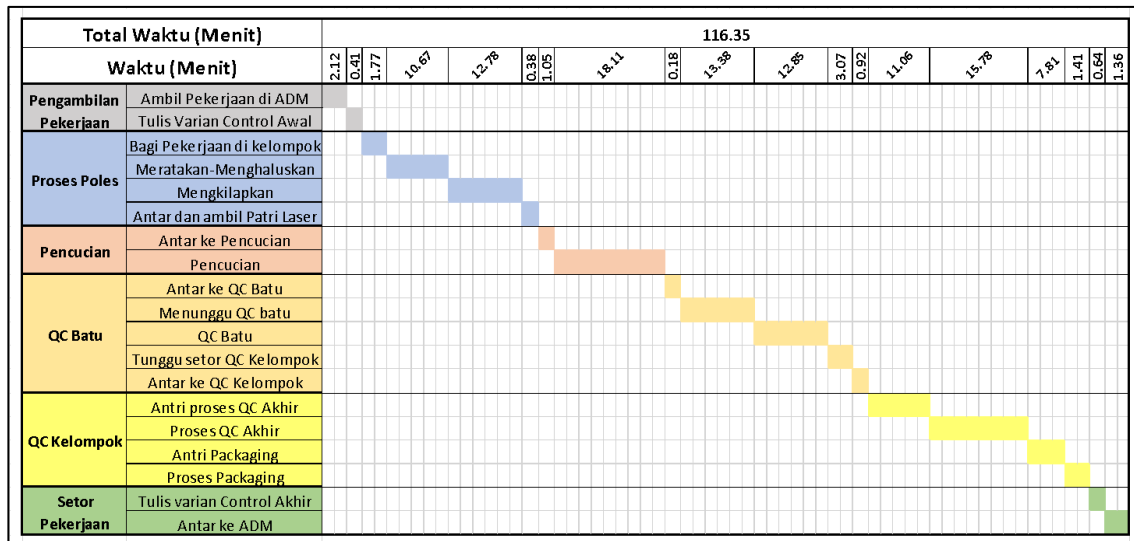
Dari pengumpulan sampel tersebut diperoleh rata-rata waktu proses poles sebesar 116.35 menit setiap



Bon. Pada Gambar 2 juga dilakukan klasifikasi terkait aktivitas *value added activity* dan *non value added*. Dapat dilihat pada Gambar 2, *non value added activity* dapat dilihat di kolom yang berwarna kuning, dan untuk yang berwarna merah adalah aktifitas yang

sering mengalami *bottleneck*, dan sisanya yang berwarna putih adalah *value added activity*.

Dari rata-rata waktu tersebut, setiap subproses nya akan diuraikan ke dalam gantt chart. Gambaran dari gantt chart dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Gantt Chart Proses Poles

Hasil Observasi Total Jam Kerja Efektif

Adapun tambahan data observasi yang dibutuhkan dalam penelitian ini, yaitu berupa laporan omset

produksi tahun 2021 dan laporan total jam kerja setiap bulannya. Gambaran dari laporan omset produksi tahun 2021 dan laporan total jam kerja dapat dilihat pada Gambar 4.

Periode	Jumlah Hari Kerja	Kelompok	Biji	Omset (gr)	Omset /Hari	Total Jam Kerja	Jam Kerja poles/Hari
20 Agt'21 - 20Sept'21	23 Hari	EP25	28252	166813.76	7252.77	1671	73
		EP24	27666	164024.79	7131.51	1716	75
22 Jul'21 - 19 Agt'21	20 Hari	EP25	23500	131624.04	6581.20	1342	67
		EP24	22312	123574.76	6178.74	1371	69
22 Jun'21 - 21 Jul'21	23 Hari	EP25	26652	163698.92	7117.34	1546	67
		EP24	25536	153420.98	6670.48	1663	72
20 Mei'21 - 21 Juni'21	21 Hari	EP25	26249	138912	6614.86	1668.5	79
		EP24	26241	136711.78	6510.08	1683.5	80
Total			206408		54056.99		582
Rata-Rata			25801		6757.12		73

Gambar 4 Data Laporan Omset Produksi Tahun 2021 dan Laporan Total Jam Kerja Proses Poles

Pada Gambar 4 telah diuraikan mengenai jumlah Operator Poles Finishing (PLS) sebanyak 24 Orang, dan terbagi menjadi 2 kelompok terdiri 12 Orang tiap kelompok. Jam kerja proses poles terdapat 2 Shift di tiap kelompoknya. Rata-rata jam kerja proses poles per hari adalah 73 Jam / Kelompok.

Hasil Observasi Total Waktu Hilang

Untuk mengetahui tingkat jumlah bon perhari nya, maka penelitian ini juga akan mengambil sampel jumlah bon dalam 7 hari. Gambaran dari hasil jumlah bon tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.

Rata-Rata Bon / hari			Rata-Rata Waktu NVA Tiap Bon			
Rata-Rata Bon per Hari			No.	Nama Proses	Rata-rata Waktu	
Tanggal	Kelompok	Total Bon			Detik	Menit
8-Sep	EP25	88	1	Ambil Pekerjaan di ADM	127	2.12
	EP24	88	2	Antar dan ambil Patri Laser	23	0.38
9-Sep	EP25	97	3	Antar ke Pencucian	63	1.05
	EP24	107	4	Antar ke QC Batu	11	0.18
10-Sep	EP25	110	5	Tunggu setor QC Kelompok	222	3.70
	EP24	107	6	Antar ke QC Kelompok	55	0.92
13-Sep	EP25	101	7	Antar ke ADM	81	1.36
	EP24	100	TOTAL		581	9.69
14-Sep	EP25	94	Rata-rata Bon = 97 bon per Hari Total Waktu Hilang Tiap Kelompok/hari = 97 x 9.69 = 939,39 Menit = 15,66 Jam			
	EP24	101				
15-Sep	EP25	98				
	EP24	89				
16-Sep	EP25	88				
	EP24	83				
RATA-RATA		97				

Gambar 5 Data Tambahan Rata-Rata Jumlah Bon Dan Total Waktu Hilang Tiap Kelompok Per Hari.

Dapat dilihat pada Gambar 5, bahwa total waktu yang hilang tiap kelompok per hari adalah 15,66 jam dan untuk rata-rata bon per hari adalah 97 bon.

Hasil Analisis Permasalahan

Untuk menganalisis permasalahan yang terjadi, penelitian ini akan menggunakan pendekatan metode 4M+1E serta didukung dengan metode *Why-Why Analysis* dengan hasil sebagai berikut: Pertama, *Man*, terdiri dari cara kerja tiap operator poles yang bervariasi dan sering tidaknya operator

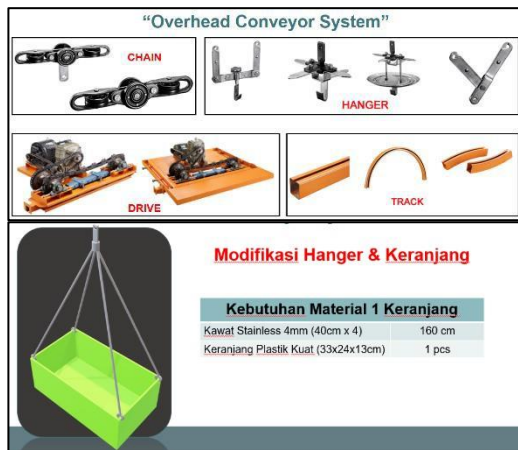
mengobrol/bergurau dengan operator lain. Kedua, *machine*, berkaitan dengan macetnya *blower* pada mesin dan ketidaklengkapan alat bantu mesin poles. Ketiga, *method*, terdiri dari beberapa faktor seperti barang jadi di QC tidak segera disetor, terjadi *bottleneck* saat di QC batu, terdapat *motion waste* pada saat pengambilan barang ke ADM, setor barang ke pencucian, mengantar barang ke reparasi, dan operator QC Batu setor. Keempat, *material*, terjadi flek pada barang. Kelima, *environment*, sempitnya ruang gerak pengiriman barang poles.

No	Root Cause		Solusi
1	Menggunakan urutan jenis obat poles berdasarkan pengalaman mereka.	✓	Sosialisasi ulang tentang standarisasi cara kerja proses poles.
2	Supply obat poles terlambat	✗	
3	Lama pengalaman masa kerja operator tidak sama.	✓	Melakukan Training tentang standarisasi cara kerja proses poles.
4	Harus mengantar dan mengambil barang ke ADM, pencucian, dan reparasi.	✓	Menerapkan Overhead Conveyor System.
5	Tempat setor Barang Jadi ke ADM jauh.	✓	Menerapkan Overhead Conveyor System.
6	Operator QC kelompok terlalu banyak pekerjaan QC	✓	Menambah SDM sementara dari bagian lain saat terjadi bottle neck
7	Operator QC batu hanya 1 orang per shift	✗	
8	Harus mengantar hasil QC batu ke QC kelompok	✓	Menerapkan Overhead Conveyor System
9	Jarak dari QC Batu ke QC Kelompok Jauh	✓	Menerapkan Overhead Conveyor System
10	Jarak dari mesin poles ke pencucian jauh	✓	Menerapkan Overhead Conveyor System
11	Jarak dari mesin poles ke reparasi jauh	✓	Menerapkan Overhead Conveyor System
12	Tempat pengambilan pekerjaan jauh	✓	Menerapkan Overhead Conveyor System.
13	Kondisi badan harus bersih	✗	
14	Operator lupa mengecek kondisi blower	✓	Memberi tulisan pengingat di setiap mesin.
15	Operator tidak sungguh-sungguh melakukan pengecekan mesin	✓	Sosialisasi tentang kesadaran pentingnya cek mesin sebelum bekerja.
16	Perawatan blower terlambat	✓	Membuat jadwal pengecekan mesin untuk maintenance EG.
17	Alat bantu habis/terlambat datang	✗	
18	Operator lupa menyiapkan alat bantu sebelum bekerja	✓	Membuat checklist kelengkapan alat kerja dan harus di isi sebelum melakukan pekerjaan.
19	Operator pencucian telat mengurus bak keter	✓	Membuat penjadwalan piket harian khusus operator pencucian.
20	Terlalu banyak operator jalan-jalan untuk oper barang	✓	Menerapkan Overhead Conveyor System.

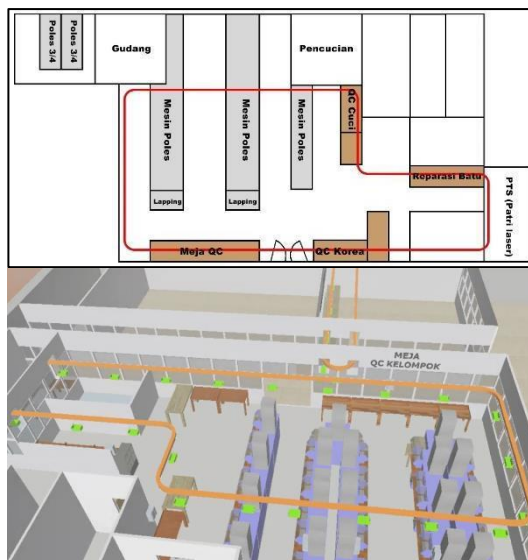
Gambar 6 Analisis *Problem Solving* berdasarkan *Root Cause Why-Why Analysis*

Hasil Analisis Problem Solving

Berdasarkan hasil analisis beberapa permasalahan tersebut, maka dapat ditemukan solusi berupa penerapan *Overhead Conveyor System* (OCS). *Overhead Conveyor System* merupakan suatu sistem pergerakan perpindahan barang yang terdiri dari beberapa komponen seperti rantai, pengait, mesin penggerak, dan lintasan. Sistem OCS ini juga membutuhkan kelengkapan alat seperti pengait dan keranjang yang dapat dibuat menggunakan kawat stainless 160 cm ukuran 40cm sebanyak 4 pcs dan keranjang plastik kuat dengan ukuran 33cm x 24cm x 13 cm sebanyak 1 pcs. Gambaran dari perlengkapan alat OCS dapat dilihat pada Gambar 7.

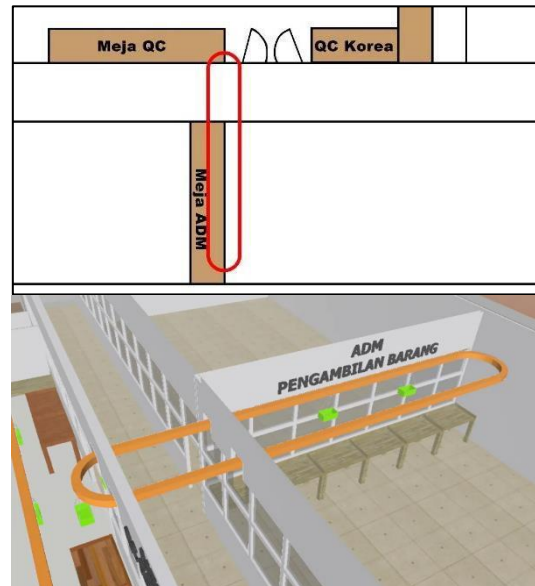


Gambar 7 Perlengkapan Alat *Overhead Conveyor System* (OCS)



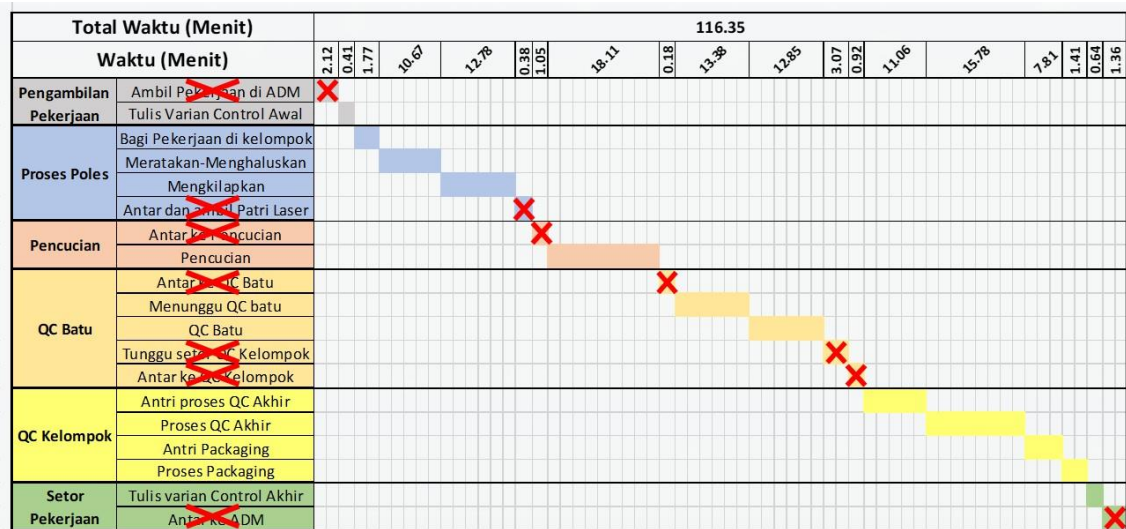
Gambar 8 Visualisasi OCS Rail 1

Berdasarkan simulasi penerapan OCS ini, terbagi menjadi 2 bagian yaitu *Rail 1* dan *Rail 2*. Hal ini dilakukan karena mempunyai maksud dan tujuan yang berbeda. *Rail 1* berfokus untuk mengatasi masalah perpindahan dari ADM Pengambilan Barang yang mengarah ke area produksi. Sedangkan *Rail 2* berfokus pada setiap perpindahan barang pekerjaan di area produksi. Sehingga permasalahan yang terdapat pada *Root Cause* dapat diatasi. Untuk visualisasi lebih detail dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.

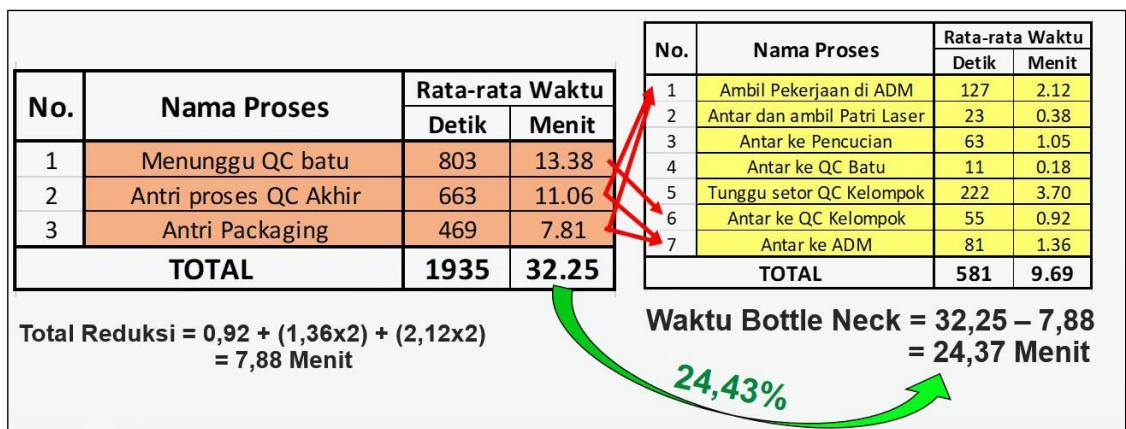


Gambar 9 Visualisasi OCS Rail 2

Berdasarkan data dan hasil perhitungan dari visualisasi penerapan pada *rail 1* dan *2* tersebut menghasilkan estimasi perbandingan penghematan waktu siklus dari sebelumnya yaitu 116,35 menit menjadi 107,06 menit. Hal ini didapatkan karena dapat menghilangkan NVA yang ada pada aktivitas proses poles. Gambaran dari NVA yang hilang karena penerapan OCS dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Eliminasi Aktivitas NVA pada Proses Poles



Gambar 11 Perhitungan Reduksi Waktu Aktivitas Bottle Neck

Hasil Analisis Penghematan Waktu

Simulasi ini juga dapat mereduksi waktu *bottle neck* sebanyak 24,43% dari waktu sebelumnya yaitu 7,88 menit per bon. Gambaran perhitungan reduksi waktu *bottleneck* dapat dilihat pada Gambar 11.

Hasil Analisis Penghematan Biaya

Berdasarkan data dan hasil perhitungan simulasi penerapan OCS tersebut pada Gambar 11, didapatkan hasil estimasi penghematan jam kerja poles sebesar 21,63% dari 73 jam menjadi 57.21 jam, dari hasil estimasi penghematan jam kerja tersebut didapatkan penghemat biaya sebesar Rp. 216.756.120 per tahun atau Rp. 18.063.760 per bulan. Gambaran rincian perhitungan penghematan tersebut dapat dilihat pada Gambar 12.

	Sebelum	Sesudah
Rata-rata waktu efektif tiap kelompok/hari	73 Jam ~ 4380 Menit	= 4380 - 939,39 - 7,88 = 3432,73 Menit = 57,21 Jam
Estimasi Penghematan Waktu tiap kelompok / hari	= 73 jam - 57,21 Jam = 15,79 Jam	
Estimasi Biaya Operator / jam	Rp. 26.000,-	
Estimasi Penghematan Biaya tiap kelompok / hari	= 15,79 Jam x Rp. 26.000,- = Rp. 410.540,-	Rp. 18.063.760,- Per Bulan
Estimasi Penghematan Biaya / bulan	= 22 Hari x Rp. 410.540,- x 2 Kelompok	Rp. 216.756.120,- Per Tahun

Gambar 12 Perhitungan Penghematan Biaya Jam Kerja Poles

Kesimpulan

Berdasarkan analisis aktivitas Proses Poles salah satu divisi yang terdapat pada PT. Untung Bersama Sejahtera. Aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah (NVA) pada PT. Untung Bersama Sejahtera dapat dihilangkan 100% dengan penerapan *Overhead Conveyor System* (OCS). Dengan menerapkan *Overhead Conveyor System* (OCS), maka terdapat 3 macam penghematan yang seharusnya dapat dilakukan oleh pihak manajemen, yaitu penghematan waktu siklus, penghematan jam kerja, penghematan biaya. Pada penghematan waktu siklus didapatkan sebesar 9.29 Menit / per SPK. Pada estimasi penghematan jam kerja poles didapatkan sebesar 15.79 Jam / per hari. Sedangkan pada estimasi penghematan biaya akibat penghematan jam kerja didapatkan sebesar Rp. 18.063.760,- / per bulan.

Referensi

- Atikson, dan Anthony A. 2011. *Management Accounting*. Buku Dua Edisi Pertama. Salemba Empat Jakarta.
- Fahmi, I. 2012. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Edisi 1. ALFABETA. Bandung
- Hansen, D.R dan Maryanne M. Mown. 2009. *Akuntansi Manajerial Buku 1*. Terjemahan oleh Denny Arnos Kwary. Edisi 8. Salemba Empat. Jakarta.
- Khoirunnissa, Johaan, 2023. "Industri Perhiasan Emas RI Disebut Punya Prospek Cerah, Benarkah?", <https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d-6679082/industri-perhiasan-emas-ri-disebut-punya-prospek-cerah-benarkah>, diakses 7 November 2023.
- Kotler, Philip; Armstrong, Garry, 2008. *Prinsip-prinsip Pemasaran*, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Hansen, D.R, dan Maryanne M. Mowen. 2012. *Manajemen Biaya*. Salemba Empat. Jakarta.
- Siregar., Baldric., dkk. 2013. *Akuntansi Manajemen*. Jakarta: Salemba Empat.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Penerbit Alfabeta. Bandung
- Susendi., Adrian., dan Sopyan. 2021. *Kajian Metode Root Cause Analysis yang Digunakan dalam Manajemen*



Faktor-Faktor Penghambat Pelaksanaan Penyerahan Prasarana, Sarana dan Utilitas (PSU) Perumahan di Kabupaten Sumenep

Noviana Citrayati¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ novianacitr@gmail.com

Sesuai Peraturan Daerah no. 09 Tahun 2018 tentang penyediaan dan Penyerahan Prasarana, Sarana dan Utilitas (PSU) pada kawasan perumahan, bahwa dalam rangka keberlanjutan pengelolaan PSU pada Kawasan Perumahan perlu dilakukan penyerahan Prasarana Sarana dan Utilitas perumahan oleh pengembang kepada Pemerintah Daerah. Berdasarkan data penyerahan Prasarana, Sarana dan Utilitas (PSU) perumahan dari tahun 2020 sampai 2023 yang terdapat pada Dinas Perumahan Rakyat Kawasan Permukiman dan Perhubungan Kabupaten Sumenep, terdapat 64 Perumahan berizin, dan hanya 11 pengembang perumahan yang melakukan proses serah terima PSU perumahan kepada Pemerintah Kabupaten Sumenep. Dari hasil penelitian didapatkan beberapa faktor yang menjadi penghambat proses penyerahan PSU tersebut, diantaranya pengembang yang tidak bertanggung jawab, kepastian *site plan*, pengembangan lahan perumahan serta kondisi PSU perumahan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kualitatif deskriptif, sehingga diperoleh kesimpulan bahwa faktor utama yang menjadi penghambat dalam pelaksanaan penyerahan PSU adalah banyaknya pengembang yang tidak bertanggung jawab terhadap hak masyarakat dalam hal penyediaan PSU perumahan dan kondisi PSU pada perumahan yang sudah terbangun masih memiliki kualitas yang buruk.

Kata kunci: Penyerahan PSU, Pengembang Perumahan, Prasarana Sarana dan Utilitas Perumahan.

Pendahuluan

Pengembang adalah setiap orang, baik perorangan maupun badan hukum yang menyelenggarakan pembangunan perumahan beserta sarana dan prasarananya. Setiap pengembang yang akan membangun Perumahan baru harus mengajukan izin *site plan* terlebih dahulu kepada Pemerintah Daerah untuk disahkan sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Dalam *Site Plan* tersebut, tidak hanya berupa unit rumah, namun pengembang juga harus menyediakan Prasarana, Sarana dan Utilitas pada kawasan perumahan sebagai bagian pemenuhan hak masyarakat penghuni perumahan.

Berdasarkan Peraturan Daerah no. 09 Tahun 2018 tentang penyediaan dan Penyerahan Prasarana, Sarana dan Utilitas (PSU) pada kawasan perumahan, Prasarana adalah kelengkapan dasar fisik lingkungan hunian yang memenuhi standar tertentu untuk kebutuhan bertempat tinggal yang layak, sehat, aman dan nyaman. Sarana merupakan fasilitas lingkungan hunian yang berfungsi mendukung penyelenggaraan dan pengembangan kehidupan social,

budaya dan ekonomi. Utilitas adalah sarana penunjang untuk pelayanan lingkungan.

Dalam Peraturan Daerah no. 09 Tahun 2018 tentang penyediaan dan Penyerahan Prasarana, Sarana dan Utilitas (PSU) pada kawasan perumahan, juga dijelaskan bahwa dalam rangka keberlanjutan pengelolaan PSU pada Kawasan Perumahan perlu dilakukan penyerahan Prasarana Sarana dan Utilitas perumahan oleh pengembang kepada Pemerintah Daerah. Penyerahan tersebut dapat berupa tanah dengan bangunan untuk prasarana dan atau tanah tanpa bangunan dalam bentuk aset dan tanggung jawab pengelolaan dari pengembang kepada pemerintah daerah.

Permasalahan yang dihadapi pemerintah daerah dalam bidang perumahan dan permukiman terutama yang berkaitan dengan perumahan sangatlah kompleks. Beragam permasalahan di lapangan menjadi fenomena yang harus segera diselesaikan, karena berhubungan dengan aset pemerintah daerah. Ketika mengajukan ijin *site plan* perumahan, maka pengembang memiliki kewajiban tidak hanya membangun unit rumah sebagaimana yang diajukan dalam *site plan*, tetapi juga memiliki kewajiban untuk membangun prasarana, sarana dan utilitas perumahan.

Prasarana yang harus dibangun oleh pengembang diantaranya adalah jaringan jalan, jaringan saluran pembuangan air (drainase) serta Tempat Pembuangan Sampah (TPS). Untuk Sarana antara lain Sarana Perniagaan, Sarana peribadatan, Sarana pertamanan dan Ruang Terbuka Hijau (RTH), tempat pemakaman umum serta sarana penunjang lainnya. Sedangkan utilitas yang harus ada antara lain jaringan air bersih, jaringan listrik, pemadam kebakaran dan lain sebagainya.

Dalam hal ini, penyediaan prasarana, sarana dan utilitas pada kawasan perumahan menjadi hal yang sangat penting untuk mencapai kenyamanan dan keamanan bagi penghuni perumahan. Prasarana atau yang sering disebut infrastruktur adalah merupakan suatu faktor potensial yang sangat penting dalam menentukan arah dan masa depan perkembangan suatu wilayah, karena pembangunan tidak akan sukses dan berjalan dengan baik tanpa dukungan prasarana yang memadai. Dengan demikian prasarana kota adalah merupakan fasilitas umum yang menjadi penunjang utama terselenggaranya suatu proses atau kegiatan dalam kota, yang pada akhirnya akan menentukan perkembangan kota (Jayadinata, 1992: 57). Prasarana publik diartikan sebagai pelayanan dalam kategori pekerjaan umum yang dilakukan sektor publik dengan tujuan untuk membantu sektor swasta melakukan kegiatan produksi dan merangsang konsumsi rumah tangga. Prasarana tersebut misalnya jaringan jalan, transportasi umum, sistem air limbah, manajemen persampahan, jaringan drainase dan pencegahan banjir, instalasi listrik dan telepon (Nurmandi, 1999: 214). Secara umum sarana dan prasarana adalah alat penunjang keberhasilan suatu proses upaya yang dilakukan di dalam pelayanan publik, karena apabila kedua hal ini tidak tersedia maka semua kegiatan yang dilakukan tidak akan dapat mencapai hasil yang diharapkan sesuai dengan rencana. Sarana adalah segala jenis peralatan, perlengkapan kerja dan fasilitas yang berfungsi sebagai alat utama/pembantu dalam pelaksanaan pekerjaan, dan juga dalam rangka kepentingan yang sedang berhubungan dengan organisasi kerja.

Kenyataan yang terjadi di lapangan, masih banyak para pengembang perumahan yang belum menyerahkan prasarana, sarana, utilitas (PSU) kepada pemerintah daerah Kabupaten Sumenep menjadikan masalah yang serius. Hal ini menjadikan sebuah pertanyaan besar apa yang menyebabkan terlambatnya penyerahan prasarana, sarana, dan utilitas (PSU) perumahan. Berdasarkan latar belakang tersebut, ingin diteliti tentang faktor-faktor pelaksanaan penghambat terlaksananya penyerahan prasarana, sarana, dan utilitas perumahan di Kabupaten Sumenep.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif, dimana peneliti ingin mengungkapkan dan memahami sesuatu di balik fenomena yang ada sehingga dapat diperoleh informasi yang lebih detail dari penelitian ini.

Hasil Kerja

Persyaratan Penyediaan PSU dalam pengajuan Rencana Tapak (*Siteplan*) Perumahan

Dalam Peraturan Daerah Kabupaten Sumenep Nomor 09 Tahun 2018 Pasal 6 ayat (3) telah disebutkan bahwa

Penyerahan Prasarana Sarana dan Utilitas (PSU) Perumahan dan Permukiman harus sesuai dengan rencana tapak (*site plan*) yang telah disetujui oleh pemerintah daerah. Sampai saat ini ada 63 perumahan yang telah berizin dan disetujui rencana tapak (*site plan*)nya.

Pengesahan rencana tapak tersebut harus sesuai dengan ketentuan dalam aturan yang berlaku dalam Peraturan daerah Kabupaten Sumenep Nomor 02 Tahun 2015 tentang Penataan Perumahan, terkait dengan unit yang disediakan hingga penyediaan prasarana, sarana dan utilitas yang harus dibangun oleh pengembang dalam melakukan pembangunan perumahan. Pengembang wajib melakukan pembangunan PSU sesuai rencana, rancangan dan perizinan serta sesuai dengan rencana tata ruang yang berlaku.

Pelaksanaan Penyerahan Prasarana Sarana dan Utilitas (PSU) Perumahan

Data penyerahan Prasarana, Sarana dan Utilitas (PSU) perumahan dari tahun 2020 sampai 2023 yang terdapat pada Dinas Perumahan Rakyat Kawasan Permukiman dan Perhubungan Kabupaten Sumenep, terdapat 64 Perumahan berizin, dan hanya 11 pengembang perumahan yang melakukan proses serah terima PSU perumahan kepada Pemerintah Kabupaten Sumenep. Lambatnya penyerahan Prasarana, sarana dan utilitas oleh pengembang kepada pemerintah daerah menjadi perhatian serius, karena beberapa hal. Berdasarkan hasil kerja di lapangan, dapat dianalisa beberapa faktor yang menjadi penghambat penyerahan prasarana, sarana dan utilitas perumahan di Kabupaten Sumenep, antara lain :

1. Prasarana Sarana dan Utilitas (PSU) yang dibangun tidak sesuai dengan *site plan* yang telah disahkan.

Seringkali ditemukan di lapangan beberapa penyimpangan yang dilakukan oleh pengembang – pengembang yang tidak bertanggung jawab dan hanya mementingkan keuntungan pribadi tanpa mementingkan hak masyarakat penghuni perumahan. Di beberapa tempat ditemukan lahan yang seharusnya menjadi prasarana sarana dan utilitas perumahan, beralih fungsi menjadi unit rumah ataupun bangunan yang tidak sesuai dengan peruntukan sebagaimana dalam *site plan* yang telah disahkan. Hal tersebut sangat merugikan masyarakat perumahan karena prasarana, sarana dan utilitas yang seharusnya mereka dapatkan sebagai bagian dari fasilitas perumahan yang dijanjikan tidak sesuai dan juga merugikan pemerintah daerah sebagai pemilik aset PSU yang sudah diserahkan secara administrasi ketika pengesahan *site plan*.

2. Pengembang tidak bertanggung jawab

Beberapa pengembang perumahan melakukan pengembangan lahan perumahan di sekitar lahan yang sudah disahkan *site plan*-nya, tanpa mengajukan izin pengembangan kawasan perumahan. Sehingga menyebabkan pertumbuhan dan pengembangan perumahan yang tidak terkontrol. Hal tersebut

menjadikan pemenuhan prasarana, sarana dan utilitas tidak terpenuhi.

Di sisi lain, beberapa kasus pengembang tidak menyerahkan prasarana, sarana, dan utilitas tersebut kemungkinan perusahaan pengembang tersebut sudah bangkrut sebelum merampungkan proyek pembangunan perumahan tersebut. Biasanya pengembang tersebut akan pergi begitu saja karena sudah tidak memiliki dana lagi untuk pembangunan PSU perumahan. Disini jelas sangat merugikan bagi pemerintah Kabupaten Sumenep dan masyarakat sekitar yang akan mendiami perumahan tersebut. Jika sudah terjadi seperti ini, pemerintah Kabupaten Sumenep dan masyarakat mengalami kesulitan dalam menuntut prasarana, sarana, dan utilitas yang belum diserahkan. Langkah yang diambil oleh pemerintah Kabupaten Sumenep untuk mengatasi hal ini adalah mengambil alih prasarana, sarana, dan utilitas secara sepihak dengan melibatkan perwakilan dari masyarakat.

3. Kondisi prasarana, sarana dan utilitas perumahan

Selain permasalahan pada pengembang, hambatan lain yang ditemui di lapangan ketika pengembang akan menyerahkan prasarana sarana dan utilitas perumahan adalah kondisi PSU sendiri yang masih belum siap. Sesuai dengan Peraturan Daerah Kabupaten Sumenep nomor 09 tahun 2018, prasarana, sarana dan utilitas yang diserahkan kepada pemerintah daerah harus dalam kondisi baik dan terpelihara. Ada kalanya pengembang siap untuk menyerahkan Prasarana, sarana dan utilitas perumahannya, namun setelah dilakukan survey ke lapangan, kondisi PSU yang akan diserahkan rusak atau bahkan belum terbangun, terutama prasarana berupa jaringan jalan dan jaringan saluran pembuangan air drainase. Sedangkan untuk sarana dapat diserahkan berupa lahan siap bangun dengan kondisi yang baik. Apabila kondisi PSU rusak atau belum terbangun, maka nantinya akan membebani pemerintah daerah, sehingga pengembang harus segera memperbaikinya dan menyerahkan setelah 1 tahun masa pemeliharaan.

Dalam hal ini, penulis selaku penanggung jawab dalam bidang penyediaan prasarana sarana dan utilitas perumahan, sudah seharusnya bersikap aktif dalam menangani setiap penyimpangan yang dilakukan oleh pengembang. Selain itu dalam rangka kegiatan penyediaan prasarana sarana dan utilitas perumahan, penulis juga melakukan pemeliharaan terhadap prasarana, sarana dan utilitas perumahan yang telah dilakukan serah terima kepada pemerintah daerah dengan menggunakan dana APBD Kabupaten Sumenep sebagai bentuk tanggung jawab pemerintah daerah terhadap hak masyarakat di perumahan. Adapun perumahan yang telah dilakukan penyerahan adalah Perumahan Mutiara Harum Desa Kalimook. Perumahan tersebut sudah ditinggalkan oleh pengembangnya,

sehingga pemerintah daerah melakukan pengambilalihan dan penyerahan sepihak oleh perwakilan warga terhadap prasarana, sarana dan utilitas yang ada di perumahan tersebut. Kondisi PSU yang ada di perumahan tersebut dapat dikatakan sudah mulai rusak dan tidak ada yang memelihara. Dengan adanya program pemeliharaan PSU perumahan, maka PSU yang rusak dapat segera diperbaiki. Berikut dokumentasi kegiatan pemeliharaan jalan dan saluran yang dilakukan oleh Pemerintah Daerah Kabupaten Sumenep.



Gambar 1 Kondisi PSU jalan di Perumahan Mutiara Harum Desa Kalimook



Gambar 2 Proses perbaikan PSU jalan di Perumahan Mutiara Harum Desa Kalimook

Pada gambar berikut, terdapat PSU perumahan Bima Regency yang diajukan untuk diserahkan oleh pengembang kepada pihak pemerintah daerah, namun kondisinya masih belum layak untuk diserahkan kepada pihak pemerintah daerah, sedangkan pembangunan sudah dilakukan selama bertahun-tahun.



Gambar 3 Pintu gerbang / pintu masuk Perumahan Bima Regency



Gambar 4 Kondisi jalan dan saluran di Perumahan Bima Regency

Hal tersebut terjadi karena pengembang beralasan dana untuk pembangunan PSU masih digunakan untuk membangun unit rumah yang hasil penjualannya akan digunakan untuk membangun PSU perumahan. Namun pada kenyataannya, sampai banyak unit rumah terbangun tidak juga dilakukan pembangunan PSU, terutama jaringan jalan dan jaringan saluran pembuangan air, sehingga masyarakat penghuni perumahan berinisiatif untuk membangun sendiri jaringan saluran pembuangan air.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian penulis di lapangan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Sesuai Peraturan Daerah no. 09 Tahun 2018 tentang penyediaan dan Penyerahan Prasarana, Sarana dan Utilitas (PSU) pada kawasan perumahan, bahwa dalam rangka keberlanjutan pengelolaan PSU pada Kawasan Perumahan perlu dilakukan penyerahan Prasarana Sarana dan Utilitas perumahan oleh pengembang kepada Pemerintah Daerah.
2. Berdasarkan data penyerahan Prasarana, Sarana dan Utilitas (PSU) perumahan dari tahun 2020 sampai 2023 yang terdapat pada Dinas Perumahan Rakyat Kawasan Permukiman dan Perhubungan Kabupaten Sumenep, terdapat 64 Perumahan berizin, dan hanya 11 pengembang perumahan yang melakukan proses serah terima PSU perumahan kepada Pemerintah Kabupaten Sumenep.

3. Dari hasil penelitian didapatkan beberapa faktor yang menjadi penghambat proses penyerahan PSU tersebut, diantaranya Prasarana Sarana dan Utilitas (PSU) yang dibangun tidak sesuai dengan siteplan yang telah disahkan, banyaknya pengembang yang tidak menyadari tanggung jawabnya untuk menyediakan PSU dan kondisi prasarana, sarana dan utilitas perumahan yang kurang baik.

Ucapan Terimakasih

Dalam pelaksanaan penyusunan artikel ini, penulis sampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Bapak Kepala Dinas PERumahan Rakyat Kawasan Permukiman dan Perhubungan Kabupaten Sumenep
2. Bapak Kepala Bidang Perumahan dan Kawasan Permukiman
3. Bapak Dr. Ir. Ivan Gunawan, S.T., M.MT., CSCM., IPM., ASEAN Eng. Selaku Ketua Program Studi Profesi Insinyur
4. Ibu Dra. Ir. Adriana Anteng Anggorowati, M.Si., IPU. Selaku dosen pembimbing
5. Bapak Ir. Hairul Anwar, M.T. atas dukungannya
6. Teman – teman seperjuangan program RPL Sumenep.

Referensi

- Basrowi, Dr. M. Pd dan Suwandi, Dr. M. Si, Memahami Penelitian kualitatif. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta, 2008
- Jayadinata, Johara T (1992), Tata Guna Tanah dalam Perencanaan Perdesaan Perkotaan dan Wilayah, Bandung: Penerbit ITB.
- Nurmadi, Achmad (1999), Manajemen Perkotaan. Yogyakarta: Lingkungan Bangsa.
- Peraturan Daerah Kabupaten Sumenep No. 09 Tahun 2018 tentang penyediaan dan Penyerahan Prasarana, Sarana dan Utilitas (PSU) pada Kawasan Perumahan. 2018. Sumenep
- Peraturan Daerah Kabupaten Sumenep No. 02 Tahun 2015 tentang Penataan Perumahan. 2015. Sumenep



Pengeringan Bawang Merah Menggunakan Modular Air Dryer

Bambang Suryawan¹ Ali Mashar¹ dan Dedy Yuniarcho¹

¹ Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia

✉ suryawanb6@gmail.com

Modular Air Dryer merupakan alat pengering yang prinsip kerjanya menggunakan efek rumah kaca yang sangat bergantung pada matahari sebagai sumber energinya, sehingga apabila intensitas radiasi matahari kurang baik (mendung) maka alat ini tidak bisa digunakan secara maksimal. Untuk mengatasi hal ini maka digunakan bahan kimia yang mempunyai kemampuan untuk menyerap kelembaban yaitu *silica gel*. Parameter-parameter yang digunakan adalah : massa bawang merah, massa *silica gel*, intensitas radiasi matahari, kelembaban relatif dalam ruang pengering, temperatur dalam collector dan ruang pengering, temperatur lingkungan, temperatur bola basah dan bola kering pada bagian *inlet collector*. Penelitian dilakukan dengan cara mengeringkan bawang merah yang massanya kurang lebih 5 kg kemudian perubahan parameter-parameternya dicatat setiap 10 menit. Efisiensi *Modular Air Dryer* yang didapatkan adalah 7%-15% (tanpa *silica gel*) dan 9%-17% (dengan *silica gel*). Rendahnya efisiensi *Modular Air Dryer* ini disebabkan oleh : kecilnya massa bawang merah yang dikeringkan (kurang lebih 5 kg), rendahnya perbedaan temperatur lingkungan dengan ruangan bawang merah (sekitar 1.5°C-4.0°C), laju pengeringan, intensitas radiasi matahari, daya *exhaust fan* dan lamanya waktu pengeringan.

Kata Kunci: *Modular Air Dryer*, efek rumah kaca, *silica gel*, efisiensi.

Pendahuluan

Suatu proses pengeringan didefinisikan sebagai suatu proses pemindahan uap air dari suatu bahan dan zat-zat padat lainnya atau disebut juga sebagai transfer massa dan kalor dari bahan dan udara pengering [1]. Dalam proses pengeringan biasanya air dipindahkan dari suatu material menjadi uap oleh udara sekitarnya. Proses pemindahan air dari suatu material bisa dilakukan secara mekanis misalnya dengan ditekan, diputar, dan cara-cara lainnya. Namun proses yang sering digunakan adalah dengan cara memberikan panas. Dalam pengeringan secara konveksi paksa, panas yang digunakan untuk menguapkan kelembaban dari suatu bahan umumnya bersumber dari *sensible heat* yang ada pada udara pengering. Pada garis besarnya hampir semua proses pengeringan yang dilakukan dengan memanfaatkan *sensible heat* dari udara pengering.

Cara yang dipergunakan untuk menyatakan besarnya kadar air dari suatu bahan pangan yaitu dengan menggunakan basis kering/dry basis [1]:

$$d.b. = \frac{M_w}{M_d} \times 100\% \quad (1)$$

dengan :

M_w = massa air (kg), dan

M_d = massa kering bahan pangan (kg)

Pengeringan bahan pangan merupakan salah satu proses penanganan bahan pangan pasca panen sebagai suatu teknik pemeliharaan terhadap bahan pangan tersebut.

Pengeringan dapat dilakukan secara alami atau dengan suatu alat pengering. Pengeringan secara alami dilakukan dengan meletakkan bahan pangan yang akan dikeringkan langsung dibawah sinar matahari. Sedangkan, yang menggunakan alat pengering dilakukan dengan meletakkan bahan pangan didalam suatu ruang pengering yang

dikondisikan agar terjadi suatu perpindahan air dari bahan pangan ke udara yang dilewatkan pada bahan pangan.

Sinar matahari merupakan sumber energi yang dapat dimanfaatkan dengan biaya yang sangat murah. Dengan demikian, alat pengering dengan sumber energi matahari diharapkan dapat menjaga kualitas bahan pangan dan memenuhi kebutuhan akan alat pengering yang relatif murah [2].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kadar air bawang merah basah adalah sekitar 88% sedangkan kadar air bawang merah kering yang siap untuk dipasarkan adalah 80%-85%. Sehingga untuk mendapatkan bawang merah yang siap untuk dipasarkan dan aman untuk disimpan harus dilakukan pengeringan untuk mengurangi kadar airnya dari 88% menjadi 80%-85%. Proses pengeringan bawang merah juga bertujuan untuk mengurangi massa bawang merah tersebut. Bawang merah dikatakan kering jika massanya turun 15%-20% dari massa bawang merah basah [3].

Pemanfaatan matahari untuk pengeringan masih sangat dipengaruhi oleh keadaan cuaca. Sehingga, ketika cuaca berawan maka pengeringan menjadi terhambat atau bahkan tidak dapat dilakukan. Suatu sistem pengeringan dengan menggunakan energi matahari dalam keadaan cuaca berawan perlu mendapatkan perhatian serius. Dalam hal ini penambahan *silica gel* pada sistem pengeringan dapat mengatasi permasalahan tersebut.

Apabila keadaan cuaca mendung, atau saat intensitas radiasi matahari rendah, perlu digunakan *silica gel* untuk menyerap uap air yang ada pada produk tersebut. *Silica gel* dapat menyerap uap air sampai 40 % dari beratnya. Selain itu *silica gel* dapat dipakai kembali (*reuse*), yaitu dengan mengeluarkan kandungan uap air yang diserap dengan cara memanaskannya.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui efisiensi *Modular Air Dryer* hasil rancangan pada pengeringan bawang merah. Penelitian dilakukan dalam kondisi yang berbeda yaitu ketika cuaca cerah (intensitas radiasi matahari tinggi) dan cuaca kurang mendukung (intensitas radiasi matahari rendah) dengan cara menambahkan *silica gel* pada *solar collector*.

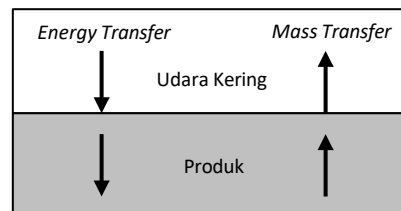
Tinjauan Pustaka

Sebelum memulai pengujian dalam proses pengeringan, perlu dijelaskan teori-teori yang digunakan dalam proses pengeringan untuk mendapatkan pemahaman mengenai proses pengeringan.

Proses Pengeringan

Pengeringan, secara umum, merupakan proses pengambilan sejumlah kecil kandungan air, berupa uap air, dari suatu material oleh udara kering [4]. Pada proses pengeringan termal terhadap bahan pangan basah, akan terjadi dua proses yang berlangsung secara simultan, yaitu :

1. Perpindahan kalor dari lingkungan sekitar (udara) ke bahan pangan dengan maksud untuk menguapkan air yang terkandung dalam bahan pangan.
2. Perpindahan massa (air) dari bahan pangan ke permukaan lalu ke udara.



Gambar 1. Proses Pengeringan Termal

Perpindahan Kalor dalam Pengeringan

Ada tiga proses perpindahan kalor yang dapat terjadi dalam proses pengeringan, antara lain sebagai berikut.

1. Konveksi

Kalor disuplai oleh udara panas atau gas yang dialirkan melalui permukaan material. Kalor untuk penguapan disuplai dengan cara konveksi ke permukaan material dan penguapan air dilakukan oleh medium pengering. Pengering yang menggunakan cara ini disebut juga tipe pengering langsung (*direct dryer*).

2. Konduksi

Pengering tipe konduksi atau tidak langsung (*indirect dryer*) lebih cocok digunakan untuk material-material yang tipis atau material-material yang sangat basah. Kalor untuk penguapan disuplai melalui permukaan yang dipanaskan (diam atau bergerak) yang ditempatkan diantara alat pengering untuk menunjang, mengangkut, atau menahan material. Uap air yang telah diuapkan dibawa melalui proses vakum atau oleh aliran gas yang merupakan pengangkut uap air.

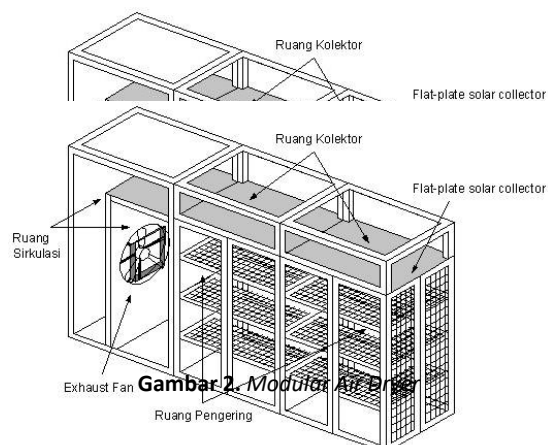
3. Radiasi

Sumber-sumber dari radiasi elektromagnetik bermacam-macam dengan panjang gelombang yang bervariasi dari spektrum matahari sampai *microwave* (0.2 m – 0.2 μ m). Radiasi matahari langsung menembus lapisan material, yang menyerap hanya sebagian dari radiasi langsung dan tergantung dari panjangnya gelombang.

Metode

Dalam penelitian ini dirancang sebuah alat pengering *Modular Air Dryer* (MAD) yang terdiri dari beberapa modul. MAD merupakan salah satu alat pengering tenaga matahari yang memanfaatkan efek rumah kaca. Maksud modul di sini adalah perakitan dari alat ini merupakan bagian-bagian yang

terpisah. Bagian-bagian MAD yang digunakan dalam pengeringan bawang merah adalah sebagai berikut



Gambar 2. Modular Air Dryer

1. Flat-plate solar collector
2. Ruang kolektor
3. Ruang sirkulasi
4. Exhaust Fan
5. Ruang Pengering

Dimensi Modular Air dryer
(per modul)

Panjang	: 100 cm
Lebar	: 75 cm
Tinggi	: 155 cm

Komponen Modular Air Dryer (MAD)

Solar Collector

Pada Modular Air Dryer, jenis solar collector yang digunakan adalah Flat-plate solar collector [5].

Komponen dari solar collector terdiri dari beberapa bagian, yaitu :

1. Absorber: berfungsi menyerap radiasi sinar matahari yang lewat di atasnya. Penyerapan energi sinar matahari akan maksimal jika menggunakan black absorber, atau melalui selective coating.
2. Kaca Penutup: berfungsi untuk menjaga aliran kalor yang masuk melalui solar collector, pelindung absorber dari angin, hujan, udara dingin, dan lain sebagainya.
3. Komponen Insulasi: merupakan komponen yang berfungsi untuk mengurangi kehilangan kalor (heat losses) pada solar collector, sehingga dapat menaikkan efisiensi solar collector.

Kombinasi dari ketiga komponen di atas menghasilkan sebuah "energy trap", dengan prosesnya yang biasa dikenal sebagai efek rumah kaca.

Prinsip kerja Modular Air Dryer yang digunakan

1. Udara dihisap masuk oleh kipas dari bagian atas rak.
2. Radiasi matahari masuk ke bagian atas rak tetapi tidak dapat keluar (akibat efek rumah kaca) sehingga udara yang melewati bagian atas rak temperaturnya akan naik. Selanjutnya diharapkan udara yang masuk ke ruang sirkulasi merupakan udara yang bertemperatur cukup tinggi dan memiliki kelembaban relatif yang cukup rendah.
3. Udara ini akan mengalir di sepanjang rak dalam ruang pengering yang telah diisi dengan bahan pangan yang akan dikeringkan.

Perhitungan Efisiensi Modular Air Dryer

Efisiensi MAD adalah perbandingan antara besarnya energi yang mampu dihasilkan oleh MAD untuk mengeringkan bahan pangan dengan besarnya energi yang diterima MAD baik dari energi matahari, energi listrik dan gabungan kedua energi tersebut. Perhitungan efisiensi dihitung melalui dua perhitungan, yaitu perhitungan efisiensi pengeringan dan perhitungan efisiensi sistem pengeringan.

1. Perhitungan efisiensi pengeringan (η_p)

Efisiensi pengeringan adalah hasil perbandingan antara kalor secara teoritis yang dibutuhkan dengan penggunaan kalor yang sebenarnya dalam proses pengeringan [6].

$$\eta_p = \frac{E_{Thermal}}{E_{Sun}} \quad (2)$$

$E_{Thermal}$ adalah kalor yang dibutuhkan untuk proses pengeringan, terdiri dari : kalor untuk menaikkan suhu bahan pangan (E_1), kalor untuk menaikkan suhu air dalam bahan pangan (E_2), dan kalor untuk menguapkan air bahan pangan (E_3).

E_{Sun} adalah besarnya energi matahari yang digunakan dalam proses pengeringan [7].

$$E_{Sun} = [(I\tau\alpha) - U(T_k - T_m)F_r]A_p t \quad (3)$$

2. Perhitungan efisiensi sistem pengeringan (η_{sp})

Efisiensi sistem pengeringan tanpa silica gel

$$\eta_{sp} = \frac{E_{Thermal\ bawang}}{E_{Sun} + E_{Electricity}} \quad (4)$$

Efisiensi sistem pengeringan dengan silica gel

$$\eta_{sp} = \frac{E_{Thermal\ bawang}}{E_{Sun} + E_{Thermal\ silica} + E_{Electricity}} \quad (5)$$

$E_{Electricity}$ adalah besarnya energi listrik yang digunakan untuk menggerakkan *exhaust fan*.

$$E_{Electricity} = P.t.n \quad (6)$$

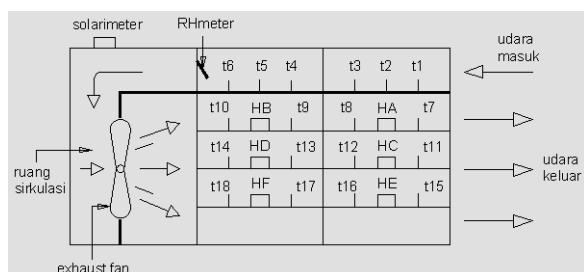
dengan :

- P = daya *exhaust fan* (Watt)
 t = waktu pengeringan (detik)
 n = jumlah *exhaust Fan*

Prosedur Penelitian

1. Penelitian dan pengambilan data pengeringan bawang merah dengan MAD dilakukan tiga kali (tanpa menggunakan silica gel) yaitu tanggal 25 April, 2 Mei, dan 4 Mei 2004 (pagi).
2. Sedangkan, pengambilan data untuk mengetahui kesetimbangan pada *flat plate collector* dengan adanya *silica gel* dilakukan empat kali yaitu tanggal 18 dan 25 April 2004 (pada sore hari) serta tanggal 3 dan 5 Mei 2004 (pagi).

Berikut ini adalah skema pengambilan data MAD.



Gambar 2. Skema pengambilan data
(Ket : t = *thermocouple*, H = *hygrometer*)

Data yang yang diambil dari penelitian yang dilakukan adalah temperatur lingkungan (*ambient*), temperatur di dalam ruang MAD (ruang kolektor dan ruang pengering) yang terdiri dari 18 buah termokopel, *relative humidity* ruang MAD dan lingkungan, intensitas matahari, berat bawang, dan berat *silica gel* sebagai data tambahan untuk penelitian kesetimbangan pada *flat plate collector*. Data diambil setiap 10 menit.

Hasil Kerja

Hasil penelitian yang diperoleh dibagi dalam dua kondisi pada saat pelaksanaan pengambilan data dilakukan, yaitu pada keadaan cuaca cerah dan cuaca mendung.

Tabel 1. Efisiensi pada cuaca cerah
(tanpa silica gel)

Tanggal	I (W/m ²)	Efisiensi Pengeringan	Efisiensi Sistem Pengeringan
25 April 2004 (pagi)	623.8	13.3 %	9.2%
02 Mei 2004 (pagi)	581.7	7.3 %	4.8%
04 Mei 2004 (pagi)	596.9	14.9 %	9.9%

Tabel 2. Efisiensi pada cuaca mendung
(dengan silica gel)

Tanggal	I (W/m ²)	Efisiensi Pengeringan	Efisiensi Sistem Pengeringan
18 April 2004 (sore)	265.36	13.4%	6.4%
25 April 2004 (sore)	383.18	9.7%	5.4%
03 Mei 2004 (pagi)	374.55	16.6%	9.4%
05 Mei 2004 (pagi)	466.91	14.1%	8.7%

Tabel 1 menjelaskan bahwa nilai efisiensi pengeringan terbesar terjadi pada tanggal 4 Mei 2004 (14.9%), sedangkan efisiensi pengeringan terendah terjadi pada tanggal 2 Mei 2004 (7.3%). Hal yang serupa terjadi pada efisiensi sistem pengeringan dengan nilai masing-masing 9.9% dan 4.8%.

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat nilai efisiensi pengeringan terbesar terjadi pada tanggal 3 Mei 2004 (16.6%), sedangkan efisiensi pengeringan terendah terjadi pada tanggal 25 April 2004 (9.7%). Hal yang serupa terjadi pada efisiensi sistem pengeringan dengan nilai masing-masing 9.4% dan 5.4%.

Kesimpulan

Kesimpulan yang diambil dari hasil pengeringan bawang merah dengan menggunakan *Modular Air Dryer* adalah sebagai berikut :

1. Efisiensi pengeringan pada kondisi normal dari MAD untuk mengeringkan bawang merah masih rendah, yaitu 13.3%, 7.3% dan 14.9%.
2. Besarnya efisiensi pengeringan pada kondisi normal dari MAD dipengaruhi oleh: Massa bawang merah.
 - a) Massa bawang merah yang digunakan dalam percobaan tidak banyak yaitu sekitar 5 kg.. Kadar air bawang merah turun dari 88% menjadi sekitar 87% setelah mengalami proses pengeringan selama 140 menit.
 - b) Perbedaan temperatur lingkungan dengan ruangan bawang merah. Perbedaan temperatur yang terjadi tidak terlalu besar yaitu 1.5°C~4.0°C.
3. Efisiensi pengeringan dengan penambahan *silica gel* relatif rendah (9.7%~16.6%) dikarenakan banyak kalor yang hilang ke lingkungan. Selain itu, jumlah *silica gel* yang digunakan untuk penelitian kurang banyak jumlahnya dan disebabkan besarnya energi listrik yang

digunakan untuk menggerakkan *exhaust fan* dalam waktu tertentu.

4. Efisiensi MAD dengan penambahan *silica gel* dipengaruhi oleh temperatur dan kelembaban udara.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada para mahasiswa yang telah berperan penting dan membantu dalam proyek penulis. Ucapan terimakasih juga ditujukan kepada Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, yang telah membantu pendanaan dalam melakukan proyek ini.

Referensi

1. ASHRAE, *ASHRAE Handbook*, ASHRAE, Atlanta, 2001.
2. Fisk, M. Jacobs & H.C.W. Anderson, *Introduction to Solar Technology*, Addison Wesley, Washington, 1982.
3. Rahayu, E dan Nur Berlian V.A., *Bawang Merah*, Penebar Swadaya, Jakarta, 1998.
4. Geankoplis, C.J., *Transport Processes and Unit Operation*, 2nd edition, Allyn and Bacon, Inc., Massachusetts, 1983.
5. Suhendra, Andrea, Penggunaan *Flat Plate Air Solar Collector* dari *Modular Air Dryer* (MAD) untuk Regenerasi Silica Gel, Skripsi, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, 2004.
6. Mujumdar, A.S., *Handbook of Industrial Drying*, 2nd edition Revised and Expanded, Volume 1, Marcel Dekker, Inc., New York, 1995.
7. Marwani, *Alat Pengering Pisang Tenaga Surya Kolektor Plat Datar*, Tugas Kuliah Program Pasca Sarjana Kekhususan Konversi Energi Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 1999.

Faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Jaringan Sensor Nirkabel Pada Desain Manajemen Energi Pada Gedung

Godlief Erwin Samuel Mige¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ godlieverwin@yahoo.com

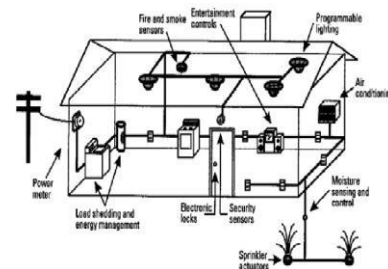
Pendahuluan

Penghematan energi merupakan bagian dari isu global warming. Keterbatasan energi membuat orang mencari sumber energi lain atau mengusahkan energi yang terbarukan atau menghemat pemakaian energi. Krisis global dibidang energi dan finansial tengah melanda hampir semua negara. Menurut Porter (www.smarthouse.com.au), hampir 70% dari rata-rata pengeluaran rumah tangga di Amerika adalah untuk pembayaran rekening listrik khususnya untuk pemakaian lampu dan pengaturan suhu. Di beberapa daerah di Indonesia, suplai energi listrik belum mampu mencukupi permintaan konsumen. Permintaan sambungan listrik yang meningkat akibat perkembangan ekonomi, industri dan populasi penduduk, kadang-kadang tidak dapat langsung dipenuhi oleh instansi yang berwenang. Ditengah keterbatasan suplai energi listrik dan seruan pemerintah untuk menghemat energi listrik, masih sering terjadi peristiwa yang tidak diinginkan seperti kebakaran yang diakibatkan oleh kesalahan atau kelalaian dalam pengoperasian peralatan listrik yang berlebihan serta penggunaan yang tidak terkontrol, pemborosan energi listrik dengan percuma yang menyebabkan tagihan listrik melonjak, kondisi dalam ruangan yang kurang nyaman akibat suhu serta intensitas cahaya yang kurang pas serta pencurian karena kondisi rumah yang sepi pada kompleks perumahan. Hal-hal diatas menimbulkan tantangan yaitu bagaimana membuat suatu gedung atau rumah menjadi lebih “cerdas” dan mampu mengontrol keamanan rumah serta penggunaan peralatan listrik dalam lingkungannya sehingga tempat tersebut menjadi aman dan nyaman dengan mengimplementasikan teknologi jaringan sensor

Untuk penghematan energi listrik, salah satu cara yang bisa dilakukan adalah dengan mengatur konsumsi arus untuk peralatan listrik. Jaringan sensor nirkabel (Wireless Sensor Network / WSN) dapat dimanfaatkan untuk keperluan manajemen energi berskala besar maupun kecil secara otomatis. Dengan adanya pengontrolan otomatis ini, manajemen energi menjadi efektif sehingga menekan biaya rekening listrik serta membuat rumah menjadi lebih nyaman dan aman. Dalam penelitian ini didesain suatu sistem jaringan sensor nirkabel yang dapat memantau, mendeteksi dan mengontrol kinerja peralatan listrik yang berkaitan dengan pencahayaan, suhu, kelembaban, pergerakan serta keamanan dalam sebuah bangunan. Jaringan yang dibuat, kemudian diuji kualitas penginderaan, pengiriman data serta konsumsi arus selama masa pemantauan.. Dari hasil pengujian, ternyata posisi sensor dan jumlah hop mempengaruhi kinerja jaringan.

Kata kunci : Jaringan, sensor, *node*, gateway, kontrol.

nirkabel (Augusto & Nugent, 2006). Dengan menggunakan teknologi sensor yang masih konvensional, masih sering ditemui kesulitan dalam mengumpulkan data. Kelebihan jaringan sensor nirkabel adalah memberikan kemudahan dalam sistem pengontrolan, pemantauan suatu lingkungan secara terus menerus, ada kemudahan dalam proses instalasi, pengukuran data lapangan, penambahan dan penempatan posisi *node* sensor. Dengan adanya pengaturan penggunaan energi seperti pada Gambar 1, bukan saja keadaan rumah menjadi nyaman dan aman tetapi sudah memperhatikan isu *global warming*.



Gambar 1 Model rumah dengan pengontrol otomatis (www.freescale.com/zigbee)

Pemilik rumah dapat mengatur penggunaan energi listrik dengan bantuan jaringan sensor nirkabel. Saat penggunaan energi listrik mencapai titik maksimal dari yang telah ditentukan, secara otomatis jaringan sensor akan mengirim data ke *gateway* untuk diproses dan kontroler akan menurunkan nilai cahaya, temperatur dan kelembaban ruangan. Sensor gerakan yang berada diluar dan didalam ruangan untuk mencegah tamu tak diundang tetap aktif saat peralatan listrik yang lain diturunkan kinerjanya. Lampu

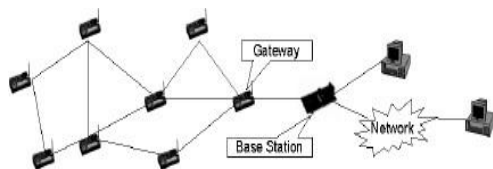
adalah salah satu penyerap energi terbesar yang bisa diatur untuk menghemat energi dan biaya. Jaringan sensor nirkabel dapat dirancang untuk mengatur dengan tepat sesuai keinginan secara manual atau otomatis semua peralatan listrik yang akan dikontrol sehingga dapat menekan penggunaan energi dan biaya.

Metode

Pengambilan data dilakukan dengan memvariasikan posisi ketinggian dan jarak node sensor, kemudian mengukur kualitas jaringan komunikasi antar node sensor dan gateway serta mengukur konsumsi arus setiap node saat transmisi data. Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah menentukan skenario manajemen energi, instalasi *hardware* dan *software*, melakukan pengamatan dan pengambilan data serta menganalisis data dengan rincian sebagai berikut :

Pemilihan Topologi Sistem

Ada 6 topologi dasar jaringan komunikasi yang dikenal adalah koneksi jenis *star*, *ring*, *bus*, *tree*, *fully connected* dan *mesh*. Pada topologi *mesh*, *node* tersebar dan komunikasi data antar *node* dikirim bertahap melalui *node* terdekatnya. Semua *node* pada jaringan ini sudah ada identitas pengenalnya. Karl & Willig (2005). Berdasarkan pertimbangan diatas, maka dipilih topologi *mesh*, sebab cocok untuk jaringan dengan *node* yang banyak atau yang tersebar di lingkungan yang luas. Komunikasi antar *node* melalui banyak jalur (*multi hop*). Keuntungan dari jaringan ini, walaupun semua *node* mempunyai identitas masing-masing dan mempunyai kemampuan komputasi yang sama, tapi ada satu *node* yang bisa diset sebagai *node* kepala (*group leader*) yang mempunyai kemampuan tambahan yang tidak dimiliki *node* lain. Apabila *node* kepala mengalami gangguan atau rusak, fungsinya bisa diambil alih oleh *node* yang lain. Secara umum, topologi jaringan sensor nirkabel terdiri dari dua atau tiga jaringan *node* yang terhubung secara *multihop* seperti pada Gambar 2. Data hasil penginderaan mengalami proses awal pada *node*, kadang disimpan sebelum dikirimkan ke *gateway* yang mempunyai fitur lebih lengkap untuk pemrosesan data yang kemudian dikirim ke *base station*.



Gambar 2 Topologi WSN untuk pengumpulan data
(Hermann C., 2005)

Hardware

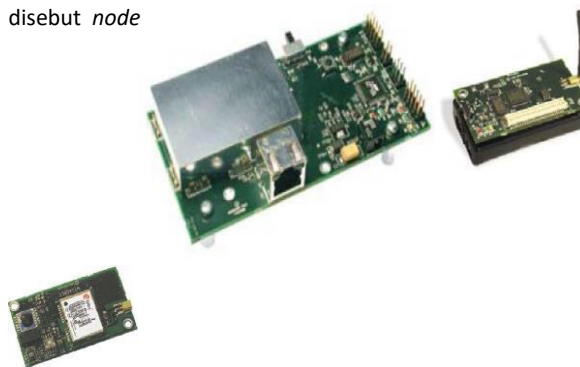
Dalam rancangan ini, perangkat keras yang digunakan dibagi menjadi 3 bagian yaitu sensor dan *interface*, *server* serta

kontroler. Berikut adalah perincian perangkat keras dan spesifikasi umumnya.

- *Sensor Board* : Tipe MTS420, produksi *Crossbow Technology*. *Sensorboard* ini dapat mengindera adanya cahaya, temperatur, kelembaban, tekanan serta gerakan (akselerometer) sesuai jumlah sensor yang *onboard*. MTS240 juga mempunyai modul GPS. *Sensorboard* dipasang pada *mote Micaz MPR2400* yang akan memancarkan data sensing menuju *gateway*.

- *Mote Processor* : Prosesor Atmel ATmega 128L, Program *Flash Memory* 128 Kbyte, *Measurement Flash* 512 Kbyte, komunikasi serial UART, 10 bit ADC (0-3 volt), pemakaian arus 8 mA (mode aktif), < 15 μ A mode *sleep*. *Transceiver Radio* : frekuensi kerja 2400MHz – 2483.5 MHz, kecepatan pengiriman data 250kbps, daya kirim -24 dbm - 0 dbm, sensitivitas penerima -90 dbm (min), -94 dbm (typ), pemakaian arus 19.7ma (mode terima), 11ma (pengiriman -10dbm), 14ma (pengiriman -5dbm), 17.4dbm (pengiriman 0dbm), 20 μ A (mode *idle*), 1 μ A (mode *sleep*). Elektromekanik : Baterai 2xAA, sumber daya lain 2.7 V – 3.3 V, *User Interface* LED (merah, kuning, hijau), ukuran 58x32x7 (tidak termasuk baterai), berat 18 gram (tidak termasuk baterai), 51-pin konektor ekspansi.

- *Gateway* : *Interface Node* ; konektor ekspansi 51-pin. *interface* UART, *user interface* LED (merah, kuning, hijau). *Interface* LAN ; *internal web server*, *serial login*, *telnet login*, *password* keamanan, layanan pengunci. *Interface* jaringan ethernet : konektor RJ45, berbasis protokol IEEE 802.3, kecepatan data 10 MBps (10 Base-T). Pemrograman dalam sistem (*In-System Programming*) ; Protokol UISP (*UART in-system programming*), LED indikator ISP aktif, RESET *node*. Fisik : Dimensi 11.76cm x 5.82cm x 2.54cm, sumber daya PoE 5V. *Gateway* digunakan untuk melewatkan paket dari jaringan sensor kepada *server*. Tipe MIB 600 untuk komunikasi jaringan sensor dan *interface Ethernet Programming Board* (EPRB) untuk komunikasi *server*. Produksi *Crossbow Technology*. Bentuk fisik dari *sensor board*, *mote* dan *gateway* dapat dilihat pada Gambar 3. *Sensor Board* yang ditempelkan di atas *mote* nantinya disebut *node*

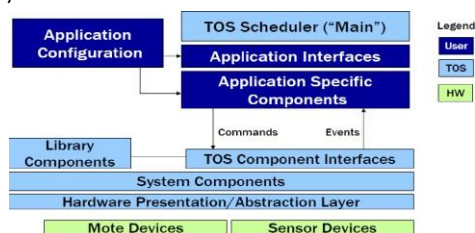


Gambar 3 Gateway (MIB 600), Mote (MPR 2400) dan sensor board MTS240

- Server : Processor Intel Pentium Dual Core CPU T2390 @ 1.86 GHz, Memory DDR2 1 GB, Network Interface Card (NIC) Realtek RTL8186/8111 PCI-E Gigabit Ethernet.
- Kontroler : Minimum system microcontroller DT-51, switch panel, dimmer, motor stepper DC 12V.

Software

Setiap sensor *node* membutuhkan sistem operasi untuk mengatur *hardware* dari sensor agar dapat berinteraksi dengan *software* aplikasinya. Dan di setiap sistem operasi menggunakan bahasa pemrograman yang beragam. Pada desain ini, digunakan sistem operasi *TinyOS* dan bahasa pemrograman *NesC*. *TinyOS* merupakan sistem operasi *open-source* yang didesain khusus untuk jaringan sensor nirkabel. *TinyOS* memiliki arsitektur berbasis komponen yang mendukung adanya inovasi dan implementasi jaringan sensor nirkabel, dengan cara meminimalisir ukuran kode yang dibutuhkan, karena komponen sensor memiliki memori yang sangat terbatas. *TinyOS* memiliki model pemrograman berbasis komponen yaitu *NesC*. Layaknya sistem operasi lainnya, *TinyOS* mengorganisir komponen perangkat lunaknya dalam beberapa lapisan. Lapisan paling bawah berkaitan dengan perangkat keras, dan lapisan paling tinggi adalah aplikasi yang digunakan. Ilustrasi lapisan *TinyOS* dapat dilihat pada Gambar 4. Crossbow Technology (2005).

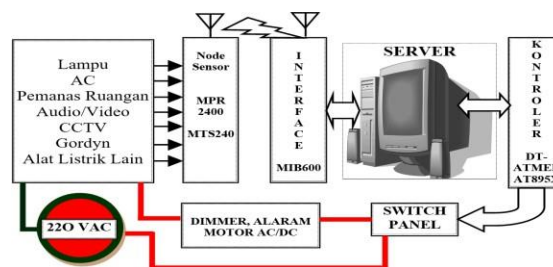


Gambar 4 Lapisan TinyOS

Selain *TinyOS*, ada beberapa software pendukung yang dipakai yaitu *Lantronix Device Installer*, *Cygwin*, *Serial Forwarder* (*Message Center* dan *Listen*) dan *SensorViz* yang akan menjadi GUI.

Desain Sistem Manajemen Energi

Pada penelitian ini, kinerja dari sistem jaringan sensor nirkabel yang dibuat untuk manajemen energi listrik diujicobakan dalam suatu ruangan untuk pemantauan dan pengontrolan cahaya, temperatur, kelembaban serta pergerakan dalam ruangan. Gambar 5 menunjukkan blok sistem manajemen energi.



Gambar 5 Blok sistem manajemen energi

Cara kerja dari desain dan jaringan yang dibangun adalah sebagai berikut :

- *Sensor Board* mengumpulkan data berupa intensitas cahaya, temperatur, kelembaban, dan pergerakan objek dalam ruangan.
- *Mote* kemudian mengirimkan data *sensing* ke *gateway*.
- *Gateway* mengolah data *sensing* dan mengirimkan ke *server*.
- *Server* memproses data dari *gateway* untuk ditampilkan. Bila sensor melaporkan parameter yang melewati batasan yang ditentukan, server memberi perintah kepada kontroler.
- Kontroler mengendalikan *switch* untuk menaikkan atau menurunkan kinerja peralatan listrik.

Pengujian Awal Jaringan Sensor

Sebelum dioperasikan, *gateway* diberi IP menggunakan *Lantronix Device Installer*, software yang digunakan untuk manajemen perangkat *gateway* (MIB600). Software ini dapat digunakan untuk memberikan alamat IP pada *gateway*, mengatur *baud rate gateway*, bahkan mengatur *port* yang ada pada *gateway* serta mampu melakukan pengaturan *hardware* baik secara grafis maupun melalui *mode text*. Pada desain ini diberikan alamat IP 192.168.1.5/24 pada *gateway*. Setelah itu *mote* di inject dengan software untuk menentukan fungsinya sebagai *node* atau *base station* dan diberi *IP address* untuk bisa berhubungan dengan *gateway* dan *server*. Dalam pengujian ini, 4 buah *mote* difungsikan sebagai *node* dan sebuah *mote* difungsikan sebagai *base station*. Caranya yaitu dengan menempelkan *mote* ke soket yang ada pada *gateway* yang dihubungkan dengan *server* lewat konektor *ethernet* untuk di inject. Injeksi dilakukan dengan bantuan software *Cygwin* (*Cygnus Linux for Windows*), yaitu program aplikasi berbasis *Linux* yang bekerja dalam *Windows*. *Mote base station* ditempelkan pada *gateway* sedangkan *sensor board* ditempelkan pada *mote* untuk menjadi *node*. *Node* kemudian disebarkan di beberapa titik dalam ruangan dan diaktifkan untuk mulai mengumpulkan data *sensing*. Data *sensing* kemudian dipancarkan ke *mote base station* yang diintegrasikan dengan *gateway* untuk diolah dan dikirim ke *server* untuk ditampilkan. Pembacaan dan penampilan paket data di *server* menggunakan program *Serial Forwarder*.

Program ini bertugas meneruskan data *sensing* ke server melalui port *ethernet* dan harus dijalankan sebelum tools *MessageCenter* diaktifkan. Untuk pengamatan dan penyimpanan paket data, digunakan dua tools yaitu *Listen* yang bekerja pada jendela *Cygwin* dan *MessageCenter* yang bekerja pada jendela *Java*. Data yang dihasilkan kedua tools tadi masih berupa deretan bilangan *Hexadecimal*. Tools lain yang bekerja dalam jendela *Cygwin* dan mirip *Listen* adalah *Xlisten*. Tools ini mampu mengkonversi data *hexadecimal* menjadi *decimal* dan data *engineer unit* yang lebih mudah dimengerti. Manajemen tugas sensor, teknik komunikasi data antar sensor dan gateway serta *monitoring* jaringan dan pengamatan data diatur dengan *TinyOS*.

Pada pengetesan koneksi jaringan, data *sensing* dimunculkan lewat tools *Serial Forwarder* dengan mengetikkan perintah pada jendela *cygwin*

```
$ java net.tinyos.sf.SerialForwarder -comm  
network@192.168.1.5:10002
```

artinya *Serial Forwarder* mengambil paket *sensing* dari gateway pada alamat 192.168.1.5 port 10002 dan diteruskan ke server port 9001.

Kemudian untuk memunculkan jendela *Listen*, ketikkan perintah

```
$ java net.tinyos.tools.Listen
```

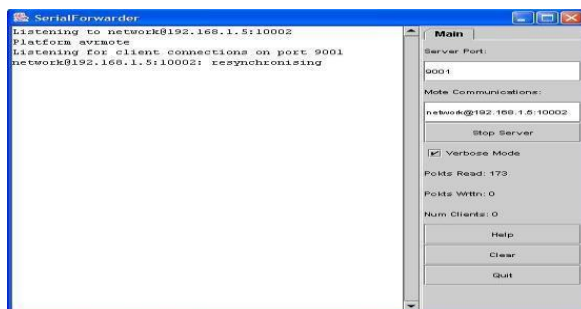
Untuk memanggil *Message Center*, ketikkan perintah

```
$ java net.tinyos.mcenter.MessageCenter
```

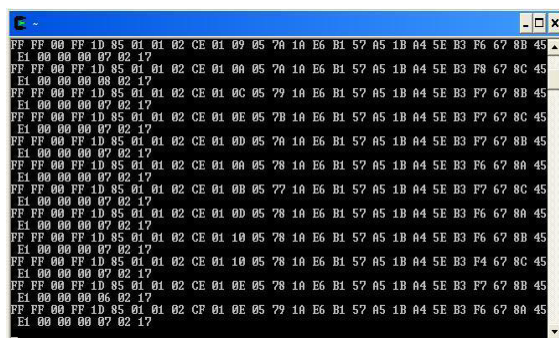
Jendela *Xlisten* yang menghasilkan data yang lebih mudah dibaca dipanggil dengan perintah

```
$ xlisten -p -c -i=192.168.1.5:10002
```

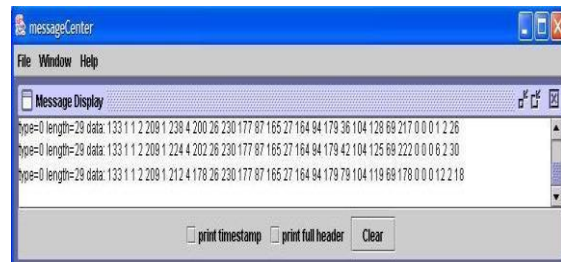
Gambar 6 dan 10 menampilkan jendela *Xlisten* serta foto pengujian jaringan sensor.



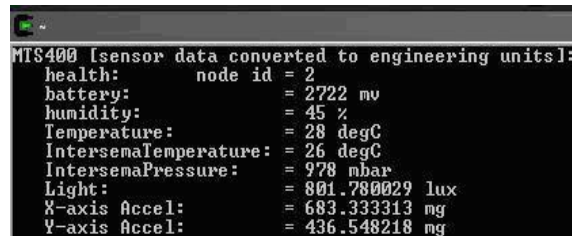
Gambar 6 Tampilan *Serial Forwarder*



Gambar 7 Tampilan *Listen*



Gambar 8 Tampilan *Message Center*



Gambar 9 Tampilan *Xlisten*



Gambar 10 Pengujian Sensor

Spesifikasi Kondisi Lingkungan Bangunan Tempat Pengujian

Pada percobaan minimum sistem, dengan menggunakan *TinyOS* dilakukan pemrograman kondisi ideal dalam sebuah ruangan keluarga dengan skenario sebagai berikut :

- Suhu dalam ruangan misalkan diset berkisar antara 25-30°C. Apabila data sensing menunjukkan suhu ruangan diatas 30°C karena ada peningkatan aktivitas dalam ruangan, semakin banyak orang didalam ruangan atau semakin banyak alat listrik dalam ruangan itu yang dioperasikan, maka pengontrol *menswitch* AC agar mengeluarkan suhu yang lebih dingin lagi. Bila data sensing menunjukkan suhu ruangan dibawah 25°C karena sedikit aktivitas dalam ruangan atau sedang musim dingin, maka pengontrol *menswitch* pemanas ruangan untuk mengeluarkan suhu yang lebih hangat lagi.

- Luminan cahaya dalam sebuah ruang keluarga pada jam 06.00-09.00 misalkan sebesar 3.000-4.000 cd/m², jam 09.01-15.00 sebesar 5.000-20.000 cd/m², jam 15.01-17.00 sebesar 5.000-6.000 cd/m², jam 17.01-21.30 sebesar 5.000-20.000 cd/m², jam 21.31-05.59 sebesar 4.000-15.000 cd/m². Pada jam 18.00-21.20, apabila sensor gerak mendeteksi tidak ada orang dalam ruangan, maka *dimmer* menurunkan luminan cahaya lampu menjadi 1000 cd/m². Bila intensitas cahaya berada dibawah batasan pada jam 06.00-16.30, maka kontroler *menswitch* motor agar memutar naik *gordyn*. Jika luminasi belum mencapai batasan minimal,

lampu akan menyala dikontrol *dimmer*. Jika luminasi melebihi batas maksimal, *gordyn* akan diputar turun.

- Kelembaban udara misalkan diatur 18-25% RH /1M³. Jika kelembaban kurang dari nilai yang ditentukan, kontroler menswitch motor agar membuka jendela, jika diatas nilai yang ditentukan, pemanas ruangan akan dihidupkan.

Selanjutnya dibuat program monitoring data *sensing* untuk kontroler. Program dirancang untuk mengenal batasan-batasan nilai yang bisa diterima yang diinputkan ke kontroler dan akan dipakai untuk mengatur switch bila data *sensing* keluar dari batasan yang sudah ditentukan. Setelah mendapat *trigger* dari pengontrol, *switch* akan mematikan, menghidupkan, menaikkan atau menurunkan kinerja semua alat yang terhubung dengannya. Alat-alat listrik yang bisa dihubungkan dengan *switch* contohnya adalah, motor penggerak untuk *gordyn* dan pintu, AC, fan, *dimmer*, oven, jendela dan lain-lain. Dalam pengembangannya, pemantauan dan pengontrolan juga bisa dilakukan dari jarak jauh melalui telepon seluler atau jaringan internet.

Hasil Kerja

Pengolahan Paket Data Sensor

Pengolahan salah satu paket data pada *tools Listen* yang diterima dari *node* ID 1 dalam bentuk *hexadecimal* adalah sebagai berikut :

7E 00 11 7D 32 00 00 01 00 8B 00 00 00 00 00 00 00 CE
04 00 00 00 00 11 00 00 00 12 00 00 00 13 00 00 00 14 00 00
00 15 00 00 00 16 00 00 00 17 00 00 00 18 00 00 00

Struktur data diatas dibagi dalam tiga bagian yaitu :

1. **TinyOS Message** yang terdiri dari *header* pembuka paket yang dikirim seperti alamat tujuan pengiriman pesan, terdiri dari 2 *byte* dengan simbol **7E 00** yang artinya alamat *server*. **Message Type** adalah daftar jenis pesan yang dapat diterima oleh *gateway* dari *node*, dalam desain ini dipakai *multihop* dengan simbol **0x11** atau 17 desimal. Bila jenis data yang dikirim ke *gateway* tidak ada dalam daftar, maka tidak akan diterima dan dihapus. **Group ID** adalah identitas semua *node* yang berada dalam Jaringan sensor nirkabel tersebut dengan simbol **0x7D** atau 125 desimal. Jika ada *intruder* diluar jaringan yang mencoba mengakses *gateway*, tidak akan dilayani. **Message Length** adalah banyaknya *byte* dalam pesan dengan simbol **0x32** atau 50 desimal.

2. **Multihop Message** adalah format pesan yang dikirim memakai protokol *multihop* dengan *header* sebanyak 7 *byte* untuk : **source_addr** yaitu alamat *gateway* dengan ID 0 yang dituju oleh *node*. Alamat tersebut disimbolkan dengan 2 *byte* yaitu **00 00**. **origin_addr** adalah *header* yang mempresentasikan alamat *node* pengirim paket. Alamat tersebut disimbolkan dengan 2 *byte* yaitu **10 00** dalam hal ini *node* ID. **seq_no** adalah *header* yang menunjukkan urutan penerusan pengiriman paket yang disimbolkan dengan **0x00**

8B sepanjang 2 *byte*. **hop_count** menunjukkan berapa hop yang dilakukan untuk sampai di tujuan, dalam contoh ini disimbolkan dengan **00**, artinya *node* ID 1 berhubungan langsung dengan *gateway*.

3. **Data Message (Surge)** yang berisi paket data hasil *sensing* dan terbagi menjadi **Message Type** yang dipakai untuk sinkronisasi antara *node* dan *gateway* untuk identifikasi tipe pesan pada paket . Disimbolkan dengan **0x00** untuk aplikasi *Surge*. **Sensor Reading** adalah data *sensing* yang dalam contoh paket ini disimbolkan dengan **0x0000**. *Header* yang berisi alamat *parent* tujuan pengiriman data adalah **parent_addr** sepanjang 2 *byte* dengan simbol **0x0000** ,dalam hal ini *node* ID 1 mengirim data ke *node* ID 0 yaitu *gateway*. **seq_no** adalah *header* yang menunjukkan urutan penerusan pengiriman paket yang disimbolkan dengan **0x00 00 CE 04** sepanjang 4 *byte* dan bisa bertambah atau berkurang sesuai dengan kondisi kepadatan *traffic*. Selanjutnya adalah **Data Sensing** dengan maksimum data adalah 80 *byte* karena keterbatasan memori.

Analisa Kualitas Jaringan

Dalam proses pengetesan dilakukan pengamatan kualitas jaringan dengan cara mengatur posisi sensor pada daerah LOS dengan data seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Hubungan posisi sensor dan Packet Loss

Tinggi sensor (m)	Jarak antar sensor (m)	Packet Loss %
0	1-3	0.
	4-7	4 / 24. 5-6 / 0. 7 / 35.
	8-10	100.
0,5	1-13	0.
	14-18	14 / 12. 15-16 / 0. 17 / 20.
	20-25	18 / 13. 100.
1,5	1-20	0.
	21-25	21 / 12. 22-25 / 0.
	26-30	100.

Dari data diatas, terlihat jelas bahwa posisi penempatan sensor dari permukaan lantai serta jarak antar sensor mempengaruhi kualitas jaringan dalam hal penerimaan paket data.

Analisa Konsumsi Arus

Pengamatan terhadap konsumsi arus pada setiap *node* dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik konsumsi arus pada komunikasi *multihop*. Setiap *node* dipasang 2 buah *battery* AA 1,5 *volt* dengan arus 4,6 *Ampere*. Semua *Node* mengirimkan paket dengan panjang 80 *byte*. Hasil

pengamatan adalah seperti pada Tabel 3. Dari data, terlihat bahwa konsumsi arus pada tiap *node* berbeda. Pada kondisi awal, rata-rata tiap *node* membutuhkan arus sebesar 24,25 mA untuk transmisi data. Setelah beberapa jam beroperasi, *battery* pada *node* 1 mulai kehilangan arus secara signifikan dibanding *battery* pada *node* lain. Kemudian terlihat *drop* dengan cepat, sedangkan pada *node* lain belum mengalami hal serupa. Selang beberapa jam, keadaan ini diikuti oleh *node* 2. *Battery node* 3 mulai *drop* selang beberapa jam dari waktu *drop node* 2. Yang paling irit adalah *battery node* 4. Kondisi ini terjadi karena *node* 1 menerima beban kerja lebih berat dari *node* yang lain yaitu mengambil data *sensing*, menerima data dari *node* 2 berupa data *sensing node* 2,3,dan 4 serta mengirimkan ke *gateway*. Karena data dikirim secara *multihop* maka *node* 4 hanya mengambil data *sensing* dan mengirimkan ke *node* 3 dan seterusnya secara berurutan.

Tabel 2 Konsumsi arus pada *node*

Jam pengukuran	Node			
	1	2	3	4
	Konsumsi arus (mA)			
21.00	24.4	24.35	24.4	25.1
06.00	18.7	23.1	24.1	24.6
07.00	0.5	17.4	23.5	24.1
10.00	0.5	0.6	16.6	23.3
12.00	0.5	0.5	0.6	18.5

Kesimpulan

Dalam desain ini, komponen utama yang menjadi ujung tombak adalah sensor *node*, sehingga dalam perancangan harus diperhatikan :

1. Posisi dan jarak sensor, karena sangat berpengaruh pada penerimaan data *sensing* yang berkaitan dengan kualitas jaringan dan untuk mencegah *packet loss*.
2. Jumlah hop juga dibatasi untuk menghemat penggunaan energi *battery* sehingga umur pemantauan bisa lebih lama serta memperpendek *delay time*.
3. Manajemen dan penentuan batasan nilai sensor ideal serta *trigger* pengontrolan diatur lewat *TinyOS*. Kedepannya desain ini perlu dilanjutkan menggunakan komunikasi single hop dengan topologi jaringan selain *mesh* dan menghubungkannya dengan internet serta layanan SMS agar sistem bisa dikontrol dari jauh.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Dr. Ir. Wirawan, DEA. atas bimbingan dan arahnya, semua member Laboratorium Telekomunikasi Multimedia Jurusan Teknik Elektro ITS Surabaya yang tergabung dalam Wireless Sensor Network

Research Group atas kerja samanya serta JICA lewat Predict-ITS atas pembiayaannya.

Referensi

- Augusto J.C & Nugent C.D. (2006) : *Designing Smart Homes*, NewYork, Springer.
- Crossbow Technology, "Tiny OS Overview", www.ce.rit.edu/~fxheec/cisco_urp/cd_seminar/Presentations/Day1-All/03_TinyOS_Overview.pdf
- Hermann C. (2005), *Middleware for Supporting Multiple Application In Wireless Sensor Network*, Assignment Thesis, Institute for System Architecture, Technische Universität Dresden
- IEEE 802.15.4. : *Spesification*, 2003.
- Karl H. dan Willig A. (2005), *Protocols and architectures for wireless sensor networks*, New York, John Wiley & Sons Inc.
- www.freescale.com/zigbee



Rehabilitasi Embung Montorna Desa Montorna Kecamatan Pasongsongan Kabupaten Sumenep

Eva Resmani¹ Adriana Anteng Anggorowati¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ resmani.eva@gmail.com

Embung merupakan suatu sistem penyimpanan air, yang biasanya digunakan oleh penduduk di daerah yang memiliki sumber air yang sangat terbatas seperti Embung Montorna yang berada di Desa Montorna Kecamatan Pasongsongan Kabupaten Sumenep. Embung tersebut mengalami kerusakan berat sehingga memerlukan rehabilitasi. Untuk itu Pemerintah Kabupaten Sumenep melalui Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang mengalokasikan dana pada Tahun Anggaran 2023 untuk melaksanakan Rehabilitasi Embung Montorna Desa Montorna Kecamatan Pasongsongan Kabupaten Sumenep. Proyek tersebut memfokuskan pada pembangunan kembali bangunan pelimpah dan tubuh embung

Kata kunci: embung, rehabilitasi, bangunan pelimpah

Pendahuluan

Dalam rangka peningkatan taraf hidup masyarakat dan menunjang program ketahanan pangan pemerintah maka pengembangan dan peningkatan usaha pertanian maka ketersediaan air merupakan faktor utama yang menentukan tingkat keberhasilan usaha tani pada umumnya.

Ketahanan pangan yang merupakan program pemerintah baik pemerintah Pusat maupun pemerintah Daerah dalam rangka mewujudkan Program Nasional 80 juta ton Gabah Kering Giling atau 45 juta ton beras dan Pemerintah Provinsi Jawa Timur yang ditargetkan mampu memproduksi 6,36 juta ton Gabah Kering Giling atau 5 juta ton beras, serta dalam menunjang swasembada berkelanjutan padi, jagung dan kedelai maka Pemerintah Kabupaten Sumenep yang didukung oleh Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang Kabupaten Sumenep berupaya melakukan kegiatan pembangunan dan peningkatan ketahanan pangan yaitu dengan melakukan pembangunan embung melalui kegiatan rehabilitasi, peningkatan, dan pemeliharaan embung.

Pembangunan embung selain harus memenuhi persyaratan teknis juga membutuhkan persyaratan sosial yang pada dasarnya merekam dan mengkaji secara seksama keinginan, harapan, dan kemajuan para petani. Sehingga ketersediaan embung yang hendak dibangun diharapkan dapat menghasilkan manfaat yang optimal, dari suatu kegiatan yang berorientasi pada peningkatan kesejahteraan petani guna memenuhi kebutuhan air untuk pertanian serta kebutuhan lain pada umumnya.

Lokasi pekerjaan proyek ini berada di Desa Montorna Kecamatan Pasongsongan Kabupaten Sumenep, pada koordinat 6°58'50"LS 113°37'03"BT.

Pembiayaan proyek ini menggunakan anggaran yang bersumber dari Anggaran Pemerintah Kabupaten Sumenep Tahun Anggaran 2023.

Metode

Untuk metode pelaksanaan pekerjaan ini adalah sebagai berikut :

1. Persiapan, Pengumpulan Data dan Perencanaan Pendahuluan;
Kegiatan persiapan dengan melakukan penyusunan tim yang akan terlibat, membuat program kerja, serta rencana kerja. Selanjutnya melakukan pengumpulan data dengan survei lapangan.
2. Perencanaan;
Setelah survey lapangan untuk melakukan peninjauan dan mengkaji secara seksama Kerangka Acuan Kerja (*Term of Reference*) serta laporan/data lain yang telah tersedia, kemudian melakukan penentuan perencanaan awal serta membuat rencana kerja selanjutnya.
3. Evaluasi dan Analisa Terhadap Kondisi Daerah Lokasi Pekerjaan;
Kegiatan evaluasi dan analisis terhadap data primer yang berupa kondisi daerah perencanaan yang ada saat ini terutama mengenai kondisi tata guna lahan dan kondisi daerah sekitar serta data sekunder berupa peta-peta dan laporan terdahulu.
Dalam melakukan rencana Sistem Planning perencanaan yang akan dilakukan antara lain meliputi pekerjaan sebagai berikut:
 - a. Menganalisa kerusakan yang terdapat dalam saluran spillway.
 - b. Area genangan yang sudah terjadi pendangkalan.
4. Pengukuran Topografi;
Pada tahap ini dilakukan pengukuran situasi bangunan sehingga dapat diperoleh gambar bentuk trase dinding penahan baik itu berupa potongan memanjang maupun potongan melintang.
5. Desain Rehabilitasi Pemeliharaan Embung;
Embung Montorna merupakan embung dengan tipe urukan tanah homogen, dimana material urukan seluruhnya atau sebagian besar hanya menggunakan satu macam material saja yaitu lempung atau tanah berlempung.

Hasil Kerja

Pekerjaan Persiapan;

- a. Kegiatan Pendahuluan
Kegiatan pendahuluan berupa kegiatan mobilisasi personil, bahan, peralatan, pengumpulan data data teknis, laporan-laporan dan study terdahulu sebagai masukan analisa data.
- b. Kegiatan Pengukuran
Pada tahap ini dilakukan survey lokasi pekerjaan dengan lingkup sebagai berikut:
 - Survey lokasi rencana termasuk inventarisasi kerusakan yang terjadi;
 - Identifikasi permasalahan yang terjadi di lokasi harus dilakukan agar dapat dijadikan dasar untuk melaksanakan kegiatan pekerjaan;
 - Untuk pengukuran elevasi dilakukan pengukuran (long section) dan melintang (cross section) dengan ketentuan long section dengan jarak pengukuran antar patok 10 m dan untuk pengukuran cross section jarak samping kiri dan kanan diambil minimal 7 m dari tepi terluar;
 - Apabila diperlukan dalam rangka mempermudah pelaksanaan pekerjaan, dapat memasang BM beton sebagai elevasi acuan pelaksanaan pekerjaan.
 - Dilakukan pengukuran setelah selesainya pekerjaan yang dituangkan dalam MC 100% (mutual check 100%)
- c. Kegiatan Penggambaran
Seluruh dokumen pengukuran dan pekerjaan rencana akan dituang dalam bentuk gambar MC 0% dan pekerjaan selesai dalam MC 100%. Pada gambar harus dilengkapi dengan ukuran, dimensi, elevasi muka tanah asli serta elevasi pekerjaan lainnya. Pada gambar juga ditampilkan detail potongan memanjang dan melintang.
 - Peta situasi harus memperlihatkan keadaan sekarang dan dilengkapi informasi foto eksisting, koordinat dan data-data lain yang diperlukan serta pada setiap ruas rencana pekerjaan dicetak lebih tebal dari ukuran garis normal.
 - Profil memanjang digambar dengan skala tegak (V) = 1 : 100 dan skala mendatar (H) = 1 : 2.000
 - Profil melintang digambar dengan skala tegak (V) dan mendatar (H) 1 : 50Hasil perencanaan merupakan dokumen MC0% (MutualChek) yang siap dilaksanakan oleh Rekanan Pelaksana dan kewajiban Konsultan Perencana adalah menjelaskan pekerjaan yang akan dilaksanakan pada saat awal pekerjaan dimulai serta memberitahukan batas-batas pelaksanaan kegiatan-kegiatan dan jenis kegiatan yang akan dilaksanakan oleh Rekanan.



Gambar 1 Kegiatan Pengukuran Lokasi Pekerjaan

Pekerjaan Pembersihan;

- a. Ruang Lingkup
Lingkup pekerjaan ini berupa pekerjaan Pembersihan Lokasi pekerjaan.
- b. Ketentuan, persyaratan dan pelaksanaan.
 - Umum :
Sebelum pekerjaan mulai dilaksanakan, daerah kerja harus dibersihkan dari pepohonan diameter 15 cm, semak belukar, sisa-sisa bangunan, sampah, akar-akar pohon diameter 15 cm, dan semua material tersebut harus dibuang dari areal lokasi pekerjaan sesuai dengan petunjuk Direksi Pekerjaan.
Setelah pelaksanaan pekerjaan selesai semua, lokasi areal pekerjaan juga harus dibersihkan dari sisa-sisa semua material yang tidak terpakai, serta areal diratakan dan dirapikan kembali sesuai dengan petunjuk K Direksi Pekerjaan.
 - Pengukuran dan Pembayaran:
Semua biaya yang timbul akibat pekerjaan pembersihan ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab dan beban Penyedia Jasa, serta sudah harus diperhitungkan termasuk "overhead" pada analisa harga satuan pekerjaan. Hasil kerja juga didukung dan diperkuat oleh literatur-literatur yang tepat dan akurat. Bagian ini juga menjelaskan urgensi dari proyek ini dan kemanfaatan terutama berkaitan dengan profesi sebagai seorang insinyur.

Pekerjaan Bongkaran Beton;

- a. Ruang Lingkup Pekerjaan ;
Lingkup Pekerjaan ini berupa Pembongkaran Beton Bertulang/tidak bertulang
- b. Ketentuan, Persyaratan dan Pelaksanaan;
 - Umum:
Bangunan lama berupa beton yang sudah tidak digunakan atau sudah tidak berfungsi akan dibongkar. Pembongkaran dapat dilakukan secara manual atau dengan menggunakan alat berupa jack Hammer atau sesuai arahan dari Direksi pekerjaan.
 - Pengukuran dan Pembayaran:
Volume pekerjaan bongkaran beton dihitung sesuai dan berdasarkan gambar pelaksanaan yang telah disetujui dan di perhitungkan dalam satuan (unit) M³. Harga satuan yang telah ditawarkan oleh penyedia jasa/rekanan sudah meliputi Upah, Tenaga, bahan material yang dipakai, peralatan yang digunakan, biaya umum dan keuntungan.

Mobilisasi dan Demobilisasi;

- a. Ruang Lingkup Pekerjaan ;
Lingkup Pekerjaan ini berupa Mobilisasi Alat Berat dan Demobilisasi Alat Berat.
- b. Ketentuan, Persyaratan dan Pelaksanaan;
 - Umum:
Dalam daftar kuantitas dan Harga disediakan biaya tetap/ lumsomp untuk mendatangkan alat-alat berat/ termasuk pengembalian ke workshop. Alat berat yang terasak dalam pekerjaan ini yaitu:

Tabel 1 Kebutuhan Alat Berat

No	Alat Berat	Kapasitas	Jumlah
1	Excavator	PC. 75	1
2	Vibro Roller	1-2 Ton	1

Pengukuran dan Pembayaran:

Volume pekerjaan Mobilisasi dan Demobilisasi sesuai dan berdasarkan gambar pelaksanaan yang telah disetujui dan di perhitungkan dalam satuan (unit) Lump sum (LS).

Jika alat sudah didatangkan seluruhnya, dapat dilakukan pembayaran sebesar 50 % saat mobilisasi. Sisa pembayaran 50 % akan dilakukan pada saat demobilisasi.

Galian Tanah Manual;**a. Ruang Lingkup Pekerjaan ;**

Lingkup Pekerjaan ini berupa Galian Tanah biasa secara Manual.

b. Ketentuan, Persyaratan dan Pelaksanaan;**- Umum:**

Pekerjaan galian tanah biasa manual dikerjakan dengan menggunakan tenaga manusia dengan menggunakan alat bantu, seperti cangkul dan keranjang. Dalam metode pekerjaan galian tanah biasa manual dilakukan dengan menentukan batas-batas penggalian dan kedalaman galian rencana, setelah batas galian ditentukan, dilanjutkan dengan penggalian tanah menggunakan alat bantu.

Pekerjaan galian tanah biasa manual meliputi pekerjaan pemotongan tanah untuk mencapai elevasi rencana yang tidak memungkinkan dikerjakan menggunakan alat berat.

Penyedia Jasa wajib melaksanakan pekerjaan pengukuran dan pematokan untuk mendapatkan persetujuan.

Sebelum pelaksanaan pekerjaan ini, Penyedia Jasa wajib mengajukan metode pelaksanaan pekerjaan untuk mendapatkan persetujuan Direksi Pekerjaan. Penyedia Jasa harus memberitahu Direksi Pekerjaan bila pekerjaan tersebut selesai dikerjakan untuk dilakukan pemeriksaan.

- Pengukuran dan Pembayaran:

Pekerjaan galian tanah biasa manual diukur dalam satuan meter kubik (m³) galian tanah sesuai dengan dimensi dan kemiringan yang ditunjukkan dalam gambar kerja dan telah diselesaikan dengan rapi.

Harga satuan yang telah ditawarkan oleh penyedia jasa/rekanan sudah meliputi Upah, Tenaga, bahan material yang dipakai, peralatan yang digunakan, biaya umum dan keuntungan.

Galian Tanah Mekanis;**a. Ruang Lingkup Pekerjaan ;**

Lingkup Pekerjaan ini berupa Galian Tanah Mekanis menggunakan Alat Berat yaitu Excavator dengan PC.75 (Gambar 2. Pekerjaan Galian Tanah Mekanis).

b. Ketentuan, Persyaratan dan Pelaksanaan;**- Umum:**

Pekerjaan galian tanah yang dimaksud adalah galian tanah, sedimen/ endapan, pasir, kerikil, kerakal, yang dapat digali dengan mudah tanpa menggunakan alat khusus (ripper) termasuk upaya penanganannya, pembentukan/perapian lubang galian agar sesuai dengan lokasi, jalur, elevasi, kelandaian dan dimensi seperti yang telah ditetapkan dalam gambar atau petunjuk/perintah Direksi Pekerjaan.

Sebelum pelaksanaan pekerjaan ini, Penyedia Jasa wajib mengajukan metode pelaksanaan pekerjaan untuk mendapatkan persetujuan Direksi Pekerjaan. Penyedia Jasa harus memberitahu Direksi Pekerjaan bila pekerjaan tersebut selesai dikerjakan untuk dilakukan pemeriksaan.

Penyedia Jasa wajib melaksanakan pekerjaan pengukuran dan pematokan untuk mendapatkan persetujuan.

Dalam hal pekerjaan galian melampaui batas yang ditetapkan dalam gambar kerja (gambar hasil pengukuran pra-konstruksi) Penyedia Jasa dengan biayanya sendiri harus menimbun bagian tersebut dengan bahan timbun yang disetujui Direksi Pekerjaan.

Penyedia Jasa harus memberitahu Direksi Pekerjaan bila pekerjaan galian telah selesai dikerjakan untuk dilakukan pemeriksaan guna persetujuan sebelum pekerjaan lanjutan.

- Pengukuran dan Pembayaran:

Pekerjaan galian tanah biasa mekanis diukur dalam satuan meter kubik (m³) galian tanah sesuai dengan dimensi dan kemiringan yang ditunjukkan dalam gambar kerja dan telah diselesaikan dengan rapi.

Harga satuan yang telah ditawarkan oleh penyedia jasa/rekanan sudah meliputi Upah, Tenaga, bahan material yang dipakai, peralatan yang digunakan, biaya umum dan keuntungan.

**Gambar 2** Pekerjaan Galian Tanah Mekanis

Timbunan Dipadatkan;

a. Ruang Lingkup Pekerjaan ;

Lingkup Pekerjaan ini berupa Timbunan Tanah menggunakan Alat Berat yaitu dengan Vibro Roller kapasitas 1-2 ton.

b. Ketentuan, Persyaratan dan Pelaksanaan;

- Umum:

Timbunan tanah kembali adalah pekerjaan urugan yang bertujuan mengembalikan tanah ke bentuk semula sesuai desain dikarenakan adanya galian konstruksi atau pekerjaan penggalian yang harus diurug kembali. Timbunan tanah kembali ini materialnya bisa menggunakan dari hasil galian atau mendatangkan dari luar dan kemudian dilanjutkan dengan pemadatan atau cukup dengan perapian tergantung fungsi dan ketersediaan tanah yang ada. Berdasarkan asal material yang digunakan dibedakan menjadi 2 sebagai berikut:

- Timbunan tanah dirapikan material dari luar;
 - Timbunan tanah dirapikan material hasil galian.
- Dalam pelaksanaannya tanah dihampar berlapis dalam kondisi tidak jenuh air dan dirapikan bila terdapat kayu, rumpun bambu dan material lain harus dibersihkan dari lokasi pekerjaan. Dalam proses penghamparan tanah harus memperhatikan sistem drainase setempat (tidak mengganggu sistem drainase yang ada)

Pemadatan tanah adalah semua jenis pekerjaan timbunan tanah yang dilaksanakan untuk terwujudnya konstruksi permanen : saluran, jalan inspeksi, pekerjaan timbunan bagian dari bangunan konstruksi yang tanahnya berasal dari pekerjaan galian atau borrow-pit. Berdasarkan asal material yang digunakan dibedakan menjadi 2 sebagai berikut:

- Timbunan tanah dirapikan material dari luar;
- Timbunan tanah dirapikan material hasil galian.

Untuk paket pekerjaan ini menggunakan timbunan tanah dipadatkan material hasil galian. Pekerjaan pemadatan tanah adalah semua jenis pekerjaan pemadatan tanah yang dilaksanakan untuk terwujudnya konstruksi permanen: saluran, jalan inspeksi, pekerjaan timbunan bagian dari bangunan konstruksi yang tanahnya berasal dari pekerjaan galian atau borrow-pit dan berdasarkan hasil uji laboratorium memenuhi syarat dan spesifikasi teknik serta sudah mendapat persetujuan Pengguna Jasa sebelum pekerjaan timbunan dilaksanakan oleh Penyedia Jasa.

Pekerjaan timbunan ini termasuk penimbunan kembali pada areal lokasi pendongkelan rumpun bambu yang kedalamannya melebihi elevasi

kedudukan bangunan dan kemiringan tebing sungai. Penyedia Jasa wajib menyampaikan metoda kerja pekerjaan timbunan kepada Pengguna Jasa termasuk semua kegiatan yang berkaitan dengan pelaksanaan pekerjaan tersebut untuk mendapatkan persetujuan sebelum dilaksanakan.

Pekerjaan timbunan harus dilaksanakan sesuai dengan jalur, dimensi, elevasi dan kemiringan timbunan yang ditetapkan dalam gambar kerja yang telah disepakati. Kecuali bila ada ketentuan lain, Penyedia Jasa harus menambah timbunan tambahan (extra filling), lima persen (5%).

Pekerjaan timbunan tanah untuk mengganti tanah yang asli, sebagai bangunan penyangga beban (counter-weight) dan pekerjaan timbunan lainnya sesuai dengan perintah Pengguna Jasa.

Pekerjaan timbunan menggunakan tanah dari hasil pekerjaan galian disekitar pekerjaan dan dilakukan pemadatan dengan menggunakan **peralatan pemadat (mekanis)**.

Pekerjaan timbunan tanah digunakan untuk saluran, tanggul, jalan, timbunan untuk bangunan sungai seperti perkuatan tebing dengan batu belah/bronjong dan parapet dan bangunan pelengkap dan konstruksi permanen lainnya.

Sebelum pekerjaan timbunan untuk konstruksi yang permanen akan dilaksanakan, Penyedia Jasa wajib terlebih dahulu mengerjakan uji coba pelaksanaan pekerjaan timbunan di lapangan menggunakan tanah bahan timbunan, peralatan, tenaga kerja dan metoda kerja yang sudah mendapat persetujuan Pengguna Jasa sebelumnya.

Uji coba timbunan ini dimaksudkan guna memilih metoda kerja untuk pekerjaan timbunan yang efisien berdasarkan jumlah peralatan yang dipergunakan, tebal lapisan yang dipadatkan, jumlah lintasan alat pemadat serta tingkat kepadatan yang dicapai yang harus memenuhi Spesifikasi Teknik ini. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Pekerjaan Uji Coba Timbunan. Apabila karena suatu sebab perlu dilakukan perubahan metoda kerja atau tanah bahan timbunan dari lokasi borrow pit lainnya, Penyedia Jasa wajib melakukan uji coba timbunan ulang.

Permukaan tanah asli atau timbunan lama harus dibuat bertangga sesuai dengan yang ditunjukkan dalam gambar kerja atau perintah Pengguna Jasa sebelum penghamparan tanah bahan timbunan dikerjakan. Untuk lereng timbunan lama yang akan digali dengan bertangga, terlebih dahulu permukaan lereng tersebut harus dikupas dan dibersihkan dari bahan organik, setelah selesai baru kemudian dibuat bertangga, sehingga tanggul yang baru dapat sepenuhnya menyatu dengan tanggul/timbunan yang lama.

Penghamparan tanah bahan timbunan secara mendatar dengan tebal tidak boleh lebih dari 30 cm atau harus sesuai dengan hasil uji coba timbunan tanah yang berbentuk bongkah-bongkah harus dipecah-pecah sebelum dipadatkan. Tidak diperkenankan memperlebar timbunan tanah dengan cara mencurahkan tanah lepas dari atas timbunan lama.

Kadar air tanah bahan timbunan harus dijaga agar disekitar kadar air optimum dengan toleransi +3% sampai -5% dari kadar air optimum hasil uji laboratorium atau ketentuan lain atas perintah Pengguna Jasa berdasarkan soil-properties tanah tersebut. Pemadatan harus dikerjakan hingga tingkat kepadatan timbunan mencapai 95% kepadatan kering maksimum untuk pemadatan di area tubuh embung dan 75% untuk pemadatan ringan di area *spoil bank* sesuai dengan ketentuan. Untuk lereng timbunan yang akan diperkuat dengan lapisan/talud beton, sebelum talud beton dipasang/dicor, lereng timbunan terlebih dahulu harus dirapikan dan dipadatkan dengan tamping-rammer atau alat lain yang disetujui Pengguna Jasa sesuai dengan dimensi yang ditunjukkan dalam gambar kerja.

- Pengukuran dan Pembayaran:

Perhitungan untuk pembayaran pekerjaan timbunan dilakukan dalam satuan meter kubik (m³), timbunan padat yang diukur berdasarkan tampang memanjang, tampang melintang, elevasi, kemiringan, dan jarak sesuai dengan gambar kerja yang telah disepakati dan hasil pengukuran prestasi kerja yang terakhir, dengan memperhatikan settlement dan subsidence tanah pondasi yang masih berlanjut.

Semua biaya yang timbul akibat Timbunan Tanah dipadatkan tersebut sepenuhnya menjadi beban dan tanggung jawab Penyedia Jasa dihitung berdasarkan satuan meter kubik (m³) volume Timbunan, semua biaya sudah termasuk biaya untuk pekerja, peralatan dan semua pekerjaan penunjang dan upaya lain untuk kelancaran pelaksanaan pekerjaan antara lain: penampungan sementara, platform alat berat diatas tanah lembek, pengendalian kadar air dan pemadatan, pembentukan dan perapian timbunan dan lain-lain, serta sudah harus diperhitungkan termasuk "overhead" pada analisa harga satuan pekerjaan.



Gambar 3 Pekerjaan Uji Coba Timbunan

Beton Lantai Kerja;

- Ruang Lingkup Pekerjaan ;
Lingkup Pekerjaan ini berupa Beton Lantai Kerja.
- Ketentuan, Persyaratan dan Pelaksanaan;

- Umum:

Lantai Kerja merupakan pekerjaan yang biasa dilakukan dalam konstruksi bangunan dengan lingkup dan kondisi lingkungan yang cukup kompleks. Ketebalan lantai kerja biasanya setebal 10-15 cm.

Metode pelaksanaan yang dilakukan di lapangan antara lain:

- Memastikan elevasi yang diperlukan untuk lantai kerja (*levelling* lantai).
- Memasang pondasi cerucuk bambu. Jarak dan kedalaman cerucuk sangat bergantung pada kondisi tanah. Bila kondisi tanah buruk (N-SPT < 15, tanah lunak) maka cerucuk dapat dibuat lebih dalam dan jarak antar-cerucuk dapat lebih rapat.
- Memasang plastik atau sekat sejenis. Fungsi pemasangan plastik adalah untuk membatasi lapis beton agar tidak bercampur dengan tanah.
- Pembesian lantai kerja. Pembesian pada lantai kerja perlu untuk memperkuat lantai kerja agar cukup kuat menahan gaya tekan dan *uplift* tanah. Penggunaan besi cukup dengan diameter kecil saja (cukup 8 mm) dan dapat menggunakan besi polos. Jarak penulangan dapat dibuat renggang (20-25 cm) sesuai dengan kebutuhan. Usahakan memakai besi-besi bekas potongan agar tidak terjadi waste besi yang berlebihan
- Membuat bekisting di sekitar batas lantai kerja rencana.

- Pengukuran dan Pembayaran:

Pekerjaan beton lantai kerja diukur dalam satuan meter kubik (m³) sesuai dengan dimensi yang ditunjukkan dalam gambar kerja dan telah diselesaikan dengan rapi.

Harga satuan yang telah ditawarkan oleh penyedia jasa/rekanan sudah meliputi Upah, Tenaga, bahan material yang dipakai, peralatan yang digunakan, biaya umum dan keuntungan.

Beton K-175;

- Ruang Lingkup Pekerjaan;
Lingkup Pekerjaan ini berupa metode kerja, pelaksanaan, pengendalian mutu serta pengukuran dan pembayaran. Pedoman ini mencakup pekerjaan beton K-175.

- Ketentuan, Persyaratan dan Pelaksanaan;

- Umum:

Istilah

- Agregat halus adalah agregat yang mempunyai diameter butir di atas 0,25 mm sampai 4 mm.
- Agregat kasar adalah agregat yang mempunyai diameter butir di atas 4 mm sampai 31.5 mm.
- Benda uji beton inti adalah benda uji beton berbentuk silinder hasil pengeboran beton pada bangunan yang sudah dilaksanakan.
- Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk masa padat.
- Beton segar adalah campuran beton yang telah selesai diaduk sampai beberapa saat karakteristiknya tidak berubah (masih plastis dan belum terjadi pengikatan).
- *Construction joint* adalah sambungan konstruksi beton.
- *Fly ash* adalah residu halus yang dihasilkan dari sisa proses pembakaran batu bara.
- *Slump* beton adalah besaran kekentalan (*viscosity*) / plastisitas dan kohesif dari beton segar.

Persyaratan Bahan

- Semen.
Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus jenis semen portland yang memenuhi SNI. Apabila menggunakan bahan tambahan yang dapat menghasilkan gelembung udara, maka gelembung udara yang dihasilkan tidak boleh lebih dari 5 %, dan harus mendapatkan persetujuan dari Direksi Pekerjaan.
Dalam satu campuran, hanya satu merk semen portland yang boleh digunakan, kecuali disetujui oleh Direksi Pekerjaan. Jika di dalam satu proyek digunakan lebih dari satu merk semen, maka Penyedia Jasa harus mengajukan kembali rancangan campuran beton sesuai dengan merk semen yang digunakan.
- Air
Air yang digunakan untuk campuran, perawatan, atau pemakaian lainnya harus bersih, dan bebas dari bahan yang merugikan seperti minyak, garam, asam, basa, gula atau organis.
- Agregat
Ketentuan Gradasi agregat kasar dan halus harus memenuhi ketentuan yang diberikan, tetapi bahan

yang tidak memenuhi gradasi tersebut harus diuji dan harus memenuhi sifat sifat campuran yang disyaratkan. Agregat kasar harus dipilih sedemikian rupa sehingga ukuran agregat terbesar tidak lebih dari $\frac{3}{4}$ jarak bersih minimum antara baja tulangan atau antara baja tulangan dengan acuan, atau celah-celah lainnya di mana beton harus dicor.

Agregat yang digunakan harus bersih, keras, kuat yang diperoleh dari pemecahan batu atau koral, atau dari pengayakan dan pencucian (jika perlu) kerikil dan pasir sungai. Agregat harus bebas dari bahan organik seperti yang ditunjukkan oleh pengujian SNI dan harus memenuhi sifat-sifat lainnya bila contoh-contoh diambil dan diuji sesuai dengan prosedur yang berhubungan.

- Persyaratan Kerja

Mengirimkan rencana campuran untuk masing masing mutu beton yang akan digunakan 30 hari sebelum pengecoran dimulai.

Pengujian kuat tekan beton yang harus dilaksanakan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari setelah tanggal pencampuran dengan volume beton setiap 50 m³ (apabila volume kurang dari 50 m³ tidak perlu diadakan pengujian/ sesuai perintah Direksi Pekerjaan).

Harus memberitahu Konsultan Supervisi dan Direksi Pekerjaan secara tertulis mengenai rencana pelaksanaan pencampuran atau pengecoran setiap jenis beton untuk mendapatkan persetujuannya paling sedikit 24 jam sebelum tanggal pelaksanaan, seperti yang disyaratkan disertai dengan metode pengecoran, kapasitas peralatan yang digunakan, tanggung jawab personil dan jadwal pelaksanaannya.

- Pembetonan

Membongkar bangunan lama yang akan diganti dengan beton yang baru atau yang harus dibongkar untuk dapat memungkinkan pelaksanaan pekerjaan beton yang baru. Pembongkaran tersebut harus dilaksanakan sesuai dengan persyaratan dalam dari Spesifikasi ini

Sebelum pengecoran beton dimulai, seluruh bekisting, tulangan dan benda lain yang harus berada di dalam beton (seperti pipa atau selongsong) harus sudah dipasang dan diikat kuat sehingga tidak bergeser pada saat pengecoran.

Harus memastikan lokasi pengecoran bebas dari resiko terkena air hujan dengan memasang tenda seperlunya. Direksi Pekerjaan berhak menunda pengecoran sebelum tenda terpasang dengan benar. Penyedia Jasa juga harus memastikan lokasi pengecoran bebas dari resiko terkena air pasang atau muka air tanah dengan penanganannya seperlunya.

- **Pencampuran beton**

Beton harus mengandung semen, agregat bergradasi baik, air dan bahan additive bila diperlukan, dicampurkan bersama – sama dan digunakan untuk menghasilkan kekuatan yang diharapkan.

Penyedia Jasa dapat merubah proporsi dari waktu ke waktu untuk mendapatkan kepadatan maksimum dari beton, kemudahan pengerjaan, kekentalan dan kekuatan dengan faktor air semen yang sekecil mungkin dengan persetujuan Direksi tidak ada tambahan biaya atas perubahan tersebut.

Kandungan air di dalam beton akan diatur oleh Direksi Pekerjaan, dalam batas yang ditetapkan untuk mendapatkan faktor air semen pada beton dengan kekentalan yang benar. Tidak diperkenankan penambahan air untuk mengatasi mengerasnya beton sebelum ditempatkan. Keseragaman kekentalan beton pada setiap adukan adalah perlu.



Gambar 4 Pekerjaan Beton K-175

Pekerjaan Bekisting

a. Ruang Lingkup Pekerjaan;

Lingkup Pekerjaan ini berupa ketentuan dan persyaratan, metode kerja pelaksanaan, pengendalian mutu serta pengukuran dan pembayaran.

Pedoman ini mencakup pekerjaan bekisting.

b. Ketentuan, Persyaratan dan Pelaksanaan;

- Umum:

Sebelum pekerjaan beton dilaksanakan, terlebih dahulu diadakan pekerjaan bekisting / cetakan supaya memperoleh bentuk konstruksi yang diinginkan.

Ketentuan :

Bekisting harus sesuai dengan berbagai bentuk, bidang – bidang, batas – batas dan ukuran dari beton yang diinginkan sebagaimana pada gambar – gambar atau seperti yang ditetapkan oleh Direksi

Pekerjaan. Penyedia jasa harus menyerahkan kepada Direksi Pekerjaan semua perhitungan dan gambar rencana bekistingnya untuk mendapat persetujuan bilamana diminta Direksi Pekerjaan, sebelum pekerjaan di lapangan dimulai. Dalam hal bekisting ini, walaupun Direksi Pekerjaan telah menyetujui untuk digunakan suatu rencana bekisting dari penyedia jasa, segala sesuatunya yang diakibatkan oleh bekisting tadi tetap sepenuhnya menjadi tanggung jawab penyedia jasa.

Material untuk bekisting dapat dibuat dari kayu, besi, atau material lain yang disetujui Direksi Pekerjaan. Semua tipe material tadi bila digunakan tetap harus memenuhi kebutuhan untuk bentuk, ukuran, kualitas dan kekuatan, sehingga didapat hasil beton yang halus, rata, dan sesuai dimensi yang direncanakan. Pengerjaan bekisting harus sedemikian rupa sehingga hubungan papan bekisting terjamin rapat dan tidak akan menimbulkan kebocoran. Konstruksi bekisting harus cukup kaku.

Perkuatan balok kayu 5/7 cm dengan jarak maksimal 40 cm dan pemakaiannya maksimum 2 kali. Kayu yang dipakai adalah kayu kelas II yang sesuai dengan persyaratan PPKI 1970 atau kayu lokal yang setaraf. Semua pekerjaan sudut-sudut beton, bilamana tidak dinyatakan lain dalam gambar harus ditakik 25 mm.

Pembongkaran Bekisting

Secara umum, kecuali dinyatakan lain oleh Direksi Pekerjaan, semua bekisting harus disingkirkan dari permukaan beton ketika kekuatan beton telah mencukupi. Untuk memungkinkan tidak terganggunya kemajuan pekerjaan dan dapat dengan segera dilakukan langkah perbaikan bila perlu, bekisting harus secepatnya dibongkar segera setelah beton mempunyai kekerasan dan kekuatan seperlunya. Bekisting untuk bagian atas dari bidang beton yang miring, harus dibongkar segera setelah beton mempunyai kekakuan untuk mencegah berubahnya bentuk permukaan beton. Bilamana diperlukan perbaikan pada bidang atas beton yang miring, maka perbaikan tadi harus sesegera mungkin, dan dilanjutkan dengan langkah-langkah penjagaan pada proses pengerasan beton (curing).

- Pengukuran dan Pembayaran:

Volume pekerjaan bekisting dan pembongkarannya dihitung sesuai dan berdasarkan gambar pelaksanaan yang telah disetujui oleh Konsultan Supervisi dan Direksi Pekerjaan, dan diperhitungkan dalam satuan (Unit) M 2.



Gambar 5 Pekerjaan Bekisting

Pekerjaan Penulangan;

a. Ruang Lingkup Pekerjaan;

Lingkup Pekerjaan ini berupa ketentuan dan persyaratan, metode kerja pelaksanaan, pengendalian mutu serta pengukuran dan pembayaran.

Pedoman ini mencakup pekerjaan Penulangan.

b. Ketentuan, Persyaratan dan Pelaksanaan;

- Umum:

Bahan material dasar logam tersebut bisa berupa besi, baja dan material lain yang sejenis dan bisa dikategorikan logam.

Apabila karena kondisi dan satu lain hal komponen bahan bangunan belum bisa diproduksi di dalam negeri sehingga harus di import, maka semua persyaratan yang ada apabila dikorelasikan pada standar ketentuan diatas minimum harus mempunyai standar nilai yang sama. Adapun lingkup pekerjaan besi antara lain: pembesian dan tulangan besi pada beton.

Ketentuan:

Sebelum melaksanakan pembuatan atau pembentukan pada pekerjaan besi, Penyedia Jasa diwajibkan membuat rencana gambar pelaksanaan secara lengkap yang memuat antara lain bentuk tulangan, dimensi atau diameter tulangan, panjang tulangan, jumlah tulangan, jarak pemasangan tulangan dan lain sebagainya.

Gambar pelaksanaan tersebut harus dimintakan persetujuan dari Direksi Pekerjaan, selanjutnya gambar yang telah disetujui tersebut menjadi acuan pelaksanaan dilapangan dan sebagai dasar perhitungan volume pekerjaan.

Besi tulangan yang dipakai adalah besi polos harus baru dan tidak berkarat, besi tulangan bekas tidak boleh dipergunakan.

Ikatan sambungan besi tulangan satu dengan yang lainnya memakai kawat bendrat, dan apabila akan memakai sambungan las harus mendapat persetujuan tertulis dari Direksi Pekerjaan.

Pada sambungan perpanjangan tulangan dibuat overlap, sepanjang minimum 40 D dibuat berselang seling (tidak dalam satu garis).

- Pengukuran dan Pembayaran:

Volume pekerjaan dihitung sesuai dan berdasarkan gambar pelaksanaan bangunan jadi yang telah disetujui oleh Konsultan Supervisi dan Direksi Pekerjaan, dan diperhitungkan dalam satuan (unit) Kg.

Harga satuan pekerjaan yang ditawarkan oleh Penyedia Jasa sudah harus meliputi upah tenaga, bahan material yang dipakai, kawat baja pengikat sambungan, peralatan yang dipergunakan termasuk Biaya umum dan keuntungan.



Gambar 6 Pekerjaan Penulangan

Kesimpulan

Pada proyek Rehabilitasi Embung Montorna Desa Montorna Kecamatan Pasongsongan Kabupaten Sumenep untuk Tahun Anggaran 2023 telah selesai dengan diterbitkannya Berita Acara Serah Terima Pekerjaan. Namun terdapat beberapa bagian dari bangunan embung yang membutuhkan penyelesaian pekerjaan. Untuk itu di Tahun Anggaran 2024 Pemerintah Kabupaten Sumenep melalui Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang kembali menganggarkan dana untuk melanjutkan rehabilitasi embung tersebut agar dapat kembali berfungsi kembali bagi masyarakat sekitar.

Ucapan Terima kasih

Dengan memanjatkan rasa syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan ridhoNya, proyek Rehabilitasi Embung Montorna Desa Montorna Kecamatan Pasongsongan Kabupaten Sumenep telah selesai sesuai dengan jadwal yang direncanakan.

Kepada seluruh Rekan Direksi, Rekan Pihak Ketiga dan masyarakat setempat saya ucapkan terima kasih atas koordinasi selama proyek berlangsung. Serta Pemerintah Kabupaten Sumenep yang telah mendanai proyek ini hingga selesai.

Referensi

Investama Karya Consultant. 2023. Laporan Akhir Jasa Konsultansi Perencanaan Pemeliharaan Embung di Kabupaten Sumenep.



Analisa Risk Priority Number dalam Penentuan Komponen Kritis Mesin

Shofi Fitrotis Salimah¹ Erika Nadia Sefi
Zumrotun Faizah² Ika Deefi Anna³

^{1,3} Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik
Widya Mandala Surabaya

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Universitas Trunojoyo
Madura

✉ shofi.fitrotis@trunojoyo.ac.id

✉ ika.anna@trunojoyo.ac.id

CV. SKF merupakan pabrik yang bergerak di bidang produksi makanan ringan yang salah satunya adalah Gerry snack and cereal. Kegiatan produksi dilakukan selama 24 jam tanpa henti dalam seminggu. Selama menjalankan proses produksinya, sistem perawatan mesin yang diterapkan perusahaan adalah sistem korektif dimana perusahaan melakukan perbaikan disaat mesin sudah mengalami kerusakan. Terhitung dalam kurun waktu 5 bulan terakhir, perusahaan mendapat permasalahan dengan tingginya tingkat *downtime* yang terjadi pada mesin produksi, salah satunya yaitu mesin baking wafer stik (BWS) yang terjadi sebanyak 114 kali. Untuk mencegah sering terjadinya kerusakan dan dampak yang lebih fatal, perusahaan perlu melakukan perawatan prediktif. Failure mode effect analysis (FMEA) merupakan salah satu metode untuk mengetahui potensi dan penyebab kegagalan suatu sistem sehingga dapat dilakukan tindakan korektif untuk masalah yang paling serius, dan meningkatkan reliabilitas dari suatu mesin. Berdasarkan analisis FMEA didapatkan komponen-komponen mesin baking wafer stik dengan RPN tertinggi yaitu pada komponen motor, *nok seal*, *bearing*, *nozzle*, *roll*, dan *minicutter*. Komponen-komponen tersebut merupakan komponen kritis yang akan diprioritaskan untuk dilakukan tindakan perawatan.

Kata kunci: Perawatan, *Failure Mode Effect Analysis*, RPN, Komponen Kritis

Pendahuluan

Perusahaan industri khususnya manufaktur mempunyai mesin-mesin yang diperlukan untuk menunjang terciptanya kelancaran proses produksi, yakni mesin yang mempunyai komponen-komponen vital untuk melakukan kegiatan operasional (Sajaradj, Huda, and Sinulingga 2019). Setiap perusahaan berusaha untuk dapat mengurangi adanya risiko kehilangan waktu produksi, yang salah satu penyebabnya adalah mesin-mesin yang mengalami kegagalan fungsi. Upaya yang dilakukan untuk meminimalisir terjadinya kegagalan fungsi tersebut salah satunya dengan melakukan tindakan pemeliharaan (Widyaningrum and Winati 2022). CV. SKF merupakan perusahaan yang bergerak di bidang jasa produksi makanan ringan. Perusahaan ini merupakan perusahaan maklon yang dibayar untuk melakukan produksi produk dari perusahaan lain. Salah satu partner perusahaannya yaitu perusahaan PT. Garuda Food Putri Jaya, Tbk. Permintaan produk yang diproduksi oleh perusahaan ini diantaranya adalah Gerry Snack & sereal (BIC4) yang sistem produksinya berdasarkan *make to order* dimana jumlah dan spesifikasinya ditetapkan oleh PT. Garuda Food Putri Jaya, Tbk. Untuk memenuhi permintaan tersebut, produksi dilakukan secara kontinyu selama 24 jam dalam seminggu. Perusahaan terus mengupayakan mesin dan peralatan berjalan dengan baik sesuai dengan fungsinya, namun perusahaan kini sering mengalami kendala dalam produksi yang disebabkan oleh kegagalan fungsi mesin, terutama mesin yang digunakan dalam produksi BIC4 dimana mesinnya beroperasi lebih kontinyu

daripada mesin lain dikarenakan permintaan produksi BIC4 yang terus ada.

Berdasarkan data history Perusahaan, *downtime* terjadi paling banyak pada mesin baking wafer stik (BWS) yaitu sebanyak 114 kali dalam kurun waktu 5 bulan terakhir. Tingginya tingkat kegagalan fungsi mesin akan mempengaruhi produktivitas sekaligus menghambat jalannya produksi, karenanya perusahaan perlu meningkatkan sistem perawatan mesin yang lebih rinci (Widat, Awalina, and Mufidah 2021).

Identifikasi komponen kritis untuk mencegah terjadinya kerusakan pada suatu mesin sangatlah penting dilakukan. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kegagalan fungsi komponen dari mesin baking wafer stik untuk meminimasi terjadinya *downtime*, dimana dengan mengidentifikasi potensi dan penyebab kegagalan dari komponen mesin dengan menggunakan metode *Failure mode effect analysis* (FMEA), perusahaan dapat melakukan pencegahan permasalahan kegagalan fungsi komponen secara preventif sehingga dapat mengurangi resiko kegagalan mesin dan meningkatkan reliabilitas dari mesin tersebut.

Metode

Failure mode and effect analysis merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi, menghilangkan penyebab potensial dari suatu kegagalan, permasalahan, errors, dan sebagainya dari suatu sistem (Badariah, Sugianto, and Anugerah 2016). Secara sistematis, FMEA didesain untuk mengidentifikasi dan mengetahui potensi kegagalan dan penyebabnya serta akibatnya kepada sistem atau pengguna, menilai resiko terkait dengan mode kegagalan



yang diidentifikasi dan memprioritaskan untuk intervensi proaktif, untuk dilakukan tindakan korektif untuk masalah yang paling serius, dan meningkatkan reliabilitas serta keamanan dari produk, proses, desain, atau pelayanan (Liu 2016).

Kekritisitas atau risiko dinilai dalam FMEA dilakukan melalui prioritas nomor risiko atau risk priority number (RPN) yang terdiri dari produk aritmatika dari kejadian, keparahan, dan deteksi. FMEA terbukti berguna dalam menilai potensi kegagalan dan mencegah terjadinya kegagalan tersebut (Liu 2016). Hal yang dilakukan untuk melakukan FMEA adalah:

a. Mengidentifikasi semua kemungkinan mode potensi kegagalan produk atau sistem dengan melakukan penilaian *systematic brainstorming*.

b. Menganalisis kritisitas pada kegagalan tersebut dengan mempertimbangkan faktor risiko *occurrence (O)*, *severity (S)*, dan *detection (D)*.

RPN didefinisikan sebagai hasil perkalian dari faktor risiko O, S, dan D untuk setiap kegagalan, dimana untuk mendapatkan RPN dari mode kegagalan masing-masing dari ketiga faktor tersebut biasanya dilakukan perangkikan dalam skala nomor 1-10 (semakin tinggi nilai RPN dari mode kegagalan maka semakin besar risiko keandalan sistem). Berdasarkan skor tersebut tindakan yang tepat akan lebih diutamakan pada mode kegagalan yang berisiko tinggi (Liu, 2016).

$$RPN = O \times S \times D \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

O = Frekuensi atau kemungkinan terjadinya kegagalan.

S = Tingkat keseriusan (konsekuensi) dari kegagalan.

D = Kemampuan mendeteksi kegagalan sebelum dampak terjadi.

Tabel 1 Nilai Severity

Rank	Effect	Kriteria	Akibat pada produksi
1	tidak ada efek	tidak ada efek	tidak ada efek
2	Sangat ringan	Mesin masih dapat beroperasi dengan aman, hanya ada gangguan kecil yang diketahui	Membutuhkan sedikit penyesuaian
3	Ringan	Mesin masih dapat beroperasi dengan aman, hanya ada gangguan kecil yang diketahui	membutuhkan beberapa penyesuaian
4	Minor	Mesin masih dapat beroperasi dengan aman tetapi menyebabkan kegagalan	< 30 menit downtime
5	Moderat	Mesin masih dapat beroperasi dengan aman tetapi menyebabkan kegagalan	30-60 jam downtime
6	Significant	Mesin masih dapat beroperasi dengan aman	1-2 jam downtime

		tetapi menyebabkan kegagalan	
7	Major	Mesin masih dapat beroperasi tapi tidak dapat dijalankan secara penuh	2-4 jam downtime
8	Ekstrem	Mesin kehilangan fungsi utama	4-8 jam downtime
9	Serius	Mesin gagal beroperasi	>8 jam downtime
10	Bahaya	Mesin tidak layak dioperasikan	>8 jam downtime

Tabel 2 Nilai Occurance

Rank	Kejadian	Kriteria	Tingkat kejadian
1	Hampir tidak pernah	Kerusakan tidak pernah terjadi	>10.000 jam operasi
2	Remot	Kerusakan jarang terjadi	6001-10.000 jam operasi
3	Sangat sedikit	Kerusakan sangat sedikit	3001-6000 jam operasi
4	Sedikit	Kerusakan sangat sedikit	2001-3000 jam operasi
5	Rendah	Kerusakan terjadi pada tingkat rendah	1001-2000 jam operasi
6	Medium	Kerusakan terjadi pada tingkat medium	401-1000 jam operasi
7	Agak tinggi	Kerusakan terjadi agak tinggi	101-100 jam operasi
8	Tinggi	kerusakan terjadi tinggi	11-100 jam operasi
9	Sangat tinggi	Kerusakan sangat tinggi	2-10 jam operasi
10	Hampir selalu	Kerusakan selalu terjadi	kurang dari jam operasional

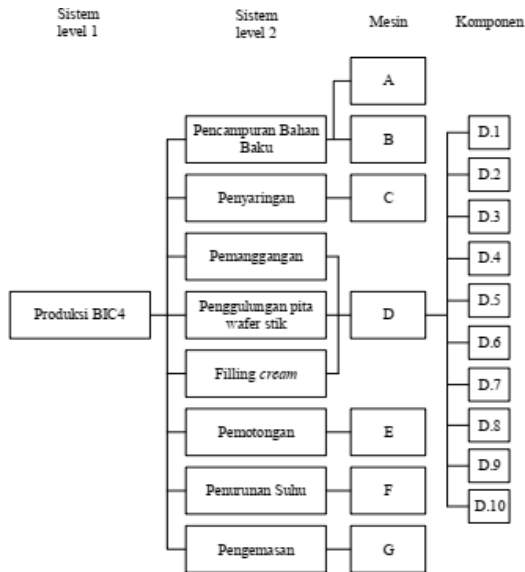
Tabel 3 Nilai Detection

Rank	Kejadian	Kriteria
1	tinggi	terdapat desain <i>control</i> yang memiliki kemampuan deteksi yang akurat
2	sedang	terdapat desain <i>control</i> tetapi memiliki kemampuan deteksi yang lemah
3	rendah	tidak ada desain <i>control</i> sehingga tidak dapat mendeteksi atau menganalisis mode kegagalan

Hasil Kerja

Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi

Mesin baking wafer stik (ditunjukkan pada Mesin D) memiliki fungsi yang sangat penting dalam proses produksi sehingga jika terjadi kerusakan pada mesin tersebut dapat menyebabkan proses produksi berhenti atau dapat menyebabkan kualitas produk tidak sesuai spesifikasi yang diinginkan. Diagram berikut menunjukkan struktur jumlah komponen mesin yang menyebabkan kegagalan fungsi pada suatu sistem kerja yang terdiri dari diagram dan kode dari komponen yang mengalami breakdown.



Gambar 1 Diagram fungsi mesin BWS

Fungsi sistem dan kegagalan fungsi komponen mesin BWS diuraikan dalam table 4 berikut ini.

Tabel 4 Fungsi sistem dan kegagalan fungsi

Komponen	Fungsi	Uraian Kegagalan Fungsi
D1. Gearbox	Memindahkan tenaga putaran dari spinner yang berputar cepat dan mengurangi beban putarnya	Gearbox macet, setelah loss yang menyebabkan tidak bisa mengurangi beban putar spinner
D2. Motor	Mendorong dan memutar spinner dengan cepat	Motor macet, Motor terbakar yang menyebabkan spinner tidak memutar
D3. Nokseal	Mencegah kebocoran cream	Nokseal rusak yang menyebabkan kebocoran cream
D4. Bearing	Mengurangi gesekan antar komponen	Bearing berkerak yang menyebabkan gearbox macet
D5. Nozzle	Menggulung dan Menyemprotkan cream ke dalam adonan kulit yang digulung	Nozzle buntu, patah yang menyebabkan tidak dapat menyemprotkan cream ke dalam adonan
D6. Roll	Menggulung kulit adonan setelah dipanggang	Roll macet, tidak presisi sehingga adonan tidak tergulung dengan baik dan cropos
D7. Pompa adonan	Memasukan adonan ke mesin baking untuk dipanggang	Pompa macet yang menyebabkan adonan tidak mau keluar
D8. Minicutter	Memotong adonan yang sudah dipanggang dan diroll	Minicutter macet, potongan acak menyebabkan pemotongan wafer stik tidak bisa memotong atau tidak sesuai
D9. Loyang	Memanggang adonan kulit	Loyang macet, rantai putus yang membuat loyang off mendadak dan tidak bisa memanggang
D10. Spinner	Menggerakkan/memutar roll untuk menggulung pita adonan yang sudah dipanggang	Spinner macet sehingga tidak bisa memutar roll untuk menggulung pita adonan

Failure mode and effect analysis

Hal yang penting dari FMEA yaitu RPN yang merupakan hasil perkalian dari tingkat keseriusan (severity), frekuensi atau kemungkinan terjadinya kegagalan (occurrence), dan kemampuan mendeteksi kegagalan (detection) seperti rumus persamaan 1. Hasil dari RPN akan digunakan untuk menentukan tingkat kekeritisan komponen yang nantinya akan diprioritaskan untuk dilakukan tindakan perawatan.

Tabel 5 Risk Priority Number

No	Mesin	Kode	Komponen	Failure mode	Failure cause	Failure effect	S	O	D	RPN
1		D.1	Gearbox	Macet, anguk	Setelah gearbox loss	Gearbox macet, setelah loss yang menyebabkan tidak bisa mengurangi beban putar spinner	5	7	2	70
2		D.2	Motor	Terbakar, putaran terhenti, macet	Overvoltage, tahanan motor tidak dalam posisi yang sesuai	Motor macet, Motor terbakar yang menyebabkan spinner tidak memutar	5	6	3	90
3		D.3	Nokseal	Rusak	Nokseal rusak	Nokseal rusak yang menyebabkan kebocoran cream	5	6	3	90
4		D.4	Bearing	Pecah, berkerak	Bearing pecah, bearing kotor yang menyebabkan karat	Bearing berkerak yang menyebabkan gearbox macet	5	6	3	90
5		D.5	Nozzle	Patah, buntu	Meserina tenaga yang berlebihan, as nozzle kotor	Nozzle buntu, patah yang menyebabkan tidak dapat menyemprotkan cream ke dalam adonan	5	7	3	105
6	Baking wafer stik	D.6	Roll	Tidak presisi	Roll anguk, baut kurang kencang	Roll macet, tidak presisi sehingga adonan tidak tergulung dengan baik dan cropos	5	7	3	105
7		D.7	Pompa adonan	Macet	inverter rusak	Pompa macet yang menyebabkan adonan tidak mau keluar	5	5	3	75
8		D.8	Minicutter	Macet, potongan acak	sensor dan proximity bermasalah, bel minicutter putus	Minicutter macet, potongan acak menyebabkan pemotongan wafer stik tidak bisa memotong atau tidak sesuai	5	7	3	105
9		D.9	Loyang	Macet, rantai putus	Scrapper terlalu kencang, kurang pemanasan	Loyang macet, rantai putus yang membuat loyang off mendadak dan tidak bisa memanggang	5	5	3	75
10		D.10	Spinner	macet	Tidak meserina tenaga dari motor	Spinner macet sehingga tidak bisa memutar roll untuk menggulung pita adonan	-	-	3	-

Berdasarkan analisis FMEA didapatkan komponen-komponen dengan RPN tertinggi yaitu pada komponen motor, nokseal, bearing, nozzle, roll, dan minicutter. Komponen-komponen tersebut merupakan komponen kritis yang akan diprioritaskan untuk dilakukan tindakan perawatan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penyusunan FMEA diperoleh komponen kritis pada mesin Baking wafer stik dengan nilai RPN tertinggi yang akan diprioritaskan untuk dilakukan tindakan pemeliharaan yaitu komponen Motor, Nok Seal, Bearing, Nozzle, Roll, dan Minicutter.

Analisis ini dapat dijadikan dasar untuk menentukan jadwal preventive maintenance pada komponen-komponen kritis tersebut untuk mencegah terjadinya kerusakan pada mesin yang lebih parah dan untuk meminimasi kerugian-kerugian akibat terjadinya downtime.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada CV SKF yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian ini dan bersedia melakukan brainstorming. Dan penulis mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Teknik Universitas Trunojoyo Madura yang telah mendukung penulis untuk mengikuti program insinyur ini.

Referensi

Badariah, Nurlailah, Dedy Sugiarto, and Chani Anugerah. 2016. "Penerapan Metode Failure Mode and Effect Analysis (Fmea) Dan Expert System (Sistem Pakar)." *Seminar Nasional Saints dan Teknologi* 1(8): 1–10.

Liu, H.-C. 2016. *FMEA Using Uncertainty Theories and MCDM Methods*. Shanghai: Springer Science+Business Media Singapore.

Sajaradj, Zulaikha, Listiani Nurul Huda, and Sukaria Sinulingga. 2019. "The Application of Reliability



Centered Maintenance (RCM) Methods to Design Maintenance System in Manufacturing (Journal Review).” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 505(1).

Widat, Shafwil Widat, Devita Nur Awalina, and Kiki Maulia Mufidah. 2021. “Analisis Kegiatan Pemeliharaan Mesin Dan Bangunan Pada Pabrik Tahu Untuk Meminimumkan Biaya Saat Pandemi Covid-19.” *Jurnal of Economics and Policy Studies* 2(2): 75–82.

Widyaningrum, Maretha Rahmawati, and Famila Dwi Winati. 2022. “Penjadwalan Perawatan Mesin Di CV Wijaya Workshop Dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM).” *Jurnal TRINISTIK: Jurnal Teknik Industri, Bisnis Digital, dan Teknik Logistik* 1(1): 37–43.



Meningkatkan Efisiensi Penyampaian Informasi dan Pengumpulan Data: Rekomendasi Sistem Digitalisasi untuk Bappeda Nias Utara

Exaudi Lase

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ exaudilase9@mail.com

Peningkatan teknologi informasi telah menjadi kunci dalam perbaikan tata kelola dan penyelenggaraan pelayanan publik. BAPPEDA Kabupaten Nias Utara, sebagai lembaga penyelenggara pembangunan daerah, menghadapi tantangan dalam pengumpulan data yang masih bergantung pada metode lama, seperti pengiriman surat yang lambat dan proses pengumpulan data yang seringkali memakan waktu. Penelitian ini merespons literatur terkait penerapan teknologi digital dalam sektor publik. Tujuan utama penelitian ini adalah mengidentifikasi hambatan dalam sistem penyampaian informasi dan pengumpulan data serta menyusun rekomendasi untuk implementasi dalam layanan publik. Dalam pengumpulan data, metode kualitatif dan studi kasus digunakan untuk menginvestigasi permasalahan dalam penyampaian informasi dan pengumpulan data. Data diperoleh melalui wawancara dengan para staf, observasi proses, dan analisis dokumen terkait. Hasil penelitian ini mengungkapkan kendala dalam sistem konvensional, seperti distribusi surat yang lambat, pengumpulan data yang memakan waktu, dan ketergantungan pada proses manual. Oleh karena itu, usulan teknologi Big Data dan Cloud Computing diajukan untuk mempercepat distribusi informasi, meningkatkan akurasi pengumpulan data, dan memodernisasi sistem. Dengan penggunaan teknologi ini, BAPPEDA Kabupaten Nias Utara diharapkan dapat memperbaiki efisiensi, kecepatan, dan akurasi dalam pengelolaan layanan publik.

Kata kunci: Komputasi Awan, BAPPEDA Kabupaten Nias Utara, Pelayanan Publik, Pengumpulan Data

Pendahuluan

Peningkatan teknologi informasi telah mengubah banyak aspek kehidupan kita, termasuk tata kelola dan penyelenggaraan pelayanan di sektor publik. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kabupaten Nias Utara juga menghadapi tantangan dan peluang yang dihasilkan oleh revolusi digital. BAPPEDA memainkan peran penting dalam perencanaan dan pelaksanaan pembangunan di tingkat daerah, dan penggunaan teknologi digital dapat mengoptimalkan proses-proses ini. Namun, ada perdebatan dan diskusi yang terus berkembang dalam literatur mengenai penerapan teknologi digital dalam sektor publik.

Studi oleh Stembert (2013) menyoroti pentingnya pengumpulan data partisipatif untuk pengembangan daerah. Mereka mengakui bahwa pendekatan partisipatif dalam pengumpulan data telah menjadi semakin relevan dalam perencanaan pembangunan. Namun, BAPPEDA Kabupaten Nias Utara masih mengandalkan sistem surat-menyerut konvensional dalam pengumpulan data, yang mungkin menghambat partisipasi masyarakat dalam proses perencanaan pembangunan.

Bhatnagar (2014) menjelaskan bagaimana teknologi informasi dan komunikasi dapat digunakan untuk meningkatkan pelayanan publik. Studi kasus yang disajikan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan

teknologi digital dapat meningkatkan efisiensi dan transparansi dalam pelayanan publik. Penerapan teknologi ini dalam sektor publik dapat meningkatkan kualitas dan aksesibilitas layanan publik kepada masyarakat.

Giri (2020) menggarisbawahi pentingnya pemerintah yang responsif terhadap kebutuhan warganya dan integrasi teknologi digital dalam pengiriman layanan publik. Ini menunjukkan bahwa pemerintah yang mengadopsi teknologi digital dalam pelayanannya dapat menjadi lebih efektif dalam memenuhi kebutuhan masyarakat. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba merespons diskusi-diskusi penting dalam literatur tersebut. Pada lokasi BAPPEDA Kabupaten Nias Utara, kita perlu mengidentifikasi hambatan dan kendala dalam penerapan teknologi digital dalam penyampaian informasi dan pengumpulan data. Ini penting karena implementasi yang efektif akan sangat memengaruhi kinerja BAPPEDA dalam mencapai tujuan pembangunan daerah.

Terdapat beberapa masalah yang terkait dengan metode lama dalam penyampaian informasi dan pengumpulan data. Salah satunya adalah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mendistribusikan surat, serta respons yang lambat dalam membalas surat tersebut. Hal ini berdampak pada pelanggaran batas waktu pengumpulan data yang telah ditentukan. Pengumpulan data yang terlambat dapat menyebabkan penundaan dalam analisis data serta

penginputan data yang tidak tepat waktu. Selain itu, penting untuk dicatat bahwa Bidang Litbang merupakan unit yang paling sering melakukan permintaan data. Tugas utama mereka meliputi permintaan, evaluasi, dan penginputan data terkait Rancangan Kerja Pemerintah Daerah setiap tahun. Oleh karena itu, efisiensi dalam proses penyampaian informasi dan pengumpulan data harus di *maintain* sebaik-baiknya. Solusi dengan pendekatan digitalisasi dan integrasi teknologi dapat membantu mengatasi masalah ini dengan cara mempercepat distribusi informasi, meningkatkan respons, dan memastikan data tersedia tepat waktu untuk analisis dan penginputan.

Dalam penelitian ini, permasalahan utama yang dihadapi adalah terkait dengan proses penyampaian informasi dan pengumpulan data di BAPPEDA Kabupaten Nias Utara. Utamanya, masalah yang timbul adalah bagaimana mencapai pembaruan dalam proses ini untuk membuatnya lebih efektif dan efisien. Langkah ini harus dilakukan dengan berlandaskan pada tinjauan literatur yang terdahulu, yang mengarah ke pemahaman tentang praktik-praktik terbaik dalam pemerintahan digital dan tata kelola layanan publik. Karena itu, fokus penelitian ini adalah merumuskan solusi modern yang sesuai dengan tantangan dan peluang yang muncul dalam lingkup ini.

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan utama yang berkaitan dengan mencari solusi untuk permasalahan yang diidentifikasi, yang pertama, penelitian bertujuan untuk mengkaji dengan cermat proses penyampaian informasi dan pengumpulan data di BAPPEDA Kabupaten Nias Utara. Langkah ini akan dilakukan dengan merujuk pada studi tentang pengumpulan data partisipatif (Stembert et al., 2013) yang memberikan perspektif yang berharga tentang bagaimana melibatkan masyarakat dalam pengambilan keputusan pemerintah. Selanjutnya, penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi hambatan dan kendala dalam sistem surat-menyurat yang sedang digunakan saat ini. Referensi pada penelitian tentang penggunaan teknologi informasi dan komunikasi dalam pelayanan publik (Bhatnagar, 2014) akan memberikan pandangan mendalam tentang tantangan yang mungkin dihadapi dan faktor penentu kesuksesan dalam implementasi teknologi. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menyusun rekomendasi tentang bagaimana mengimplementasikan sistem digitalisasi yang efektif. Dalam hal ini, penting untuk mempertimbangkan pentingnya integrasi teknologi digital dalam pengiriman layanan publik, sesuai dengan temuan dalam penelitian Giri (2020).

Penelitian ini juga mencakup integrasi berbagai pendekatan dalam pemerintahan digital dan pengiriman layanan yang efektif (Lawal 2022). Pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, akuntabilitas, transparansi, dan mengurangi praktik suap dalam layanan publik. Terakhir, penelitian ini bertujuan untuk memperkuat peran pemerintahan digital dan tata kelola elektronik (Grigalashvili, 2023). Fokus utama adalah memanfaatkan teknologi digital untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dan mengintegrasikan teknologi ini dalam seluruh tata kelola layanan publik.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan praktis bagi BAPPEDA Kabupaten Nias Utara untuk memodernisasi proses mereka dan meningkatkan kinerja mereka dalam penyampaian informasi dan pengumpulan

data. Dengan menggabungkan berbagai aspek teknologi digital, partisipatif, dan efektivitas dalam layanan publik, penelitian ini diharapkan akan membantu lembaga tersebut menghadapi tantangan dan peluang yang ada dalam dunia yang semakin terdigitalisasi.

Metode

Penelitian ini akan menerapkan pendekatan kualitatif dan studi kasus. Data yang diperlukan akan dikumpulkan melalui serangkaian wawancara dengan staf BAPPEDA, observasi proses yang berlangsung saat ini, serta analisis dokumen yang relevan. Dalam proses analisis, penelitian akan mengeksplorasi hambatan dan kendala yang mungkin muncul dalam sistem surat-menyurat yang sedang digunakan. Untuk hal ini, kita akan merujuk kepada studi kasus dalam literatur yang menekankan pentingnya transparansi dan efisiensi dalam pelayanan publik, seperti yang diungkapkan dalam penelitian oleh Bhatnagar (2014). Berdasarkan temuan dan informasi yang diperoleh, rekomendasi akan disusun dengan merujuk pada praktik terbaik yang diidentifikasi dalam literatur, sejalan dengan konsep yang ditemukan dalam penelitian Giri (2020).

Rencana kerja penelitian ini terstruktur dalam serangkaian tahapan yang bertujuan untuk menyelidiki dan mengatasi permasalahan yang dihadapi oleh BAPPEDA Kabupaten Nias Utara terkait dengan penyampaian informasi dan pengumpulan data. Penelitian ini dimulai dengan Studi Pendahuluan, yang mencakup tinjauan literatur mendalam tentang digitalisasi dalam sektor publik, dengan penekanan pada pengumpulan data partisipatif dan penggunaan teknologi digital dalam layanan publik, Xu (2023) telah mendokumentasikan berbagai kelemahan dan kelebihan dari model-model sistem digital pelayanan publik. Tahap ini juga memerlukan pemahaman yang mendalam terhadap proses penyampaian informasi dan pengumpulan data yang berlangsung di BAPPEDA Kabupaten Nias Utara.

Dalam proses wawancara, staf BAPPEDA yang terlibat dalam penyampaian informasi dan pengumpulan data akan diwawancarai. Informan mencakup staf yang bertanggung jawab atas berbagai aspek proses ini, seperti distribusi surat, pengumpulan data, pengolahan data, dan litbang. Wawancara ini bertujuan untuk mendapatkan pandangan mereka mengenai proses saat ini, hambatan yang mereka alami, dan saran perbaikan yang mereka mungkin miliki.

Tabel 1 Informan

Jumlah	Bagian	Job Description
2	Distribusi Surat	Distribusi surat dan komunikasi tertulis.
2	Pengumpulan Data	Pengumpulan data lapangan dan data terkait.
2	Pengolahan Data	Pengolahan data yang dikumpulkan.
2	Litbang	Permintaan data dan evaluasi RKPD tahunan.

Selama tahap pengumpulan dokumen, dokumen- dokumen yang terkait dengan proses penyampaian informasi dan pengumpulan data akan dikumpulkan. Dokumen-dokumen ini dapat mencakup catatan- catatan internal BAPPEDA, surat-menyurat yang terkait, panduan atau pedoman yang digunakan dalam proses ini, serta dokumen lain yang berkaitan. Dokumen-dokumen ini akan dianalisis untuk mendapatkan wawasan tambahan tentang bagaimana proses ini diatur dan dijalankan.

Tabel 2 Data Pendukung

No.	Jenis Dokumen
1	Catatan Internal BAPPEDA
2	Surat-Menyurat Terkait
3	Panduan atau Pedoman
4	Laporan Kinerja

Pada tahap analisis data, data yang telah terkumpul akan dianalisis dengan tujuan mengidentifikasi hambatan dan kendala dalam sistem yang sedang berjalan. Analisis akan merujuk pada praktik terbaik yang terdokumentasi dalam literatur untuk memberikan solusi yang efektif.

Setelah itu akan dibuat penyusunan rekomendasi yang melibatkan formulasi mengenai implementasi sistem digitalisasi yang lebih efektif dan efisien. Rekomendasi ini akan didasarkan pada literatur yang menyoroti pentingnya integrasi teknologi digital dalam pelayanan publik, sebagaimana tercermin dalam penelitian oleh Giri (2020) dan Xu (2023).

Hasil Kerja

Distribusi Surat

Untuk meneliti bagaimana distribusi surat- menyurat yang ada di instansi maka dibuat beberapa pertanyaan sebagai berikut: 1) Bagaimana saat ini proses distribusi surat berlangsung di BAPPEDA Kabupaten Nias Utara? 2) Apa kendala atau hambatan yang muncul dalam proses distribusi surat? 3) Bagaimana tingkat efisiensi distribusi surat saat ini? Apakah ada pengiriman yang terlambat? 4) Apakah ada teknologi atau perangkat yang saat ini digunakan dalam proses distribusi surat? 5) Bagaimana harapan Anda terhadap perbaikan proses distribusi surat? Pertanyaan ini menghasilkan jawaban dari dua informan sebagai berikut:

“Nah, jadi, sekarang ini, proses distribusi surat di BAPPEDA Kabupaten Nias Utara, ya, terutama dengan cara kita pakai surat pos konvensional. Jadi, kertas- kertas surat ini dikirim melalui pos biasa gitu, begitu. Masalahnya adalah, terkadang surat-surat ini bisa butuh waktu lama banget untuk sampai, belum lagi kalau harus disposisi ke mana-mana. Jadi, itu salah satu hambatan, ya, ketika kita punya batas waktu pengumpulan data. Efisiensi distribusi surat? Hmm, kadang-kadang lumayan lambat, terutama kalo ada kendala di jalan atau surat yang terlambat diterima. Jadi, ya, agak kurang efisien gitu. Gak banyak perangkat teknologi yang kita pakai, cuma beneran surat-surat fisik yang kita kirim. Harapan kita sih lebih efisien, mungkin pake teknologi digital atau layanan pengiriman yang lebih cepat gitu.”

“Saat ini, proses distribusi surat di BAPPEDA Kabupaten Nias Utara masih mengandalkan metode tradisional, di mana surat-surat fisik dikirim melalui layanan pos konvensional. Kendala yang kami alami dalam proses distribusi surat termasuk lamanya waktu yang diperlukan untuk pengiriman

surat, yang kadang- kadang melebihi batas waktu yang telah ditetapkan untuk pengumpulan data. Efisiensi distribusi surat saat ini perlu ditingkatkan, terutama dalam hal kecepatan pengiriman dan keandalan proses tersebut. Saat ini, kami belum banyak menggunakan perangkat teknologi dalam proses distribusi surat. Harapan kami adalah melihat perbaikan dalam efisiensi distribusi surat, dan mungkin mempertimbangkan penerapan teknologi digital atau layanan pengiriman yang lebih efisien dalam upaya kami untuk meningkatkan proses ini.”

Analisis hasil wawancara tentang proses distribusi surat di BAPPEDA Kabupaten Nias Utara menggambarkan gambaran yang jelas tentang kondisi saat ini dan aspirasi untuk perbaikan. Saat ini, proses distribusi surat masih sangat mengandalkan metode tradisional dengan mengirimkan surat-surat fisik melalui layanan pos konvensional. Wawancara juga menyoroti beberapa kendala yang perlu diatasi. Salah satu kendala utama adalah waktu pengiriman yang bisa sangat lama, yang kadang-kadang melebihi batas waktu yang ditetapkan untuk pengumpulan data. Ini menjadi hambatan utama dalam menjalankan tugas- tugas yang memiliki tenggat waktu ketat. Efisiensi distribusi surat saat ini dinyatakan perlu ditingkatkan, terutama dalam hal kecepatan pengiriman dan keandalan proses tersebut. Dalam hal penggunaan teknologi, hasil wawancara menunjukkan bahwa saat ini belum banyak perangkat teknologi yang digunakan dalam proses distribusi surat. Hal ini menunjukkan potensi untuk memanfaatkan teknologi digital atau layanan pengiriman yang lebih efisien untuk meningkatkan efisiensi dan kecepatan pengiriman surat.

Responden menyuarakan harapan mereka terhadap perbaikan proses distribusi surat. Mereka menginginkan solusi yang lebih modern dan efisien, seperti teknologi digital atau layanan pengiriman yang lebih cepat, untuk memungkinkan distribusi surat yang lebih efisien dan tepat waktu. Dengan demikian hasil analisis menunjukkan perlunya transformasi dalam proses distribusi surat di BAPPEDA Kabupaten Nias Utara untuk memenuhi tuntutan efisiensi dan kecepatan yang lebih besar, sejalan dengan perkembangan teknologi.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah salah satu job description dari BAPPEDA, maka dari itu bagian ini ada adalah salah satu bagian utama agar tercipta fungsi pembangunan daerah yang berkelanjutan, wawancara dilakukan dengan pertanyaan sebagai berikut: 1) Bagaimana saat ini data lapangan dan data terkait dikumpulkan di BAPPEDA Kabupaten Nias Utara? 2) Apakah Anda mengalami kendala atau tantangan dalam pengumpulan data? 3) Bagaimana data yang dikumpulkan saat ini, dan sejauh mana data ini memenuhi kebutuhan pengambilan keputusan? 4) Apakah ada perangkat atau teknologi yang digunakan dalam pengumpulan data? 5) Bagaimana saran anda dalam perbaikan dalam pengumpulan data?

“Jadi, data lapangan dan data terkait di BAPPEDA Kabupaten Nias Utara sekarang dikumpulkan dengan cara yang cukup konvensional, gitu. Kita biasanya keluar ke lapangan, nanyanya orang, ngumpulin data-data fisik. Ya, kadang-kadang sih kita ngalamin kendala. Misalnya, saat cuaca lagi gak bersahabat, atau kita butuh datanya cepat, tapi proses

pengumpulan data lapangan bisa memakan waktu. Data yang sudah kita kumpulkan itu lumayan memenuhi kebutuhan buat pengambilan keputusan, walaupun kita tau bisa lebih efisien lagi. Nah, soal perangkat atau teknologi, masih sederhana, sih. Lebih kepakai formulir kertas, nggak terlalu banyak perangkat canggih. Untuk perbaikan, mungkin bisa lebih ke arah digitalisasi, biar proses pengumpulan data lebih cepet dan akurat.”

Saat ini, proses pengumpulan data lapangan dan data terkait di BAPPEDA Kabupaten Nias Utara berlangsung dengan metode tradisional yang melibatkan kunjungan langsung ke lokasi lapangan untuk mengumpulkan informasi. Tim kami sering keluar ke lapangan, melakukan wawancara, dan mencatat data-data yang diperlukan. Ya, dalam pengumpulan data, kami menghadapi beberapa kendala. Salah satunya adalah terkait dengan faktor cuaca dan cuaca yang tidak dapat diprediksi. Selain itu, terkadang ada keterlambatan dalam mengumpulkan data, terutama ketika terjadi perubahan yang tidak terduga di lapangan. Data yang kami kumpulkan saat ini relatif lengkap dan memadai untuk pengambilan keputusan. Namun, ada ruang untuk peningkatan dalam hal kecepatan dan akurasi pengumpulan data. Penggunaan teknologi dalam pengumpulan data masih terbatas, dengan formulir kertas dan alat catat manual sebagai alat utama yang digunakan oleh tim lapangan. Kami melihat potensi besar untuk perbaikan dalam pengumpulan data dengan mengadopsi teknologi digital, yang akan memungkinkan proses yang lebih efisien dan akurat dalam pengumpulan informasi.

Dalam hasil analisis wawancara tentang pengumpulan data di BAPPEDA Kabupaten Nias Utara, terdapat beberapa aspek yang perlu diperhatikan. Metode pengumpulan data yang masih konvensional, dengan kunjungan langsung ke lapangan, menunjukkan kebutuhan akan modernisasi. Kendala seperti faktor cuaca yang tidak dapat diprediksi dan perubahan tak terduga di lapangan dapat menghambat efisiensi dalam pengumpulan data. Meskipun data yang dikumpulkan saat ini dianggap memadai untuk pengambilan keputusan, kesadaran akan peningkatan dalam hal kecepatan dan akurasi sangat penting. Penggunaan teknologi dalam pengumpulan data masih terbatas pada formulir kertas dan alat catat manual, sementara adopsi teknologi digital menjadi kunci untuk efisiensi yang lebih baik.

Pengolahan Data

Meneliti bagaimana Bappeda Nias Utara mengolah data, beserta hambatan-hambatan yang dialami, dibuatlah pertanyaan 1) Bagaimana proses pengolahan data berjalan di BAPPEDA Kabupaten Nias Utara? 2) Apakah ada hambatan dalam pengolahan data, seperti kecepatan atau akurasi? 3) Apakah Anda merasa bahwa teknologi saat ini telah memadai untuk memproses data dengan efisien? 4) Bagaimana proses ini dapat ditingkatkan? Dari pertanyaan ini didapatkan dua jawaban informan:

“Pengolahan data di BAPPEDA Kabupaten Nias Utara berjalan melalui beberapa tahap. Pertama, kami mengumpulkan data dari berbagai sumber, baik lapangan maupun yang diterima secara tertulis. Kemudian, data tersebut dianalisis dan diolah untuk memenuhi kebutuhan kami dalam perencanaan dan pengembangan daerah.

Terkadang, kami mengalami hambatan terkait kecepatan dalam pengolahan data, terutama ketika data yang masuk cukup besar. Akurasi juga menjadi perhatian utama kami, karena kami ingin memastikan bahwa data yang kami gunakan dalam pengambilan keputusan adalah tepat. Saat ini, kami merasa teknologi yang kami miliki sudah cukup memadai, meskipun ada ruang untuk peningkatan. Kami telah menggunakan perangkat lunak pengolahan data standar yang membantu kami dalam analisis. Untuk meningkatkan proses pengolahan data, mungkin kita bisa mempertimbangkan pelatihan tambahan untuk staf kami agar lebih mahir dalam penggunaan perangkat lunak dan mungkin mengeksplorasi solusi teknologi yang lebih canggih.”

“Proses pengolahan data di BAPPEDA Kabupaten Nias Utara terdiri dari beberapa tahap yang cermat. Pertama-tama, data yang diperoleh dari berbagai sumber, termasuk data lapangan dan data tertulis, dikumpulkan dan diklasifikasikan sesuai dengan jenisnya. Data kemudian dimasukkan ke dalam perangkat lunak pengolahan data yang digunakan untuk analisis lebih lanjut. Salah satu hambatan yang kami alami dalam pengolahan data adalah masalah kecepatan. Terkadang, volume data yang masuk cukup besar, dan kami perlu memastikan bahwa data diproses dengan tepat waktu untuk mendukung pengambilan keputusan yang akurat. Selain itu, kami selalu berusaha untuk meningkatkan akurasi data, karena kesalahan dalam pengolahan data dapat berdampak pada hasil akhir. Meskipun kami merasa bahwa teknologi yang kami gunakan saat ini sudah memadai, kami selalu terbuka terhadap perbaikan dan peningkatan. Kami menggunakan perangkat lunak khusus yang memungkinkan kami untuk mengelola dan menganalisis data dengan baik. Untuk meningkatkan proses pengolahan data, kami mungkin perlu mempertimbangkan pelatihan tambahan bagi staf kami untuk memaksimalkan penggunaan perangkat lunak yang ada. Selain itu, kami juga akan menjelajahi kemungkinan solusi teknologi yang lebih canggih untuk mempercepat dan meningkatkan efisiensi dalam pengolahan data kami.”

Pengolahan data di BAPPEDA Kabupaten Nias Utara mengikuti serangkaian tahap yang terstruktur. Data dikumpulkan dari berbagai sumber, termasuk data lapangan dan data tertulis, kemudian dianalisis dan diolah menggunakan perangkat lunak khusus. Proses ini mencerminkan upaya yang cermat untuk memproses data yang diperlukan dalam perencanaan dan pengembangan daerah. Dalam hal hambatan, dua masalah muncul dalam pengolahan data yaitu kecepatan dan akurasi. Kecepatan menjadi perhatian ketika volume data yang harus diolah cukup besar, dan keterlambatan dalam pengolahan dapat berdampak pada pengambilan keputusan yang akurat. Oleh karena itu, menjaga kecepatan dalam proses pengolahan menjadi hal yang penting. Selain itu, akurasi data juga menjadi prioritas, karena keputusan yang diambil berdasarkan data yang salah bisa memiliki konsekuensi serius.

Meskipun responden merasa bahwa teknologi yang digunakan saat ini sudah memadai, mereka tetap terbuka terhadap perbaikan. Perangkat lunak khusus digunakan untuk mengelola dan menganalisis data, yang menunjukkan kesadaran akan peran teknologi dalam pengolahan data yang efisien. Dalam rangka meningkatkan proses ini,

perbaikan yang diusulkan mencakup pelatihan tambahan bagi staf untuk memaksimalkan penggunaan perangkat lunak yang ada dan eksplorasi solusi teknologi yang lebih canggih. Pendekatan ini ditujukan untuk mengatasi hambatan yang muncul dalam pengolahan data, terutama dalam hal kecepatan dan akurasi.

Litbang

Litbang atau penelitian dan pengembangan merupakan divisi dimana data yang dihasilkan dapat mempengaruhi kebijakan selanjutnya. Divisi ini penting untuk diwawancarai karena Litbang merupakan penentu peran akhir, maka apabila terjadi keterlambatan, Litbang terkena imbasnya. Berikut adalah pertanyaan-pertanyaan yang diajukan untuk staf Litbang 1) Bagaimana litbang berperan dalam permintaan data dan evaluasi Rancangan Kerja Pemerintah Daerah (RKPD) tahunan? 2) Apa kebutuhan khusus yang dimiliki Bidang Litbang dalam pengumpulan data? 3) Apakah ada kendala dalam memperoleh data yang dibutuhkan untuk evaluasi RKPD? 4) Bagaimana penerapan teknologi digital dapat membantu Bidang Litbang dalam tugas-tugasnya? 5) Apa saran atau harapan Anda terkait dengan pengumpulan data untuk litbang? Pertanyaan tersebut menghasilkan jawaban sebagai berikut.

“Peran Bidang Litbang dalam permintaan data dan evaluasi Rancangan Kerja Pemerintah Daerah (RKPD) tahunan sangat penting. Kami bertanggung jawab atas penelitian dan pengembangan kebijakan yang mendukung pembangunan daerah. Untuk itu, kami perlu data yang akurat dan tepat waktu untuk analisis kami. Kebutuhan khusus kami dalam pengumpulan data adalah data yang relevan dengan program-program pembangunan yang sedang berjalan. Kami juga membutuhkan data yang berorientasi pada indikator-indikator kinerja yang sesuai dengan tujuan pembangunan daerah. Salah satu kendala yang kami hadapi adalah terkait dengan ketersediaan data yang terkadang terlambat. Hal ini dapat memperlambat proses evaluasi RKPD kami. Kami percaya bahwa penerapan teknologi digital dapat sangat membantu kami dalam tugas-tugas litbang. Ini dapat mempercepat pengumpulan dan analisis data, sehingga kami dapat memberikan kontribusi yang lebih baik dalam perencanaan pembangunan. Harapan kami terkait pengumpulan data adalah tersedianya data yang lebih real-time, sehingga kami dapat melakukan evaluasi RKPD secara lebih efektif dan memberikan rekomendasi yang lebih relevan.”

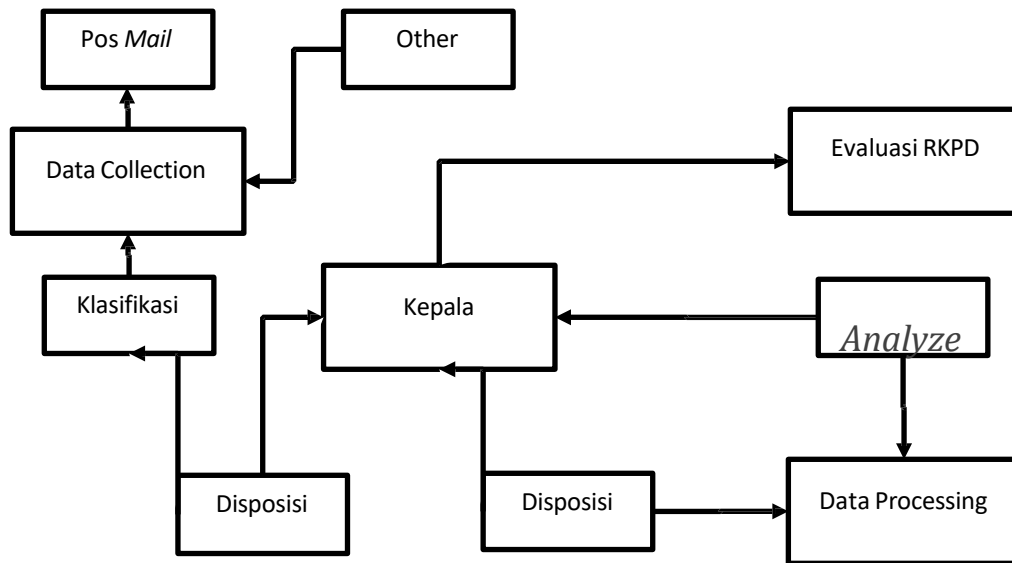
“Ya, jadi, Bidang Litbang berperan dalam hal permintaan data dan evaluasi RKPD tahunan. Kami tuh harus ngumpulin data-data yang relevan untuk nge-support pembangunan daerah, gitu. Kebutuhan khusus kami, ya, kami butuh data

yang nyambung sama program-program pembangunan yang lagi jalan. Dan juga data yang punya indikator kinerja yang sesuai sama tujuan pembangunan daerah kita. Nah, terkadang kami alami kendala gitu dalam nyari data yang kita butuhin, lho. Ada data yang datengnya lama, dan itu bikin proses evaluasi RKPD jadi lebih lambat deh. Kalau teknologi digital diterapin, itu bisa bantu banget nih dalam tugas-tugas kita. Data bisa lebih cepet dikumpulin dan diolah, jadi kita bisa ngasih masukan yang lebih berguna buat pembangunan. Pokoknya, harapan kita, data yang lebih real-time, biar kita bisa kerja lebih efektif dan ngasih saran yang lebih kekinian buat pembangunan daerah kita. Gitu deh.”

Hasil analisis wawancara dengan Bidang Litbang (Bidang Penelitian dan Pengembangan) mengungkapkan pentingnya peran mereka dalam pengumpulan data dan evaluasi RKPD tahunan. Bidang Litbang memiliki peran sentral dalam permintaan data dan evaluasi RKPD tahunan. Mereka bertanggung jawab atas penelitian dan pengembangan kebijakan yang mendukung pembangunan daerah. Ini mencakup pengumpulan data yang relevan dengan program-program pembangunan yang sedang berlangsung, sehingga mereka dapat memberikan masukan yang berdasarkan data yang kuat. Bidang Litbang memiliki kebutuhan spesifik dalam pengumpulan data. Mereka membutuhkan data yang sangat terkait dengan program-program pembangunan yang sedang berjalan di wilayah mereka. Data harus memiliki indikator kinerja yang sesuai dengan tujuan pembangunan daerah. Ini menekankan pentingnya data yang relevan dan berkualitas tinggi dalam mendukung evaluasi RKPD.

Wawancara mengungkapkan bahwa Litbang mengalami kendala dalam memperoleh data yang diperlukan. Salah satu kendala utama adalah keterlambatan dalam ketersediaan data, yang dapat memperlambat proses evaluasi RKPD mereka. Hal ini memperlihatkan tantangan nyata dalam memastikan data tepat waktu. Penerapan teknologi digital dianggap sebagai solusi yang sangat dibutuhkan untuk membantu Bidang Litbang. Dengan teknologi digital, pengumpulan data dapat dipercepat dan analisis data dapat dilakukan dengan lebih efisien. Ini akan mendukung kinerja Litbang dalam memberikan masukan berdasarkan data yang lebih relevan dan mutakhir.

Bidang Litbang berharap agar data yang lebih real-time tersedia. Ini akan memungkinkan mereka untuk melakukan evaluasi RKPD dengan lebih efektif dan memberikan rekomendasi yang lebih sesuai dengan situasi terkini. Dengan demikian, mereka mengharapkan pembaruan dalam pemenuhan data dan teknologi yang mendukung pengumpulan dan analisis data yang lebih efisien.



Gambar 1 Sistem Pengumpulan dan Penyampaian Informasi Bappeda Nias Utara

Sistem Konvensional BAPPEDA Nias Utara

Berdasarkan hasil wawancara dan observasi lapangan, Gambar 1 adalah *flowchart* sistem penyampaian informasi dan pengumpulan data dari BAPPEDA Kabupaten Nias Utara. Pada tahap pertama, tim lapangan mengumpulkan data lapangan yang berasal dari surat menyurat dan data-data dari sumber lainnya yang data terkait secara langsung dengan kebutuhan. Kemudian data lapangan dan data tertulis disusun dan diklasifikasikan sesuai jenisnya. Kemudian surat-surat fisik yang berisi data atau informasi kemudian di disposisikan lagi dari data collection menuju ke kepala Bappeda. Surat maupun data-data yang berasal dari luar juga harus melalui data collection terlebih dahulu sebelum didisposisikan.

Data yang diterima dari berbagai sumber, setelah mendapat disposisi dari kepala Bappeda baru kemudian bisa masuk ke bagian Litbang untuk kemudian dilakukan pengolahan. Data tersebut diolah, dianalisis, dan disusun untuk memenuhi kebutuhan perencanaan dan pengembangan daerah. Setelah selesai di analisis, data kembali di disposisikan ke kepala. Kepala Bappeda bersama dengan tim Litbang melakukan evaluasi RKPD untuk melaporkan hasil tersebut ke pusat.

Evaluasi Sistem Pengumpulan Data

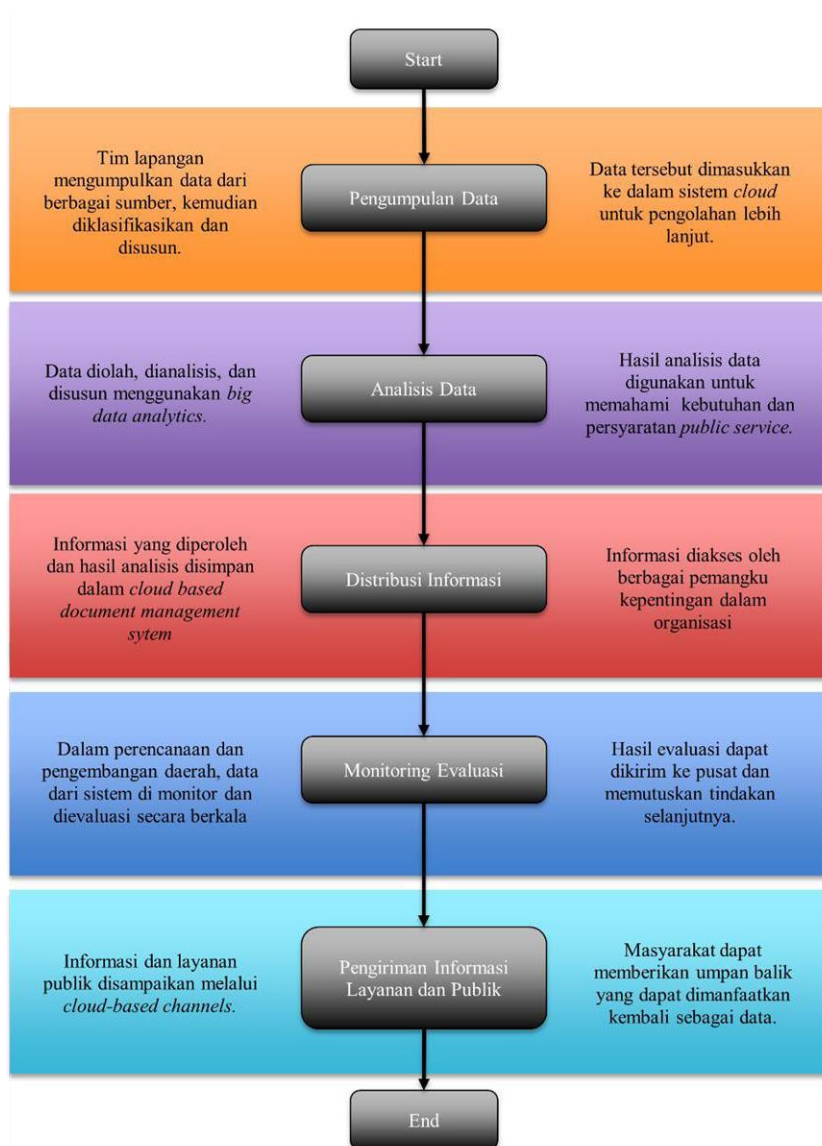
Metode pengumpulan data konvensional yang melibatkan kunjungan lapangan dan wawancara adalah sebuah proses yang telah lama digunakan dalam berbagai disiplin ilmu (Kumar Sahoo 2022; Kawulich 2015). Meskipun metode ini dapat menghasilkan data yang akurat (Cacciattolo 2016), namun terdapat keterbatasan. Keterbatasan utama adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengumpulkan data secara manual (Jamshed, 2014). Hal ini terutama relevan dalam situasi darurat atau ketika data diperlukan dengan cepat untuk pengambilan keputusan (Mwita, 2022). Sebagai alternatif, teknologi modern, seperti aplikasi seluler atau survei online, menawarkan pendekatan yang lebih efisien untuk mengumpulkan data (Nguyen 2015; Evans & Mathur

2005). Penggunaan teknologi ini memungkinkan pengumpulan data dalam waktu nyata, mengurangi kerumitan dalam proses, dan meningkatkan *return rate* (Harlow 2010).

Berikutnya, ketepatan waktu dan kualitas data adalah aspek yang kritis. Kendala cuaca yang tidak dapat diprediksi dapat menghambat proses pengumpulan data lapangan dan mengurangi kualitas data yang dihasilkan. Cuaca yang buruk dapat mengganggu kunjungan lapangan dan memperlambat wawancara, mengakibatkan potensi kesalahan (Barrington-Leigh, 2008). Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan penggunaan teknologi yang memungkinkan pengumpulan data dari jarak jauh tanpa harus tergantung pada cuaca atau waktu.

Teknologi digital telah membawa kemajuan yang drastis dalam metode pengumpulan data. Penggunaan teknologi ini memungkinkan pengumpulan data yang lebih cepat dan akurat (Leung 2007). Aplikasi seluler dan survei online memungkinkan pengumpulan data secara efisien dan dalam waktu nyata (Uhlig et al., 2014). Dengan teknologi ini, data dapat dikumpulkan tanpa ketergantungan pada faktor cuaca atau waktu, serta mengurangi kerumitan proses pengumpulan data. Oleh karena itu, mengadopsi teknologi dalam pengumpulan data adalah langkah ilmiah yang rasional untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi (Singh, 2011).

Selain itu Redman (1998) mengungkapkan kebutuhan akan akurasi data juga sangat penting. Kesalahan dalam pengumpulan data dapat menghasilkan kesalahan dalam analisis dan keputusan yang diambil. Oleh karena itu, diperlukan kontrol mutu data yang kuat untuk meminimalkan kesalahan. Teknologi modern juga sering dilengkapi dengan validasi otomatis dan mekanisme kontrol mutu yang dapat membantu memastikan akurasi data (Paygude & Devale, 2013). Ini adalah pendekatan ilmiah yang berkontribusi pada hasil penelitian yang lebih andal dan tepat sehingga dapat meningkatkan fungsi dari perencanaan pembangunan daerah BAPPEDA.



Gambar 2 Usulan *cloud computing* dalam sistem penyampaian informasi dan pengumpulan data BAPPEDA

Usulan Big Data dan Cloud Computing

Berdasarkan hasil evaluasi, berikut adalah beberapa usulan untuk memanfaatkan big data dan komputasi awan (Gambar 2) guna meningkatkan sistem penyampaian informasi dan pengumpulan data pada BAPPEDA Nias Utara.

- 1) Implementasikan sistem yang mengintegrasikan analitik *big data* dan komputasi awan untuk memudahkan pengumpulan, analisis, dan penyebaran data terkait layanan publik. Sistem terintegrasi ini akan memungkinkan pemrosesan data secara *real-time* dan penyimpanan di awan, meningkatkan kecepatan dan akurasi pengiriman layanan publik (Lee, 2020).
- 2) Gantikan metode pengumpulan data konvensional dengan alat dan aplikasi pengumpulan data berbasis awan. Manfaatkan aplikasi seluler, survei *online*, dan portal pengisian data yang dapat diakses melalui awan. Pendekatan ini akan mempercepat pengumpulan data, mengurangi pekerjaan manual, dan meningkatkan akurasi data (Nguyen 2015; Leung 2007).
- 3) Terapkan alat analisis data *real-time* yang didukung oleh analitik big data. Hal ini akan memungkinkan wawasan instan terhadap kebutuhan layanan publik, sehingga

memungkinkan respons yang lebih cepat dan pengambilan keputusan yang lebih akurat (Kuldosheva, 2021).

- 4) Transisi ke sistem manajemen dokumen digital untuk menghilangkan kebutuhan dokumen fisik. Manajemen dokumen berbasis awan akan menyederhanakan distribusi informasi dan mengurangi risiko kehilangan atau kerusakan dokumen (Kao & Liu, 2013).
- 5) Manfaatkan saluran komunikasi berbasis awan untuk penyebaran informasi yang lebih cepat dan efisien. Ini dapat mencakup pemberitahuan melalui email, portal web, dan aplikasi seluler untuk komunikasi internal dan eksternal.
- 6) Mekanisme umpan balik bagi warga untuk memberikan masukan dan mengevaluasi kualitas layanan publik. (Grimaldi et al., 2015) menyatakan bahwa analisis umpan balik ini menggunakan teknik big data untuk melakukan perbaikan berkelanjutan.
- 7) Kembangkan dasbor pemantauan dan pelaporan berbasis awan yang memungkinkan pengawas dan manajemen untuk melacak perkembangan proyek layanan publik secara *real-time*. Usulan-usulan ini bertujuan untuk memodernisasi sistem layanan publik dengan memanfaatkan potensi big data dan komputasi awan.

Pengumpulan Data *Cloud Computing*

Dalam sistem konvensional, pengumpulan data dilakukan oleh tim lapangan secara manual. Ini mencakup proses kunjungan lapangan untuk mengumpulkan data dari berbagai sumber, termasuk surat menyurat dan sumber lain yang relevan. Proses manual ini memerlukan banyak waktu dan sumber daya. Sistem baru memanfaatkan teknologi *big data* untuk mengumpulkan data dari berbagai sumber secara lebih efisien. Data dapat diperoleh dalam waktu nyata dan secara otomatis. Teknologi ini mengurangi ketergantungan pada kunjungan lapangan yang memakan waktu.

Analisis Data

Data dalam sistem konvensional seringkali memerlukan waktu yang lama dalam manajemennya. Data harus diolah, dianalisis, dan disusun secara manual. Keterbatasan waktu seringkali menjadi hambatan dalam situasi darurat atau pengambilan keputusan yang cepat. Teknologi *big data* memungkinkan analisis data yang lebih cepat dan akurat. Algoritma dan model analitik digunakan untuk mengidentifikasi pola dan tren dalam data. Hasil analisis dapat digunakan untuk memahami kebutuhan publik secara lebih efisien.

Distribusi Informasi *Cloud Computing*

Distribusi informasi dalam bentuk surat fisik memerlukan waktu dan seringkali mengalami keterlambatan. Surat-surat harus melalui proses disposisi sebelum disampaikan. Informasi dan hasil analisis data disimpan dalam sistem *cloud-based* document management. Ini memungkinkan akses yang lebih cepat dan fleksibel oleh berbagai pemangku kepentingan dalam organisasi.

Monitoring dan Evaluasi *Cloud Computing*

Monitoring dan evaluasi dalam sistem konvensional seringkali mengandalkan laporan manual. Hal ini dapat mengakibatkan keterlambatan dalam mendapatkan data terbaru. Data dapat dimonitor secara *real-time* dalam sistem baru. Hasil evaluasi dapat diperoleh lebih cepat dan dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat.

Pengiriman Informasi dan Layanan Publik *Cloud Computing*

Pengiriman informasi dan layanan publik terbatas pada surat fisik dan metode konvensional. Umpan balik dari masyarakat mungkin memerlukan waktu untuk diproses. Informasi dan layanan publik dapat disampaikan melalui berbagai saluran digital, seperti aplikasi seluler dan portal web. Masyarakat dapat memberikan umpan balik secara langsung, memungkinkan respons yang lebih cepat terhadap kebutuhan mereka.

Rasionalitas penggunaan teknologi berbasis *big data* dan *cloud computing* yang digunakan BAPPEDA Nias Utara adalah untuk meningkatkan efisiensi, kecepatan, dan akurasi dalam pengelolaan *public service*. Teknologi ini memungkinkan organisasi untuk merespons kebutuhan masyarakat dengan lebih cepat, mengurangi ketergantungan pada proses manual yang lambat, dan

memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih informasi. Berbagai pemangku kepentingan dalam organisasi yang dapat mengakses informasi dan hasil analisis. Penerapan teknologi berbasis *big data* dan *cloud computing* adalah langkah yang rasional untuk meningkatkan efisiensi, kecepatan, dan akurasi dalam pengelolaan *public service* di BAPPEDA Nias Utara. Teknologi ini memberikan manfaat signifikan dalam meningkatkan pelayanan kepada masyarakat.

Kesimpulan

Penggunaan teknologi *big data* memungkinkan pengumpulan data yang lebih cepat, analisis data yang lebih akurat, dan pemantauan *real-time*. Hal ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih tepat waktu dan respons yang lebih cepat terhadap kebutuhan masyarakat. Penggunaan teknologi awan memungkinkan penyimpanan dan distribusi informasi yang lebih efisien, menggantikan metode konvensional yang cenderung lambat dan rentan terhadap keterlambatan.

Dalam sistem berbasis *big data* dan komputasi awan, peran litbang tetap penting. Mereka dapat menjadi penggerak utama dalam mengadopsi teknologi modern ini, karena mereka memerlukan data *real-time* untuk evaluasi dan pengembangan kebijakan yang mendukung pembangunan daerah.

Dalam keseluruhan sistem yang diusulkan, terdapat beberapa manfaat utama, termasuk pengumpulan data yang lebih efisien, analisis yang lebih cepat, penyampaian informasi yang lebih responsif, dan pengambilan keputusan yang lebih akurat. Hal ini akan membantu meningkatkan layanan publik dan mendukung perencanaan pembangunan yang lebih baik di BAPPEDA Nias Utara.

Penggunaan teknologi modern ini tidak hanya merupakan langkah ilmiah yang rasional tetapi juga merupakan respons terhadap kendala dan keterbatasan dalam sistem konvensional yang telah ada. Dengan demikian, perubahan menuju sistem berbasis *big data* dan komputasi awan dapat membawa dampak positif yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas layanan publik di BAPPEDA Nias Utara.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada orang-orang berperan penting yang membantu dalam proyek penulis. Ucapan terimakasih juga dapat ditujukan kepada instansi yang mendanai proyek penulis.

Referensi

- Barrington-Leigh, C. P. (2008). *Weather as a transient influence on survey-reported satisfaction with life*.
- Bhatnagar, S. (2014). *Public Service Delivery: Role of Information and Communication Technology in Improving Governance and Development Impact*. www.adb.org
- Cacciattolo, K. (2016). A Comparison of Depth Interviews and Observations as Methods of Data Collection. *Sixteenth International Conference on Knowledge, Culture, and Change in Organizations*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1377.4564>.
- Evans, J. R., & Mathur, A. (2005). The value of online surveys.



- Internet Research*, 15(2), 195–219.
<https://doi.org/10.1108/10662240510590360>.
- Giri, S. (2020). *Digital technologies and service delivery*.
<https://www.researchgate.net/publication/338986558>.
- Grigalashvili, V. (2023). Digital Government and Digital Governance: Grand Concept. *International Journal of Scientific and Management Research*, 06(01), 01–25.
<https://doi.org/10.37502/ijsmr.2023.6201>.
- Grimaldi, D., Persico, V., Pescapé, A., Salvi, A., & Santini, S. (2015). A feedback-control approach for resource management in public clouds. *IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*, 1–7.
<http://www.comics.traffic.unina.it/cloud>.
- Harlow, A. (2010). Online surveys-possibilities, pitfalls and practicalities: The experience of the TELA evaluation. *Waikato Journal of Education*, 15(2), 95–108.
- Jamshed, S. (2014). Qualitative research method-interviewing and observation. *Journal of Basic and Clinical Pharmacy*, 5(4), 87.
<https://doi.org/10.4103/0976-0105.141942>.
- Kao, C. H., & Liu, S. T. (2013). Development of a Document Management System for Private Cloud Environment. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 73, 424–429.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.02.071>.
- Kawulich, B. (2015). Collecting data through observation. In *Doing Social Research: A Global Context* (pp. 150–160). McGraw Hill.
<https://www.researchgate.net/publication/257944783>.
- Kuldosheva, G. (2021). Challenges and opportunities of digital transformation in the public sector in transition economies: Examination of the case of Uzbekistan. *ADB Working Paper Series*, 1248.
<https://www.adb.org/publications/challenges-opportunities-digital-transformation-uzbekistan>.
- Kumar Sahoo, R. (2022). Interview as a Tool for Data Collection in Educational Research. In *Tools of Data Collection in Educational Research*. Lucky International.
<https://www.researchgate.net/publication/360313105>.
- Lawal, H. (2022). *Information service delivery and role of 21st century librarian*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19460.40327>.
- Lee, J. W. (2020). Big data strategies for government, society and policy-making. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 7(7), 475–487.
<https://doi.org/10.13106/jafeb.2020.vol7.no7.475>.
- Mwita, K. (2022). Factors to Consider when Using Qualitative Interviews in Data Collection. *Article in Social Sciences Humanities and Education Journal (SHE Journal)*, 3(3), 313–323.
<https://doi.org/10.25273/she.v3i3.13919>.
- Nguyen, P.-V., Lim, J. P.-H., Budianto, I.-H., & Gan, S. K.-E. (2015). PsychVeyApp: Research survey app. *Scientific Phone Apps and Mobile Devices*, 1(3), 1–4.
<https://doi.org/10.1186/s41070-015-0002-1>.
- Paygude, P., & Devale, P. R. (2013). Automated Data Validation Testing Tool for Data Migration Quality Assurance. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 3(1), 59–603.
- Redman, T. C. (1998). Impact of poor data quality on the typical enterprise. *Communications of the ACM*, 41(2), 79–82.
<https://doi.org/10.1145/269012.269025>.
- Singh, L. (2011). Accuracy of Web Survey Data: The State Of Research on Factual Questions in Surveys. *Information Management and Business Review*, 3(2), 48–56.
<https://doi.org/10.22610/imbr.v3i2.916>.
- Stembert, N., Conradie, P., Mulder, I., & Choenni, S. (2013). Participatory data gathering for public sector reuse: Lessons learned from traditional initiatives. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 8074 LNCS, 87–98.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-40358-3_8.
- Uhlig, C. E., Seitz, B., Eter, N., Promesberger, J., & Busse, H. (2014). Efficiencies of internet-based digital and paper-based scientific surveys and the estimated costs and time for different-sized cohorts. *PLoS ONE*, 9(10), 1–11.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108441>.
- Xu, J. (2023). An accurate management method of public services based on big data and cloud computing. *Journal of Cloud Computing*, 12(1).
<https://doi.org/10.1186/s13677-023-00456-0>.



Penggunaan EPAKSI Dalam Rangka Penentuan Prioritas Penanganan Dan Pengelolaan DI. Nonsain Kabupaten Sumenep

Fariasih Hartati Rachman

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ fariasih.hartati@gmail.com

Pendahuluan

Irigasi berasal dari istilah irrigatie dalam bahasa belanda atau *irrigation* dalam bahasa inggris. Irigasi dapat diartikan sebagai suatu usaha untuk mendatangkan air dari sumbernya pada area pertanian guna kebutuhan tanaman secara teratur (Abdulah dan Kisman, 2014). Adapun tujuan irigasi pada suatu daerah adalah upaya untuk penyediaan dan pengaturan air untuk menunjang kegiatan pertanian, dari sumber air ke daerah yang memerlukan dan mendistribusikan secara teknis dan sistematis. Masalah utama irigasi yang sering terjadi meliputi pendangkalan waduk, pendangkalan bendung, dan kanal, kerusakan saluran, dll akibat lemahnya sistem irigasi.

Sistem irigasi meliputi prasarana irigasi, air irigasi, manajemen irigasi, kelembagaan pengelolaan irigasi, dan sumber daya manusia. Sedangkan Jaringan irigasi adalah saluran, bangunan, dan bangunan pelengkap yang merupakan satu kesatuan yang diperlukan untuk penyediaan, pembagian, pemberian, penggunaan dan pembuangan sisa air irigasi. Oleh karena itu sistem irigasi yang baik sangat berpengaruh besar terhadap produktivitas pertanian yang menjadi program pemerintah untuk mendukung ketahanan pangan.

Upaya pemerintah untuk menciptakan ketahanan pangan ini adalah meningkatkan produktivitas di bidang pertanian. Salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas di bidang pertanian adalah dengan peningkatan pelayanan terhadap kebutuhan air yang salah satunya berupa peningkatan infrastruktur irigasi (Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 2020). Undang-undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Pengairan, mengamanatkan untuk mengembangkan dan mengelola sistem irigasi sebagai satu kesatuan sistem pada daerah irigasi yang menjadi kewenangan Pemerintah Daerah

Daerah Nonsain merupakan salah satu Daerah Irigasi Di Kabupaten Sumenep yang mempunyai potensi air besar dan tersedia sepanjang tahun dengan luas areal 78 Ha. Sistem Irigasinya adalah irigasi teknis dengan kondisi sistem irigasi dalam bentuk prasarana fisik, seperti bendung, bangunan bagi, bangunan sadap dan saluran irigasi masih banyak yang mengalami kerusakan. Sedangkan pada aspek non-fisik lainnya masih belum menjadi prioritas penanganan. Atas dasar hal tersebut, maka dilakukan penelitian mengenai penentuan prioritas penanganan dan pengelolaan irigasi berdasarkan hasil EPAKSI pada Daerah Irigasi tersebut. Tujuan penentuan prioritas penanganan sistem irigasi adalah untuk menentukan komponen mana yang paling mendesak membutuhkan pemeliharaan, rehabilitasi, peningkatan maupun Pembangunan baru. Berdasarkan hasil penilaian IKSI pada 6 komponen yang ada dibandingkan dengan nilai maksimum yang diharapkan sesuai dengan Permen PU No.12/PRT/M/2015, dapat disimpulkan bahwa komponen prioritas utama yang harus dilakukan penanganan adalah aspek prasarana fisik. Nilai prasarana fisik yang ada masih jauh dari nilai maksimum yaitu kurang 33 %. Untuk meningkatkan nilai prasarana fisik tersebut maka dapat dilakukan perbaikan pada item yang memiliki nilai rendah yaitu bangunan pada saluran pembawa dan saluran pembuang

kabupaten/kota. Untuk melakukan peningkatan produktivitas di bidang pertanian tersebut perlu memperhatikan 6 aspek yang sangat berpengaruh kepada keberhasilan sistem irigasi yaitu prasarana fisik, produktivitas tanam, sarana penunjang, organisasi personalia, dokumentasi dan P3A (Direktorat Bina Operasi dan Pemeliharaan, 2019).

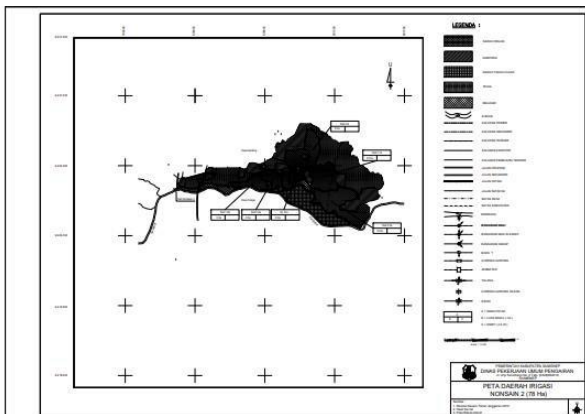
Oleh karena itu, untuk menentukan skala prioritas penanganan, jenis penanganan dan pengalokasian anggaran pada 6 aspek tersebut harus mempunyai dasar yang bisa dipertanggungjawabkan, hal tersebut perlu dikaji sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Permen PUPR No. 12/PRT/M/2015 tentang Eksploitasi dan Pemeliharaan.

Daerah Irigasi (DI) Nonsain terletak dalam wilayah Daerah Aliran Sungai sungai Ampelas dan secara administratif masuk dalam wilayah Desa Talaga Kecamatan Ganding. Daerah Irigasi Nonsain merupakan salah satu Daerah Irigasi di Kabupaten Sumenep dengan potensi air yang cukup besar dan selalu ada sepanjang tahun. Karena selain Sungai daerah irigasi nonsain disuplai oleh beberapa sumber mata air. Kondisi sistem irigasi pada Daerah Irigasi Nonsain dalam bentuk prasarana fisik, seperti bendung, bangunan bagi, bangunan sadap dan saluran irigasi banyak mengalami kerusakan. Sedangkan pada aspek non-fisik lainnya juga masih belum menjadi prioritas penanganan dan pengelolaan.

Atas dasar hal tersebut, maka dilakukan penelitian mengenai penentuan prioritas penanganan dan pengelolaan berdasarkan hasil EPAKSI pada Daerah Irigasi Nonsain, Kabupaten Sumenep. Sehingga diharapkan dapat diperoleh data serta informasi mengenai kondisi sistem irigasi dari suatu Daerah Irigasi yang dapat dijadikan acuan dalam rangka penentuan prioritas penanganan program pekerjaan dan pengelolaan irigasinya.

Metode

Penelitian ini dilakukan pada Daerah Irigasi Nonsain seluas 78 Ha. Daerah Irigasi Nonsain berada dibawah Kewenangan Kabupaten Sumenep. Pola tanam yang diterapkan untuk daerah irigasi ini adalah padi-padi-palawija. Sehingga secara umum, komoditas pertanian yang dihasilkan adalah Padi dan Palawija. Daerah irigasi Nonsain tergolong dalam jaringan irigasi teknis yang sudah dilengkapi dengan bangunan pengatur dan bangunan pengukur air irigasi. Untuk cakupan wilayahnya berada di Kecamatan Ganding Kabupaten Sumenep.



Gambar 1 Peta Daerah Irigasi Nonsain

Alat dan bahan yang dipergunakan berupa Aplikasi EPAKSI pada *handphone* android yang berbasis SIG yang memanfaatkan peta citra satelit dari google, dimana Aplikasi ini dapat dipergunakan untuk penelusuran aset irigasi (PAI) dan melakukan penilaian indeks kinerja irigasi (IKSI) yang dapat bekerja secara *online* maupun *offline*.

Pengumpulan data terdiri dari inventarisasi data primer dan data sekunder. Dimana data primer diperoleh dari penelusuran jaringan irigasi mulai dari bendung sampai dengan bangunan bagi terakhir pada saluran sekunder untuk memperoleh data aset irigasi dan data pengelolaan irigasi lainnya. Sedangkan data sekunder diperoleh dari berbagai sumber yang diperoleh dari kelembagaan Pengelola Irigasi (KPI) yang nantinya diperlukan untuk kegiatan Analisa.

Penentuan prioritas penanganan sistem irigasi berdasarkan hasil EPAKSI Evaluasi kinerja jaringan irigasi didasarkan pada enam parameter berikut:

- Aspek Prasarana Fisik
- Aspek Produktivitas Tanam
- Aspek Sarana Penunjang
- Aspek Organisasi Personalia
- Aspek Dokumentasi
- Aspek P3A

Kriteria evaluasi Menteri Pekerjaan Umum No. 12/PRT/M/2015 digunakan dalam penilaian kinerja irigasi ini. Tujuan penentuan prioritas penanganan sistem irigasi adalah untuk menentukan komponen mana yang paling mendesak membutuhkan pemeliharaan, rehabilitasi, peningkatan ataupun Pembangunan baru.

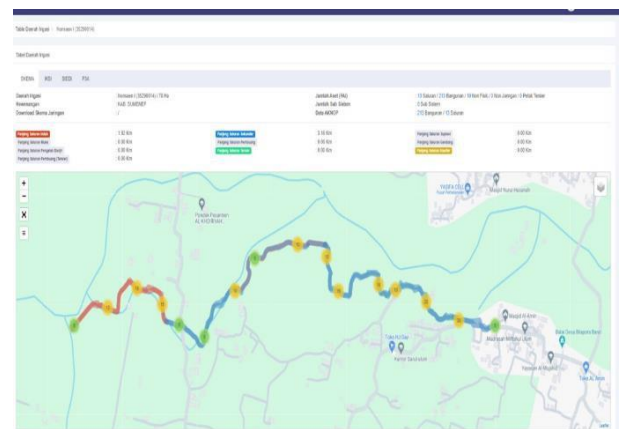
Hasil Kerja

Penilaian kinerja sistem irigasi pada Daerah Irigasi Nonsain ini dibatasi pada sistem irigasi utama yang menjadi Kewenangan Pemerintah Kabupaten Sumenep. Proses penentuan prioritas penanganan pada Daerah Irigasi ini berdasarkan hasil EPAKSI diawali oleh survey Pengelolaan Aset Irigasi (PAI) dengan melakukan penelusuran jaringan irigasi dari hulu sampai hilir mulai bendung sampai bangunan terakhir. Kemudian setelah itu dilakukan survey Indeks Kinerja Sistem Irigasi (IKSI), karena survey IKSI dapat dilakukan setelah menyelesaikan survey PAI. Survey IKSI juga dilakukan dengan melakukan penelusuran jaringan irigasi dari hulu sampai hilir. Perbedaannya adalah survei PAI melakukan pendataan aset namun survey IKSI melakukan penilaian kinerja aset yang telah didata pada aspek prasarana fisik kemudian dilakukan analisa data sekunder untuk aspek produktivitas tanam, sarana penunjang, organisasi personalia, dokumentasi dan P3A (Direktorat Bina Operasi Dan Pemeliharaan, 2019). Berikut ini merupakan gambaran kondisi Daerah Irigasi Nonsain.



Gambar 2 Foto Jaringan Irigasi Nonsain

Pengelolaan aset irigasi dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif sederhana terhadap kategori dan indikator-indikator dari setiap aset yang dinilai yang telah ditentukan pada aplikasi EPAKSI berdasarkan buku juklak (petunjuk pelaksanaan) dan juknis (petunjuk teknis) EPAKSI. Berikut ini merupakan hasil PAI Daerah Nonsain



Gambar 3 Hasil Penelusuran EPAKSI DI Nonsain



HASIL PENELUSURAN PAI
Hasil Penilaian Indeks Kinerja Sistem Irigasi (IKSI)

Nama Aset	Jumlah
Jumlah Bendung	1
Panjang Saluran Primer	1,92 km
Panjang Saluran Sekunder	3,16 km
Jumlah Bangunan Bagi/Sadap/Bagi Sadap	13
Jumlah Bangunan Ukur	12
Jumlah Tangga Cuci	71
Jumlah Tempat Mandi Hewan	13
Jumlah Oncoran	63
Jumlah Jembatan	7
Jumlah inlet	10
Jumlah terjunan	22
Jumlah Gorong gorong	1

1. Prasarana Fisik

Pada penilaian Prasarana Fisik semua dinilai dari bangunan utama hingga bangunan akhir dengan ketentuan kriteria Permen PU No.12/PR/M/2015. Berdasarkan hasil penilaian didapatkan nilai sebagai

Urutan	Bobot Final %
1	2
I. PRASARANA FISIK	11,81
1. Bangunan Utama	3,68
1.1. Tubuh Bangunan	1,28
a. Muro	0,30
b. Sayap	0,23
c. Lantai Bendung	0,30
d. Tanggul penutup hulu dan hilir	0,30
e. Jembatan (dilas mencup/pelayaran)	0,08
f. Papan Operasi	0,00
g. Mistar ukur	0,08
h. Pagar pengaman	0,00
1.2. Pintu-pintu dan roda gigi dapat dioperasikan.	2,40
a. Pintu Pengambilan	1,20
b. Pintu Penguras Bendung	1,20
2. Saluran Pembawa	3,52
2.1. Kapasitas tiap saluran cukup untuk membawa debit kebutuhan / Rencana maksimum.	1,76
2.2. Tinggi tanggul cukup untuk menghindari limpahan setiap saat selama pengoperasian.	0,70
2.3. Semua perbaikan saluran telah selesai.	1,05
3. Bangunan pada saluran pembawa	3,14
3.1. Bangunan Pengatur (Bagi / Bagi Sadap / Sadap) lengkap dan berfungsi.	0,73
a. Setiap asat dan setiap bangunan pengatur perlu Saluran Induk dan Sekunder	0,35
b. Pada setiap sadap tersier.	0,38
3.2. Pengukuran debit dapat dilakukan sesuai rencana operasi DI	0,73
a. Pada Bangunan Pengambilan (Bendung / intake).	0,41
b. Pada tiap bangunan pengatur (Bagi / Bagi Sadap / Sadap)	0,32
c. Pada setiap sadap tersier.	0,00

2. Produktivitas tanaman

Produktivitas adalah Suatu nilai yang menunjukkan rata-rata hasil produksi per komoditi per satuan luas tanaman

II. PRODUKTIVITAS TANAM (Tahun sebelumnya)	13,36
1. Pemenuhan kebutuhan air (Faktor K)	8,22
2. Realisasi luas tanam (e)	3,18
Luas Fungsional (Ha)	78,00 (a)
Musim Tanam	Realisasi Tanam (Ha)
-MT. I	78,00
-MT. II	78,00
-MT. III	30,00
Areal Tanam =Jumlah I,II,III	186,00 (b)
IP Maks (%)	300 (c)
Indeks Pertanaman (IP)	238,46 (d)
yang ada = (b)/(a)x100 %	
Prosentase Realisasi Luas Tanam = (d)/(c)x100 %	79,49 (e)
3. Produktivitas Padi (c)	1,96
Produktivitas padi rata-rata (ton / ha)	6,13 (a)
Produktivitas padi yang ada (ton / ha)	6,00 (b)
Prosentase Produktivitas padi = (b)/(a)x100 %	97,88 (c)
Bila produktivitas padi yang ada > produktivitas rata-rata maka Prosentase Produktivitas padi (c) ditulis 100 %.	

3. Sarana Penunjang

Penilaian Sarana Penunjang memiliki 4 parameter yang harus dinilai , keempat parameter tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut.

III. SARANA PENUNJANG	7,00	100	70,00	10,00
1. Peralatan O&P:	2,80	100	70,00	4,00
1.1. Alat pokok untuk pemeliharaan rutin	1,40	50	70,00	2,00
1.2. Perlengkapan personil untuk operasi	0,35	12,5	70,00	0,50
1.3. Peralatan berat untuk pembersihan lumpur dan pemeliharaan tanggul	1,05	37,5	70,00	1,50
2. Transportasi	1,40	100	70,00	2,00
2.1. Ranting/Pengamat/UPTD (Sepeda motor)	0,70	50	70,00	1,00
2.2. Mantri/Juru (Sepeda motor)	0,35	25	70,00	0,50
2.3. DPA (Sepeda motor)	0,35	25	70,00	0,50
3. Alat-alat kantor Ranting/Pengamat/UPTD	1,40	100	70,00	2,00
3.1. Perabot dasar untuk kantor	0,70	50	70,00	1,00
3.2. Alat kerja di kantor (komputer dan printer)	0,70	50	70,00	1,00
4. Alat Komunikasi	1,40	100	70,00	2,00
4.1. Jaringan komunikasi yang memadai untuk Ranting/Pengamat/UPTD - Balai PSDA - Bag Pel Kegiatan.	1,40	100	70,00	2,00

4. Personalia

Hasil penilaian untuk organisasi personalia dapat dilihat dengan rincian sebagai berikut.

IV. ORGANISASI PERSONALIA	10,42
1. Organisasi O&P telah disusun dengan batasan-batasan tanggung jawab dan tugas yang jelas.	3,50
1.1. Ranting/Pengamat/UPTD	1,40
1.2. Mantri/Juru	1,40
1.3. PPA	0,70
2. Personalia	6,92
2.1. Kuantitas/Jumlah sesuai dengan kebutuhan	2,80
- Ranting/Pengamat/UPTD	0,70
- Mantri/Juru	0,70
- PPA	1,40
2.2. > 70 % PPA Pegawai Negeri (bila => 70 % bobot bagian 100 %)	1,40
2.3. Semua sudah paham OP	2,72
- Ranting/Pengamat/UPTD	0,62
- Mantri/Juru	1,40
- PPA	0,70



5. Dokumentasi

Penilaian dokumentasi mendapatkan nilai sebagai berikut.

V. DOKUMENTASI	3,10
1. Buku Data DI.	1,40
2. Peta dan gambar-gambar	1,70
2.1. Data dinding di Kantor	0,70
2.2. Gambar pumalaksana	0,50
2.3. Skema DI , Skema Bangunan dan peta ikhtisar	0,50

6. Perkumpulan Petani Pemakai Air

VI. PERKUMPULAN PETANI PEMAKAI AIR (GP3A/IP3A)	3,83
A. Jumlah P3A Desa = 2 Bh	
B. Jumlah GP3A = 1 Bh	
C. Jumlah IP3A = 1 Bh	
Jumlah b+c = 2 Bh	
1. GP3A / IP3A sudah berbadan Hukum	28
2. Kondisi Kelembagaan GP3A / IP3A	15
- Berkembang (100 %)	
- Sedang berkembang (60 %)	
- Belum berkembang (30 %)	
3. Rapat GP3A / IP3A dengan Ranting/Pengamat/UPTD.	60
- 1/2 bulan sekali (100 %)	
- 1 bulan sekali (60 %)	
- Ada tidak teratur (40 %)	
- Belum ada (0 %)	
4. GP3A/IP3A aktif mengikuti survei/penelusuran jaringan.	0,30
5. Partisipasi GP3A/IP3A dalam perbaikan jaringan dan penanganan Bencana Alam.	0,60
6. Iuran GP3A/IP3A digunakan untuk perbaikan jaringan	0,60
- Tersier (100 %)	
7. Partisipasi GP3A/IP3A dalam perencanaan Tata Tanam dan Pengalokasian Air.	0,30

Rekapitulasi Penilaian IKSI

No	Komponen (sistem irigasi utama)	Indeks kondisi yang ada (%)
1	Prasarana fisik	11.61
2	Produktivitas Tanam	13.36
3	Sarana Penunjang	7.00
4	Organisasi Personalia	10.42
5	Dokumentasi	3.10
6	Perkumpulan Petani Pemakai Air	3.83
Jumlah		49.32

Dari tabel diatas dapat ditarik kesimpulan untuk Daerah Irigasi Nonsain diklasifikasikan ke dalam kondisi kinerja kurang dan perlu perhatian.

HASIL PENILAIAN INDEKS KINERJA IRIGASI (IKSI)

No	Komponen (sistem irigasi utama)	Indeks kondisi yang ada (%)	Indeks Maksimum Yang Harus Dicapai (%)	Selisih (%)
1	Prasarana fisik	11.61	45.00	33.39
2	Produktivitas Tanam	13.36	15.00	1.64
3	Sarana Penunjang	7.00	10.00	3.00
4	Organisasi Personalia	10.42	15.00	4.58
5	Dokumentasi	3.10	5.00	1.90
6	Perkumpulan Petani Pemakai Air	3.83	10.00	6.17

Dari tabel tersebut diketahui bahwa selisih tertinggi adalah prasarana fisik yang artinya masih memerlukan banyak penanganan untuk dapat mencapai nilai maksimum .

Kesimpulan

Hasil Penerapan EPAKSI dapat disimpulkan bahwa indeks yang ada dari keenam komponen semuanya berada dibawah indeks yang harus dicapai sesuai dengan ketentuan Permen PU 197 No.12/PRT/M/2015, komponen prioritas utama yang harus dilakukan penanganan adalah aspek prasarana fisik yang nilainya hanya mencapai 11,61 %. Untuk meningkatkan nilai indeks tersebut perlu dilakukan perbaikan/rehabilitasi pada prasarana fisik yang ada baik di saluran pembawa maupun saluran pembuang.

Selanjutnya harus dilakukan penanganan pada aspek-aspek atau komponen yang lain sesuai urutan prioritasnya dengan merujuk pada hasil EPAKSI oleh kelembagaan Pengelola Irigasi yang ada.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan syukur yang sedalam dalamnya kepada ALLAH SWT, dan Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing saya, Ibu Ir. Dra. Adriana Anteng Anggorowati, M.Si. atas segala arahan dan bimbingannya dalam penyusunan artikel ini. Berikutnya ucapan terima kasih kepada teman teman surveyor dan operator EPAKSI dan semua pihak yang telah membantu dan mendukung terlaksananya pekerjaan.



Referensi

Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang Kabupaten Sumenep
(2022), Laporan akhir pekerjaan Perencanaan EPAKSI

Direktorat Bina Operasi Dan Pemeliharaan, (2019), Petunjuk
Pelaksanaan (Juklak) Pengelolaan Aset dan Kinerja
Sistem Irigasi (PAKSI), Direktorat Jenderal Sumber daya
Air Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan
Rakyat, Jakarta

Direktorat Bina Operasi dan Pemeliharaan, (2019), Buku
Petunjuk Teknis Pengelolaan Aset dan Kinerja Sistem
Irigasi (PAKSI) Modul Pengelolaan Aset Irigasi (PAI)
Prosedur Pengelolaan Aset Irigasi (PAI), Direktorat
Jenderal Sumberdaya Air Kementerian Pekerjaan
Umum dan Perumahan Rakyat.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
No. 12/PRT/M/2015 tentang Eksploitasi dan
Pemeliharaan Jaringan Irigasi.



Desain Struktur Bangunan Untuk Hunian Tetap dan Gedung Laboratorium Sekolah, yang Aman terhadap Gempa

Wahidin Syaiful Bahri¹ Laura Fransisca
Siahaan² Suratno Lourentius³

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ w.syaifulbahri@yahoo.com

² Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ fransisca.laura.fl@gmail.com

³ Dosen Pembimbing Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ suratno.lourentius@ukwms.ac.id

Pendahuluan

Di berbagai belahan dunia, wilayah bencana alam menjadi semakin rawan terhadap berbagai ancaman seperti gempa bumi, likuifaksi, banjir, badai tropis, tanah longsor, dan bencana alam lainnya. Salah satu aspek yang sangat kritis dalam menghadapi ancaman ini adalah penyediaan hunian tetap yang aman dan tahan bencana bagi masyarakat yang tinggal di wilayah-wilayah ini.

Pemerintah dan beberapa lembaga dan organisasi yang bergerak dalam bidang shelter telah mengutamakan pembangunan hunian tetap yang tahan atau aman bencana dalam beberapa tahun terakhir. Tujuan utamanya adalah mempromosikan pembangunan yang berkelanjutan dan mengurangi risiko kehilangan nyawa dan harta benda akibat bencana alam. Untuk mencapai tujuan ini, teknik terbaik dalam rekayasa hunian tetap telah dikembangkan.

Meskipun kesadaran akan pentingnya bangunan yang aman terhadap gempa telah meningkat, masih ada banyak masalah yang perlu diatasi. Ini termasuk mengembangkan model rekayasa yang sesuai dengan berbagai jenis bencana, memahami material konstruksi yang tepat, memasukkan elemen sosial dan ekonomi dalam perencanaan hunian tetap, dan mengetahui seberapa efektif praktik yang dilaksanakan.

Kabupaten Sigi, khususnya Kecamatan Sigi Biromaru merupakan salah satu wilayah yang paling terdampak dari gempa bumi dan likuifaksi yang terjadi pada tanggal 28 September 2018 di provinsi Sulawesi Tengah, Indonesia. Tsunami dan tanah longsor merusak banyak rumah dan infrastruktur di sekitar gempa 7,5 SR. Bencana ini menyebabkan kerusakan yang signifikan, kehilangan harta benda dan nyawa, dan meninggalkan ribuan orang tanpa rumah. Bencana ini menunjukkan betapa rentannya wilayah tersebut terhadap gempa bumi dan bencana alam lainnya, dan betapa pentingnya bangunan yang tahan terhadap bencana.

Keamanan struktur bangunan, telah menjadi prioritas utama saat membangun kembali wilayah Sigi setelah

Dalam menghadapi daerah yang rawan gempa, pemilihan struktur bangunan dan metode Pembangunan menjadi sangat krusial. Langkah ini bukan hanya untuk memastikan ketahanan fisik bangunan terhadap guncangan, tetapi juga sebagai Upaya pencegahan. Bangunan yang dibangun dengan benar, tidak hanya kuat dan aman, tetapi juga dapat menjadi penyelamat nyawa. Dengan mengutamakan keamanan structural, kita tidak hanya memitigasi kerugian material, tetapi juga resiko korban jiwa bila bencana gempa datang.

Manajemen proyek di masa pasca bencana sangat penting untuk menjadi perhatian, karena pada waktu yang bersamaan Pemerintah dan Lembaga lain juga membangun, sehingga kebutuhan sumber daya yang ada, seperti material dan Tukang.

bencana. Dalam membangun hunian-hunian tetap dan fasilitas umum sangat memperhatikan aturan teknis yang berlaku. Lokasi pembangunan pun dipilih dengan hati-hati, berada di luar zona merah lokasi likuifaksi. Hal ini dilakukan untuk mengurangi efek bencana pada masa mendatang.

Perencanaan dan desain bergantung pada pemahaman tentang struktur tanah di daerah tersebut. Oleh karena itu, tujuan dari pembangunan di wilayah Sigi tidak hanya membangun kembali, tetapi juga memastikan bahwa setiap bangunan memiliki ketahanan gempa, sehingga penduduk setempat tinggal di lingkungan yang aman dan tahan bencana. Pondasi telapak adalah metode pelaksanaan yang dipilih untuk pondasi karena karakteristik tanah tersebut. Pondasi telapak dipilih karena dapat memberikan stabilitas struktural yang optimal pada tanah dangkal. Jenis Pondasi ini memungkinkan beban bangunan didistribusikan secara merata ke seluruh permukaan pondasi, mengurangi tekanan di setiap titik dan mengurangi kemungkinan pergeseran tanah. Selain itu, pemilihan pondasi ini tidak hanya didasarkan pada keandalan struktural, tetapi juga pada aspek keberlanjutan dan efisiensi konstruksi. Dengan memahami karakteristik tanah dan mengaplikasikan pondasi telapak, pembangunan tidak hanya menciptakan bangunan yang tahan gempa, tetapi juga meminimalkan dampak lingkungan serta meningkatkan efisiensi dalam pelaksanaan proyek konstruksi.

Metode

Metode penelitian yang digunakan oleh penulis pada penelitian ini adalah metode yang mencakup beberapa hal yang membentuk landasan kuat untuk pengembangan bangunan tahan gempa dengan penggunaan pondasi telapak.

Kajian literatur dilakukan untuk merinci teknik-teknik pembangunan bangunan tahan gempa dan penerapan pondasi telapak. Hasil kajian ini menyediakan dasar-dasar teoretis.

Fokus pada karakteristik tanah di lokasi proyek. Dengan penekanan khusus pada aspek-aspek pemilihan pondasi. Informasi ini menjadi kunci dalam pemilihan pondasi telapak, sebagai bagian dari struktur bangunan.

Metode pelaksanaan konstruksi diuraikan dengan jelas. Langkah-langkah instalasi pondasi telapak disajikan dengan gambaran lengkap, termasuk peralatan yang digunakan dan langkah-langkah pengawasan kualitas untuk memastikan keandalan konstruksi. Dengan demikian, pada laporan artikel ini, tidak hanya tergambar secara detail aspek teknis pembangunan, tetapi juga pentingnya pengawasan pada saat pembangunan.

Hasil Kerja

Bangunan yang tahan dan aman terhadap gempa, harus memiliki prinsip :

- Dibangun di lokasi yang aman.
- Memiliki pondasi yang kuat dan benar, yang mampu menahan beban di atas. Pondasi yang digunakan sebaiknya menyesuaikan dengan kondisi geologis di wilayah tersebut.
- Denah bangunan simetris dan sederhana
- Menggunakan material yang bermutu dan aman.
- Bangunan seringan mungkin, misalkan material atap yang digunakan terbuat dari material yang ringan, sehingga Ketika terjadi gempa tidak menimbulkan banyak korban.
- Ikatan setiap sambungan kuat.

Kecamatan Sigi Biromaru, Kabupaten Sigi adalah salah satu lokasi yang terdampak gempa dan likuifaksi tahun 2018. Lokasi ini sangat rentan terhadap bencana.

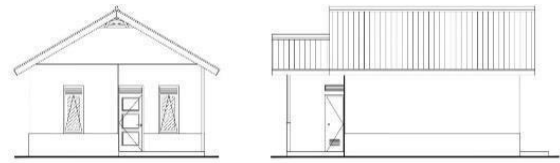
Perencanaan pondasi harus didasarkan pada beberapa hal, yaitu :

- Fungsi bangunan atas yang akan dipikul oleh pondasi tersebut.
- Besarnya berat dan beban bangunan atas.
- Keadaan tanah di mana pondasi tersebut akan dibangun
- Biaya dan waktu pekerjaan.

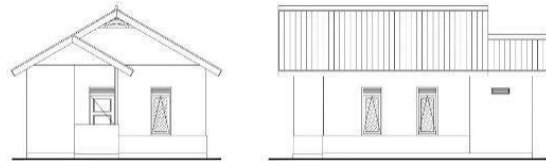
Hunian Tetap di Desa Lolu dan Desa Jono Oge

Konstruksi Bangunan Hunian Tetap di Kecamatan Sigi Biromaru, tepatnya di Desa Lolu dan Desa Jono Oge, yang di bangunan oleh Yayasan Habitat Kemanusiaan Indonesia, adalah konstruksi bangunan yang mempertimbangkan / menggunakan prinsip bangunan yang aman terhadap gempa.

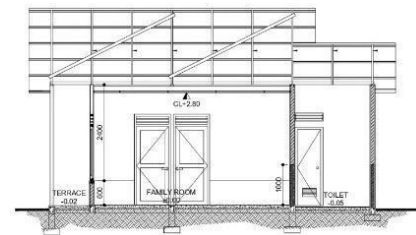
Dari hasil assessment di lokasi, Masyarakat trauma bila menempati hunian / bangunan permanen. Dengan pertimbangan tersebut, maka Hunian Tetap yang dibangun menggunakan konstruksi kombinasi dinding batako dengan struktur baja ringan. Namun untuk bangunan bawah / pondasi tetap mempertimbangan kondisi lokasi. Hunian Tetap ini adalah hunian type 36.



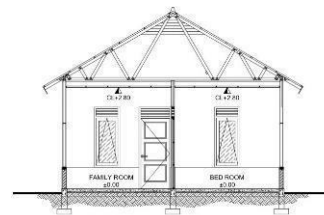
Gambar 1 Tampak Depan & Tampak Samping Kiri Hunian Tetap



Gambar 2 Tampak Belakang & Tampak Samping Kanan Hunian Tetap



Gambar 3 Potongan Memanjang



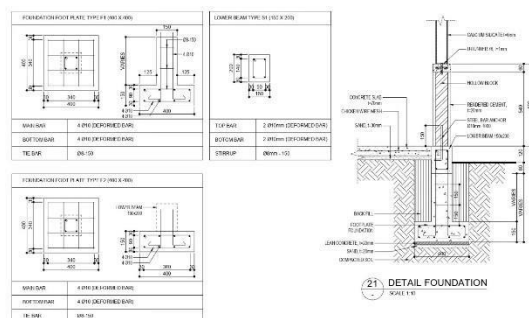
Gambar 4 Potongan Melintang

Jenis pondasi yang digunakan pada bangunan ini adalah pondasi telapak di 12 titik.



Gambar 5 Rencana Pondasi dan Sloof

Pondasi telapak ini berukuran 0,4 x 0,4 m dengan ketebalan 0,15 m, di bangun di kedalaman 0,5 – 1 m di atas permukaan tanah keras (bervariasi), dimana disesuaikan dengan kedalaman tanah keras. Sloof berukuran 0,15 x 0,2 m. Dan, besi utama yang digunakan berdiameter 10 mm, dengan besi 8 sebagai besi sengkangnya.



Struktur Hunian Tetap ini, menggunakan konstruksi baja ringan. Dimana, Kolom menggunakan Hollow besi beukuran 75 x 75 mm, yang di pasangkan Bracket L D10 di bawah n atas Hollow. Rangka dinding yang digunakan adalah U-Runner dengan Uk. 76 mm & Baja Truss C.75 x 28 x 0,65 (yang berfungsi juga sebagai kusen pintu dan jendela). Rangka-rangka ini di sambung dengan menggunakan Bracket yang dimensinya disesuaikan dengan titik pemasangannya (ada yang menggunakan Bracket T ; Bracket L-Sudut ; Bracket L D10). Struktur atap juga menggunakan material baja ringan dan menggunakan atap spadek.



Gambar 7 (a-d) Progres Pembangunan Hunian Tetap

Dinding bangunan terdiri, dinding batako setinggi 0,6 m & silica board setinggi 2,4 m (2 lapis, di bagian luar dan dalam dinding).

Proses Pembangunan 1 Hunian Tetap ini, kurang lebih memakan waktu 21 hari kerja.



Bangunan dengan konstruksi baja ringan, merupakan bangunan yang ringan, dan aman bila terjadi gempa. Namun, hal yang sangat penting untuk diperhatikan adalah pemasangan instalasi listrik.

Pemasangan Instalasi listrik harus dilakukan dengan benar dan aman, mengingat struktur bangunan ini Sebagian besar menggunakan baja, bila ada kesalahan akan sangat berbahaya bagi penghuninya.

Beberapa best practice dalam Pembangunan Hunian Tetap ini , sebagai berikut :

- Tahu keinginan Masyarakat, tentang rumah atau hunian yang mereka harapkan, setelah bencana gempa yang mereka alami.
- Manajemen proyek yang ketat, karena pada waktu yang bersamaan Pemerintah dan Lembaga lain juga membangun, sehingga kebutuhan sumber daya yang ada, seperti material dan Tukang.
- Habitat harus mampu menciptakan tukang yang terampil, dikarenakan di lokasi Pembangunan dan sekitarnya, ketersediaan tukang baja sangat kurang.
- Setelah mendapatkan Pelatihan Konstruksi yang aman, Masyarakat akhirnya tahu dan sadar, bagaimana membangun rumah yang benar dan aman dari bencana gempa.

Gedung Laboratorium SMPN Sidondo

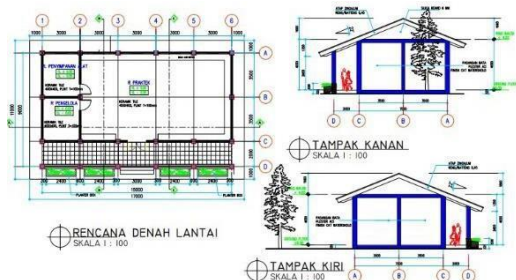
Konstruksi Gedung Laboratorium SMPN 11 di Desa Sidondo Kecamatan Sigi Biromaru, yang di bangunan oleh Yayasan Habitat Kemanusiaan Indonesia, adalah konstruksi bangunan yang mempertimbangkan / menggunakan prinsip bangunan yang aman terhadap gempa.

Dari hasil assessment bangunan lama, ditemukan beberapa kerusakan akibat umur bangunan dan juga makin di perparah oleh bencana gempa.



Gambar 9 Hasil Assessment di SMPN 11 Sidondo

Gedung Laboratorium ini dibangun dengan ukuran 11 x 17 m.

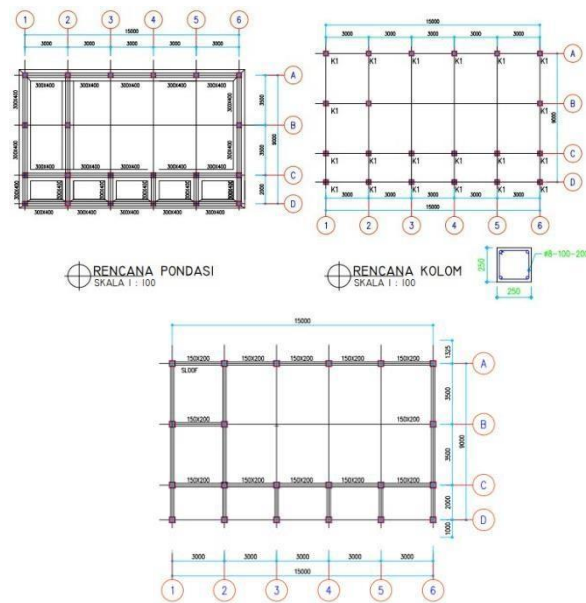


Gambar 10. Denah dan Tampak Samping Kiri & Kanan



Gambar 11. Tampak Depan & Belakang

Dengan struktur bangunan bawah, pondasi telapak ukuran 80 x 80 cm, tebal 20 cm dan kedalaman pondasi 1 m. Pondasi ini di bangun dengan metode pondasi beton menerus.



Gambar 12 (a-c) Rencana Pondasi, Kolom & Sloof



Gambar 13 Struktur Bangunan dari Bangunan Bawah hingga Atas

Titik kritis Pembangunan Gedung ini adalah di teknik pembesian, juga membutuhkan ketelitian dalam perakitan dan pengawasan yang ketat, dikarenakan Gedung ini di bangun di lokasi yang rawan gempa.



Gambar 14 Proses Pembangunan Gedung Laboratorium SPMN 11 Sidondo

Proses Pembangunan Gedung Laboratorium ini, kurang lebih memakan waktu 60 hari kerja.



Gambar 15 Gedung Laboratorium SMPN 11 Sidondo

Beberapa best practice dalam Pembangunan Hunian Tetap ini, sebagai berikut :

- Karena berhubungan dengan Fasilitas Umum, maka membutuhkan perizinan dari instansi terkait (TABG, Tata Ruang, Perkim dan Dinas Pendidikan)
- Manajemen proyek yang ketat, karena pada waktu yang bersamaan Pemerintah dan Lembaga lain juga membangun, sehingga kebutuhan sumber daya yang ada, seperti material dan Tukang.
- Penggunaan pondasi beton menerus, adalah hal yang baru dalam Pembangunan Gedung 1 (satu) lantai. Dan juga pembelajaran untuk tukang local.

Kesimpulan

Ada pun kesimpulan dari artikel di atas, yaitu :

- Dalam menghadapi daerah yang rawan gempa, pemilihan struktur bangunan dan metode Pembangunan menjadi sangat krusial. Langkah ini bukan hanya untuk memastikan ketahanan fisik bangunan terhadap guncangan, tetapi juga sebagai Upaya pencegahan. Bangunan yang dibangun dengan benar, tidak hanya kuat dan aman, tetapi juga dapat menjadi penyelamat nyawa. Dengan mengutamakan keamanan structural, kita tidak hanya memitigasi kerugian material, tetapi juga resiko korban jiwa bila bencana gempa datang.
- Manajemen proyek di masa pasca bencana sangat penting untuk menjadi perhatian, karena pada waktu yang bersamaan Pemerintah dan Lembaga lain juga

membangun, sehingga kebutuhan sumber daya yang ada, seperti material dan Tukang.

Ucapan Terima Kasih

Kepada Tuhan YME, yang telah memberikan berkah dan nikmat kepada kami sampai saat ini, kepada orang tua kami, kepada Habitat for humanity Indonesia yang telah memberikan izin berkarya dan mensupport melanjutkan pendidikan ini, terima kasih juga kepada Bapak Dr. Ir. Suratno Laurentius, M.S. IPM yang telah dengan sabar meluangkan waktunya untuk membimbing kami dalam proses pencapaian pendidikan ini dan juga kepada para bapak ibu dosen PSPI UKWMS.

Referensi

- N O Anidhea dan Suliyanah. Identifikasi Karakteristik Struktur Tanah dan Mitigasi Bencana Likuifaksi di Sulawesi Tengah, Seminar Nasional Fisika (SNF) 2021.
- Akbar W dan Danang W 2020 Agrotekbis:e-J. Ilmu Pertan. 8 (1) 64 – 70.
- Pratiwi Nur Rahmaddi, S.T. Buku Pedoman Survey Kerusakan Bangunan.
- BSN. Bangunan Tahan Gempa berbasis Standar Nasional Indonesia.
- Kementrian PUPR, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan. Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017.
- Kementrian PUPR, PISEW 2023. Buku Saku : Petunjuk Konstruksi Bangunan Sederhana.
- Dep. PU Cipta Karya. Pedoman Teknis : Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa dilengkapi dengan Metode dan Cara Perbaikan Konstruksi. 2006
- Tim Pusat Studi Gempa Nasional. Kajian Gempa Palu Provinsi Sulawesi Tengah 28 September 2018 (M7.4).
- Badan Litbang Kimpraswil, Puslitbang Permukiman, 2002. Tata Cara Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung, SNI-1726-2002.



Pelaksanaan Pemeliharaan Tingkat Berat Pesawat Sukhoi Su-27/30 Di Depo Pemeliharaan 30

Dzul kifli Effendi

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ dz.effendi57@gmail.com

Kehadiran 2 tipe pesawat Su-27 SK dan 14 tipe pesawat Su-30 MK sebagai pesawat tempur buru sergap merupakan Alutsista penting di TNI AU yang saat ini sedang menghadapi berbagai permasalahan yang demikian kompleks. Oleh sebab itu proses penanganan yang dilakukan diharapkan searah dengan langkah-langkah dan kebijakan strategis melalui inovasi terpadu oleh institusi di TNI AU yang dinilai berkompeten. Keberlangsungan kesiapan pesawat Sukhoi sesungguhnya dapat dicapai melalui inisiasi kemandirian dengan menempatkan Depo Pemeliharaan sebagai bagian dari *Military Industry*. Depohar 30 sebagai elemen penting Koharmatau perlu dikelola dengan melibatkan unsur-unsur yang dianggap berkompeten. Untuk selanjutnya, hal-hal yang perlu dilakukan searah dengan pemikiran inovasi ke depan adalah pemanfaatan sumber daya secara optimal, efektivitas *down time* pemeliharaan untuk mencapai efisiensi anggaran, pembentukan unit Sukhoi sesegera mungkin, konversi tingkat pemeliharaan yang dilakukan berupa *Life of Extension* ke dalam format TNI AU (Pemeliharaan Khusus), inventarisasi infrastruktur dan peralatan yang memungkinkan digunakan, pengelolaan personel yang pernah dilibatkan, serta kerja sama formal dengan pihak produsen.

Kata kunci: Pesawat Sukhoi, Alutsista, Permasalahan, Kemandirian

Pendahuluan

Tentara Nasional Indonesia (TNI) merupakan alat Negara yang bertugas menegakkan kedaulatan negara, mempertahankan keutuhan wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia yang berdasarkan Pancasila dan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945, serta melindungi segenap bangsa dan seluruh tumpah darah Indonesia dari ancaman dan gangguan terhadap keutuhan bangsa dan negara. Dalam mendukung tugas dimaksud, TNI AU dilengkapi dengan varian-varian pesawat terbang yang secara kemampuan memerlukan optimasi yang komprehensif dan berkelanjutan. Kehadiran 2 tipe pesawat Su-27 SK dan 14 tipe pesawat Su-30 MK sebagai pesawat tempur buru sergap merupakan Alat Utama Sistem Persenjataan (Alutsista) penting di TNI AU yang saat ini sedang menghadapi berbagai permasalahan yang demikian kompleks. Oleh sebab itu proses penanganan yang dilakukan diharapkan searah dengan langkah-langkah dan kebijakan strategis melalui inovasi terpadu oleh institusi di TNI AU yang dinilai berkompeten.

Hasil identifikasi teknis yang dilakukan menunjukkan bahwa permasalahan pesawat Sukhoi saat ini semakin melebar dan kompleks. Permasalahan faktual yang perlu dipahami adalah berkaitan dengan *due to overhaull (structure, engine)* dengan *cost* yang demikian besar, kapabilitas produsen yang terbatas dalam menyediakan *hard* komponen, tetap tingginya ketergantungan terhadap pihak produsen (Sukhoi Company) sementara validitas vendor maupun distributornya sulit diperoleh. Hal ini akan semakin menempatkan pesawat Sukhoi menjadi salah satu Alutsista dengan *operational cost* yang semakin tinggi. Polemik

pemeliharaan berat (Pemeliharaan tingkat berat) pesawat Sukhoi sebagaimana diutarakan di atas sudah seharusnya dijadikan sebagai objek pengembangan inovasi teknologi secara serius dengan menempatkan Komando Pemeliharaan Materiel TNI Angkatan Udara (Koharmatau) sebagai *leading* sektornya. Koharmatau sebagai institusi yang bertugas melaksanakan pemeliharaan dan produksi materiel TNI AU, secara struktural didukung oleh sembilan Depo Pemeliharaan (Depohar) dengan kapabilitas teknis yang beragam dan bervariasi. Memperhatikan kemampuan Depo-depo, permasalahan pesawat Sukhoi tersebut semestinya dapat dijadikan sebagai peluang dalam mengoptimasi produktivitas pemeliharaan melalui tata kelola sumber daya Depohar secara sinergis. Ironis bahwa posisi Depohar 30 sebagaimana tertuang dalam Peraturan KASAU nomor Perkasau/123/XII/2010 tanggal 22 Desember 2010 tentang Pokok-pokok Organisasi dan Prosedur (POP) Koharmatau yang bertugas melaksanakan pemeliharaan tingkat berat pesawat terbang jenis Sukhoi Su-27/30 selama ini belum terimplementasi secara baik.

Merujuk pada penjelasan di atas, *sustainability* kesiapan pesawat Sukhoi sesungguhnya dapat dicapai melalui inisiasi kemandirian dengan menempatkan Depo Pemeliharaan sebagai bagian dari *Military Industry*. Memperhatikan konsep tersebut, Depohar 30 sebagai elemen penting Koharmatau perlu dikelola dengan melibatkan unsur-unsur yang dianggap berkompeten. Hal-hal yang perlu dilakukan searah dengan pemikiran inovasi ke depan adalah pemanfaatan *resources* secara optimal, efektivitas *down time* pemeliharaan untuk mencapai efisiensi anggaran yang

terbatas, pembentukan unit Sukhoi sesegera mungkin, konversi tingkat pemeliharaan yang dilakukan berupa *Life of Extension* (LE) ke dalam format TNI AU (Pemeliharaan Khusus), inventarisasi infrastruktur dan peralatan yang memungkinkan digunakan, pengelolaan personel yang pernah dilibatkan, serta kerja sama formal dengan pihak produsen.

METODE

Metode yang digunakan di dalam artikel ini adalah metode deskriptif analitis untuk mendapatkan gambaran yang menyeluruh terhadap permasalahan pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi.

DASAR PERTIMBANGAN

Pemikiran tentang pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi 27/30 berdasarkan pertimbangan akademis terhadap kesiapan pesawat Sukhoi dari sudut pandang operasional, pemeliharaan serta gagasan tentang inisiasi dilakukannya langkah-langkah inovasi yang dapat menguntungkan TNI AU. Guna memenuhi harapan Kepala Staf TNI Angkatan Udara terhadap institusi Koharmatau sebagai inovator pemeliharaan Alutsista Udara, Depohar 30 melakukan analisis agar tercapai suatu pola dukungan terhadap gagasan kemandirian berdasarkan kebijakan komando atas. Hal-hal yang perlu dicermati saat ini adalah;

a. **Combat Readiness.** Bagi TNI AU kesiapan operasional tempur merupakan salah satu indikator kinerja dan keberhasilan dihadapkan dengan tugas-tugas pertahanan matra udara. Menurunnya *combat readiness* pesawat Sukhoi Su-27/30 saat ini menjadi permasalahan yang cukup esensial untuk dipikirkan bersama oleh para pihak khususnya jajaran pemeliharaan. Secara mendasar peningkatan *combat readiness* mutlak diimbangi oleh kemampuan pesawat dengan kesiapan sebagai fundamental. Depohar 30 melihat ini sebagai salah satu peluang untuk mengurangi beban pemeliharaan berat terlebih jika dihadapkan dengan keterbatasan negara dalam menyiapkan anggaran pertahanan. Jika melihat data kesiapan pesawat yang diperoleh pada minggu ke dua bulan Maret 2023, hanya 4 pesawat kondisi "S" (*serviceable*) dan 12 pesawat kondisi "US" (*unserviceable*) sehingga statusnya hanya mencapai 25% dari kekuatan, terlebih lagi 50% dari kekuatan yang ada telah memasuki usia pemeliharaan tingkat berat. Dari 4 pesawat kondisi "S" tersebut, memiliki keterbatasan pada sistem Radar yang perlu *upgrade*. Mencermati situasi di atas, *combat readiness* mustahil terpenuhi dengan kesiapan pesawat yang minim. Oleh sebab itu pengkajian mendalam perlu dilakukan sebagai alternatif pemecahan masalah pemeliharaan berat selanjutnya.

b. **Perspektif Kemandirian.** Tingginya ketergantungan Indonesia terhadap produsen (*Sukhoi Company*) memberikan implikasi tersendiri yang masih berkelanjutan. Kapasitas *Maintenance, Repair and Overhaul* (MRO) pesawat Sukhoi hingga saat ini pun masih di dominasi negara Eropa Timur (Rusia dan

Belarusia). Secara *financing* nilai tawar pelaksanaan perbaikan pesawat akan sangat tergantung pada patokan yang ditentukan pihak pabrikan dan negara ketiga dengan pembiayaan yang sangat besar. Di sisi lain ketersediaan komponen yang demikian sulit dan terbatas semakin menyulitkan TNI AU dalam mengoperasikan pesawat Sukhoi itu sendiri. Tren ini memunculkan gagasan inovasi teknologi menuju konsep kemandirian di jajaran Koharmatau, oleh sebab itu Kapabilitas Depohar 30 perlu dioptimalkan sedemikian rupa agar Pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi SU-27/30 secara bertahap berhasil diwujudkan. Meskipun dukungan Pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi membutuhkan investasi yang tidak sedikit, tawaran konsep kemandirian melalui pemanfaatan *resources* yang dimiliki TNI AU saat ini akan dapat mereduksi beban dan resiko pemeliharaan yang semakin besar. Atensi penting dalam program kemandirian tersebut sekaligus membuktikan bahwa Koharmatau sebagai pilar penyangga kemandirian industri pertahanan ke depan.

c. **Efektivitas Pemeliharaan.** Ekspektasi peningkatan kemampuan pesawat Sukhoi saat ini sangat diharapkan untuk mendukung tugas-tugas operasional. Dalam keadaan ini manajemen pemeliharaan harus berorientasi pada perencanaan yang terprogram secara sistematis. *Staggering* pemeliharaan menjadi kurang efektif ketika dihadapkan dengan sirkulasi kesiapan yang secara bersamaan memerlukan tindakan Pemeliharaan tingkat berat dengan alasan tingginya *maintenance cost*. Tidak efektifnya proses pemeliharaan yang terjadi menuntut pemikiran yang relevan dengan mengoptimasi kapabilitas bidang pemeliharaan meskipun melalui proses yang tidak mudah. Mengantisipasi hal dimaksud Depohar 30 secara dini telah dilibatkan dalam kapasitas terbatas, mewujudkan efektivitas pemeliharaan dimaksud perlu dilakukan secara terpadu oleh pihak-pihak yang berwenang.

d. **Efisiensi Anggaran.** Kemampuan negara dalam menyiapkan dukungan anggaran merupakan salah satu fakta menonjol ketika dihadapkan dengan rencana pemenuhan kebutuhan pesawat Sukhoi dalam kurun waktu beberapa tahun terakhir. Hal paling mendasar adalah tingginya *maintenance cost* di mana pesawat Sukhoi menjadi salah satu pesawat termahal dibandingkan dengan varian pesawat lainnya. Sasbinpuan pesawat Sukhoi yang ditetapkan pada T.A. 2022 hanya mampu dipatok pada kesiapan 6 unit pesawat (38% dari seluruh kekuatan) sementara dukungan anggaran yang tersedia untuk pesawat Sukhoi 27/30 dalam kurun waktu 5 tahun terakhir pun belum mampu mendukung dan memenuhi kebutuhan secara signifikan. Langkah inovasi yang digagas sebelumnya tentang transformasi penentuan dari *overhaul* total menjadi *Life of Extension* (LE) merupakan kebijakan yang perlu didukung secara penuh mengingat anggaran pelaksanaan *overhaul* 1 (satu) unit Pesawat Sukhoi yang pernah ditawarkan

pada tahun 2018 berkisar $\pm$ Rp. 391 Milyar, semakin menuntut dilakukannya efektifitas anggaran secara inovatif. Untuk itu dalam mengantisipasi 8 unit pesawat yang akan memasuki usia Pemeliharaan tingkat berat memerlukan perhitungan dan langkah cermat dengan solusi yang relevan.

e. **Rekayasa (Engineering).** Koharmatau secara prinsip memiliki peran penting dalam mengembangkan rekayasa teknis dengan berpedoman pada kemampuan sumber dayanya. Berdasar pada proses pemanfaatan sumber daya yang masih terbatas memerlukan dasar yang kuat agar tahapan rekayasa teknis (*engineering*) dapat dipadukan dengan program pemeliharaan yang sedang berjalan di dalam maupun di luar TNI AU. Peluang yang dianggap signifikan adalah bagaimana menurunkan kapabilitas dari *scope* pemeliharaan versi *Manufacture* menjadi versi TNI AU tanpa mengesampingkan norma yang ditentukan oleh pabrikan itu sendiri. Pelaksanaan dapat ditempuh dengan mengimplementasi *scope of work* LE ke dalam Sistem Pemeliharaan Sukhoi *existing* untuk dikonversi (diadopsi) kedalam bentuk pemeliharaan TNI AU, atau dengan menggunakan konsep pemeliharaan khusus yang selama ini telah berhasil diimplementasikan terhadap beberapa varian pesawat yang dioperasikan TNI AU. Langkah-langkah tersebut akan semakin menguatkan posisi Koharmatau (Depohar 30) dalam melakukan proses *engineering* ke depan.

FAKTA-FAKTA

Pelaksanaan pemeliharaan pesawat Sukhoi saat ini pada tataran ringan dan sedang relatif berjalan dengan baik. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses *Transfer of Technology* (ToT) yang dilakukan dapat berjalan meskipun masih mengalami banyak kendala. Berbeda halnya dengan proses Pemeliharaan tingkat berat yang selama ini belum terimplementasikan dikarenakan berbagai faktor yang tergolong kompleks. Pada tahap Pemeliharaan tingkat berat sendiri masih membutuhkan langkah-langkah sinergis antara Koharmatau dengan pihak-pihak yang dianggap berkompeten untuk mendorong proses percepatan pemeliharaan. Beberapa fakta yang perlu dicermati dalam mengantisipasi Pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi Su-27/30 adalah:

a. **Kesiapan Pesawat.** Kesiapan pesawat Sukhoi berdasarkan laporan bulan Maret 2023 dideskripsikan sebagai berikut: Dari total 16 pesawat unit yang ada terdapat 6 unit pesawat Su-30 dengan status *standby* program Pemeliharaan tingkat berat (OH/LE) yaitu pesawat TS-2703/SKM, TS-2704/SKM, TS-2705/SKM, TS-3006/MK2, TS-3008/MK2, dan TS-3011/MK2. Terdapat 2 unit pesawat telah memasuki usia Pemeliharaan tingkat berat, yaitu pesawat TS-3009/MK2 dan TS-3010/MK2. Laporan kesiapan Skadron Udara 11. Dengan demikian pada tahun 2023, terdapat total 8 (delapan) unit pesawat *standby* Pemeliharaan tingkat berat. Berikut data kesiapan pesawat Sukhoi SU-27/30 saat ini:

1) *Serviceable* sebanyak 4 pesawat, dengan rincian:

Tabel 1 *Serviceability* pesawat

NO	REGISTER	USIA PESAWAT SEJAK	
		BARU	OH
1.	TS-2701/SK	995.20	302.37
2.	TS-3001/MK	1193.37	381.20
3.	TS-3004/MK2	1477.65	-
4.	TS-3005/MK2	1378.11	-

*Sumber: Lanud Hasanuddin, 16 Maret 2023

2) *Unserviceable* sebanyak 12 pesawat yang meliputi 2 unit pesawat melaksanakan Program LE, 4 unit pesawat menunggu Pemeliharaan tingkat berat, 6 unit pesawat AWP, dengan rincian:

Tabel 2 *Unservicibility* pesawat

NO	REGISTER	KETERANGAN
1.	TS-2702/SK	Computer Nav. Fail,
2.	TS-2703/SKM	Standby LE/OH
3.	TS-2704/SKM	Standby LE/OH
4.	TS-2705/SKM	Standby LE/OH
5.	TS-3002/MK	Cabin Press Failed
6.	TS-3003/MK2	Program Service Life Extension
7.	TS-3006/MK2	Standby LE/OH,
8.	TS-3007/MK2	Program Service Life Extension
9.	TS-3008/MK2	Standby LE/OH
10.	TS-3009/MK2	987.36 JT, Har 24 bulan
11.	TS-3010/MK2	1034.08 JT, Har 24 bulan.
12.	TS-3011/MK2	Standby LE/OH

*Sumber: Lanud Hasanuddin, 16 Maret 2023

Data di atas menunjukkan bahwa dalam kurun waktu yang relatif bersamaan terdapat kegiatan Pemeliharaan tingkat berat yang harus dilaksanakan. Dengan keterbatasan negara dalam memenuhi anggaran tersebut, TNI AU dihadapkan pada permasalahan yang relatif ketat, oleh sebab itu perlu dipertimbangkan konsep pemeliharaan Sukhoi berbasis kemandirian.

b. **Program Kementerian Pertahanan.** Kementerian Pertahanan saat ini sedang merencanakan proses kontrak OH terhadap 8 unit pesawat Sukhoi Su-27/30 melalui program anggaran Pinjaman Luar Negeri (PLN). Agenda ini merupakan peluang strategis bagi TNI AU untuk meniadakan tahapan atau proses alih teknologi dan

pengembangan kemampuan, dengan harapan bahwa diwaktu mendatang TNI AU dapat melaksanakan pemeliharaan Pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi secara mandiri untuk mengurangi ketergantungan terhadap pihak produsen.

c. **Dukungan Anggaran.** Besaran alokasi anggaran yang disiapkan oleh Negara melalui Kementerian Pertahanan untuk kegiatan pemeliharaan Pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi adalah sebesar berkisar pada USD 309 Juta, yang akan digunakan untuk pelaksanaan pemeliharaan tingkat berat 8 unit pesawat yaitu TS-2703, TS-2704, TS-2705, TS-3006, TS-3008, TS-3009, TS-3010 dan TS-3011, selain rencana pemenuhan *scope* tambahan berupa penyediaan infrastruktur hanggar dengan fasilitasnya, *shelter* dan *jet blast*, perbaikan 16 buah Radar, serta pelaksanaan perbaikan dan *upgrading* komponen-komponen *avionic*.

d. **Aspek Operasional.**

1) *Aerodrome.* Keadaan *Aerodrome* dalam mendukung operasional penerbangan di Lanud Abdulrachman Saleh (Abd. Saleh) secara umum dalam kondisi memadai. Persyaratan minimal yang tersedia sesuai kebutuhan operabilitas pesawat Sukhoi secara prinsip dinyatakan memenuhi standar *requirement*. Demikian hanya dengan kelengkapan fasilitas lainnya seperti *lighting*, peralatan navigasi lainnya dalam keadaan layak operasional.

Tabel 3 Fasilitas *Aerodome* Lanud Abd. Saleh.

Details for ABDULRACHMAN SALEH	
City	MALANG
State/Province	
Country	IDN
Latitude	S 7° 55' 46.00"
Longitude	E 112° 42' 43.00"
Elevation	1729
Longest Runway	8200
Magnetic Variance	E 1.0°
Fuel Type	JET A fuel is available
Oxygen	Oxygen facilities are unavailable.
Repair Facility	Repair facilities are unavailable
Landing Fee	Unknown.
Jet Start Unit	A starting unit is not available at the airport.
Precision Approach	Availability is Unknown.
Beacon Light	A beacon light is available.
Customs Facilities	No customs facilities are available
Usage Type	Airport/Heliport is jointly operated as public and military.
Time Zone Conversion	-7:00=UTC
Daylight Savings	Airport does not observe daylight savings time
Change Notices Available	1

2) Sarana dan Fasilitas. Dukungan logistik berupa sarana dan fasilitas penerbangan di Lanud Abd. Saleh secara umum dalam kondisi layak dan memadai seperti ketersediaan bahan bakar, *runway*, *appron* maupun fasilitas lainnya. Berdasarkan *requirement*, panjang minimum *runway* yang dibutuhkan saat *take off* dan *landing* untuk pesawat Sukhoi adalah 1800 m. Sementara *runway* yang ada di Lanud Abd. Saleh saat ini sudah mencapai 2500 m.

e. **Kesiapan Depohar 30.** Hal-hal yang berkaitan dengan kesiapan Depohar 30 dalam melaksanakan

pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi saat ini adalah sebagai berikut:

1) Pokok-pokok Organisasi dan Prosedur (POP) Depohar 30. Kebijakan yang tertuang dalam Peraturan KASAU Nomor: Perkasau/123/XII/2010 tanggal 22 Desember 2010 mengisyaratkan bahwa Depohar 30 bertugas melaksanakan pemeliharaan tingkat berat pesawat terbang bersayap tetap dan *engine*, pemeliharaan komponen, alat uji serta produksi materiel. Berkaitan dengan tugas tersebut, Sathar 32 memiliki tugas melaksanakan pemeliharaan/ perbaikan tingkat berat pesawat terbang jenis Su-27/30 (oleh Unit Sukhoi), Tucano/Hawk dan Casa 212. Namun hingga saat ini realisasi pelaksanaan Pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi di Depohar 30 belum pernah diwujudkan.

2) Berdasarkan *approval* tentang Spesifikasi Kemampuan Sathar 32 yang diterbitkan oleh Puslaiklambangjaau Nomor: SLAIK/002-12-FH/AU-02/IX/2020/Puslaiklam-bangjaau telah menyebutkan tentang kemampuan pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi Su-27/30. Hal yang perlu dicermati adalah bagaimana implementasi pelaksanaan Pemeliharaan tingkat berat tersebut dapat tercapai sesuai dengan kebijakan yang dikehendaki. Berkaitan dengan pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi SU-27/30, secara umum Depohar 30 memiliki beberapa spesifikasi kemampuan diantaranya:

- Metal Treatment*
- Non Destructive Inspection (NDI)*
- Structure repair*
- Painting*
- Balancing*
- Perbaikan dan modifikasi *Fiberglass & Flexiglass*
- Permesinan semi otomatis
- Welding*
- Wweight and Balance Check*

3) Kesiapan Personel. Kapabilitas Sumber Daya Manusia (SDM) Depohar 30 saat ini dianggap cukup memenuhi persyaratan meskipun masih membutuhkan peningkatan kemampuan secara linier dan berkelanjutan. Kapabilitas tersebut secara khusus dibekali dengan pengalaman melaksanakan pemeliharaan tingkat berat *Structure/Air Frame* pesawat Hawk Mk-109/209, EMB-314 Super Tucano dan Casa C-212, sebelumnya pernah melaksanakan pemeliharaan tingkat berat pesawat OV-10F Bronco, TA-4 Skyhawk, A-4E Skyhawk, L-29 Dolphin, IL-28 Beagle, IL-14 Avia, MiG-17 Fresco, dan MiG-15 UTI, serta pemeliharaan tingkat berat *engine turbo propeller* dan komponen-komponen lainnya.

Komposisi kemampuan SDM yang ada saat ini adalah:

a) Kekuatan Sathar 32 berjumlah 81 orang terdiri dari 2 Pamen, 13 Pama, 52 Bintara dan 13 Tamtama. Inspektur Harmatsista berjumlah 33 orang yang terbagi dalam beberapa bidang keahlian yaitu:

- (1) Inspektur Rangka Pesawat.
- (2) Inspektur *Armament*.
- (3) Inspektur Lisment.
- (4) Inspektur *Motor Turbine*.
- (5) Inspektur Avionik.
- (6) Inspektur *Pneudraulic*.
- (7) Inspektur *Environment*.
- (8) Inspektur *Fuel System*.
- (9) Inspektur Alkambangsarbekud.
- (10) Inspektur GSE.

b) Dalam kurun waktu beberapa tahun terakhir, Depohar 30 telah mengirimkan personelnya untuk mempelajari langsung bagaimana proses pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi Su-27/30 di fasilitas MRO *JSC 558 ARP Baranovichi* (Belarusia) guna mendapatkan proses pelatihan *“Technical Retraining on Organizational Repairs, Scheduled Maintenance of Airframe and Aircraft Systems of Su-27SK and Su-30Mk Aircraft”* pada tanggal 4 Mei 2018 sampai dengan 3 Agustus 2018.

c) Peningkatan kemampuan personel terus dilakukan salah satunya dengan melibatkan Depohar 30 dalam program LE. Dilakukan proses TOT di Lanud Sultan Hasanuddin Makassar yang secara langsung mendapatkan keahlian teknis dari pihak *Manufacture* dan dari personel Skatek 044 yang dianggap lebih berpengalaman. Dalam agenda TOT berkaitan dengan LE, Depohar 30 telah dilibatkan sebanyak 3 (tiga) tahap diantaranya:

- (1) LE pertama pesawat Sukhoi Su-30 pada tanggal 11 Juni sampai dengan 25 September 2019.
- (2) LE ke-2 (dua) pesawat Sukhoi Su-30 pada tanggal 6 Januari sampai dengan 27 Februari 2020.
- (3) LE ke-3 (tiga) pesawat Sukhoi Su-30 pada tanggal 22 November 2021 sampai dengan 30 Maret 2022.

d) Proses selanjutnya adalah melalui peningkatan kapabilitas personel melalui pelaksanaan kegiatan *familirization* dan program pemeliharaan sedang 24 (dua puluh empat) Bulan di Skatek 044 Lanud Sultan Hasanuddin Makassar pada tanggal

16 Februari sampai dengan 04 Maret 2016 dengan baik.

e) Program lainnya dibuktikan dengan keterlibatan beberapa personel yang diikutsertakan dalam diskusi dengan tim *JSC 558 ARP Baranovichi*, terkait pelaksanaan survei kemampuan ke Fasilitas Pemeliharaan (Fashar) di Depohar 30 pada bulan Oktober 2017.

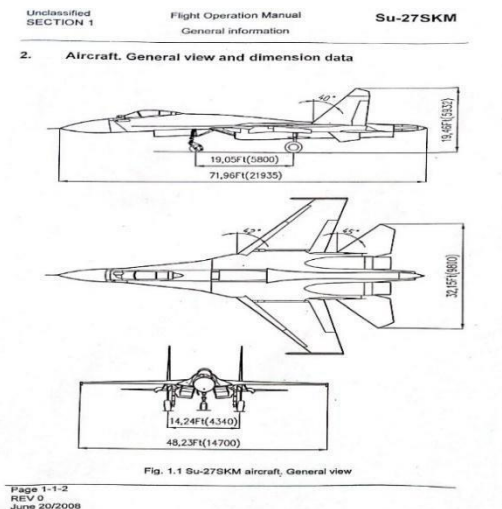
4) **Fasilitas Hanggar.** Dimensi Hanggar yang ada di Depohar 30 (Sathar 32) memiliki luas 65,15 x 64 m² dengan tinggi 8 m, secara kuantitas mampu menampung 2 unit pesawat Hawk Mk-109/209, 2 unit pesawat Casa C-212 dan 2 unit pesawat EMB-314 Super Tucano dan 2 unit pesawat Sukhoi Su-27/30. Seperti digambarkan berikut:



Gambar 1 Hanggar Sathar 32



Gambar 2 Interior Hanggar Sathar 32



Gambar 3. Dimensi Pesawat Sukhoi

Dimensi Hanggar Skatek 044 Lanud Sultan Hasanuddin yang saat ini digunakan sebagai hanggar pemeliharaan utama pesawat Sukhoi dan dimensi hanggar Sathar 32 Depohar 30 dinilai memiliki kesamaan dan cukup memenuhi persyaratan untuk pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi Su-27/30. Namun, jika dinilai secara fasilitas, hanggar Skatek 044 dan Skadud 11 yang tersedia di Lanud Sultan Hasanuddin kondisinya lebih memadai dikarenakan *deploy* peralatan serta unsur-unsur pemeliharaan yang dibutuhkan telah ditempatkan bersamaan dengan pengoperasian awal pesawat Sukhoi di Lanud Sultan Hasanuddin. Hal akan menjadikan pertimbangan untuk melaksanakan langkah restorasi, *assessment* dan perpindahan peralatan saat ini yang dibutuhkan untuk pemeliharaan tingkat berat.

5) **Kesiapan Ground Support Equipment (GSE), Tools, Special Equipment dan Tester.** Ketersediaan sarana GSE, *general tools* dan *special tools* yang digunakan di Depohar 30 secara umum merupakan sarana yang digunakan untuk Pemeliharaan tingkat berat varian pesawat yang mampu diproduksi oleh Depohar 30 saat ini. Namun untuk sarana Pemeliharaan tingkat berat khususnya pesawat Sukhoi Su-27/30 belum *available* meskipun sebagian general dan *special tools* telah tersedia di Skatek 044/Skadud 11. Terdapat pemikiran untuk pemberdayaan sarana dan fasilitas yang secara selektif dapat digunakan pada dua tempat yang berbeda melalui proses pemindahan atau pemenuhan ulang secara bertahap.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan beberapa fakta yang diuraikan sebelumnya, kesiapan pelaksanaan Pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi SU-27/30 dapat dianalisis dari aspek dan sudut pandang yang dianggap mempengaruhi:

a. **Manajemen Pemeliharaan.** Dalam upaya mendukung kesiapan pesawat Sukhoi secara berkelanjutan, perlu dilakukan penyiapan proses pemeliharaan dari aspek manajemen diantaranya:

1) **Proyeksi Kesiapan.** Berdasarkan *staggering* pemeliharaan Skadron Udara 11 tahun 2023, kesiapan pesawat Sukhoi berada pada angka yang rendah meskipun program LE terhadap 2 unit pesawat (TS-3003 dan TS-3007) baru selesai dilaksanakan dalam kurun waktu 14 bulan. Merujuk pada program pemeliharaan tingkat berat yang diagendakan terhadap 8 unit pesawat Sukhoi, hingga tahun 2025 proyeksi kesiapan diperkirakan belum beranjak signifikan dikarenakan waktu yang dibutuhkan diperkirakan relatif lama dengan berpatokan pada jadwal Pemeliharaan tingkat berat sebelumnya.

Berdasarkan *Minute of Meeting of Coordination Meeting of Sukhoi 27/30 Upgrade and Overhaul* di Kementerian Pertahanan, proses pemeliharaan yang akan dilaksanakan secara serentak terhadap 8 unit pesawat dengan durasi yang diagendakan selama 24 bulan. Sehingga praktis sampai dengan tahun 2025 penambahan jumlah kesiapan pesawat Sukhoi akan terhambat. Mempertimbangkan situasi ini pelibatan Koharmatau dengan berbagai latar belakang kemampuan Depo Pemeliharaan yang berada di bawahnya mendapatkan momen penting guna mendukung dan mempercepat realisasi Pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi berbasis kemandirian.

2) **Efektivitas Down Time Pemeliharaan tingkat berat.** Kesalahan dalam melakukan perencanaan akan sangat berdampak pada sirkulasi yang dilakukan dihadapkan dengan tingginya tuntutan kesiapan operasional. Penghitungan *downtime* pemeliharaan terhadap sejumlah unit pesawat Sukhoi yang dijadwalkan dalam paket pemeliharaan tingkat berat memerlukan perhitungan yang cermat, pemberlakuan skala prioritas dengan berpatokan pada sasaran dan proyeksi kesiapan yang diperkirakan pada tahun berikutnya. Melaksanakan Pemeliharaan tingkat berat terhadap 8 unit pesawat dalam waktu bersamaan bukanlah sesuatu yang mudah tanpa mempertimbangkan elemen-elemen penting yang diperlukan seperti kemampuan MRO, sarana dan fasilitas dalam dan luar negeri, SDM serta aspek lain yang dianggap mempengaruhi termasuk paket TOT di dalamnya. Secara eksternal berbekal pengalaman Pemeliharaan tingkat berat terhadap 4 unit pesawat Sukhoi (TS-2701, TS-2702, TS-3001 dan TS-3002) sebelumnya di fasilitas JSC "558 ARP" Belarusia pada tahun 2017 dan 2019, secara faktual

mendapatkan berbagai kendala dari sisi sisi pelaksanaan sehingga mengalami kemunduran dari jadwal yang ditentukan.

Berorientasi pada proyeksi kesiapan yang dikehendaki, salah satu strategi manajemen pemeliharaan yang dianggap efektif saat ini adalah *clearance* perubahan sistem pemeliharaan dalam memperpanjang usia sebanyak 500 Jam Terbang (JT) melalui program LE. Kebijakan ini disepakati oleh TNI AU dan *Manufacture* berdasarkan berbagai aspek terutama *safety factor*. Kaidah Pemeliharaan tingkat berat yang sesungguhnya adalah bagaimana mengikuti atau mengembalikan jadwal Pemeliharaan tingkat berat pada masing-masing pesawat tepat pada usia 1000 JT, namun dengan terbatasnya anggaran yang ada memerlukan langkah konkrit dalam menentukan lokus Pemeliharaan tingkat berat apakah pelaksanaannya lebih efektif di dalam atau diluar negeri. Beberapa faktor yang menjadi pertimbangan adalah berkaitan dengan proses *delivery time*, *delivery risk*, *shipping cost*, *calendar maintenance*, *insurance*, serta berbagai dampak lain yang mempengaruhi efektifitas pelaksanaan kegiatan.

3) Efektivitas program *Service Life Extension*. Salah satu parameter dalam mencapai kelaikudaraan berdasarkan *approval* adalah bagaimana menghitung resiko penggunaan *structure* pesawat dihadapkan dengan masa pemakaian sebelumnya. Oleh sebab itu keadaan *Structural Integrity Airframe* perlu mendapatkan *assesment* ulang untuk memperoleh standar kelayakan minimal. Strategi manajemen pemeliharaan untuk mempertahankan pesawat dapat beroperasi meskipun telah melampaui batas usia desain dengan cara yang lebih efektif dan terjangkau dinilai sangat penting untuk mendapatkan *operational readiness* yang lebih terukur. Berdasarkan studi kelayakan dan hasil penelitian lapangan menunjukkan bahwa pada program LE yang dilaksanakan selama ini hanya menemukan kerusakan yang masih dalam batas limitasi (*safety factor*) sehingga pesawat dinilai layak mendapatkan penambahan usia 500 JT untuk memperpanjang usia 1000 JT selanjutnya.

Feasibility study dilakukan untuk melihat apakah elemen-elemen keberhasilan pelaksanaan LE sebagaimana diutarakan sebelumnya dapat dikembangkan kedepan untuk menghasilkan kualitas hasil pemeliharaan yang tinggi. Beberapa faktor yang berkaitan dengan isu ini adalah upaya mengadopsi sistem pemeliharaan:

a) Efektivitas *Aircraft Structural Integrity Program* (ASIP). Langkah ini berpedoman pada strategi untuk

meningkatkan pantauan terhadap integritas struktur pesawat yang dikehendaki. ASIP perlu diimplementasikan untuk mendapatkan toleransi kerusakan atas titik desain lelah sebuah pesawat dengan mengutamakan konsep *safe life*. Metodologi Pemeliharaan tingkat berat dengan menggunakan sarana dan fasilitas yang dimiliki Depo 30 saat ini melalui teknik *Non Destructif Test* (NDT) sesungguhnya dapat dilakukan untuk mencapai efektifitas pemeliharaan yang dimaksudkan. ASIP harus melalui proses *engineering* yang ketat dan terukur sehingga program tetap mengikuti norma dan regulasi *basic* desain yang ditentukan *Manufacture*.

b) Metode NDT. Melalui analisis terhadap perhitungan *fatigual rate* metode NDT merupakan sarana untuk menentukan kondisi struktur pesawat setelah dioperasikan selama sepuluh tahun atau lebih. Terdapat enam lokasi kritis yang dianggap penting pada pesawat Sukhoi yang mutlak memerlukan metode ini khususnya *wing root* dan bagian lain dengan *risc faktor* yang tinggi. Tersedianya sarana dan fasilitas tersebut di Depohar 30 sebagai alternatif mempermudah pelaksanaan ASIP pada program LE itu sendiri jika merupakan pilihan metode Pemeliharaan tingkat berat oleh TNI AU kedepan. Terdapat beberapa indikator keberhasilan penggunaan metode NDT di beberapa negara misalnya USAF ketika berhasil memperpanjang usia KC-135 Stratotanker hingga 80 tahun, Helikopter Sea King di Kanada dengan perpanjangan usia hingga 10.000 s.d. 20.000 JT.

4) Pemeliharaan Khusus (Harsus). Dalam mengembangkan kemampuan pemeliharaan pesawat tingkat berat, Koharmatau melalui proses *engineering* telah berhasil melakukan tindakan yang bersifat inovatif untuk mempertahankan atau memperpanjang unit, komponen bahkan pesawat terbang secara utuh yang dikenal dengan metode Harsus. Sebagai program murni Koharmatau, produk ini merupakan satu solusi alternatif untuk memperpanjang usia pesawat Sukhoi ketika transformasi kemampuan pemeliharaan tingkat berat/LE dari pihak *Manufacture* (MRO) berhasil dikonversi kedalam sistem dan manajemen pemeliharaan di TNI AU. Berkaitan dengan efisiensi anggaran, Harsus dinilai sebagai suatu cara untuk menjembatani ketika proses Pemeliharaan tingkat berat dinilai tidak berjalan dengan semestinya sehingga usia pesawat minimal dapat dipertahankan (tingkatkan) kembali. Ada banyak keuntungan yang diperoleh dengan metode ini diantaranya kecepatan

pelaksanaan, lokus pelaksanaan di dalam negeri, menekan shipping cost, menekan man hour, mengurangi resiko deliveri, serta dilakukan tanpa melibatkan pihak ketiga.

b. **Aspek strategis.** Berdasarkan studi kelayakan yang dilaksanakan tentang besarnya anggaran Negara dalam pemeliharaan pesawat Sukhoi TNI AU memerlukan upaya dalam mewujudkan kemandirian guna menjaga kesiapan Alutsista. Hal ini merupakan langkah strategis dan inovasi di bidang pertahanan, sehingga ketergantungan terhadap produk dan jasa luar negeri dapat dikurangi sebagai bagian dari efisiensi anggaran negara. Dengan adanya upaya keterlibatan Depohar 30 secara aktif di dalam program kegiatan pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi Su-27/30, secara strategis akan terjadi sebuah proses transformasi kemampuan dan TOT kepada TNI AU, dengan proyeksi bahwa pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi kedepan diharapkan terlaksana secara mandiri. Dibutuhkan kebijakan yang kuat dan selaras, sumber daya Depohar perlu dioptimalkan sebagai bagian dari Industri Pertahanan dengan tetap mengedepankan aspek regulasi, sertifikasi dan pengawasan yang ketat untuk mendorong penggunaan produk dalam negeri sesuai amanah peraturan perundang-undangan.

c. **Mewujudkan Efisiensi Anggaran.** Perencanaan anggaran secara umum didasarkan pada pengalaman masa lalu dan proyeksi di masa mendatang, sehingga diharapkan mampu menyesuaikan dan menetapkan metode untuk memaksimalkan potensi sumberdaya. Alokasi anggaran untuk mendukung kesiapan pesawat Sukhoi Su-27/30 yang berkelanjutan melalui kegiatan pemeliharaan tingkat berat sangat tergantung dari ketepatan memilih sumber daya yang dimiliki. Dalam mewujudkan pengelolaan anggaran secara efisien harus ada langkah dan terobosan yang tepat dalam mengelola sumber daya dimaksud secara optimal. Oleh sebab itu besaran anggaran yang dialokasikan untuk Pemeliharaan tingkat berat yang melibatkan pihak asing dapat diminimalisir secara signifikan, apabila pemeliharaan dilaksanakan secara mandiri oleh TNI AU (Koharmatau). Pelaksanaan pemeliharaan tingkat berat secara mandiri ini berorientasi untuk mencapai efisiensi dan optimalisasi penggunaan anggaran pemeliharaan alutsista TNI. Dengan sendirinya peran Koharmatau (Depohar) sebagai bagian dari Industri pertahanan akan dapat ditingkatkan.

d. **Investasi.** Komitmen yang digagas seiring dengan pengembangan kemampuan Depohar 30 berkaitan erat dengan pemenuhan sumber daya yang diperlukan. Harapan keberhasilan terhadap pelaksanaan Pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi ini dianggap sangat besar, oleh sebab itu Depohar 30 perlu dilengkapi peralatan maupun fasilitas pendukung apakah melalui proses peminjaman, pemindahan maupun pengadaan baru. Adapun sarana yang dibutuhkan Depohar 30 seperti *Shelter*, peningkatan fasilitas hangar, penambahan

peralatan *GSE Powered/Non Powered* serta penambahan Albeng/Alprod. Strategi pemenuhan peralatan maupun fasilitas pendukung tersebut bisa dilakukan secara bertahap dengan beberapa opsi termasuk peminjaman peralatan yang sudah tersedia dari Lanud Sultan Hasanuddin, Makassar. Selain itu, keuntungan dari investasi fasilitas pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi akan dapat digunakan secara terus menerus oleh untuk melaksanakan pemeliharaan tingkat berat pesawat lainnya dalam jangka panjang.

Langkah Konkrit Menuju Kemandirian Pemeliharaan tingkat berat.

Dalam rangka mendukung terlaksananya pelaksanaan pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi, maka perlu dilaksanakan langkah-langkah konkrit, yaitu:

a. **Optimasi Peran Depohar 30.** Saat ini Depohar 30 memiliki unit kerja Satuan Pemeliharaan yang memiliki kemampuan-kemampuan khusus di bidang pemeliharaan yang apabila dimanfaatkan secara optimal akan dapat mendukung terselenggaranya kegiatan pemeliharaan tingkat berat pesawat-pesawat yang dimiliki oleh TNI AU. Sebagaimana dijelaskan sebelumnya bahwa dalam melaksanakan pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi masih memerlukan pengembangan kemampuan secara berkelanjutan. Optimasi peran Depohar 30 harus dinilai berdasarkan skala prioritas, adanya sumber daya yang tersedia di Lanud Sultan Hasanuddin Makassar dapat dikelola bersamaan dengan pelaksanaan program Pemeliharaan tingkat berat terhadap 8 pesawat sebagai proses awal. Proses transformasi Pemeliharaan tingkat berat nantinya semestinya tetap menempatkan domain Depohar 30 sebagai *leading* sektor di lapangan meskipun secara bersamaan masih harus memerlukan peningkatan kualifikasi melalui TOT serta pendampingan pihak *expertise* atau personel TNI AU lain yang dianggap lebih memahami.

b. **Penguatan Transfer Of Technology (TOT).** Depohar 30 telah diikutsertakan dan berperan aktif dalam kegiatan Pemeliharaan tingkat berat/LE pesawat Sukhoi SU-27/30 di Lanud Sultan Hasanuddin Makassar dengan mengirimkan beberapa personel mekanik termasuk tenaga inspektor. Pada prinsipnya kegiatan tersebut merupakan modal awal untuk membekali para personel mengenai pesawat Sukhoi lebih mendalam khususnya tahapan pelaksanaan Pemeliharaan tingkat berat. Kompensasi TOT berkaitan dengan Pemeliharaan tingkat berat 8 unit pesawat Sukhoi tersebut perlu dikawal sedemikian rupa agar pembinaan kemampuan berjalan sebagaimana yang diharapkan. Penguatan TOT sebaiknya mencakup seluruh *system (sub system)* yang dikhususkan pada analisis *airframe*

(struktur) dan *system* lain yang secara khusus mengarah pada proses pemeliharaan tingkat berat. Desain pembinaan kualifikasi baik langsung maupun tidak langsung dalam paket TOT nantinya merupakan momen penting dan strategis terhadap penguasaan metode pemeliharaan pesawat Sukhoi secara utuh.

c. **Pengaktifan Unit Sukhoi.** Merujuk pada POP Koharmatau tentang penyebutan kemampuan Unit Sukhoi di Sathar 32 Depohar 30, secara langsung merupakan perintah yang harus ditindaklanjuti. Jika domain Depohar 30 dinyatakan bagian pokok pelaksanaan Pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi, secara prinsip memerlukan kerangka organisasi dan sistem pengendalian yang jelas. Dengan belum difungsikannya peran Unit Sukhoi di Depohar 30 saat ini merupakan langkah tepat ketika peran Unit ini diaktivasi bersamaan dengan program Pemeliharaan tingkat berat 8 Unit pesawat Sukhoi yang akan dilaksanakan didalam maupun di luar negeri. Berdasarkan studi kelayakan yang dilakukan sebelumnya bahwa Unit Sukhoi Depohar 30 dapat ditempatkan sementara di Skatek 044 maupun Skadud 11 sampai dengan dinyatakan *establish*. Pengawasan unit Sukhoi tersebut merupakan personel dengan kualifikasi yang dianggap linier terhadap pelaksanaan pengerjaan struktur, fabrikasi, analisis *engineering*, *engine*, *avionic*, armamen serta sistem-sistem yang lain. Kapasitas unit ini secara detail akan bertanggung jawab mengendalikan kegiatan pemeliharaan teknis, mengoordinasikan dan mengkomunikasikan aktifitas pemeliharaan secara terus menerus.

d. **Penguatan Komitmen.** Pelaksanaan Pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi dengan berbasis kemandirian merupakan agenda penting Koharmatau dihadapkan dengan keterbatasan *operational readiness* saat ini. Sebagai langkah awal diperlukan keterlibatan berbagai pihak dalam mewujudkan kegiatan Pemeliharaan tingkat berat yang diinginkan, dengan orientasi peningkatan kesiapan pesawat secara signifikan. Berkaitan dengan hal tersebut, langkah menuju kemandirian Pemeliharaan tingkat berat pesawat sukhoi dapat tercapai jika didukung dengan komitmen kebijakan dan *goodwill* yang kuat para *stakeholder* terkait dengan menempatkan Koharmatau sebagai *leading* sektor. Langkah strategis untuk mencapai kemandirian tersebut mengisyaratkan pendekatan tata kelola dan pemberdayaan *resources* yang ada terutama optimasi pemanfaatan perangkat yang telah dimiliki TNI AU dapat dilakukan dengan sebaik mungkin.

e. **Penguatan Kerjasama.** Kerjasama formal dapat saja dilakukan antara TNI AU dengan

Manufacture dan MRO suatu negara untuk menjamin keberlanjutan pelaksanaan proses OH/LE kedepan jika masih diperlukan. Dalam fase dan kurun waktu tertentu masih diperlukan expertise untuk mendukung proses produksi diluar kemampuan dan kewenangan TNI AU. Dalam jangka menengah kerjasama perlu dilakukan dengan pihak Industri Pertahanan, keterlibatan Depo-Depo pemeliharaan dan fungsi *research and development* sebagai alternatif penggunaan produk dalam negeri dan bidang lain yang dibutuhkan.

f. **Inovasi Penggunaan Produk Dalam Negeri.** Dalam menopang kemandirian sebagaimana diutarakan sebelumnya, periode jangka panjang diperlukan terobosan untuk memberdayakan sumber daya lokal dengan berpedoman pada alternatif penggunaan produk dalam negeri sebagai penekanan dari amanah Undang-undang. Rekayasa ini dimaksudkan sebagai langkah untuk mencapai efisiensi dan efektifitas dihadapkan dengan keterbatasan anggaran, jaminan kualitas, efisiensi waktu, dan ketepatan dukungan. Peran *engineering* mutlak diperlukan agar rekayasa dimaksud dapat berjalan dengan optimal.

PENUTUP

Kesimpulan

Merujuk pada analisis dan pembahasan di atas dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

a. Bahwa penurunan kesiapan pesawat Su-27/30 secara signifikan disebabkan usia pemeliharaan *air frame* yang terjadi secara beruntun, keterbatasan dukungan engine, serta keterbatasan sediaan *hard* komponen. Hal tersebut menyebabkan capaian *Combat Readiness* (kesiapan tempur) yang diharapkan menjadi tidak terpenuhi. Fakta ini menimbulkan polemik pemeliharaan yang tidak dapat dipisahkan dari aspek manajemen pemeliharaan sejak pengoperasian pesawat tersebut di TNI AU.

b. Dengan kebutuhan anggaran pemeliharaan pesawat Sukhoi yang demikian besar, maka diperlukan inovasi pemikiran dengan konsep kemandirian melalui institusi yang berkompeten dengan menempatkan Koharmatau sebagai *leading* sektor. Gagasan kemandirian yang dibangun Koharmatau merupakan terobosan penting untuk mengurangi resiko ketergantungan terhadap pihak asing disamping sebagai sarana penting tercapainya tingkat efisiensi anggaran negara.

c. Berdasarkan kebijakan yang dituangkan dalam POP Koharmatau, Depohar 30 memiliki peran penting untuk melaksanakan pemeliharaan berat pesawat Sukhoi yang selama ini dinilai masih pasif. Aktivasi Unit Sukhoi nantinya sebagai agenda pokok untuk mewujudkan proses pemeliharaan berat secara



mandiri. Program yang diusung Kementerian Pertahanan untuk melaksanakan proses OH terhadap 8 pesawat merupakan peluang penting bagi TNI AU dalam meningkatkan kapabilitas personel, pemenuhan peralatan serta dokumen pemeliharaan (publikasi teknis). Berkaitan dengan hal itu paket TOT perlu diprogramkan secara baik dengan harapan bahwa kemampuan yang dihasilkan adalah pelaksanaan pemeliharaan pesawat Sukhoi nantinya akan dilakukan sendiri oleh TNI AU. Strategi untuk mencapai kemandirian dimaksud sangat erat kaitannya dengan peranan Depohar 30, penguatan TOT itu sendiri, diaktifkannya Unit Sukhoi, penguatan komitmen dan kebijakan, penguatan kerjasama serta alternatif penggunaan produk dalam negeri.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dalam upaya pelaksanaan pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi ini sebagai berikut:

- a. Mewujudkan program pemeliharaan tingkat berat Sukhoi berbasis kemandirian yang diawali dengan *joint program* OH 8 unit pesawat oleh Kementerian Pertahanan, meyakinkan pelaksanaan program TOT, penambahan sarana pemeliharaan dan pemenuhan publikasi teknik seperti IPC, IPB, OH *Manual*, *Structural Repair Manual* (SRM) dan *Wiring Diagram*.
- b. Diperlukan pelibatan Depo-depo Pemeliharaan yang dianggap dapat memberikan kontribusi terhadap inovasi produk (sebagai alternatif) berdasarkan prosedur yang berlaku dalam mendukung program pemeliharaan tingkat berat.
- c. Pengaktifan unit Sukhoi di Depohar 30 dengan sesegera mungkin yang ditempatkan di Lanud Sultan Hasanuddin, Makassar maupun di Lanud Abdulrachman Saleh Malang sebagai upaya realisasi rencana pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi.
- d. Melakukan kerjasama antara TNI AU dengan *Manufacture* dan MRO untuk menjamin keberlanjutan pelaksanaan pemeliharaan tingkat berat pesawat Sukhoi, termasuk sebagai sarana perolehan sertifikat keahlian.

Organisasi dan Prosedur Komando Pemeliharaan Materiil TNI AU. TNI Angkatan Udara. Jakarta.

Kontrak Pekerjaan. (2018, Juli 27). Kontrak nomor KPP/485/1254/AE/RP-BRG/2018/AU tentang pelaksanaan pekerjaan Life Extension Programme. Jakarta.

Operation Manual. (2008, Juni 20). SU 30MK2 Operation Manual Book 2 Aircraft General.

Pemerintah Indonesia. (2004). Undang-undang Republik Indonesia Nomor 34 tahun 2004 tentang Tentara Nasional Indonesia.

Skadron Udara 11. (2023, Maret 16). Laporan Kesiapan Pesawat Terbang. Makassar.

Referensi

Isdwiyanto., Aribowo, P., Mursanto, Hari. (2021). Konsepsi Pemeliharaan Tingkat Berat Sukhoi Guna Memenuhi Kesiapan Operasional Dalam Rangka Mendukung Tugas TNI Angkatan Udara. *Dinamika Sahli Kasau*, hal 121.

Kementerian Pertahanan. (2022, Desember 8). *Minute of Meeting of Coordination Meeting of Sukhoi 27/30 Upgrade and Overhaul*. Jakarta.

Kepala Staf Angkatan Udara. (2010). Peraturan Kasau nomor Perkasau/123/XII/2010 tentang Pokok-pokok



Analisis Potensi Sumberdaya dan Kebencanaan berdasarkan Pemetaan Geologi di daerah Binangun dan sekitarnya, Kecamatan Kawunganten, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah

Adrian Sinuhaji

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ adrianrks@gmail.com

Pendahuluan

Daerah Binangun terletak pada kecamatan Kawunganten, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah. Wilayah administratif penelitian terletak pada 108° 54' 30" BT - 108° 59' 30" BT dan -7° 29' 00" LS - -7° 34' 00" LS. Geologi merupakan ilmu kebumian yang mempelajari bumi sebagai objek utama, proses-proses yang berlangsung di dalamnya selama atau setelah pembentukannya berikut sejarah geologinya termasuk keberadaan kehidupan masa lalu serta pengaruhnya terhadap bumi itu sendiri. Aspek pembahasan geologi meliputi beberapa cabang ilmu seperti geomorfologi, stratigrafi, geologi struktur, geologi sejarah, paleontologi, petrologi, sedimentologi, geokimia dan sebagainya yang peranannya saling menunjang satu

Daerah Binangun merupakan daerah yang terletak terletak pada kecamatan Kawunganten, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah. Objek penelitian berupa unsur-unsur geomorfologi, batuan, struktur sedimen, fosil, struktur geologi, dan geologi sejarah.

Terdapat 3 (tiga) satuan geomorfologi Satuan Geomorfologi Pedataran Landai Fluvial, Satuan Geomorfologi Perbukitan Agak Landai Struktural, Satuan Geomorfologi Perbukitan Agak Curam Struktural. Berdasarkan litostratigrafi tidak resmi, stratigrafi daerah penelitian dibagi menjadi 2 (dua) satuan batuan beserta endapannya dengan urutan dari tua ke muda, yaitu: Satuan batupasir tufan, Satuan batulempung, dan Endapan Aluvium. Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian yakni struktur sesar mendatar, terdiri dari Sesar Penangungan serta struktur lipatan berupa sinklin Gebangkuning, sinklin Citepus, sinklin Sarwadadi, antiklin Lumbir serta antiklin Cidora, dan terdapat juga kekar tarik.

Fokus utama penelitian ini adalah untuk mengetahui zona potensi sumberdaya dan kebencanaan melalui pemetaan geologi yang bertujuan untuk mengungkapkan dan menjelaskan data-data dan informasi geologi secara rinci dan lengkap serta hasilnya disusun dan ditampilkan dalam bentuk peta geologi.

Kata kunci: pemetaan geologi, sumberdaya, kebencanaan

sama lain dan secara akumulatif dapat menunjang pemahaman di bidang geologi. Berdasarkan peta geologi regional, daerah Penelitian terletak dari Lembar Peta Pangandaran (T. O. Simanjuntak dan Surono, 1992). Berdasarkan Fisiografi Regional terletak pada Zona Bogor - Serayu Utara- Kendeng (Van Bemmelen, 1949).

Pemetaan geologi ini bertujuan untuk mengungkapkan dan menjelaskan potensi dan resiko daerah Binangun berdasarkan kondisi geologi daerah tersebut yang berasal dari data-data dan informasi geologi secara rinci dan lengkap serta hasilnya disusun dan ditampilkan dalam bentuk peta geologi.

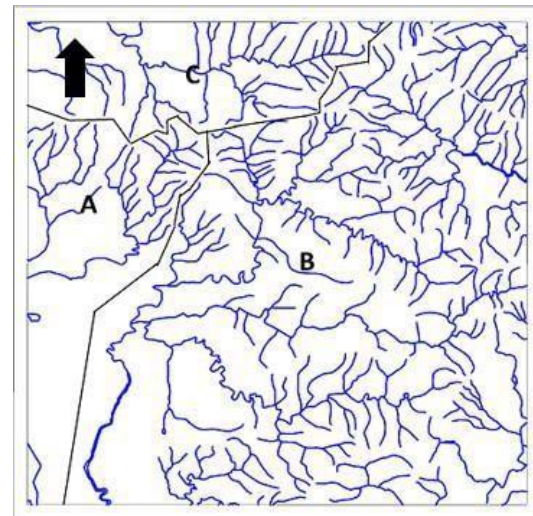
Metode

Objek penelitian berupa unsur-unsur geomorfologi, batuan, struktur sedimen, fosil, struktur geologi, dan potensi sumberdaya maupun kebencanaan geologi. Geomorfologi, meliputi proses geomorfologi, tingkat erosi, pola pengaliran yang berkembang serta memperkirakan indikasi adanya struktur geologi di daerah penelitian. Litologi, meliputi seluruh jenis batuan beserta karakteristik fisik, tekstur, dan struktur yang tersingkap di daerah penelitian. Batuan yang diobservasi merupakan batuan yang masih segar dan insitu, yaitu batuan yang belum mengalami pelapukan dan perpindahan tempat. Stratigrafi, meliputi perlapisan batuan dari batuan tertua sampai yang termuda dengan menyertakan fosil sebagai salah satu aspek penunjang dalam menentukan umur dan lingkungan pengendapan. Struktur geologi, meliputi pola tegasan dan gaya yang terjadi pada masa lampau, jenis struktur geologi serta pola strukturnya, yaitu sesar, kekar, dan perlipatan yang berkembang pada daerah penelitian. Sejarah geologi, sejarah geologi daerah penelitian direkonstruksi berdasarkan rekonstruksi stratigrafi, periode tektonik, dan aktivitas vulkanisme yang berkembang pada daerah penelitian. Langkah penelitian secara umum terbagi lima, yakni: tahap persiapan, tahap pekerjaan lapangan, tahap pekerjaan laboratorium, tahap analisis data, dan tahap penyusunan laporan.

Hasil Kerja

Geomorfologi

Geomorfologi adalah ilmu yang mempelajari tentang bentuk permukaan bumi serta proses - proses yang berlangsung terhadap permukaan bumi sejak bumi terbentuk sampai sekarang. Faktor utama dari geomorfologi adalah bentuk muka bumi yang dipengaruhi oleh dua gaya, yaitu gaya endogen dan gaya eksogen. Gaya eksogen dan endogen merupakan faktor pengontrol geomorfologi suatu daerah, seperti keadaan bentang alam pegunungan, perbukitan, pedataran, lembah dan lain-lain. Faktor lain yang juga mempengaruhi keadaan geomorfologi suatu daerah adalah karakteristik batuan yang menyusun suatu daerah dan kontrol struktur geologi yang bekerja. Karakteristik batuan yang kompak akan relatif lebih tahan terhadap pelapukan dibandingkan dengan karakteristik batuan yang tidak kompak. Kontrol struktur geologi juga memberikan pengaruh misalnya terhadap pola aliran sungai dan kelurusan punggung.

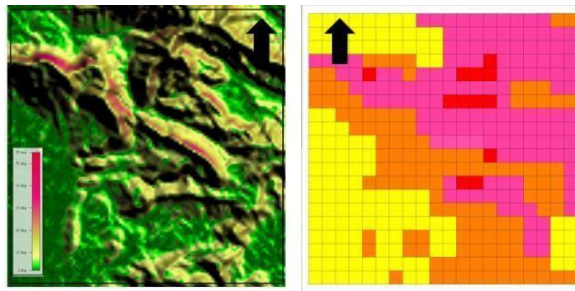


A. Parallel C. Trellis
B. Subdendritik

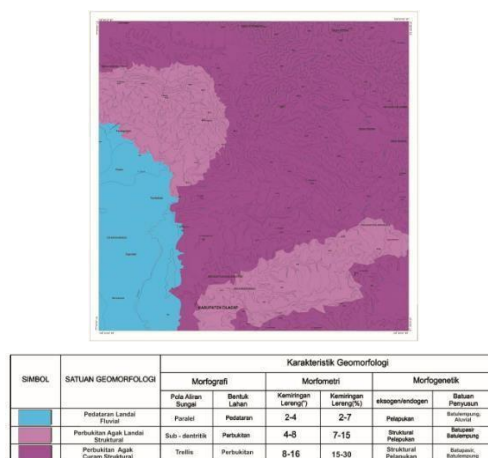
Gambar 1 Pola pengaliran daerah penelitian

Pola pengaliran sungai di daerah penelitian dibuat berdasarkan analisis peta rupabumi, sehingga dapat dilihat pola pengaliran sungai-sungainya. Pola pengaliran dapat mencerminkan jenis batuan, struktur geologi, dan tingkat erosi. Setelah didapat pola pengaliran daerah penelitian, kemudian dibandingkan dengan pola pengaliran menurut Zenith (1932) dan menurut Howard (1967). Konsep geomorfologi untuk analisis geologi mengacu pada konsep modifikasi Van Zuidam (1985) dan Howard (1967) yang menekankan pada pentingnya morfografi (gambaran bentuk), morfogenetik (proses pembentukan), morfometri (ukuran), material penyusun dan pola aliran sungai. Berdasarkan analisis morfografi mencakup pola aliran sungai dan bentuk lahan; morfometri mencakup ketinggian serta kemiringan lereng dalam satuan persen (%) dan satuan derajat (°); dan morfogenetik mencakup batuan penyusun dan proses pembentukan batuan; serta struktur geologi yang mengontrol, daerah penelitian terbagi 3.

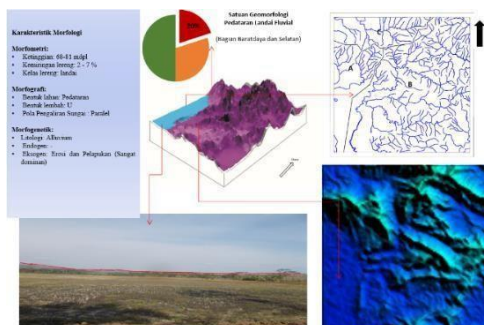
- Satuan Geomorfologi Pedataran Landai Fluvial
- Satuan Geomorfologi Perbukitan Agak Landai Struktural
- Satuan Geomorfologi Perbukitan Agak Curam Struktural



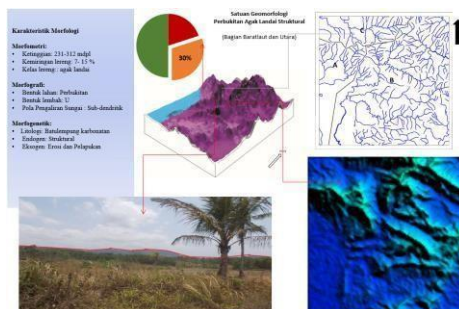
Gambar 2 Analisis DEM dan Morfometri



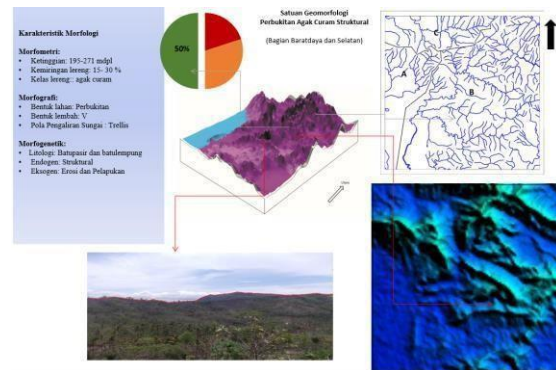
Gambar 3 Satuan Geomorfologi Daerah Penelitian



Gambar 4 Geomorfologi Pedataran Landai Fluvial



Gambar 5 Geomorfologi Perbukitan Agak Landai Struktural



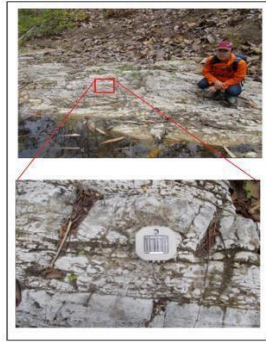
Gambar 6 Geomorfologi Perbukitan Agak Curam Struktural

Stratigrafi

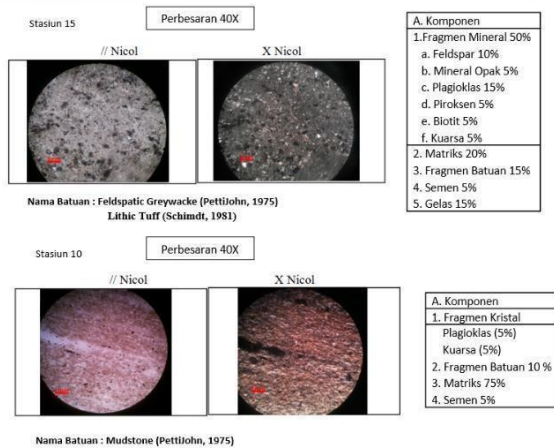
Penyusunan stratigrafi dalam penelitian ini didasarkan pada litostratigrafi, yaitu atas dasar ciri litologi tubuh batuan. Pengaplikasian hukum superposisi juga dipakai di sini, yaitu suatu urutan pengendapan, dalam hal ini batuan yang berumur lebih tua terletak di bawah batuan yang berumur lebih muda dengan ketentuan lapisan batuan tersebut masih normal atau belum mengalami proses pembalikan. Kontak antar satuan batuan yang satu dengan lainnya seringkali sulit ditemukan dengan jelas karena tertutup oleh vegetasi ataupun tanah akibat proses pelapukan yang intensif. Oleh karena itu, sebagian batas-batas satuan batuan ditarik atas pertimbangan topografi dan kedudukan pola jurus pelapisan batuan serta dominasi batuan. Berdasarkan hal tersebut, daerah penelitian terbagi atas 2 (dua) satuan batuan, dari satuan batuan yang paling tua sampai satuan batuan yang paling muda beserta endapan, yaitu :

1. Satuan batupasir tufan

Satuan batupasir tufan didominasi oleh batupasir serta ditemukan perselingan batupasir dan batulempung, batupasir sisipan batulempung. Batupasir sebagai batuan penyusun utama satuan batuan ini pada pengamatan megaskopis memiliki warna segar abu-abu terang, warna lapuk abu-abu tua, ukuran butir pasir sedang – halus, bentuk butir membundar tanggung, pemilahan baik, memiliki kemas terbuka, kekerasan agak keras, struktur laminasi, *graded bedding* dan *convolute bedding*. Batulempung dalam perselingan batupasir dan batulempung dalam pengamatan megaskopis memiliki pemeriaan warna segar abu-abu terang, warna lapuk abu-abu tua, kenampakan menyerpih, serta memiliki struktur laminasi dan kontak tegas terhadap batu pasir. Satuan ini tersebar sekitar 70% dalam daerah penelitian.

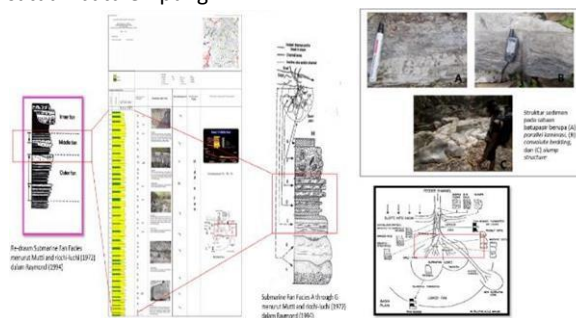


Gambar 7 Singkapan batupasir perselingan dengan batulempung pada satuan batupasir tufan pada stasiun 36



Gambar 8 Analisis petrografi pada batupasir perselingan batulempung

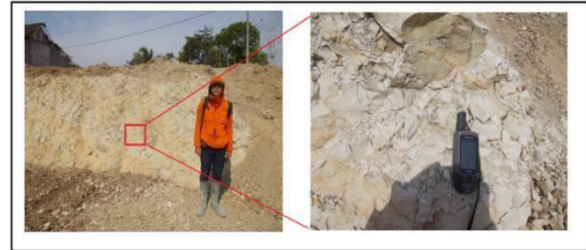
Lingkungan pengendapan satuan batupasir tufan ini merupakan submarine – fan tepatnya middle fan. Kipas tengah merupakan daerah pengendapan dari suatu sistem kipas laut dalam dimana aliran turbidit terhenti karena adanya perubahan kemiringan lereng. Fragmen yang ada disini merupakan fragmen agak kasar - halus. (Walker, 1978). Umur relatif ditentukan menggunakan rekonstruksi penampang stratigrafi. Berdasarkan rekonstruksi penampang stratigrafi, satuan ini berumur Miosen Tengah – Miosen Akhir dikarenakan memiliki kontak selaras dengan satuan batulempung



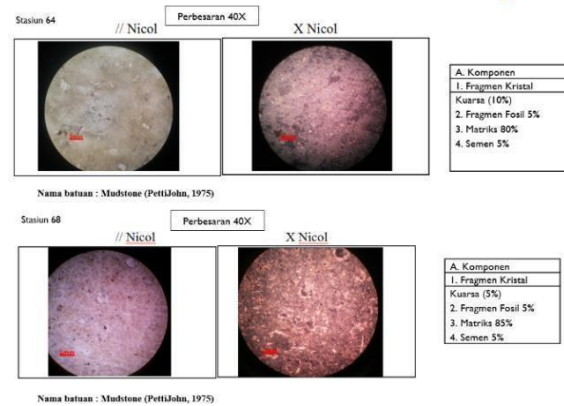
Gambar 9 Analisis Paleontologi dan model pengendapan Kipas Laut Dalam Menurut (Walker, 1978)

2. Satuan batulempung

Satuan batulempung didominasi oleh batu lempung. Batulempung dengan warna segar abu-abu terang, warna lapuk abu-abu tua, kekerasan agak keras, kenampakan masif, serta karbonatan. Satuan ini tersebar sekitar 20% dalam daerah penelitian.

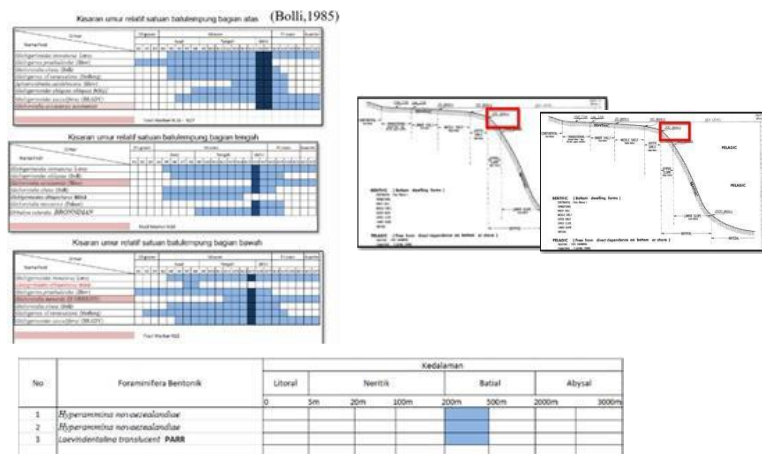


Gambar 10 Singkapan batulempung karbonatan pada stasiun 60



Gambar 11 Analisis petrografi pada batulempung karbonatan

Berdasarkan analisis fosil, lingkungan pengendapan satuan batulempung karbonatan ini merupakan batial atas. Kisaran umur relatif dari satuan ini ialah N 15 – N 17 (Miosen Tengah - Miosen Akhir).



Gambar 12 Analisis paleontologi dan model lingkungan pengendapan menurut Bolli, 1985.

3. Endapan Alluvium

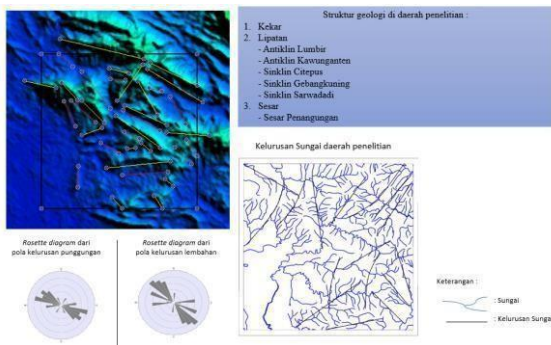
Alluvium, tersusun oleh material – material lepas yang terdiri dari sedimen berukuran lempung sampai bongkah. Material tersebut berupa endapan pasir lepas, kerikil serta bongkah – bongkah yang berasal dari batupasir dan batulempung dengan bentuk membudar tanggung – menyudut tanggung yang telah ada sebelumnya yang berumur lebih tua. Endapan ini tersebar sekitar 10% dalam daerah penelitian.



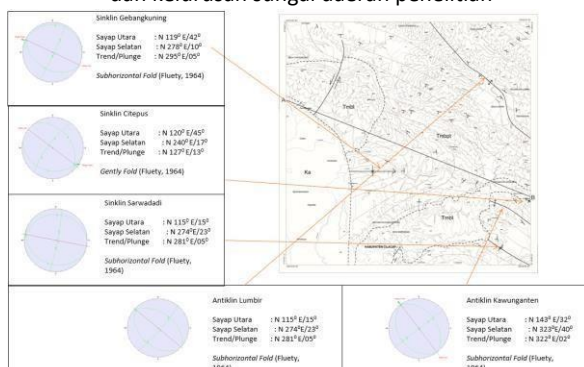
Gambar 13 Kenampakan Alluvium pada sungai besar Binaguan pada stasiun 40

Struktur Geologi

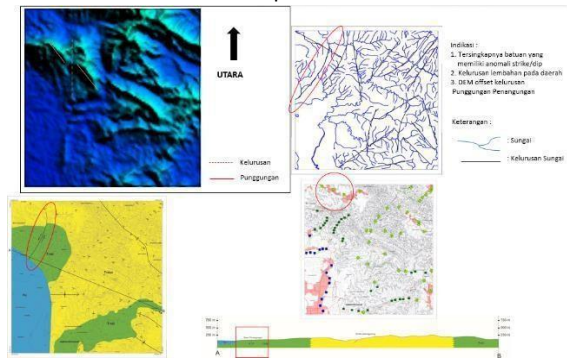
Analisis struktur geologi dilakukan dengan korelasi dengan interpretasi geomorfologi, kelurusan punggung, lembahan dan pola tegasan umum. Tiga struktur geologi yang diidentifikasi berupa: lipatan, kekar tarik dan sesar mendarat.



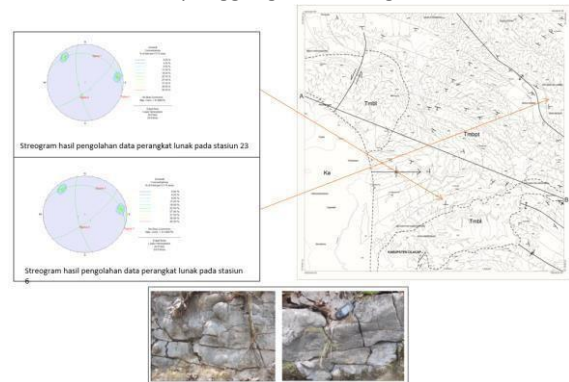
Gambar 14 Analisis kelurusan punggung pada citra DEM dan kelurusan sungai daerah penelitian



Gambar 15 Analisis struktur geologi berdasarkan polajurus daerah penelitian



Gambar 16 Analisis struktur geologi berdasarkan kelurusan punggung dan sungai



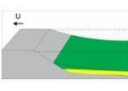
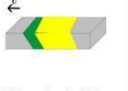
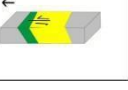
Gambar 17 Analisis struktur geologi berdasarkan streogram pada Kekar Tarik stasiun 23 dan stasiun 6

Geologi Sejarah

Geologi sejarah daerah pemetaan sesuai dengan data- data yang didapat dari lapangan dapat direkam dari Kala Miosen hingga Resen. Pada Kala Miosen Tengah – Miosen Akhir diendapkan satuan batupasir tufan yang merupakan satuan batuan sedimen yang paling tua di daerah pemetaan. Setelah pengendapan material penyusun satuan batupasir tufan, kemudian diikuti oleh pengendapan material penyusun satuan batulempung secara menjemari. Pembentukan satuan batupasir tufan dipengaruhi oleh arus turbidit. Pada saat hasil sisa erupsi gunung api bawah laut bercampur dengan material sedimen bawah laut, terjadi transportasi pengendapan material pembentuk satuan batupasir tufan karena adanya pergerakan dari lereng antara laut dangkal dan laut dalam. Kala Miosen Akhir berakhir, pengendapan material pembentuk satuan batupasir tufan pun berhenti. Setelah material pembentuk satuan batupasir tufan terendapkan, selanjutnya terjadi penurunan air laut yang menghasilkan endapan satuan batulempung. Satuan batulempung ini berada diatas satuan batupasir tufan secara menjemari. Selanjutnya terjadi peristiwa tektonik dengan tegasan yang berarah relatif utara-selatan. Tegasan ini membentuk sinklin dan antiklin dengan arah sumbu lipatan relatif Barat-Timur.

Setelah terbentuk sinklin dan antiklin pada wilayah penelitian, kemudian bagian utara wilayah penelitian tersebut tersesarkan. Sesar mendatar yang terbentuk relatif berarah utara - selatan.

Pada akhir Kala Pliosen hingga Resen, terjadi proses pelapukan baik secara kimiawi, fisika, dan biologi terhadap batuan yang telah terbentuk sebelumnya, diikuti proses transportasi dan pengendapan pada daerah landai sehingga terbentuk endapan aluvium pada daerah penelitian.

Tersier		Kuartar	
Miosen		Pliosen	Plistosen - Resen
Tengah	Akhir		
Pada kala Miosen Tengah, proses sedimentasi mengendapkan material-material sedimen yang didominasi oleh material hasil erupsi gunung api bawah laut yang diendapkan pada lingkungan laut. Material ini kemudian terfiksifikasi dan membentuk Satuan Batupasir tufan (Tmbpt). 	Pada kala Miosen Akhir, daerah penelitian merupakan daerah dengan lingkungan pengendapan laut yang dipengaruhi oleh gravitasi dan diinterpretasikan sebagai submarine fan. Selanjutnya terjadi pengendapan material halus berupa satuan batulempung (Tmbd). 	Terjadi aktivitas tektonik dengan arah tekanan utama kompresi relatif utara-selatan yang membentuk sinklin dan antiklin.  Aktivitas tektonik ini juga mengakibatkan terbentuknya sesar di daerah penelitian, yaitu Sesar Penangungan. 	Terjadi pengendapan material sedimen lepas berupa aluvium pada daerah sungai Binangun. 

Gambar 18 Analisis geologi sejarah pada daerah penelitian

Potensi Sumberdaya dan Kebencanaan

Potensi bahan galian terdapat pada daerah selatan penilitan yaitu desa Sarwadadi berupa batu lempung yang digunakan untuk industri keramik maupun untuk bahan bangunan di daerah Binangun. Potensi bahaya geologi juga terdapat pada daerah utara penelitian yaitu daerah sesar seperti Penangungan. Pada daerah Desa Penangungan yang rawan longsor, sebaiknya pembangunan pemukiman penduduk diminimalisir.

Kesimpulan

Berdasarkan pemetaan geologi yang dilakukan, satuan geomorfologi daerah penelitian dikelompokkan menjadi 3 (tiga) satuan geomorfologi Satuan Geomorfologi Pedataran Landai Fluvial, Satuan Geomorfologi Perbukitan Agak Landai Struktural, Satuan Geomorfologi Perbukitan Agak Curam Struktural. Berdasarkan litostratigrafi tidak resmi, stratigrafi daerah penelitian dibagi menjadi 2 (dua) satuan batuan beserta endapannya dengan urutan dari tua ke muda, yaitu : Satuan batupasir tufan, Satuan batulempung, Endapan Aluvium. Struktur geologi yang

berkembang di daerah penelitian yakni struktur sesar mendatar, terdiri dari Sesar Penangungan serta struktur lipatan berupa sinklin Gebangkuning, sinklin Citepus, sinklin Sarwadadi, antiklin Lumbir serta antiklin Cidora; dan terdapat juga kekar tarik. Geologi sejarah daerah pemetaan berlangsung sejak Kala Miosen hingga Pliosen. Potensi dan bencana pada daerah penelitian berupa sumberdaya batulempung di desa Sarwadadi dan potensi longsor di desa Penangungan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis sampaikan kepada rekan - rekan yang membantu pada saat pemetaan geologi dilakukan, warga Binangun serta laboratorium Universitas Padjadjaran dalam menyelesaikan pemetaan geologi ini. Semoga tulisan ini bermanfaat bagi perkembangan keinsinyuran di Indonesia.

Referensi

- Asikin, Sukendar (1978). Dasar – dasar Geologi Struktural. Departemen Teknik Geologi, Institut Teknologi Bandung, 72 hal.
- Boggs, Sam. Jr. (1995). Petrology of Sedimentary Rocks. Maxwell Macmillan International., New York.
- Bolli (1995). Paleontology and Depositional Environment Model.
- Fluety. (1964). Fleut's Classification Fold Hinge Plunge Axial Plane Dip
- Howard, A.D (1967). Drainage Analysis in Geologic Interpretation, Stanford, California.
- Pettijohn, F.J. (1975). Sedimentary Rocks. Third Edition. Harper & Row Publishers, New York-Evanston-San Fransisco-London.
- T.O. Simanjuntak dan Surono (1992). Geologi Regional Lembar Pangandaran
- Van Bemmelen, R.W (1949). The Geology of Indonesia, Vol. IA.
- Walker (1978). Paleontology and Depositional Environment Model.
- Zenith (1932). Drainage Analysis in Geologic Interpretation.
- Zuidam, R.A. Van (1985). Aerial Photo-Interpretation Intrrain Analysis and Geomorphology Mapping, Smith Publisher the Hague, ITC

Analisis Sistem Antrian Menggunakan Software Simulasi Arena Pada Pom Bensin Gunung Anyar Surabaya

Jeffry Setiawan

Program Studi Program Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ setiawanjeffry14@gmail.com

Kepuasan pelanggan sangat tergantung pada kualitas layanan yang diberikan oleh perusahaan. Jika permintaan melebihi kapasitas yang ada, antrian dapat terbentuk. Oleh karena itu, dilakukan pengamatan di SPBU 54.602.60 di Jl. Gunung Anyar 24, Kota Surabaya. Pengamatan difokuskan pada kendaraan roda dua dan pengisian bahan bakar pertalite selama 1 jam. Jumlah antrian, waktu antrian, dan nilai utilitas dijadikan indikator performa. Data diolah menggunakan *software arena*. Hasilnya menunjukkan adanya antrian, dan nilai utilitas pekerja rendah, menandakan sistem yang dibuat kurang baik. Model perbaikan diajukan untuk meningkatkan efisiensi utilitas SPBU. Usulan perbaikan dilakukan dengan pengisian mandiri, pengurangan operator, dan penambahan mesin. Dengan demikian, nilai utilitas dapat naik dan waktu tunggu menurun secara signifikan. Ini dapat meningkatkan kepuasan pelanggan melalui peningkatan performa server dan mesin untuk mengatasi antrian.

Kata kunci: pom bensin, arena, antrian

Pendahuluan

Kesuksesan suatu perusahaan dalam menghadapi persaingan global dalam industri tertentu dapat dilihat dari berbagai faktor, salah satunya adalah tingkat kepuasan konsumen. Tingkat kepuasan konsumen, yang sangat penting, memerlukan dukungan dari kemampuan perusahaan dalam menyediakan dan memberikan produk atau jasa yang dibutuhkan oleh konsumen (Dewi, 2016). Kepuasan konsumen memiliki berbagai dampak positif pada perusahaan, seperti peningkatan pendapatan dan peningkatan citra atau reputasi perusahaan. Untuk mencapai tingkat kepuasan konsumen yang optimal, ada beberapa aspek yang harus diperhatikan, termasuk kualitas produk atau jasa yang ditawarkan serta penyediaan layanan konsumen yang mampu mendukung pemenuhan kepuasan konsumen. Dengan demikian, kualitas pelayanan menjadi kunci dalam meraih penilaian positif dari konsumen. Namun, situasi di mana permintaan yang tinggi tidak diimbangi dengan peningkatan jumlah penyedia layanan dapat mengakibatkan munculnya antrian atau antrian, yang pada gilirannya dapat memengaruhi tingkat kepuasan konsumen (Wihdaniah et al., 2018).

Antrian merujuk pada kondisi di mana konsumen harus menunggu untuk menerima pelayanan dari sumber daya terbatas (Manalu & Palandeng, 2019). Terjadinya antrian biasanya disebabkan oleh permintaan pelayanan yang melebihi kapasitas yang tersedia, yang mengakibatkan konsumen harus menunggu untuk mendapatkan layanan (Supriyadi et al., 2018). Antrian merupakan salah satu contoh situasi pelayanan yang kurang optimal, karena mengharuskan konsumen untuk menunggu sebelum dapat dilayani (Hasian & Putra, 2010). Fenomena antrian dapat terjadi di berbagai tempat, terutama di fasilitas umum yang sangat diminta oleh masyarakat, salah satunya adalah di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU). Terbatasnya jumlah fasilitas di SPBU bisa menyebabkan dalam beberapa situasi konsumen harus mengantri untuk mendapatkan

bahan bakar untuk sepeda motor mereka (Manalu & Palandeng, 2019).

Mengidentifikasi pihak-pihak yang terlibat adalah langkah penting dalam menganalisis antrian, baik dampak positif maupun negatifnya. Analisis sistem tersebut bertujuan untuk mengurangi atau meminimalkan jumlah antrian, sehingga konsumen dapat merasa puas dengan layanan yang diberikan (Kusumaningtyas et al., 2018). Situasi antrian di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) adalah hal yang sering terjadi, seperti yang dapat dilihat pada SPBU Pertamina 54.602.60 di Surabaya, sebagai contoh. Pada jam-jam sibuk, sering terjadi antrian kendaraan yang panjang saat mengisi bahan bakar sepeda motor. Antrian tersebut bahkan bisa mencapai 5-10 sepeda motor, yang membuat konsumen menjadi kurang sabar dan akhirnya mencari alternatif tempat lain untuk mengisi bahan bakar (Amri & Muhammad, 2013).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis terhadap sistem antrian pengisian bahan bakar di SPBU Jl. Raya Gunung Anyar 24 yang spesifik ditujukan untuk kendaraan roda dua dengan pengisian bahan bakar pertalite. Analisis dilakukan dengan memanfaatkan simulasi menggunakan perangkat lunak Arena. Fokus dari studi simulasi pada sistem antrian di SPBU Jl. Raya Gunung Anyar 24 adalah untuk meningkatkan kualitas pelayanan pengisian bahan bakar pada kendaraan roda dua dengan jenis bahan bakar pertalite. Diharapkan dengan menerapkan sistem yang baru dapat mengurangi tingkat antrian dalam sistem.



Gambar 1 Antrian di pom bensin Gunung Anyar

**Gambar 2** Antrian di pom bensin Gunung Anyar

Metode

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif dalam metodologi penelitiannya. Pendekatan kuantitatif merujuk pada suatu metode penelitian yang didasarkan pada filosofi positivisme dan digunakan untuk menginvestigasi populasi atau sampel tertentu. Dalam pendekatan ini, data dikumpulkan melalui alat penelitian yang ditentukan, kemudian dianalisis secara kuantitatif atau dengan metode statistik, dengan tujuan menguji hipotesis yang telah dirumuskan sebelumnya (Sekaran & Bougie, 2016).

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kuantitatif, yang merujuk pada data yang dinyatakan dalam bentuk perhitungan statistik. Data kuantitatif ini digunakan untuk menghitung jumlah jalur fasilitas optimal dan untuk mengevaluasi kinerja waktu pelayanan fasilitas pada tingkat optimal selama proses pengisian ulang bahan bakar di SPBU. Sumber data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer, yang mencakup informasi tentang jumlah konsumen atau individu yang harus mengantri untuk melakukan pengisian ulang bahan bakar di SPBU.

Hasil Kerja

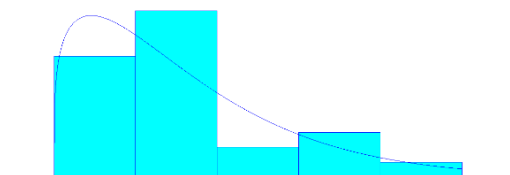
Data yang digunakan merupakan data hasil pengamatan yang dilakukan pada tanggal 16 Maret 2023, dengan durasi waktu pengamatan selama 1 jam, dimulai dari pukul 15.00-16.00 WIB. Pemilihan waktu tersebut dikarenakan pada jam tersebut antrian kendaraan padat. Pengamatan dilakukan terhadap waktu kedatangan kendaraan roda dua, waktu awal pelayanan dan waktu selesai. Data tersebut selanjutnya direkapitulasi ke dalam Ms. Excel untuk kemudian dicari selisih waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan.

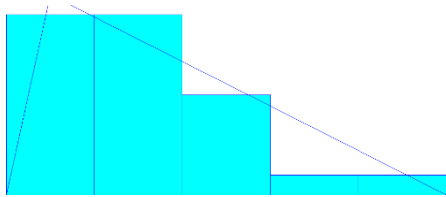
Tabel 1. Kedatangan dan Pelayanan Konsumen (dalam detik)

Kedatangan	Pelayanan Peralite 1	Kedatangan	Pelayanan Peralite 2
175	90	8	41
157	125	54	53
72	56	176	100

54	66	35	34
32	43	40	89
126	54	129	41
70	49	67	54
39	69	68	73
84	85	65	72
24	64	108	165
26	38	35	49
17	123	193	92
162	69	57	39
80	95	116	46
43	84	72	68
24	30	103	88
54	41	44	129
53	175	152	80
23	58	45	58
68	56	34	105
84	121	6	88
70	82	52	78
85	52	114	34
35	82	70	36
45	68	12	98

Data-data observasi yang telah di rekapitulasi kemudian diolah dengan menggunakan Input Analyzer untuk menentukan jenis distribusi data. Berdasarkan pengolahan data dengan menggunakan Input Analyzer, maka diperoleh hasil bahwa jenis distribusi waktu antar kedatangan konsumen memiliki distribusi Weibull dengan nilai expression $6 + \text{WEIB}(68.7, 1.22)$ dan nilai square error sebesar 0.027041. Jenis distribusi waktu pelayanan konsumen pertalite 1 memiliki distribusi Weibull dengan nilai expression $30 + \text{WEIB}(50.5, 1.24)$ dan nilai square error sebesar 0.034415 (Gambar 3) sedangkan pertalite 2 memiliki distribusi Triangular dengan nilai expression $\text{TRIA}(41, 53.4, 165)$ dan nilai square error sebesar 0.016672 (Gambar 4).

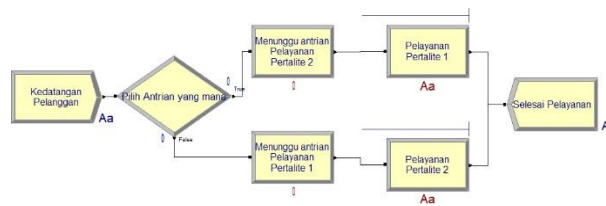
**Gambar 3.** Data waktu pelayanan konsumen di pertalite 1



Gambar 4. Data waktu pelayanan konsumen di pertalite 2

Setelah menganalisis jenis distribusi data, langkah selanjutnya adalah membuat model simulasi menggunakan perangkat lunak Arena. Dalam proses pembuatan model simulasi ini, terdapat beberapa peristiwa yang terjadi dalam antrian, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 3, termasuk:

- Proses Kedatangan Kendaraan, yang digambarkan menggunakan modul "Create".
- Proses Pelayanan konsumen, yang diilustrasikan dengan modul "Process".
- Proses Meninggalkan Server, yang didepiksi dengan modul "Dispose".



Gambar 5. Model logika arena

Setelah itu, data diisi pada setiap bagian modul Arena, dan langkah berikutnya menghitung jumlah replikasi yang dibutuhkan dalam model. Dengan menggunakan rumus:

$$n' = n \frac{Hw^2}{Hw'^2} \text{ dengan halfwidth yang diinginkan adalah 2 maka}$$
$$n' = 10 \frac{2.42^2}{2^2} = 14.64 = 15 \text{ replikasi. Maka dibutuhkan 15 kali replikasi untuk mendapatkan halfwidth senilai 2.}$$

Instantaneous Utilization		Average
Operator 1		0.5290
Operator 2		0.6390

Gambar 6. Hasil arena persentase pekerja untuk bekerja

Wait Time		Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1		4.8802	1.23	1.3346	9.4422	0.00	15.9438

Gambar 7. Hasil arena waktu menunggu konsumen

Setelah menyelesaikan simulasi dari model tersebut, laporan dari sistem antrian akan dihasilkan. Berdasarkan laporan tersebut, didapatkan informasi bahwa persentase pekerja adalah 52,90% dan 63,90%, yang dimana pekerja terlalu banyak menganggur dari kelonggaran waktu yang diberikan. Selain itu, waktu tunggu rata-rata untuk stasiun premium adalah 4,8802 menit, dan nilai maksimumnya 15,9438 menit. Selain itu, dapat diketahui bahwa selama satu jam pengamatan, sekitar 53 kendaraan memasuki stasiun premium. Rata-rata waktu proses pelayanan untuk setiap kendaraan adalah sekitar 1.32 menit, dengan waktu pelayanan maksimum mencapai 4.37 menit. Selanjutnya dilakukan uji validasi dengan teknik statistik deskriptif dengan jumlah sampel yang digunakan sama dengan jumlah replikasi yang telah didapatkan yaitu 15. Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah rata-rata konsumen masuk ke sistem sama dengan simulasi.

Test

Null hypothesis $H_0: \mu = 50$

Alternative hypothesis $H_1: \mu \neq 50$

T-Value P-Value

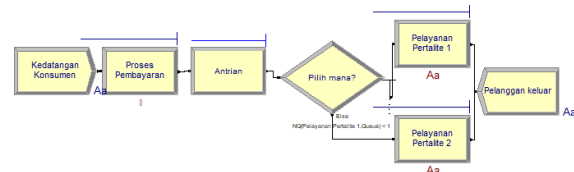
1.83 0.088

Gambar 8. Hasil uji validasi

Pada Gambar 5 hasil P-Value yang didapatkan lebih besar dari 0,05 yang artinya hipotesis nol atau null hypothesis diterima. Kesimpulan dari pengujian adalah konsumen yang masuk pada simulasi sama dengan realita.

Eksperimen simulasi ini bertujuan untuk memahami dampak dari beberapa faktor terhadap kinerja sistem yang sedang diuji (Srivathsan & Viswanathan, 2017). Parameter kinerja sistem yang tengah diinvestigasi adalah nilai utilitas dari server, yang mencerminkan tingkat kesibukan server. Faktor-faktor yang diduga memengaruhi nilai utilitas server melibatkan jumlah server pengisian dan jumlah operator di dalam server.

Dalam konteks ini, disajikan solusi alternatif untuk meningkatkan kinerja sistem dengan tujuan mengatasi masalah nilai utilitas sistem yang bernilai 52,90% dan 63,90%. Rencana perbaikan yang diajukan melibatkan mengganti sistem dengan pengisian mandiri dan mengurangi jumlah operator dan menggantinya dengan mesin pengisian, sebagaimana terlihat pada Gambar 6.



Gambar 9. Usulan perbaikan

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.6319	0.07	0.4460	0.8210	0.00	3.0726

Gambar 10. Hasil arena waktu menunggu konsumen dengan usulan perbaikan

Test

Null hypothesis	$H_0: \mu_{\text{difference}} = 0$
Alternative hypothesis	$H_1: \mu_{\text{difference}} \neq 0$
<u>T-Value</u>	<u>P-Value</u>
7.58	0.000

Gambar 11. Uji analisis perbaikan

Setelah menyelesaikan simulasi dari model tersebut, laporan perbaikan sistem antrian akan dihasilkan. Dengan mengganti sistem dengan pengisian mandiri dan mengurangi jumlah operator dan menggantinya dengan mesin pengisian, hasilnya adalah hasil output waktu tunggu lebih rendah dibandingkan dengan kondisi sistem awal. Setelah itu dilakukan uji analisis dan mendapatkan nilai p-value lebih kecil dari 0.05 (95%) maka terdapat perubahan dari waktu tunggu pada sistem antrian awal.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi tersebut, dapat disimpulkan pada pengisian bahan bakar pertalite khusus kendaraan roda dua memiliki nilai utilitas pada masing-masing pekerja sebesar 52,90% dan 63,90%, dimana hal ini mengakibatkan pekerja lebih banyak menganggur dan waktu tunggu konsumen lebih lama. Oleh karena itu, maka dilakukanlah perancangan alternatif perbaikan sistem dengan melakukan pengisian mandiri serta mengurangi pekerja menjadi

satu saja. Dengan usulan tersebut, didapatkan nilai waktu tunggu lebih rendah daripada sistem sebelumnya.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada dosen-dosen Universitas Katolik Widya Mandala yang telah memberikan semangat dan bantuan untuk mengerjakan artikel ini.

Referensi

- Amri, & Muhammad. (2013). Analisis Sistem Antrian pada Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) dengan Menggunakan Simulasi Arena. *Malikussaleh Industrial Engineering Journal*, 2(2), 16–23.
- Dewi, R. S. (2016). Analisis Kepuasan Konsumen pada Pedagang Kaki Lima di Kawasan Simpang Lima Semarang. *Jurnal Administrasi Bisnis*, 5(1), 13–23.
- Hasian, D. P., & Putra, A. K. (2010). Simulasi Pelayanan Pengisian Bahan Bakar di SPBU Gunung Panglun. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 9(1), 31–36.
- Kusumaningtyas, Fikri, M. I., & Liquidanu, E. (2018). Simulasi Antrian Pengisian Bahan Bakar di SPBU Pucangsawit. *Seminar Dan Konferensi Nasional IDEC*, 1–11.
- Sekaran, U., & Bougie, R. (2016). *Research methods for business: A skill building approach*. John Wiley & Sons.
- Srivathsan, S., & Viswanathan, S. (2017). A queueing-based optimization model for planning inventory of repaired components in a service center. *Computers & Industrial Engineering*, 106, 373–385.
- Supriyadi, S., Alfari, S., Karno, R., & Cahyadi, D. (2018). Queue Design of Bank Teller Service in Banten, Indonesia. *Proceedings of the The 1st International Conference on Computer Science and Engineering Technology Universitas Muria Kudus*, 165–171.
- Wihdaniah, S., Pono, M., & Munizu, M. (2018). Analisis Kinerja Sistem Antrian dalam Mengoptimalkan Pelayanan Pasien Rawat Jalan di RSUD Haji Makassar. *Jurnal Bisnis, Manajemen Dan Informatika*, 14(3), 228–238.

Metode dan Analisis Perhitungan Deposit Pasir Laut di Perairan Banten Untuk Kebutuhan Reklamasi

Rudhy Akhwady

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik
Widya Mandala Surabaya

✉ r_akhwady@yahoo.com

Penelitian ini dilakukan mendapatkan gambaran tentang kondisi geomorfologi struktur lapisan dan volume deposit pasir (sandpit) di kawasan Ijin Usaha Penambangan (IUP) Perairan Banten Utara. Penambangan dilakukan sebagai bahan material reklamasi di beberapa tempat. Akibat kegiatan pengerukan yang dilakukan juga dapat merubah pola aliran arus dan kecepatan di dsar laut sehingga menimbulkan kerusakan di wilayah pesisir seperti abrasi dan erosi. Kegiatan survey yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi : Hidro Oseanografi, Sub Bottom Profiler, Boring Hole Lapisan Tanah, Pemodelan Numerik. Hasil kajian nantinya dapat digunakan sebagai referensi dalam melakukan monitoring pengelolaan tata ruang laut dan pesisir, dengan kesimpulan bawah pengerukan di kawasan studi tidak ekonomis untuk dilakukan karena material pasir berada di antara 12-55 m d bawah dasar laut, hasil bor hole 1 berada di kedalaman -50 m dengan ketebalan 6.5 m dan -47 m dengan Ketebalan 5 m untuk Bor Hole 2.

Kata kunci : *Deposit pasir, reklamasi, sandpit, model numerik*

Pendahuluan

Kegiatan ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran tentang kondisi geomorfologi struktur lapisan dan volume pasir (sandpit) di dasar laut di kawasan Perairan Banten Utara. Posisi lokasi studi berada di Laut Jawa sebelah timur Pulau Panjang, Banten dengan luas area sekitar 8 x 20 km². Lokasi ini dipilih karena termasuk dalam wilayah kawasan Ijin Usaha Penambangan (IUP). Akibat kegiatan pengerukan yang dilakukan juga akan menimbulkan kerusakan di wilayah pesisir seperti abrasi dan erosi sebagai akibat perubahan geomorfologi di dasar laut.

Hasil kajian nantinya dapat digunakan sebagai referensi dalam melakukan monitoring pengelolaan tata ruang laut dan pesisir di Provinsi Banten. Beberapa aspek kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui perubahan geomorfologi dan sandpit/deposit pasir laut ini adalah : mengetahui kedalaman perairan dengan peta bathimetri, melakukan survey hidrooseanografi (arus, pasang surut), jenis dan struktur lapisan tanah yang ada (soil mechanic), struktur geologi permukaan, erosi dan sedimentasi permukaan dasar laut, serta melakukan pemodelan perubahan garis pantai di daerah lokasi studi tersebut.

Metode

Lokasi kajian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini :



Gambar 1 Lokasi Studi Pulau Panjang, Banten

Hasil Kerja

Hidro-oseanografi

1. Pasang Surut

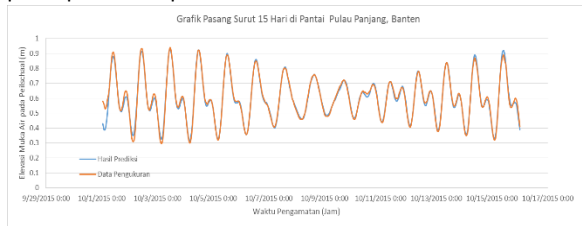
Pelaksanaan pengamatan pasang surut dilakukan selama 15 (lima belas) hari, yang dihitung mulai tanggal 1-15 Oktober 2015 Dengan menggunakan RBR Virtuoso, ditempatkan di pantai pulau panjang, Banten seperti pada

Gambar 2 Berikut :



Gambar 2 Pengukuran Pasang Surut dengan RBR Virtuoso

Hasil pengukuran yang dilakukan diperoleh pola pasang surut yang merupakan elevasi muka air dan divalidasi dengan pasut prediksi seperti Gambar 3 berikut :

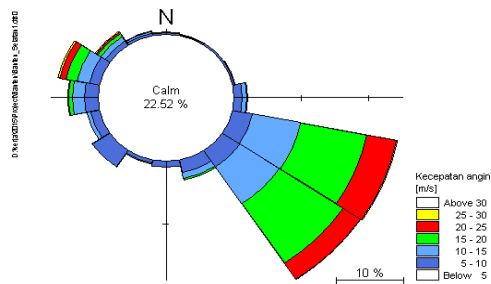


Gambar 3 Perbandingan grafik pasang surut hasil pengukuran dan prediksi

Hasil pengamatan pasang surut dengan palem dari tanggal 1–15 Oktober 2015 diperoleh Tinggi Maksimum : 0.94 m, Minimum : 0.30 m dan Tunggang Pasang Surut : 0.64 m

2. Angin, Gelombang dan Arus

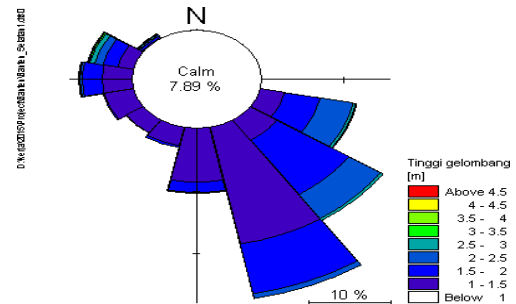
Data angin dan gelombang diperoleh dari hasil pencatatan data satelit Meteofranc oleh BMKG. Data tersebut berupa arah dan kecepatan angin serta tinggi, periode dan arah gelombang tiap jam selama 10 tahun. Koordinat pengambilan data adalah -5.778108° LS / 106.150345° BB untuk Banten Utara dan -7.108035° LS/ 105.680552° BB untuk Banten Selatan (Gambar 1). Angin merupakan faktor utama penggerak gelombang, sehingga pengetahuan angin juga diperlukan kaitannya dengan morfologi pantai. Hasil plot data angin BMKG disajikan dalam bentuk wind rose seperti pada **Error! Reference source not found..** Dari hasil perhitungan diperoleh angin dominan di perairan Banten Selatan, datang dari arah Tenggara (47.79%) dengan kisaran kecepatan yang bervariasi antara 0-20 m/s.



Gambar 4 Mawar angin Banten Selatan

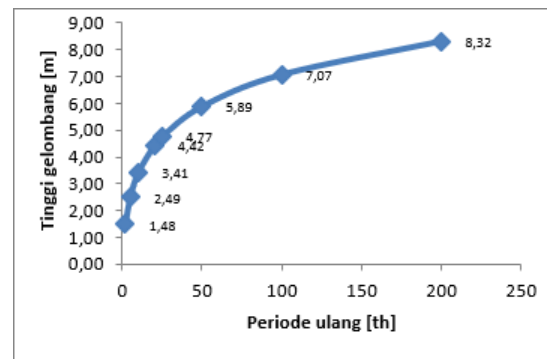
Gelombang adalah pergerakan vertikal pada permukaan air laut yang disebabkan oleh gaya pembangkit berupa angin, pasang surut, gempa maupun pergerakan kapal. Energi yang ditimbulkan gelombang berbanding lurus dengan tinggi gelombang. Tinggi gelombang yang terlalu besar akan menimbulkan energi gelombang yang besar yang dapat mengakibatkan kerusakan erosi pada daerah pesisir dan kegiatan eksplorasi yang dilakukan pada daerah tersebut (Holthuijsen, 2010)

Terdapat perbedaan tinggi dan arah gelombang pada perairan Banten Utara dan Selatan. Perairan Banten Utara mempunyai ketinggian gelombang signifikan dengan kisaran 0.77 - 1.24 m dan arah gelombang dominan dari arah Timur dan Timur Laut. Perairan Banten Selatan mempunyai kisaran gelombang lebih tinggi antara 1.38-2.22 m dengan arah dominan Tenggara karena berada pada Samudera Indonesia seperti ditunjukkan pada mawar gelombang (Gambar 5).



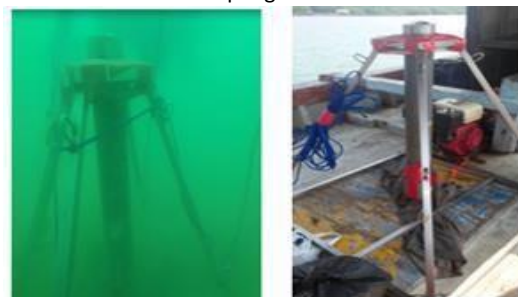
Gambar 5 Mawar gelombang perairan Banten Selatan berdasar data Satelit Meteofranc.

Hasil analisa satelit Meteofranc menunjukkan tinggi gelombang signifikan tiap tahun pada perairan Banten Utara dan Banten Selatan berturut-turut disajikan pada Gambar 6



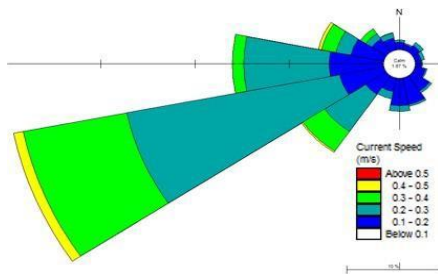
Gambar 6 Tinggi gelombang dengan periode ulang untuk wilayah Banten Selatan

Pengukuran arus dilakukan untuk mengetahui besaran dan arah dilakukan dengan menggunakan sebuah acoustic Doppler profiler (ADCP) seperti pada Gambar 7. Pengukuran dilakukan pada tanggal 5–12 Oktober 2015 di lokasi berada di luar area pengerukan.



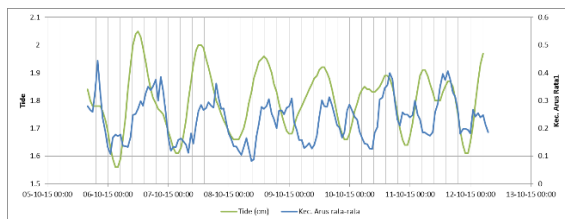
Gambar 7 Pengukuran Arus dengan ADCP

Analisis data arus dilakukan dengan mengolah data arus menjadi bentuk *current rose* untuk mengetahui arah dominan arus, dan penyajian data dalam vector arus seperti pada Gambar 8.



Gambar 8 *Current Rose* Hasil Pengukuran

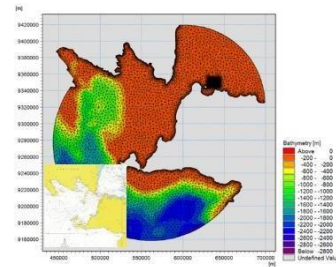
Untuk mengetahui karakteristik arus yang disebabkan oleh pasang surut (*tidal currents*) maupun karena arus yang dibangkitkan selain karena pasang surut/arus residu (*residual currents*). Dari vector arus tersebut kita dapat mengetahui karakteristik arus yang dibangkitkan oleh masing-masing kedua factor tersebut, maupun karakteristik arus yang disebabkan oleh gabungan dari kedua faktor tersebut (*total currents*) seperti pada Gambar 9. Berdasarkan hasil pengolahan data *currents rose*, arah dominan arus Timur - Barat pada lokasi ADCP pada kondisi pasut purnama dengan prosentase hampir 25% dengan kecepatan arus maksimum mencapai 0.3m/s.



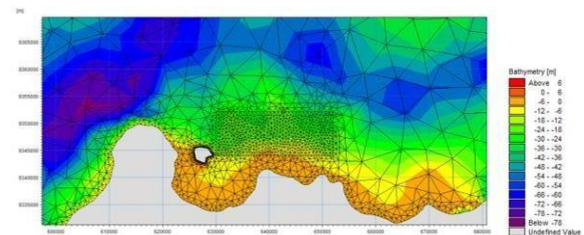
Gambar 9 Perbandingan kecepatan arus terhadap pasang surut

Kondisi dasar perairan

Sebelum dilakukan pemodelan dengan software pengolah data Delft 3D, dilakukan persiapan data Bathymetri, meliputi scanning peta lingkungan pantai Indonesia (LPI) Lembar 1608-01 Edisi I tahun 2004 yang dikeluarkan oleh Bakosurtanal dan digitasi untuk menyiapkan daerah komputasi. Hasil digitasi daerah kajian berupa *meshing* sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 10 dan 11, masing-masing untuk kondisi eksisting (sebelum pengerukan tahun 2004).



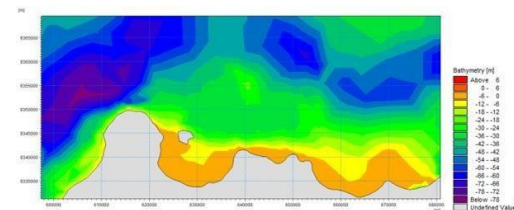
Gambar 10 Digitasi daerah studi model Eksisting



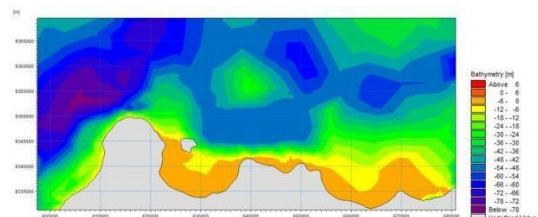
Gambar 11 Digitasi daerah Pengerukan

Setelah dilakukan digitasi model pengerukan dengan luas 8 x 20 km dengan merapatkan mesh, dilakukan simulasi dengan kedalaman dasar pengerukan - 30 m dan -50 m untuk mengetahui sebaran pola aliran dan perubahan pola kedalaman yang terjadi seperti pada gambar 12 dan 13.

Gambar 12 Bathimetri Dengan Pengerukan - 30 m



Gambar 13 Bathimetri Dengan Pengerukan - 50 m



Tabel 1 Volume Berdasar Peta Batimetri

Tahun	Volume (m3)	Average Depth (m2)
2004	3,314,107,322.6	-20.04
2011	3,482,802,206.5	-21.06
2015	3,509,218,340.0	-21.22

Tabel 2 Volume Berdasar Perubahan Kedalaman

Overlay	Cut (m3)	Fill (m3)	Perubahan Rata2 pertahun (m3)
2004 - 2011	84,688,652.5	253,383,536.4	24,099,269.1
2011 - 2015	110,430,999.2	136,847,132.7	6,604,033.4
2004 - 2015	113,859,825.0	308,970,842.5	17,737,365.2

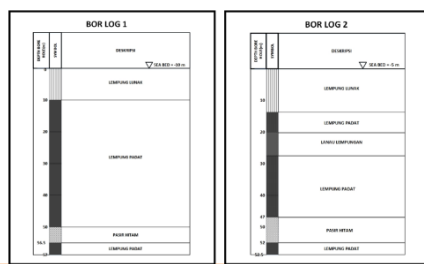
Pengetahuan kondisi sedimen dasar perairan sangat diperlukan sebagai bahan pertimbangan apakah daerah tersebut sesuai untuk digunakan sebagai sandpit/quarry dilakukan dengan menggunakan boring untuk mengetahui struktur lapisan tanah dan grabbing sedimen permukaan dasar laut. Lokasi titik pengambilan untuk boring berada di dua titik BH1(630714 mE 9344138 mS) dan BH2 (648902.mE 9343373 mS) seperti pada Gambar 14 di bawah ini :



Gambar 14 Lokasi Pengambilan Bor Hole



Gambar 15 Pengambilan Sampel Lapisan Tanah



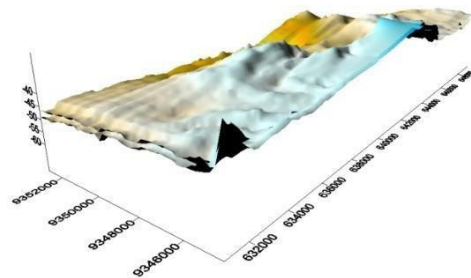
Gambar 16 Borlog BH1 dan BH2

Pada studi ini, lokasi dibatasi pada daerah sekitar Pulau Panjang seperti disajikan pada Gambar 14 dan Gambar 15. Digunakan metode pengambilan sedimen yaitu boring untuk mengetahui jenis dan struktur lapisan tanah serta grabbing (pengambilan) sedimen dasar untuk mengetahui jenis dan ukuran sedimen yang ada dipermukaan.

Boring dilakukan sebanyak 2 yang dianggap representatif lokasi sandpit. Hasil pengambilan sampel selanjutnya di bawa ke Laboratorium Uji Mekanika Tanah berupa indeks properties. Hasil uji secara ringkas disajikan pada Gambar 16 berikut.

Dari hasil penyelidikan tanah, diketahui bahwa sedimen dasar pada area studi adalah lempung (clay) dan lanau (silt). Pasir berada di kedalaman -50 m dari Sea Bed dengan ketebalan 6.5 m untuk Bor Hole 1 dan -47 m dari Sea Bed dengan Ketebalan 5 m untuk Bor Hole 2.

Berdasarkan data hasil pengukuran, pekerjaan pengukuran volume material Top - Bottom dimodelkan dengan software Surfer 6.0, diperoleh ketebalan lapisan pasir seperti pada Gambar 17 berikut :



Gambar 17 Isometric Hasil Survei Ketebalan Lapisan

Pengukuran tebal lapisan dilakukan dengan menggunakan Survey Sub Bottom Profiler (SBP) dan hasil survey ini digunakan untuk menghitung volume tiap jenis lapisan sesuai dengan hasil Borlog yang sudah dilakukan disertai dengan hasil uji sampel di Lab Mekanika Tanah. Hasil perhitungan volume dilakukan dengan software Hypack 3.0 dan ditampilkan dalam tabel 11, sebagai berikut:

Tabel 3 Perhitungan Volume Tiap kedalaman

Volume Report		Cut (cu.m)	Fill (cu.m)	Net (cu.m)	Method
From	To				
Kedalaman - 12	Bottom	0.000	3992590927.686	3992590927.686	(F) Grid
Kedalaman - 18	Bottom	0.000	3324904583.059	3324904583.059	(F) Grid
Kedalaman - 24	Bottom	0.000	2657586403.525	2657586403.525	(F) Grid
Kedalaman - 30	Bottom	42802.080	1990201451.640	1990158649.560	(F) Grid
Kedalaman - 42	Bottom	62446268.859	720067815.346	657621346.488	(F) Grid
Kedalaman - 48	Bottom	320216724.041	310906817.977	9309906.064	(F) Grid
Top	Bottom	293788356.869	145.351	293788211.517	(F) Grid

Jumlah perkiraan total volume yang diperoleh sebanyak 293.788.211,517 m³ yang berada pada rentang kedalaman 12 – 55 m. Pada beberapa literature disebutkan persyaratan sedimen dasar perairan yang baik untuk menjadi material



industry kelautan termasuk *dredging*. Adonis F. (2010) menyebutkan bahwa ukuran sedimen yang paling ekonomis harus memiliki ukuran butir $>300\ \mu\text{m}$. OSPAR Commission (2009) lebih spesifik menyebutkan ukuran butir sedimen untuk kepentingan reklamasi sebaiknya memiliki ukuran butir $300\ \mu\text{m} - 0,84\ \text{mm}$ yang dikategorikan sebagai *medium to coarse sand*.

Indikator lingkungan biota laut secara umum Echinodermata berarti hewan yang berkulit duri. Semua jenis Echinodermata hidup di laut, mulai dari daerah litoral sampai kedalaman 40 meter. Echinodermata lebih banyak dijumpai pada perairan yang jernih dan tenang dan mencapai keanekaragaman tertinggi di terumbu karang dan pantai dangkal (Rompis et al., 2013) dan Indrawan, G.S (2019). Filum Echinodermata terdiri dari beberapa kelas antara lain: Bintang Laut (Asteroidea), Bulu Babi (Echinoidea), Teripang (Holothuroidea), Lili Laut (Crinoidea) dan Bintang Ular (Ophiuroidea) (Brotowidjoyo, 1994; Rokhmin, 2003). Padang lamun berada di kedalaman hingga 30 m

Kesimpulan

Dari hasil studi yang dilakukan, kedalaman sedimen pasir hasil borehole berada di kedalaman -50 m dari Sea Bed dengan ketebalan 6.5 m untuk Bor Hole 1 dan -47 m dari SeaBed dengan Ketebalan 5 m untuk Bor Hole 2. Interval kedalaman pasir berada di kedalaman 12-55 m dibawa seabed. Secara ekonomis tidak layak dilakukan pengerukan dikarenakan membutuhkan biaya operasional yang besar. Pengaruh perubahan geomorfologi permukaan dasar laut juga akan mempengaruhi pola aliran arus dasar laut dan menyebabkan ketidakseimbangan di tempat lain. Hasil borlog, menyatakan sedimen dengan ukuran butir kurang lebih kecil dari $125\ \mu\text{m}$ atau lumpur. kurang layak untuk dijadikan material reklamasi karena butirnya terlalu kecil dan mempunyai sudut geser tanah yang kecil, sehingga akan mudah tergerus oleh arus dan gelombang.

.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan Beppeda Provinsi Banten yang telah support dalam DIPA Anggaran 2015 dan Pusriskel BRSDM KKP RI berupa peralatan survey yang dibutuhkan sehingga riset pemetaan potensi sumber daya pesisir dan perairan laut dapat terlaksana.

Referensi

Adonis F., 2010. Recommendations for the sustainable exploitation of tidal sandbanks. *Journal of Coastal Research*, SI, (51), 151-164. (doi:10.2112/SI51-014.1)

Brotowidjoyo, Mukayat Djarubito. 1994. Zoologi Dasar. Jakarta: Erlangga.

OSPAR Commission., 2009. Summary assessment of sand and gravel extraction in the OSPAR maritime area

Holthuijsen, L.H., 2010. Waves in Oceanic and Coastal Waters. Cambridge University Press.

Indrawan, G.S, 2019., Aspek Biologi (Morfologi, Anatomi, Reproduksi Habitat) Biota Laut Echinodermata, Podi Ilmu Kelautan dan Perikanan Udayana.

Rokhmin D. 2003. Keanekaragaman Hayati Laut. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

Rompis, B. R., Marnix, L. D. L., Deidy. Y. K dan Adelfia. P. 2013. Diversitas Echinodermata di Meras Kecamatan Bunaken Sulawesi Utara. FMIPA. Universitas Sam Ratulangi. Manado

Aplikasi Pemetaan UMKM Batik Madura menggunakan metode K-Means Clustering

Yeni Kustiyahningsih¹, Rasional Sitepu¹,
Andrew Joewono¹

¹ Program Studi Program Profesi Insinyur, Universitas
Universitas Widya Mandala

✉ ykustiyahningsih@trunojoyo.ac.id

Pendahuluan

Sektor Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) merupakan salah satu faktor pendorong pertumbuhan ekonomi Indonesia. Saat ini terdapat sekitar 64,2 juta unit usaha yang tergolong dalam UMKM (Riyadi & Mujanah, 2021). Namun, sejalan dengan perkembangan teknologi dan persaingan usaha, pengembangan UMKM memiliki tantangan lebih besar. Permasalahannya adalah berkaitan dengan kebijakan pemerintah mengenai bantuan dan pelatihan untuk mendukung pengembangan, peningkatan daya saing dan kapasitas UMKM (Puntoriza & Fibriani, 2020). Kegiatan belum optimal, banyak redundansi dan kurang tepat sasaran. Hal ini karena belum terdata dengan baik dan belum adanya *database* yang lengkap. Karakteristik UMKM berdasarkan beberapa indikator yaitu jumlah tenaga kerja, jenis produksi, kapasitas produksi, satuan produksi, harga satuan, nilai produksi, nilai investasi, umur, pendidikan, surat izin usaha, motif, dan *marketplace* (Sukmadewi, 2017). Data karakteristik terdapat data kategorikal dan numerik, sehingga perlu normalisasi sebelum data di kluster. Banyaknya jumlah UMKM Batik di Bangkalan dan Pamekasan, dinas perdagangan dan perindustrian kesulitan dalam menjalankan program pemerintah secara efisien dan efektif (Kustiyahningsih & Purnama, 1945). **Tujuan penelitian ini** adalah mengelompokkan data UMKM berdasarkan karakteristik yang sama, atau tingkat kemiripan data yang sama sehingga memudahkan dinas dalam pengambilan keputusan untuk kebijakan strategis. Sebelum data di klusterisasi atau dikelompokkan, data tersebut akan dilakukan *pre-processing* untuk menyeragamkan data dengan menggunakan min-max (Mistarihi et al., 2020). Setelah data ternormalisasi maka akan dilakukan pengelompokan dengan metode *K-Means Clustering* (Deng et al., 2023) (Nalendra, 2018). Untuk menentukan jumlah kluster paling optimal digunakan metode *silhouette Coefficient*. Kelebihan K-Means adalah dapat melakukan pembagian atau partisi data UMKM ke dalam beberapa kluster sesuai dengan karakteristik masing-masing data

Sektor UMKM merupakan sektor industri sebagai indikator stabilitas perekonomian baik tingkat nasional maupun daerah. Terdapat 166.768 UMKM di Bangkalan Madura dengan penyerapan tenaga kerja sebesar 210.003. Berkaitan dengan kebijakan pemerintah mengenai bantuan, pelatihan manajerial, peningkatan daya saing dan kapasitas UMKM. Dinas kesulitan dalam mengidentifikasi kebutuhan masing-masing UMKM sehingga diperlukan model klusterisasi UMKM dalam mempercepat pelaksanaan program kerja. Tujuan penelitian adalah mengelompokkan data UMKM berdasarkan karakteristik data yang sama, sehingga memudahkan dalam menentukan strategi pembangunan ke depan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *K-Means clustering* dan *gain ratio*. Untuk menentukan jumlah kluster yang paling optimal adalah metode *silhouette Coefficient*. Pengelompokan UMKM Batik ini berdasarkan 7 kriteria yaitu jumlah konsumen, kerjasama mitra, Reward pelanggan, branding produk, pelatihan pemilik, memiliki surat izin usaha, *marketplace*. Hasil pemetaan UMKM Batik adalah cluster 1 = 25 %, Cluster 2 = 29 % dan Cluster 3 = 46 %.

(Dhuhita, 2015) (Peng et al., 2012). K-Means digunakan untuk pengelompokan UMKM pada dinas koperasi dan usaha mikro Kabupaten Pamekasan dan menghasilkan akurasi yang tinggi yaitu 89,47 %. Integrasi metode *balanced scoredcard* dan *Fuzzy Analytic Network Process* (FAHP) (Kustiyahningsih et al., 2017) untuk mengukur kinerja UMKM (Kustiyahningsih et al., 2016). FAHP sangat sesuai untuk menentukan bobot indikator (Kustiyahningsih, 2021). Kelebihan *Gain ratio* adalah penerapannya sederhana dibandingkan metode seleksi fitur yang lain, sehingga banyak digunakan dalam pembobotan fitur hasil dari klusterisasi. *Gain ratio* merupakan metode yang dapat memberikan bobot sebagai perbandingan pada fitur (Wibowo & Indriyawati, 2020). *Gain ratio* dapat menentukan fitur-fitur yang memiliki informasi terbanyak, Sehingga ditemukan fitur-fitur yang paling dominan. Fitur yang akan terpilih dilihat dari nilai *Gain ratio* terbesar. Oleh karena itu penelitian ini akan mengembangkan model pengelompokan UMKM berbasis kluster menggunakan metode K-Means *klustering* dan *gain ratio* dengan metode *optimasi cluster* menggunakan *silhouette Coefficient* dan *preprocessing* data menggunakan *min-max*.

Metode

Metode penelitian merupakan tahapan penelitian secara keseluruhan untuk menjawab permasalahan yang terdapat pada Bab Pendahuluan. Tahapan penelitian terdiri dari Tahap persiapan, tahap pengumpulan data, perancangan dan Analisa kebutuhan dan tahap terakhir adalah implementasi, uji coba dan Analisa hasil penelitian.

3.1. Tahapan Penelitian

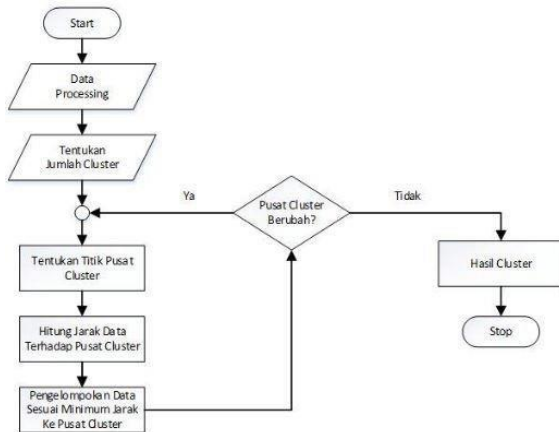
1. Studi Literatur dan wawancara & kuesioner.

Pada tahap ini dilakukan studi literatur dan jurnal dengan mempelajari data mining, *clustering*, metode *K-Means*, metode *silhouette coeff.*, menghitung jarak similarity, dan *gain ratio*. Wawancara dan kuesioner dilakukan kepada Koperasi dan Usaha mikro Kab. Bangkalan serta pengrajin UMKM batik.

2. Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data terdiri dari:

1. Data UMKM batik yang digunakan adalah sebanyak 200 data
 2. Data yang digunakan sebagai objek penelitian ini adalah data UMKM Batik di Bangkalan
 3. Data diperoleh dari Koperasi, disperindag dan kuesioner kepada pemilik UMKM batik
 4. Pengolahan dataset UMKM menggunakan metode min max untuk normalisasi dan penyeragaman data.
3. Tahap Pemodelan aplikasi pemetaan UMKM berbasis kluster. Tahap ini merupakan tahap identifikasi masalah dengan menentukan jumlah variabel yang akan digunakan dalam penelitian. Variabel ini terdiri dari kriteria, alternatif, penilai dan responden pemilik UMKM. Kriteria yang digunakan dalam penelitian ini adalah sesuai dengan kebutuhan yang terdapat pada UMKM Madura. Tahap berikutnya adalah preprocessing. Sebelum data di klusterisasi atau dikelompokkan, data tersebut akan dilakukan preprosesing untuk menyeragamkan data menggunakan metode min-max. Setelah data ternormalisasi maka akan dilakukan pengelompokan dengan metode K-Means Clustering. Algoritma K Means Clustering dapat dilihat pada Gambar 1. Tahap awal dilakukan normalisasi data UMKM Batik dan menentukan jumlah cluster yang akan digunakan sebagai titik pusat *centroid*. Menghitung jarak *Euclidean Distance*, menentukan hasil cluster, Jika terjadi perubahan pada salah satu cluster, maka perhitungan akan dilanjutkan pada iterasi berikutnya dan seterusnya sampai tidak terdapat perubahan pada hasil cluster. Selanjutnya jika dataset sudah terbentuk cluster, maka



Gambar 1 Flowchart Sistem K-Means Clustering

akan dilakukan proses seleksi fitur menggunakan metode *gain ratio*. Hasil dari tahap pemodelan *gain ratio* adalah pembobotan fitur semua kriteria klusterisasi UMKM, dan merangking kriteria dari terbesar ke kriteria terkecil,

5. Analisa Kebutuhan dan Perancangan Sistem

Tahap ini terdiri dari spesifikasi kebutuhan software dan hardware, serta perancangan sistem untuk klusterisasi UMKM BATIK. Spesifikasi Perangkat Keras (Hardware), terdiri dari:

1. Prosesor Genuine Intel Core i5
2. Memory RAM 8 GB
3. SSD 256

Spesifikasi Perangkat Lunak (Software)

1. Sistem Operasi Windows 10
2. My SQL database XAMPP Versi 5.6
3. My SQL Workbench
4. Power Designer 12.5
5. Microsoft Visio 20010
6. Star UML

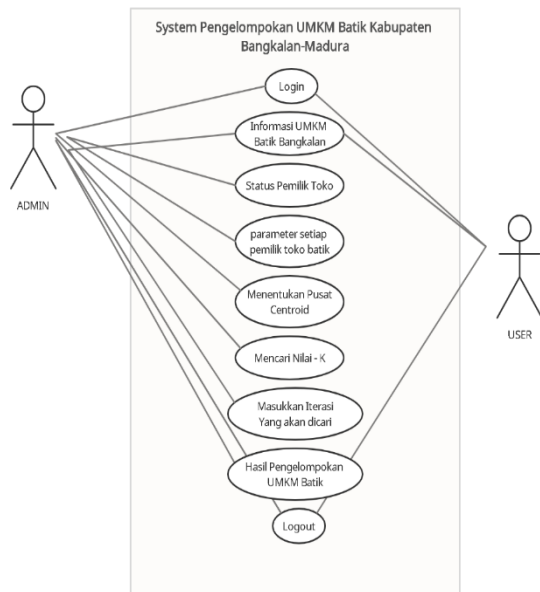
Dalam pembuatan perangkat lunak ini akan didapatkan keluaran sebagai berikut :

1. Informasi *database* UMKM dari dinas koperasi dan Disperindag Bangkalan Madura.
2. Rekomendasi dan klusterisasi UMKM berdasarkan metode k-Means Klustering
3. Bobot yang paling berpengaruh terhadap klusterisasi
6. Implementasi, Uji coba dan analisa system
Tahap implementasi, akan dilakukan pada implementasi model sistem yang sesuai dengan rancangan dan analisa kebutuhan sistem yang telah dibuat sebelumnya. Hasil implementasi klusterisasi juga mempermudah pihak UMKM dan dinas dalam menentukan rekomendasi perbaikan masing-masing indikator, dan diarahkan pada peningkatan produktivitas UMKM Batik. Tahapan uji coba terdiri dari, preprocessing dengan membandingkan antara z score dan min max, selanjutnya menentukan jumlah cluster dan pusat centroid, untuk perhitungan jarak terdapat 2 metode yaitu *Euclidian distance*, manhaatan, selanjutnya adalah hasil cluster, dan dioptimasi menggunakan SC. Tahap akhir adalah hasil cluster akan dilakukan perangkingan dengan gain ratio.
7. Kesimpulan, Dalam tahap kesimpulan ini berisikan tentang hasil evaluasi klusterisasi dan rekomendasi masing-masing UMKM untuk meningkatkan produktivitas.

Hasil Kerja

Desain Sistem

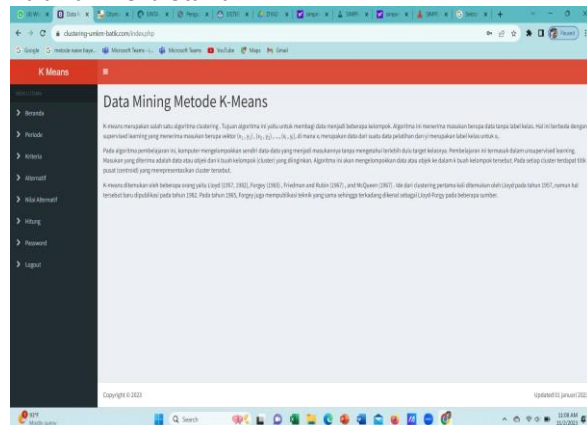
Desain sistem menggunakan alur yang menggambarkan penggunaan aplikasi pemetaan batik. Desain ini digambarkan menggunakan *use case diagram*, yang terdiri dari beberapa proses terdapat pada Gambar 1. Proses ini diawali dengan *Login* untuk masuk ke sistem, kemudian input data batik, Menentukan pusat centroid secara *random*, Mencari nilai-k, setelah itu user dapat memasukkan jumlah nilai k yang akan di cari, jumlah iterasi, dan hasilnya adalah pengelompokan UMKM Batik Bangkalan menggunakan metode K-Means Clustering.

**Gambar 2** Use Case Pengelompokan UMKM Batik

Implementasi Sistem

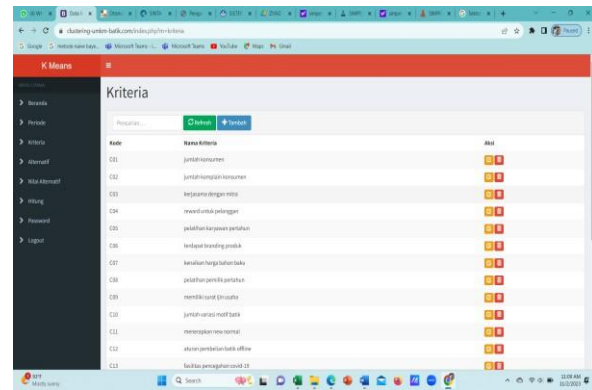
Pada bagian ini dapat dilihat pada Gambar 3. Yang merupakan menu utama sistem dan uji coba sistem yang telah dibuat. Halaman ini merupakan halaman yang wajib diisi pengguna sebelum masuk dan melakukan aktivitas dalam sistem *clustering*.

Halaman Menu Utama

**Gambar 3** Halaman Menu Utama

Halaman Menu Kriteria

Menu kriteria dapat dilihat pada Gambar 4. Yang akan diisi oleh masing-masing UMKM Batik untuk memasukkan data ke sistem.

**Gambar 4** Halaman Menu Kriteria

Analisa Hasil

Analisa hasil dimulai dari pengolahan dataset. *Dataset* yang digunakan adalah 7 kriteria yaitu jumlah konsumen, kerjasama mitra, Reward pelanggan, branding produk, pelatihan pemilik pertahun, memiliki surat izin usaha, mempunyai *marketplace*, dengan 200 data UMKM Batik di Bangkalan, dapat dilihat pada Tabel 1. Dataset UMKM Batik. Tahap selanjutnya adalah preprocessing menggunakan normalisasi dan imputasi data menggunakan metode *average* yang dapat dilihat pada Tabel 1. *Preprocessing* dataset UMKM

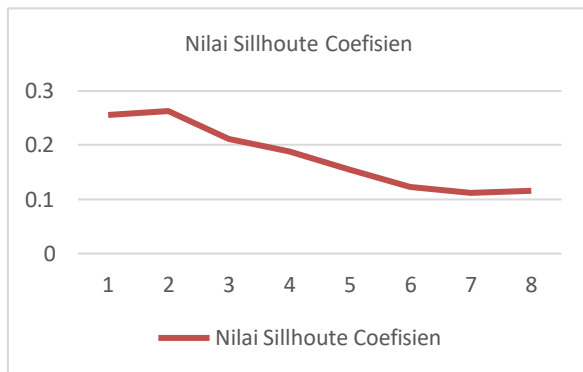
Tabel 1
Preprocessing Dataset UMKM

Setelah tahap *preprocessing* dataset UMKM, maka selanjutnya di tentukan titik pusat *cluster* secara random, kemudian mencari jarak *cluster* terdekat menggunakan *euclidean distance*. Terdapat beberapa percobaan untuk pengujian kluster yaitu $K=2$, $K=3$, $K=4$ sampai $K=9$. Hasil dari nilai perhitungan *silhouette Coefisien* masing-masing Kluster terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2 Nilai *Silhouette Coefisien*

Nilai K	Nilai Sillhouette Coefisien
2	0.256
3	0.263
4	0.211
5	0.189
6	0.154
7	0.123
8	0.112
9	0.115

Tabel 2. Menunjukkan bahwa kluster terbaik atau paling optimal adalah cluster 3, karena mempunyai nilai SC mendekati 1 yaitu 0.263. Grafik dari nilai SC masing-masing kluster dapat dilihat juga pada Gambar di bawah ini, Gambar 5. Grafik nilai SC pada masing-masing *cluster*.

**Gambar 5** Grafik nilai SC pada tiap kluster**Tabel 3** Pembobotan Fitur Gain Ratio

Indikator	Gain ratio
Jumlah Konsumen	0.201
Branding produk	0.176
SIUP	0.156
Terdapat Market place	0.143
Pelatihan Karyawan	0.123
Kerjasama mitra	0.103
Reward Pelanggan	0.098

Berdasarkan pembobotan dengan menggunakan gain ratio, terdapat 3 indikator yang paling berpengaruh terhadap pengelompokan UMKM Batik yaitu Jumlah Konsumen, Branding Produk, dan SIUP. Masing-masing nilai *gain ratio* untuk jumlah konsumen = 0.201, branding produk = 0.176, SIUP = 0.156, market place = 0.143, pelatihan karyawan = 0.123, Kerjasama mitra = 0.103, reward pelanggan = 0.098. Hasil pemetaan UMKM Batik adalah cluster 1 = 25 %, Cluster 2 = 29 % dan Cluster 3 = 46 %. Metode pembobotan gain ratio digunakan untuk menentukan rangking masing-masing cluster UMKM.

Kesimpulan

Metode K-means, Silhouette Coefisien dan gain ratio dapat digunakan untuk menentukan pemetaan UMKM batik. Metode Gain ratio untuk menentukan indikator yang paling berpengaruh terhadap klusterisasi. Atribut yang memiliki pengaruh tinggi adalah attribute yang mempunyai nilai gain ratio yang besar. Hasil pemetaan UMKM Batik adalah cluster 1 = 25 %, Cluster 2 = 29 % dan Cluster 3 = 46 %. Dengan nilai SC yang paling optimal pada K=3, yaitu 0.263

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada UTM, Dinas Koperasi Mikro Kab. Bangkalan, UMKM Batik Bangkalan, atas kontribusinya dan dukungannya dalam pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

Dengan, S., Svm, K. D., Studi, P., Informatika, T., & Dipanegara, U. (2023). *Penerapan Data Mining Dalam Mengelompokkan Kunjungan Wisatawan Mancanegara Di Prov. Sulawesi*. 8(3), 174–180.

Dhuhita, W. (2015). Clustering Menggunakan Metode K-Mean Untuk Menentukan Status Gizi Balita. *Jurnal Informatika Darmajaya*, 15(2), 160–174.

Kustiyahningsih, Y. (2021). Feature Selection and K-nearest Neighbor for Diagnosis Cow Disease. *International Journal of Science, Engineering and Information Technology*, 5(02), 249–253. <https://doi.org/10.21107/ijseit.v5i02.10218>

Kustiyahningsih, Y., & Purnama, J. (1945). *An integrated approach to determine mapping of SMEs during Covid-19 pandemic*.

Kustiyahningsih, Y., Rahmanita, E., & Purnama, J. (2016). Integration balanced scorecard and fuzzy analytic network process (FANP) for measuring performance of small medium enterprise (SME). *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 94(2), 343–352.

Kustiyahningsih, Y., Rahmanita, E., & Purnama, J. (2017). Fuzzy Anp Method And Internal Business Perspective For Performance Measurement In. *Proceeding The 1st IBSC: Towards The Extended Use Of Basic Science For Enhancing Health, Environment, Energy And Biotechnology*, 289–294.

Mistarihi, M. Z., Okour, R. A., & Mumani, A. A. (2020). An integration of a QFD model with Fuzzy-ANP approach for determining the importance weights for engineering characteristics of the proposed wheelchair design. *Applied Soft Computing Journal*, 90, 106136. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106136>

Nalendra, A. K. (2018). *Pengukuran Keakuratan Metode K-Means untuk Menentukan Status Gizi Balita*. 6(2), 48–54.

Peng, Y., Zhang, Y., Kou, G., & Shi, Y. (2012). A multicriteria decision making approach for estimating the number of clusters in a data set. *PLoS ONE*, 7(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0041713>

Puntoriza, P., & Fibriani, C. (2020). Analisis Persebaran UMKM Kota Malang Menggunakan Cluster K-means. *JOINS (Journal of Information System)*, 5(1), 86–94. <https://doi.org/10.33633/joins.v5i1.3469>

Riyadi, N., & Mujanah, S. (2021). Strategi Pemasaran Dan Pendampingan Manajemen Usaha Kelompok Usaha Kecil Kerupuk Di Kenjeran Kota Surabaya. *Jurnal Ilmiah Abdi Mas TPB Unram*, 3(1). <https://doi.org/10.29303/amtpb.v3i1.56>

Sukmadewi, Y. D. (2017). SOSIALISASI LEGALITAS DAN MANAJEMEN USAHA BAGI PELAKU USAHA UMKM DI KECAMATAN PEDURUNGAN KOTA SEMARANG Oleh : FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS SEMARANG Semester Genap. *LAPORAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (PkM) UNIVERSITAS SEMARANG*.



Wibowo, R., & Indriyawati, H. (2020). Top-k Feature Selection Untuk Deteksi Penyakit Hepatitis Menggunakan Algoritme Naïve Bayes. *Jurnal Buana Informatika*, 11(1), 1.
<https://doi.org/10.24002/jbi.v11i1.2456>



Instalasi Water Treatment Untuk Memenuhi Air Khusus Laboratorium Rs Adi Husada Undaan Wetan

Jongki Sanjaya

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ yssnjy@gmail.com

Laboratorium di RS Adi Husada Undaan Wetan khususnya di lab kimia klinik membutuhkan air khusus dengan spesifikasi TDS 0 supaya dengan air murni tersebut dapat membuat sampling analisa terhadap penyakit yang diderita pasien tidak tercemar oleh partikel yang ada di dalam air baik itu mineral maupun virus atau bakteri. Untuk itu diperlukan studi yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut dan dihasilkan solusi dengan pemasangan instalasi RO dan Demineralisasi untuk menggantikan metode yang selama ini dilakukan yaitu membeli air murni dalam kemasan yang dinilai mahal dan juga sering tidak tentu dalam penyediaannya. Setelah studi kasus dari perhitungan biaya ekonomi dan ketepatan *supply* maka dihasilkan kesimpulan bahwa instalasi water treatment RO dan Demineralisasi secara langsung di Laboratorium lebih ekonomis dan kualitasnya dapat terjamin dan kuantitas juga selalu terpenuhi asalkan monitoring dan pemeliharaan terjadwal dan dilakukan secara baik. Sehingga alat Kimia klinik juga yang selama ini kadang rusak karena keterlambatan suplai air menjadi sangat berkurang tingkat keluhan kerusakannya dan secara hasil juga masih tetap dapat dipertanggungjawabkan jika dibandingkan dengan blanko kosong.

Pendahuluan

Adanya kebutuhan air dengan spesifikasi khusus TDS 0 di Laboratorium kimia klinik RS Adi Husada Undaan Wetan merupakan syarat mutlak yang diperlukan karena air dengan TDS 0 (air murni) diperlukan supaya Analisa tidak tercemar oleh mineral maupun virus/bakteri yang ada di dalam air. Kebutuhan selama ini dipenuhi dengan pembelian aquades dalam kemasan jeriken yang dipesan oleh unit Laboratorium ke Unit Logistik Non Medis. Hal ini menyebabkan masalah jika persediaan air aquades habis disaat hari libur atau waktu malam disaat Logistik sudah tutup sehingga sering menghambat karena jika habis maka alat kimia klinik rusak kalau habis pada saat Analisa sedang berjalan atau pelayanan dihentikan dan Analisa terpaksa dirujuk ke laboratorium lain.

Untuk itu timbul ide untuk mengolah air bersih dari PDAM yang selama ini ada di di RS untuk menjadi air khusus sesuai kebutuhan Laboratorium tersebut. Dengan metode seleksi teknologi maka dipilih teknologi *Reverse Osmosis* (RO) supaya kandungan mineral dapat berkurang hingga tinggal 10% dari TDS yang ada dan juga bakteri/virus sudah tereliminasi hingga 99,99%. Karena kandungan awal TDS dari air di tandon yang berasal dari PDAM Surabaya berkisar antara 250-400 maka diperlukan tambahan alat Demineralisasi untuk memastikan kandungan mineral sudah hilang dan memenuhi spesifikasi yang diperlukan oleh alat kimia klinik. Juga untuk memastikan bahwa air selalu tersedia dalam jumlah yang cukup maka diperlukan tandon sehingga kuantitas akan selalu terpenuhi.

Metode

Metode yang digunakan adalah perhitungan kebutuhan air yang diperlukan untuk menentukan kapasitas RO, tandon yang dibutuhkan serta kapasitas tabung Demineralisasi.

Setelah itu dihitung pengeluaran air selama proses operasional juga pemeliharaan dan perawatannya sehingga bisa dibandingkan apabila memakai air aquades dalam bentuk jeriken yang bisa dibeli langsung serta tingkat komplain dari Unit Laboratorium tentang gangguan pelayanan karena masalah air.

Hasil Kerja

Kualitas Air yang memenuhi kebutuhan TDS 0

Dari hasil pemantauan selama 6 bulan maka secara konsisten air dapat memenuhi TDS 0. Pada bulan ke-7 baru air kemudian menurun menjadi TDS 1 dan setelah itu diperlukan regenerasi Demineralisasi supaya mineral yang sudah terikat kation dan anion yang ada di dalam Filter Demineralisasi bisa terlepas dan kemudian bisa berfungsi normal Kembali. Jika air tandon sehabis proses RO lebih dari TDS 15 maka sudah direncanakan untuk penggantian membrane RO yang berdasarkan hasil studi dengan kapasitas dan TDS awal 250-400 maka usia membrane RO dengan kualitas baik/standar berkisar 1-2 tahun

Pelayanan dan Pemeliharaan Alat Kimia Klinik mengalami peningkatan

Selama masih menggunakan air aquades sering sekali mesin kimia klinik mengalami masalah karena dengan air aquades dan jeriken dan ditaruh di bak kecil maka sering sekali mesin jadi kehabisan air di saat operasional dan jika mau menggunakan tapi persediaan air habis maka Analisa sampel harus dikirim untuk dirujuk ke laboratorium lain dan menyebabkan mesin kimia klinik juga sering rusak dan membuat biaya pemeliharaan juga semakin mahal dan biaya

kontrak servis juga mahal karena teknisi jadi sering dipanggil di luar perawatan rutin yang sudah dijadwalkan

Inspeksi, Perawatan dan Pemeliharaan Instalasi Water Treatment supaya operasional tidak terganggu

Pada gambar dibawah terdapat foto instalasi RO, tandon dan filer Demineralisasi yang saat ini ada di Ruang Water Treatment Laboratorium RS Adi Husada Undaan Wetan



Gambar 1 Instalasi Pre Filter, RO dan Demin



Gambar 2 Tandon produk RO dan pompa Demin

Dari tabel 1 juga bisa dilihat perbandingan yang dihasilkan sebelum dan setelah pemasangan instalasi Water Treatment di Lab

Tabel 1 Perbandingan sebelum dan sesudah pemasangan instalasi water treatment setelah 1 tahun

Parameter	Sebelum	Sesudah
Biaya operasional (/liter termasuk biaya perawatan dan pemeliharaan)	4.400	1.300
Biaya pemeliharaan mesin (termasuk penggantian part) dalam 1 tahun	120.000.000	15.000.000
Keluhan alat kimia klinik mengalami kerusakan	15x	2x
Kuantitas air	Tergantung unit lain	Bisa langsung ada

Kesimpulan

Selama inspeksi, perawatan dan pemeliharaan water treatment berjalan dengan baik sesuai jadwal maka jauh lebih efektif dan lebih efisien daripada pemakaian air aquades yang dibeli secara jeriken karena kuantitas dan kualitas air yang lebih terjangkau dan biaya juga lebih

ekonomis sehingga untuk kedepannya instalasi air untuk Endoskopi yang selama ini meminta air dari stok tandon di Laboratorium dapat dibuatkan jalur langsung ke Endoskopi untuk mengurangi biaya tenaga kerja yang harus selalu mondar-mandir sehingga tidak efisien lagi

Ucapan Terima Kasih

1. Rekan-rekan Unit Pemeliharaan RS Adi Husada Undaan Wetan
2. Dr Ariawan dan Dr Slamet selaku atasan yang menyetujui dan mendukung proyek ini berjalan
3. Pak Djajadi dan rekan-rekan dari Unit Laboratorium yang mempercayakan segala sesuatunya sehingga proyek dapat berjalan dengan baik

Referensi

- M.Anis al-Layla, Shamim Ahmad, E.Joe Middlebrooks .1978. Water Supply Engineering Design. Michigan. Ann Arbor Science
- Susumu Kawamura. 1991. Integrated Design of Water Treatment Facilities. New York. John Wiley & Sons, INC
- Peraturan Menteri Kesehatan nomor 40 tahun 2022 tentang Persyaratan teknis bangunan, prasarana dan peralatan Kesehatan rumah sakit. Jakarta
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 tahun 2023 tentang peraturan pelaksanaan peraturan pemerintah nomor 66 tahun 2014 tentang Kesehatan lingkungan
- Laporan Unit Pemeliharaan tahun 2009. 2010. Laporan triwulan Departemen RS Adi Husada Undaan Wetan

Analisa Sungai Marengan Dalam Rangka Meningkatkan Efektivitas Penanggulangan Banjir di Kabupaten Sumenep

Noer Lisal Anbiyah

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ noerlisalanbiyah@ukwms.ac.id

Sungai Marengan merupakan salah satu sungai yang melintasi Kota Sumenep sebagai pengendali banjir. Banjir kerap kali terjadi di beberapa titik pada musim hujan akibat penurunan fungsi sungai untuk mengalirkan debit yang ada ke laut. Sedimentasi sungai maupun di muaranya merupakan penyebab hal tersebut dan semakin parah apabila pasang tertinggi dan hujan maksimum secara bersamaan. Material dasar sungai sebagian besar adalah pelapukan tanah alluvial dengan vegetasi sepanjang sungai adalah rumput liar dan di dekat muara adalah tanaman bakau. Dengan keadaan ini air laut dari Selat Madura terutama di waktu pasang mudah masuk ke dalam aliran sungai Marengan dengan membawa sedimen/pasir pantai. Penanganan yang tepat diperlukan untuk meminimalisir kejadian banjir dan sedimentasi berupa perbaikan alur sungai dengan normalisasi sungai sepanjang $L = 5.800$ m dan pembuatan bangunan pelindung pantai berupa bangunan Jetty $L = 150$ m untuk menahan masuknya sedimen/pasir ke sungai akibat gelombang pasang air laut. Manfaat dari penanganan masalah tersebut diharapkan lancarnya aliran debit sehingga terbebas ancaman bahaya banjir sesuai dengan kala ulang yang direncanakan yaitu $Q_{2th} = 27,27 \text{ m}^3/\text{dtk}$.

Kata kunci: Sungai Marengan, Sedimentasi, Debit Sungai, Normalisasi

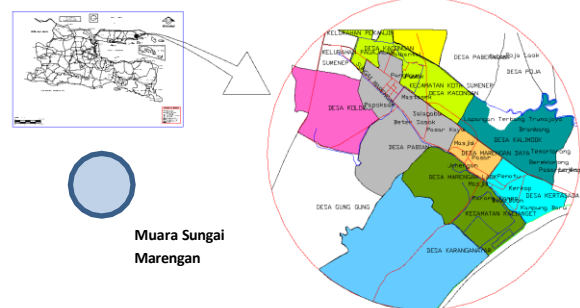
Pendahuluan

Sungai Marengan terletak di Kabupaten Sumenep, tepatnya melintasi Kecamatan Kota Sumenep dan Kecamatan Kalianget dengan posisi Marengan hulu terletak di $113^{\circ}52'12''$ BT dan $07^{\circ}00'29''$ LS dan bagian hilir terletak di $113^{\circ}53'23''$ BT dan $07^{\circ}02'10''$ LS. Sebagian masyarakat di bagian hilir sungai Marengan mempunyai mata pencaharian sebagai nelayan yang biasanya memanfaatkan muara sungai sebagai alur layar untuk keluar dan masuk kapal kecil. Sungai Marengan berfungsi juga untuk menanggulangi banjir yang terjadi di Kecamatan Kota Sumenep, namun daya tampung air pada sungai tersebut telah berkurang dari kapasitas awal karena endapan sedimen. Sedimentasi yang parah juga terjadi di muara sungai Marengan. Keadaan muara yang demikian menyebabkan kapal nelayan tidak dapat berlayar dengan baik pada saat air laut surut dan pada saat air laut mengalami pasang, Sungai Marengan **kerap kali** mengalami banjir.

Sesuai dengan Triatmodjo (1999), permasalahan yang biasa terjadi di muara sungai adalah timbulnya endapan yang menyebabkan terganggunya aliran air di hulu dan dapat mengakibatkan banjir. Proses sedimentasi yang terjadi terus menerus akan menimbulkan pendangkalan di daerah muara sungai. Banyaknya partikel sedimen yang dibawa oleh aliran sungai ke laut akan diendapkan di sekitar muara sungai, sehingga dapat mengganggu aktivitas keluar masuk kapal nelayan dan menyebabkan banjir ketika memasuki musim hujan.

Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian deskriptif. Hasil yang didapat dari penelitian ini dapat menggambarkan kondisi laju sedimentasi di perairan muara Sungai Marengan, Kabupaten Sumenep.



Gambar 1 Lokasi Sungai Marengan

Hasil Kerja

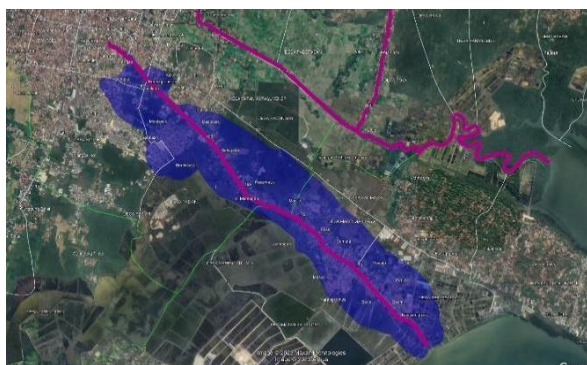
Hidrologi

Debit sungai dihitung berdasarkan data stasiun curah hujan di wilayah aliran sungai. Dari data hujan series sepanjang 10 (sepuluh) tahun dengan analisa menggunakan metode Distribusi GUMBEL & Log Pearson III, didapatkan debit banjir rancangan kala ulang (Hidrograf Sintetik Nakayasu). Hasil perhitungan dan analisa hidrologi disajikan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Debit Rancangan Sungai Marengan

Banjir Rencana (m³/dt)	Luas Genangan (km²)	Desa dan Kecamatan Yang Tergenang
Q _{1 th} = 9,33	5,344	9 Desa + 1 Kecamatan
Q _{2 th} = 27,27	7,631	22 Desa + 2 Kecamatan
Q _{5 th} = 41,29	7,683	22 Desa + 2 Kecamatan
Q _{10 th} = 51,61	7,683	22 Desa + 2 Kecamatan
Q _{25 th} = 65,73	7,683	22 Desa + 2 Kecamatan
Q _{50 th} = 77,02	7,683	22 Desa + 2 Kecamatan
Q _{100 th} = 88,99	7,683	22 Desa + 2 Kecamatan

Dengan perhitungan debit banjir rancangan sungai Marengan sampai dengan kala ulang $Q_{100th} = 88,99 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan sesuai dengan plotting kontur eksisting di sepanjang sungai Marengan, maka potensi aktual banjir seluas 579 Ha.



Gambar 2 Ploting Potensi Genangan Banjir di Sungai Marengan

Hidrolika

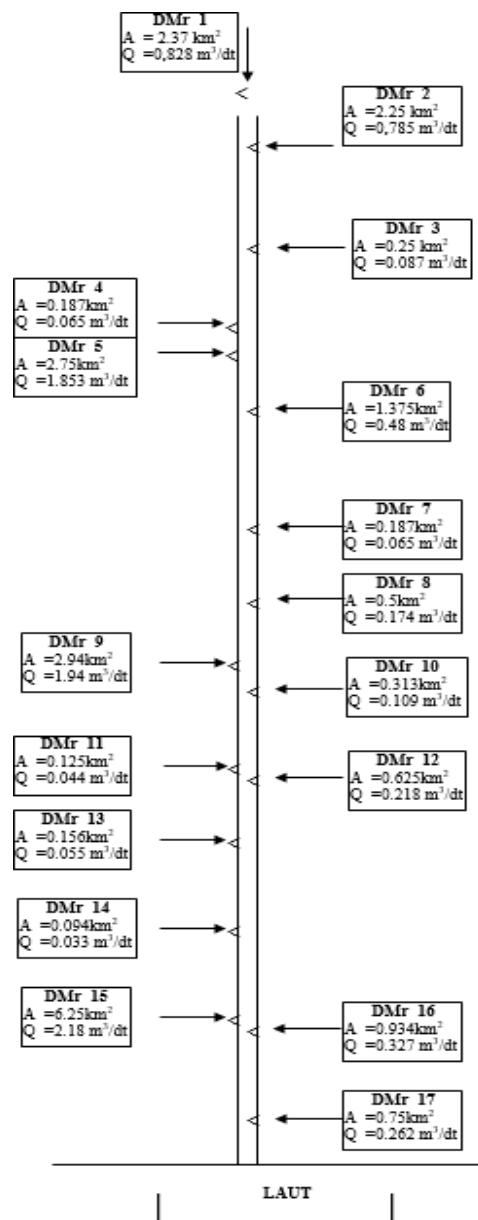
Dari debit banjir rancangan sebesar $Q_{2th} = 27,27 \text{ m}^3$ diperoleh dimensi ideal Sungai Marengan rata-rata adalah Lebar dasar (b) = 12 m, Tinggi (h) = 1,6 m, Kecepatan (v) = 1,32 m/dt, Kemiringan dasar saluran direncanakan sebesar 0,000649 dan kemiringan talud 1 : 1 dengan kekasaran saluran yg terbuat dari pasangan batu sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Perhitungan Dimensi dan Debit Sungai Marengan

No.	Nomer Profil	Jarak laju (m)	Jarak laju (m)	Elevasi Dasar (m)	Tinggi Muka Air (m)	Y (m)	A (m)	P (m)	n	R (m)	R ^{4/3} (m ^{4/3})	V (m/dk)	aV ^{2/2g} (m ^{3/2} /dk)	Q (m ³ /dk)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
46	P110BM 6	0	0	-1,45	0,128	1,578	16,480	21,335	0,035	0,772	0,769	1,655	0,140	27,270
47	P100BM 5	50	750	-0,74	1,823	2,545	34,247	31,643	0,035	1,082	1,111	0,786	0,052	27,270
36	P00BM 4	50	1700	0,21	2,439	2,229	28,328	12,296	0,035	1,638	1,931	0,963	0,407	27,270
47	P70PC 4	50	2250	0,41	2,700	2,380	31,702	17,510	0,035	1,810	2,205	0,880	0,008	27,270
47	P60BM 3	50	2750	0,68	3,120	2,440	33,173	18,270	0,035	1,815	2,214	0,924	0,054	27,270
57	P50VC 3	50	3250	0,60	3,252	2,652	14,149	17,603	0,035	0,809	0,754	1,014	0,387	27,270
77	P40BM 2	50	3750	0,57	3,662	3,002	44,019	17,889	0,035	2,522	3,433	0,807	0,009	27,270
77	P30VC 2	50	4250	0,95	3,925	2,975	36,119	16,644	0,035	2,170	2,809	0,755	0,029	27,270
97	P20BM 1	50	4750	1,05	4,042	3,012	37,073	17,408	0,035	2,122	2,727	0,736	0,028	27,270
107	P10PC 1	50	5250	1,21	4,201	3,001	27,354	14,059	0,035	1,946	4,249	0,997	0,051	27,270
117	D0	50	5800	2,55	4,562	2,946	20,703	17,443	0,035	1,616	1,896	1,330	0,000	27,270

Saat pasang besarnya debit sesaat berturut-turut mulai dari hulu ke hilir adalah $Q_{hulu} = 0,7038 \text{ m}^3/\text{dt}$, $Q_{tengah} = 0,989 \text{ m}^3/\text{dt}$, $Q_{hilir} = 0,757 \text{ m}^3/\text{dt}$, sedangkan pada saat surut besarnya debit sesaat berturut-turut mulai dari hilir ke hulu adalah $Q_{hilir} = 2,322 \text{ m}^3/\text{dt}$, $Q_{tengah} = 1,666 \text{ m}^3/\text{dt}$, $Q_{hulu} =$

0,428 m³/dt. Saat pasang kecepatan kecil sehingga debit yg tercatat juga kecil yaitu rata-rata sekitar 0,68 m³/dt, sedangkan pada saat surut kecepatannya agak besar sehingga debit yg tercatat agak besar, rata-rata sekitar 1,47 m³/dt. Skema debit drainase sepanjang alur sungai Marengan ditunjukkan pada Gambar 3.

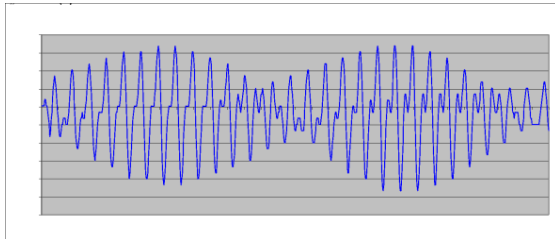


Gambar 3 Skema Drainase Sungai Marengan

Pasang Surut

Pengetahuan tentang pasang surut adalah penting di dalam perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan bangunan-bangunan tersebut. Jika air dalam keadaan surut maka air sungai dapat mengalir ke laut dan pada saat air pasang maka akan terjadi pembendungan yang mengakibatkan efek aliran balik sehingga menyebabkan elevasi muka air sungai di hulu naik.

Pasang surut campuran (tunggal dominan) ditandai dengan dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, tetapi sementara waktu dapat terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang berbeda. Adapun pasang surut di lokasi ini cenderung bersifat campuran dalam arti terjadi dua kali pasang dalam sehari. Data pasang surut diambil dari data harian stasiun Kalianget dan dari hasil olah data diperoleh Grafik Pasang Surut seperti pada Gambar 4.

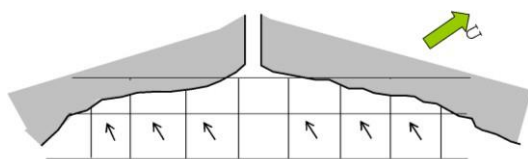


Gambar 4 Grafik Pasang Surut Stasiun Kalianget

Sedimentasi

Perubahan morfologi pantai akibat pembangunan struktur pelindung pantai dengan cara membangun breakwater akan dapat merubah perilaku pola arus dan sedimentasi pada daerah pantai tersebut dan sekitarnya. Dalam pemilihan model dan lokasi pembangunan struktur pelindung pantai perlu dikaji kondisi hidrodinamika lokasi tersebut dan pemahaman karakteristik perairannya. Pemahaman kondisi hidrodinamika di muara Sungai Marengan dalam perencanaan pelindung pantai dilakukan dengan simulasi Model Elemen Hingga. Model elemen tersebut yang telah disesuaikan dengan kondisi lapangan, dipakai untuk analisis pola arus, pola penyebaran konsentrasi sedimen baik yang eksisting maupun kondisi setelah pembangunan.

Mekanisme transport sedimen adalah mekanisme yang sangat kompleks. Dari segi sumber material yang diangkut, dapat dibedakan menjadi 2 (dua) jenis yaitu transport material dasar dan *wash load*. Angkutan material dasar adalah transport dengan bahan terangkut berasal dari tempat di luar daerah pengaliran yang dibicarakan. Didalam studi ini hanya dipertimbangkan sedimen suspensi yang berasal baik dari material dasar maupun *wash load*. Gambar arah arus yang berpengaruh pada sedimentasi di muara Sungai Marengan seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Arah arus waktu pengukuran adalah : Dari arah Timur ke Barat

Gambar 5 Arah Arus Muara Kali Marengan

Perencanaan Teknis Pengendalian Banjir Dengan Normalisasi Sungai

Dalam perhitungan perencanaan dimensi, penentuan kemiringan dasar dan lebar dasar diusahakan mendekati kondisi lapangan yang ada (existing), sehingga akan dapat menekan dan mengurangi problema sosial yang mungkin timbul dari adanya perubahan penampang sungai antara lain berupa pembebasan tanah, pembongkaran bangunan

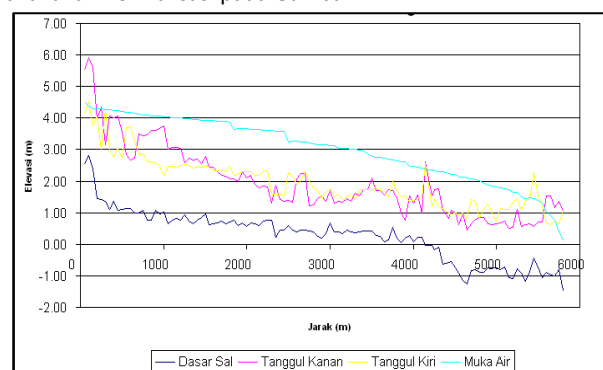
yang ada di sungai maupun sekitar sungai. Pekerjaan fisik yang direncanakan sedapat mungkin menunjang kemudahan pada saat pelaksanaan konstruksi.

Upaya normalisasi alur sungai terdiri dari penyesuaian kemiringan dasar sungai dan penyesuaian dimensi penampang sungai. Pada ruas tertentu diupayakan pengembalian alur sungai untuk menghindari kelongsoran tebing. Perencanaan normalisasi sungai dengan debit Q_{2th} hal ini mengacu pada TOR yang ada dan pedoman teknis yang telah digariskan oleh Departemen Pekerjaan Umum. Terdapat penyesuaian jembatan yang telah ada dan harus ditinggikan dalam rangka menormalisasi sungai Marengan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

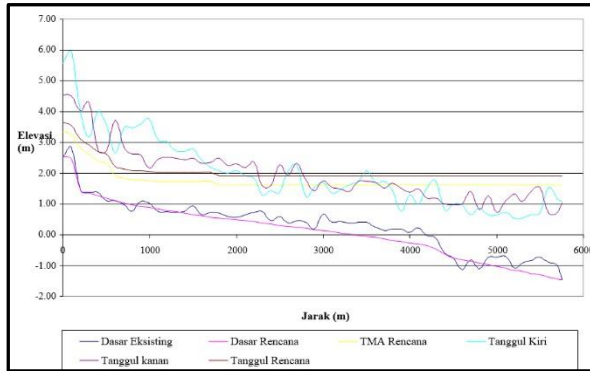
Tabel 3 Usulan Jembatan Yang Harus Ditinggikan / Dilebarkan Sesuai Kapasitas Sungai Marengan

Lokasi	Patok	Keterangan
Jembatan Umum	P0	
Jembatan Umum	P4+0	Ditinggikan
Jembatan SMA M	P2+4	
Jembatan Umum	P5+33,2	
Jembatan Kepolisian	P9+15,6	
Jembatan Kepolisian	P10+27,4	
Jembatan Desa	P11+20,5	Ditinggikan
Jembatan Umum	P14+15,4	Dilebarkan
Jembatan Desa Beton	P20+10,5	Ditinggikan
Jembatan Jalan Raya	P23+17,5	Ditinggikan
Jembatan Masjid	P24+32,3	
Jembatan Desa Beton	P29+1,5	Ditinggikan
Jembatan Merah Pabean	P32+31	Ditinggikan
Jembatan Umum	P36+40,4	Ditinggikan
Jembatan Masjid	P41+37	

Secara geografis sepanjang Sungai Marengan berada pada ketinggian antara 50 s/d 1 m, sehingga termasuk dataran rendah dengan tingkat kemiringan kurang dari 30 persen. Dengan keadaan ini, air laut dari Selat Madura terutama di waktu pasang mudah masuk ke dalam aliran Sungai Marengan dengan membawa sedimen pantai. Menurut catatan, sudah lebih dari 20 (dua puluh) tahun yang lalu sejak terakhir kali Sungai Marengan dinormalisasi, sehingga kembali terjadi pendangkalan dasar sungai cukup besar. Untuk mengatasi permasalahan di atas, maka diperlukan upaya agar aliran di Sungai Marengan kembali normal dengan melakukan pengerukan. Berikut disajikan grafik perbandingan hasil analisa profil muka air Sungai Marengan, sebelum dilakukan normalisasi pada Gambar 6 dan setelah dilakukan normalisasi pada Gambar 7.



Gambar 6 Profil Muka Air Kali Marengan Pada Q_{2th} (Sebelum Normalisasi)



Gambar 7 Profil Muka Air Kali Marengan Pada Q_{2Th} (Setelah Normalisasi)

Perencanaan Teknis Pengendalian Sedimen

Guna menjaga kedalaman alur pelayaran perlu dilakukan pengerukan secara berkala. Adapun penentuan waktu yang diperlukan adanya pekerjaan pengerukan dapat dihitung berdasarkan besarnya kapasitas sedimen sungai muatan dasar (*Bed Load*) yang terjadi menggunakan metode perhitungan MPM. Hasil laboratorium pada sample sedimen sungai yang diambil di lapangan dihitung rata-rata pada daerah hulu, tengah dan hilir dimana di rata-rata untuk ke tiga sampel adalah 1.370 mg/lit.

Untuk menghitung jumlah sedimen total yang terjadi adalah dengan mengalikan jumlah sedimen hasil laboratorium dengan debit sungai sesaat. Jumlah sedimen yang sudah ada di sungai dan menumpuk selama ini dijadikan dasar tahun pengerukan berkala yang harus dilakukan. Perencanaan pengerukan dapat juga direncanakan berdasarkan kondisi alur pelayaran yang sudah tidak memungkinkan lagi atau dimana setelah kapasitas sedimen sudah mencapai volume yang direncanakan. Sedimentasi sungai dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q &= 2,322 \text{ m}^3/\text{dt} \\ &= 2,322 \times (60 \times 60 \times 24 \times 360) \text{ m}^3/\text{tahun} \\ &= 72.223.488 \text{ m}^3/\text{tahun} \\ Q_s &= 1.370 \text{ mg/lit} = 1.370 \times 10^{-6} \text{ ton/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= Q \cdot Q_s \\ &= 72.223.488 \times 1.370 \times 10^{-6} \\ &= 98.946,18 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{st} &= W / \gamma_w \\ &= 98.946,18 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

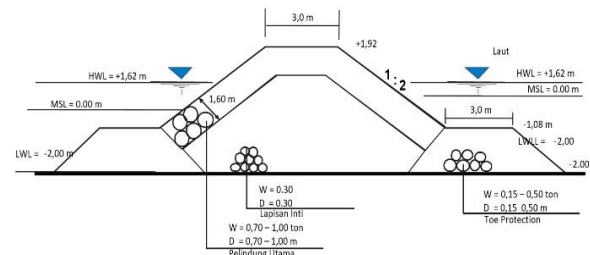
Dari hasil perhitungan di atas maka periode pengerukan pada alur pelayaran perlu dilakukan setiap 5,05 tahun diambil 5 tahun.

Perencanaan Teknis Bangunan Pelindung Pantai

Sungai-sungai yang bermuara pada pantai berpasir dengan gelombang cukup besar seperti pada Sungai Marengan yang bermuara di Selat Madura sering mengalami penyumbatan muara oleh endapan pasir. Karena pengaruh gelombang dan angin, endapan pasir terbentuk di muara. Transportasi sedimen sepanjang pantai juga sangat berpengaruh terhadap pembentukan endapan tersebut. Pasir yang melintas di depan muara akan terdorong oleh gelombang masuk ke muara dan kemudian diendapkan.

Penutupan tersebut terjadi pada musim kemarau dimana debit sungai kecil sehingga tidak mampu mengerosi endapan. Penutupan muara tersebut dapat menyebabkan terjadinya banjir di daerah sebelah hulu muara. Pada musim penghujan air banjir dapat mengerosi endapan sehingga sedikit demi sedikit muara sungai terbuka kembali. Selama proses penutupan dan pembukaan kembali tersebut biasanya disertai dengan membeloknya muara sungai dalam arah yang sama dengan arah transpor sedimen sepanjang pantai.

Berdasarkan uraian di atas dan kondisi muara Sungai Marengan yang banyak terjadi endapan sedimen, maka direncanakan Jetty Type Pendek dimana diharapkan dapat mengkonsentrasikan aliran pada alur yang telah ditetapkan untuk bisa mengerosi endapan, sehingga kapasitas tampung rencana diharapkan terus dapat terjaga. Direncanakan Tinggi Jetty disamakan dengan tinggi tanggul Kali Marengan yang tertinggi yaitu + 1,92 m dan Jetty dibuat dari tumpukan batu seperti pada Gambar 8.



Kesimpulan

Dari permasalahan yang tersebut di atas, maka rencana penanganan masalah tersebut antara lain meliputi :

- Pengaturan sungai dan perbaikan alur sungai dengan pekerjaan normalisasi sungai sepanjang $L = 5.800 \text{ m}$ dengan banjir rencana $Q_{2th} = 27,27 \text{ m}^3/\text{dt}$.
- Pengamanan tebing sungai dengan membuat bangunan perkuatan tebing sungai (plengsengan, parapet, tanggul tanah)
- Pemasangan pintu-pintu klep atau pintu sorong untuk mencegah air masuk ke tempat yang rendah akibat pengaruh pasang-surut air laut
- Pembuatan bangunan pelindung pantai berupa bangunan Jetty $L = 150 \text{ m}$ untuk menahan masuknya sedimen pasir akibat gelombang pasang air laut, terutama saat terjadi pasang masuk ke sungai.
- Untuk selanjutnya perlunya adanya pemeliharaan per tahun untuk menjaga efektifitas sungai

Dengan adanya penanganan masalah tersebut diharapkan sebagai berikut :

- Lancarnya aliran Sungai Marengan dengan berkurangnya pengendapan sedimen pada dasar sungai.
- Terlindung dan terbebas dari ancaman bahaya banjir sesuai dengan kala ulang yang direncanakan yaitu $Q_{2th} = 27,27 \text{ m}^3/\text{dt}$
- Jika terjadi banjir, maka secara otomatis pintu-pintu klep akan menutup secara otomatis
- Sedimen dari pantai yang akan masuk ke sungai dapat ditahan oleh Jetty.



- Lancarnya Roda Perekonomian dan Pemerintahan Kabupaten Sumenep.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada :

1. Dr. Ir. Ivan Gunawan, S.T., M.MT., IPM., CSCM selaku Ketua Program Studi Profesi Insinyur
2. Ir. L. M. Hadi Santosa, M.M., IPM selaku Dosen Pembimbing
3. Ir. Lusia Permata Sari Hartanti, S.T., M.Eng., IPM selaku Dosen Pembimbing
4. Dra. Ir. Adriana Anteng Anggorowati, M.Si., IPU selaku Dosen Pembimbing
5. Ir. Edy Rasiyadi, M.Si selaku Sekretaris Daerah Kabupaten Sumenep
6. Chainur Rasyid, S.E., M.Si. selaku Kepala Dinas Koperasi, UKM, Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Sumenep

Referensi

- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Yogyakarta : Beta Offset.
- Jurnal Oseanografi. Volume 6, Nomor 1, 2017, Halaman 246–253 Online di : <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jose>
- CERC., 1984, Shore Protection Manual, 4th. Ed., Volume I dan II. Dep. Of the Army, Waterways Experiment Station, Vicksburg, Missisipi 39810
- Sosrodarsono, S dan K. Takeda. 2003. Hidrologi untuk Pengairan. Jakarta : Pradnya Paramita, 336 hlm
- Poerbondono dan E. Djunasjah. 2005. Survei Hidrografi. Bandung : Refika Aditama.
- Ongkosongo, O.S.R. dan Suyarso. 1989. Pasang Surut. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Jakarta : Pusat Pengembangan Oseanologi.
- Dinas PU. Pengairan Kab. Sumenep, 2004, Laporan Akhir - Survey Investigasi dan Design Normalisasi Kali Marengan. Sumenep : CV. Proyeksi - Konsultan
- Yuwono, Nur, 1992, Dasar-Dasar Perencanaan Bangunan Pantai. Laboratorium Hidraulika dan Hidrologi. Yogyakarta : Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Yuwono, Nur. 1997, P engelolaan Daerah Pantai (Coastal Zone Management), Yogyakarta : Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

Perencanaan Lintasan Bebas Tabrakan untuk Robot Beroda Menggunakan Algoritma Dijkstra yang Ditingkatkan

Muhammad Fuad¹ Andrew Joewono¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ fuad@trunojoyo.ac.id

✉ andrew_sby@ukwms.ac.id

Paper ini memaparkan pekerjaan dalam bidang robotika dalam bentuk pengembangan algoritma perencanaan lintasan untuk robot beroda dengan kemudi *differential* yang ditingkatkan dengan menggunakan algoritma Dijkstra. Untuk mendapatkan lintasan yang optimal, konstruksi waktu efisien pada lingkungan dunia dinyatakan dalam bentuk *graph*. Lintasan Dijkstra dibangkitkan berdasarkan *graph* dengan menghubungkan antara titik awal dan titik tujuan. Dari lintasan optimal, dicari jalur Dijkstra yang diperbaiki dengan menggunakan *graph*. Akhirnya, dengan menerapkan kemudi *differential* pada jalur Dijkstra yang ditingkatkan, diperoleh jalur optimal untuk robot beroda. Berdasarkan percobaan diperoleh hasil yang menyatakan bahwa metode yang diusulkan mempunyai kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

Kata kunci: robot beroda, dijkstra, *graph*, perencanaan lintasan

Pendahuluan

Pembuatan jalur bebas tabrakan mungkin menjadi bagian penting untuk navigasi robot bergerak. Asumsi lingkungan robot yang diketahui. Dalam kondisi tersebut, terdapat beberapa metode seperti grafik visibilitas [1], metode medan potensial buatan [2], dan metode *grid* [3]. Efisiensi grafik visibilitas mungkin rendah. Metode medan potensial buatan memiliki struktur yang lebih sederhana dan dapat digunakan pada jalur tumbukan waktu nyata. Namun metode ini mungkin kehilangan properti pengoptimalan global dan mungkin terjebak di jalur minimum lokal. Metode *grid* memperkenalkan pendekatan baru untuk memodelkan ruang kerja robot dalam dua dimensi. Skema ini terbukti menarik karena memerlukan lebih sedikit ruang memori dan eksekusinya efisien. Ini sangat berguna untuk aplikasi *real-time*. Masalah utama dalam metode ini adalah bagaimana menentukan ukuran *grid*.

Kami juga menggunakan gambar dua dimensi yang diganti untuk menentukan titik tercepat dengan penambahan dua rintangan. Dengan konsep penjumlahan titik awal dan titik akhir kita juga dapat menginput *grid* mana saja yang harus dilalui. Dengan menambahkan algoritma Dijkstra kita dapat mencari titik atau tujuan tercepat.

Algoritma Dijkstra, dinamai menurut penemunya Edsger W. Dijkstra, adalah algoritma populer dalam ilmu komputer yang digunakan untuk mencari jalur terpendek antar node dalam grafik berbobot. Ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti protokol perutean jaringan dan perencanaan rute transportasi.

Algoritma bekerja dengan mempertahankan nilai jarak tentatif untuk setiap node dalam grafik, awalnya ditetapkan tak terhingga untuk semua node kecuali node sumber, yang ditetapkan ke 0. Kemudian secara iteratif memilih node dengan jarak tentatif terkecil dan mengeksplorasi node tetangganya. Untuk setiap node tetangga, algoritma memperbarui jarak tentatifnya jika ditemukan jalur yang

lebih pendek. Proses ini berlanjut hingga seluruh node telah dikunjungi, atau node tujuan tercapai.

Algoritma Dijkstra menggunakan antrian prioritas (sering diimplementasikan dengan min-heap) untuk secara efisien memilih node dengan jarak tentatif terkecil di setiap iterasi. Dengan mempertimbangkan bobot tepi, algoritma secara bertahap membangun jalur terpendek dari node sumber ke semua node lain dalam grafik.

Setelah algoritma selesai, jalur terpendek dari node sumber ke node lainnya dapat ditentukan dengan melakukan backtracking melalui node pendahulunya. Jalur ini dihitung berdasarkan jarak tentatif terbaru yang ditemukan selama eksekusi algoritma.

Algoritma Dijkstra menjamin jalur terpendek jika graf mempunyai bobot sisi non-negatif. Namun, ia tidak menangani grafik dengan siklus negatif dengan benar karena dapat terjebak dalam loop tak terbatas, sehingga berulang kali mengurangi jarak tentatif untuk node di sepanjang siklus. Jika terdapat bobot negatif, algoritma lain seperti algoritma Bellman-Ford atau algoritma pencarian A* mungkin lebih tepat.

Dari grafik tersebut diperoleh jalur terpendek dari titik awal dan titik tujuan. Sebelum kita menjelaskan algoritma dijkstra, kita memerlukan beberapa definisi. Perencanaan jalur mengacu pada proses menentukan jalur yang layak dan optimal dari titik awal ke tujuan yang diinginkan dalam lingkungan tertentu. Ini adalah masalah mendasar dalam robotika, kendaraan otonom, video game, dan berbagai bidang lain yang melibatkan pergerakan atau navigasi otomatis.

Tujuan dari perencanaan jalur adalah untuk menemukan jalur yang memenuhi kriteria tertentu, seperti bebas tabrakan, menghormati batasan fisik, dan meminimalkan beberapa tujuan, seperti jarak, waktu, konsumsi energi, atau biaya. Kompleksitas perencanaan jalur bergantung pada sifat lingkungan, kendala, dan optimalitas yang diinginkan.

Ada beberapa pendekatan dalam perencanaan jalur, antara lain:

1. Metode Berbasis Grid: Metode ini membagi lingkungan menjadi grid sel dan mewakili hambatan sebagai sel yang diblokir. Algoritma berbasis grid yang umum mencakup algoritma Dijkstra, algoritma A*, dan varian seperti A* dengan heuristik atau A* dengan post-smoothing.

2. Metode Berbasis Pengambilan Sampel: Metode ini secara acak mengambil sampel ruang konfigurasi, yang mewakili semua kemungkinan posisi dan orientasi robot, dan membuat grafik jalur yang layak. Algoritma berbasis pengambilan sampel yang populer mencakup Rapidly-exploring Random Trees (RRT) dan Probabilistic Roadmaps (PRM).

3. Metode Medan Potensial: Metode ini menggunakan medan potensial buatan untuk memandu robot menuju tujuan sambil menghindari rintangan. Robot tertarik ke sasaran dan ditolak oleh rintangan, dengan medan potensial menentukan arah dan besarnya gaya.

4. Metode Berbasis Optimasi: Metode ini merumuskan perencanaan jalur sebagai masalah optimasi, dimana fungsi biaya didefinisikan dan diminimalkan dengan tunduk pada batasan. Teknik pengoptimalan yang umum mencakup pemrograman linier, pemrograman kuadrat, dan metode yang lebih canggih seperti pengoptimalan lintasan atau perencanaan gerak dengan kontrol prediktif model (MPC). Pilihan algoritma perencanaan jalur bergantung pada berbagai faktor, seperti kompleksitas lingkungan, dinamika dan batasan sistem, kebutuhan waktu nyata, dan sumber daya komputasi yang tersedia. Dalam praktiknya, kombinasi metode dan teknik yang berbeda dapat digunakan untuk menangani berbagai aspek perencanaan jalur secara efisien.

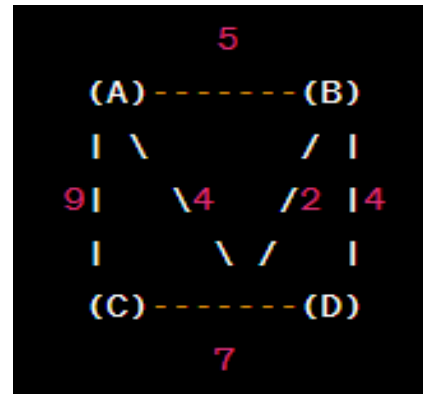
Metode

Algoritma Dijkstra, seperti yang telah disebutkan sebelumnya, merupakan algoritma yang terkenal untuk mencari jalur terpendek dalam suatu graf. Berikut ini usulan implementasi algoritma Dijkstra:

1. Buat sekumpulan node yang belum dikunjungi dan inisialisasi jarak semua node hingga tak terhingga kecuali node awal, yang disetel ke 0. Tetapkan node awal sebagai node saat ini.
2. Pilih node yang belum dikunjungi dengan jarak tentatif terkecil (atau tak terhingga) sebagai node saat ini.
3. Tandai node saat ini sebagai telah dikunjungi. Untuk setiap node tetangga dari node saat ini: Hitung jarak tentatif dari node awal ke node tetangga dengan menambahkan bobot tepi antara node saat ini dan node tetangga ke jarak tentatif dari node saat ini. Jika jarak tentatif lebih kecil dari jarak node tetangga saat ini, perbarui jarak node tetangga dengan jarak tentatif.
4. Ulangi langkah 2 dan 3 hingga semua node telah dikunjungi, atau node tujuan telah tercapai. Backtrack dari node tujuan ke node awal menggunakan jarak yang diperbarui untuk menentukan jalur terpendek.

Pisahkan file teks dan grafik hingga teks selesai diformat dan ditata. Jangan gunakan tab keras, dan batasi penggunaan pengembalian keras hanya pada satu pengembalian di akhir paragraf. Jangan menambahkan penomoran halaman apa pun di mana pun di kertas. Jangan memberi nomor pada kepala teks-templat akan melakukannya untuk Anda.

Untuk mengilustrasikan perhitungannya, mari kita perhatikan contoh sederhana dengan *graph* berikut:



Gambar 1 Ilustrasi *graph* pada Dijkstra

Katakanlah kita ingin mencari jalur terpendek dari node A ke node D menggunakan algoritma Dijkstra.

1. Inisialisasi:

- Jarak dari A ke A: 0
- Jarak dari A ke B, C, D: Tak terhingga

2. Pilih node dengan jarak tentatif terkecil:

- Node saat ini adalah A.

3. Untuk setiap node tetangga A:

- Jarak dari A ke B: 5 (jarak tentatif dari A + berat tepi A-B)
- Karena 5 lebih kecil dari jarak B saat ini (tak terhingga), perbarui jarak B menjadi 5

4. Ulangi langkah 2 dan 3:

- Node saat ini adalah B.
- Jarak dari A ke C: 9 (jarak tentatif dari A + berat tepi A-C)
- Karena 9 lebih kecil dari jarak C saat ini (tak terhingga), perbarui jarak C menjadi 9.

- Jarak dari A ke D: Tak terhingga (tidak ada tepi langsung dari A ke D)

- Node saat ini adalah C.

- Jarak dari A ke D: 13 (jarak tentatif dari A + berat tepi A-C + berat tepi C-D)
- Karena 13 lebih kecil dari jarak D saat ini (tak terhingga), perbarui jarak D menjadi 13.

5. Ulangi langkah 2 dan 3:

- Node saat ini adalah D.
- Tidak ada node tetangga yang perlu dipertimbangkan.

6. Semua node telah dikunjungi, atau node tujuan (D) telah tercapai.

- Jalur terpendek dari A ke D ditemukan.

7. Mundur:

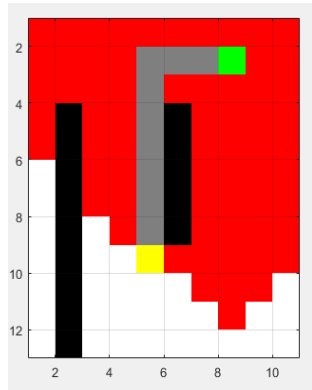
- Dimulai dari D, node dengan jarak terkecil adalah C (jarak 9).
- Dari C, node yang jaraknya paling kecil adalah A (jarak 0).
- Jalur terpendek dari A ke D adalah A -> C -> D.

Hasil Kerja

Untuk membuat hasil seperti pada Gambar 2, diperlukan kode yang diset pada matlab untuk mengatur peta dan mengatur node sebagaimana dipaparkan pada kode berikut:

Tabel 1 Kode Program Dijkstra (bagian 1)

```
function [route,numExpanded] = DijkstraGrid(input_map,  
start_coords,dest_coords,drawMap)  
cmap = [1 1 1; ...  
        0 0 0; ...  
        1 0 0; ...  
        0 0 1; ...  
        0 1 0; ...  
        1 1 0; ...  
        0.5 0.5 0.5];
```

**Gambar 2** Hasil perencanaan lintasan Dijkstra**Tabel 2** Kode Program Dijkstra (bagian 2)

```
colormap(cmap);  
drawMapEveryTime = drawMap;  
[nrows,ncols] = size(input_map);  
map = zeros(nrows,ncols);  
map(~input_map) = 1; map(input_map) = 2;  
start_node = sub2ind(size(map), start_coords(1),  
start_coords(2));  
dest_node = sub2ind(size(map), dest_coords(1),  
dest_coords(2));  
map(start_node) = 5;  
map(dest_node) = 6;  
cost = ones(nrows,ncols);  
for i = 1 : nrows  
    for j = 1 : ncols  
        cost(i,j) = abs(start_coords(1) - i) + abs(start_coords(2) - j);  
    end; end;  
distanceFromStart = Inf(nrows,ncols);  
parent = zeros(nrows,ncols);  
distanceFromStart(start_node) = 0;  
numExpanded = 0;  
while true  
    map(start_node) = 5;  
    map(dest_node) = 6;
```

Tabel 3 Kode Program Dijkstra (bagian 3)

```
if (drawMapEveryTime)  
    image(1.5,1.5,map);  
    grid on;  
    axis image;  
    drawnow;  
end  
[min_dist,current] = min(distanceFromStart(:));  
if ((current == dest_node) || isinf(min_dist))  
    break  
end  
map(current) = 3;  
[i,j] = ind2sub(size(distanceFromStart),current);  
if j ~= 1  
    if map(i,j-1) ~= 2 && (map(i,j-1) ~= 3 && map(i,j-1) ~= 5)  
        t = distanceFromStart(current)+cost(i,j-1);  
        if t < distanceFromStart(i,j-1)  
            distanceFromStart(i,j-1) = t;  
            parent(i,j-1) = current;  
        end  
    end  
end  
if i ~= 1  
    if map(i-1,j) ~= 2 && (map(i-1,j) ~= 3 && map(i-1,j) ~= 5)  
        t = distanceFromStart(current)+cost(i-1,j);  
        if t < distanceFromStart(i-1,j)  
            distanceFromStart(i-1,j) = t;  
            parent(i-1,j) = current;  
        end  
    end  
end  
if j ~= ncols  
    if map(i,j+1) ~= 2 && (map(i,j+1) ~= 3 && map(i,j+1) ~= 5)  
        t = distanceFromStart(current)+cost(i,j+1);  
        if t < distanceFromStart(i,j+1)  
            distanceFromStart(i,j+1) = t;  
            parent(i,j+1) = current; end; end; end;  
    end  
if i ~= nrows  
    if map(i+1,j) ~= 2 && (map(i+1,j) ~= 3 && map(i+1,j) ~= 5)  
        t = distanceFromStart(current)+cost(i+1,j);  
        if t < distanceFromStart(i+1,j)  
            distanceFromStart(i+1,j) = t;  
            parent(i+1,j) = current; end; end; end;
```

Tabel 4 Kode Program Dijkstra (bagian 4)

```
distanceFromStart(current) = Inf; % remove this node from
further consideration
numExpanded = numExpanded + 1;
end
if (isinf(distanceFromStart(dest_node)))
    route = [];
else
    route = dest_node;
    while (parent(route(1)) ~= 0)
        route = [parent(route(1)), route];
    end
    for k = 2:length(route) - 1
        map(route(k)) = 7;
        pause(0.1);
        image(1.5, 1.5, map);
        grid on;
        axis image;
    end
end
end
map = false(10);
map(4:12, 2) = true;
map(4:8, 6) = true;
start_coors = [2, 8];
dest_coors = [9, 5];
[route, numExpanded] = DijkstraGrid(map, start_coors,
dest_coors, true);
```

Seperti terlihat pada Gambar 2, hasil dengan menggunakan algoritma Dijkstra yang ditingkatkan memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan dua kasus lainnya seperti hasil dengan menggunakan algoritma Dijkstra dan algoritma Dijkstra yang ditingkatkan. Hasil sebelumnya menunjukkan panjang optimal.

Kesimpulan

Algoritma Dijkstra dalam versi yang ditingkatkan berdasarkan hasil percobaan dalam bentuk simulasi program komputer telah terbukti memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan versi Dijkstra sebelumnya. Penelitian selanjutnya akan menguji algoritma Dijkstra versi peningkatan ini pada robot beroda yang nyata.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Fakultas Teknik Universitas Trunojoyo Madura yang memberi dukungan pendanaan proyek perintisan perencanaan lintasan menggunakan algoritma Dijkstra untuk robot beroda ini.

Referensi

- Olsen, T., A. M. Tumlin, N. M. Stiffler & J. M. O'Kane (2021). A Visibility Roadmap Sampling Approach for a Multi-Robot Visibility-Based Pursuit-Evasion Problem. IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 30 Mei – 5 Juni 2021, Xi'an, China, 7957-7964, <http://dx.doi.org/10.1109/ICRA48506.2021.956202> .
- Di, W., L. Caihong, G. Na, S. Yong, G. Tengting & L. Guoming (2020). Local Path Planning of Mobile Robot Based on Artificial Potential Field. 39th Chinese Control Conference (CCC), 27 – 29 Juli 2020, Shenyang, China, 3677-3682, <http://dx.doi.org/10.23919/CCC50068.2020.9189250> .
- Yan, L., H. Chen, Y. Tu, X. Zhou & S. Drew (2022). PPGC: A Path Planning System by Grid Caching based on Cloud-Edge Collaboration for Unmanned Surface Vehicle in IoT Systems. IEEE 19th International Conference on Mobile Ad Hoc and Smart Systems (MASS), 19 – 23 Oktober 2022, Denver, CO, USA, 2022, 74-80, <http://dx.doi.org/10.1109/MASS56207.2022.00018> .

Analisa Performansi Multi-Repeater dalam Optimalisasi QoS dan Jangkauan Sinyal GSM di Daerah Terisolir Jaringan Telekomunikasi

Achmad Ubaidillah¹ S. Ida Kholida²

¹ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Trunojoyo Madura

✉ ubaidillah.ms@trunojoyo.ac.id

² Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Islam Madura

✉ idakholidia@uim.ac.id

Seluruh warga masyarakat memiliki ketergantungan pada media dan peralatan digital, seperti *handphone*, laptop dan sebagainya. Tapi sumber daya jaringan telekomunikasi tidak menjangkau semua wilayah. Ada wilayah tertentu terutama di pedesaan dan pegunungan yang kurang memadai dalam masalah sumber daya jaringan. Penggunaan *repeater* bisa dijadikan salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Namun, jangkauan *repeater* sangat terbatas, dalam pengertian diperlukan teknik untuk meningkatkan dan memaksimalkan performansinya agar dihasilkan jangkauan semaksimal mungkin. Penelitian mengoptimalkan QoS (*Quality of Service*) dan jangkauan sinyal GSM (*Global System for Mobile*) dengan penerapan *multi-repeater* yang diterapkan di daerah terisolir jaringan telekomunikasi. Penggunaan *multi-repeater* yang disusun secara serial dapat meningkatkan jangkauan maupun QoS sinyal GSM dengan peningkatan kinerja mendekati n kali lipat.

Kata kunci: *multi-repeater*, optimalisasi, QoS, jangkauan

Pendahuluan

Kebutuhan masyarakat akan teknologi telekomunikasi di era ini sangat mendesak di manapun mereka berada, baik di perkotaan maupun pedesaan bahkan di daerah terpencil (Ryzhkov & Nasonov, 2018). Namun ketersediaan sumber daya jaringan telekomunikasi untuk menyediakan layanan kepada masyarakat tidak merata (Mei et al., 2021). Hal ini disebabkan oleh banyak faktor, seperti kepadatan penduduk, tipikal kebutuhan penduduk akan telekomunikasi, kontur daerah bahkan keadaan perekonomian masyarakat (Setiawan, 2018).

Pegantenan adalah salah satu kecamatan di kabupaten Pamekasan, Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Pegantenan adalah daerah pegunungan dan masyarakatnya adalah masyarakat pedesaan yang sedang berkembang. Namun ketersediaan sumber daya jaringan telekomunikasi di daerah tersebut kurang memadai. Hal itu disebabkan karena jumlah penduduk yang tidak sepadat perkotaan, karakter perekonomian penduduk serta kontur daerah pegunungan yang naik turun serta posisi rumah-rumah penduduk yang mengelilingi pegunungan, sehingga diperlukan perencanaan penyediaan jaringan telekomunikasi yang khusus (Xie et al., 2021). Di pegantenan inilah penelitian ini dilakukan.

Salah satu cara yang digunakan untuk mengatasi keterbatasan sumberdaya jaringan telekomunikasi adalah penggunaan *repeater* (Fan et al., 2019). *Repeater* sinyal seluler berfungsi dalam menguatkan dan menyiarkan kembali sinyal seluler yang sudah lemah (Gladyshev et al., 2019). Sistem biasanya menggunakan antena *directional* eksternal untuk mengumpulkan sinyal seluler terbaik yang kemudian ditransmisikan ke unit penguat untuk menguatkan kembali sinyal dan mentransmisikannya kembali secara lokal serta memberikan secara signifikan

peningkatan kekuatan sinyal (Lentz & Howe, 2018). Jenis *repeater* yang digunakan dalam penelitian ini adalah HP EDC MIFI *Triband Repeater Booster*.

HP EDC MIFI *Triband Repeater Booster* memiliki karakter performansi tertentu. Namun jika diterapkan di lapangan, performansi yang dihasilkan sering tidak sesuai atau di bawah standar performansi yang ditawarkan. Sehingga dibutuhkan teknik-teknik yang dapat mengoptimalkan performansinya (F. Li et al., 2019)(Shqj et al., n.d.). Teknik optimalisasi kinerja *repeater* yang dilakukan dalam penelitian ini adalah *Multi-repeater*.

Multi-repeater berarti penggunaan *multi repeater* yang diterapkan secara *serial*, yaitu penerapan *repeater* setelah *repeater*. *Repeater* pertama mengulang dan menguatkan sinyal dari BTS, sedangkan *repeater* kedua mengulang dan menguatkan sinyal dari *repeater* pertama.

Penerapan metode ini, diharapkan mampu mengoptimalkan performansi *repeater* yang diwujudkan dengan peningkatan jangkauan dan QoS, seperti *Signal to Noise Ratio* (SNR), *throughput*, *delay*, *jitter* dan *packet loss* (Alexandropoulos et al., 2019)(Ubaidillah et al., 2018)(Sanjeev, 2018). Sedangkan perangkat yang digunakan untuk mengukur beberapa parameter tersebut adalah *G-Net Track Lite*, *SpeedTest* dan *Net Tools*.

G-Net Track Lite adalah aplikasi untuk memonitor jaringan dan *walk test* pada perangkat dengan *Operating System* (OS) Android. Pengukuran bisa dilakukan pada lokasi *indoor* dan *outdoor*. *G-Net Track Lite* digunakan untuk mengetahui kekuatan sinyal jaringan nirkabel (Yungka & Widiyanto, 2023). Salah satu yang bisa diketahui dari aplikasi *G-Net Track Lite* adalah nilai SNR, yaitu nilai perbandingan antara daya sinyal terhadap daya *noise* (Carluccio et al., 2018). Semakin tinggi nilai SNR, semakin baik QoS suatu jaringan

nirkabel (Correa et al., 2020). Persamaan (1) adalah rumus menghitung SNR dalam dB.

$$SNR = P_S - P_N \quad (1)$$

Dengan,

SNR : *Signal to Noise Ratio*

P_S : Daya sinyal

P_N : Daya noise

Aplikasi pengukuran QoS berikutnya adalah *SpeedTest* (Han et al., 2022). Beberapa metrik QoS yang bisa diketahui melalui *SpeedTest* adalah *throughput* dan *jitter* (Nayak & Knightly, 2022). *Throughput* adalah *bandwidth* aktual yang terukur tiap satuan waktu (Sodhro et al., 2020). *Throughput* jaringan merupakan tingkat rata-rata keberhasilan pengiriman data melalui saluran komunikasi tiap satuan waktu (Simargolang & Widarma, 2022). Semakin tinggi nilai *throughput*, maka semakin baik QoS (Mohamed et al., 2020). Sedangkan *jitter* adalah variasi *delay* antar paket yang diakibatkan oleh variasi-variasi dalam panjang antrian, waktu pengolahan data dan waktu penghimpunan ulang paket-paket (Rianto NAK et al., 2022). Semakin besar nilai *jitter* menunjukkan QoS yang semakin buruk. Persamaan (2) dan (3) secara berurutan adalah rumus untuk menghitung *throughput* dan *jitter* (Ramady et al., 2021).

$$Throughput = \frac{\text{Data diterima}}{\text{Waktu pengamatan}} \quad (2)$$

$$Jitter = \frac{\sum (\text{Delay} - \text{Rerata delay})}{\text{Total paket data} - 1} \quad (3)$$

Aplikasi pengukuran QoS terakhir yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Net Tools*, yaitu kompilasi alat jaringan dengan *user interface* yang sangat sederhana dan efisien cmd pada komputer yang dapat memberikan hasil *delay* dan *packet loss* dengan perintah *Ping* pada server yang dituju (D. Li et al., 2020). *Delay* (Latency) merupakan waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan (Charisma et al., n.d.). Sedangkan *packet loss* adalah kegagalan transmisi data untuk mencapai tujuannya (Strelkovskaya & Zolotukhin, 2020). *Packet loss* bisa terjadi karena *overload* di dalam suatu jaringan atau tabrakan (*congestion*) dalam jaringan (Hendrawan et al., 2019). *Packet loss* diukur dalam satuan Persen (%) (Rao et al., 2019). Persamaan (4) merupakan rumus dari *delay*, sedangkan persamaan (5) adalah rumus dari *packet loss* (Sadeq et al., 2019).

$$Delay = \text{Waktu terima} - \text{Waktu kirim} \quad (4)$$

$$Packet Loss = \frac{\text{Data krm} - \text{Data trm}}{\text{Data krm}} \times 100\% \quad (5)$$

Penelitian ini pada dasarnya melanjutkan dari penelitian sebelumnya yaitu penelitian (Ubaidillah et al., 2022), yang

menguji penggunaan *repeater* sinyal GSM *outdoor* di daerah pedesaan. Penelitian tersebut membandingkan QoS menggunakan *repeater* dan tanpa *repeater*. Penelitian ini tidak hanya membandingkan QoS jaringan menggunakan *repeater* dan tanpa *repeater*, tetapi juga mencari optimalisasi penggunaan *repeater* tersebut. Jenis *repeater* yang digunakan pada penelitian ini adalah *repeater* sinyal GSM yang penggunaannya bersifat *indoor*. Optimalisasi dilakukan dengan penggunaan *multi-repeater* secara *serial* dan ini adalah keterbaruan sekaligus kontribusi dari penelitian ini dibandingkan penelitian sebelumnya. Bagi penduduk desa terutama di daerah kecamatan Pegantenan kabupaten Pamekasan yang minim dalam sumber daya jaringan, penelitian ini menjadi kontribusi penting, terlebih era sekarang dan ke depan akan semakin mengarah pada era informasi digital.

Metode

Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, QoS dalam penelitian ini diukur dari 6 metrik, yaitu :

1. Jumlah bar.
2. SNR.
3. *Delay*.
4. *Packet Loss*.
5. *Throughput*.
6. *Jitter*.

Telah dijelaskan pada bab pendahuluan, bahwa beberapa *tools* yang digunakan dalam pengambilan data QoS adalah *G-Net Track Lite*, *SpeedTest* dan *Net Tools*.

Hasil Kerja

Observasi dalam penelitian ini adalah penggunaan *repeater* secara berulang atau lebih dari satu yang dipasang secara *serial*, artinya *repeater* kedua dipasang pada posisi setelah sinyal *repeater* pertama melemah. Metrik QoS yang diujikan adalah jumlah bar, SNR, *delay*, *jitter*, *throughput* dan *packet loss*. Tabel 1 menunjukkan hubungan jarak terhadap jumlah bar pada pengujian *serial multi-repeater*.

Tabel 1 Hubungan jarak terhadap jumlah bar pada pengujian *serial multi-repeater*

Jarak (m)	$\sum$ Bar		
	N-R	R1	R2
2	1	5	5
4	1	4	4
6	1	4	4
8	1	3	3-4
10	1	3	3-4
12	1	2	2-5
14	1	1	1-5
16	1	1	1-5
18	1	1	1-4
20	1	1	1-3
22	1	1	1-2
24	1	1	1

26	1	1	1
----	---	---	---

Kolom N-R pada Tabel 1 berarti *non-repeater* artinya sinyal yang terdeteksi adalah sinyal jaringan seluler *existing*. Jumlah *bar* pada N-R dari episentrum hingga jarak 26 m sebanyak 1 *bar* dan itu adalah kondisi sinyal dari jaringan *existing*. Kolom R1 berarti penggunaan satu *repeater*, di mana dari episentrum hingga jarak 2 m terdeteksi 5 *bar*, pada jarak 2 m sampai 6 m terdeteksi 4 *bar*, jarak 6 m hingga 10 m terdeteksi 3 *bar*, jarak 10 m hingga 12 m terdeteksi 2 *bar* dan selanjutnya terdeteksi 1 *bar*, sama dengan sinyal jaringan *existing*.

Kolom R2 berarti penggunaan dua *repeater* secara *serial*. Pada kolom R2 tepatnya hingga jarak 2 m dari episentrum terdeteksi 5 *bar*, jarak 2 m hingga 6 m terdeteksi 4 *bar*, jarak 6 m sampai 10 m terdeteksi 3 *bar* dan berubah menjadi 4 *bar* setelah pemasangan *repeater* kedua, jarak 10 m sampai 12 m terdeteksi 2 *bar* dan menjadi 5 *bar* setelah pemasangan *repeater* kedua di sekitarnya. Setelah jarak 12 m, deteksi sinyal melemah menjadi 1 *bar* dan di situ sinyal dikuatkan lagi dengan pemasangan *repeater* yang kedua, sehingga deteksi sinyal menguat kembali menjadi 5 *bar* dari jarak 12 m hingga 16 m. Deteksi sinyal pada jarak 16 m sampai 18 m berubah dari 1 *bar* menjadi 4 *bar*. Pada jarak 18 m sampai 20 m terdeteksi perubahan kekuatan sinyal dari 1 *bar* menjadi 3 *bar*. Pada jarak 20 m sampai 22 m terdeteksi perubahan kekuatan sinyal dari 1 *bar* menjadi 2 *bar*. Dan pada jarak selanjutnya terdeteksi 1 *bar* sama dengan jaringan *existing*. Hal yang menarik untuk diperhatikan berdasarkan data-data tersebut adalah bahwa penguatan pada R1 terjadi hingga jarak 12 m, sedangkan setelah penerapan R2, penguatan sinyal terjadi hingga jarak 22 m atau hampir/sekitar dua kali lipat R1.

Tabel 2 Hubungan jarak terhadap SNR pada pengujian *serial multi-repeater*

Jarak (m)	SNR (dB)		
	N-R	R1	R2
2	-7	13	12
4	-2	10	10
6	-5	10	9
8	-3	4	4
10	2	4	4
12	-6	-9	1
14	-9	-5	11
16	-10	-5	9
18	-10	-7	9
20	-9	-5	5
22	-11	-2	-2
24	-10	-8	-7
26	-10	-9	-5

RT	-6,9	-0,7	5
----	------	------	---

Observasi berikutnya dalam pengujian *serial multi-repeater* adalah hubungan antara jarak dengan SNR yang ditunjukkan oleh Tabel 2. Data-data pada Tabel 2 dan tabel-tabel berikutnya, hanya ditampilkan sekali pada penerapan R1 dan R2. Artinya setelah penerapan R2, data-data pada jarak sebelumnya (wilayah R1) tidak diubah lagi untuk memudahkan analisa dan mendukung hipotesa.

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai SNR pada N-R bervariasi antara 2 dB sampai -10 dB. Nilainya relatif rendah dengan rata-rata -6,9 dB. Pada penerapan R1 ada penguatan sehingga rata-ratanya menjadi -0,7 dB dan lebih meningkat lagi pada penerapan R2 dengan rata-rata SNR 5 dB. Tabel 2 memiliki kecenderungan yang sama dengan Tabel 1 dalam hal urutan QoS dari yang paling baik hingga terburuk.

Selanjutnya adalah observasi hubungan antara jarak dengan *delay* yang ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 3 Hubungan jarak terhadap *delay* pada pengujian *serial multi-repeater*

Jarak (m)	Delay (ms)		
	N-R	R1	R2
2	83	99	88
4	64	97	80
6	109	101	94
8	97	77	97
10	116	81	103
12	107	90	91
14	88	106	86
16	104	95	90
18	121	107	80
20	110	96	76
22	105	102	93
24	126	95	103
26	115	92	120
RT	103,46	95,23	92,38

Nilai *delay* pada tabel 3 naik turun dan bervariasi. Namun rata-rata *delay* terbaiknya adalah pada penerapan R2 dengan rata-rata *delay* 92,38 ms, kemudian penerapan R1 dengan rata-rata *delay* 95,23 ms dan yang terburuk adalah pada N-R dengan rata-rata *delay* 103,46 ms. Tabel 9 memiliki kecenderungan yang sama dengan tabel 1 dan tabel 2 dalam hal urutan QoS dari yang terbaik hingga terburuk.

Observasi selanjutnya dalam pengujian *serial multi-repeater* adalah hubungan antara jarak dengan *jitter* yang ditunjukkan oleh tabel 4. Seperti halnya tabel sebelumnya, Tabel 4 menunjukkan QoS pada R2 adalah yang terbaik dengan rata-rata *jitter* 25,85 ms, kemudian R1 dengan rata-

rata *jitter* 35,08 ms dan yang terakhir adalah N-R dengan rata-rata *jitter* paling besar yaitu 40,23 ms.

Tabel 4 Hubungan jarak terhadap *jitter* pada pengujian *serial multi-repeater*

Jarak (m)	Jitter (ms)		
	N-R	R1	R2
2	22	10	13
4	42	15	29
6	52	14	17
8	30	26	24
10	67	27	23
12	28	44	29
14	40	66	18
16	64	50	12
18	24	29	29
20	33	62	37
22	52	37	47
24	44	51	21
26	25	25	37
RT	40,23	35,08	25,85

Berikutnya adalah analisa hubungan antara jarak dengan *throughput* serta hubungan antara jarak dan *packet loss* pada pengujian *serial multi-repeater* yang ditunjukkan oleh Tabel 5 dan Tabel 6 berikut ini.

Tabel 5 Hubungan jarak terhadap *throughput* pada pengujian *serial multi-repeater*

Jarak (m)	Throughput (KBps)		
	N-R	R1	R2
2	543	937	1209
4	682	703	970
6	606	826	1308
8	538	1013	680
10	580	1154	887
12	432	734	824
14	702	517	1206
16	457	466	1087
18	772	647	732
20	747	628	898
22	584	784	652
24	450	636	311
26	446	695	542
RT	579,92	749,23	869,69

Tabel 6 Hubungan jarak terhadap *packet loss* pada pengujian *serial multi-repeater*

Jarak (m)	Packet Loss (%)		
	N-R	R1	R2
2	3	0	0
4	1	0	3
6	7	0	0
8	0	0	0
10	0	4	4
12	2	0	6
14	8	5	0
16	5	2	2
18	11	13	0
20	12	9	7
22	10	11	6
24	4	5	10
26	7	9	12
RT	5,38	4,46	3,85

Tabel 5 dan Tabel 6 menunjukkan kecenderungan QoS yang sama dengan tabel-tabel sebelumnya pada pengujian *serial multi-repeater*, yaitu QoS terbaik adalah pada penerapan R2, kemudian R1 dan terakhir adalah N-R. Hal ini terbukti dari angka rata-rata *throughput* pada tabel 5, bahwa terbaik adalah R2 dengan rata-rata *throughput* 869,69 KBps, R1 sebesar 749,23 KBps dan N-R sebesar 579,92 KBps. Sedangkan rata-rata *packet loss* yang ditunjukkan oleh Tabel 6 menunjukkan bahwa rata-rata *packet loss* terbaiknya adalah pada R2 sebesar 3,85%, R1 sebesar 4,46% dan N-R sebesar 5,38%.

Kesimpulan

Penerapan *Multi-repeater* terbukti dapat menguatkan sinyal jaringan seluler GSM. Penerapan dua *repeater* secara serial bisa meningkatkan jarak jangkauan dua kali. Demikian pula pemakaian tiga *repeater* dan seterusnya.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kami sampaikan kepada Fakultas Teknik Universitas Trunojoyo Madura yang telah memberikan fasilitas dalam keikutsertaan kami dalam Program Studi Profesi Insinyur (PSPI). Terima kasih juga kami sampaikan kepada segenap pengurus dan pengajar di PSPI Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya yang telah membimbing kami dalam PSPI.

Referensi

Alexandropoulos, G. C., Khayatzaheh, R., Kamoun, M., Ganghua, Y., & Debbah, M. (2019). Indoor Time Reversal Wireless Communication: Experimental Results for Localization and Signal Coverage. *ICASSP*,

- IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing - Proceedings, 2019-May*, 7844–7848.
<https://doi.org/10.1109/ICASSP.2019.8683188>
- Carluccio, G., Haemer, G., & Collins, C. (2018). SNR improvement when a High Permittivity Material helmet-shaped former is used with a close-fitting Head Array. *Proceedings of the 2018 20th International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications, ICEAA 2018*, 304–306.
<https://doi.org/10.1109/ICEAA.2018.8520382>
- Charisma, A., Setiawan, A. D., Rahmatullah, G. M., & Hidayat, M. R. (n.d.). *Quality f Service (QoS) n 4G Telkomsel Networks In Soreang*. 145–148.
- Correa, I., Dortschy, B., & Klautau, A. (2020). SNR-Based Pre-Emphasis for Transmission of Frequency-Multiplexed Radio Signals in Fronthaul. *IEEE Communications Letters*, 24(9), 2034–2037.
<https://doi.org/10.1109/LCOMM.2020.2994767>
- Fan, Z., Wang, X., & Lin, M. (2019). A Multimode RF Test Control System with Repeater. *International Conference on Communication Technology Proceedings, ICCT*, 1175–1178.
<https://doi.org/10.1109/ICCT46805.2019.8947084>
- Gladyshev, A. B., Dmitriev, D. D., & Tyapkin, V. N. (2019). Software and hardware development and testing of repeaters of communication satellites. *2019 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2019 - Proceedings*, 1–5.
<https://doi.org/10.1109/SIBCON.2019.8729616>
- Han, J., Lyu, M., & Sivaraman, V. (2022). On the Validity of Internet Speed Test Tools and Broadband Measurement Programs. *ACM International Conference Proceeding Series*, 1–9.
<https://doi.org/10.1145/3570748.3570749>
- Hendrawan, H., Sukarno, P., & Nugroho, M. A. (2019). Quality of service (QoS) comparison analysis of snort IDS and Bro IDS application in software define network (SDN) architecture. *2019 7th International Conference on Information and Communication Technology, ICoICT 2019*, 1–7.
<https://doi.org/10.1109/ICoICT.2019.8835211>
- Lentz, S., & Howe, B. (2018). Scientific monitoring and reliable telecommunications (SMART) cable systems: Integration of sensors into telecommunications repeaters. *2018 OCEANS - MTS/IEEE Kobe Techno-Oceans, OCEANS - Kobe 2018*, 1–7.
<https://doi.org/10.1109/OCEANSKOB.2018.8558862>
- Li, D., Wang, X., Jin, Y., & Liu, H. (2020). Research on QoS routing method based on NSGAII in SDN. *Journal of Physics: Conference Series*, 1656(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1656/1/012027>
- Li, F., Hong, S., Gu, Y., & Wang, L. (2019). An Optimization-Oriented Algorithm for Sparse Signal Reconstruction. *IEEE Signal Processing Letters*, 26(3), 515–519.
<https://doi.org/10.1109/LSP.2019.2897458>
- Mei, J., Wang, X., & Zheng, K. (2021). An intelligent self-sustained RAN slicing framework for diverse service provisioning in 5G-beyond and 6G networks. *Intelligent and Converged Networks*, 1(3), 281–294.
<https://doi.org/10.23919/icn.2020.0019>
- Mohamed, S. S., Abdel-Fatah, A. F. I., & Mohamed, M. A. (2020). Performance evaluation of MANET routing protocols based on QoS and energy parameters. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 10(4), 3635–3642.
<https://doi.org/10.11591/ijece.v10i4.pp3635-3642>
- Nayak, P., & Knightly, E. W. (2022). Virtual speed test: An AP tool for passive analysis of wireless LANs. *Computer Communications*, 192, 185–196.
<https://doi.org/10.1016/j.comcom.2022.05.031>
- Ramady, G. D., Rahmatullah, G. M., Manullang, M. C. T., Zulkarnain, A. F., Sufyani, R., & Hidayat, R. (2021). QoS Analysis on Campus Building Network Infrastructure with WDS Technique using PCQ Method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1783(1), 0–6.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1783/1/012023>
- Rao, N., Maleki, A., Chen, F., Chen, W., Zhang, C., Kaur, N., & Haque, A. (2019). Analysis of the effect of QoS on video conferencing QoE. *2019 15th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference, IWCMC 2019*, 1267–1272.
<https://doi.org/10.1109/IWCMC.2019.8766591>
- Rianto N. A.K., Salsabila H., Jumanto (2022). Analysis of Quality of Service (QoS) wi-fi Network in UNNES Digital Center Building Using Wireshark. *Journal of Student Research Exploration*, Vol. 1, No. 1, 21–32.
<https://doi.org/10.52465/josre.v1i1.108>
- Ryzhkov, A. V., & Nasonov, A. Y. (2018). networks. *2018 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO)*, 1–4.
- Sadeq, A. S., Hassan, R., Al-Rawi, S. S., Jubair, A. M., & Aman, A. H. M. (2019). A QoS Approach for Internet of Things (IoT) Environment Using MQTT Protocol. *2019 International Conference on Cybersecurity, ICoSec 2019*, 59–63.
<https://doi.org/10.1109/ICoSec47621.2019.8971097>
- Sanjeev, S. (2018). Genetic Algorithm and Multiple QoS Aspects. *2018 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)*, 922–927.
- Setiawan, E. (2018). The Potential Use of High Altitude Platform Station in Rural Telecommunication Infrastructure. *Proceeding - 2018 International Conference on ICT for Rural Development: Rural Development through ICT: Concept, Design, and Implication, IC-ICTRuDev 2018*, 35–37.
<https://doi.org/10.1109/ICICTR.2018.8706563>
- Shaj, T. X. Q., Frpshqvdwhv, S., Wkh, I. R. U., Grpdq, W., Ohqjwk, V., Wkh, X., Grpdq, V., Ri, V., Slsholqh, W. K. H., Slh, R., Vhqvr, R., Wkh, D. Q. G., Vljqdo, V., Hdff, R. I., Lv, V., Hg, V. Q., Wxuq, L. Q., Wlph, D. D., Xqwlo, W., ... Dwlrq, R. (n.d.). *5Dgldo %Dvlv JXqfwlrq 1Hwzrun %Dvhg 3Lsholqh ORqlwrluqj 6Ljqdo 2SwlpjDwlrq*. 5–9.
- Simargolang, M. Y., & Widarma, A. (2022). Quality of Service (QoS) for Network Performance Analysis Wireless Area Network (WLAN). *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, 7(1), 162.
<https://doi.org/10.24114/cess.v7i1.29758>
- Sodhro, A. H., Malokani, A. S., Sodhro, G. H., Muzammal, M., & Zongwei, L. (2020). An adaptive QoS computation for medical data processing in intelligent healthcare



- applications. *Neural Computing and Applications*, 32(3), 723–734. <https://doi.org/10.1007/s00521-018-3931-1>
- Strelkovskaya, I., & Zolotukhin, R. (2020). Research of Low-Bandwidth Radionetworks Qos Parameters. *Information and Telecommunication Sciences*, 0(1), 77–81. <https://doi.org/10.20535/2411-2976.12020.77-81>
- Ubaidillah, A., Fiqhi, A., Handoko, K., & Kholida, S. I. (2022). *Improving Coverage and Signal Quality in Cellular Communications for Rural Areas*. 07(01).
- Ubaidillah, A., Ulum, M., Astutik, H., & Kholida, S. I. (2018). *The Influence of Node Velocity and Traffic Congestion on The Performance of AODV in MANET*. 1(Icst), 715–719. <https://doi.org/10.2991/icst-18.2018.145>
- Xie, D., Guo, R., Li, H., Jing, Y., & He, W. (2021). The effect of vegetation on the propagation loss of v2i network in high altitude and mountainous area. *Journal of Communications*, 16(10), 437–443. <https://doi.org/10.12720/jcm.16.10.437-443>
- Yungka, Y. R., & Widiyanto, D. C. (2023). 4G LTE Network Walk Test Analysis using Android Application G-Net Track on SWCU FTI Building. *Jurnal Teknik Informatika (JUTIF)*, 4(2), 441–448.



Desain Dan Implementasi Programmable Single Ended Primary Inductor Converter Menggunakan Metode Proportional Integral Derivative

Achmad Fiqhi Ibadillah¹ Lailatus Sholihah²

¹ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Trunojoyo Madura

✉ fiqhi.ibadillah@trunojoyo.ac.id

² Program Studi Teknik Elektro, Universitas Trunojoyo Madura

✉ lailatuslala22@gmail.com

Pada saat ini, penggunaan catu daya DC (*Dirrect Current*) sangatlah penting untuk dunia perindustrian maupun pendidikan. Hampir seluruh komponen elektronik menggunakan catu daya DC. Dikarenakan penggunaan catu daya DC yang beragam ini, maka diperlukan sistem yang mampu mengubah tegangan DC dari suatu besaran ke besaran yang lainnya. Konverter DC-DC adalah suatu alat yang menyediakan daya tegangan searah (DC) yang dihasilkan melalui konversi tegangan DC masukan menjadi bentuk tegangan DC keluaran yang lebih rendah atau tinggi. Pada penelitian ini merancang dan mengimplementasikan *Programmable Single Ended Primary Inductor Converter* menggunakan metode PID (*Proportional Integral Derivative*) yang bertujuan untuk membuat DC to DC converter yang mempunyai tegangan output tetap dan stabil meskipun tegangan input berubah – ubah. Tingkat kestabilan tegangan output berdasarkan tegangan dan arus output yang dideteksi oleh sensor kemudian data diolah oleh mikrokontroler STM32F103C8T6. Kemudian mikrokontroler akan mengatur *duty cycle* untuk mengontrol rangkaian *switching* dan tegangan output akan sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan. Rangkaian ini dapat bekerja pada beban maksimal hingga 10A. Pengujian PID menghasilkan tegangan output yang membutuhkan waktu 1,88ms untuk mencapai tegangan *setpoint* dengan nilai *Kp* sebesar 0.08537, nilai *Ki* sebesar 5.33695, dan nilai *Kd* sebesar 0.05143. Pengujian efisiensi menghasilkan tingkat efisiensi rangkaian terendah 83,21% dan tertinggi 99,86%.

Kata kunci: *Single Ended Primary Inductor Converter; PID; Switching; Duty Cycle; STM32F103C8T6.*

Pendahuluan

Di dalam kehidupan modern saat ini kebutuhan energi di dunia ini sangatlah meningkat bahkan sudah tidak asing lagi masalah energi di dunia perindustrian terutama pada catu daya DC. Hampir seluruh komponen elektronik menggunakan catu daya DC. Kebutuhan catu daya DC dimulai dari tingkat catu daya rendah seperti pada mikroprosesor, mikrokontroler, dan IC (Integrated Circuit), catu daya menengah seperti motor-motor listrik DC, sensor-sensor, dan sebagainya, sampai pada tingkat catu daya tinggi untuk mentransmisikan listrik tegangan tinggi yang biasa disebut dengan istilah High Voltage Direct Current (HVDC)[1].

Dari kondisi di atas terdapat beberapa penyesuaian catu daya yang dibutuhkan oleh peralatan listrik dengan sumber catu daya, maka dibutuhkan sebuah rangkaian elektronika yang mampu mengkonversi atau mengubah catu daya sesuai dengan apa yang dibutuhkan dan hasilnya melalui konversi catu daya DC masukan menjadi catu daya DC keluaran yang lebih tinggi atau catu daya DC yang lebih rendah dimana konversi catu daya DC ini biasa disebut dengan DC to DC Converter[2].

. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengubah tegangan DC ke tegangan DC yang lain adalah menggunakan *switching converter*. Pada *switching converter* digunakan transistor daya sebagai *switch*, yaitu dengan cara sepenuhnya on atau sepenuhnya off. *Switching converter* memiliki efisiensi yang tinggi, efisiensi konverter ini dapat mencapai 100% jika *switch* dianggap ideal. Ketika *switch* dalam keadaan tertutup, maka tegangan yang melintasi *switch* bernilai nol, dan ketika *switch* dalam keadaan terbuka, maka tidak ada arus yang melewati *switch* atau arus yang melintasi *switch* bernilai nol. Oleh sebab itu *switch* yang ideal tidak ada daya yang diserap sehingga efisiensi dapat mencapai 100%[3].

Pada perkembangannya penerapan konverter DC-DC memungkinkan suatu perangkat elektronika dapat berfungsi dengan sumber energi yang berukuran kecil, dimana tegangan keluarannya dapat diubah-ubah sesuai kebutuhan. Konverter DC-DC banyak dikembangkan karena mempunyai berbagai keunggulan, diantaranya adalah, bentuknya yang lebih sederhana dan mempunyai efisiensi tinggi. Terdapat dua jenis konverter yang sering digunakan, yaitu, *buck* dan *boost*. Konverter *buck* digunakan untuk menurunkan tegangan masukan dan konverter *boost* untuk menaikkan tegangan yang konfigurasinya tinggi atau rendah

tegangan berdasar nilai PWM (Pulse Width Modulation) yang diberikan pada komponen yang bekerja sebagai switching[4].

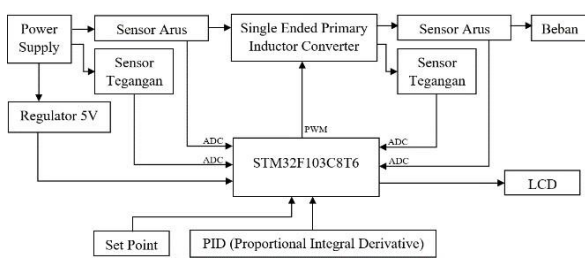
Pada jenis PWM terdapat 5 rangkaian dasar konverter DC-DC non-isolasi yaitu DC choppers, buck, boost, buck-boost, CUK, dan SEPIC. Keempat tipe dari jenis PWM tersebut memiliki permasalahan utama yaitu pada proses switching dari komponen elektronika daya[5].

Dari berbagai jenis konverter DC-DC memiliki kelemahan dan kelebihan masing-masing berdasarkan kebutuhan yang diinginkan dari penggunaan tegangan DC sehingga menghasilkan tegangan keluaran lebih kecil dan lebih besar dari tegangan sumber untuk mencapai hal tersebut maka digunakan konverter DC-DC jenis SEPIC (Single Ended Primary Inductor Converter). SEPIC konverter merupakan pengembangan dari buck-boost konverter. Konverter SEPIC sangat efektif untuk mengisi baterai dari tegangan sumber. SEPIC merupakan jenis DC to DC konverter yang menghasilkan nilai tegangan output yang lebih besar dan lebih kecil dari tegangan input dengan cara dikendalikan oleh duty cycle dari kontrol MOSFET[6].

Pada konverter SEPIC tegangan keluaran dikendalikan dengan mengatur nilai duty cycle yang berasal dari sinyal PWM. Pembangkitan sinyal PWM dapat menggunakan mikrokontroler untuk mengendalikan nilai tegangan keluarannya. Mikrokontroler adalah salah satu komponen yang dapat digunakan untuk mengendalikan tegangan keluaran dari konverter SEPIC. Berbagai faktor yang dapat dikendalikan dengan mikrokontroler baik itu frekuensi, maupun duty cycle. SEPIC dibutuhkan pada berbagai sistem, yaitu sistem dengan tujuan tegangan masukan tetap diubah menjadi tegangan keluaran yang lebih rendah atau lebih tinggi daripada tegangan masukan dan sistem dengan tujuan tegangan keluaran tetap yang diubah dari tegangan masukan yang lebih rendah atau lebih tinggi daripada tegangan keluaran[7].

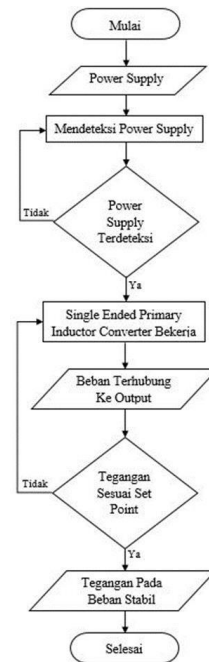
Metode

Untuk blok diagram dari sistem yang dibuat pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1 dibawah ini.



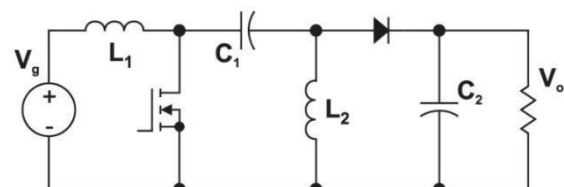
Gambar 1. Block diagram of a SEPIC system

Untuk flowchart dari sistem yang dibuat pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Flowchart of a SEPIC system

Rangkaian SEPIC terdapat 2 induktor dan 2 kapasitor yang dikopling. Sehingga keluaran dari konverter tidak inverting. Mode operasi yang dimanfaatkan pada konverter jenis SEPIC yaitu mode CCM (Continous Conduction Mode). Yaitu kondisi yang terjadi ketika arus yang melalui induktor L1 tidak pernah bernilai nol. Pada saat kondisi steady state, rata-rata tegangan pada kapasitor adalah sama dengan tegangan masukan (V_{in}) sedangkan pada kapasitor C_2 arus diblok sehingga arus yang melewatinya sama dengan nol. Sedangkan L2 bertindak sebagai sumber arus beban[9]. Berikut merupakan rangkaian SEPIC yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian SEPIC

Hasil Kerja

Dari hasil pengujian seluruh sistem dapat dianalisa bahwa rangkaian SEPIC bekerja dengan baik dan dapat digunakan sebagaimana mestinya. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan hasil dari masing-masing pengujian.

Pada pengujian efisiensi rangkaian mode *Buck Converter* mendapatkan hasil efisiensi tertinggi berada pada saat beban dengan arus 3A yaitu sebesar 99,86%. Sedangkan efisiensi terendah berada pada saat beban dengan arus 10A yaitu sebesar 86,02%..

Tabel 1 Hasil Pengujian Efisiensi Rangkaian Mode Buck Converter

Beban	V _{in}	I _{in}	P _{in}	V _{out}	I _{out}	P _{out}	Efisiensi
0A	17,09V	0,00A	0,00W	12,05V	0,00A	0,00W	0,00%
1A	17,11V	0,73A	12,49W	12,05V	1,00A	12,05W	96,47%
2A	17,16V	1,49A	25,57W	12,03V	2,05A	24,66W	96,44%
3A	17,23V	2,12A	36,53W	12,04V	3,03A	36,48W	99,86%
4A	17,26V	2,88A	49,71W	12,05V	4,00A	48,20W	96,96%
5A	17,33V	3,52A	61,00W	12,07V	5,01A	60,47W	99,13%
6A	17,39V	4,19A	72,86W	12,07V	5,94A	71,69W	98,39%
7A	17,19V	5,03A	86,47W	11,99V	7,01A	84,05W	97,20%
8A	17,16V	5,92A	101,59W	12,03V	8,01A	96,36W	94,85%
9A	17,10V	6,83A	116,79W	11,88V	9,01A	107,04W	91,65%
10A	17,14V	8,14A	139,52W	11,93V	10,06A	120,02W	86,02%

Pada pengujian efisiensi rangkaian mode input sama dengan output mendapatkan hasil efisiensi tertinggi berada pada saat beban dengan arus 4A yaitu sebesar 98,87%. Sedangkan efisiensi terendah berada pada saat beban dengan arus 9A yaitu sebesar 89,75%.

Tabel 2 Hasil Pengujian Efisiensi Rangkaian Mode Input Sama Dengan Output

Beban	V _{in}	I _{in}	P _{in}	V _{out}	I _{out}	P _{out}	Efisiensi
0A	12,10V	0,00A	0,00W	12,00V	0,00A	0,00W	0,00%
1A	12,10V	1,03A	12,46W	12,03V	1,01A	12,15W	97,51%
2A	12,09V	2,04A	24,66W	11,99V	2,03A	24,34W	98,70%
3A	12,07V	3,10A	37,42W	12,00V	3,07A	36,84W	98,45%
4A	12,04V	4,11A	49,48W	12,02V	4,07A	48,92W	98,87%
5A	12,04V	5,10A	61,40W	11,98V	5,05A	60,50W	98,53%
6A	12,01V	6,28A	75,42W	12,01V	5,97A	71,70W	95,07%
7A	11,96V	7,57A	90,54W	11,98V	7,09A	84,94W	93,81%
8A	11,92V	8,60A	102,51W	11,97V	8,00A	95,76W	93,42%
9A	11,91V	10,07A	119,93W	11,92V	9,03A	107,64W	89,75%

Tabel 3 Hasil Pengujian Efisiensi Rangkaian Mode Boost Converter

Beban	V _{in}	I _{in}	P _{in}	V _{out}	I _{out}	P _{out}	Efisiensi
0A	7,05V	0,00A	0,00W	12,01V	0,00A	0,00W	0,00%
1A	6,98V	1,97A	13,75W	11,99V	0,99A	11,87W	86,33%
2A	6,95V	3,83A	26,62W	12,06V	1,95A	23,52W	88,35%
3A	6,93V	6,16A	42,69W	12,04V	3,05A	36,72W	86,02%
4A	6,84V	8,49A	58,07W	12,01V	4,05A	48,64W	83,76%
5A	6,79V	10,66A	72,38W	12,07V	4,99A	60,23W	83,21%

Pada pengujian efisiensi rangkaian mode *Boost Converter* mendapatkan hasil efisiensi tertinggi berada pada saat beban dengan arus 2A yaitu sebesar 88,35%. Sedangkan efisiensi terendah berada pada saat beban dengan arus 5A yaitu sebesar 83,21%.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat menciptakan rangkaian *Single Ended Primary Inductor Converter* dengan tegangan *output* tetap dan stabil. Dari hasil pengujian sistem *Single Ended Primary Inductor Converter* dengan mode *buck converter* (*input* lebih besar daripada *output*), mode *input* sama dengan *output*, dan mode *boost converter* (*input* lebih kecil daripada *output*) tegangan *output* tetap pada *setpoint* yang telah ditentukan yaitu 12V. Hasil pengujian *output* yang meliputi pengujian stabilitas tegangan *output*, pengujian *ripple* tegangan *output*, dan pengujian efisiensi rangkaian menunjukkan tegangan *output* tetap dan stabil pada 12V dengan tingkat efisiensi terendah 83,21% dan tertinggi 99,86%.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kami sampaikan kepada Fakultas Teknik Universitas Trunojoyo Madura yang telah memberikan fasilitas dalam keikutsertaan kami dalam Program Studi Profesi Insinyur (PSPI). Terima kasih juga kami sampaikan kepada segenap pengurus dan pengajar di PSPI Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya yang telah membimbing kami dalam PSPI.

Referensi

- M. Z. Hossain and N. A. Rahim, "Recent progress and development on power DC-DC converter topology , control , design and applications : A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 81, no. January 2017, pp. 205–230, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.07.017.
- F. Kurniawan, "Pengembangan Model Boost-Buck untuk Mempertinggi Stabilitas Tegangan Keluaran Konverter DC-ke-DC," vol. 12, no. 2, pp. 98–103, 2018, doi: 10.21776/jeeccis.v12i2.552.
- K. A. Nugraha, T. Sutikno, K. Kunci, J. Ring, and R. Selatan, "PID Control Based DC Boost Converter on Wheeled Soccer Robot," vol. 3, no. 2, pp. 106–114, 2021, doi: 10.12928/biste.v3i2.3942.
- B. Angger, W. Widhiawan, and S. Handoko, "Perancangan Sistem Charging Baterai Menggunakan Buck- Boost Converter Dengan Sumber Panel Surya Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano," vol. 10, no. 1, pp. 17–25, 2021, doi: 10.14710/transient.v10i1.17-25
- M. I. Akbar, M. Z. Efendi, and S. D. Nugraha, "SEPIC Converter for Lead Acid Battery Charger Using Fuzzy Logic type-2 Controller," *JAREE (Journal Adv. Res. Electr. Eng.)*, vol. 6, no. 1, pp. 36–41, 2022, doi: 10.12962/jaree.v6i1.240
- J Dudrik, M Pástor, and M Lacko "Zero-Voltage and Zero-Current Switching PWM DC – DC Converter Using Controlled Secondary Rectifier With One Active Switch and



Nondissipative Turn-Off Snubber,” vol. 33, no. 7, pp. 6012–6023, 2018, doi: 10.1109/TPEL.2017.2748569.

M. Wahyu, N. Okta, and A. Murtono, “Analisa Rancang Bangun Buck-Boost Converter Untuk Sistem Charging Battery,” vol. 8, 2021, doi: 10.33795/elk.v8i1.225.

C. Nan, “A new soft switching topology for switched inductor high gain boost,” vol. 9994, no. c, 2018, doi: 10.1109/TIA.2018.2791972.

E. Ginanjar, A. Mashar, and W. B. Mursanto, “Perancangan Buck Boost Converter Pada Sistem Pengisian Baterai Untuk Panel Surya Kapasitas 50 Wp,” pp. 13–14, 2022, doi: 10.35313/irwns.v13i01.4243.

M. Maheshwari, “Control of Integrated Quadratic Boost Sepic Converter for High Gain Applications,” *2019 Fifth Int. Conf. Sci. Technol. Eng. Math.*, vol. 1, pp. 348–353, 2019, doi: 10.1109/ICONSTEM.2019.8918846.

K. Manikandan, A. Sivabalan, R. Sundar, and P. Surya, “A Study of Landsman, Sepic and Zeta Converter by Particle Swarm Optimization Technique,” *2020 6th Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Syst. ICACCS 2020*, pp. 1035–1038, 2020, doi: 10.1109/ICACCS48705.2020.9074164.

I. Dilianto, H. Suryoatmojo, and P. D. Suwito, “Desain dan

Implementasi Konverter DC-DC Topologi SEPIC Termodifikasi dengan Gain yang Tinggi untuk Aplikasi pada Photovoltaic,” vol. 2, no. 1, pp. 22–28, 2017.

A. Kalaivani, “Modified High Step-up Non-Isolated Single Ended Primary Inductor Converter (SEPIC) For PV Applications,” *2018 Natl. Power Eng. Conf.*, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1109/NPEC.2018.8476709.

M. V. Mosconi Ewerling, T. Brunelli Lazzarin, and C. H. Illa Font, “Proposal of an Isolated Two-Switch DC-DC SEPIC Converter,” *2019 IEEE 15th Brazilian Power Electron. Conf. 5th IEEE South. Power Electron. Conf. COBEP/SPEC 2019*, 2019, doi: 10.1109/COBEP/SPEC44138.2019.9065718.

J. Ravikumar, T. Ezhilan, B. Baskaran, and S. Subramanian, “Enhanced Time-Domain Response of a SEPIC Triple-Lift Converter System,” *2020 Int. Conf. Syst. Comput. Autom. Networking, ICSCAN 2020*, 2020, doi: 10.1109/ICSCAN49426.2020.9262292.

M. Verma, “Hardware Design of SEPIC Converter and its Analysis,” no. 4, pp. 2018–2021, 2018, doi: 10.1109/ICCTCT.2018.8551052.

H. N. Hermala, “Desain Dan Implementasi Kendali Digital Histeresis Pada Topologi Sepic Buck-Boost Konverter,” pp. 1–10, 2021.



EOQ (Economic Order Quantity) Analysis for Improving Raw Material Inventory Efficiency in Salt Manufacturing

Achmad Jauhari

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Trunojoyo
Madura

✉ jauhari@trunojoyo.ac.id

Abstract—The purpose of this study is to apply the EOQ approach to improve the efficiency of raw material inventory in salt factories. This study aims to reduce excessive storage costs and the risk of raw material shortages by optimizing order sizes using the EOQ method. In controlling raw materials, companies need a system to manage raw material inventories so that they can reduce the total costs spent by the company. The EOQ method is an inventory method that is expected to assist companies in making decisions when ordering raw materials so that errors do not occur that result in the accumulation or shortage of raw materials. The application of the EOQ model to data on the use of raw materials, the purchase of raw materials, storage costs, and the cost of ordering raw materials. The results of the optimization of raw material inventory calculations using the EOQ method can save the total cost of ordering NaCl, iodine, and packaging supplies by Rp. 2.251.461.643,00. Meanwhile, using company policy of Rp. 2.610.570.400,00. The cost savings spent by the company by implementing the EOQ method when compared with the company's policy for 6 months is Rp. 359.108.756,000.

Kata kunci: Optimasi, Biaya, *Economic Order Quantity*, Persediaan bahan baku.

Introduction

Madura Island is one of the areas in Indonesia that is famous for its salt production [1]. Salt is an important raw material in the food industry and is widely used in the food processing, pharmaceutical, chemical, and other sectors. The salt-making industry on Madura Island has an important role in the regional and national economic sectors of Indonesia [2], [3]. However, this industry faces various challenges in optimizing the efficiency of the supply of raw materials used in the production process. Raw material supply efficiency in the salt industry is very important to maintain a smooth production process and improve company performance. An efficient supply of salt raw materials is important to maintain a smooth production process. If the supply of salt raw materials is not monitored properly or is insufficient to meet production needs, this can disrupt the flow of production and cause a decrease in productivity. By ensuring an adequate and regular supply of raw materials, the salt industry sector can minimize the risk of shortages and ensure the production process runs smoothly. Raw material inventory efficiency is also related to storage costs. Storage costs will be high if the supply of salt is large. On the other hand, if inventory is too low, the company may have to pay additional costs for emergency deliveries or run the risk of stock shortages. By taking into account the exact production needs and optimizing the supply of raw materials, the salt industry sector can reduce storage costs and improve operational efficiency. In some business situations, items held in inventory may deteriorate over time. In addition, the demand for these goods can vary exponentially, and there may be shortages of supplies at some times [4], [5]. Supply efficiency of salt raw materials is also related to the quality and reliability of supply. Unstable

or late supplies of salt raw materials can disrupt production and cause product delivery delays..

In order to improve the efficiency of the supply of raw materials for salt, the salt industry sector needs to pay attention to inventory management, effective production planning, and good cooperation with suppliers. The EOQ approach is a popular inventory management method for optimizing the size of orders that must be ordered in one procurement [6], [7]. By considering ordering costs, holding costs, and demand levels, EOQ tries to find the optimal balance between ordering costs and holding costs. The goal of the EOQ model is to find the optimal order size that optimizes the total cost of inventory. This model considers factors such as ordering costs, storage costs, and demand rate [8].

By optimizing the supply of salt raw materials using the EOQ approach, companies can reduce unnecessary ordering costs, excessive storage costs, and the risk of raw material shortages. This will overall improve operational efficiency and reduce costs associated with raw material inventory within the salt factory. This research is expected to provide practical benefits for the salt-making industry by improving raw material inventory management. By optimizing raw material inventory using the EOQ approach, the industry can reduce unnecessary storage costs, improve operational efficiency, and avoid the risk of raw material shortages. This can have a positive impact on company profits, customer satisfaction, and the overall competitiveness of the salt industry.

RESEARCH METHODS

The architecture of optimizing the supply of raw materials for making salt begins with identifying the required raw materials and collecting data. This research will use

historical data. This data will be used to calculate the optimal order size with the EOQ approach. Furthermore, the results of the EOQ analysis will be evaluated to improve the efficiency of raw material inventory at the salt factory. The architectural diagram can be observed in Figure 1.

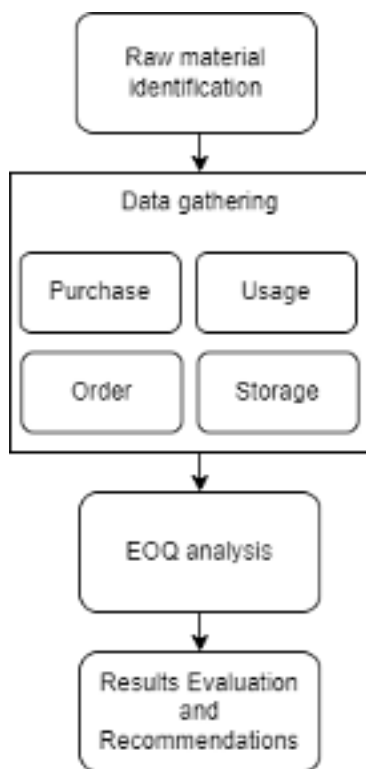


Figure 1 Architectural diagram.

Raw Material Identification

The first stage of this research method involves identifying the raw materials used in the salt-making industry on Madura Island. This includes NaCl, iodine, and packaging. Each raw material must be analyzed separately to determine its characteristics, demand, cost, and other relevant factors. Salt is an object in the form of crystals and is white in color with a collection of compounds, most of which include sodium chloride [9]. Salt is also very easy to absorb water, so it has hygroscopic characteristics, with a melting point at a temperature level of 80°C and a density level of 0.8 to 0.9 [10].

In general, salt can also mean a chemical substance that is useful for stabilizing clay soil. This salt structure (NaCl) consists of cations and anions, which are electrical components needed by the body. The second ingredient, iodine, is an important raw material in the manufacture of iodized salt. Iodized salt is used as a source of iodine in the human diet [11], [12]. Apart from the main raw materials, such as NaCl and iodine, the EOQ analysis also needs to consider the packaging used to package the salt. Packaging can be in the form of plastic bags, plastic containers, or other packaging materials. In the identification of raw materials above, it is important to consider the characteristics of each material, such as unit cost, historical demand, consumption rate and other relevant factors. By understanding and identifying the raw materials needed.

Data Gathering

In salt production, there are several data that affect the supply of raw materials. Some data that needs to be considered in managing raw material inventory in salt production includes customer demand, use of raw materials, purchase of raw materials, availability of raw materials, storage costs of raw materials, ordering costs of raw materials, quality of raw materials, and raw material prices. This study will use historical data on purchasing raw materials, usage of raw materials, ordering raw materials, and storage raw materials.

EOQ Approach

The EOQ (Economic Order Quantity) approach is a widely used inventory management method that aims to optimize the ordering and holding costs associated with maintaining inventory levels [13]–[15]. It provides a quantitative analysis to determine the optimal order quantity that minimizes total inventory costs. The following are the main requirements that need to be fulfilled when using the EOQ model:

- The Costs of holding inventory, such as those for storage, insurance, and taxes, fall under this category. By making sure that the proper amount of inventory is ordered per batch so that there isn't an excess of inventory on hand, the EOQ model aims to reduce these expenses.
- Shortage Costs: These are the expenses incurred as a result of inventory shortages, including missed revenue and disgruntled customers. The EOQ model makes sure that enough inventory is ordered to satisfy demand in an effort to reduce these expenses.
- Order costs: These are the expenses related to placing an order, such as shipping and administrative fees. By lowering the frequency of orders, the EOQ model aims to reduce these expenses.
- Demand Stability: The EOQ approach relies on the assumption that the demand for the product or raw material under consideration is steady and equitably distributed. This demonstrates that the demand does not change significantly over time.
- No Quantity Discounts: The EOQ approach is predicated on the idea that ordering raw materials does not qualify for a quantity discount. This means that regardless of the quantity of the order, the cost per unit is set and does not change.
- Consistent Lead Time: EOQ makes the assumption that the replenishment lead time is predictable and constant. Lead time is the amount of time between placing an order and the raw materials showing up at the production site.

In analyzing raw material inventory by applying the EOQ model, there are several stages of calculating the EOQ approach, purchase frequency, safety stock, ROP, and TIC (Figure 2).

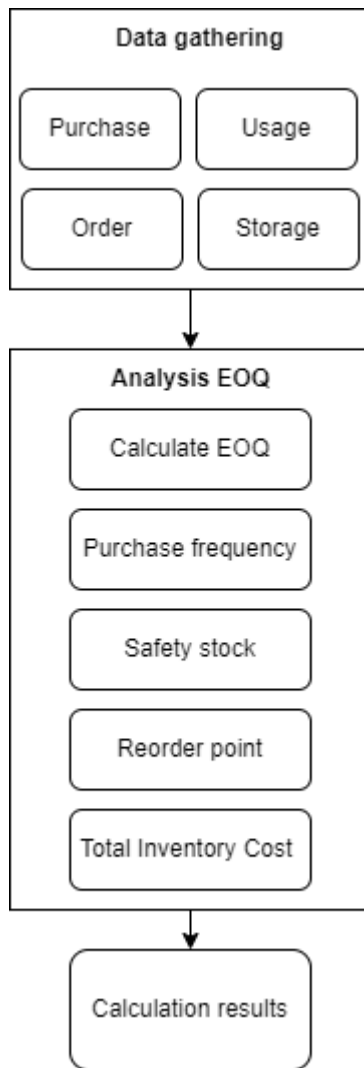


Figure 2 Data Gathering Process

The first stage, calculation of the optimal number of orders that must be purchased by the company to minimize inventory costs by using equation 1:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{H}} \quad (1)$$

Where D is the annual demand for the product, S is the setup cost per order, and H is the holding cost per unit on an annual basis. The formula assumes that demand, ordering, and holding costs remain constant over time. The EOQ model seeks to minimize holding costs, shortage costs, and order costs by ensuring that the right amount of inventory is ordered per batch so that there is not an excess of inventory sitting on hand. To calculate EOQ, businesses can use the formula and input the relevant variables, such as annual demand, setup cost per order, and holding cost per unit. It is important to note that determining EOQ can be challenging due to poor data and varying demand.

When an order arrives (lead time) and demand, and there is a delay from the original estimate, it can have a detrimental impact on the company. This could be either an excess or an out of stock. Thus, a way out to avoid these

delays must be made of a safety stock (equation 2)[15].

$$SS = (Maximum\ usage - Average\ inventory) - LeadTime \quad (2)$$

If the time for ordering and arrival of raw materials to the company varies, it is necessary to determine the optimal waiting time so that the company's risk can be reduced and does not interfere with the production process. The selection of the optimal waiting time is used by the company in determining the reordering of raw materials at the company. This inventory model assumes that order receipts will be received immediately if the company's inventory level is empty. And the time between ordering and receiving the order is called the lead time (waiting time) [10]. The formula used in calculating ROP is shown in equation 3:

$$ROP = (DD \times LT) + SS \quad (3)$$

Where ROP is Reorder Point, DD is the daily demand or daily consumption of raw materials (in units), and LT is the lead time (time from order to receipt). This is the time interval between placing an order and receiving it, and SS stands for Safety Stock. ROP is calculated by multiplying daily demand (D) by lead time (LT) and adding safety stock (SS). The daily demand is multiplied by the lead time to estimate the amount of inventory to be used during the lead time. Safety stock is added to accommodate uncertainties in requests or lead times..

Total Inventory Cost (TIC), namely the amount of inventory costs that must be issued in economic orders by applying the EOQ method [16skripsi]. The calculation of TIC results will be compared with conventional methods, if the TIC results using the EOQ method can minimize costs from the difference in the results of conventional calculations then the calculation is efficient. However, if applying the conventional method the result is smaller than the EOQ calculation, then the EOQ method is not needed because it is less efficient. The TIC equation is described in equation 4.

$$TC = \sqrt{2 \times D \times S \times h} \quad (4)$$

TC is total Inventory Cost, D is total item needed in unit, h is storage cost, and S is ordering cost per order. The calculation of TC in the company's conventional method is shown in equation 5.

$$TCC = (avarage\ usage \times C) + (P \times F) \quad (5)$$

where C is the storage cost, P is the total ordering cost and F is the number of weeks per month.

Result

As described earlier, the EOQ model step starts with calculating EOQ using raw material ordering cost data, raw material usage, and raw material storage costs. The second step is to calculate the Frequency of Purchases using data on raw material storage costs and the results of the EOQ calculation. The third step, Calculating Safety Stock



using data on maximum usage of raw materials, average raw materials, and lead time of raw materials. The fourth step is to calculate Reorder Point (ROP) using average lead time data, average demand, and the results of safety stock calculations. and the final step, calculating the total cost of inventory issued (TCC) by using data on the number of items needed in a unit, the cost of ordering each order, as well as storage costs.

The detailed data used in this study for the November period are shown in Tables 1–5. Table 1 is a table of the cost of purchasing Nacl, iodine, and Packaging raw materials. Table 2 explains the amount of Nacl, iodine, and Packaging raw materials used. Table 3 describes the cost of ordering raw materials, including telephone costs and transportation costs. Table 4 shows the cost of storing Nacl, iodine, and Packaging raw materials. Meanwhile, the total working hours are shown in Table 5.

Table I PURCHASE COST

November Period	Nacl (Kg)	Iodine (Kg)	Packaging (Roll)
1	17758,4	2421,6	322,8
2	13974,4	1905,6	254,1
3	12650	1725	230
4	11000	1500	200
5	11602,8	1582,2	210,9
Total	66985,6	9134,4	1217,9
Avarage	13.398	1.827	244

Table II Usage Amount

November Period	Nacl (Kg)	Iodine (Kg)	Packaging (Roll)
1	22500	2500	350
2	15000	2000	250
3	15000	2000	250
4	15000	1600	200
5	22500	1600	250

Total	90000	9700	1300
Avarage	18000	1940	260

Table III Ordering Cost

Fee Type	November Period
Telephone	Rp. 485.000,00
Transportation	Rp. 638.650,00
Total	Rp. 1.123.650,00
Fee Type	November Period

Table IV Storage Cost

Nacl (Kg)	Iodine (Kg)	Packaging (Roll)
Rp. 400,00	Rp. 2000,00	Rp. 20.000,00

Table V Total Work Load

No	Task	Machine	Time	Number of workers
1	Washing Nacl	1 Machine H1	07.00-04.00	40
2	Dry Nacl	1 Machine with 4 tubes	04.00-10.00	10
3	Spraying Iodine	Machine	10.00-04.00	10
4	Spraying Iodine	Machine	07.00-04.00	65

Table VI Calculation Test

Calculation	Nacl	Iodine	Packaging
EOQ	19.399 Kg	3.203,7	369,9
Purchase frequency	3,4 times	2,8 times	3,2 times
Safety stock	21.802	2.973	394
Reorder point	88.792	12.108	1.614
TC (EOQ)	7.759.812	6.407.454	7.398.630
TC (Conventional in company)	10.977.450	9.272.250	10.498.250

Table VII CALCULATIONS USING THE EOQ METHOD IN NOVEMBER–APRIL

Mon th	Type	Total usage (D)	Total cost (S)	Storage cost	Max. Usage	Average usage	Lead time	EOQ	Purchase frequency	SS	ROP	TC	TCC
Nov	Nacl	506835	16050000	400	32248	16895	5	201676,7432	2,513105834	76765	161240	80670697,28	87008000
	Iodine	69115	16050000	2000	4397	2304	4	33306,09179	2,075145906	8372	17588	66612183,57	68808000
	Pack	9214	16050000	20000	586	307	5	3845,57798	2,395998741	1395	2930	76911559,6	86390000
Des	Nacl	653312	16585000	400	34373	21075	6	232757,1644	2,395998741	79788	206238	93102865,78	107940000
	Iodine	89088	16585000	2000	4687	2874	5	38438,58062	2,317671427	9065	23435	76877161,24	88673000
	Pack	11877	16585000	20000	625	383	5	4438,243403	2,676058729	1210	3125	88764868,05	90585000
Jan	Nacl	827162	16585000	400	34725	26683	6	261901,5251	3,158293942	48252	208350	104760610	110183200
	Iodine	112798	16585000	2000	4735	3639	5	43252,22341	2,607912174	5480	23675	86504446,82	90203000
	Pack	15037	16585000	20000	631	485	6	4993,882708	3,011083936	876	3786	99877654,16	109210000
Feb	Nacl	880975	14980000	400	39609	31463	7	256875,5097	3,429579569	57022	277263	102750203,9	117445200
	Iodine	120135	14980000	2000	5401	4291	6	42421,9554	3,429579569	6660	32406	84843910,8	98462000
	Pack	16017	14980000	20000	720	572	6	4898,312567	3,26990158	888	4320	97966251,33	101320000
Mar	Nacl	1083142	16585000	400	36480	34940	7	299699,0997	3,26990158	10780	255360	119879639,9	130071000
	Iodine	147708	16585000	2000	4975	4765	6	49494,81973	2,984312314	1260	29850	98989639,46	109040000
	Pack	19694	16585000	20000	663	635	7	5715,11146	3,445952041	196	4641	114302229,2	128795000
Apr	Nacl	1097608	16050000	400	38636	36587	7	296787,8737	3,698291262	14343	270452	118715149,5	126984800
	Iodine	149677	16050000	2000	5269	4989	6	49013,4252	3,053795963	1680	31614	98026850,4	106278000
	Pack	19957	16050000	20000	702	665	7	5659,5923	3,053795963	259	4914	113191846	125650000

Month	Nacl	Iodine	Packaging
November	6337223,135	2195816,43	9478440,40
December	14837134,22	11795838,76	1820131,95
January	5422589,96	3698553,178	9332345,843
February	14694996,11	13618089,2	3353748,668
March	10191360,13	10050360,54	14492770,8
April	8269650,503	8251149,597	12458154

Based on Table 6, calculations using the EOQ method of purchasing efficient Nacl for 5 days amounted to 19,399 Kg, with a purchase frequency of 3.4 times the purchase, the costs spent were Rp. 7.759.812,00. The company must reorder (Reorder point) when the inventory level after 5 days reaches 88.792 Kg. The cost savings incurred by the company in the use of Nacl in the manufacture of salt amounted to Rp. 3.217.638,00. For the use of Iodine in the manufacture of salt, the efficient purchase of Iodine is 3.203.7 Kg, the purchase frequency is 2.8 times the purchase, and the costs spent are Rp. 6.407.454,00. The company must reorder (Reorder point) when the inventory level after 5 days reaches 12.108 Kg. The cost savings incurred by the company in the use of Iodine amounted to Rp. 2.864.796. Efficient purchase of packaging for 5 days of 369.9 Rolls, with a purchase frequency of 3.2 times the purchase, at a cost of Rp. 7.398.630,00. The company must re-order when the inventory level after 5 days reaches 1.614 Rolls. The cost savings incurred by the company in the use of packaging for the manufacture of salt amounted to Rp. 3.099.620,00.

CONCLUSION

Based on the results of calculations using the EOQ method, it can be stated that raw material inventory refers to the EOQ method, which is more optimal and efficient than the conventional methods used by companies. From the results of raw material optimization calculations, applying the EOQ method can save the amount of inventory costs spent on ordering as much as Rp. 2.251.461.643,00, whereas using the company policy of Rp. 2.610.570.400,00. the cost savings spent by the company applying the EOQ method when compared with the company's policy for 6 months is Rp. 359.108.756,00. Besides that, by determining safety stock and determining reorder points, the company can anticipate raw material shortages.

Thank-You Note

"Achmad Jauhari of the Information Technology, Faculty of technique, Trunojoyo Madura University (FT UTM), prepared this journal article based on the report "EOQ (Economic Order Quantity) Analysis for Improving Raw Material Inventory Efficiency in Salt Manufacturing". This work has been funded by UTM under the program of Research, and Community Service Grants 2023.

REFERENCES

- [1] P. Nugroho, A. Susandini, and D. Islam, "The development of fortified salt marketing model as a leading product of Madura Island," in

- Contemporary Research on Management and Business, CRC Press, 2022, pp. 24–27.
- [2] B. Haryadi, T. Suryanto, I. Mukhlis, and M. S. Anggraini, "Political Economy of Accounting Study on Profit, Selling Price, Cost of Goods, and Imports: Lessons of Salt Farmers in Indonesia," *Calitatea*, vol. 24, no. 193, pp. 351–359, 2023.
- [3] M. Z. Mahasin, Y. Rochwulaningsih, and S. T. Sulistiyono, "Coastal ecosystem as salt production centre in Indonesia," in *E3S Web of Conferences*, EDP Sciences, 2020, p. 07042.
- [4] R. P. Tripathi and A. K. Uniyal, "Economic order quantity model for deteriorating items with time-dependent demand rate under time varying shortages," *International Journal of Mathematics in Operational Research*, vol. 7, no. 6, pp. 706–719, 2015.
- [5] S. Singh, D. Khurana, and S. Tayal, "An economic order quantity model for deteriorating products having stock dependent demand with trade credit period and preservation technology," *Uncertain Supply Chain Management*, vol. 4, no. 1, pp. 29–42, 2016.
- [6] J. A. Muckstadt and A. Sapra, *Principles of inventory management: When you are down to four, order more*. Springer Science & Business Media, 2010.
- [7] D. Gallego-García, S. Gallego-García, and M. García-García, "An optimized system to reduce procurement risks and stock-outs: a simulation case study for a component manufacturer," *Applied Sciences*, vol. 11, no. 21, p. 10374, 2021.
- [8] A. Parasian, H. Rasyida Sakti, I. Karunia Novianti, and R. Nurcahyo, "Application of Economic Order Quantity (EOQ) for Make-To-Order (MTO) Business."
- [9] R. L. M. S. A. Wibowo, "Korespondensi THE INFLUENCE OF SODIUM CHLORIDE REPLACEMENT WITH POTASSIUM CHLORIDE AS A CURING AGENT ON THE QUALITY TANNED PUFFERFISH (*Arothron reOcularis*) SKIN".
- [10] J. L. Aparicio-Collado et al., "Electroactive calcium-alginate/polycaprolactone/reduced graphene oxide nanohybrid hydrogels for skeletal muscle tissue engineering," *Colloids Surf B Biointerfaces*, vol. 214, p. 112455, 2022.
- [11] R. Iacone et al., "Iodine Intake from food and iodized salt as related to dietary salt consumption in the Italian adult general population," *Nutrients*, vol. 13, no. 10, p. 3486, 2021.
- [12] M. B. Zimmermann and M. Andersson, "Global Endocrinology: Global perspectives in endocrinology: Coverage of iodized salt programs and iodine status in 2020," *Eur J Endocrinol*, vol. 185, no. 1, pp. R13–R21, 2021.
- [13] T. Islam, "Decision Making & Risk Assessment for Inventory Management of Consumer Goods from Economic Order Quantity Perspective".
- [14] N. A. Yudhanto and P. S. Hutaeruk, "Calculation of EOQ (Economic Order Quantity) In Optimizing the Inventory Level of Dacron at Mell Toys' Home Industry," in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 2020, p. 012036.
- [15] A. H. Sadeghi, E. A. Bani, A. Fallahi, and R. Handfield, "Grey Wolf Optimizer and Whale Optimization Algorithm for Stochastic Inventory Management of Reusable Products in a two-level Supply Chain," *IEEE Access*, 2023.



Analisis Kelayakan Spasial Kualitatif Terhadap Penetapan Kecamatan Batuan Sebagai Rencana Kawasan Kota Baru Kabupaten Sumenep

Deddy Satria Pinandita

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ andrew_sby@ukwms.ac.id

Kabupaten Sumenep sudah ada sejak lama, tetapi hingga di usianya yg ke 754 tahun ini Wilayah dan Pemerintahan Kabupaten Sumenep kecenderungan perkembangannya kecil padahal keberadaan suatu pusat pertumbuhan baru sangat dibutuhkan sebagai wujud eksistensi wilayah dan pemerintahan Kabupaten Sumenep, apalagi sekarang secara struktur ruang nasional Kabupaten Sumenep sudah menjadi Pusat Kegiatan Wilayah (PKW) dengan fungsi utama perkotaan. Seiring perkembangan yang terjadi di Kabupaten Sumenep, keberadaan kota yang selama ini berada di wilayah Kota Sumenep dianggap cukup padat dan memerlukan kawasan sebagai kota baru sebagai tindak lanjut dari pemerataan pembangunan sesuai kebijakan Kabupaten Sumenep yang sedang giat melakukan pembangunan di berbagai bidang.

Kata kunci: perkembangan, wilayah, spasial, kota

Pendahuluan

Wilayah dan Pemerintahan Kabupaten Sumenep memang sudah eksis sejak lama, tetapi sudah sejak lama pula Wilayah dan Pemerintahan Kabupaten Sumenep kecenderungan perkembangannya kecil padahal keberadaan suatu pusat pertumbuhan baru sangat dibutuhkan sebagai wujud eksistensi wilayah dan pemerintahan Kabupaten Sumenep, apalagi sekarang sudah menjadi Pusat Kegiatan Wilayah (PKW). Seiring perkembangan yang terjadi di Kabupaten Sumenep, keberadaan kota yang selama ini berada di wilayah Kota Sumenep dianggap cukup padat dan memerlukan kawasan sebagai kota baru sebagai tindak lanjut dari pemerataan pembangunan sesuai kebijakan Kabupaten Sumenep yang sedang giat melakukan pembangunan di berbagai bidang.

Metodologi

Sasaran yang ingin dicapai adalah :

1. Menyusun kajian terhadap aspek ruang, aspek potensi ekonomi, aspek ketersediaan sarana prasarana / potensi daerah, aspek sosial budaya, aspek sosial politik, dan aspek kependudukan, yang terkait usulan perencanaan kota baru Kabupaten Sumenep di Batuan
2. Melakukan review terhadap rencana tata ruang guna mendukung penetapan sebagai kota baru Kabupaten Sumenep
3. Menyusun kajian penetapan alternatif lokasi kawasan pusat pemerintahan Kabupaten Sumenep di Batuan

Metode yang digunakan adalah :

1. Pengumpulan Data Primer, berupa pengamatan secara langsung. sehingga potensi- potensi dan permasalahan tersebut benar-benar diidentifikasi dengan baik.
2. Pengumpulan Data Sekunder, meliputi:
 - a. Data sekunder yang terkait dengan substansi studi antara lain data mengenai :
 - Kondisi dan karakteristik wilayah.
 - Kondisi dan karakteristik sosial, ekonomi dan demografi/ kependudukan.

- Kondisi dan karakteristik fasilitas, sarana dan prasarana.
 - Kondisi dan karakteristik sistem transportasi.
 - Kondisi dan karakteristik sistem jaringan utilitas
 - Potensi dan permasalahan kawasan, terutama pemanfaatan lahan dan perencanaan
- b. Review terhadap berbagai dokumen yang terkait dengan substansi studi dengan tujuan untuk memperoleh acuan dan sebagai pendukung perencanaan kota baru Kabupaten Sumenep. Dokumen yang *di review* adalah :
- RTRW Nasional
 - RTRW Provinsi Jawa Timur
 - RTRW Kabupaten Sumenep
 - RPJMD Kabupaten Sumenep
 - Dokumen sektoral lainnya yang terkait

3. Perumusan Justifikasi Kelayakan Spasial
Pokok-pokok pekerjaan pada langkah kegiatan analisis kelayakan spasial adalah justifikasi kelayakan dengan menggunakan pembobotan terhadap kesiapan Perkotaan Batuan dari sisi lokasi yang memenuhi kriteria “median” dari semua wilayah kecamatan di Kabupaten Sumenep. Analisis kelayakan spasial ini dilakukan dengan penilaian lokasi. Adapun kriteria-kriteria yang digunakan untuk pemilihan alternatif lokasi Perencanaan kota baru Kabupaten Sumenep antara lain :

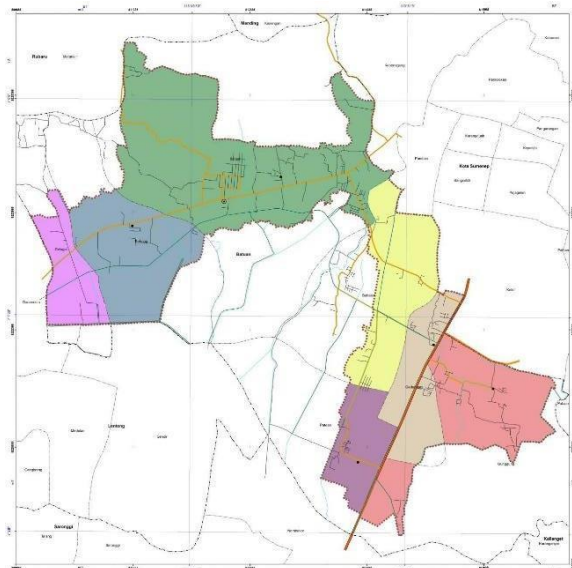
- Penggunaan lahan dan kelayakan lahan
- Kependudukan
- Kelengkapan dan jumlah sarana kota,
- Kelengkapan, jenis, dan layanan prasarana kota
- Aksesibilitas
- Perkembangan ekonomi

Hasil Kerja

Analisis Kondisi Dan Karakteristik Wilayah

Wilayah administrasi Kecamatan Batuan dapat dilihat pada Peta Administrasi Kecamatan Batuan.

Peta 1 Adminstrasi Kecamatan Batuan

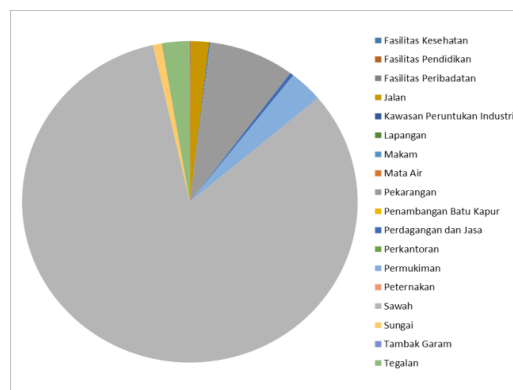


Luas wilayah Kecamatan Batuan kurang lebih 1.290,85 Hektar sesuai hasil delineasi wilayah. Delineasi wilayah di Kecamatan B atuan didasarkan pada Lingkup Wilayah RDTR BWP Batuan, Kecenderungan Perkembangan, Aksesibilitas serta tidak memasukkan Jaringan Irigasi Kewenangan Provinsi di Kecamatan Batuan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1 Luas Wilayah Per Desa Kecamatan Batuan

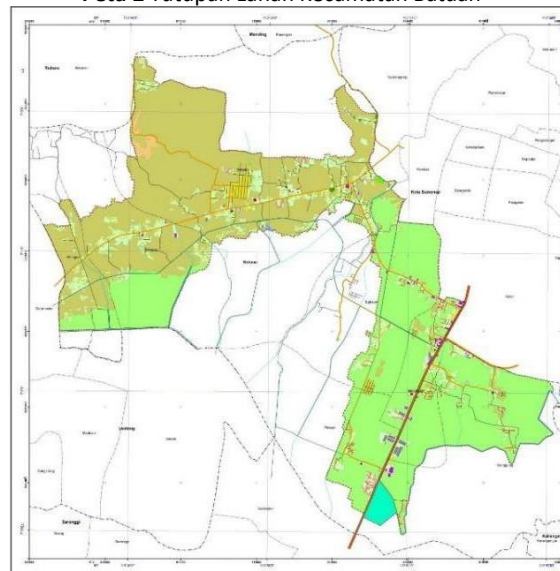
No	Desa/Kelurahan	Luas (Ha)
1	Gunggung	199,27
2	Gelugur	83,89
3	Torbang	186,11
4	Batuan	448,47
5	Patean	88,74
6	Babalan	169,68
7	Gedungan	114,69
Total		1.290,85

Secara eksisting, lokasi Kecamatan Batuan merupakan daerah dataran rendah. Pada Tabel 2 dijabarkan data luas wilayah menurut desa berdasarkan tutupan lahan. Persebaran penggunaan lahan dapat dilihat pada Peta 2.



Gambar 1 Diagram Luas Wilayah menurut Desa berdasarkan Tutupan Lahannya

Peta 2 Tutupan Lahan Kecamatan Batuan



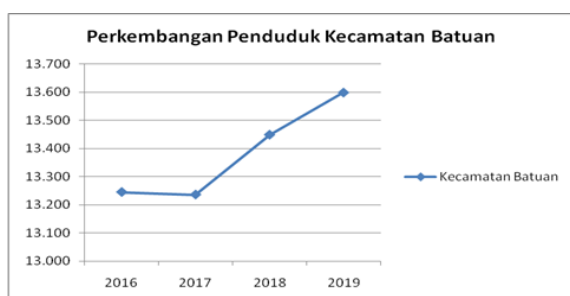
Data kependudukan juga memiliki peran yang penting dalam pembangunan, karena penduduk merupakan subyek dalam perencanaan, sehingga dengan adanya data kependudukan akan memperlancar perencanaan pembangunan. Sebagai contoh, dalam memperlancar perencanaan pembangunan fasilitas umum maka diperlukan data atau informasi tentang jumlah penduduk yang terdampak. Adapun data kependudukan yang dikompilasi di bawah ini adalah jumlah penduduk, kepadatan penduduk, struktur penduduk berdasarkan jenis kelamin, struktur penduduk berdasarkan pendidikan dan struktur penduduk berdasarkan agama

a. Jumlah dan Perkembangan Penduduk

Jumlah dan pertumbuhan penduduk di suatu wilayah tentu sangat diperlukan untuk merancang pembangunan. Bertambahnya jumlah penduduk berakibat pada menjadi semakin sempitnya kesempatan memperoleh pekerjaan jika tidak dibarengi dengan perluasan lapangan pekerjaan. Berikut adalah tabel jumlah penduduk di Kecamatan Batuan tahun 2015-2019.

Tabel 2 Jumlah dan Perkembangan Penduduk

No	Desa	Jumlah Penduduk			
		2016	2017	2018	2019
1	Patean	900	890	875	887
2	Babalan	1.498	1.702	1.696	1.719
3	Gedungan	1.426	1.477	1.493	1.537
4	Gunggung	1.665	1.674	1.654	1.678
5	Batuan	4.331	4.766	4.805	4.845
6	Torbang	1.828	1.844	1.829	1.890
7	Gelugur	892	892	884	893
Jumlah		13.245	12.540	13.245	13.236



Gambar 2 Perkembangan Penduduk di Kecamatan Batuan

Berdasarkan grafik di atas diketahui bahwa secara total di Kecamatan Batuan setiap tahunnya mengalami kenaikan jumlah penduduk kecuali pada tahun 2016-2017. Kenaikan tahun 2016-2017 mengalami penurunan namun tidak signifikan yaitu sebesar -0,06 %, di tahun 2017-2018 mengalami penurunan kenaikan sebesar 1,60 % dan di tahun 2018-2019 meingkat lagi sebesar 1,11%.

Jika dilihat jumlah penduduk per Desa, diketahui bahwa Desa Batuan memiliki jumlah penduduk yang paling banyak dibandingkan desa lainnya. Namun jika dilihat dari pertumbuhan selama 4 tahun terakhir, Desa Babalan memiliki pertumbuhan penduduk paling tinggi diantara yang lainnya yakni sebesar 14,75%. Tak hanya Desa Babalan, pertumbuhan juga terjadi di pertumbuhan di Desa Batuan sebesar 11,87%, Desa Gedungan sebesar 37,78%, Desa Torbang sebesar 3,39%, Desa Gunggung sebesar 0,78%, Desa Gelugur sebesar 0,11% dan terakhir Desa Patean yang memiliki pengurangan penduduk sebesar -1,44%.

b. Kepadatan Penduduk

Kepadatan penduduk merupakan indikator awal untuk mendeteksi tingkat perkembangan wilayah beserta tingkat distribusi permukiman pada penataan wilayah. Wilayah yang memiliki kepadatan yang tinggi umumnya adalah pusat permukiman, pusat peradaban, dan pusat aktivitas sosial ekonomi (pusat pertumbuhan). Kepadatan penduduk diketahui melalui perbandingan jumlah penduduk dengan luas wilayahnya. Berdasarkan data BPS tahun 2019, Kecamatan Batuan sendiri memiliki kepadatan sebesar 496 jiwa/km².

Tabel 3 Kepadatan Penduduk Kecamatan Batuan

No	Desa	Kepadatan Penduduk				Keterangan
		2016	2017	2018	2019	
1	Patean	308	303	307	315	Rendah
2	Babalan	544	542	549	565	Tinggi
3	Gedungan	1.211	1.224	1.260	1274	Tinggi
4	Gunggung	327	323	328	334	Rendah
5	Batuan	502	506	511	509	Tinggi
6	Torbang	567	563	582	587	Tinggi
7	Gelugur	444	440	444	452	Rendah

Berdasarkan tabel dan grafik diatas diketahui bahwa Desa yang tergolong dalam kepadatan tinggi yaitu Desa Gedungan, Torbang, dan Batuan. Sedangkan desa yang memiliki kepadatan rendah adalah Desa Patean, Gunggung, dan Gelugur.

Analisis Kelayakan Spasial dan Regulasi Kewilayahan

Beberapa Potensi dari aspek spasial dan regulasi kewilayah yang menjadi penilaian dalam penetapan Kecamatan Batuan sebagai Kawasan Pengembangan Kota Baru adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan RTRW Nasional dalam struktur ruang, Kota Sumenep ditetapkan sebagai Pusat Kegiatan Wilayah (PKW) bersama Kecamatan Kalianget dan Kecamatan Batuan. Sebagai Pusat Kegiatan Wilayah (PKW) maka fungsi utama adalah sebagai kawasan perkotaan.
2. Berdasarkan RTRW Propinsi Jawa Timur, Kecamatan Batuan masuk dalam kawasan strategis ekonomi Kabupaten Sumenep dengan fungsi wilayah sebagai penunjang pusat Kabupaten Sumenep.
3. Berdasarkan RTRW Kabupaten Sumenep, Kecamatan Kota, Kecamatan Batuan dan Kecamatan Kalianget menjadi pusat pertumbuhan, pusat pemerintahan skala Kabupaten Sumenep.
4. Merupakan Kecamatan sebagai pintu gerbang menuju Kota Sumenep yang dilalui Jalan Nasional
5. Terdapat wisata Taman Tectona dan Taman Wisata Tirta Sumekar Indah
6. Terdapat banyak beberapa lapangan yang potensi untuk dijadikan ruang terbuka publik dan wisata
7. Terdapat Terminal Batuan yang potensial untuk ditata
8. Terdapat hutan, lahan kosong dan jalur yang bisa dikembangkan untuk RTH
9. Telah banyak berkembang perumahan khususnya perumahan developer

10. Terdapat Fasilitas Pendidikan Tinggi Skala Kabupaten yaitu Universitas Wiraraja dan STKIP PGRI
11. Telah Terdapat beberapa Hotel disekitar Jalan Utama
12. Terdapat fasilitas Rumah Sakit Internasional yang sedang dalam proses pembangunan
13. Terdapat banyak lahan kosong yang bisa dikembangkan untuk pembangunan fasilitas penunjang seperti fasilitas umum, sosial, perkantoran.

Rencana Pengembangan Kecamatan Batuan

A. PEMBAGIAN BLOK KOTA BARU KECAMATAN BATUAN

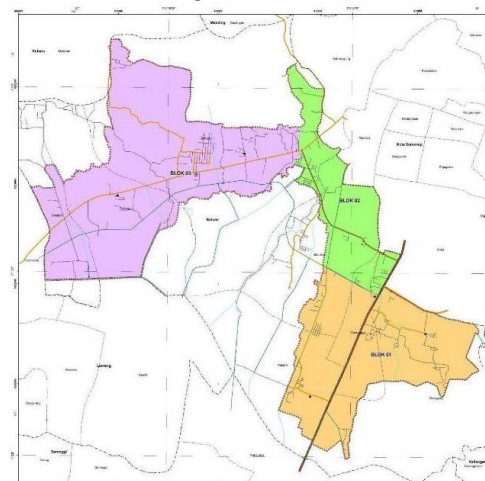
Konsep pembagian kawasan pengembangan di Kota Baru Batuan dimaksudkan untuk mendistribusikan pusat-pusat pertumbuhan dan mempermudah pengendalian pengembangan kawasan untuk menjadikan Kota Baru yang layak huni dan berkelanjutan. Pembagian kawasan pengembangan dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa kriteria sebagai berikut :

1. Wilayah Administrasi
 2. Kondisi geografis dan kondisi eksisting penggunaan lahan
 3. Kebutuhan pembangunan dalam kawasan
 4. Rencana struktur, pola ruang dan fungsi kegiatan
- Selain itu, terkait dengan kebutuhan pengembangan pembangunan di Kota Baru Batuan, pembagian kawasan pengembangan ini juga dimaksudkan untuk memudahkan pentahapan pengembangan Kota Baru Batuan dengan mengalokasikan dan mengkonsentrasikan pembangunan pada bagian kawasan tertentu. Hal ini dimaksudkan untuk pemerataan pembangunan di seluruh kawasan Kota Baru Batuan yang mencapai luas lebih dari 1.290,84 Ha. Pembagian pusat-pusat pertumbuhan Kota Baru Batuan menjadikan kawasan ini terbagi menjadi 3 wilayah pengembangan utama. Selanjutnya wilayah pengembangan yang ada di Kota Baru Batuan, dibagi lagi ke dalam kawasan-kawasan pengembangan untuk mendistribusikan pembangunan dan pentahapan pembangunan. Pembagian kawasan pengembangan tersebut pada dasarnya dilakukan dengan memperhatikan luas wilayah dan pola ruang yang direncanakan pada wilayah tersebut.

B. PENETAPAN PRIORITAS KOTA BARU

Seperti yang telah dijelaskan diatas Kota Baru Batuan dibagi dalam 3 Blok. Kawasan yang ditekankan menjadi prioritas utama pengembangan Kota Baru Batuan adalah Blok 3, dikarenakan terdapat wilayah-wilayah desa dan rencana jalan yang akan menjadi *trigger* bagi Kota Baru Batuan secara keseluruhan. Berdasarkan perhitungan, maka diketahui bahwa prioritas kota baru terletak pada Blok 3.

Peta 3 Pembagian Blok Kota Baru Batuan



C. RENCANA STRUKTUR PELAYANAN KEGIATAN

Rencana struktur pusat pelayanan kegiatan dimaksudkan untuk memperjelas hirarki kota baru. Dalam realitanya, pengembangan sistem pusat pelayanan akan mempermudah masyarakat kota untuk mendapatkan pelayanan sarana dan prasarana perkotaan. Pembagian sistem pusat pelayanan dilakukan atas dasar pertimbangan sebagai berikut :

- 1) Fungsi Kota Kecamatan Batuan sebagai pusat pemerintahan kabupaten, pusat perdagangan dan jasa, pusat pelayanan pendidikan dan kesehatan.
- 2) Penetapan Perkotaan Batuan sebagai Pusat Kegiatan Wilayah (PKW)
- 3) Jangkauan pelayanan secara fungsional
- 4) Aksesibilitas antar kawasan dan antar wilayah
- 5) Kelengkapan dan pemusatan sarana dan prasarana
- 6) Efisiensi pemanfaatan lahan

Dalam pengembangan ke depannya, Kota Baru Batuan direncanakan dalam 3 blok, dimana masing-masing blok terdapat pusat pelayanan kegiatan yaitu :

1. Pusat Pelayanan Blok 1
Pusat pelayanan blok 1 terdapat pada koridor sekitar PT Gudang Garam. Pada blok ini terdapat pengembangan perdagangan dan jasa yang secara eksisting juga telah berkembang pada blok ini antara lain: hotel, toko, ruko dan lainnya. Selain itu, di blok ini juga pengembangan fasilitas Pendidikan skala Kabupaten yaitu Universitas Wiraraja.
2. Pusat Pelayanan Blok 2
Pusat pelayanan berada pada sekitar pertigaan jalan lingkaran timur. Blok terdapat beberapa pengembangan yaitu Perumahan baik perumahan developer maupun permukiman kampung pada lokasi-lokasi di sekitar akses jalan utama maupun jalan lingkungan, selain itu untuk mempermudah aksesibilitas maka diarahkan pengembangan jalan baru pada lokasi yang direncanakan sebagai perumahan.
3. Pusat Pelayanan Blok 3
Pusat pelayanan kota berada pada lokasi *civic center*. Pada blok ini diarahkan pengembangan *civic centre* atau pusat pemerintahan sebagai upaya memaksimalkan pelayanan publik di



Kabupaten Sumenep dengan didukung pengembangan Gedung pertemuan/*convention hall*. Kemudian pada Blok ini juga mengembangkan perumahan dengan penyediaan akses baru serta perdagangan dan jasa khususnya mendukung pusat pemerintahan baik itu perumahan dinas maupun perumahan non dinas dan juga pengembangan pariwisata baik wisata alam maupun wisata budaya. Untuk mengatasi permasalahan banyaknya kendaraan bongkar muat barang di pinggir jalan lingkar, maka diperlukan rencana lokasi terminal barang/cargo yang tidak hanya melayani Kecamatan Batuan saja melainkan melayani bongkar muat barang skala Kabupaten.

D. RENCANA POLA RUANG MAKRO

Rencana pola ruang di Kota Baru merupakan representatif alokasi ruang secara keseluruhan. Untuk lebih detail terkait luas arahan pengembangan keseluruhan yang ada di wilayah perencanaan Kota Baru Batuan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Kesimpulan

Dari beberapa kajian yang telah dilakukan diperoleh hasil sebagai berikut :

a. Aspek Kewilayahan

Dalam aspek kewilayahan ini menjadi pendukung positif untuk menetapkan Kecamatan Batuan sebagai rencana pengembangan kota baru. Aspek ini meliputi kondisi geografis, pemanfaatan fungsi lahan, kondisi sosial budaya, serta ekstensi sarana dan prasarana penunjang kota yang memadai.

b. Aspek Kependudukan

Dalam aspek kependudukan ini menjadi penentu arah dan upaya untuk mengembangkan suatu wilayah. Melalui jumlah pertumbuhan penduduk, kepadatan penduduk Kecamatan Batuan diperoleh hasil perlunya upaya pengembangan wilayah melalui penambahan jumlah fasilitas penunjang, baik itu perumahan, perdagangan dan jasa maupun fasilitas sosial lainnya.

c. Aspek Regulasi

Dari aspek regulasi menjadi kekuatan utama untuk mengarahkan perkembangan wilayah ke arah Kecamatan Batuan. Sebagaimana dalam RTRW Nasional menetapkan Ibu Kota Sumenep (Kecamatan Kota, Kecamatan Kalianget dan Kecamatan Batuan) sebagai Pusat Kegiatan Wilayah (PKW) dimana fungsi utamanya adalah kawasan perkotaan.

RTRW Provinsi Jawa Timur mengamankan Kecamatan Batuan menjadi salah satu kawasan strategis ekonomi. Demikian juga dengan RTRW Kabupaten Sumenep sendiri, mengamankan pembangunan beberapa jalan lingkar di wilayah Kecamatan Batuan.

Dari beberapa aspek tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa Kecamatan Batuan paling layak dijadikan wilayah sebagai pengembangan kota baru di Kabupaten Sumenep.

2. Dra. Ir. Adriana Anteng Anggorowati, M.Si., IPU
3. Ir. Andrew Joewono, ST., MT., IPU., ASEAN Eng
4. Ir. Lusya Permata Sari Hartanti, ST., M.Eng., CIOMP.,
5. Rekan-Rekan Persatuan Insinyur Indonesia (PII) Wilayah Sumenep.

Serta kepada semua pihak yang berperan penting yang membantu dalam proyek penulis.

Referensi

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2017 Tentang Perubahan Atas Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2008 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional. 2017. Jakarta : Pemerintah Republik Indonesia.

Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur Nomor 5 Tahun 2012 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Jawa Timur 2011-2031. 2012. Surabaya : Pemerintah Provinsi Jawa Timur.

Peraturan Daerah Kabupaten Sumenep Nomor 12 Tahun 2013 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sumenep 2013-2033. 2013. Sumenep : Pemerintah Kabupaten Sumenep

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada :

1. Dr. Ir. Ivan Gunawan, ST., M.MT., CSCM., IPM., ASEAN Eng. selaku Ketua Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya



Peran Encoder Sebagai Pembaca Pulsa pada Mesin Las Gentong Molen

Ivan Phangliady

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ ivanphang@yahoo.com

Laporan yang berjudul “Encoder sebagai Pembaca Pulsa pada Mesin Las Gentong Molen di PT. Bangun Graha Putra Jaya” yang membahas seputar aktivitas yang dikerjakan selama berada di PT. Bangun Graha Putra Jaya. Kegiatan ini berlangsung dari tanggal 27 Juni 2022-30 Juli 2022. Metode pelaksanaan pembelajaran selama kerja praktek berlangsung melalui studi teoritis, pengenalan dunia kerja dan studi lapangan, diskusi, dan mengerjakan tugas yang diberikan oleh pihak perusahaan. Tujuan dari dijalankannya program kerja praktek ini adalah untuk memperoleh pengalaman seputar dunia kerja serta untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan di Jurusan Teknik Elektro Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Selama program ini berlangsung, pihak pembimbing perusahaan memberikan pengetahuan mengenai cara kerja dari mesin las gentong molen dan menjelaskan secara garis besar cara kerja encoder pada mesin tersebut. Selain encoder, penulis juga diajarkan tentang fungsi dari komponen-komponen lain yang ada pada mesin tersebut.

Kata kunci: encoder, sensor, mesin las gentong molen

Pendahuluan

Penelitian ini berakar dari pengalaman kerja praktek yang dilakukan oleh peneliti di PT. Bangun Graha Putra Jaya, sebagai bagian dari pemenuhan persyaratan kelulusan di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Tujuan utama kerja praktek ini adalah untuk memperluas pengetahuan dan keterampilan teknik elektro peneliti melalui eksplorasi dan penelitian alat-alat di lingkungan industri.

Dalam mata kuliah kerja praktek, peneliti secara intensif meneliti berbagai perangkat dan sistem yang digunakan di pabrik. Fokus utama penelitian ini adalah pengaplikasian pengetahuan teknik elektro dalam lingkungan industri, khususnya pada mesin las gentong molen di PT. Bangun Graha Putra Jaya. Kegiatan ini bukan hanya merupakan bagian dari kurikulum, tetapi juga sebuah bentuk kegiatan keinsinyuran yang menggabungkan teori dengan praktik.

Mesin las gentong molen di industri konstruksi merupakan komponen kritis dalam proses produksi. Untuk memahami dan meningkatkan operasional mesin tersebut, peneliti fokus pada pemahaman fungsi encoder. Encoder, sebagai perangkat penting dalam kendali motor, memiliki peran sentral dalam menentukan presisi dan efisiensi mesin. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengungkapkan secara mendalam bagaimana encoder beroperasi dan berinteraksi dengan mesin las gentong molen.

Penelitian ini bertujuan untuk memahami cara kerja encoder pada mesin las gentong molen di PT. Bangun Graha Putra Jaya. Melalui pemahaman ini, peneliti berharap dapat mengembangkan alat atau sistem yang tidak hanya menduplikasi implementasi yang ada, tetapi juga menyederhanakannya agar lebih efisien dan praktis dalam konteks aplikasi industri.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan teknologi industri.

Pemahaman yang lebih baik tentang fungsi encoder pada mesin las gentong molen dapat membuka pintu bagi inovasi dan perbaikan dalam desain sistem kendali. Dengan demikian, penelitian ini dapat menjadi landasan untuk menciptakan solusi yang lebih efektif dan efisien dalam penggunaan encoder di industri konstruksi.

Melalui artikel ini, peneliti berharap dapat menyajikan temuan dan wawasan yang bermanfaat bagi pembaca, sekaligus menciptakan kontribusi berarti dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang teknik elektro industri.

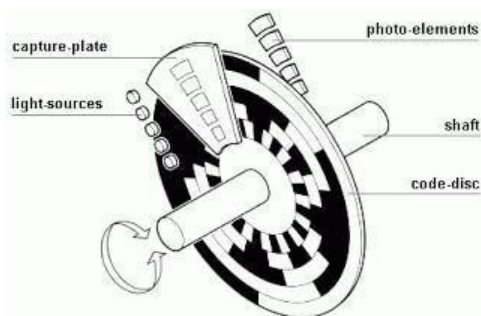
Metode

Metode yang digunakan adalah dengan terjun langsung ke lapangan dan melakukan wawancara dengan pihak perusahaan dan juga user. Lalu hasil dari wawancara tersebut disimpulkan dan dituangkan ke dalam artikel.

Hasil Kerja

Encoder adalah pembaca pulsa

Encoder merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk mengubah gerakan berputar menjadi sinyal input. Encoder menggunakan sumber cahaya untuk pengoperasiannya. Prinsip kerjanya adalah membaca cahaya yang lewat sehingga menghasilkan pulsa. Ketika terdapat cahaya yang melewati photodiode, maka akan menghasilkan pulsa berbentuk kotak. Namun ketika cahaya yang melewati photodiode terhalang oleh lempengan dalam encoder, diode tersebut tidak akan menghasilkan pulsa; output yang dihasilkan berbentuk garis lurus.



Pada umumnya, produksi mesin molen dilakukan secara manual dengan menggunakan perkakas seperti mesin las listrik dan gerinda. Namun, cara itu kurang efektif dikarenakan banyaknya keterbatasan dalam proses pembuatannya, salah satunya waktu dan tenaga. Untuk mengatasi masalah ini, diciptakanlah sebuah mesin yang dapat mengelas mesin molen secara otomatis. Untuk dapat mencapai hal itu, dibutuhkan alat bernama encoder. Encoder berfungsi sebagai pembaca pulsa yang dapat memberikan sinyal pulsa ke counter/timer agar dapat menunjang otomatisasi. Tanpa adanya encoder, otomatisasi alat ini tidak akan tercapai karena tidak adanya sensor yang dapat membaca putaran dari motor tersebut. Encoder akan membaca putaran yang dihasilkan dari motor yang sudah terhubung dengan roda gigi dan berperan sebagai pembaca pulsa pada counter/timer. Putaran yang sudah terbaca tersebut dihitung agar saat mesin telah selesai untuk mengelas, mesin dapat dimatikan secara otomatis. Tanpa adanya encoder, counter/timer tidak dapat membaca putaran pada motor. Mesin akan tetap berjalan namun akan terus berjalan karena arus listrik masih bergerak sepanjang rangkaian pada mesin. Dengan adanya encoder, counter/timer dapat membaca putaran tersebut dan akan mematikan saklar pada counter/timer serta memutuskan aliran listrik yang membuat mesin mati secara otomatis.

Setelah mempelajari prinsip kerja encoder, penulis menemukan implementasi prinsip kerja encoder pada mesin las gentong molen yang terdapat di PT. Bangun Graha Putra Jaya. Mesin tersebut dirancang oleh ketua divisi R&D, Eko Harry, bersama divisinya. Pada mesin tersebut terdapat beberapa komponen lain seperti relay, timer, counter timer, dan juga terdapat penggunaan prinsip hidrolis yang dirancang oleh salah satu anggota divisi R&D, Ferdi Diyanto. Dengan begitu, kerja mesin las gentong molen dapat terbantu lewat bidang kelistrikan dan prinsip hidrolis. Pada implementasinya, encoder berfungsi untuk membaca putaran yang dihasilkan dari motor induksi 3 fasa. Ketika motor tersebut bergerak, encoder akan menghitung putarannya dan mengubah putaran tersebut menjadi pulsa dengan membaca cahaya yang melewati photodiode. Penggunaan encoder di mesin las gentong molen tidak lepas dari counter/timer (CT) yang parameternya dapat diatur. Parameter yang akan digunakan adalah counter yang akan

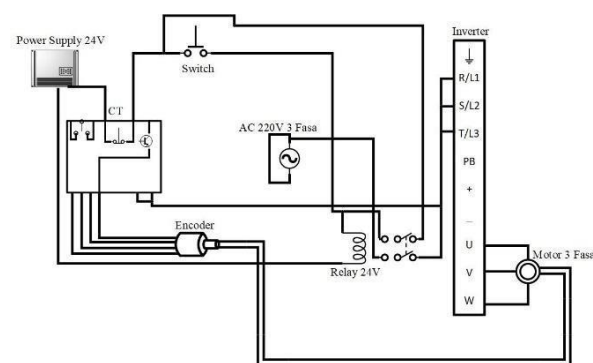
menghitung jumlah pulsa yang dihasilkan encoder tersebut dan menghentikan motor jika angka yang diatur di counter sudah tercapai. Sebagai contoh, pada mesin las gentong molen yang terdapat di PT. Bangun Graha Putra Jaya, terdapat counter/timer yang diatur 20.000 putaran. Ketika putaran sudah tercapai, maka counter/timer akan langsung memutuskan listrik pada relay dan mematikan motor.

Encoder dapat menjadi perangkat yang meningkatkan otomatisasi

Encoder meningkatkan otomatisasi dan memicu adanya otomatisasi karena encoder membaca gerakan dan mengubahnya menjadi bentuk sinyal yang akan memberikan perintah komunikasi dengan counter/timer. Counter timer ini dapat menjadi pemicu terjadinya kontrol. Indikator akan diatur terlebih dahulu oleh counter-timer. Ketika counter sudah diatur, counter akan menghitung putaran yang sudah dikonversi oleh encoder dan ketika sudah pada batasnya counter timer, akan terjadi kontak. Encoder biasanya digunakan di pabrik untuk mengontrol sebuah mesin.

Rangkaian Sederhana

Hasil dari kerja praktek adalah membuat rangkaian sederhana dari implementasi encoder agar dapat menjelaskan bagaimana cara kerja dari encoder. Berikut rangkaian hasil perancangan.



Gambar 1 Diagram Skematik

Sebelumnya, pada perancangan ini menggunakan inverter. Terdapat juga komponen lain seperti relay, power supply dan juga motor 3-fasa, rangkaian ini bertujuan untuk menggerakkan motor 3-fasa dan dapat menjadi contoh pengimplementasian encoder.

Dari hasil perancangan diagram skematik, power supply akan memberikan suplai daya menuju CT dan akan diteruskan ke relay 24V. Terdapat dua sumber yang akan diteruskan oleh saklar pada relay, yaitu tegangan listrik AC dan DC. Tegangan listrik DC diteruskan menuju input pada saklar dan tegangan listrik AC akan diteruskan menuju Inverter dan juga CT. Inverter akan memberikan suplai daya ke motor dan akan menggerakkan motor yang sudah terhubung langsung dengan encoder dengan media kamprat. Encoder akan menghitung pulsa yang dihasilkan dari putaran kamprat tersebut dan akan memberikan sinyal pulsa terhadap CT. Ketika sinyal pulsa yang diterima CT



sudah sesuai dengan angka parameternya, CT akan memutuskan kontak antara switch dan power supply.

Kesimpulan

Program Kerja Praktek merupakan inisiatif yang sangat bernilai dari Fakultas Teknik, bertujuan untuk meningkatkan kualitas mahasiswa melalui penerapan pengetahuan dalam konteks pekerjaan lapangan. Penulis telah berpartisipasi aktif dalam program ini di PT. Bangun Graha Putra Jaya, mulai dari tanggal 27 Juni 2022 hingga 30 Juli 2022, yang telah memberikan pengalaman berharga dalam dunia industri, khususnya dalam pembuatan mesin.

Selama pelaksanaan Kerja Praktek, penulis berhasil terlibat dalam proses perancangan rangkaian, dengan fokus pada implementasi encoder dan Counter/Timer (CT). Keberhasilan ini memberikan wawasan yang mendalam mengenai bagaimana teknologi elektro diaplikasikan dalam situasi dunia nyata, khususnya dalam konteks pembuatan mesin di PT. Bangun Graha Putra Jaya.

Pengalaman ini tidak hanya mencakup aspek teknis tetapi juga memperkaya pemahaman penulis terhadap dinamika dunia kerja. Penulis belajar bagaimana berkolaborasi dalam tim, menghadapi tantangan teknis, dan mengembangkan keterampilan interpersonal. Selain itu, keterlibatan dalam merancang rangkaian dengan encoder dan CT memberikan pemahaman mendalam mengenai peran kritis teknologi elektro dalam pengembangan mesin industri.

Secara spesifik, penulis mendapatkan wawasan mendalam tentang penggunaan encoder dalam mengontrol mesin, menjadikannya elemen penting dalam proses otomatisasi industri. Keterlibatan dalam pembuatan mesin di PT. Bangun Graha Putra Jaya juga memberikan pemahaman praktis tentang penerapan komponen elektro dalam industri manufaktur.

Kesempatan ini tidak hanya memberikan pengalaman kerja lapangan, tetapi juga membuka peluang untuk mengembangkan diri sebagai mahasiswa teknik elektro. Penulis dapat mengaitkan teori akademis dengan praktik lapangan, meningkatkan keterampilan teknis, dan mendapatkan wawasan berharga tentang tuntutan dunia industri.

Secara keseluruhan, Kerja Praktek di PT. Bangun Graha Putra Jaya telah menjadi langkah berarti dalam perjalanan pendidikan penulis. Pengalaman ini memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan profesional dan pribadi penulis, menetapkan dasar yang kuat untuk menghadapi tantangan di masa depan dalam dunia teknik elektro.

Ucapan Terima Kasih

Seiring selesainya proyek ini, rasa terima kasih yang mendalam ingin penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah berperan penting dan memberikan dukungan dalam perjalanan penelitian ini. Setiap langkah penulis menjadi berarti berkat kerja sama, dorongan, dan kontribusi yang tak ternilai dari banyak pihak.

1. Kepada PT. Bangun Graha Putra Jaya:

Terima kasih kepada tim di PT. Bangun Graha Putra Jaya atas kesempatan berharga untuk terlibat dalam proyek dan membantu penulis mendapatkan wawasan langsung dalam dunia industri. Kerjasama yang solid dan bimbingan yang diberikan selama Kerja Praktek telah melengkapi pengetahuan akademis dengan pengalaman praktis yang sangat berharga.

2. Kepada Tim Pembimbing Proyek:

Terima kasih kepada tim pembimbing proyek di PT. Bangun Graha Putra Jaya yang telah memberikan arahan, dukungan, dan panduan teknis yang kritis. Kehadiran dan pembimbingan mereka telah membantu penulis mengatasi tantangan teknis, serta memperkaya pemahaman penulis dalam dunia teknik elektro.

3. Kepada Semua Rekan Kerja:

Rasa terima kasih penulis sampaikan kepada semua rekan kerja di PT. Bangun Graha Putra Jaya yang turut berkolaborasi dalam proyek ini. Kerjasama tim yang solid telah menciptakan lingkungan kerja yang inspiratif dan penuh motivasi.

4. Kepada Instansi yang Mendanai:

Ucapan terima kasih yang tulus juga ditujukan kepada instansi yang telah memberikan dukungan keuangan untuk proyek ini. Tanpa dukungan finansial tersebut, proyek ini tidak mungkin berjalan dengan lancar. Kontribusi finansial ini memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengembangkan ide dan mewujudkannya dalam bentuk nyata.

5. Kepada Keluarga dan Teman:

Terima kasih kepada keluarga dan teman-teman yang senantiasa memberikan dukungan moral dan motivasi. Keberhasilan proyek ini tidak lepas dari energi positif dan semangat yang diberikan oleh mereka.

6. Kepada Fakultas Teknik dan Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya:

Terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya atas program Kerja Praktek yang memberikan kesempatan penulis untuk mengaplikasikan pengetahuan akademis dalam dunia industri. Pendidikan di universitas ini telah menjadi landasan kuat dalam perjalanan penulis.

Ucapan terima kasih ini mungkin hanya sebagian kecil dari rasa terima kasih yang sebenarnya. Semoga setiap nama yang disebutkan dan setiap kontribusi yang diberikan terasa dihargai sebesar-besarnya. Semoga kerjasama yang terjalin dapat menjadi awal dari kolaborasi dan pencapaian yang lebih besar di masa depan.

Referensi

- [1] H. and S. A. Saputra, "Analisis pengaruh media pendingin terhadap kekuatan tarik baja st37 pasca pengelasan menggunakan las listrik," J. Ilm. Tek. Mesin Unlam, vol. 3, no. 2, pp. 911–98, 2014.
- [2] E. B. Safitri et al., "Implementasi Kontroler P-PI Kaskade untuk," J. Tek. Its, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2012.



- [3] E. Hidayat, "Bagaimana Spray Gun Bekerja," 2008. <https://www.tentangkayu.com/2008/05/bagaimana-spray-gun-bekerja.html> (accessed Mar. 23, 2023).
- [4] Suprianto, "Pengertian dan Macam-Macam Kompresor," 2015. <https://blog.unnes.ac.id/antosupri/pengertian-dan-macam-macam-kompresor/> (accessed Mar. 23, 2023).
- [5] Suprianto, "Sensor Penyandi Encoder," 2015. <https://blog.unnes.ac.id/antosupri/sensor-penyandi-encoder/> (accessed Mar. 23, 2023).
- [6] "Multi Function Timer AT8N Series."
- [7] Omron, "Miniature Power Relays MY-GS," 2022. <https://www.omron.co.id/products/family/3440/dimensio.html> (accessed Mar. 23, 2023).
- [8] N. Desiwantiyani, "Rancang Bangun Inverter SPWM," Ranc. Bangun Invert. SPWM, pp. 1–45, 2018.
- [9] F. Contact, "Shenzhen Sine Electric Co., Ltd . Shenzhen Sine Electric Co., Ltd . Page 2 of 4," vol. 20, pp. 3–6, 2016.
- [10] U. Manual, "User Manual EM100 Mini Inverter," 2015.



Perancangan Sistem Kendali Pergerakan Robot Pembajak Sawah Menggunakan Pendekatan Metode Path Following

Faikul Umam¹, Hanifudin Sukri¹, Weny Findiastuti¹, Firmansyah Adiputra¹, Ari Basuki¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

- ✉ faikul@trunojoyo.ac.id,
- ✉ hanifudinsukri@trunojoyo.ac.id,
- ✉ weny.findiastuti@trunojoyo.ac.id,
- ✉ frm.adiputra@trunojoyo.ac.id,
- ✉ aribasuki@trunojoyo.ac.id

Membuat robot yang dapat bergerak secara otomatis serta dapat digunakan sebagai media alat untuk gerakan membajak. Perkembangan dunia robotika setiap tahunnya semakin meningkat, salah satunya yaitu robot pengikut jalur. Robot pengikut jalur merupakan robot yang dapat mengikuti jalur sesuai jalur yang dibuat. Pada penelitian ini akan membuat media atau alat uji coba tentang robot pengikut jalur yang dapat mengikuti jalur yang dibuat, maka dari itu penelitian kali ini untuk mencoba menyelesaikan permasalahan tersebut. Robot pengikut jalur yang akan dibuat pada penelitian ini berfungsi sebagai robot yang dapat bergerak mengikuti jalur dengan menggunakan kamera sebagai sensor untuk mengetahui posisi robot secara realtime. Metode yang akan digunakan yaitu metode kontrol kinematik dikarenakan penelitian ini membutuhkan kontrol kecepatan maju dan kecepatan berbelok agar robot sesuai dengan jalur yang sudah dibuat. Hasil percobaan yang dilakukan pada 3 lapangan berbeda menggunakan metode kontrol kinematik mampu menghasilkan tingkat akurasi 93,49% untuk lapangan 2 meter persegi, 94,49% untuk lapangan 1,5 meter persegi, dan 95,49% untuk lapangan 1 meter persegi.

Kata kunci: Robot pembajak sawah pengikut jalur, Kontrol Kinematika, Path Following, Kamera

Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi robotika saat ini sangat pesat, bahkan dapat dikatakan pada era otonomi. Banyak perusahaan atau masyarakat umum yang mengembangkan bahkan menciptakan alat-alat teknologi bahkan telah ditanamkan kecerdasan buatan yang dapat melakukan hampir seluruh pekerjaan manusia dan mengurangi risiko kecelakaan kerja. Perkembangan teknologi di Indonesia kini mulai dikembangkan dan diupayakan oleh pemerintah Indonesia sejak tahun 2010, terbukti dengan dianggarkannya sebesar 1,9 triliun rupiah untuk penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan di segala sektor, termasuk sektor pertanian. Sektor pertanian dalam arti luas ada lima, yaitu perkebunan, kehutanan, tanaman pangan, perikanan, dan peternakan. Pertanian Indonesia sebenarnya akan mampu memberikan kontribusi besar terhadap pembangunan ekonomi di masa depan jika kelima sektor tersebut digarap dengan serius. Oleh karena itu pemerintah Indonesia melaksanakan program modernisasi industri pertanian, mendorong seluruh komponen masyarakat untuk berperan aktif dalam bidang pertanian (A. W. Utomo, 2018). Salah satu aplikasi teknologi yang menggabungkan teknik mekanik elektronik yang memberikan manfaat besar bagi manusia adalah robot. Robot berasal dari bahasa Ceko robota yang berarti pekerja. Robot terdiri dari beberapa komponen antara lain mekanik, elektronik, kontrol berbasis prosesor dan pemrograman (R. A. Ramadhani et al., 2019, F. Guangyuan et al., 2018, T. S. Dewi et al., 2022, C. Chen et al., 2021, D. Han and Y. Peng,

2020, Y. Liu, Y. Zheng et al., 2019). Penggunaan robot ini sangat bermanfaat terutama untuk menggantikan jenis pekerjaan yang monoton dalam jangka waktu lama, membutuhkan ketelitian, atau bekerja di lingkungan yang berbahaya bagi manusia. Ada tiga bagian utama yang membangun robot: sensor, sistem kendali gerak robot, dan bagian mekanis. Sensor berperan sebagai indera bagi robot, yang akan menangkap semua informasi yang diperlukan untuk mengendalikan gerak robot. Sistem kendali gerak robot bertindak seperti otak pada manusia. Bagian robot ini akan memproses semua informasi yang diperoleh untuk menentukan bagaimana robot bergerak dan mengirimkan informasi untuk menggerakkan bagian mekanik robot (N. Guo et al., 2020, S. Lai et al., 2019, Y. Chen et al., 2022, M. Latif et al., 2022).

Salah satu kegiatan yang dilakukan dipertanian adalah kegiatan pengolahan tanah. Pengolahan tanah adalah proses penggemburan tanah dengan cara dibajak ataupun di garuk. Pengolahan tanah merupakan proses terberat dari keseluruhan proses pertanian, dimana lebih dari 1/3 energi yang digunakan untuk seluruh proses pertanian terserap pada kegiatan pengolahan tanah. Pengolahan tanah yang dilakukan di Indonesia terdapat dua cara yaitu secara tradisional dan semi modern. Cara tradisional yang sering dilakukan yaitu dengan menggunakan tenaga hewan dengan dibantu manusia untuk mengatur jalannya hewan tersebut, sedikit perbedaan dengan cara semi modern dimana tenaga hewan diganti dengan tenaga mesin tetapi untuk mengatur

jalannya mesin tersebut masih dibutuhkannya manusia untuk mengatur jalannya dengan cara mengikutinya. Beberapa kekurangan dari alat bajak yang digunakan masyarakat adalah ketika sedang melakukan pergerakan membajak. Pada saat melakukan pergerakan membajak petani masih mengendarai atau menyetir pergerakan alat bajak saat membajak lahan, dan begitupun menggunakan alat bajak tenaga mesin (traktor). Hal tersebut jika tidak menggunakan perlengkapan keselamatan dapat mengakibatkan cedera, luka dan bahkan ancaman keselamatan jiwa. Oleh karena itu dibutuhkan kontrol untuk menggerakkan alat bajak sawah secara otomatis yang dapat berjalan sendiri sesuai dengan jalur yang berbentuk spiral persegi. Pada penelitian ini yang akan dirancang adalah robot pengikut jalur sebagai media atau alat uji coba berbentuk spiral persegi untuk pergerakan membajak sawah yang dibuat berdasarkan bantuan kamera.

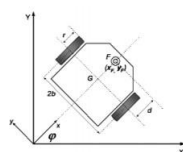
Metode kendali kinematik merupakan suatu metode kendali yang dibangun berdasarkan kinematika robot yang kemudian dihitung sehingga menghasilkan nilai kecepatan maju dan belok. Peranan metode kendali kinematik pada penelitian ini adalah mengatur kecepatan putaran motor pada gerak maju dan memutar sehingga dapat mempertahankan dan mengikuti lintasan sesuai posisi yang diinginkan. Metode pengendalian ini erat kaitannya dengan metode path following. Metode mengikuti jalur, seperti namanya, berkaitan dengan bagaimana robot mengikuti jalur atau "jalur" yang telah ditentukan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan pengelolaan lahan petani. Teknologi ini dirancang untuk meningkatkan efektivitas dan produktivitas budidaya lahan khususnya bagi petani jagung. Di sisi lain, efektifitas budidaya lahan jagung akan memberikan dampak positif bagi petani jagung berupa berkurangnya waktu, biaya, dan tenaga petani dalam mengolah lahan jagung. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi teknologi kepada petani jagung dan meningkatkan produksi serta daya tarik petani untuk bertani di lingkungan Madura.

Metode

Kontrol Kinematik

Kontrol kinematik adalah metode yang dibangun berdasarkan kinematika robot. Dari persamaan kinematika dapat diperoleh hubungan antara konsep geometri pada robot dengan koordinat dipakai untuk menentukan kedudukan dari suatu objek. Dengan model kinematika, dapat ditentukan konfigurasi referensi input yang harus diumpankan kesetiap aktuator agar robot dapat melakukan gerakan untuk mencapai posisi yang dikehendaki (M. K. Mishra et al., 2022, A. Singletary et al., 2022, N. Tan et al., 2022, M. M. Marinho and B. V. Adorno, 2022, L. Tang et al., 2020, J. Fan et al., 2022). Berikut contoh kinematika pada robot yang ada di Gambar 1.



Gambar 1 Robot pada koordinat XY

Robot diasumsikan berada pada koordinat kartesius XY. Parameter pada Gambar 1 adalah:

1. θ adalah sudut hadap robot
2. $2b$ adalah lebar robot yang diukur dari titik tengah roda 1 sampai titik tengah roda 2
3. R adalah jari-jari roda
4. d adalah jarak titik tengah antara 2 roda, titik G dan titik acuan F

Untuk mencari nilai jarak yang ditempuh roda kanan dan kiri dalam meter dapat dicari dengan menggunakan Persamaan (1) yang kemudian dapat disederhanakan menjadi Persamaan (2) untuk mencari jarak roda kanan, sedangkan untuk mencari jarak roda kanan jarak roda kiri dapat menggunakan Persamaan (3), dengan membagi jumlah pulsa putar yang diukur pada robot dengan jumlah pulsa putar dalam satu kali putaran roda maka akan diperoleh nilai putaran roda, kemudian dikalikan dengan keliling roda pada robot. Jarak yang ditempuh robot dapat dicari dengan Persamaan (4) (C. Chen et al., 2021).

$$Sr = \text{Keliling roda} \frac{\text{pulsa rotari kanan terukur}}{\text{jumlah pulsa rotari satu putaran roda}} \quad (1)$$

$$Sr = 2 \pi r \frac{\text{pulsa rotari kanan terukur}}{\text{jumlah pulsa rotari satu putaran roda}} \quad (2)$$

$$Sl = 2 \pi r \frac{\text{pulsa rotari kiri terukur}}{\text{jumlah pulsa rotari satu putaran roda}} \quad (3)$$

$$S = \frac{Sr + Sl}{2} \quad (4)$$

Kemudian mengacu pada hukum kendali yang berlaku, persamaan kecepatan secara umum dapat dinyatakan pada Persamaan (5) di bawah ini.

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_r \\ \dot{y}_r \\ \dot{\psi}_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \psi_r & 0 \\ \sin \psi_r & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_r \\ \omega_r \end{bmatrix} \quad (5)$$

Di mana :

u = nilai kecepatan linier

ω = nilai kecepatan sudut

θ = nilai sudut arah robot

a = jarak antara kedua roda dengan titik pusat robot.

$\dot{x}_d$ = nilai kecepatan robot yang diinginkan pada posisi x

$\dot{y}_d$ = nilai kecepatan robot yang diinginkan pada posisi y

Kinematika terbalik merupakan suatu metode yang menginput suatu titik tujuan dan dapat menghasilkan sudut untuk mencapai tujuan tersebut. Berikut persamaan matematika invers kinematik 2 DOF pada Persamaan 6 dan 7.

$$\theta_1 = \text{Atan2}(Px, Py) \quad (6)$$

$$\theta_2 = \text{Asin} \left(\frac{P^2 - L_1^2}{L_2^2} \right) \quad (7)$$

Berikut persamaan matematika inverse kinematik 3 DOF pada persamaan 8, persamaan 9, persamaan 10, persamaan 11, dan 12.

$$r = \pm \sqrt{Px^2 + Py^2} \quad (8)$$

$$D = \pm \sqrt{(Pz - L_1)^2 - r^2} \quad (9)$$

$$\theta_1 = \text{Atan2}(Px, Py) \quad (10)$$

$$\theta_2 = \text{Acos} \left(\frac{D^2 - L_2^2 - L_3^2}{2L_2L_3} \right)$$

(11)

$$\theta_2 = \text{Atan2}(r, P_x, P_y) - \text{Atan2}(L_2 + L_3 * \cos \theta_3, L_3 * \sin \theta_3) \quad (12)$$

Di mana :

Px = Posisi X

Py = posisi Y

Pz = Posisi Z

θ_1 = Sudut 1

θ_2 = Sudut 2

θ_3 = Sudut 3

L1 = Panjang Lengan 2

L2 = Panjang Lengan 2

L3 = Panjang Lengan 3

Kinematika maju merupakan metode yang memasukkan konfigurasi gabungan (pose) yang menghasilkan gerak dari derajat kebebasan. Berikut persamaan kinematik maju 2 DOF pada persamaan 13, 14 dan 15 (7).

$$P_x = \cos(\theta_1) * (L_2 * \cos(\theta_2)) \quad (13)$$

$$P_y = \sin(\theta_1) * (L_2 * \cos(\theta_2)) \quad (14)$$

$$P_z = L_1 + L_2 * \sin(\theta_2) \quad (15)$$

Berikut persamaan kinematik maju 3 DOF pada persamaan 16, 17 dan 18.

$$P_x = \cos(\theta_1) * (L_2 * \cos(\theta_2) + L_3 * \cos(\theta_2 + \theta_3)) \quad (16)$$

$$P_y = \sin(\theta_1) * (L_2 * \cos(\theta_2) + L_3 * \cos(\theta_2 + \theta_3)) \quad (17)$$

$$P_z = L_1 + L_2 * \sin(\theta_2) + L_3 * \sin(\theta_2 + \theta_3) \quad (18)$$

Di mana :

Px = Posisi X

Py = posisi Y

Pz = Posisi Z

θ_1 = Sudut 1

θ_2 = Sudut 2

θ_3 = Sudut 3

L1 = Panjang Lengan 2

L2 = Panjang Lengan 2

L3 = Panjang Lengan 3

Tingkat Akurasi dan Tingkat Kesalahan

Tingkat ketelitian dilakukan untuk mengetahui ketepatan suatu sistem pengukuran, yaitu mengukur kedekatan hasil pengukuran dengan nilai asli atau sebenarnya. Sedangkan % error dilakukan untuk mengetahui tingkat kesalahannya, yaitu dengan membandingkan hasil nilai pengukuran yang dibaca dengan nilai asli dari berbagai pengukuran yang ingin dilakukan. Untuk menghitung nilai akurasi, perlu dihitung % errornya terlebih dahulu. Menghitung nilai error ada beberapa cara atau metode yang dilakukan untuk mengukurnya diantaranya dengan menggunakan metode Root Mean Square Error (RMSE) seperti pada Persamaan (19), Mean Square Error (MSE) seperti pada Persamaan (20), Mean Absolute Error (MAE) dan lanjutan dari MAE yaitu Mean Percentage Absolute Error (MAPE) seperti pada Persamaan (21) dan Persamaan (22) serta Akurasi seperti pada Persamaan (23).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (\text{Mark Set Point} - \text{True Value})^2}{\text{Lots of Data}}} \quad (19)$$

$$MSE = \frac{\sum (\text{Mark Set Point} - \text{True Value})^2}{\text{Lots of Data}} \quad (20)$$

$$MAE = \frac{\sum (\text{Mark Set Point} - \text{True Value})}{\text{Lots of Data}} \quad (21)$$

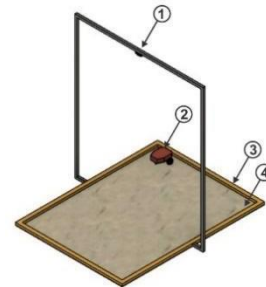
$$MAPE = \sum_{t=1}^n \left| \frac{\text{True Value} - \text{Mark Set Point}}{\text{True Value}} \right| \times 100\% \quad (22)$$

$$\text{Accuracy} = 100\% - \text{Error} \quad (23)$$

Penelitian ini membuat sebuah robot yang dapat mengikuti suatu jalur yang dapat digunakan untuk membajak sawah. Robot mampu mengikuti lintasan yang telah dibuat dengan masukan dari kamera yang terhubung ke laptop dan hasil pengolahan gambar dikirimkan ke robot dengan komunikasi wifi. Kemudian robot akan berjalan sesuai lintasan yang telah dibuat.

Perancangan Mekanik

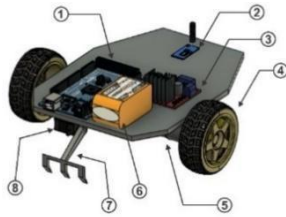
Secara umum perencanaan desain alat ini dibuat bertujuan untuk mengetahui keterangan serta penempatan susunan komponen pendukung seperti sensor dan aktuator dari robot pengikut jalur lintasan. Pada Gambar 2 dan Gambar 3 merupakan hasil desain alat dan robot pengikut jalur lintasan.



Gambar 2 Tampilan alat dan robot secara keseluruhan

Gambar 2 merupakan hasil dari perancangan desain alat robot pengikut jalur lintasan secara keseluruhan dengan tinggi di kedua tiang 2,75 cm. Untuk keterangan penomoran dan fungsi dari robot pengikut jalur lintasan sebagai berikut.

1. Kamera
Kamera yang berfungsi sebagai alat pembacaan posisi robot dan lahan, kemudian diproses di laptop dan diteruskan ke robot, kamera yang digunakan yaitu kamera *webcam* Logitech c920 dengan kecepatan merekam 720p.
2. Robot
Robot berfungsi sebagai alat atau media pengujian terhadap sistem yang akan dibuat.
3. Batasan Lahan
Batas Daratan berfungsi sebagai indikator pembeda antara daratan yang akan dilewati oleh robot dan daratan yang tidak akan dilewati oleh robot.
4. Tanah
Lahan berfungsi sebagai media yang akan dilalui robot dalam menjalankan tugasnya sesuai perintah yang dikirimkan oleh laptop. Lahan yang digunakan berbentuk persegi dengan ukuran maksimal 2 meter persegi dan minimal 1 meter persegi.

**Gambar 3** Desain robot pengikut jalur lintasan

Gambar 3 merupakan hasil dari perancangan desain robot pengikut jalur lintasan. Untuk keterangan penomoran dan fungsi dari robot pengikut jalur lintasan sebagai berikut:

1. ESP32
2. Driver Motor DC L298
3. Roda motor DC
4. Motor DC
5. Baterai Lipo
6. Alat Pembajak
7. Motor Servo

Diagram Blok

Diagram blok sistem kontrol ini digunakan untuk mengetahui sistem kerja atau proses cara kerja sistem yang dibuat. Diagram blok sistem kontrol gerakan robot pengikut jalur untuk mengikuti jalur menggunakan metode kontrol kinematik seperti Gambar 4.

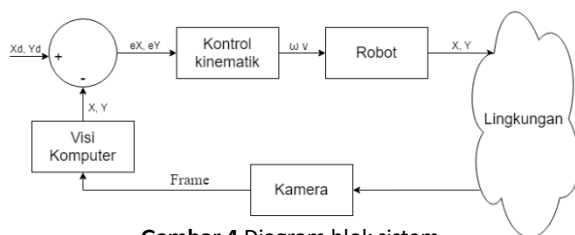
**Gambar 4** Diagram blok sistem

Diagram blok sistem kontrol pada penelitian ini untuk memetakan proses pada sistem dari Input hingga menjadi output yang diharapkan dengan sistem kontrol tertutup (close loop) yang digunakan. Diagram blok pada sistem kontrol gerakan robot pembajak sawah pengikut jalur untuk pelacakan jalur menggunakan metode Kontrol Kinematik dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Input pada sistem berupa koordinat secara real time pada lahan yang dinotasikan dengan variabel X_d, Y_d dan koordinat robot yang dinotasikan dengan variabel X, Y sebagai Panjang koordinat posisi x, Y sebagai Panjang koordinat posisi y . Input nilai X_d sebagai set point koordinat pada posisi X, Y_d sebagai set point koordinat pada posisi Y, X_r dan Y_r merupakan koordinat yang robot yang terbaca oleh kamera pada posisi X dan Y . Koordinat set point ditentukan berdasarkan titik koordinat lahan dan robot yang dideteksi oleh kamera.
2. Sensor yang digunakan pada sistem kontrol ini berupa kamera. Dimana hasil capture dari kamera diolah untuk menghasilkan pembacaan berupa nilai koordinat robot dan lahan.
3. Metode Kontrol Kinematik berfungsi sebagai kontroler yang akan menentukan arah pergerakan dari robot pembajak sawah pengikut jalur untuk menuju ke posisi yang diinginkan. X_d, Y_d, X dan Y merupakan input dari

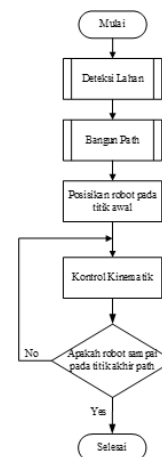
metode penelitian ini. Sedangkan keluaran dari metode Kontrol Kinematik berupa ω untuk mengatur kecepatan berbelok dan v untuk kecepatan maju menuju ke titik tujuan.

4. Robot pengikut jalur pada sistem berupa aktuator dari sistem metode kinematik.
5. Blok lingkungan merupakan media atau lapangan yang akan dilalui oleh robot.
6. Blok visi komputer merupakan proses penejemah dari pembacaan kamera menjadi koordinat X dan Y .
7. Output pada sistem ini berupa koordinat posisi robot.

Perancangan Sistem

1. Flowchart Sistem

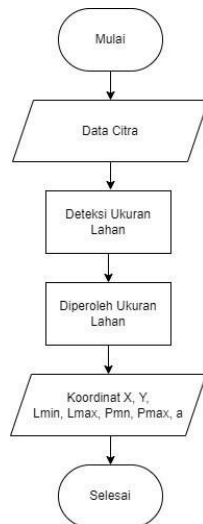
Pada Gambar 5 merupakan flowchart umum sistem. Proses ini merupakan proses keseluruhan dari sistem robot pengikut jalur pengikut jalur. Pada tahap awal, hal yang dilakukan adalah proses deteksi lahan sampai robot selesai mengikuti path. Proses ini dilakukan dengan waktu yang cukup singkat.

**Gambar 5** Flowchart Umum Sistem

Langkah pertama pada sistem flowchart ini adalah proses deteksi lahan menggunakan perangkat kamera sebagai sensor yang terhubung dengan laptop. Selanjutnya hasil pembacaan kamera diolah untuk membuat titik path dan menghubungkan tiap path yang dibuat. Kemudian kamera mendeteksi robot serta mengirimkan perintah robot memposisikan diri di titik awal path dan mengikuti titik koordinat path yang telah dibuat tersebut ke sistem robot menggunakan komunikasi pengiriman wifi. Apabila posisi robot yang dideteksi kamera tidak sesuai dengan path yang dibuat maka proses di laptop mengirimkan perintah untuk kembali ke path yang dibuat menggunakan metode kontrol kinematik dengan cara membelokkan haluan sesuai posisi robot sampai ke posisi sesuai path. Apabila kamera mendeteksi robot sudah sampai dengan path terakhir yang telah dibuat maka robot berhenti dan selesai.

2. Flowchart Deteksi Lahan

Pada Gambar 6 merupakan flowchart deteksi lahan. Proses ini merupakan proses mendeteksi panjang dan lebar dari lahan. Hal awal yang dilakukan pada tahap ini adalah proses capture gambar sampai mendapatkan nilai pada variabel.

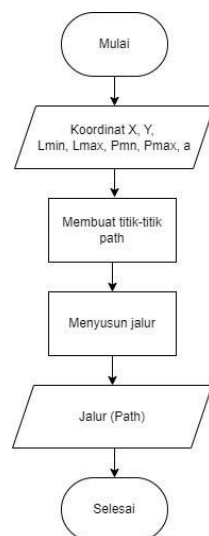


Gambar 6 Flowchart Deteksi Lahan

Langkah pertama pada sistem flowchart ini adalah tangkap citra yaitu proses pembacaan data citra yang diperoleh dari hasil deteksi kamera, kemudian proses pendeteksian lahan. Ketika lahan dapat terdeteksi maka diperoleh ukuran lahan. Selanjutnya data ukuran lahan diproses untuk pengambilan koordinat X, Y lebar lahan. Kemudian koordinat X dan Y lahan disimpan pada variabel Pmax, Pmin, Lmax dan Lmin yaitu variabel untuk menyimpan lebar panjang minimal dan maksimal.

3. Flowchart Membangun Path

Pada Gambar 7 merupakan flowchart membangun path. Proses ini merupakan proses pembuatan dan penyusunan path pada sistem kamera. Hal pertama yang dilakukan pada tahap ini adalah membuat algoritma titik path pada lahan dengan cara melakukan perhitungan menggunakan panjang dan lebar lahan yang didapat dari pembacaan kamera kemudian disimpan dalam variabel X dan Y.



Gambar 7 Flowchart Membangun Path

Langkah pertama yang dilakukan adalah membuat algoritma path building yaitu pada titik koordinat X pertama

ditentukan dengan cara lebar lahan minimum ditambah dengan lebar jarak jalur, untuk titik koordinat Y pertama ditentukan dengan cara panjang lahan minimum ditambah lebar jarak jalur. Titik koordinat X kedua ditentukan dengan cara lebar lahan minimum ditambah lebar jarak lintasan, untuk titik koordinat Y kedua ditentukan dengan panjang lahan maksimum dikurangi lebar jarak lintasan. Pada titik koordinat X ketiga ditentukan dengan cara lebar lahan maksimum dikurangi lebar jarak lintasan, untuk titik koordinat Y ketiga ditentukan dengan panjang lahan maksimum dikurangi lebar jarak lintasan. Titik koordinat X keempat ditentukan dengan cara lebar lahan maksimum dikurangi lebar jarak lintasan, untuk titik koordinat Y keempat ditentukan dengan panjang lahan minimum ditambah lebar jarak lintasan.

Perhitungan dengan rumus ini diulangi hingga panjang atau lebar lapangan tidak dapat dibagi lagi dari lebar robot. Kemudian hasil masing-masing perhitungan dihubungkan secara berurutan hingga terakhir seperti pada Gambar dan berikut rumus penentuan titik jalurnya:

$$E \text{ to } -i = (X = Lmin + a, Y = Pmin + a) \quad (24)$$

$$F \text{ to } -i = (X = Lmin + a, Y = Pmax - a) \quad (25)$$

$$G \text{ to } -i = (X = Lmax - a, Y = Pmax - a) \quad (26)$$

$$H \text{ to } -i = (X = Lmax - a, Y = Pmin + a) \quad (27)$$

Keterangan : Pmin = panjang minimum bidang tanah

Pmax = panjang maksimum tanah

Lmin = luas minimal lahan

Lmax = lebar maksimum tanah

X = koordinat titik X

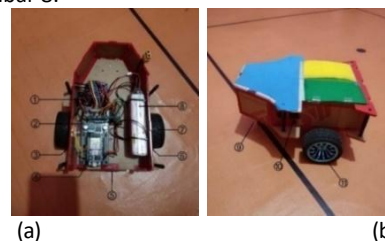
Y = Y koordinat titik

a = jarak antara jalur yang diinginkan

Hasil Kerja

Total Result

Pembuatan robot path follower harus melalui beberapa tahap perancangan yang meliputi perancangan mekanik, perancangan elektronik dan pemrograman. Dengan demikian, hasil yang diperoleh adalah robot path follower yang berfungsi sebagai robot untuk membantu memudahkan pekerjaan manusia. Berikut ini akan disajikan hasil perancangan robot path follower secara keseluruhan. Robot pengikut jalur ini terbuat dari bahan akrilik yang mempunyai dimensi kotak 20 cm x 16 cm x 5 cm (tanpa roda) dan mempunyai ketebalan rata-rata 3 mm. Untuk dimensi keseluruhan dengan roda 20 cm x 23 cm x 10 cm seperti pada Gambar 8.



Gambar 8 (a) Hasil Mekanik dan (b) Komponen Robot Pengikut Jalur

Pada gambar 8 (a) merupakan tampak dari sisi dalam robot, (b) merupakan tampak dari sebelah luar robot. Pada tampak dalam robot terdapat beberapa komponen yang digunakan

untuk menunjang berjalannya robot diantara terdiri dari baterai, mikrokontroler, dan kabel-kabel sebagai penghubung antar komponen. Pada tampak luar robot terlihat beberapa komponen penunjang berjalannya robot juga yaitu diantaranya roda motor DC gearbox, tombol switch on/off yang terdapat pada samping kiri robot. Untuk keterangan penomoran dapat dijabarkan pada penjelasan dibawah ini.

Keterangan nomor pada Gambar 4.1 yaitu sebagai berikut :

1. Driver Motor
2. Step Down
3. Motor Kiri
4. Mikrokontroler
5. Servo
6. Motor kanan
7. Roda kanan
8. Baterai
9. Roda bebas
10. Tombol ON OFF
11. Roda Kiri

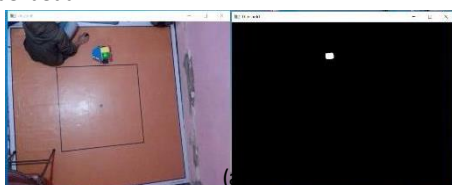
Warna Hijau

Pada tahap ini perlakuan kamera untuk dapat mendeteksi warna hijau dikalibrasi untuk mendapatkan nilai HSV hijau pada objek. Jadi nilai H minimum = 40, H maksimum = 101, S minimum = 0, S maksimum = 255, V minimum = 0, dan V maksimum = 255.

Tabel 1 Pengujian kamera warna hijau

Waktu	Nilai					
	H-	H+	S-	S+	V-	V+
Siang	50	100	70	255	0	200
Malam	50	91	70	255	0	193

Pada tabel 1 diatas merupakan tabel rentang nilai HSV yang digunakan dengan warna hijau. Nilai yang digunakan adalah nilai antara minimum dan maksimum pada setiap variabel dari HSV. Nilai HSV yang digunakan untuk warna hijau tidak terlalu sulit karena warna hijau dan warna dasar lapangan cukup berbeda.



Gambar 9 (a) Kamera Asli dan (b) Ambang Batas Hijau Kamera

Pada gambar 9 a dan b diatas merupakan hasil dari kalibrasi pengenalan warna hijau yang akan digunakan untuk mendeteksi warna hijau saat menjalankan sistem. Pada gambar 9 (a) merupakan penunjukan dari nilai HSV yang digunakan dalam mendeteksi warna. Pada gambar 9 (b) merupakan hasil olah visual dari gambar 9 (a) dalam proses pembacaan kamera, pada proses ini semua warna selain dari warna yang di kenalkan akan berwarna hitam, tetapi sebaliknya untuk warna yang dikenalkan akan berwarna putih.

Warna Kuning

Pada tahap ini kamera diberi perlakuan untuk dapat mendeteksi warna kuning, dilakukan kalibrasi untuk mendapatkan nilai HSV kuning pada objek. Maka nilai minimum H = 21, maksimum H = 75, minimum S = 0, maksimum S = 255, minimum V = 151, dan maksimum V = 255..

Gambar dan tabel dapat menggunakan format satu kolom jika memang dibutuhkan dengan melakukan perubahan *page layout* dan mengembalikan menjadi dua kolom untuk penulisan selanjutnya. Dalam hal gambar dan tabel ditampilkan dalam satu kolom diusahakan diletakkan di bagian paling atas atau paling bawah tiap halaman.

Ukuran gambar dengan layout dua kolom lebar maksimum adalah 7 cm. Jika lebih dari itu, maka harus dibuat dalam 1 kolom.

Tabel 2 Pengujian kamera warna kuning

Waktu	Nilai					
	H-	H+	S-	S+	V-	V+
Siang	0	55	80	255	95	255
Malam	0	50	85	255	97	255

Pada tabel 2 diatas merupakan tabel dari *range* nilai HSV yang digunakan pada warna kuning. Nilai yang digunakan sama seperti sebelumnya yaitu nilai antara minimal dan maksimal pada setiap variabel dari HSV. Untuk nilai HSV yang digunakan pada warna kuning paling sulit dikarenakan warna kuning hampir tidak sangat jauh berbeda dengan warna dasar dari lapangan, dan akan cukup sulit ketika warna dasar yang digunakan berwarna putih.



Gambar 10 (a) Original Kamera dan (b) Threshold Warna Kuning Kamera

Pada gambar 10 a dan b diatas merupakan hasil dari kalibrasi pengenalan warna kuning yang akan digunakan untuk mendeteksi warna kuning saat menjalankan sistem. Pada gambar 10 (a) merupakan penunjukan dari nilai HSV yang digunakan dalam mendeteksi warna. Pada gambar 10 (b) merupakan hasil olah visual dari gambar 10 (a) dalam proses pembacaan kamera, pada proses ini hanya terdapat 2 warna yang ditampilkan yaitu hitam dan putih.

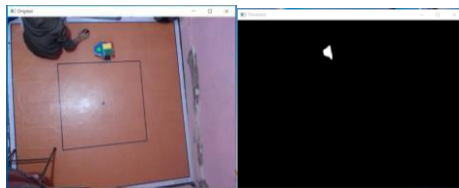
Warna Biru

Pada tahap ini perlakuan pada kamera sama saja yaitu pada warna hijau dan kuning untuk dapat mendeteksi warna biru, dilakukan kalibrasi untuk mendapatkan nilai HSV warna biru pada objek. Maka nilai minimum H = 92, maksimum H = 114, minimum S = 165, maksimum S = 255, minimum V = 0, dan maksimum V = 255. Berikut tabel 3 merupakan dokumentasi pengujian deteksi warna biru.

Tabel 3 Pengujian kamera warna biru

Waktu	Nilai					
	H-	H+	S-	S+	V-	V+
Siang	90	120	100	255	47	195
Malam	91	120	100	255	47	193

Tabel 3 diatas merupakan tabel rentang nilai HSV yang digunakan dengan warna biru. Nilai yang digunakan adalah nilai antara minimum dan maksimum pada setiap variabel dari HSV. Nilai HSV yang digunakan untuk warna biru tidak terlalu sulit karena warna biru dan warna dasar bidangnya cukup berbeda.



(a)

(b)

Gambar 11 (a) Original Kamera dan (b) Threshold Warna Biru Kamera

Pada gambar 11 a dan b diatas merupakan hasil dari kalibrasi pengenalan warna biru yang akan digunakan untuk mendeteksi warna biru saat menjalankan sistem. Pada gambar 11 (a) merupakan penunjukan dari nilai HSV yang digunakan dalam mendeteksi warna. Pada gambar 11 (b) merupakan hasil olah visual dari gambar 11 (a) dalam proses pembacaan kamera, pada proses ini semua warna selain dari warna yang di kenalkan akan berwarna hitam, tetapi sebaliknya untuk warna yang dikenalkan akan berwarna putih.

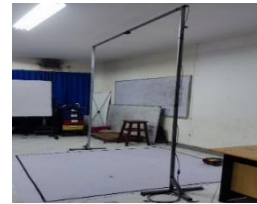
Pengujian Pendeteksian Sensor Kamera

Robot pembajak sawah pengikut jalur menggunakan kamera sebagai sensor dengan tipe Logitech C920 HD. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui posisi robot pada lapangan yang menjadi pembanding dengan posisi robot aslinya. Berikut merupakan tampilan pembacaan pada Command Prompt yang terlihat pada Gambar 12.

```
Send to Client: b'430,422,425,110,1,15,'  
Send to Client: b'430,422,425,110,1,15,'  
Send to Client: b'430,422,425,110,1,15,'  
Send to Client: b'430,422,425,110,1,15,'  
Send to Client: b'430,422,425,110,1,15,'  
Send to Client: b'430,422,425,110,1,15,'  
Send to Client: b'430,422,425,110,1,15,'  
Send to Client: b'430,422,425,110,1,15,'  
Send to Client: b'430,422,425,110,1,15,'  
Send to Client: b'430,422,425,110,1,15,'  
Send to Client: b'430,422,425,110,1,15,'
```

Gambar 12 Hasil Pembacaan Sensor Kamera

Pengujian sensor kamera berfungsi membaca posisi robot di lapangan sehingga sistem dapat memberikan perintah selanjutnya. Posisi kamera pada saat pengujian dapat dilihat pada Gambar 13.

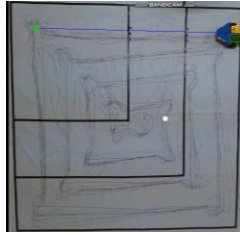
**Gambar 13** Pengujian Sensor Kamera**Tabel 4** Pengujian Koordinat Robot pada Kamera Pada Lapangan

N o	Sensor Kamera (Centimeter)	Alat Ukur (Centimeter)	Tingkat Keakuratan	% Error
1	25	25	100 %	0 %
2	50	48	96 %	4 %
3	75	70	93,3 %	6,7 %
4	100	92	92 %	8 %
RATA-RATA			95,325 %	4,67 %

Pada tabel 4 diatas merupakan hasil perbandingan pengujian dari pembacaan kamera dengan pengukuran langsung menggunakan alat ukur manual. Pada perbandingan pengujian tersebut terdapat perbedaan antara pembacaan sensor kamera dengan alat ukur yang digunakan secara manual. Pengujian ini dilakukan sebanyak 4 kali dengan ukuran yang berbeda pada setiap pengujiannya. Dari perbedaan tersebut didapatkan nilai selisih atau nilai error dari pembacaan kamera dengan keadaan aslinya, nilai error tertinggi pada pengujian ke 4 yaitu 8% pada pengujian dengan ukuran 100cm pada keadaan aslinya. Didapatkan rata-rata nilai error dari keempat percobaan tersebut yaitu sebesar 4,7% dengan rata-rata keakuratan sebesar 95,3% pada penelitian ini.

Pengujian Pembuatan Jalur Pergerakan Robot

Pada tahap ini merupakan proses pembentukan path atau titik tuju pada pergerakan robot pengikut jalur. Sebab menggunakan bentuk spiral pada proses pengujian ini dikarenakan untuk mendapatkan perbedaan dengan penelitian lain yang dilakukan oleh orang lain dan untuk mempermudah dalam pembuatan path(M. M. Marinho and B. V. Adorno, 2022). Pada pengujian ini penguji menggunakan bentuk lapangan ukuran 2 meter persegi. Berikut pada gambar 14 dibawah ini merupakan titik path pertama dari 14 titik pojok.



Gambar 14 Titik *path* pertama pada lapangan 2 meter persegi

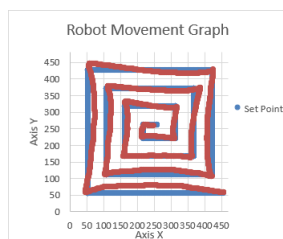
Pengujian Jalan Robot Ukuran Lapangan 2m x 2m

Pengujian robot path following dilakukan pada permukaan tanah yang dilakukan pada lapangan berbentuk persegi dengan ukuran panjang 2 meter dan lebar 2 meter atau sama dengan pembacaan kamera yaitu 480 x 480. Pengujian pada bidang persegi panjang lapangan berukuran lebar 2 meter dan panjang 2 meter seperti terlihat pada Gambar 15.



Gambar 15 Uji coba lapangan 2 meter x 2 meter

Hasil pergerakan robot pada lapangan ukuran panjang 2 meter dan lebar 2 meter dengan metode Kinematic Control dapat dilihat pada Gambar 16 dibawah ini.



Gambar 16 Grafik Pergerakan Robot Lapangan 2 Meter

Hasil percobaan yang dilakukan diperoleh data sebanyak 1635 data koordinat posisi robot yang terbaca oleh kamera, data tersebut terlampir pada Lampiran 2. Pengerjaan robot dimulai dari koordinat robot x 459, y 57 pada kamera dan berakhir pada koordinat x 250 dan y 257 pada kamera. Dari data tersebut diperoleh nilai RMSE, MSE, MAE dan MAPE dengan menggunakan Persamaan 6 untuk mencari nilai RMSE, Persamaan 7 untuk memperoleh nilai MSE dan untuk memperoleh nilai MAE dan MAPE menggunakan Persamaan 8 dan Persamaan 9. Dari persamaan tersebut masing-masing diperoleh nilai RMSE sebesar 10,64245, nilai MSE sebesar

113,26177, nilai MAE sebesar 8,62202 sedangkan nilai MAPE sebesar 6,51134.

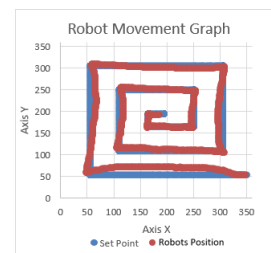
Lapangan Uji Jalan Robot Ukuran 1,5m x 1,5m

Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh nilai error berdasarkan Persamaan 6 sampai dengan Persamaan 9 sehingga dapat mengetahui tingkat keberhasilan robot. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur kinerja pergerakan robot dengan menggunakan metode Kinematics Control. Pengujian pada lapangan berbentuk persegi berukuran lebar 1,5 meter dan panjang 1,5 meter seperti terlihat pada Gambar 17.



Gambar 17 Uji coba lapangan 1,5 meter x 1,5 meter

Hasil pergerakan robot pada lapangan ukuran panjang 1,5 meter dan lebar 1,5 meter dengan metode Kinematic Control dapat dilihat pada Gambar 18 dibawah ini.



Gambar 18 Grafik Pergerakan Robot Lapangan 1,5 Meter

Pada percobaan yang dilakukan di lapangan diperoleh 944 data koordinat posisi robot yang terbaca kamera, data terlampir pada Lampiran 3. Robot dimulai pada koordinat x 347 dan y 54 pada pembacaan kamera dan berakhir pada koordinat x 185 dan y 193 pada pembacaan kamera. Dari data tersebut diperoleh nilai RMSE, MSE, MAE dan MAPE dengan menggunakan cara yang sama seperti pada Persamaan 6 untuk mencari nilai RMSE, Persamaan 7 untuk memperoleh nilai MSE dan untuk memperoleh nilai MAE dan MAPE menggunakan Persamaan 8 dan Persamaan 9. Dari data tersebut persamaan masing-masing nilai RMSE sebesar 7.17635, nilai MSE sebesar 51.5, nilai MAE sebesar 5.2839 sedangkan nilai MAPE sebesar 5.50427.

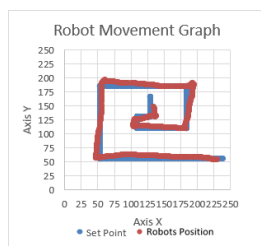
Lapangan Uji Jalan Robot Ukuran 1m x 1m

Uji coba robot pembajak sawah mengikuti jalur selanjutnya dilakukan pada lahan berbentuk persegi dengan panjang 1 meter dan lebar 1 meter atau sama dengan pembacaan kamera yaitu 240 x 240. Pengujian ini dilakukan sama seperti pengujian sebelumnya yaitu memperoleh nilai error berdasarkan Persamaan 6, Persamaan 7, Persamaan 8 dan Persamaan 9 sehingga dapat menentukan tingkat keberhasilan robot. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur kinerja pergerakan robot dengan menggunakan metode Kinematics Control Test pada lapangan berbentuk persegi berukuran lebar 1 meter dan panjang 1 meter seperti terlihat pada Gambar 19.



Gambar 19 Uji Coba Lapangan 1 meter x 1 meter

Pada pengujian ini diperoleh hasil pergerakan robot pada lapangan berukuran panjang 1 meter dan lebar 1 meter dengan metode Kinematic Control. Percobaan ini dimulai dari koordinat x 231 dan y 54 dan berakhir pada koordinat x 135 dan y 147 berdasarkan pembacaan kamera. Angka tersebut dapat dilihat pada Gambar 20 di bawah ini.



Gambar 20 Grafik Pergerakan Robot Lapangan 1,5 Meter

Pada percobaan ini diperoleh 391 data posisi robot, data koordinat posisi robot terdeteksi kamera, data tersebut terlampir pada Lampiran 4. Dari data tersebut diperoleh nilai RMSE, MSE, MAE dan MAPE dengan menggunakan metode yang sama seperti pada Persamaan 6 untuk mencari nilai RMSE, Persamaan 7 untuk mendapatkan nilai MSE dan untuk mendapatkan nilai MAE dan MAPE menggunakan Persamaan 8 dan Persamaan 9. Dari persamaan tersebut diperoleh nilai masing-masing sebesar 5,19615 untuk RMSE, 27 untuk nilai MSE, untuk MAE nilainya adalah 4.40665 sedangkan 4.50105 untuk nilai MAPE.

Hasil Data Eksperimen Menggunakan Metode Kontrol Kinematik

Percobaan yang telah dilakukan pada 3 bidang berbeda, hasil keseluruhan yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Data Pergerakan Robot pada 3 Bidang Berbeda

Lapangan	Metode Perhitungan Error			
	RMSE	MSE	MAE	MAPE
2 meter	10,64245	113,26177	8,62202	6,51134 %
1,5 meter	7,17635	51,5	5,28390	5,50427 %
1 meter	5,19615	27	4,40665	4,50105 %

Berdasarkan Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa percobaan yang dilakukan pada 3 lapangan berbeda mempunyai nilai error RMSE tidak lebih dari 11, untuk error dengan metode MSE paling tinggi adalah 113.26177 untuk lapangan berukuran 2 meter persegi, begitu juga dengan menggunakan metode MSE. metode MAE. error tertinggi tidak menyentuh nilai 10 hanya sampai nilai 8.62202 dan dengan menggunakan metode MAPE persentase error terendah dibawah 10% yaitu 6.5% dan dapat disimpulkan bahwa semakin luas field yang digunakan maka semakin besar nilai errornya diperoleh akan menjadi.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan:

1. Kalibrasi atau konfigurasi sensor kamera sangat mempengaruhi pembacaan dan pendeteksian robot atau objek.
2. Pembacaan sensor kamera mempengaruhi respon gerak robot dalam melakukan tugasnya.
3. Penggunaan jenis kamera dan kualitas kamera yang digunakan sangat mempengaruhi hasil pembacaan kamera.
4. Pemilihan warna bahan pendeteksi sangat mempengaruhi kemudahan kalibrasi
5. Dari beberapa pengujian, hasil yang terbaik adalah nilai PWM untuk kecepatan robot yaitu sebesar 140 PWM.
6. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada 3 lapangan berbeda, nilai error RMSE tidak lebih dari 11. Untuk error dengan metode MSE, nilai tertinggi

adalah 113.26177 untuk lapangan berukuran 2 meter persegi, serta menggunakan metode MSE. Metode MAE dengan nilai error tertinggi. tidak menyentuh nilai 10 hanya sampai nilai 8.62202 dan dengan menggunakan metode MAPE persentase error yang paling rendah adalah dibawah 10% dan dapat disimpulkan bahwa semakin luas bidang yang digunakan maka nilai error yang didapat akan semakin besar. Kesimpulan meliputi rangkuman dari hasil kerja penulis. Kesimpulan dapat juga menjelaskan saran dan proyek tindak lanjut kedepannya. Kesimpulan ditulis diakhir artikel dan sebelum sesi ucapan terimakasih.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada orang-orang berperan penting yang membantu dalam proyek penulis. Ucapan terimakasih juga dapat ditujukan kepada instansi yang mendanai proyek penulis.

Referensi

- A. W. Utomo, "Transisi Agraris ke Industri (Studi Sosiologis Perubahan Sosial: Transisi Masyarakat Agraris ke Industri di Dusun Timang, Wonokerto, Kabupaten Wonogiri)," *Jurnal Cakrawala*, vol. 7, no. 2, pp. 205–230, 2018.
- R. A. Ramadhani, G. Jati, W. Jatmiko, and A. Y. Husodo, "Adaptive Multi-Strategy Observation of Kernelized Correlation Filter for Visual Object Tracking," in *2019 4th Asia-Pacific Conference on Intelligent Robot Systems (ACIRS)*, 2019, pp. 134–139. doi: 10.1109/ACIRS.2019.8936042.
- Guangyuan, W. Ming, H. Shuai, F. Wenyu, and W. Xiangyao, "Object Tracking Algorithm Based on Better Parallax of Monocular under Unknown Environment," in *2018 International Computers, Signals and Systems Conference (ICOMSSC)*, 2018, pp. 830–834. doi: 10.1109/ICOMSSC45026.2018.8941967.
- T. S. Dewi, R. Mardiaty, L. Kamelia, A. E. Setiawan, Yumna, and R. Rustandi, "Prototype of Mobile Robot Tracking Object Using Sensor Vision," in *2022 8th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT)*, 2022, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICWT55831.2022.9935442.
- C. Chen et al., "A Real-Time Motion Detection and Object Tracking Framework for Future Robot-Rat Interaction," in *2021 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2021, pp. 7404–7409. doi: 10.1109/IROS51168.2021.9636403.
- D. Han and Y. Peng, "Human-Following of Mobile Robots Based on Object Tracking and Depth Vision," in *2020 3rd International Conference on Mechatronics, Robotics and Automation (ICMRA)*, 2020, pp. 105–109. doi: 10.1109/ICMRA51221.2020.9398366.
- Y. Liu, Y. Zheng, L. Han, J. Liu, Z. Pan, and F. Sun, "The Moving Target Recognition and Tracking Using RGB-D Data with the Mobile Robot," in *2019 Chinese Control Conference (CCC)*, 2019, pp. 4342–4347. doi: 10.23919/ChiCC.2019.8865493.
- N. Guo, X. Zhang, Y. Zou, B. Lenzo, and T. Zhang, "A Computationally Efficient Path-Following Control Strategy of Autonomous Electric Vehicles With Yaw Motion Stabilization," *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, vol. 6, no. 2, pp. 728–739, 2020, doi: 10.1109/TTE.2020.2993862.
- S. Lai, M. Lan, and B. M. Chen, "Model Predictive Local Motion Planning With Boundary State Constrained Primitives," *IEEE Robot Autom Lett*, vol. 4, no. 4, pp. 3577–3584, 2019, doi: 10.1109/LRA.2019.2928255.
- Y. Chen, B. Chu, and C. T. Freeman, "Iterative Learning Control for Robotic Path Following With Trial-Varying Motion Profiles," *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 27, no. 6, pp. 4697–4706, 2022, doi: 10.1109/TMECH.2022.3164101.
- M. Latif, S. Hardi, and S. Herawati, "Motion control development for autonomous ground robots in agriculture task," *J Phys Conf Ser*, vol. 2193, no. 1, p. 12060, Feb. 2022, doi: 10.1088/1742-6596/2193/1/012060.
- M. K. Mishra, A. K. Samantaray, and G. Chakraborty, "Joint-Space Kinematic Control of a Bionic Continuum Manipulator in Real-Time by Using Hybrid Approach," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 47031–47050, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3171236.
- M. K. Mishra, A. K. Samantaray, and G. Chakraborty, "Joint-Space Kinematic Control of a Bionic Continuum Manipulator in Real-Time by Using Hybrid Approach," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 47031–47050, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3171236.
- A. Singletary, S. Kolathaya, and A. D. Ames, "Safety-Critical Kinematic Control of Robotic Systems," *IEEE Control Syst Lett*, vol. 6, pp. 139–144, 2022, doi: 10.1109/LCSYS.2021.3050609.
- N. Tan, P. Yu, Z. Zhong, and F. Ni, "A New Noise-Tolerant Dual-Neural-Network Scheme for Robust Kinematic Control of Robotic Arms With Unknown Models," *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, vol. 9, no. 10, pp. 1778–1791, 2022, doi: 10.1109/JAS.2022.105869.
- M. M. Marinho and B. V. Adorno, "Adaptive Constrained Kinematic Control Using Partial or Complete Task-Space Measurements," *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 38, no. 6, pp. 3498–3513, 2022, doi: 10.1109/TRO.2022.3181047.
- L. Tang, F. Yan, B. Zou, K. Wang, and C. Lv, "An Improved Kinematic Model Predictive Control for High-Speed Path Tracking of Autonomous Vehicles," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 51400–51413, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2980188.
- J. Fan, L. Jin, Z. Xie, S. Li, and Y. Zheng, "Data-Driven Motion-Force Control Scheme for Redundant Manipulators: A Kinematic Perspective," *IEEE Trans Industr Inform*, vol. 18, no. 8, pp. 5338–5347, 2022, doi: 10.1109/TII.2021.3125449.

Purwarupa Heat Exchanger Model U-Tube Type Shell And Tube Aliran Counter Flow Sebagai Media Ajar Pengendalian Temperatur

Hairil Budiarto¹ Sri Wahyuni²

¹ Program Studi Teknik Mekatronika, Universitas Trunojoyo Madura.

² Program Studi Teknik Mekatronika, Universitas Trunojoyo Madura.

✉ haidar_060282@trunojoyo..ac.id

✉ s.wahyuni@trunojoyo..ac.id

Program penelitian produk terapan ini dilakukan karena media ajar *Heat Exchanger* belum tersedia dikarenakan harga yang terlalu mahal, sehingga penulis mengajukan proposal penelitian perancangan purwarupa alat *Heat Exchanger Type Shell And Tube Model Counter Flow* sebagai media ajar bagi mahasiswa dan penelitian bagi dosen dalam penerapan ilmu kontrol atau otomasi industri. Program penelitian ini akan menghasilkan luaran media ajar *Heat Exchanger* bentuk U tube.

Pada bentuk U-Tube, ada dua media fluida yang diteliti yaitu oli sebagai fluida panas yang akan didinginkan dan air sebagai media pendingin, arah aliran fluida oli dan air ditentukan secara *counter flow*. Alat *Heat Exchanger* berdasarkan data aktual dan data empiris, maka alat mempunyai nilai efektifitas 86,67%, sehingga alat ini bisa digunakan sebagai media ajar pengaturan temperature.

Kata kunci: *Heat Exchanger*, laju perpindahan kalor, *pressure drop*, U tube model.

Pendahuluan

Alat penukar panas atau yang biasa disebut *heat exchanger* adalah alat yang berfungsi untuk mentransfer energi panas antara dua fluida atau lebih. *Heat exchanger* dapat berfungsi pula sebagai pembuang panas, dalam perencanaannya dibutuhkan pengetahuan tentang ilmu perpindahan kalor agar dapat dilakukan rekayasa terhadap alat penukar kalor atau panas yang mempunyai efektifitas yang tinggi dan dengan dimensi yang kecil sehingga dapat menghemat energi dan biaya produksi.

Peralatan perpindahan panas yang menggunakan fluida ke fluida lainnya adalah pemanas air – pengisi – ketel terbuka (*open feed – water heater*), tetapi yang lebih lazim digunakan adalah penukar panas dimana satu fluida terpisah dari fluida lainnya oleh suatu dinding atau sekat yang dilalui oleh panas, penukar panas jenis *recuperator* adalah alat penukar panas yang berbentuk pipa didalam pipa.

Media ajar yang berbentuk trainer untuk Teknik Mekatronika Universitas Trunojoyo Madura belum ada, sehingga mahasiswa tidak bisa belajar secara optimal, dan dosen tidak bisa optimal dalam proses belajar mengajar dan melakukan penelitian khususnya dalam penerapan metode kontrol yang merupakan salah satu bidang minat di program studi teknik mekatronika, dengan adanya program penelitian produk terapan ini, sangat diharapkan bisa mengatasi permasalahan yang terjadi.

Terdapat berbagai cara untuk meningkatkan efektivitas alat penukar kalor, menurut ilmu teknik mesin yaitu dengan

cara meningkatkan koefisien perpindahan kalor konveksi, meningkatkan luas permukaan alat penukar panas dan memperbesar perbedaan suhu guna mencapai suhu yang ditentukan.

Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah trial and error dengan pendekatan empiris dengan membandingkan data hasil keluaran sensor dan hasil perhitungan matematis.

Hasil Kerja

Pembuatan Rangka Heat Exchanger

Rangka dibuat dari plat besi yang disatukan dengan proses pengelasan seperti pada Gambar 1



Gambar 1 Rangka heat exchanger

Proses pengecatan rangka dan pemasangan komponen pendukung dilakukan di Laboratorium Mekatronika Dasar.

Pembuatan Shell dan U-Tube

Proses pembuatan Heat Exchanger dengan bentuk U tube, memerlukan beberapa bahan dan alat yang khusus, teknik penekukan pipa (tube) memerlukan konsentrasi yang lebih, jika sembarangan mengakibatkan pipa tembaga (tube) akan terdeformasi sehingga diameternya akan menyempit yang mana akan mengakibatkan tersumbatnya aliran fluida panas yang berupa oli, dan akan mengakibatkan debit aliran oli tidak bisa di kontrol, bentuk U-Tube seperti pada Gambar 2



Gambar 2 Bentuk U-Tube yang digunakan

Data empiris dan data aktual

Langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian alat dan perhitungan secara matematis. Data aktual akan didapat dari sensor yang terpasang, dan data empiris adalah data perhitungan matematis dengan mengikuti persamaan perpindahan panas sesuai dengan bahan yang digunakan.

Perhitungan data empiris, ditentukan dengan menetapkan angka :

- Debit pada pompa air ditentukan sebesar 30 liter/menit
- Debit pada pompa oli ditentukan 9 liter/menit
- $T_{cold,in}$ (temperatur air masuk) = 29 °C.
- $T_{hot,in}$ (temperatur oli masuk) = 100 °C.

Data aktual adalah data yang di *record* dari keluaran sensor sensor yang telah dipasang pada *prototype heat exchanger* tersebut, adapun sensor yang dipasang adalah :

- Sensor temperatur untuk air masuk
- Sensor temperatur untuk air keluar
- Sensor temperatur untuk oli masuk
- Sensor temperatur untuk oli keluar
- Flow sensor untuk air masuk
- Flow sensor untuk oli masuk
- DC valve motor untuk mengatur kran air masuk
- DC valve motor untuk mengatur kran oli masuk

Hasil dari proses *record* data yang dilakukan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Data aktual dari air

Debit (L/min)	Volume (ML)	Temp air masuk (°C)	Temp air keluar (°C)
22.35	372	29.33	31.88
29.79	868	30.79	32.15
30.55	1377	30.75	32.27
30.55	1886	30.76	32.79
30.58	3907	30.76	32.76
30.76	7492	31.13	35.16
30.98	8008	30.76	33.30
30.76	9545	31.71	32.30
30.76	10057	30.76	32.76
30.98	12124	30.76	32.76
31.01	13668	30.27	32.79
31.19	15738	30.76	31.25
31.19	17288	29.79	33.20
31.01	18838	31.23	33.11
30.98	19354	30.76	31.74
30.98	20384	30.62	32.48
30.98	20900	30.27	33.20
30.98	22447	30.27	32.23
30.98	23989	29.30	33.32

Record data aktual dari oli ditunjukkan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Data aktual dari oli

Debit (L/min)	Volume (ML)	Temp oli masuk (°C)	Temp oli keluar (°C)
9.27	4538	97.17	44.43
9.46	4695	100.10	43.95
9.47	4852	99.12	43.95
9.47	5009	96.68	44.92
9.24	5163	101.07	43.95
9.24	5317	100.10	45.41
9.26	5471	97.66	44.92
9.24	5625	101.07	44.92
9.45	5782	100.10	44.43
9.26	5936	98.14	45.41
9.24	6090	101.56	44.92
9.24	6244	100.10	45.41
9.25	6398	99.68	45.41
9.24	6552	101.56	44.43
9.24	6706	100.10	45.90
9.04	6856	99.68	45.41
9.24	7010	100.59	44.43
9.02	7160	100.59	45.90
9.05	7310	99.66	44.92
9.03	7460	101.07	43.95

Langkah selanjutnya adalah metode empiris, yaitu melakukan perhitungan matematis dengan beberapa model matematis, sehingga akan dihasilkan data empiris. Data empiris akan dibandingkan dengan data aktual alat yang sudah diujikan.

Analisa perhitungan Heat Exchanger U Tube model.

- Propertis pada alat purwarupa Heat Exchanger U-Tube.

Q (debit) _{air} = 30 liter/menit

Q (debit) _{oli} = 9 liter/menit

T_{cold,in} (temperatur air masuk) = 30° C

T_{hot,in} (temperatur oli masuk) = 100° C

The first step in the ϵ NTU method is determine the heat capacity rates of the hot and cold fluids and identify the smaller one :

Berdasarkan tabel propertis thermal, maka :

ρ_{air} (30°C) = 996 kg/m³.

ρ_{air} (100°C) = 840 kg/m³

C_{p,hot} (oli), pada temperatur 100°C = 2220 $\frac{J}{kg} \cdot K$

C_{p,cold} (air), pada temperatur 30°C = 4178 $\frac{J}{kg} \cdot K$

- Perhitungan $\dot{m}_{air}$, menggunakan model matematis:

$$\dot{m}(\dot{a}ir) = \rho_{air} \cdot Q_{air} \quad (1)$$

$$\dot{m}(\dot{a}ir) = \frac{996kg}{m^3} \cdot 30 \frac{l}{min}$$

$$\dot{m}(\dot{a}ir) = 996 \frac{kg}{m^3} \cdot (30 \times 10^{-3} \frac{m^3}{min}) \cdot \frac{1min}{60s}$$

$$\dot{m}(air) = 0,498kg/s$$

Dari tabel *thermodynamic* (tabel A-9), dengan ρ_{air} (30°C) = 996 kg/m³.

- Perhitungan $\dot{m}_{oli}$, menggunakan model matematis :

$$\dot{m}(\dot{o}li) = \rho_{oli} \cdot Q_{oli} \quad (2)$$

$$\dot{m}_{oli} = 840 \frac{kg}{m^3} \cdot 9 \frac{l}{min}$$

$$\dot{m}(oli) = 840 \frac{kg}{m^3} \cdot (9 \times 10^{-3} \frac{m^3}{min}) \cdot \frac{1min}{60s}$$

$$\dot{m}(oli) = 0,126 \frac{kg}{s}$$

Dari tabel *thermodynamic* (table A-9), dengan ρ_{oli} (100°C) = 840 kg/m³.

Untuk menghitung *heat capacity rate*, maka :

$$C_h = \dot{m}_{oli} \times C_{p,oli} \quad (3)$$

Berdasarkan buku *heat exchanger*, maka nilai dari C_{p,oli} = 2220 $\frac{J}{kg} \cdot K$, sehingga :

$$C_h = \dot{m}_{oli} \times C_{p,oli}$$

$$C_h = 0,126 \frac{kg}{s} \times 2220 \frac{J}{kg} \cdot K$$

$$C_h = 0,28 \frac{K \cdot W}{oC}$$

Untuk mencari *heat capacity rate-cool* (air), menggunakan persamaan matematis adalah :

$$C_c = \dot{m}_{air} \times C_{p,c}(air) \quad (4)$$

$$C_c = 0,498 \frac{kg}{s} \times 4178 \frac{J}{kg} \cdot K$$

$$C_c = 2,09 \frac{K \cdot W}{C^o}$$

Untuk mencari C_{min} = C_h (oli) = 0,28 K.W/°C

$$C = \frac{C_{min}}{C_{max}} = \frac{0,28}{2,09} = 0,134$$

Untuk mencari nilai *heat transfer rate maximum*, menggunakan persamaan matematis :

$$\dot{Q}_{max} = C_{min} (T_{hot(oli)} - T_{cold(air)}) \quad (5)$$

$$\dot{Q}_{max} = 19,6 KW.$$

Untuk mencari nilai heat transfer pada *surface area*, maka digunakan persamaan :

$$A_s = n(\pi \cdot D \cdot L) \quad (6)$$

$$A_s = 31(3,14 \times 0,004 \times 30)$$

$$A_s = 11,68m^2$$

Untuk mencari nilai dari NTU pada *heat exchanger*, maka harus mencari nilai U terlebih dahulu, dengan menggunakan persamaan :

$$U = \frac{\dot{Q}_{max}}{A_s \times \Delta T_{lmtD}} \quad (7)$$

$$U = \frac{19,6 kw}{11,68 \cdot m^2(100 - 30)C^o}$$

$$U = \frac{19,6 KW}{817,6 m^2C^o}$$

$$U = 0,024 \frac{KW}{m^2C^o}$$

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai dari NTU dengan menggunakan persamaan :

$$NTU = \frac{U \cdot A_s}{C_{min}} \quad (8)$$

$$0,24 \frac{KW}{m^2C^o} \times 11,68m^2$$

$$NTU = \frac{m^2C^o}{0,28 \frac{KW}{C^o}}$$

$$NTU = 1,00$$

Untuk mencari nilai efektifitas dari alat *heat exchanger*, dengan nilai C=0,134. Dan nilai dari NTU = 1,00, maka dengan melihat dari gambar 13-26, pada buku Yunus.A Cengel, halaman 695, pada tabel C, sehingga nilai dari :

$$\epsilon = 0,63$$

Sehingga untuk mencari nilai *actual rate* dari heat exchanger mengikuti persamaan :

$$Q = \epsilon \cdot \dot{Q}_{max} \quad (9)$$

$$Q = (0,63) \times 19,6 \text{ KW}$$

$$Q = 12,34 \text{ KW}$$

Untuk menentukan *outlet temperature of the cold and the hot fluid stream*, ditentukan dengan persamaan :

$$Q = C_c(T_{c,out} - T_{c,in}) \quad (10)$$

Untuk mencari nilai $T_{c,out}$, pada air (temperatur air keluar) maka digunakan persamaan :

$$T_{c,out} = T_{c,in} + \frac{Q}{C_c} \quad (11)$$

$$T_{c,out} = 30C^o + \frac{12,34 \text{ KW}}{2,09 \frac{\text{KW}}{C^o}}$$

$$T_{c,out(\text{air keluar})} = 35,9 \approx 35C^o$$

Sehingga nilai dari :

$$T_{c,out}(\text{nilai oli keluar}) = T_{c,in} - \frac{Q}{C_h}$$

$$T_{c,out} = 100C^o - \frac{12,4 \text{ KW}}{0,28 \frac{\text{KW}}{C^o}}$$

$$T_{c,out(\text{oli keluar})} = 100C^o - 61C^o$$

$$T_{c,out(\text{oli keluar})} = 39C^o$$

Berdasarkan data aktual dari purwarupa heat exchanger dengan bentuk U tube yang disajikan pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4, didapatkan data rata rata temperatur :

- Temperatur air masuk adalah 30°C
- Temperatur air keluar adalah 33°C
- Temperatur oli masuk adalah 100°C
- Temperatur oli keluar adalah 45.06°C

Sedangkan untuk hasil perhitungan dengan menggunakan model matematis, maka hasil dari temperatur air keluar dan temperatur oli keluar adalah :

- Temperatur air keluar adalah 35°C
- Temperatur oli keluar adalah 39°C

Dengan membandingkan hasil data aktual dan data empiris, maka untuk purwarupa alat heat exchanger model U-tube akan dihitung efektifitas alatnya dengan cara :

$$\begin{aligned} \text{Efektifitas H. E(model U tube)} &= \frac{45C^o - 39C^o}{45C^o} \times 100\% \\ &= 100\% - \frac{45C^o - 39C^o}{45C^o} \times 100\% \end{aligned}$$

$$\text{Efektifitas H. E(model U tube)} = 86,67\%$$

Kesimpulan

Purwaruaa heat exchanger berupa shell dan tube berbentuk U-Tube, fluida menggunakan oli sebagai pemanas dan air sebagai fluida pendingin. Berdasarkan data aktual dari sensor yang terpakai pada alat heat exchanger bahwa temperature air masuk adalah 30°C dan temperature air keluar adalah 33°C, data aktual sensor untuk oli masuk 100°C, temperature oli keluar 45,06°C. berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan matematis hasil dari temperatur air keluar adalah 35°C dan temperature oli keluar 39°C, efektifitas heat exchanger model U-Tube mempunyai efektifitas sebesar 86,67%.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kami sampaikan kepada Fakultas Teknik Universitas Trunojoyo Madura yang telah memberikan fasilitas kepada kami dalam keikutsertaan kami pada Program Studi Profesi Insinyur (PSPI). Terima kasih juga kami sampaikan kepada para pengurus, pembimbing dan pengajar di PSPI Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya yang telah membimbing kami dalam perkuliahan PSPI.

Referensi

- Budiarto, Hairil, 2013. Pengaruh Variasi Panjang *Static Twisted Tape* Terhadap Penurunan Tekanan Pada *Oil Cooler* Jenis *Counter Flow*. SNIRA (Seminar Nasional Industrialisasi Madura & Call For Paper). Prodi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Trunojoyo Madura.
- Cengel, Y.A, 2003. *Heat Transfer A Practical Approach*. McGraw Hill Companies, Amerika.
- Cengel, Y.A; 2001: *Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences*; McGraw Hill Companies, Amerika.
- Ekasari, Fatimah, 2014. Pengendali Temperatur Fluida Pada *Heat Exchanger* Dengan Menggunakan Algoritma *Model Predictive Control* (MPC). Jurnal Teknik POMITS, Vol.3, no.1 . ISSN:2337-3539.
- Fahrudin, Arifin, 2008: Pengaruh Variasi Diameter Kawat *Helical Turbulator* dan Variasi Debit *Fluida* Pendingin Terhadap Laju Perpindahan Kalor Dan *Pressure Drop* Pada *Heat Exchanger*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.
- Hidayat, Rohmat, 2014. Aplikasi *Fuzzy Logic* Untuk Tuning *Parameter Kontrol* PID Pada Pengaturan Suhu Cairan *Shell And Tube Heat Exchanger*. Seminar Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang.
- Incropera, DeWitt, Bergman, Lavine. *Fundamental of Heat and Mass Transfer*, SIXTH EDITION. WILEY. ISBN:0-471-76115-X.
- Padhee, Subhransu, 2014, volume 9. *Controller Design For Temperature Control Of Heat Exchanger System* :



Simulation Studies. WSEAS TRANSACTION on
SYSTEM and CONTROL. E-ISSN:2224-2856.

Syahputra, Romadoni, 2015. Simulasi Pengendalian
Temperatur Pada Heat Exchanger Menggunakan
Teknik Neuro-Fuzzy Adaptif. Jurnal Teknologi,
Volume 8 nomor 2.

Desain Welding Procedure Spesification untuk Project Overhaul Crude Oil Storage Tank tangki R Series di Perusahaan Oil & Gas Refinery Unit V

Azhar Rizki Ramadhan¹ Suratno Lourentius¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ azhar_rizki.23@ukwms.ac.id

✉ suratno.lourentius@ukwms.ac.id

Pendahuluan

Suatu project mechanical Refinery Unit membutuhkan prosedur pengelasan dengan standar tertentu yang dapat mengakomodir berbagai jenis desain dan segala jenis tipe sambungan pengelasan. Pertamina salah satu Perusahaan minyak dan gas di Indonesia akan memulai project dengan spesifikasi pengelasan tertentu, diharapkan prosedur ini dapat digunakan di semua jenis pengelasan dengan kualitas tinggi yang menganut standard Migas dan ASME.



Berdasarkan The American Society of Mechanical Engineers (ASME) Section IX Boiler and Pressure Vessel Code tentang standar kualifikasi welding, brazing, and fusing, WPS atau

Project mechanical refinery unit Balikpapan membutuhkan prosedur pengelasan yang sesuai dengan standar tertentu contohnya migas dan standar Amerika yang dapat mengakomodir berbagai desain dan jenis sambungan pengelasan dengan spesifikasi yang diatur juga dalam standard tersebut. Penelitian mengacu dari standar ASME dan Migas dengan representasi standar Nasional Indonesia. Berbagai Metode pengujian akan dilakukan oleh standard untuk memastikan bahwa hasil prosedur pengelasan ini baik secara standar nasional maupun internasional. Hasil design Welding Procedure Spesification mengacu pada ASME Standard terbaru 2022 dimana akan digunakan Plat setebal 12mm agar dapat mengakomodir seluruh pengelasan tangki dengan posisi pengelasan 3G menyesuaikan dengan range kualifikasi Welder yang dipunyai oleh perusahaan. Pengujian Destructive akan dilakukan Tensile Test dan Bending test dengan jumlah Test Piece 3 untuk tensile dan 2 untuk Bending root bend dan face bend. Untuk Nondestructive akan dilakukan Visual Inspection dan Radiography Testing.

Kata kunci: Material, Welding Procedure Spesification, American Society of Mechanical Engineers, Destructive test, Nondestructive Testing

spesifikasi prosedur las merupakan prosedur tertulis tentang pengelasan yang sudah terakualifikasi untuk memberikan arahan dalam membuat pengelasan produksi (production weld) sesuai dengan persyaratan dari standar yang dipakai.



Gambar 2 Flux Cored Arc Welding

Penelitian ini digunakan untuk mendesain prosedur pengelasan agar dapat digunakan segala jenis sambungan dengan limitasi yang luas berdasarkan standard ASME (American Society of Mechanical Engineers) dan AWS (American Welding Society). Metode Penelitian mengacu pada standard ASME, AWS dan wawancara ke pihak Third Party Client Supervisor dan Client Engineer. Hasil Penelitian ini memaparkan aktual pemilihan jenis pengujian dan range kualifikasi yang dapat diakomodir oleh prosedur sehingga produk pengelasan yang dihasilkan dapat sesuai dengan standar Nasional Indonesia dan Standard ASME dan AWS.



Metode

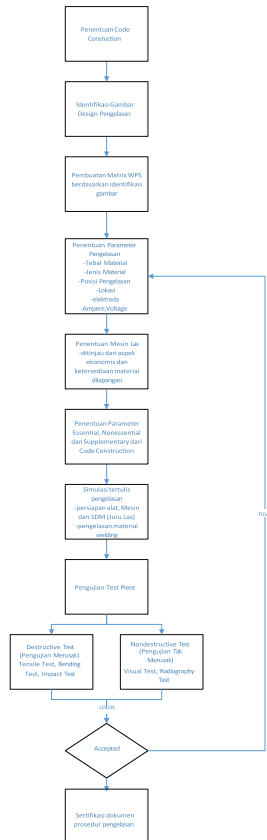
Studi kasus ini bertujuan untuk menganalisa dan evaluasi desain engineering prosedur pengelasan pada suatu standard dan pengujian apa saja yang dapat dilakukan untuk dapat mengakomodir beberapa desain dan jenis sambungan pada proyek tersebut. Ada berbagai jenis material yang digunakan dalam proyek ini dimana disetiap jenis material memiliki kandungan kimia dan mechanical yang berbeda dimana ada suatu standard dapat dikelompokkan dalam bidang yang sama menurut MIGAS, ASME IX dan AWS D1.1.

Rumusan masalah

1. Bagaimana desain yang akan diakomodir prosedur (Desain Gambar)?.
2. Parameter apa saja yang termasuk Essential, Nonesessential dan Supplementary?.
3. Material tambah apa yang digunakan?.
4. Pengujian apa saja yang digunakan agar prosedur dapat digunakan?.
5. Aktual kualifikasi dan range Kualifikasi prosedur yang dapat diakomodir?.

Studi ini dapat menjadi acuan pembuatan prosedur design engineering untuk sebagai guidance prosedur pengelasan untuk pekerjaan Mechanical, Structure dengan mengacu pada standard MIGAS, American Society of Mechanical Engineer dan American Welding Society.

Flow Chart penelitian



Gambar 1 Flow Chart Penelitian

Hasil Kerja

Menurut pengelompokan (matrix WPS) berdasarkan material dan ketebalan yang mengacu pada ASME, project ini menggunakan material P number 1 dimana dapat dilihat dari tabel QW 422 yang terdiri dari A283 gr C, A36, A106 gr B dan A105 yang berarti dapat disimpulkan bisa menggunakan 1 jenis material di WPS. Berikut adalah tabel dari Matrix WPS untuk project ini

Tabel 1 Matrix WPS

MATRIX WPS PROJECT REFINERY UNIT					
Bagian	Part	Thickness (mm)	Jenis Material	Code Material	Jenis Material
Shell	Shell 1	17	A283 gr C	ASTM/ASME	Plate
	Shell 2	15	A283 gr C	ASTM/ASME	Plate
	Shell 3	14	A283 gr C	ASTM/ASME	Plate
	Shell 4	10	A283 gr C	ASTM/ASME	Plate
	Shell 5	8	A283 gr C	ASTM/ASME	Plate
	Shell 6	6.35	A283 gr C	ASTM/ASME	Plate
	Shell 7	6.35	A283 gr C	ASTM/ASME	Plate
Roof	Roof Plate	6.35	A283 gr C	ASTM/ASME	Plate
	Annular Roof Plate	6.35	A283 gr C	ASTM/ASME	Plate
	Backing Plate	6.35	A283 gr C	ASTM/ASME	Plate
Bottom	Bottom Plate	9.4	A283 gr C	ASTM/ASME	Plate
	Annular Bottom Plate	9.4	A283 gr C	ASTM/ASME	Plate
	Backing Plate	9.4	A283 gr C	ASTM/ASME	Plate
Nozzle	N1	8-25	A106 Gr B/A105/A283 gr C	ASTM/ASME	Pipa/Plate
	N2	5-25	A106 Gr B/A105/A283 gr C	ASTM/ASME	Pipa/Plate
	N3	4-25	A106 Gr B/A105/A283 gr C	ASTM/ASME	Pipa/Plate
	N4	3-25	A106 Gr B/A105/A283 gr C	ASTM/ASME	Pipa/Plate
	N5	4-25	A106 Gr B/A105/A283 gr C	ASTM/ASME	Pipa/Plate
	N6	6-25	A106 Gr B/A105/A283 gr C	ASTM/ASME	Pipa/Plate
	N7	10-25	A106 Gr B/A105/A283 gr C	ASTM/ASME	Pipa/Plate
	N8	12-25	A106 Gr B/A105/A283 gr C	ASTM/ASME	Pipa/Plate
	N9	10-25	A106 Gr B/A105/A283 gr C	ASTM/ASME	Pipa/Plate
	MH 1	12-25	A106 Gr B/A105/A283 gr C	ASTM/ASME	Pipa/Plate
	MH 2	12-25	A106 Gr B/A105/A283 gr C	ASTM/ASME	Pipa/Plate
Rafter	COD	10-40	A283 gr C	ASTM/ASME	Plate
	Gusset 24	10-12	A36	ASTM/ASME	Structure
	Gusset 25	12	A36	ASTM/ASME	Structure
	Gusset 26	10-13	A36	ASTM/ASME	Structure
	Gusset 30	14	A36	ASTM/ASME	Structure

Dari hasil matrix WPS didapatkan bahwa material yang akan di ujikan adalah material A283 gr C dengan P Number 1 pada ASME (American Society of Mechanical Engineers) dimana akan dapat mengcover semua jenis material P number 1 dengan ketebalan 17 mm dimana material ini dipilih berdasarkan ketentuan asme yaitu semakin tebal material semakin banyak material (unlimited) yang dapat di cover oleh *Welding Procedure Specification* ini.

Berdasarkan dari pengelompokan dalam subjudul 1 dapat digunakan acuan untuk menentukan parameter yang essential, non essential dan supplementary dimana dapat di lihat di QW 255 yaitu pengelasan FCAW ditabel tersebut dijelaskan parameter yang dapat merubah hasil dari pengelasan serta dapat menjelaskan apapun yang tidak dapat mengganggu hasil pengelasan.

Table QW-255 Welding Variables Procedure Specifications (WPS) – Gas Metal-Arc Welding (GMAW and FCAW)				
Paragraph	Brief of Variables	Essential	Supplementary	Nonessential
QW-402 Joints	1. ϕ Groove design		X	
	4. ϕ Backing			X
	10. ϕ Root spacing			X
QW-403 Base Metals	11. ϕ Retainers			X
	5. ϕ Group Number		X	
	6. ϕ T Limits		X	
	8. ϕ T Qualified	X		
	9. ϕ t Base $\geq 1/2$ in. (13 mm)	X		
QW-404 Filler Metals	11. ϕ P-No. specified	X		
	4. ϕ F-Number	X		
	5. ϕ A-Number	X		
	6. ϕ Diameter			X
	12. ϕ Classification		X	
	23. ϕ Filler metal product form	X		
	24. ϕ α ϕ Supplemental	X		
QW-405 Positions	27. ϕ Alloy elements	X		
	30. ϕ t	X		
	33. ϕ Classification			X
	1. ϕ Position			X
	3. ϕ t Vertical welding			X
QW-406 Preheat	1. Decrease $\geq 100^{\circ}\text{F}$ (55°C)	X		
	2. ϕ Preheat min.			X
	3. Increase $\geq 100^{\circ}\text{F}$ (55°C) (IP)		X	
QW-407 PWHT	1. ϕ PWHT	X		
	2. ϕ PWHT (T&T range)		X	
QW-408 Gas	1. ϕ Trail or ϕ comp.			X
	2. ϕ Single, mixture, or %	X		
	3. ϕ Flow rate			X
	5. ϕ α ϕ Backing flow			X
	9. ϕ Backing or ϕ comp.	X		
QW-409 Electrical Characteristics	10. ϕ Trail or ϕ comp.	X		
	1. ϕ Heat input		X	
	A. ϕ Current or polarity			X
	B. ϕ IAE range			X
	30. ϕ Current or polarity		X	
	32. ϕ Transfer mode			X

Gambar 2 Variabel WPS GMAW/FCAW



Table QW-235
Welding Variables Procedure Specifications (WPS) — Gas Metal-Arc Welding (GMAW and FCAW) (Cont'd)

Paragraph	Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-410 Technique	1. String or weave			X
	3. Orifice, cup, or nozzle size			X
	5. Method cleaning			X
	6. Method back gouge			X
	7. Oscillation			X
	8. Tube-work distance			X
	9. Multiple to single pass per side			X
	10. Single to multiple electrodes		X	X
	15. Electrode spacing			X
	23. Manual or automatic			X
	26. Peening			X
	64. Use of thermal processes	X		
	87. Multiple to single pass/side		X	

Legend:
+ Addition
- Deletion
> Increase or greater than
< Decrease or less than
↑ Uphill
↓ Downhill
← Forehand
→ Backhand
Φ Change

Gambar 3 Variabel WPS GMAW/FCAW(cont)

Material yang digunakan dalam pengelasan project yaitu dapat menggunakan filler metal wire E71T-1C dimana material ini dapat dilihat di tabel QW 442 termasuk dalam material tambah di ASME dan untuk selengkapnya dapat di lihat di ASME II C yang khusus menjelaskan tentang material tambah di ASME. Material tambah tersebut dapat digunakan untuk mengelas semua material yang ter list di Subjudul 1.

SPECIFICATION FOR CARBON STEEL ELECTRODES FOR
FLUX CORED ARC WELDING



SFA-5.20/SFA-5.20M



308

[Identical with AWS Specification A5.20/A5.20M-2011, in case of dispute, the original AWS test applies.]

Gambar 4 Tabel F Number SFA 5.20

Table QW-432
F-Numbers
Grouping of Electrodes and Welding Rods for Qualification (Cont'd)

F-No.	ASME Specification	AWS Classification	UNS No.
Steel and Steel Alloys (Cont'd)			
4	SFA-5.5	E(X)XX45	—
5	SFA-5.4 austenitic and duplex	E(X)XX-15	—
5	SFA-5.4 austenitic and duplex	E(X)XX-16	—
5	SFA-5.4 austenitic and duplex	E(X)XX-17	—
6	SFA-5.2	All classifications	—
6	SFA-5.9	All classifications	—
6	SFA-5.17	All classifications	—
6	SFA-5.18	All classifications	—
6	SFA-5.20	All classifications	—
6	SFA-5.22	All classifications	—
6	SFA-5.23	All classifications	—
6	SFA-5.25	All classifications	—
6	SFA-5.26	All classifications	—
6	SFA-5.28	All classifications	—
6	SFA-5.29	All classifications	—
6	SFA-5.30	INM-X	—
6	SFA-5.30	IN5XX	—
6	SFA-5.30	IN3XX(X)	—
6	SFA-5.39	All classifications	—

Gambar 5 Tabel F Number SFA 5.20

Table 1
Mechanical Property Requirements (as welded)

AWS Classifications A5.20 [A5.20M]	Tensile Strength ksi [MPa]	Yield Strength ^a ksi [MPa]	Minimum % Elongation ^b	Minimum Charpy V-Notch Energy ft-lbs [Joules]
E7XT-1C, -1M [E49XT-1C, -1M]	70-95 [490-670]	58 [390] min.	22	20 ft-lb @ 0°F [27 J @ -20°C]
E7XT-2C, -2M [E49XT-2C, -2M]				
E7XT-3 [E49XT-3]	70 [490] min.	Not Specified	Not Specified	Not Specified
E7XT-10 [E49XT-10]				
E7XT-14 [E49XT-14]				
E7XT-15 [E49XT-15]				
E7XT-4 [E49XT-4]				
E7XT-7 [E49XT-7]				
E7XT-11 [E49XT-11]	70-95 [490-670]	58 [390] min.	22 ^d	Not Specified
E7XT-6 [E49XT-6]				
E7XT-9C, -9M [E49XT-9C, -9M]				
E7XT-8 [E49XT-8]	70-95 [490-670]	58 [390] min.	22	20 ft-lb @ -20°F [27 J @ -30°C]
E7XT-9C, -9M [E49XT-9C, -9M]				
E7XT-12C, -12M [E49XT-12C, -12M]	70-90 [490-620]			
E8XT-10 [E49XT-10]	60 [430] min.	Not Specified	Not Specified	Not Specified
E8XT-6 [E49XT-6]	60-80 [430-600]	48 [330] min.	22	Not Specified

^a Yield Strength at 0.2% offset.
^b In 2 in [50 mm] gage length when a 0.500 in [12.5 mm] nominal diameter tensile specimen and nominal gage length to diameter ratio of 4:1 (as specified in the Tension Test clause of AWS B4.0) is used.
^c These classifications are intended for single pass welding. They are not for multiple pass welding. Only tensile strength is specified and, for this reason, only transverse tension and longitudinal gage break are required (see Table 4).
^d The minimum % elongation requirement for E7XT-11 [E49XT-11] is 20%. For 0.045 in [1.2 mm] and smaller sizes of the E7XT-11 [E49XT-11] classification, a nominal 0.250 in [6.5 mm] tensile specimen with a 1 in [25 mm] gage length is permitted.

Gambar 6 Mechanical Property E71T-1C

Table 3
Weld Metal Composition Requirements

Electrode Classification A5.20 [A5.20M]	UNS ^a Number	Weight Percent ^{b,c,d}									
		C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	V	Al ^e
E7XT-1C, -1M [E49XT-1C, -1M]	W07601										
E7XT-5C, -5M [E49XT-5C, -5M]	W07605	0.12	1.75	0.90	0.03	0.03	0.20	0.50	0.30	0.08	—
E7XT-9C, -9M [E49XT-9C, -9M]	W07609										
E7XT-4 [E49XT-4]	W07604										
E7XT-6 [E49XT-6]	W07606										
E7XT-7 [E49XT-7]	W07607	0.30	1.75	0.60	0.03	0.03	0.20	0.50	0.30	0.08	1.8
E7XT-8 [E49XT-8]	W07608										
E7XT-11 [E49XT-11]	W07611										
E7XT-12C, -12M [E49XT-12C, -12M]	W07612	0.12	1.60	0.90	0.03	0.03	0.20	0.50	0.30	0.08	—
E8XT-G [E8XT-G]	—	(g)	1.75	0.90	0.03	0.03	0.20	0.50	0.30	0.08	1.8
E7XT-2C, -2M [E49XT-2C, -2M]	W07602										
E7XT-3 [E49XT-3]	W07603										
E7XT-10 [E49XT-10]	W07610										
E7XT-14 [E49XT-14]	W07614										
E8XT-GS [E8XT-GS]	—										

^a According to SAE J158/ASTM D5-56 Metals & Alloys in the Unified Numbering System.
^b The weld metal shall be analyzed for the specific elements for which values are shown in this table. The total of all the elements listed in this table shall not exceed 98.
^c Not Specified^d

Gambar 7 Chemical Property E71T-1C

Pengujian Merusak Destructive Testing dan tidak Merusak Non Destructive Testing apa saja menurut Code dan Standard yang dapat digunakan untuk dapat menguji Prosedur ini. Untuk pengujian mengacu pada ASME IX untuk DT dapat menggunakan Tensile Test dan Bending Test dan untuk pengujian non destructive test dapat menggunakan Radiography test dan Visual Test yang dapat dilihat di tabel QW 400 ,QW 401, QW 402, dan QW 404.

QW-202 TYPE OF TESTS REQUIRED

- (21) **QW-202.1 Mechanical Tests.** The type and number of test specimens that shall be tested to qualify a groove weld procedure are given in **QW-451**, and shall be removed in a manner similar to that shown in **Figures QW-463.1(a)** through **QW-463.1(f)**. If any test specimen required by **QW-451** fails to meet the applicable acceptance criteria, the test coupon shall be considered as failed.

When it can be determined that the cause of failure is not related to welding parameters, another test coupon may be welded using identical welding parameters.

Alternatively, if adequate material of the original test coupon exists, additional test specimens may be removed as close as practicable to the original specimen location to replace the failed test specimens.

When it has been determined that the test failure was caused by an essential or supplementary essential variable, a new test coupon may be welded with appropriate changes to the variable(s) that was determined to cause the test failure. If the new test passes, the essential and supplementary essential variables shall be documented on the PQR.

When it is determined that the test failure was caused by one or more welding related factors other than essential or supplementary essential variables, a new test coupon may be welded with the appropriate changes to the welding related factors that were determined to cause the test failure. If the new test passes, the welding related factors that were determined to cause the previous test failure shall be addressed by the organization to ensure that the required properties are achieved in the production weldment.

Where qualification is for fillet welds only, the requirements are given in **QW-202(c)**; and where qualification is for stud welds only, the requirements are given in **QW-202.5**.

Gambar 8 Statement Pengujian WPS

QW-450 SPECIMENS
QW-451 PROCEDURE QUALIFICATION THICKNESS LIMITS AND TEST SPECIMENS

Range of Thickness T of Base Metal, Qualified, (in. [mm])			Maximum Thicknesses t of Deposited Weld Metal, Qualified, in. [mm]		Type and Number of Tests Required (Tension and Guided-Bend Tests) [Note (2)]				
Thickness T of Test Coupon, Welded, (in. [mm])			Tension, Tensile Strength, ksi [MPa]		Side Bend, QW-150	Face Bend, QW-160	Root Bend, QW-160		
Min.	Max.		(in. [mm])	(in. [mm])	QW-150	QW-160	QW-160	Root Bend, QW-160	
Less than 1/8 (1.5)	1/8 (1.5)	27	27	27	2	2	2	2	
1/8 (1.5) to 1/4 (3.2), incl.	1/4 (3.2)	27	27	27	2	2	2	2	
Over 1/4 (3.2), but less than 1/2 (12.5)	1/2 (12.5)	27	27	27	2	2	2	2	
1/2 (12.5) to less than 1 (25.4)	1 (25.4)	27	27	27	2	2	2	2	
1 (25.4) to less than 1 1/2 (38.1)	1 1/2 (38.1)	27	27	27	2	2	2	2	
1 1/2 (38.1) to 2 (50.8)	2 (50.8)	27	27	27	2	2	2	2	
2 (50.8) to 4 (101.6)	4 (101.6)	27	27	27	2	2	2	2	
4 (101.6) to 6 (152.4)	6 (152.4)	27	27	27	2	2	2	2	
6 (152.4) to 8 (203.2)	8 (203.2)	27	27	27	2	2	2	2	
8 (203.2) to 12 (304.8)	12 (304.8)	27	27	27	2	2	2	2	
12 (304.8) to 16 (406.4)	16 (406.4)	27	27	27	2	2	2	2	
16 (406.4) to 24 (609.6)	24 (609.6)	27	27	27	2	2	2	2	
24 (609.6) to 36 (914.4)	36 (914.4)	27	27	27	2	2	2	2	
36 (914.4) to 48 (1219.2)	48 (1219.2)	27	27	27	2	2	2	2	
48 (1219.2) to 60 (1524)	60 (1524)	27	27	27	2	2	2	2	
60 (1524) to 72 (1828.8)	72 (1828.8)	27	27	27	2	2	2	2	
72 (1828.8) to 84 (2133.6)	84 (2133.6)	27	27	27	2	2	2	2	
84 (2133.6) to 96 (2438.4)	96 (2438.4)	27	27	27	2	2	2	2	
96 (2438.4) to 108 (2743.2)	108 (2743.2)	27	27	27	2	2	2	2	
108 (2743.2) to 120 (3048)	120 (3048)	27	27	27	2	2	2	2	
120 (3048) to 144 (3657.6)	144 (3657.6)	27	27	27	2	2	2	2	
144 (3657.6) to 168 (4267.2)	168 (4267.2)	27	27	27	2	2	2	2	
168 (4267.2) to 192 (4876.8)	192 (4876.8)	27	27	27	2	2	2	2	
192 (4876.8) to 216 (5491.2)	216 (5491.2)	27	27	27	2	2	2	2	
216 (5491.2) to 240 (6096)	240 (6096)	27	27	27	2	2	2	2	
240 (6096) to 264 (6700.8)	264 (6700.8)	27	27	27	2	2	2	2	
264 (6700.8) to 288 (7305.6)	288 (7305.6)	27	27	27	2	2	2	2	
288 (7305.6) to 312 (7910.4)	312 (7910.4)	27	27	27	2	2	2	2	
312 (7910.4) to 336 (8515.2)	336 (8515.2)	27	27	27	2	2	2	2	
336 (8515.2) to 360 (9120)	360 (9120)	27	27	27	2	2	2	2	
360 (9120) to 384 (9724.8)	384 (9724.8)	27	27	27	2	2	2	2	
384 (9724.8) to 408 (10329.6)	408 (10329.6)	27	27	27	2	2	2	2	
408 (10329.6) to 432 (10934.4)	432 (10934.4)	27	27	27	2	2	2	2	
432 (10934.4) to 456 (11539.2)	456 (11539.2)	27	27	27	2	2	2	2	
456 (11539.2) to 480 (12144)	480 (12144)	27	27	27	2	2	2	2	
480 (12144) to 504 (12748.8)	504 (12748.8)	27	27	27	2	2	2	2	
504 (12748.8) to 528 (13353.6)	528 (13353.6)	27	27	27	2	2	2	2	
528 (13353.6) to 552 (13958.4)	552 (13958.4)	27	27	27	2	2	2	2	
552 (13958.4) to 576 (14563.2)	576 (14563.2)	27	27	27	2	2	2	2	
576 (14563.2) to 600 (15168)	600 (15168)	27	27	27	2	2	2	2	
600 (15168) to 624 (15772.8)	624 (15772.8)	27	27	27	2	2	2	2	
624 (15772.8) to 648 (16377.6)	648 (16377.6)	27	27	27	2	2	2	2	
648 (16377.6) to 672 (16982.4)	672 (16982.4)	27	27	27	2	2	2	2	
672 (16982.4) to 696 (17587.2)	696 (17587.2)	27	27	27	2	2	2	2	
696 (17587.2) to 720 (18192)	720 (18192)	27	27	27	2	2	2	2	
720 (18192) to 744 (18796.8)	744 (18796.8)	27	27	27	2	2	2	2	
744 (18796.8) to 768 (19401.6)	768 (19401.6)	27	27	27	2	2	2	2	
768 (19401.6) to 792 (19956.8)	792 (19956.8)	27	27	27	2	2	2	2	
792 (19956.8) to 816 (20561.6)	816 (20561.6)	27	27	27	2	2	2	2	
816 (20561.6) to 840 (21166.4)	840 (21166.4)	27	27	27	2	2	2	2	
840 (21166.4) to 864 (21771.2)	864 (21771.2)	27	27	27	2	2	2	2	
864 (21771.2) to 888 (22376)	888 (22376)	27	27	27	2	2	2	2	
888 (22376) to 912 (22980.8)	912 (22980.8)	27	27	27	2	2	2	2	
912 (22980.8) to 936 (23585.6)	936 (23585.6)	27	27	27	2	2	2	2	
936 (23585.6) to 960 (24190.4)	960 (24190.4)	27	27	27	2	2	2	2	
960 (24190.4) to 984 (24795.2)	984 (24795.2)	27	27	27	2	2	2	2	
984 (24795.2) to 1008 (25392)	1008 (25392)	27	27	27	2	2	2	2	
1008 (25392) to 1032 (25996.8)	1032 (25996.8)	27	27	27	2	2	2	2	
1032 (25996.8) to 1056 (26601.6)	1056 (26601.6)	27	27	27	2	2	2	2	
1056 (26601.6) to 1080 (27206.4)	1080 (27206.4)	27	27	27	2	2	2	2	
1080 (27206.4) to 1104 (27811.2)	1104 (27811.2)	27	27	27	2	2	2	2	
1104 (27811.2) to 1128 (28416)	1128 (28416)	27	27	27	2	2	2	2	
1128 (28416) to 1152 (29020.8)	1152 (29020.8)	27	27	27	2	2	2	2	
1152 (29020.8) to 1176 (29625.6)	1176 (29625.6)	27	27	27	2	2	2	2	
1176 (29625.6) to 1200 (30230.4)	1200 (30230.4)	27	27	27	2	2	2	2	
1200 (30230.4) to 1224 (30835.2)	1224 (30835.2)	27	27	27	2	2	2	2	
1224 (30835.2) to 1248 (31440)	1248 (31440)	27	27	27	2	2	2	2	
1248 (31440) to 1272 (32044.8)	1272 (32044.8)	27	27	27	2	2	2	2	
1272 (32044.8) to 1296 (32649.6)	1296 (32649.6)	27	27	27	2	2	2	2	
1296 (32649.6) to 1320 (33254.4)	1320 (33254.4)	27	27	27	2	2	2	2	
1320 (33254.4) to 1344 (33859.2)	1344 (33859.2)	27	27	27	2	2	2	2	
1344 (33859.2) to 1368 (34464)	1368 (34464)	27	27	27	2	2	2	2	
1368 (34464) to 1392 (35068.8)	1392 (35068.8)	27	27	27	2	2	2	2	
1392 (35068.8) to 1416 (35673.6)	1416 (35673.6)	27	27	27	2	2	2	2	
1416 (35673.6) to 1440 (36278.4)	1440 (36278.4)	27	27	27	2	2	2	2	
1440 (36278.4) to 1464 (36883.2)	1464 (36883.2)	27	27	27	2	2	2	2	
1464 (36883.2) to 1488 (37488)	1488 (37488)	27	27	27	2	2	2	2	
1488 (37488) to 1512 (38092.8)	1512 (38092.8)	27	27	27	2	2	2	2	
1512 (38092.8) to 1536 (38697.6)	1536 (38697.6)	27	27	27	2	2	2	2	
1536 (38697.6) to 1560 (39302.4)	1560 (39302.4)	27	27	27	2	2	2	2	
1560 (39302.4) to 1584 (39907.2)	1584 (39907.2)	27	27	27	2	2	2	2	
1584 (39907.2) to 1608 (40512)	1608 (40512)	27	27	27	2	2	2	2	
1608 (40512) to 1632 (41116.8)	1632 (41116.8)	27	27	27	2	2	2	2	
1632 (41116.8) to 1656 (41721.6)	1656 (41721.6)	27	27	27	2	2	2	2	
1656 (41721.6) to 1680 (42326.4)	1680 (42326.4)	27	27	27	2	2	2	2	
1680 (42326.4) to 1704 (42931.2)	1704 (42931.2)	27	27	27	2	2	2	2	
1704 (42931.2) to 1728 (43536)	1728 (43536)	27	27	27	2	2	2	2	
1728 (43536) to 1752 (44140.8)	1752 (44140.8)	27	27	27	2	2	2	2	
1752 (44140.8) to 1776 (44745.6)	1776 (44745.6)	27	27	27	2	2	2	2	
1776 (44745.6) to 1800 (45350.4)	1800 (45350.4)	27	27	27	2	2	2	2	
1800 (45350.4) to 1824 (45955.2)	1824 (45955.2)	27	27	27	2	2	2	2	
1824 (45955.2) to 1848 (46560)	1848 (46560)	27	27	27	2	2	2	2	
1848 (46560) to 1872 (47164.8)	1872 (47164.8)	27	27	27	2	2	2	2	
1872 (47164.8) to 1896 (47769.6)	1896 (47769.6)	27	27	27	2	2	2	2	
1896 (47769.6) to 1920 (48374.4)	1920 (48374.4)	27	27	27	2	2	2	2	
1920 (48374.4) to 1944 (48979.2)	1944 (48979.2)	27	27	27	2	2	2	2	
1944 (48979.2) to 1968 (49584)	1968 (49584)	27	27	27	2	2	2	2	
1968 (49584) to 1992 (50188.8)	1992 (50188.8)	27	27	27	2	2	2	2	
1992 (50188.8) to 2016 (50793.6)	2016 (50793.6)	27	27	27	2	2	2	2	
2016 (50793.6) to 2040 (51398.4)	2040 (51398.4)	27	27	27	2	2	2	2	
2040 (51398.4) to 2064 (52003.2)	2064 (52003.2)	27	27	27	2	2	2	2	
2064 (52003.2) to 2088 (52608)	2088 (52608)	27	27	27	2	2	2	2	
2088 (52608) to 2112 (53212.8)	2112 (53212.8)	27	27	27	2	2	2	2	
2112 (53212.8) to 2136 (53817.6)	2136 (53817.6)	27	27	27	2	2	2	2	
2136 (53817.6) to 2160 (54422.4)	2160 (54422.4)	27	27	27	2	2	2	2	
2160 (54422.4) to 2184 (55027.2)	2184 (55027.2)	27	27	27	2	2	2	2	
2184 (55027.2) to 2208 (55632)	2208 (55632)	27	27	27	2	2	2	2	
2208 (55632) to 2232 (56236.8)	2232 (56236.8)	27	27	27	2	2	2	2	
2232 (56236.8) to 2256 (56841.6)	2256 (56841.6)	27	27	27	2	2	2	2	
2256 (56841.6) to 2280 (57446.4)	2280 (57446.4)	27	27	27	2	2	2	2	
2280 (57446.4) to 2304 (58051.2)	2304 (58051.2)	27	27	27	2	2	2	2	
2304 (58051.2) to 2328 (58656)	2328 (58656)	27	27	27	2	2	2	2	
2328 (58656) to 2352 (59260.8)	2352 (59260.8)	27	27	27	2	2	2	2	
2352 (59260.8) to 2376 (59865.6)	2376 (59865.6)	27	27	27	2	2	2	2	
2376 (59865.6) to 2400 (60470.4)	2400 (60470.4)	27	27	27	2	2	2	2	
2400 (60470.4) to 2424 (61075.2)	2424 (61075.2)	27	27	27	2	2	2	2	
2424 (61075.2) to 2448 (61680)	2448 (61680)	27	27	27	2	2	2	2	
2448 (61680) to 2472 (62284.8)	2472 (62284.8)	27	27	27	2	2	2	2	
2472 (62284.8) to 2496 (62889.6)	2496 (62889.6)	27	27	27	2	2	2	2	
2496 (62889.6) to 2520 (63494.4)	2520 (63494.4)	27	27	27	2	2	2	2	
2520 (63494.4) to 2544 (64099.2)	2544 (64099.2)	27	27	27	2	2	2	2	
2544 (64099.2) to 2568 (64704)	2568 (64704)	27	27	27	2	2	2	2	
2568 (64704) to 2592 (65308.8)	2592 (65308.8)	27	27	27	2	2	2	2	
2592 (65308.8) to 2616 (65913.6)	2616 (65913.6)	27	27	27	2	2	2	2	
2616 (65913.6) to 2640 (66518.4)	2640 (66518.4)	27	27	27	2	2	2	2	
2640 (66518.4) to 2664 (67123.2)	2664 (67123.2)	27	27	27	2	2	2	2	
2664 (67123.2) to 2688 (67728)	2688 (67728)	27	27	27	2	2	2	2	
2688 (67728) to 2712 (68332.8)	2712 (68332.8)	27	27	27	2	2	2	2	
2712 (68332.8) to 2736 (68937.6)	2736 (68937.6)								

QW-302 TYPE OF TEST REQUIRED

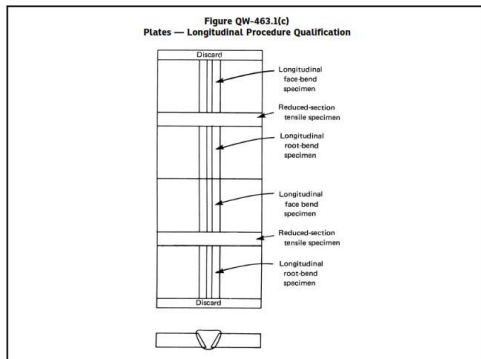
QW-302.1 Mechanical Tests. Except as may be specified for special processes (QW-380), the type and number of test specimens required for mechanical testing shall be in accordance with QW-452. Groove weld test specimens shall be removed in a manner similar to that shown in Figures QW-463.2(a) through QW-463.2(g). Fillet weld test specimens shall be removed in a manner similar to that shown in Figures QW-462.4(a) through QW-462.4(d) and Figure QW-463.2(h).

All mechanical tests shall meet the requirements prescribed in QW-160 or QW-180, as applicable.

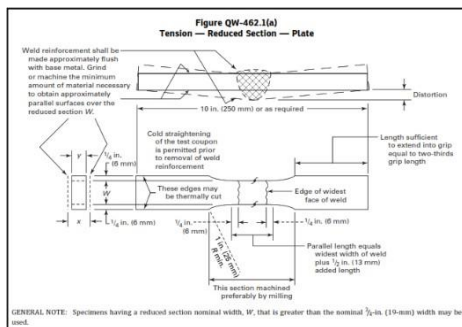
QW-302.2 Volumetric NDE. When the welder or welding operator is qualified by volumetric NDE, as permitted in **QW-304** for welders and **QW-305** for welding operators, the minimum length of coupon(s) to be examined shall be 6 in. (150 mm) and shall include the entire weld circumference for pipe(s), except that for small diameter pipe, multiple coupons of the same diameter pipe may be required, but the number need not exceed four

Aktual Kualifikasi dan Range Kualifikasi prosedur akan dijelaskan melalui subjudul ini dengan mengacu kepada Standard ASME. Menurut penjelasan dari QW 390, QW 391, QW 392, QW 393, QW 394 dan QW 395 dari sumber aktual yaitu penggunaan material dengan tebal 17mm material A283 gr C semua P no. 1 dapat di welding dengan prosedur ini, kemudian dapat semua jenis sambungan mulai dari Butt Joint, Fillet Joint, Edge Joint, Corner Joint entah itu Partial Joint Penetration, ataupun Complete Joint Penetration.

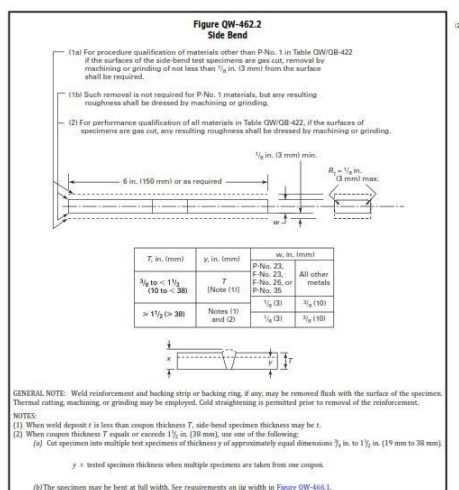
Gambar 10 Statement pengujian menggunakan NDE (tambahan)



Gambar 10 Lokasi pengujian pemotongan



Gambar 11 Tensile test dimensi spesimen



Gambar 12 Bending test dimensi spesimen

QW-450 SPECIMENS

QW-451 PROCEDURE QUALIFICATION THICKNESS LIMITS AND TEST SPECIMENS

Table QW-451.1 Groove-Weld Tension Tests and Transverse-Bend Tests										
Thickness t of Test Specimen, In. (mm)	Range of Thicknesses t of Base Metal, Qualified in (mm)			Maximum Thicknesses of Deposited Weld Metal, Qualified in (mm)			Type and Number of Tests Required (Tension and Transverse-Bend Tests)			
	[Note (1) (3) and (4)]			[Note (1) (3) and (2)]			[Note (1) (3) and (2)]			
	Min.	Max.	Max.	Min.	Max.	Max.	QW-150	QW-160	QW-170	QW-180
Less than $\frac{1}{16}$ [1.5]	$\frac{1}{16}$	27	27	27	—	—	—	2	—	2
$\frac{1}{16}$ to less than $\frac{1}{8}$ [1.5 to 1.0]	$\frac{1}{16}$ [1.5]	27	27	27	—	—	—	2	—	2
Over $\frac{1}{8}$ to less than $\frac{1}{4}$ [1.9 to 1.5]	$\frac{1}{8}$ [1.9]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
$\frac{1}{4}$ to less than $\frac{3}{8}$ [1.9 to 1.5]	$\frac{1}{4}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
$\frac{3}{8}$ to less than $\frac{1}{2}$ [1.9 to 1.5]	$\frac{3}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
$\frac{1}{2}$ to less than $\frac{5}{8}$ [1.9 to 1.5]	$\frac{1}{2}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
$\frac{5}{8}$ to less than 1 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
1 to less than 1 $\frac{1}{8}$ [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
1 $\frac{1}{8}$ to less than 1 $\frac{1}{4}$ [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
1 $\frac{1}{4}$ to less than 1 $\frac{3}{8}$ [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
1 $\frac{3}{8}$ to less than 1 $\frac{1}{2}$ [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
1 $\frac{1}{2}$ to less than 1 $\frac{3}{4}$ [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
1 $\frac{3}{4}$ to less than 2 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
2 to less than 3 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
3 to less than 4 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
4 to less than 5 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
5 to less than 6 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
6 to less than 7 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
7 to less than 8 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
8 to less than 9 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
9 to less than 10 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
10 to less than 11 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
11 to less than 12 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
12 to less than 13 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
13 to less than 14 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
14 to less than 15 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
15 to less than 16 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
16 to less than 17 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
17 to less than 18 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
18 to less than 19 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
19 to less than 20 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
20 to less than 21 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
21 to less than 22 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
22 to less than 23 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
23 to less than 24 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
24 to less than 25 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
25 to less than 26 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
26 to less than 27 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
27 to less than 28 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
28 to less than 29 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
29 to less than 30 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
30 to less than 31 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
31 to less than 32 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
32 to less than 33 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
33 to less than 34 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
34 to less than 35 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
35 to less than 36 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
36 to less than 37 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
37 to less than 38 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
38 to less than 39 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
39 to less than 40 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
40 to less than 41 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
41 to less than 42 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
42 to less than 43 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
43 to less than 44 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
44 to less than 45 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
45 to less than 46 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
46 to less than 47 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
47 to less than 48 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
48 to less than 49 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
49 to less than 50 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
50 to less than 51 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
51 to less than 52 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
52 to less than 53 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
53 to less than 54 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
54 to less than 55 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
55 to less than 56 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
56 to less than 57 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
57 to less than 58 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
58 to less than 59 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
59 to less than 60 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
60 to less than 61 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
61 to less than 62 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
62 to less than 63 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
63 to less than 64 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
64 to less than 65 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
65 to less than 66 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
66 to less than 67 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
67 to less than 68 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
68 to less than 69 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
69 to less than 70 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
70 to less than 71 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
71 to less than 72 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
72 to less than 73 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
73 to less than 74 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
74 to less than 75 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
75 to less than 76 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
76 to less than 77 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
77 to less than 78 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
78 to less than 79 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
79 to less than 80 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
80 to less than 81 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
81 to less than 82 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
82 to less than 83 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
83 to less than 84 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
84 to less than 85 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
85 to less than 86 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
86 to less than 87 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
87 to less than 88 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
88 to less than 89 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
89 to less than 90 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
90 to less than 91 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
91 to less than 92 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
92 to less than 93 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
93 to less than 94 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
94 to less than 95 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
95 to less than 96 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
96 to less than 97 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
97 to less than 98 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
98 to less than 99 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2
99 to less than 100 [1.9 to 1.5]	$\frac{5}{8}$ [5.1]	27	27	27	—	—	2	—	2	2

Table QW-451.2
Groove-Weld Tension Tests and Longitudinal-Bend Tests

Thickness <i>T</i> of Test Coupon Welded, in. (mm)	Range of Thickness <i>T</i> of Base Metal Qualified, in. (mm) [Note (1)] and [Note (2)]			Thickness <i>t</i> of Deposited Weld Metal Qualified, in. (mm) [Note (1)] and [Note (3)]	Type and Number of Tests Required (Tension and Guided-Bend Tests) [Note (2)]		
	Min.	Max.	Max.	Tension, QW-150	Face Bend, QW-160	Root Bend, QW-160	
	<i>T</i>						
Less than $\frac{1}{16}$ (1.5)		27	2 <i>t</i>		2	2	
$\frac{1}{16}$ to $\frac{3}{16}$ (1.5 to 10) incl.	$\frac{1}{16}$ (1.5)	27	2 <i>t</i>		2	2	
Over $\frac{3}{16}$ (10)	$\frac{3}{16}$ (10)	27	2 <i>t</i>		2	2	

NOTES:

(1) The following variable further restricts the limits shown in this table when they are referenced in QW-250 for the process under consideration: QW-403.9. Also, QW-202.2, QW-202.3, and QW-202.4 provide exemptions that supersede the limits of this table. Supplementary essential variable requirements may also further limit thickness ranges in this table.

(2) For combination of welding procedures, see QW-200.4.

Table QW-451.3
Fillet-Weld Tests

FILLET-WELD TESTS			Type and Number of Tests Required
Type of Joint	Thickness of Test Coupons as Welded, in.	Range Qualified	[Figure (QW-462.4)(a) or Figure (QW-462.4)(d)] Macro
Fillet	Per Figure (QW-462.4)(c)	All fillet sizes on all base metal thicknesses and all diameters	5
Fillet	Per Figure (QW-462.4)(d)		4

GENERAL NOTE: A production assembly mockup may be substituted in accordance with QW-181.1.1

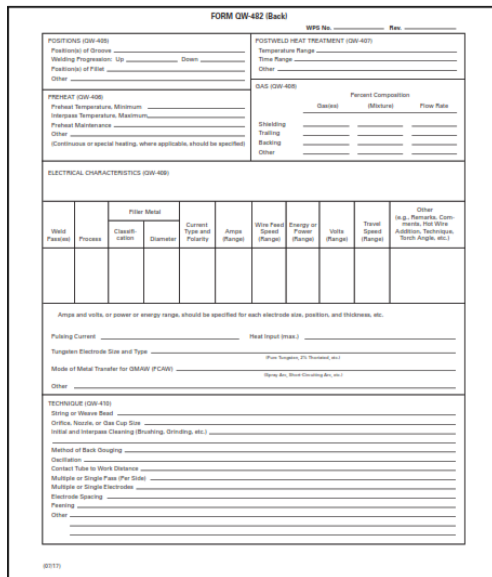
Table QW-451.4
Fillet Welds Qualified by Groove-Weld Tests

Thickness T of Test Coupon (Plate or Pipe) as Welded	Range Qualified	Type and Number of Tests Required
All groove tests	All fillet sizes on all base metal thicknesses and all diameters	Fillet welds are qualified when the groove weld is qualified in accordance with either Table QW-451.1 or Table QW-451.2 (see QW-202.2)

Gambar 13 Actual vs Range untuk pengujian yang dapat tercover dari Prosedur ini

[illegible]

Gambar 14 Welding Procedure Spesification Form ASME



The image shows the back side of an ASME Form QW-482, titled 'FORM QW-482 (Back)'. It is a detailed specification form for welding procedures. The form is divided into several sections: 'POSITIONS (QW-482)' with fields for Position of Groove, Welding Preparation, Positioning of Pipe, and Other; 'PREHEAT (QW-482)' with fields for Preheat Temperature, Minimum, Maximum, and Maintenance; 'GAS (QW-482)' with fields for Gas, Shielding, Backing, and Other; 'ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-482)' with a table for various parameters like Wire Feed, Shielding, Backing, etc.; 'WELDING PROCEDURE (QW-482)' with fields for Welding Process, Electrode, Current, Voltage, Wire Feed, Shielding, Backing, etc.; 'WELDING PROCEDURE (QW-482)' with fields for Welding Process, Electrode, Current, Voltage, Wire Feed, Shielding, Backing, etc.; 'WELDING PROCEDURE (QW-482)' with fields for Welding Process, Electrode, Current, Voltage, Wire Feed, Shielding, Backing, etc.; and 'TECHNIQUE (QW-482)' with fields for String or Wave Base, Groove, Notch, or Slot, Initial and Interpass Cleaning, Method of Back Chipping, Qualifier, Contact Tube to Work Distance, Multiple or Single Pass (Per Side), Multiple or Single Electrodes, Electrode Spacing, Preheating, and Other. The form is labeled 'FORM QW-482 (Back)' at the top and 'ASME' at the bottom.

Gambar 15 Welding Procedure Specification Form ASME
(cont)

Kesimpulan

Prosedur yang digunakan untuk project Mechanical dan struktur khususnya untuk konstruksi Tangki Timbun dengan mengacu API 653 (American Petroleum Institute) dengan WPS menggunakan ASME dan AWS. Dari hasil matrix WPS dapat disimpulkan plat untuk pengujian menggunakan material A283 gr C karena material ini dapat mewakili plat P No. 1 menurut standar ASME dan dengan ketebalan 17mm dengan posisi pengelasan 3G yang dapat mengcover semua posisi pengelasan dengan mengacu code ASME. Untuk peralatan las menggunakan FCAW (Flux Cored Arc Welding) dengan material tambah menggunakan E71C-1T dengan tambahan Flux di Cored Wire nya serta menggunakan Gas

Carbondioksida untuk Shieldingnya. Dari aspek ekonomis dari berbagai pengalaman rekan kerja FCAW terbukti merupakan alat pengelasan yang paling ekonomis sebab paling cepat dan menghasilkan kualitas yang paling bagus, namun untuk ketersediaan gas CO2 di Balikpapan masih belum banyak, tetapi dapat diatasi dengan pengiriman dari luar pulau PO dari 1 bulan sebelumnya agar tidak mengganggu rantai pasok dan produktivitas pekerjaan.

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

- Kumar, M. C. Rao, K. Ravindranadh (2013). Innovations in Teaching and Learning: Top Down or Bottom Up? Indian Journal of Applied Research X 453, vol.3, issue 6.
- American Society of Mechanical Engineers (2023). ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section IX –Welding and Brazing Qualification.
- Funderburk, R. Scott, (2023). Post Weld Heat Treatment, Welding Innovation, Vol. XV, No.2.
- Wiryosumarto, H dan Toshie Okumura, (1996). Teknologi Pengelasan Logam, PT Pradnya Paramita, Jakarta
- Sri Widharto, (2006). Inspeksi Teknik Buku 1, PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- Purmayanti Indah dan Oktarina Kurnawati , (2020). Aplikasi Welding Procedure Specification (WPS) dengan bevel 300 untuk pengelasan konstruksi kapal tanker 3500 ldtw hn. 309 pada uji bending di PT. Daya radar utama unit iii lampung, Sekolah Tinggi Maritim Mutara Jaya, Bandar Lampung

Metode Repair Tangki Timbun menggunakan Jack Up untuk Project Overhaul Crude Oil Storage Tank tangki R Series di Perusahaan Oil & Gas Refinery Unit V

Azhar Rizki Ramadhan¹ Suratno Lourentius¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ azhar_rizki.23@ukwms.ac.id

✉ suratno.lourentius@ukwms.ac.id

Salah satu permasalahan dalam pekerjaan perbaikan tangki adalah pada pekerjaan pengelasan pada tempat yang tinggi, kualitas hasil pengelasan yang kurang sesuai sehingga mengakibatkan sering terjadi kesalahan dalam penentuan hasil pengelasan (welding reject). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran status pelaksanaan pembuatan dan konstruksi metode jack-up pada tangki Kilang RU V proyek R-9, khususnya pekerjaan Konstruksi dan pemasangan bagian Roof, Shell, dan bagian Bottom. Pengelasan tangki dilakukan di bawah permukaan dan diangkat menggunakan Jack Up setelah fabrikasi selesai. Penelitian telah menunjukkan bahwa metode jacking memberikan manfaat yang signifikan dalam kelima dimensi kualitas: kualitas, biaya, waktu, keselamatan, dan moral. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa fabrikasi dan pemasangan tangki dengan metode jack up direplikasi pada pembangunan dan perbaikan tangki seri R milik Pertamina RU V Balikpapan.

Kata kunci: Repair Tank, Welding, Jack Up, Keselamatan, Fabrikasi

Pendahuluan

Mengingat semakin beragamnya bahan baku dan produk minyak mentah yang dihasilkan di kilang Pertamina RU V Balikpapan, maka ketersediaan tangki untuk menyimpan minyak mentah dan produknya menjadi hal yang sangat penting. Dengan bertambahnya variasi tersebut, pengoperasian tangki mengalami sedikit perubahan dibandingkan desain struktur tangki aslinya. Rencana pengembangan fasilitas kilang akan membangun tangki penyimpanan dengan atap tetap berbentuk kerucut dengan kapasitas 180 MB untuk menerima minyak mentah dan tangki penyimpanan untuk pembuatan produk olahan, serta memperluas peralatan pengilangan. Tangki dirancang sesuai dengan spesifikasi cairan hidrolik tangki yang relevan dan dilengkapi dengan sistem perpipaan, sistem kelistrikan dan instrumentasi yang sesuai, sistem proteksi kebakaran, sistem ventilasi dan peralatan lainnya untuk menjamin aspek keselamatan dan operasional tangki. Ahli Pekerjaan pembuatan dan konstruksi Tangka di lingkungan PT. Pertamina RU V Balikpapan merupakan jenis konstruksi yang memerlukan ketelitian dan ketelitian yang tinggi dalam kualitas dan akseptabilitas konstruksinya serta tergolong dalam operasi yang beresiko tinggi. Pekerjaan konstruksi tangki mempunyai permasalahan sebagai berikut :

- (1) Pekerjaan di ketinggian seringkali terhambat dan sangat bergantung pada penggunaan scaffolding.
- (2) Bekerja di ketinggian mempunyai resiko kecelakaan dan terjatuh.
- (3) Mempersiapkan, mengadakan, merakit, dan membongkar scaffolding membutuhkan biaya yang besar

- (4) Pekerjaan cenderung tertunda dan tidak selesai tepat waktu
- (5) Inspeksi dilakukan di tempat yang tinggi, ketergantungan pada scaffolding dan peralatan keselamatan kerja yang sulit untuk diperiksa karena [1, 2, 3].

Gambar 1 Project Tangki Refinery Unit



Metode

Penelitian ini dilakukan di kilang Pertamina RU V Balikpapan bersamaan dengan pelaksanaan pembangunan tiga unit tangki. Pada penelitian ini penelitian sekaligus melaksanakan tugas sebagai construction Inpection Engineer [1,2,3,5] dan bertanggungjawab terhadap kualitas hasil pekerjaan fabrikasi dan instalasi tangka. Kegiatan penelitian ini membatasi ruang lingkup penelitian pada metode pelaksanaan fabrikasi dan instalasi tangka yang dilakukan dengan metode hydraulic jack up, potensi manfaat dan potensi permasalahan pada pelaksanaan metode hydraulic jack up.



Gambar 2 Mesin Las FCAW

Metode kerja Pekerjaan persiapan (Preparation)

- Sebelum memulai pekerjaan disiapkan fasilitas screen water bentuk spray water dengan ketinggian permanent min. 2.0 meter diatas pekerjaan. Screen water berjarak maks. 20 cm sehingga dapat menutup celah uap minyak pavour dengan baik dan aman. Struktur penopang screen water agar dipastikan kokoh dan stabil terhadap tekanan angin.
- Sebelum memulai pekerjaan agar dipastikan material pelat, sambungan, asesoris dan komponen tank system telah tersedia lengkap dan dicatat didalam checklist.
- Sebelum memulai pekerjaan fabrikasi dipastikan bahwa seluruh material yang akan digunakan telah teridentifikasi, telah dilakukan marking, pemotongan, pengerolan, dan tata cara pengelasan sesuai prosedur pengelasan API 653/650.
- Sebelum memulai pekerjaan fabrikasi agar dipastikan bahwa tenaga kerja telah sesuai kualifikasi yang dipersyaratkan, memahami aspek safety dengan baik, memahami aspek Quality control dan metode pengujian NDT yang akan digunakan dengan koordinasi yang baik tenaga ahli.
- Lay out, konfigurasi fabrikasi pelat, struktur dan perpipaan serta pekerjaan-pekerjaan prioritas fabrikasi telah dilakukan pengecekan terhadap seluruh dimensi dengan baik dan benar.
- Menyiapkan marking komponen sesuai drawings. Sebelum memulai pekerjaan fabrikasi dan pembangunan tangki dengan metode jack up dipastikan bahwa pondasi tangki telah selesai , bentuk, dimensi dan konfigurasi pemasangan pondasi telah sesuai dan telah aman untuk dilakukan pembangunan (erection) tangki diatasnya.

Pelaksanaan Fabrikasi (Fabrication)

- Seluruh pelat, fitting/ sambungan, asesoris dan komponen lain tankage system agar di-marking dan diberi tanda-tanda yang jelas dan tidak mudah hilang dan diberi tanda dengan joint number untuk setiap urutan pengelasan (welder number).

- Semua pekerjaan fabrikasi meliputi identifikasi.

material, marking, pengerolan dan pengelasan harus dilakukan sesuai prosedur kerja yang telah ditentukan dan sesuai standar API 653/650 Last edition. Pekerja yang melakukan pekerjaan telah memahami dengan baik dan benar aspek keselamatan kerja, quality control dan pengujian NDT serta selalu berkoordinasi dengan Engineer In-Charge yang meliputi :

- 1) Fabrikasi dan pengujian pekerjaan annular plate & bottom plate sesuai spesifikasi standar API 653/650.
- 2) Fabrikasi dan pengujian hasil pekerjaan fabrikasi shell plate sesuai spesifikasi standar API 653/650.
- 3) Fabrikasi dan pengujian hasil pekerjaan struktur roof plate sesuai spesifikasi dan drawing.
- 4) Fabrikasi dan pengujian hasil pekerjaan asesoris dan kelengkapan tangki sesuai spesifikasi standar dan sesuai drawing.
- 5) Fabrikasi dan pemeriksaan pekerjaan spiral stairway dan handrail sesuai spesifikasi standar dan sesuai drawing.

Pelaksanaan Pembongkaran Tangki (Dismantling)

- Melakukan pekerjaan Pembongkaran secara total tangki
- Pastikan bahwa tangki dibongkar dengan safety, dapat menggunakan Jack Down untuk pembongkaran.

- 1) Pastikan tangki didalam terdapat center column atau tidak, jika terdapat center column maka harus dibongkar dahulu sebelum pembongkaran Shell.
- 2) Ketika pembongkaran awali membongkar dari Bottom dan Annular yang dipotong lewat Bottom to Shell.
- 3) Setelah shell terpotong dari Bottom maka potong awal dari shell 1 ke 2. Potong satu persatu shell yang kemudian diangkat dengan crane untuk dipindahkan ke tempat lain.
- 4) Ulangi pemotongan ke Shell 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7 dan pastikan apabila setelah shell 7 atau top course telah dilepas sistem Hydraulic Jack Down.

- 5) Kemudian pada Roof Plate dan Rafter kita potong secara kecil kecil yang mampu diangkat oleh crane.
- 6) apabila sudah selesai sendirikan Flange, Pipa, Pad dan lain lain kemudian di repair dengan cara di Build up oleh welding.
- 7) bersihkan bangunan sipil karena akan dibangun kembali.

Pelaksanaan Pembangunan Tangki (Erection)

a. Melakukan pekerjaan Pemasangan Annular plate layer.

Pekerjaan pemasangan annular plate layer dilaksanakan setelah dipastikan bahwa level pondasi telah diinstal sesuai spesifikasi API 650 (Klausul 8.4.2). Setelah dilakukan clearance terhadap layer annular plate, lakukan marking dengan posisi koordinat 0o, 90o, 180o, dan 270o pada pondasi terpasang sebagai reference point. Selanjutnya lakukan pemasangan annular layer plates sesuai drawing dengan tahapan sebagai berikut.

- 1) Radius luar annular plates harus pada posisi positive side (5.0 to 10 mm) dan sesuai drawing.
- 2) Pengelasan dilakukan oleh welder yang berkualifikasi dan bersertifikasi migas.
- 3) Setelah selesai pengelasan permukaan dibersihkan dengan wire brushing dan gerinda.
- 4) Lakukan pengujian hasil pengelasan secara visual (visual test) dan radiography sesuai API-650 Sec-6.

b. Melakukan Pekerjaan Pemasangan Bottom plate layer (bottom plate layer).

- 1) Pasang layer bagian center bottom plate diatas pondasi tangki sesuai drawing.
- 2) Mengatur susunan bottom plate, dimulai dari center bottom plate sesuai drawing.
- 3) Overlaps plate dilakukan pada saat melakukan pekerjaan fit-up kearah memanjang dan melintang bottom plate sesuai drawing.
- 4) Setelah fit-up selesai dilanjutkan dengan tack weld kearah memanjang dan melintang bottom plate sehingga posisi bottomplate tidak bergerak/tidak bergeser dan patikan bottom plate tersusun dengan rapat (tidak ada celah).
- 5) Melaksanakan pengelasan mulai dari posisi melintang pelat, lanjut kepada posisi memanjang pelat dan dipastikan tidak terjadi avoid distortion.
- 6) Setelah pekerjaan pengelasan selesai, lakukan remove temporary tacks welds dengan cara menggerinda dan

dilakukan fit-up lagi terhadap posisi layer bottom plate kemudian dilakukan pengelasan secara lengkap sesuai prosedur dan spesifikasi pengelasan.

- 7) Setelah seluruh pekerjaan pengelasan selesai (completed) dilakukan cleaning weld joint dengan wire brushing dan gerinda.

- 8) Minimum overlaps bottom plates sesuai standard & code API 650 dan sesuai drawing.

- 9) Kualifikasi welder sesuai kualifikasi dan bersertifikasi Migas serta memahami dengan baik welding procedure system(WPS) pengelasan

- 10) Seluruh bottom plate's joints dilakukan pengujian dengan vaccum box test sesuai prosedur dan spesifikasi pengujian vaccum test box.

- 11) Jika ditemukan cacat (defect) atau indikasi cacat (initial defect) pengelasan agar dilakukan perbaikan dengan cara menggerinda dan re-weld serta melakukan uji vaccum box test.

Melakukan Pemasangan Cone Roof

- a. Pemasangan struktur cone roof dilakukan setelah 2 (dua) sheel shell course terpasang, telah dilakukan fit-up, pengelasan dan telah dilakukan fit up ring dan telah dilakukan pengelasan secara komplit.

- b. Pemasangan center drum, roof truss dan cross girders sesuai drawing, dilanjutkan dengan pemasangan dan lay out roof plate pada struktur sesuai drawing serta lakukan pengelasan sesuai WPS.

- c. Roof nozzle dan top sheel nozzle fit up serta pengelasan harus sesuai drawing sesuai dengan sequen dan tetap memperhatikan rencana pemasangan perpipaan sesuai drawing.

- d. Melakukan pekerjaan tangga spiral, stairway, handrail dan asesoris penunjang operasi dan pemeliharaan tangki

Melakukan pekerjaan Pemasangan Shell plate (Shell Course Erection)

- a. Setelah pekerjaan pengelasan annular plates dan bottom plates selesai (completed), lakukan marking inner radius tank diatas annular plates.

- b. Sheel course paling atas (top one shell course) dilakukan pemasangan secara konvensional (conventional method).

- c. Pemasangan (erection) shell plate (shell course) dengan metode hydraulic jack up (hydraulic jack up method)



dilakukan dengan memperhatikan keseimbangan shell course.

d. Shell plate (shell course) yang telah diroll dilakukan handling menggunakan hydra crane dengan hati-hati.

e. Pemasangan shell plate pada diameter marked (marking dimensi tangki) diatas annular plate sesuai align shell plate.

f. Lakukan fit-up shell plate secara completed kecuali bagian segment final joint yang akan fit- up dan dilakukan pengelasan setelah selesainya pengelasan shell joint (to avoid the shrink age).

g. Pemeriksaan peaking (gembung) dilakukan setelah fit-up vertical joint shell plate. Actual peaking tolerance harus sesuai standar API-650 (tolerance. ½ inch).

h. Pemeriksaan peaking dilakukan pada shell course atas (top), tengah (middle) dan shell course bagian bottom pada vertical joint dengan jangkauan. 36 inch panjang.

i. Plumbness shell tangki harus dicek verticality - nya setiap 60o dan harus dalam batas tolerance (batas toleransi plumbness : 1/200 tinggi total shell) dan untuk kesempurnaan verticality maka dipasang channel pada internal shell course dengan interval 3-5 m dan pengelasan dengan smooth setelah dilakukan inspeksi terhadap hasil fit-up dan back chipped grooves.

j. Lanjutkan erection last shell course (mengangkat plat shell) diatas posisi shell plate (lower plate) yang akan dipasang dengan 3.0 mm thick spacers dan dilakukan erection channel dengan interval 3-5 meter untuk menjaga verticality shell plate.

k. Setelah shell plate terpasang lakukan pemeriksaan visual, peaking dan circumference , pastikan kondisinya sesuai standard API 650, hasil pemeriksaan dicatat didalam format hasil pemeriksaan oleh Engineer-In-Charge.

l. Instal spiral staircase termasuk bracketnya sesuai drawing.

m. Pemasangan jack up sesuai dengan requirement dengan jarak tidak melebihi 3.50 m dan interkoneksi dengan power pack sehingga total system siap untuk erection.

n. Jacking shell plate dengan jarak antara shell plate yang diangkat (last shell plate) dengan pelat dibawahnya (lower plate) 40-45 Cm, pastikan verticality, peaking dan plumbness shell plate dalam batas toleransi.

o. Jika ditemukan cacat (defect found) agar segera dilakukan repair dengan cara menggerinda di area yang rusak ditambah dengan jarak 150 mm dari lokasi cacat

kedua arah kerusakan sesuai requirement Engineer-In-Charge.

p. Pemeriksaan akhir hasil pemasangan shell plate meliputi pemeriksaan visual (VT) dan uji radiography test oleh Engineer-In-Charge sesuai standard API-650 Sec-6.

Melakukan Instalasi Perlengkapan dan alat kelengkapan tangki)

a. Sambungan flange ke perpipaan harus telah difabrikasi dan dilakukan pengujian NDT sebelum dilakukan erection.

b. Lakukan marking lokasi nozzle sesuai drawing dan lakukan cut opening setelah dilakukan inspeksi oleh Inspektur yang berwenang.

c. Pasang nozzle dengan bentuk dan konfigurasi pemasangan sesuai drawing.

d. Instal pads flange sebelum dilakukan pemasangan nozzle.

e. Setelah bottol shell course lengkap terpasang, shell nozzle harus di-marking sesuai drawing dan sesuai hasil inspeksi.

f. Lakukan cut open nozzle opening, install pads dan lakukan pemasangan nozzles yang dengan bentuk dan konfigurasi sesuai drawing.

g. Jika ada perubahan installs berdasarkan hasil inspeksi akhir agar dituangkan dalam drawing akhir (as built drawing).

h. Pengelasan dilakukan sesuai welding procedure system (WPS) dan dilakukan oleh welder yang berkualifikasi.

i. Man-Hole neck harus telah difabrikasi dan telah dilakukan pengujian las-lasan dengan radiography.

j. Seluruh pad telah dilakukan uji pneumathic dengan tekanan 1.05 kg/cm² dan disaksikan oleh Inspection In charge dan Engineer in charge.

k. Seluruh shell nozzle dan pad yang telah selesai dilakukan pengelasan harus telah lolos uji visual (VT) oleh Inspector in charge (IIC) dan Engineer in charge (EIC).

Kualitas Penerimaan, Kontrol kualitas pekerjaan dan Keselamatan kerja

a. Pelaksanaan pekerjaan pembangunan dan perbaikan tangki harus mengikuti prosedur, drawing, spesifikasi, standard & code yang telah ditetapkan Pertamina.

b. Melaksanakan prosedur keselamatan kerja dengan baik pada saat melakukan pekerjaan.

- 1) Telah dilakukan pengujian dan sertifikasi peralatan angkat dan dilakukan pengangkatan sesuai hasil pengujian.
 - 2) Safety precaution harus dilakukan dan diikuti selama pelaksanaan pekerjaan fabrikasi dan pembangunan tangki.
 - 3) Welding cables (kabel untuk pengelasan) harus sesuai standard dan terproteksi dengan baik dan aman.
 - 4) Lokasi kerja (fabrikasi dan pembangunan tangki) harus dijaga agar tetap bersih dan rapih.
- c. Dilakukan pencatatan (records) dan pelaporan terhadap :
- 1) Pekerjaan struktur pondasi.
 - 2) Kegiatan terkait dengan pengadaan, pemeriksaan dan penggunaan material.
 - 3) Kegiatan terkait dengan pengadaan electrode dan catata verifikasi material
 - 4) Welding inspection report.
 - 5) NDT reports.
 - 6) Metode melakukan pengujian dan hasil testing reports.

Indikator dan Ukuran Keberhasilan

- a. Spesifikasi material yang digunakan sesuai spesifikasi, standard & code API 653.
- b. Pekerjaan persiapan, bahan, peralatan, tenaga kerja, metode kerja fabrikasi dan pemasangan struktur bottom plate, struktur shell plate, struktur roof plate dan peralatan maupun perlengkapan penunjang operasional dan pemeliharaan tangki dapat diselesaikan dengan baik dan aman.
- c. Hasil pekerjaan fabrikasi dan pemasangan bottom plate, struktur shell plate, struktur roof plate dan peralatan maupun perlengkapan penunjang operasional dan pemeliharaan tangki telah lolos uji/ pemeriksaan visual test, NDT dan radiography test sesuai spesifikasi standard & code API 653/650 dan comisioning test.
- d. Mentaati peraturan keselamatan kerja dengan baik dan tidak terjadi accident.

Hasil Kerja

Penggunaan metode hydraulic jack up terbukti dapat mengatasi kesulitan metode erection tangga di Pertamina RU V Balikpapan. Metode kerja fabrikasi dan instalasi tangki dengan metode hydraulic jack up telah dibakukan sebagai

standar kerja dengan prinsip kerja pembangunan tangga dengan metode jack up meliputi :

- (1) Proses Erection jack up tank diawali dengan memasang angular plate, bottom plate, shell plate course ke-1 dan ke-2 paling atas, memasang rafter, memasang roof plate, memasang roof nozzle dan memasang roof accessories tanki lainnya sesuai dengan drawing desain.
- (2) Pekerjaan pengelasan shell plate telah dilakukan penuh (full welding).
- (3) Selesai pengelasan dilakukan Inspeksi dan Testing NDT.
- (4) Proses dilanjutkan dengan mengangkat dan memasang shell plate ke tiga paling atas sampai dengan shell paling bawah, shell nozzle serta asesoris tangki lainnya.



Gambar 3 Plate Rolling

Tahap preparasi dilakukan dengan pengerolan shell plate. Dan secara parallel disite dilakukan preparasi dan setting alat hydraulic jack up kapasitas alat 30 ton sebanyak 24 set, dengan satu unit pompa dan satu unit manipole.

Secara parallel disite dilakukan preparasi dan setting alat hydraulic jack up kapasitas alat 18 ton sebanyak 36 set, dengan satu unit pompa dan satu unit manipole.

Gambar



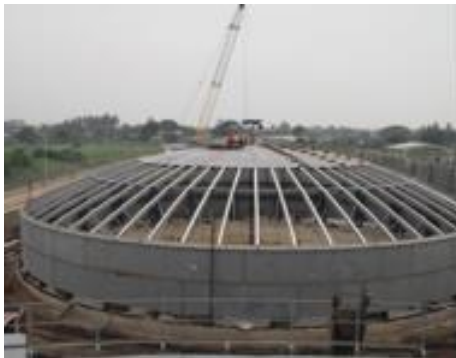
Gambar 4 Hydraulic Jack

Tahap pelaksanaan erection instalasi tangki meliputi i (1) setting bottom plate (2) erection shell plate course atas, layer no.2 dan fit-up welding vertical dan horizontal (3) melakukan full weld (4) setelah shell plate no.1 dan no.2 selesai dilakukan full weld dilanjutkan dengan erection top angle dan rafter (5) erection shell plate coarse atas no.3,

fit up dan full weld (6) melakukan fit up dan full weld wind girder (7) erection, fit up dan full weld shell coarse paling bawah (8) erection fit up dan full weld shell nozzle dan assesoties (9) erection complete (10) touch up dan coating.



Gambar 5 Erection Plate



Gambar 6 Rafter Storage Tank



Gambar 7 Strong Back Welding



Gambar 8 Fit Up Manhole

Hasil perbaikan dari aspek panca mutu menunjukkan, secara mutu (quality) hasil inspeksi dan uji NDT, Kualitas hasil instal dan pengelasan lebih baik, potensi kerja ulang dapat ditekan. Secara delivery dapat mempercepat waktu pelaksanaan dalam 2,5 bulan dengan kemudahan pekerjaan instalasi maupun inspeksi karena seluruh pekerjaan instalasi dilakukan dipermukaan tanah dan tidak tergantung ketersediaan scaffolding. Dari aspek safety Tangki menunjukkan bahwa potensi terjadi kecelakaan RU V, kerja, terjatuh dan fatality dapat ditekan. Dan dari aspek moral menjadikan pekerja lebih konfiden dengan inovasinya yang dapat mengatasi masalah dengan baik dan aman.

Kesimpulan

1. Metode hydraulic jack up terbukti cocok dan sesuai digunakan untuk fabrikasi dan instalasi 2023 , bangunan tangki serta bermanfaat dapat mengatasi kesulitan metode erection tangki di Pertamina RU V Balikpapan.
2. Keberhasilan metode kerja fabrikasi dan instalasi bangunan tangki dengan metode hydraulic jack up telah dibakukan sebagai standar kerja baku di Pertamina RU V dengan standar kerja baku No.012/E15220/ 2015-S2.

Saran

1. Metode hydraulic jack up yang terbukti cocok dan sesuai digunakan untuk fabrikasi dan instalasi bangunan tangki baru dan tangki repair dapat digunakan pada pekerjaan maintenance dan overhaul tangki di Pertamina RU V
2. Keberhasilan metode kerja fabrikasi dan instalasi dengan metode hydraulic jack up yang telah dibakukan sebagai standar kerja baku dapat direplikasi untuk mengatasi permasalahan sejenis di unit kerja di luar Pertamina.

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

- Sulardi, 2016, Erection dan Instalasi Pembangunan Tangki Dengan Metode Jack Up Di RU V Balik papan, Materi Sharing Knowledge PT. Pertamina RU V, Balikpapan
- Sulardi, 2016, Mengatasi Kesulitan Erection Pada Pembangunan Tangki Dengan metode Top Down Jack Up System Di RU V Balik papan, Risalah Continuous Program PT. Pertamina RU V, Balikpapan
- Sulardi, 2016, Menekan Potensi Cacat Pengelasan Pekerjaan Pengelasan Tangki Dengan Metode Jack Up http://ptmcpwab81.pertamina.com/komet/Dokumen_Detail.aspx?ptm=jFPUooHNu+fmAH%2fkxzp2mqqhkJnHmpx4mJtEYb5ebmE%3d,KodefikasiNo.160606004
- API Standard 650, 2013, Welded Tanks for Oil Storage
- Sulardi, 2016, Fabrikasi dan Instalasi Tangki Dengan Metode Jack up, Pertamina RU V, Balikpapan.
- TKI No. C-009/E15154/ 2015-S0, 2015, Perbaikan Tangki Timbun, Pertamina RU Balikpapan
- TKI No. C-012/E15220/2015-S0, 2015, Melaksanakan Fabrikasi dan Instalasi Tangki Dengan Metode Jack up, Pertamina RU V, Balikpapan
- TKI No. C-009/E15154/2015-S0, 2015, Perbaikan Tangki Timbun, Pertamina RU V, Balikpapan



Keunggulan Kompetitif Perbankan Syariah Di Indonesia

Rachmad Hidayat

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ rachmad.hidayat@trunojoyo.ac.id

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengukur pengaruh kualitas layanan, inovasi layanan dan *brand image* terhadap kepuasan nasabah dan keputusan nasabah serta loyalitas nasabah bank-bank syariah. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh nasabah bank bank syariah di Jawa Timur. Jumlah sampel adalah 200 orang sampel yang dipilih dengan menggunakan metode non probabilitas, yaitu metode purposive sampling. Analisis yang digunakan untuk menjawab hipotesis adalah *Structural Equation Modeling (SEM)*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas layanan dan *brand image* secara bersama sama baik langsung maupun tidak langsung berpengaruh signifikan terhadap kepuasan nasabah dan loyalitas nasabah. Sedangkan inovasi layanan secara langsung berpengaruh signifikan terhadap loyalitas nasabah, namun tidak berpengaruh signifikan dengan diantarai oleh keputusan nasabah.

Kata kunci: kualitas layanan, inovasi layanan, *brand image*, keputusan nasabah, loyalitas nasabah

Pendahuluan

Jawa Timur memiliki potensi besar, karena memiliki masyarakat muslim yang mayoritas. Penguasaan pasar keuangan syariah atau perbankan syariah di Jawa Timur (Jatim) saat ini mencapai 5,3% dengan jumlah nasabah sekitar 23,9 juta rekening. Jatim dinilai memiliki potensi perbankan syariah cukup besar mengingat provinsi ini memiliki 6.000 pondok pesantren (ponpes) yang dihuni sekitar satu juta lebih santri. Di Jatim, ada sembilan bank umum syariah, 89 bank perkreditan rakyat syariah (BPRS), dua modal ventura syariah, Pegadaian Syariah, dan dua *leasing* syariah. Dengan modal itu, maka potensinya sangat besar. Perbankan Syariah ini, akan tumbuh dan berkembang di Jawa Timur. Pengembangan Perbankan Syariah, masih ada sedikit kendala. Tetapi niat baik untuk memberikan layanan terbaik kepada masyarakat, yang berupaya untuk menghindarkan dari permasalahan riba. Inovasi layanan dan *branding* terhadap bank syariah juga perlu terus dilakukan (Riaz, *et. al.*, 2016).

Bank yang ingin berkembang dan mendapatkan keunggulan kompetitif harus dapat memberikan layanan yang berkualitas. Layanan yang baik kepada para nasabah agar nasabah tersebut puas, sehingga bank mampu mempertahankan nasabahnya maupun meningkatkan loyalitas yang sudah dibangun sebelumnya. Persaingan bisnis di dunia usaha mendorong bank dapat menjadi pemenang dalam persaingan bisnisnya (Dewany, 2015). Bank dapat menjadi pemenang apabila bank mampu menjaring nasabah sebanyak-banyaknya sehingga bank dapat memperoleh keuntungan yang besar pula (Teece, 2010). Bank berupaya untuk mempertahankan nasabah yang sudah ada maka dibuatlah program loyalitas nasabah (Wells, *et. al.*, 2011). Loyalitas nasabah memiliki peran penting dalam sebuah bank, mempertahankan nasabah berarti meningkatkan kinerja keuangan dan mempertahankan kelangsungan hidup bank. Loyalitas nasabah mengacu pada perilaku nasabah dari unit-unit pengambilan keputusan untuk melakukan pembelian secara

terus menerus terhadap jasa perbankan. Mempertahankan keunggulan bersaing juga membantu menarik perhatian dan mempertahankan para nasabah yang loyal (Utami, 2015). Loyalitas diperoleh karena adanya kombinasi dari kepuasan dan keputusan nasabah.

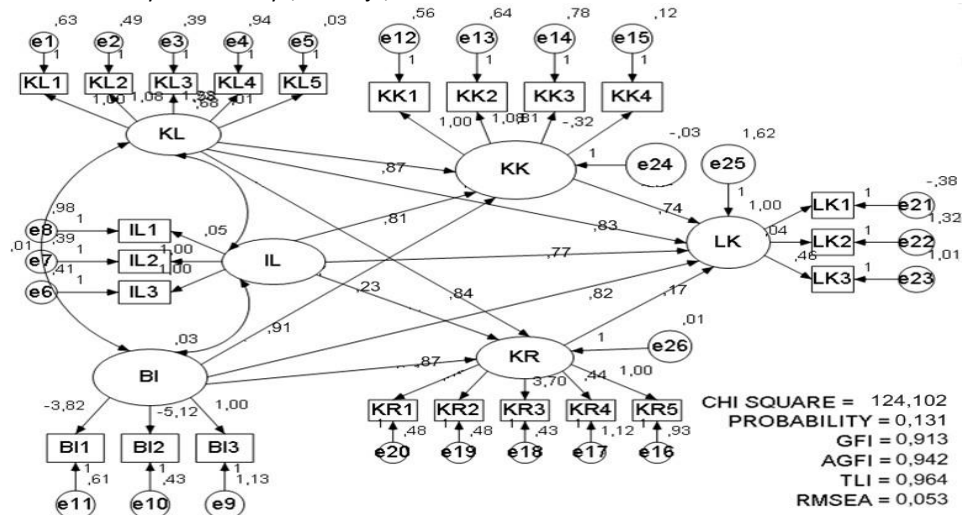
Kepuasan nasabah tersebut hadir dari seberapa besar kinerja bank untuk menimbulkan kepuasan tersebut dengan meminimalkan keluhan sehingga diperoleh pembelian jangka panjang yang dilakukan oleh nasabah (Van, *et. al.*, 2016). Kepuasan nasabah menjadi salah satu faktor yang menyebabkan nasabah menjadi loyal. Menurut Pancholi (2014), kepuasan nasabah diartikan sebagai tanggapan nasabah atas terpenuhinya kebutuhannya. Nasabah yang puas biasanya tetap setia dalam waktu yang lama, membeli lagi ketika bank memperkenalkan produk atau jasa baru, membicarakan hal-hal baik tentang bank kepada orang lain, tidak terlalu memperhatikan merek pesaing dan tidak terlalu sensitif dengan harga (Kotler, Armstrong, 2010).

Loyalitas nasabah juga dipengaruhi oleh keputusan nasabah untuk melakukan pembelian terhadap jasa yang ditawarkan bank. Jika jasa mampu memberikan apa yang diharapkan nasabah atau bahkan melebihi apa yang diharapkan maka nasabah mempunyai penilaian positif yang menyebabkan nasabah menyukai jasa perbankan sehingga akan memakai ulang layanan tersebut. Keputusan nasabah merupakan suatu proses pengambilan keputusan akan pembelian yang mencakup penentuan apa yang akan dibeli atau tidak melakukan pembelian dan keputusan itu diperoleh dari pengalaman-pengalaman sebelumnya. Menurut Kotler *et. al.*, (2014) untuk sampai kepada keputusan nasabah akan melewati 5 tahap yaitu pengenalan masalah, pencarian informasi, evaluasi alternatif, keputusan nasabah dan perilaku setelah pembelian. Penelitian ini bertujuan melihat pengaruh kualitas layanan, inovasi layanan dan *brand image* terhadap kepuasan nasabah dan keputusan nasabah serta loyalitas nasabah bank-bank syariah di Jawa Timur.

Metode

Populasi penelitian ini adalah nasabah bank-bank Syariah di Jawa Timur. Penarikan sampel penelitian dilakukan dengan cara *simple random sampling*. Sampel dipilih secara acak dari jumlah yang telah ditentukan. Pemilihan nasabah hanya 4 kota besar Jawa Timur yaitu Surabaya, Sidoarjo, Jember

dan Malang. Jumlah sampel pada penelitian ini adalah 200 responden. Jumlah sampel ini didasarkan pada pedoman ukuran sampel 100-200 sampel (Ferdinant, 2000). Alokasi responden untuk masing-masing kota ditetapkan sama yaitu 50 responden. Sampel yang diteliti adalah nasabah Bank Syariah yang berdomisili di Jawa Timur.



Gambar 1 Model dan hasil analisis *Structural Equation Modeling (SEM)*

KL = Kualitas layanan
KL1 = *Tangible*
KL2 = *Reliability*
KL3 = *Responsiveness*
KL4 = *Warranty*
KL5 = *Empathy*
IL = Inovasi Layanan
IL1 = Penggunaan teknologi
IL2 = Interaksi dengan konsumen
IL3 = Pengembangan layanan baru
BI = *Brand image*
BI1 = Pengakuan
BI2 = Reputasi
BI3 = Loyalitas merek

KK = Kepuasan Konsumen
KK1 = Kesesuaian dengan harapan
KK2 = Kemudahan
KK3 = Pengalaman masa lalu
KK4 = Pengalaman teman
KR = Keputusan Pelanggan
KR1 = Pengenalan masalah
KR2 = Pencarian Informasi
KR3 = Alternatif evaluasi
KR4 = Keputusan pembelian
KR5 = Pasca Pembelian
LK = Loyalitas nasabah
LK1 = Pembelian Kembali
LK2 = Ketahanan pada pengaruh negatif
LK3 = Merujuk orang lain

Hipotesis diajukan pada penelitian ini adalah:

- H1: Kualitas layanan bank syariah berpengaruh signifikan terhadap kepuasan nasabah
H2: Kualitas layanan bank syariah berpengaruh signifikan terhadap keputusan nasabah
H3: Kualitas layanan bank syariah berpengaruh signifikan terhadap loyalitas nasabah
H4: Inovasi layanan bank syariah berpengaruh signifikan terhadap kepuasan nasabah
H5: Inovasi layanan bank syariah berpengaruh signifikan terhadap keputusan nasabah
H6: Inovasi layanan bank syariah berpengaruh signifikan terhadap loyalitas nasabah
H7: Brand image bank syariah berpengaruh signifikan terhadap kepuasan nasabah
H8: Brand image bank syariah berpengaruh signifikan terhadap keputusan nasabah
H9: Brand image bank syariah berpengaruh signifikan terhadap loyalitas nasabah

H10: Kepuasan nasabah bank syariah berpengaruh signifikan terhadap loyalitas nasabah

H11: Keputusan nasabah bank syariah berpengaruh signifikan terhadap loyalitas nasabah

Analisis yang digunakan untuk menjawab hipotesis adalah model persamaan *Structural Equation Modeling (SEM)*. Untuk menguji kelayakan model yang dikembangkan dalam model persamaan struktural, digunakan indeks kelayakan model. Jika model yang cukup baik, tetapi jika tidak baik, maka perlu dilakukan modifikasi model dengan menambahkan atau menghapus baris link sehingga nilai *chi-square* akan menurun dengan nilai indeks tersebut (Ferdinant, 2000).

Hasil Kerja

Analisis *Structural Equation Modeling (SEM)*

Pengujian hipotesis penelitian dengan cara melihat uji secara parsial masing-masing jalur pengaruh langsung dari hasil analisis *Structural Equation Modeling (SEM)*, pengujian pengaruh tidak langsung merupakan hasil ikutan dari pengaruh langsung. Pengujian hipotesis pengaruh langsung dengan melihat nilai C.R. > 1,96 dan P < 0,05 yang berarti pengaruh signifikan.

Table 1. Hasil pengujian hipotesis penelitian..

H	Variabel Tidak Bebas	Variabel Bebas	Hubungan Langsung	
			Path Coef.	Keterangan
H 1	KL	KK	0.87	Significant
H 2	KL	KK	0.84	Significant
H 3	KL	LK	0.83	Significant
H 4	IL	KK	0.81	Significant
H 5	IL	KR	0.23	Non significant
H 6	IL	LK	0.77	Significant

H 7	BI	KK	0.91	Significant
H 8	BI	KR	0.87	Significant
H 9	BI	LK	0.82	Significant
H10	KK	LK	0,74	Significant
H11	KK	LK	0.17	Non significant

Pengaruh kualitas layanan terhadap kepuasan nasabah dan loyalitas nasabah syariah

Perbankan Syariah diciptakan untuk memberikan layanan unggul yang sesuai dengan syariat Islam. Namun, meskipun layanan tersebut unggul secara Syariah, masih banyak orang yang meragukan keprofesionalan pelayanannya. Di dalam masyarakat yang semakin kritis seperti sekarang, selain produk, pelayanan yang diberikan juga mempengaruhi keberlangsungan bank. Kualitas pelayanan yang unggul akan mempengaruhi kepuasan nasabah.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Clemes *et. al.*, (2013) menyatakan bahwa ada pengaruh positif dan signifikan antara kualitas layanan yang diberikan bank terhadap kepuasan nasabah. Essiam (2011) bahwa ada pengaruh positif dan signifikan antara kualitas layanan terhadap kepuasan nasabah, namun tingkat signifikan tertinggi terdapat pada dimensi *responsiveness*. Hidayat and Akhmad (2016) menyatakan kepuasan nasabah disertai dengan loyalitas nasabah, kepuasan nasabah berkaitan dengan apa yang diungkapkan oleh nasabah tentang persepsi dan harapannya terhadap layanan yang diperoleh. Sementara loyalitas berkaitan dengan apa yang dilakukan nasabah setelah berinteraksi dalam proses layanan. Ryu *et. al.*, (2012) menyatakan bahwa kepuasan nasabah berpengaruh positif dan signifikan terhadap loyalitas nasabah. Kim *et. al.*, (2004) bank yang mampu memberikan layanan yang baik kepada nasabah memiliki peluang besar untuk bisa terus dikunjungi oleh nasabahnya. Dan Eom *et. al.*, (2012) menghasilkan bahwa kualitas pelayanan berpengaruh positif dan signifikan terhadap loyalitas nasabah.

Pengaruh kualitas layanan terhadap keputusan nasabah dan loyalitas nasabah syariah

Persaingan yang semakin kompetitif dalam mendapatkan nasabah diperlukannya sistem promosi dan mutu pelayanan yang sesuai dengan prosedur dari bank. Dengan menerapkan strategi melalui peningkatan promosi dan kualitas pelayanan, maka akan mampu mendapatkan nasabah yang akan memutuskan bertransaksi dan menabung di Bank Syariah sehingga bank dapat bertahan, bersaing, dan mendapatkan simpati dari masyarakat.

Hasil penelitian ini mempertegas pernyataan Ryu *et.al.*, (2012) yang menyatakan bahwa Kualitas layanan yang kompetitif berhubungan positif dan signifikan dengan Keputusan Menabung. Sedangkan Bei dan Chiao (2001) yang menemukan bahwa Kualitas layanan secara positif dan signifikan berpengaruh terhadap Keputusan Menabung, sehingga dari hasil penelitian ini maka penelitian yang dilakukan oleh peneliti terbukti bahwa secara empirik bahwa faktor Kualitas layanan berpengaruh signifikan terhadap keputusan menabung nasabah Bank. Hasil penelitian Pickett and Ozaki (2008), menunjukkan bahwa ada pengaruh positif kualitas layanan dan promosi terhadap keputusan nasabah.

Pengaruh inovasi layanan bank syariah terhadap kepuasan dan loyalitas nasabah syariah

Bank syariah dalam memperluas pasar tidaklah cukup dengan merancang dan melaksanakan program pemasaran yang kreatif disertai dengan meningkatkan kepuasan nasabah melalui penciptaan inovasi. Nasabah yang puas biasanya tetap setia dalam waktu yang lama, membeli lagi ketika bank memperkenalkan produk atau jasa baru, membicarakan hal-hal baik tentang bank kepada orang lain, tidak terlalu memperhatikan merek pesaing dan tidak terlalu sensitif dengan harga.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Gilaninia *et.al.*, (2013) mengatakan bahwa inovasi layanan secara signifikan mempengaruhi kepuasan nasabah. Begitu pula dengan penelitian yang dilakukan Amin and Isa (2008) yang menyatakan inovasi layanan yang dilakukan bank akan berpengaruh signifikan terhadap kepuasan nasabah. Delafrooz *et. al.*, (2013) yang membuktikan bahwa inovasi berpengaruh secara signifikan terhadap kepuasan nasabah. Pernyataan yang sama juga disampaikan oleh Talib *et. al.*, (2013) yang menyatakan bahwa inovasi berpengaruh secara signifikan terhadap kepuasan nasabah, inovasi dapat meningkatkan kinerja bank dan inovasi dapat memenuhi kebutuhan dari tuntutan nasabahnya. Selain kepuasan nasabah, inovasi juga terkait dengan loyalitas. Fatkhurrohman (2011) membuktikan bahwa inovasi berpengaruh positif terhadap loyalitas nasabah. Pernyataan yang sama juga disampaikan oleh Hansemark and Albinsson, (2004) yang menyatakan bahwa inovasi berpengaruh positif terhadap loyalitas nasabah, bank dapat memperkuat loyalitas nasabah melalui layanan yang unik sehingga dapat memenuhi kebutuhan nasabahnya.

Pengaruh inovasi layanan bank terhadap keputusan nasabah dan loyalitas nasabah syariah

Program kinerja promosi penjualan memainkan peran yang sangat penting sebagai bagian dari strategi dan kebijakan bank untuk mewujudkan loyalitas nasabah (Martínez dan del Bosque 2013). Inovasi sebagai suatu cara dimana layanan, proses, metode, teknologi diperbaharui dan diperbaiki, dan pelayanan dikembangkan untuk menambah nilai (*add value*) sesuai dengan keinginan nasabah perbankan (Pickett and Ozaki, 2008). Mengingat dalam variabel proses pengambilan keputusan, yang dimulai dari: Pengenalan Masalah, Pencarian Informasi, Evaluasi Alternatif, Keputusan Nasabah, dan berakhir pada Kepuasan dan kepuasan inilah yang mengakibatkan nasabah akan loyal terhadap bank, karena tujuan akhir keberhasilan bank adalah menjalin hubungan dengan nasabahnya untuk membentuk loyalitas yang kuat (Kotler and Armstrong, 2010).

Hasil penelitian ini tidak relevan dengan penelitian yang dilakukan oleh Henard and Dacin (2010), yang menunjukkan bahwa inovasi layanan berpengaruh signifikan terhadap keputusan nasabah. Inovasi yaitu setiap barang, jasa, atau gagasan yang dianggap seseorang sebagai sesuatu yang baru (Kotler and Armstrong, 2010). Menurut Kowatsch and Maass (2010), ada beberapa produk baru yang langsung mencapai kesuksesan dalam waktu singkat, ada juga beberapa yang lainnya berjuang di dalam waktu yang

panjang untuk diterima nasabah. Beberapa produk mengalami kegagalan.

Inovasi produk tidak berpengaruh terhadap keputusan nasabah syariah. Inovasi produk bukan penentu nasabah untuk membeli jasa perbankan syariah. Inovasi layanan bank syariah bukanlah hal yang penting diperhatikan dalam pemasaran perbankan. Nasabah sulit untuk menerima suatu layanan baru. Kinerja layanan perbankan yang buruk merupakan salah satu faktor yang menyebabkan inovasi layanan tidak berpengaruh terhadap keputusan nasabah terhadap layanan bank syariah. Demikian juga dengan loyalitas nasabah, tidak sepenuhnya dipengaruhi oleh keputusan nasabah. Namun demikian hubungan langsung antara inovasi layanan dengan loyalitas nasabah adalah signifikan.

Pengaruh *Brand Image* bank syariah terhadap kepuasan dan loyalitas nasabah syariah

Bank syariah mempunyai cara yang berbeda-beda untuk menciptakan suatu brand dan memberikan pelayanan kepada nasabah. Dengan semakin kuatnya brand image suatu produk, maka nasabah akan merasa puas dan semakin kuat pula daya tariknya di mata nasabah untuk menggunakan produk atau jasa yang selanjutnya akan membawa nasabah untuk melakukan transaksi secara berulang-ulang sehingga akhirnya menjadi nasabah yang loyalis serta mendatangkan keuntungan bagi bank syariah. Hasil penelitian ini sejalan dengan Helgesen dan Nasset (2007), citra suatu bank bisa berasal dari nama bank, bentuk bangunan kantornya, variasi produk dan layanan serta kesan akan kualitas dari karyawannya dalam menjalin hubungan dengan nasabah, dengan adanya hal-hal tersebut maka dengan sendirinya akan diuntungkan dengan tumbuhnya citra positif dari nasabah yang bisa berakibat tumbuhnya loyalitas dari nasabah tersebut. Cretu and Kim (2012), menyatakan bahwa brand image berpengaruh positif dan signifikan terhadap loyalitas nasabah. Semakin baik brand image akan meningkatkan loyalitas nasabahnya.

Hidayat *et. al.*, (2015) menyatakan bahwa kepuasan nasabah disertai dengan loyalitas nasabah. Kepuasan nasabah berkaitan dengan apa yang diungkapkan oleh nasabah tentang persepsi dan harapannya terhadap layanan yang diperoleh sementara loyalitas berkaitan dengan apa yang dilakukan nasabah setelah berinteraksi dalam proses layanan. Ryu *et.al.*, (2012) menyatakan bahwa kepuasan nasabah berpengaruh positif dan signifikan terhadap loyalitas nasabah. Kepuasan nasabah adalah perasaan positif yang disertai dengan sikap nasabah setelah mereka mengalami situasi atau kondisi pada saat mereka menggunakan jasa tersebut.

Pengaruh *Brand Image* bank syariah terhadap keputusan nasabah dan loyalitas nasabah syariah

Brand Image adalah nama, tanda, simbol atau kombinasi hal-hal tersebut, yang ditunjukan untuk mendefinisikan dan mendiferensiasikan layanan bank lain. Salah satu cara yang dilakukan untuk mempengaruhi keputusan nasabah dalam memilih produk perbankan syariah adalah melakukan *brand image*. Bank harus mempertegas komitmen dalam mencapai arah tujuannya sehingga memberikan nilai positif terhadap citra (*image corporate*) dan menumbuhkan keputusan nasabah untuk menabung pada perbankan syariah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa citra bank berpengaruh terhadap keputusan nasabah. Makin tinggi citra bank maka akan secara langsung dapat meningkatkan keputusan nasabah. Hasil pengujian hipotesis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa citra bank berpengaruh signifikan terhadap keputusan nasabah. Penelitian searah dengan temuan Nguyen dan Leblance (2001), citra korporat mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap keputusan nasabah. Kepuasan dan ketidakpuasan nasabah atas produk akan berpengaruh pada pola perilaku selanjutnya. Hal ini ditunjukkan nasabah setelah terjadi proses pembelian (Kotler and Armstrong, 2010). Kepuasan nasabah dapat memberikan beberapa manfaat, diantaranya hubungan antara bank dan nasabah menjadi harmonis, memberikan dasar yang baik bagi pembelian ulang, membentuk suatu rekomendasi dari mulut kemulut yang menguntungkan bank dan terciptanya loyalitas nasabah (Van, *et. al.*, 2016).

Memiliki nasabah yang loyal biasanya menghasilkan deviden jangka panjang pada bank penyedia jasa. Untuk meningkatkan loyalitas, Bank harus meningkatkan dan mempertahankan tingkat kepuasan tersebut. Loyalitas nasabah merupakan manifestasi saat ini dan kelanjutan dari kepuasan nasabah dalam menggunakan fasilitas maupun jasa pelayanan yang diberikan oleh pihak bank serta untuk tetap menjadi nasabah di bank tersebut (Utami, 2015).

Kesimpulan

Kepuasan nasabah memediasi pengaruh kualitas layanan dan *brand image* terhadap loyalitas nasabah baik langsung maupun tidak langsung. Semakin tinggi tingkat kepuasan nasabah dari dampak kualitas layanan dan *brand image* yang diciptakan, maka akan mampu meningkatkan loyalitas nasabah. Inovasi layanan berpengaruh secara langsung terhadap loyalitas layanan. Keputusan nasabah tidak mampu memediasi pengaruh hubungan tidak langsung inovasi layanan terhadap loyalitas nasabah. Inovasi layanan yang dilakukan bank dengan penggunaan teknologi perbankan, interaksi dengan nasabah dan pengembangan layanan baru perbankan tidak mampu meningkatkan loyalitas nasabah. Nasabah sudah terbiasa dan cocok dengan layanan perbankan sebelum inovasi layanan dilakukan, sehingga membutuhkan waktu untuk menerima layanan baru perbankan. Loyalitas nasabah juga tidak sepenuhnya dipengaruhi oleh keputusan nasabah secara langsung.

Ucapan Terima kasih

Penelitian ini didukung oleh Hibah publikasi Universitas Trunojoyo Madura (SP DIPA-010.01.2.401029/2024).

Referensi

- Amin, M., & Isa, Z. (2008). An examination of the relationship between service quality perception and customer satisfaction: A SEM approach towards Malaysian Islamic banking. *International Journal of Islamic and Middle Eastern Finance and Management*, 1 (3), 191-209.
- Bei, L. T., & Chiao, Y. C. (2001). An integrated model for the effects of perceived product, perceived service quality, and perceived price fairness on consumer satisfaction



- and loyalty. *Journal of consumer satisfaction, dissatisfaction and complaining behavior*, 14, 125.
- Clemes, M. D., Gan, C., & Ren, M. (2011). Synthesizing the effects of service quality, value, and customer satisfaction on behavioral intentions in the motel industry: An empirical analysis. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 35 (4), 530-568.
- Cretu, H., Lee, S., & Kim, C. (2012). Influence of Service Quality and Trust on Customer Satisfaction in Judicial Agents's Service. *Journal of the Korean society for quality management*, 40 (4), 513-530.
- Delafrrooz, N., Taleghani, M., & Taghineghad, M. (2013). The impact of service innovation on consumer satisfaction. *International Journal of Marketing and Technology*, 3 (5), 127.
- Dewany, F. W. (2015). Analysis of the effect of GCG quality on the financial performance of Islamic banks. *The Indonesian Accounting Review*, 5 (2), 119-128.
- Essiam, Joshua Ofari. 2013. *Service Quality and Patients satisfaction with Healthcare Delivery: Empirical Evidence from Patients of the out Patient Department of a Public University Hospital in Ghana*. Vol 5 No.28
- Fatkhrurrohman, M. D. (2011). The Effect of Innovation Factors to Customer Loyalty by Structural Equation Model.
- Ferdinant, Augusty. (2000). *Structural Equation Modeling (SEM) in Management Research*. Semarang, Diponegoro University.
- Gilaninia, S., Delafrrooz, N., & Tohidi, R. (2013). Effect of technologies-based service quality dimensions on customer loyalty. *Universal Journal of Management and Social Sciences*, 3 (2), 43-49.
- Hansemark, O. C., & Albinsson, M. (2004). Customer satisfaction and retention: the experiences of individual employees. *Managing Service Quality: An International Journal*, 14 (1), 40-57.
- Henard, D. H., & Dacin, P. A. (2010). Reputation for product innovation: Its impact on consumers. *Journal of Product Innovation Management*, 27 (3), 321-335.
- Helgesen, Ø., & Nettet, E. (2007). Images, satisfaction and antecedents: Drivers of student loyalty? A case study of a Norwegian university college. *Corporate Reputation Review*, 10 (1), 38-59.
- Hidayat, R., & Akhmad, S. (2016). Integrated Model of Customers' Satisfaction and Loyalty: a Business Analysis of Banking Service. *Mimbar: Jurnal Sosial dan Pembangunan*, 32 (1), 139-147.
- Hidayat, R., Akhmad, S., & Machmud, M. (2015). Effects of Service Quality, Customer Trust and Customer Religious Commitment on Customers Satisfaction and Loyalty of Islamic Banks in East Java. *Al-Iqtishad: Journal of Islamic Economics*, 7 (2), 151-164.
- Kim, M. K., Park, M. C., & Jeong, D. H. (2004). The effects of customer satisfaction and switching barrier on customer loyalty in Korean mobile telecommunication services. *Telecommunications policy*, 28 (2), 145-159.
- Kotler, P., & Armstrong, G. (2010). *Principles of marketing*. Pearson education.
- Kotler, P., Keller, K. L., Ancarani, F., & Costabile, M. (2014). *Marketing management 14/e*. Pearson.
- Kowatsch, T., & Maass, W. (2010). In-store consumer behavior: How mobile recommendation agents influence usage intentions, product purchases, and store preferences. *Computers in Human Behavior*, 26 (4), 697-704.
- Martínez, P., & del Bosque, I. R. (2013). CSR and customer loyalty: The roles of trust, customer identification with the company and satisfaction. *International Journal of Hospitality Management*, 35, 89-99.
- Nguyen, N., & Leblanc, G. (2001). Corporate image and corporate reputation in customers' retention decisions in services. *Journal of retailing and Consumer Services*, 8(4), 227-236.
- Pancholi, K. (2014). Retail stores of the UK and determinants of their customers' satisfaction. *The Business & Management Review*, 5 (1), 220.
- Pickett-Baker, J., & Ozaki, R. (2008). Pro-environmental products: marketing influence on consumer purchase decision. *Journal of consumer marketing*, 25 (5), 281-293.
- Riaz, U., Burton, B., & Monk, L. (2016). Perceptions on Islamic banking in the UK—Potentialities for empowerment, challenges and the role of scholars. *Critical Perspectives on Accounting*.
- Ryu, K., Lee, H. R., & Gon Kim, W. (2012). The influence of the quality of the physical environment, food, and service on restaurant image, customer perceived value, customer satisfaction, and behavioral intentions. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 24 (2), 200-223.
- Talib, F., Rahman, Z., & Qureshi, M. N. (2013). An empirical investigation of relationship between total quality management practices and quality performance in Indian service companies. *International journal of quality & reliability management*, 30 (3), 280-318.
- Teece, D. J. (2010). Business models, business strategy and innovation. *Long range planning*, 43(2), 172-194.
- Utami, S. (2015). The Influence of Customers' Trust on Customer Loyalty. *International Journal Of Economics, Commerce and Management*, III, 7, 638-653.



- Van, N. T., Tuan, N. M., & Hoang, T. P. (2016). The Relationship between Customer Relationship Management and Using Decision to the Product Service of Customers: A Case Study in Vietnam. *International Journal of Marketing Studies*, 8 (1), 107.
- Wells, J. D., Valacich, J. S., & Hess, T. J. (2011). What signal are you sending? How website quality influences perceptions of product quality and purchase intentions. *MIS quarterly*, 373-396.



Penentuan Rute dan Pusat Distribusi Bantuan Logistik Erupsi Eksplosif Merapi

Slamet Setio Wigati¹ Maria Gratiana Dian Jatiningsih¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ slamet.wigati@uajy.ac.id

Gunung Merapi termasuk sepuluh gunung api paling berbahaya di dunia. Tim Kontijensi Erupsi Merapi Kabupaten Sleman membagi erupsi Merapi menjadi dua jenis, yaitu erupsi secara efusif dan eksplosif. Kesiapsiagaan BPBD Sleman dalam menanggulangi bencana Merapi ditunjukkan dengan dibuatnya Rencana Kontijensi Erupsi Gunung Merapi. Namun, dalam rencana tersebut belum ditentukan rute dan pusat distribusi bantuan logistic erupsi eksplosif Merapi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rute distribusi dan pusat distribusi erupsi eksplosif Merapi dengan metode *sweep cluster first route second*. Setelah terbentuk *cluster*, pusat distribusi ditentukan dengan menggunakan *centre of gravity* dan demand tertinggi. Sedangkan rute ditentukan menggunakan dasar *Travelling Salesman Problem*. Alternatif terbaik pada penelitian ini adalah membagi lokasi pengungsian menjadi tiga cluster dengan pusat distribusi logistik di PPPG Kesenian (BBPPMPV Seni dan Budaya), Balai Desa Tirtomartani dan Youth Centre. Penelitian ini menghasilkan rute yang dapat ditempuh menggunakan tiga buah truk dengan tingkat sensitivitas sebesar 27%

Kata kunci: erupsi eksplosif, pusat distribusi, rute distribusi

Pendahuluan

Gunung Merapi yang berada di sebelah utara Kabupaten Sleman, merupakan salah satu gunung yang paling aktif dan berbahaya di dunia (Suroso dkk, 2012) yang sering mengalami erupsi secara periodik. Karakteristik erupsi Merapi bersifat aktif permanen (Pratomo, 2006).

Bencana alam seperti erupsi gunung berapi tidak dapat dihindari sehingga kesiapsiagaan pemerintah dalam hal persiapan, respon dan upaya pemulihan sangat dibutuhkan untuk meminimalisir dampak negatif yang ditimbulkan (Afshar dan Haghani, 2012). Bukti kesiapsiagaan pemerintah Kabupaten Sleman dalam mengantisipasi bencana erupsi Merapi ditunjukkan dengan dibuatnya Rencana Kontijensi. Tim Kontijensi Erupsi Merapi Kabupaten Sleman membagi erupsi Merapi menjadi dua jenis, yaitu erupsi secara efusif dan eksplosif. Erupsi efusif adalah erupsi yang ditandai dengan keluarnya lava secara perlahan dan mengalir tanpa diikuti suatu ledakan, sedangkan erupsi eksplosif merupakan erupsi yang ditandai dengan keluarnya magma dari gunung api dalam bentuk ledakan.

Erupsi eksplosif menimbulkan kerugian yang lebih besar dibandingkan dengan erupsi efusif karena desa yang terkena dampak erupsi eksplosif jumlahnya lebih banyak. Erupsi Merapi 2010 bersifat eksplosif dan merupakan erupsi terbesar dalam kurun waktu seratus tahun terakhir yang mengakibatkan 346 korban jiwa meninggal dan lebih dari 150 ribu jiwa mengungsi (BPBD Sleman, 2016).

Setelah erupsi 2010, BPBD Sleman menyusun Rencana Kontingensi pada tahun 2012. Pada rencana kontijensi tersebut dijelaskan lokasi-lokasi yang digunakan sebagai pengungsian dan skema dropping logistik. Pusat distribusi

skenario efusif terdapat di Pakem, sedangkan skenario eksplosif belum memiliki pusat distribusi. Rencana kontijensi juga belum dilengkapi dengan rute pendistribusian bantuan erupsi eksplosif. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan rute distribusi dan pusat distribusi erupsi eksplosif Merapi

Metode

Rute dan pusat distribusi pada penelitian ini ditentukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data-data terkait lokasi pengungsian, titik koordinat lokasi, data jumlah penduduk dan kebutuhan logistik tiap lokasi
2. *Clustering* lokasi permintaan berdasarkan wilayah tertentu dengan menggunakan *sweep algorithm*. *Clustering* dilakukan menggunakan dua alternatif, yaitu secara vertikal dan secara horizontal.
3. Menentukan pusat distribusi dengan menggunakan dua alternatif, *centre of gravity* dan demand tertinggi.
4. Menentukan rute distribusi dengan menggunakan dasar *Travelling Salesman Problem*.
5. Menghitung total waktu distribusi, yaitu total waktu yang dibutuhkan untuk *loading-unloading* logistik batuan dan transportasi.
6. Menentukan alternatif terbaik, yaitu alternatif dengan total waktu distribusi tidak lebih dari sepuluh jam dalam sehari.
7. Melakukan analisis sensitivitas

Hasil Kerja

Lokasi pengungsian

Data lokasi pengungsian dan jumlah pengungsi diambil dari rencana kontijensi Merapi 2012 (BPBD Sleman, 2012). Koordinat lokasi dicari dengan *google maps*. Data bantuan logistik tiap lokasi pengungsi per hari dihitung berdasarkan data kebutuhan pangan rencana kontijensi. Data bantuan logistik merupakan data dimensi bantuan logistik yang didistribusikan. Tiap jenis barang diasumsikan dikemas dalam kardus kemudian dikonversi ke dalam satuan volume cm³. Bantuan logistik diasumsikan dikemas menggunakan kardus untuk memudahkan perhitungan volume barang. Lokasi pengungsian, koordinat lokasi, jumlah pengungsi dan volume bantuan logistic dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1 Data lokasi pengungsian dan bantuan logistik

Barak Pengungsi	X	Y	Jumlah pengungsi	Volume Bantuan (cm ³)
Balai Desa	-7.735855	110.484322	1228	6.293.024
Tamanmartani	-7.752322	110.471568	1064	5.519.563
Balai Sosial utara Balai Desa Tirtomartani (Balai PMD)	-7.755034	110.470891	505	2.973.077
Balai Desa Tirtomartani	-7.755995	110.470728	2168	10.990.865
Bapelkes	-7.773193	110.463693	530	3.023.405
BPPKS Purwomartani	-7.743497	110.450679	404	2.507.690
Sindumartani	-7.69153	110.476144	300	1.935.809
Balai Desa Wedomartani	-7.731409	110.434581	1252	6.365.996
Balai Desa Umbulmartani	-7.683426	110.435862	473	2.756.456
Lapangan Raden Ronggo	-7.766631	110.470482	1939	9.832.977
PSAA	-7.624442	110.390923	592	3.274.079
Depsos Banjarharjo	-7.682545	110.458777	591	3.274.079
Balai Desa Bimomartani	-7.717331	110.35529	561	3.198.515
Barak Bimomartani	-7.699387	110.465249	561	3.198.515
SMA Veteran	-7.701464	110.454605	838	4.427.209
Bulog Kalasan	-7.699993	110.464195	965	5.055.856
Balai Desa Widodomartani	-7.757512	110.468938	2977	15.002.792
UII	-7.708969	110.44907	13644	67.260.050
PPPG Kesenian	-7.687654	110.414751	13643	67.260.050
Balai Desa Selomartani	-7.700576	110.427534	695	3.842.239
UKRIM	-7.732243	110.46062	821	4.397.617
Balai Desa Sariharjo	-7.774672	110.449726	2263	11.455.122
SMP Donoharjo	-7.724935	110.380859	2263	11.455.122
SMA Donoharjo	-7.687771	110.38819	2263	11.455.122
Balai Desa Donoharjo	-7.687026	110.388499	2263	11.455.122
GOR Pangukan	-7.687534	110.388682	1665	8.563.948
Masjid Agung Sleman	-7.710098	110.345651	1665	8.563.948
Balai Transmigrasi	-7.714348	110.356088	1665	8.563.948
Balai Desa Triharjo	-7.768016	110.431687	1665	8.690.956
Balai Desa Pendowoharjo	-7.694772	110.344323	1664	8.563.948
Youth Centre	-7.700488	110.365112	15948	82.175.373

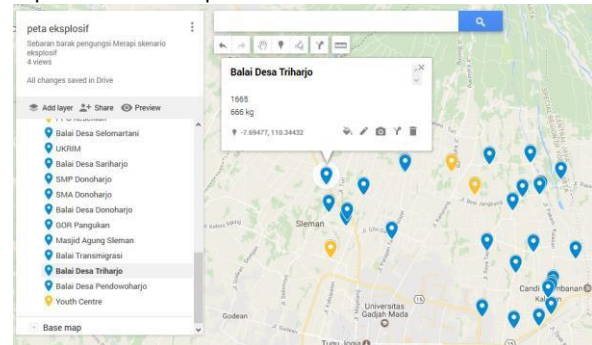
Data dimensi bantuan logistik tersebut digunakan untuk menghitung jumlah bantuan yang akan diangkut dengan menyesuaikan volume maksimal kendaraan. BPBD Kabupaten Sleman memiliki truk jenis fuso dengan dimensi bak 6 m x 2,25 m x 2,2 m sehingga masing-masing truk memiliki volume angkut maksimal sebesar 29,7 m³. Volume barang yang diangkut tidak boleh melebihi volume angkut maksimal kendaraan.

Cluster

Data-data yang telah didapatkan digunakan sebagai dasar untuk pembuatan rute distribusi. Pembuatan rute distribusi menggunakan metode *cluster first route second*. Berdasarkan metode tersebut tiap lokasi pengungsian dibuat *cluster* terlebih dahulu sebelum dibuat rute pendistribusiannya. *Clustering* lokasi permintaan

berdasarkan wilayah tertentu dilakukan dengan menggunakan *sweep algorithm*. *Clustering* dilakukan secara vertikal dan horizontal.

Pada penelitian ini, akan dibuat beberapa alternatif *cluster*, *clustering* vertikal dua cluster, *clustering* vertikal tiga cluster, *clustering* horizontal dua cluster dan *clustering* horizontal tiga cluster. Pembuatan *cluster* ini dimulai dengan memetakan titik koordinat X dan Y ke dalam sebuah peta seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Peta lokasi pengungsian

Langkah selanjutnya adalah mencari titik tengah (x, y) yang akan digunakan sebagai titik pusat dengan rumus:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

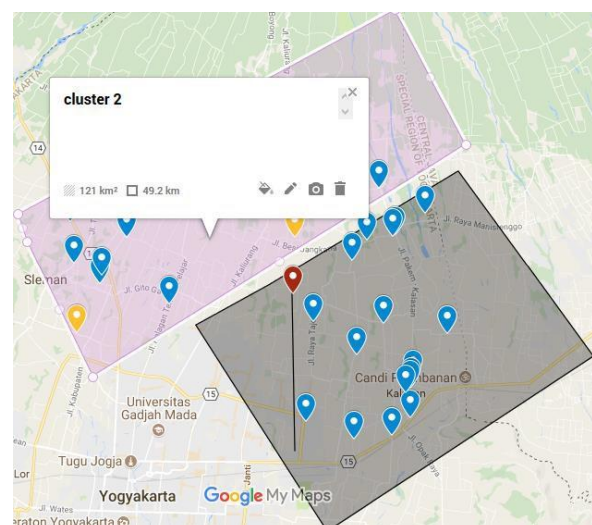
(1)

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

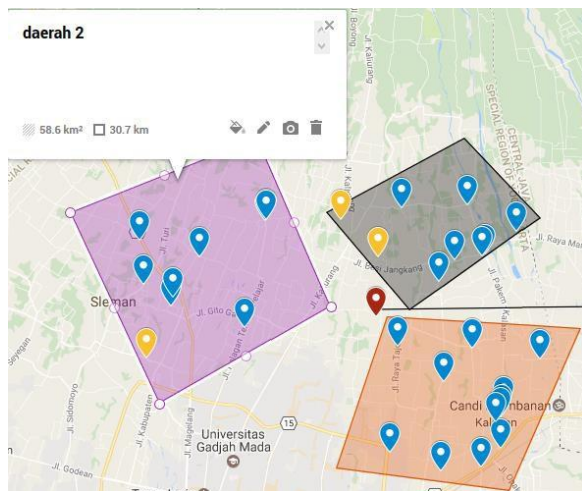
(2)

Dimana x_i dan y_i merupakan koordinat x dan y di lokasi i, n merupakan jumlah lokasi.

Clustering vertikal dilakukan dengan membuat garis lurus sumbu y negatif dengan titik tengah sebagai titik pusatnya, kemudian menggeser garis dengan menyapu titik koordinat lokasi permintaan di sekitar titik pusat berlawanan arah jarum jam hingga jumlah permintaan kira-kira setengah dari total permintaan. Sedangkan *Clustering* secara horizontal dilakukan dengan menyapu seluruh lokasi dari titik pusat secara horizontal berlawanan arah jarum jam. Contoh *sweep algorithm* 2 cluster vertikal dan 3 cluster horizontal dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2 Sweep algorithm 2 cluster vertikal



Gambar3 Sweep algorithm 3 cluster horizontal

Pusat distribusi

Setiap kluster yang sudah ditentukan akan memiliki satu pusat distribusi logistik. Ada dua alternatif untuk menentukan pusat distribusi, yaitu *centre of gravity* dan *demand* tertinggi. Cara menentukan pusat distribusi menggunakan *centre of gravity* seperti pada persamaan 3 dan 4.

$$Cx = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i \times d_i)}{\sum d} \quad (3)$$

$$Cy = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i \times d_i)}{\sum d} \quad (4)$$

Dimana

Cx = koordinat x di pusat gravitasi

Cy = koordinat y di pusat gravitasi

x_i = koordinat x di lokasi i

y_i = koordinat y di lokasi i

d_i = permintaan di lokasi i

Jika lokasi pusat distribusi yang dihitung tidak tepat di salah satu lokasi pengungsian, maka dipilih lokasi pengungsian terdekat sebagai pusat distribusi, karena BPBD Sleman tidak berencana membangun pusat distribusi, tetapi menggunakan salah satu lokasi pengungsian sebagai pusat distribusi. Sebagai contoh misalnya cluster 1 pada gambar 2, perhitungan lokasi distribusi menggunakan rumus *centre of gravity* terletak di koordinat $x = -7.7400879$ dan $y = 110.4595681$. Koordinat tersebut menunjukkan lokasi yang letaknya dekat dengan Balai Desa Selomartani, sehingga Balai Desa Selomartani dijadikan sebagai pusat distribusi.

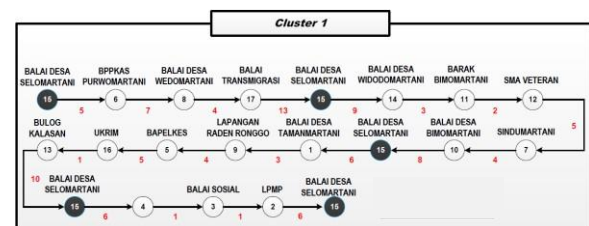
Penentuan lokasi pusat distribusi alternatif kedua dilakukan dengan memilih demand tertinggi atau lokasi dengan jumlah pengungsi terbanyak sebagai pusat distribusi.

Rute distribusi

Rute distribusi ditentukan dengan menggunakan dasar *Travelling Salesman Problem* (TSP). Software yang dapat digunakan untuk menyelesaikan TSP salah satunya adalah WinQSB. Software ini memiliki beberapa modul terkait penelitian operasional dan management science (Sarker dan Newton, 2008). Menurut Amariei dkk (2009), pemilihan modul tertentu pada WinQSB memungkinkan pengguna untuk memproses data, mendapatkan hasil yang disertai dengan analisis dan interpretasi.

Rute pengiriman berdasarkan urutan yang dihasilkan TSP dengan memperhitungkan kapasitas angkut kendaraan. Dalam suatu perjalanan, kendaraan dapat berhenti di beberapa lokasi permintaan asalkan kapasitas sisa kendaraan lebih dari permintaan lokasi selanjutnya. Apabila dalam satu perjalanan kapasitas sisa kendaraan kurang dari permintaan suatu lokasi, maka kendaraan akan kembali ke pusat distribusi untuk mengambil bantuan dan kembali ke lokasi tersebut. Misalnya, permintaan di lokasi b melebihi kapasitas sisa kendaraan, maka kendaraan akan kembali ke pusat distribusi untuk mengambil barang dan mengantarkannya ke lokasi b. Jika permintaan lokasi b terpenuhi dan sisa kapasitas kendaraan masih mencukupi untuk memenuhi permintaan lokasi selanjutnya, maka perjalanan akan dilanjutkan. Namun, apabila sisa kapasitas kendaraan tidak dapat memenuhi permintaan di lokasi selanjutnya kendaraan harus kembali ke pusat distribusi untuk mengambil bantuan.

Proses distribusi berawal dan berakhir di pusat distribusi yang telah ditentukan sebelumnya. Rute perjalanan *cluster 1* pada Gambar 2 dimulai dari Balai Desa Selomartani sebagai pusat distribusi dan berakhir di Balai Desa Selomartani. Dalam sekali perjalanan, kendaraan harus kembali ke pusat distribusi sebanyak tiga kali untuk mengisi ulang muatannya. Gambar 4 merupakan rute distribusi *cluster 1* pada 2 *cluster* vertikal dan pusat distribusi ditentukan dengan *centre of gravity* (alternatif e)



Gambar 4 Rute distribusi cluster 1 alternatif 1

Total Waktu distribusi

Pada penelitian ini terdapat 8 alternatif rute dan pusat distribusi, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Alternatif penelitian

Alternatif	vertikal		horizontal		pusat distribusi	
	2 cluster	3 cluster	2 cluster	3 cluster	centre of gravity	demand tertinggi
1	✓				✓	
2	✓					✓
3			✓		✓	
4			✓			✓
5		✓			✓	
6		✓				✓
7				✓	✓	
8				✓		✓

Perhitungan total waktu distribusi didapatkan dari total waktu dalam sekali perjalanan ditambah waktu loading atau unloading dikalikan jumlah titik dalam rute dikurangi satu. Jumlah titik yang dikalikan dengan waktu loading/ unloading dikurangi satu karena pada akhir rute kendaraan akan kembali ke pusat distribusi dan pada pusat distribusi tersebut tidak terjadi aktivitas loading/ unloading barang. Menurut Kepala Bagian Pendistribusian Logistik BPBD Sleman, perkiraan waktu loading dan unloading adalah sekitar dua puluh hingga tiga puluh menit. Pada

penelitian ini ada 2 alternatif waktu loading/unloading, yaitu 20 menit dan 30 menit.

Perbandingan total waktu distribusi untuk seluruh alternatif dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan alternatif

Alternatif	Cluster	Total Waktu Perjalanan (menit)	Total Waktu (loading/unloading 20 menit)	Total Waktu (loading/unloading 30 menit)
1	1	103	503	703
	2	420	1040	1350
2	1	122	502	692
	2	473	993	1253
3	1	183	583	783
	2	271	771	1021
4	1	183	583	783
	2	245	665	875
5	1	122	422	572
	2	57	337	477
6	3	117	477	657
	1	122	422	572
7	2	59	319	449
	3	107	347	467
8	1	122	422	572
	2	57	337	477
9	3	117	477	657
	1	122	422	572
10	2	59	319	449
	3	107	347	467

Perhitungan total waktu distribusi untuk alternatif 7 sama dengan alternatif 5, karena ketiga *cluster* yang diperoleh dengan *sweeping vertical* sama dengan *cluster* yang diperoleh dengan *sweeping horizontal*. Demikian juga untuk alternatif 8 sama dengan alternatif 6.

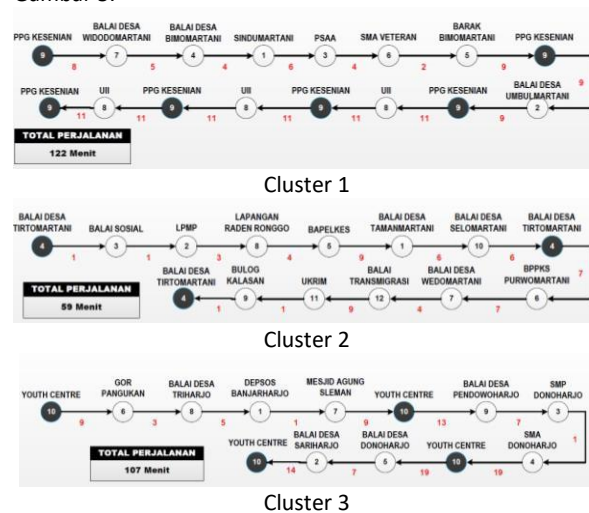
Tabel 3 menunjukkan bahwa semua *cluster* pada alternatif 6 memiliki total waktu distribusi kurang dari sepuluh jam. Batas sepuluh jam karena BPBD Sleman menetapkan dalam sehari batas truk mengantar bantuan logistic adalah 10 jam. Meskipun sama-sama memiliki tiga daerah, total waktu yang dimiliki alternatif 6 lebih kecil dibandingkan alternatif 5. Hal tersebut terjadi karena pada alternatif 6 lokasi yang dijadikan pusat distribusi adalah lokasi dengan demand tertinggi sehingga kendaraan dapat menghemat waktu karena tidak perlu berkali-kali datang ke lokasi tersebut untuk memenuhi permintaan, sedangkan pada alternatif 5 kendaraan harus berkali-kali ke lokasi demand tertinggi untuk memenuhi permintaan karena pusat distribusinya dicari menggunakan rumus *centre of gravity*.

Pusat distribusi dan rute distribusi terpilih

Rute distribusi yang terpilih untuk digunakan adalah alternatif 6. Pada alternatif 6, lokasi pengungsian dibagi menjadi 3 cluster, yaitu

1. Cluster 1, meliputi Sindumartani, Balai Desa Umbulmartani, PSAA, Balai Desa Bimomartani, Barak Bimomartani, SMA Veteran, Balai Desa Widodomartani, UII, PPPG Kesenian dengan pusat distribusi di PPPG Kesenian
2. Cluster 2, meliputi Balai Desa Tamanmartani, LPMP, Balai Sosial utara Balai Desa Tirtomartani, Balai Desa Tirtomartani, Bapelkes, BPPKS Purwomartani, Balai Desa Wedomartani, Lapangan Raden Ronggo, Bulog Kalasan, Balai Desa Selomartani, UKRIM, Balai Transmigrasi dengan pusat distribusi di Balai desa Tirtomartani
3. Cluster 3, meliputi Depsos Banjarharjo, Balai Desa Sariharjo, SMP Donoharjo, SMA Donoharjo, Balai Desa Donoharjo, GOR Pangukan, Masjid Agung Sleman, Balai Desa Triharjo, Balai Desa Pendowoharjo, Youth Centre dengan pusat distribusi di Youth Centre

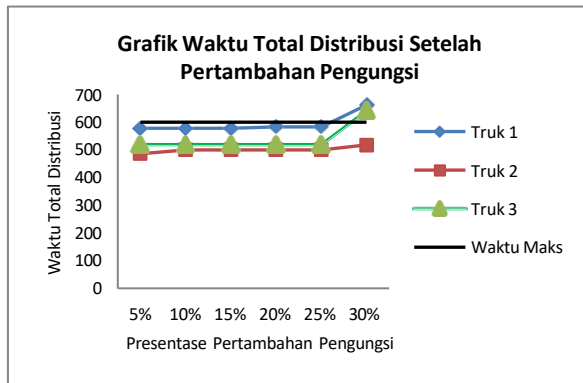
Rute distribusi untuk alternatif 6 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Rute distribusi alternatif 6

Analisis sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengetahui persentase maksimum pertambahan pengungsi yang dapat ditoleransi agar rute pada alternatif 6 tetap bisa digunakan (tidak berubah). Analisis ini dilakukan dengan simulasi menggunakan Ms. Excel. Jumlah pengungsi dinaikkan bertahap mulai dari 5%, 10% dan seterusnya hingga rute pada alternatif 6 tidak dapat digunakan lagi. Alternatif 6 tidak dapat digunakan apabila salah satu cluster memiliki waktu distribusi melebihi 10 jam.



Gambar 6 Grafik analisis sensitivitas

Grafik pada gambar 6 menunjukkan bahwa total waktu distribusi truk 1 dan truk 3 melebihi 10 jam saat persentase pertambahan pengungsi berada di antara 25% dan 30%. Selanjutnya akan dihitung kenaikan total waktu distribusi pada persentase 25%, 26%, 27%, 28%, 29% dan 30%. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa truk 1 melebihi waktu sepuluh jam saat jumlah pengungsi bertambah sebesar 28%, sedangkan truk 3 melebihi waktu sepuluh jam saat pertambahan pengungsi sebesar 30%. Melalui perhitungan tersebut, diketahui bahwa alternatif 6 dapat digunakan selama pertambahan jumlah pengungsi tidak lebih dari 27%.

Kesimpulan

Rute dan pusat distribusi yang dipilih adalah alternatif 6 yang mengelompokkan lokasi pengungsian menjadi 3 *cluster* dengan pusat distribusi bantuan logistik berada di PPPG Kesenian, Bala Desa Tirtomartani dan Youth Centre. Jumlah kendaraan yang digunakan dalam proses distribusi bantuan adalah tiga truk dengan kapasitas masing-masing 29,7 m³. Pada penelitian selanjutnya dapat dibuat model matematika sehingga dapat diperoleh rute dan pusat distribusi yang meminimumkan waktu total distribusi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada BPBD Sleman yang membantu dalam menyediakan data dan memberikan masukan dalam penelitian ini.

Referensi

- Surono, M. Jousset, P. Pallister, J. Boichu, M. Bungoiorno, M. F. Budisantoso, A. Schneider, D. (2012). The 2010 explosive eruption of Java's Merapi volcano - a '100-year' event. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 241-242, 121-135.
- Pratomo, I. (2006). Klasifikasi gunung api aktif Indonesia, studi kasus dari beberapa letusan gunung api dalam sejarah. *Jurnal Geologi Indonesia*, 1(4), 209-227.
- Afshar, A. and Haghani, A. (2012). Socio-Economic Planning Sciences Modeling integrated supply chain logistics in real-time large-scale disaster relief operations. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(4), 327-338.
- BPBD Sleman. (2016). Rangkaian Kegiatan Peringatan 3 Tahun Erupsi Gunungapi Merapi. Retrieved September 13, 2016, from <http://bpbd.slemankab.go.id/?p=1607>
- BPBD Sleman (2012). Rencana Kontijensi Erupsi Gunung Merapi 2012. Yogyakarta.
- Sarker, A. R. A. and Newton, C. S. (2008). *Optimization Modelling: A Practical Approach*. New York: CRC Press.
- Amari, O. I., Frunzaverde, D., Popovici, G., & Hamat, C. O. (2009). WinQSB simulation software – a tool for

professional development, 1(1), 2786-2790.
<http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.494>



Optimasi Penjadwalan Proyek Dengan Metode PERT/CPM dan Linier Programing

Heri Awalul Ilhamsah¹ Trisita Novianti²
Tarsisius Dwi Wibawa Budianta¹ Retno
Indriartiningtias¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

² Program Studi Teknik Industri, Universitas Trunojoyo Madura

✉ Heri.ilhamsah@Trunojoyo.ac.id

CV. X perusahaan yang mengerjakan proyek pembangunan rumah pompa dan sistem irigasi di Desa Kenongosari, Kecamatan Soko, Kabupaten Tuban. Proyek pembangunan ini dimulai pada bulan maret dan berakhir pada bulan november dengan durasi 213 hari dengan anggaran sebesar Rp 1.100.075.000. Jika terjadi keterlambatan penyelesaian akan dikenakan penalti sebesar 8% dari nilai proyek. Untuk mengantisipasi terjadinya hal tersebut, dilakukan proses optimalisasi penjadwalan menggunakan metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), CPM (*Critical Path Method*), serta LP (*Linier Programing*). Berdasarkan perhitungan, percepatan maksimal didapatkan ketika menggunakan LP, durasi bisa dipercepat menjadi 190 hari. Turun sebesar 9% dari durasi normalnya. Dengan menambah biaya tenaga kerja sebesar 1.492.665.

Kata kunci: Penjadwalan proyek, CPM, PERT, Linier Programing, Durasi.

Pendahuluan

Proyek merupakan suatu kegiatan terencana dengan jadwal yang telah ditentukan. Proyek dilaksanakan dalam satu kesatuan menggunakan suatu metode dan sumber daya dengan tujuan untuk mendapatkan keuntungan. Proyek memiliki keunikan sendiri-sendiri, akan berbeda antara satu dengan lainnya. Setiap proyek memiliki batasan waktu tertentu seperti kapan proyek harus dimulai dan kapan proyek harus selesai. Batasan waktu pada proyek merupakan hal yang sangat penting, karena terkait dengan keberhasilan penyelesaian proyek dengan tepat waktu. Konsistensi pelaksanaan kegiatan proyek terutama dalam hal ketaatan durasi dan waktu penyelesaiannya akan berdampak pada ketepatan penyelesaian proyek.

Kegagalan suatu proyek bisa disebabkan oleh beberapa hal seperti perencanaan yang kurang tepat serta pengendalian yang kurang efektif sehingga pelaksanaan kegiatan proyek tidak efisien dampaknya selain biaya yang membengkak juga bisa berdampak pada bertambahnya durasi proyek. Oleh karena itu diperlukan suatu cara atau penanganan khusus dalam hal pengaturan proyek untuk menghasilkan penjadwalan kerja yang baik. Manajemen proyek merupakan upaya mengatur seluruh aktivitas perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi suatu proyek dari awal hingga berakhirnya proyek untuk menjamin agar pelaksanaan proyek tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu (Ervianto, 2002).

CV. X merupakan perusahaan kontraktor proyek yang bergerak di bidang jasa instalasi listrik dan berbagai pembangunan gedung, jalan serta infrastruktur lainnya. Memiliki kantor di Kota Nganjuk dengan semangat mengedepankan kualitas dan mutu yang tinggi, sehingga

dapat bersaing dengan kontraktor sejenis lainnya. Dalam perjalanannya CV. X tidak hanya menerima proyek di dalam wilayah Nganjuk melainkan di berbagai kota lain di Jawa Timur seperti Kediri, Tuban, Malang, dan Surabaya, serta kota-kota lainnya.

Saat ini CV. X mengerjakan proyek pembangunan rumah pompa dan sistem irigasi di Desa Kenongosari, Kecamatan Soko, Kabupaten Tuban. Rumah pompa dan sistem irigasi ini merupakan proyek yang berfungsi untuk memindahkan air dari sungai bewangan solo ke sistem irigasi yang ada di desa tersebut. Proyek ini sangat penting bagi desa karena dapat memberikan manfaat bagi desa yaitu sebagai sumber mata air yang digunakan untuk mengairi sawah yang ada di desa.

Kesepakatan kontraktor dengan pemilik proyek, akan ada denda penalti sebesar 8% dari nilai proyek jika proyek tersebut gagal diselesaikan tepat waktu. Untuk itu guna menghindari hal tersebut penelitian ini berupaya menentukan durasi proyek tercepat dengan tetap memperhatikan penggunaan biaya seminimal mungkin, sehingga beban penalti akibat keterlambatan penyelesaian proyek dapat dihindari.

Hasil Kerja

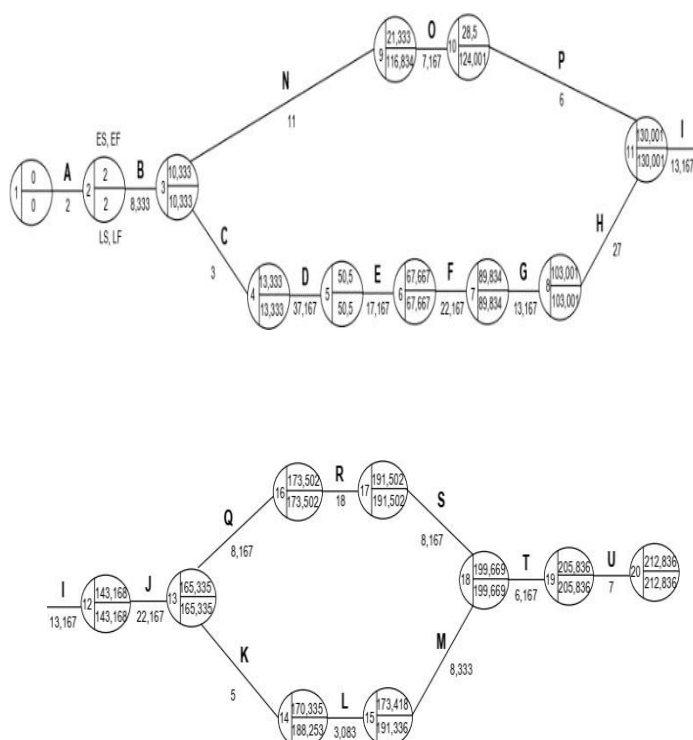
Deskripsi proyek

Proyek yang dijadikan objek penelitian ini merupakan proyek pembangunan rumah pompa dan sistem irigasi Desa Kenongosari, Kecamatan Soko, Kabupaten Tuban sebagai salah satu program desa untuk meningkatkan pendapatan dari hasil pertanian. Dengan jalan pembangunan rumah pompa dan sistem pengairan maka akan mengurangi beban biaya pengairan yang tinggi selama musim kemarau. Selama ini, petani di tempat tersebut ketika musim kemarau tiba mengandalkan pola pengairan menggunakan mesin diesel

pribadi yang airnya didapatkan dari sumur bor di sawah. Pola pengairan seperti ini menimbulkan beban biaya yang tinggi untuk investasi pengeboran sumur serta pembelian mesin diesel. Beban biaya tersebut semakin bertambah dengan adanya biaya konsumsi bahan bakar minyak (bbm) ketika mesin diesel tersebut digunakan. Hal tersebut menjadi dasar mengapa proyek ini ada. Hasil proyek ini akan dapat memindahkan air sungai bengawan solo ke sistem irigasi Desa Kenongosari, sehingga sumber air nya tidak perlu melakukan proses pengeboran sumur dalam dan jarak pipa hisap airnya juga tidak terlalu jauh. Dengan terselesaikannya proyek tersebut maka beban biaya pengairan yang tinggi selama musim kemarau yang dialami oleh petani di Desa Kenongosari bisa diturunkan.

Jaringan aktivitas proyek

Proyek ini terdiri dari 21 kegiatan yang masing-masing kegiatannya memiliki durasi dan besaran biaya. Durasi proyek keseluruhan selama 213 hari. Gambar Jaringan kerja ada pada gambar 1. Perhitungan waktu paling awal dan akhir ada tabel 2 dan 3.



Gambar 1 Jaringan kerja aktivitas proyek

Dari gambar 1 jaringan kerja aktivitas proyek didapatkan kegiatan K,L,M,N,O,P merupakan kegiatan yang memiliki waktu kelonggaran atau *slack time* (SL).

- Kegiatan K bisa dimulai pada hari ke-165 atau mundur sampai ke hari 183. Waktu kelonggaran mulainya aktivitas tersebut selama 18 hari.
- Kegiatan L bisa dimulai pada hari ke-170 atau mundur sampai ke hari 188. Waktu kelonggaran selama 18 hari.
- Kegiatan M bisa dimulai pada hari ke-173 atau mundur sampai ke hari 191, dengan waktu kelonggaran selama 18 hari.
- Kegiatan N bisa dimulai pada hari ke- 10 atau hari ke-105, dengan waktu kelonggaran selama 95 hari.
- Kegiatan O bisa dimulai pada hari ke- 21 atau mundur ke hari 116. Waktu kelonggaran selama 95 hari.
- Kegiatan P bisa dimulai pada hari ke-28 atau mundur sampai ke hari 124. Sehingga memiliki waktu kelonggaran untuk memulai kegiatan tersebut selama 95 hari.

Tabel 1 Penentuan jalur kritis

Kegiatan	Slack (LF-EF)	Jalur Kritis
A	0	Yes
B	0	Yes
C	0	Yes
D	0	Yes
E	0	Yes
F	0	Yes
G	0	Yes
H	0	Yes
I	0	Yes
J	0	Yes
K	17.918	No
L	17.918	No
M	17.918	No
N	95.501	No
O	95.501	No
P	95.501	No
Q	0	Yes
R	0	Yes
S	0	Yes
T	0	Yes
U	0	Yes

Aktivitas kritis dari kegiatan proyek di Desa Kenongosari adalah kegiatan A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-Q-R-S-T-U. Aktivitas kritis ini ditandai dengan nilai waktu kelonggaran atau *slack time* sama dengan nol. Kegiatan tersebut harus dimulai tepat waktu, tidak boleh di maju mundurkan mulainya. Jika ada satu kegiatan saja dari rangkaian kegiatan di jalur kritis yang dimundurkan 1 hari misalnya, maka durasi proyek keseluruhan juga akan mengalami peningkatan. Sebaliknya, jika ada satu kegiatan saja yang dipercepat penyelesaiannya maka durasi proyek juga akan mengalami percepatan.



Disinilah peranan seorang manajer proyek dan pengawas proyek diperlukan. Fokus utama pada aktivitas proyek yang masuk dalam kategori kritis harus lebih dibandingkan aktivitas lainnya. Manager proyek bertugas mengkoordinasi dan mengendalikan proyek agar bisa berjalan tepat waktu dan tepat kualitas. Pengawas proyek berperan sebagai fungsi kontrol agar proyek berjalan sesuai dengan kesepakatan baik waktu, material dan biaya yang digunakan.

Perhitungan mulai kegiatan paling awal dan selesai paling awal menggunakan CPM PERT

Penentuan mulainya aktivitas proyek paling awal atau *earliest start* (ES) dan *early finish* (EF) didasarkan atas durasi kegiatan yang disusun secara berurutan. Proses perhitungannya dimulai dari kegiatan awal seterusnya secara maju hingga pada kegiatan akhir. Nilai yang dihitung disini adalah durasi setiap kegiatan ditambahkan dengan durasi kegiatan lain yang mengikuti. Jika ada kegiatan yang paralel dan menjadi prodesesor kegiatan lain, maka pilihan durasi adalah mengikuti durasi kegiatan yang paling lama. Dari proyek ini durasi proyek didapatkan dengan menambahkan durasi setiap kegiatan A sampai kegiatan U dengan nilai sebesar 213 hari.

Tabel 2 Perhitungan mulai awal dan akhir

No.	Nama Pekerjaan	Kode		Waktu (hari)	Paling Awal	
		Kode kegiatan	Predecessor		ES	EF
1	Pembuatan dan pemasangan papan nama proyek	A		2.000	0	2
2	Pekerjaan persiapan proyek	B	A	8.333	2	10.333
3	Pasang profil melintang galian tanah	C	B	3.000	10.333	13.333
4	Penggalan tanah (kedalam 1m ≤ x ≤ 2m)	D	C	37.167	13.333	50.5
5	Proses pengurugan tanah kembali dan perataan	E	D	17.167	50.5	67.667
6	Bekisting	F	E	22.167	67.667	89.834
7	Perancah bekisting	G	F	13.167	89.834	103.001
8	Penulangan (struktur bangunan)	H	G	27.000	103.001	130.001
9	Lantai Kerja	I	H, P	13.167	130.001	143.168
10	Pengecoran Beton	J	I	22.167	143.168	165.335
11	Pembuatan pondasi pompa	K	J	5.000	165.335	170.335
12	Pemasangan pompa	L	K	3.083	170.335	173.418
13	Pemasangan instalasi listrik pada pompa	M	L	8.333	173.418	181.751
14	Pembuatan pancang pipa	N	B	11.000	10.333	21.333
15	Pemasangan Pancang	O	N	7.167	21.333	28.5
16	Pemasangan Pipa	P	O	6.000	28.5	34.500
17	Pebuatan rumah panel	Q	J	8.167	165.335	173.502
18	Perakitan Panel	R	Q	18.000	173.502	191.502
19	Pekerjaan jaringan tiang beton	S	R	8.167	191.502	199.669
20	Pekerjaan penyambungan kabel (sertifikasi layak ope	T	M, S	6.167	181.751	187.918
21	Finishing	U	T	7.000	205.836	212.836

Perhitungan mulai kegiatan paling akhir dan selesai paling akhir menggunakan CPM PERT

Untuk perhitungan nilai mulai akhir/ *late start* (LS) dan selesai akhir *late finish* (LF) menggunakan metode *backward*, prosesnya dimulai dari akhir kegiatan bergerak maju kedepan sampai kegiatan awal proyek tersebut. Nilai yang dihitung adalah durasi proyeknya. Penggabungan metode *forward* dan *backward* akan mendapatkan kegiatan-kegiatan yang memiliki waktu kelonggaran, kegiatan yang mulainya bisa dimundurkan tanpa mengganggu durasi proyek secara keseluruhan. Waktu mundur maksimal untuk mulai inilah yang disebut sebagai (LS). Sedangkan waktu mundur maksimal untuk penyelesaian suatu kegiatan disebut sebagai (LF).

Tabel 3 Perhitungan mulai akhir dan selesai akhir

No.	Nama Pekerjaan	Kode		Waktu (hari)	Paling Akhir	
		Kode kegiatan	Predecessor		LS	LF
1	Pembuatan dan pemasangan papan nama proyek	A		2.000	0	2
2	Pekerjaan persiapan proyek	B	A	8.333	2	10.333
3	Pasang profil melintang galian tanah	C	B	3.000	10.333	13.333
4	Penggalan tanah (kedalam 1m ≤ x ≤ 2m)	D	C	37.167	13.333	50.5
5	Proses pengurugan tanah kembali dan perataan	E	D	17.167	50.5	67.667
6	Bekisting	F	E	22.167	67.667	89.834
7	Perancah bekisting	G	F	13.167	89.834	103.001
8	Penulangan (struktur bangunan)	H	G	27.000	103.001	130.001
9	Lantai Kerja	I	H, P	13.167	130.001	143.168
10	Pengecoran Beton	J	I	22.167	143.168	165.335
11	Pembuatan pondasi pompa	K	J	5.000	165.335	170.335
12	Pemasangan pompa	L	K	3.083	168.253	171.336
13	Pemasangan instalasi listrik pada pompa	M	L	8.333	171.336	179.669
14	Pembuatan pancang pipa	N	B	11.000	105.834	116.834
15	Pemasangan Pancang	O	N	7.167	116.834	124.001
16	Pemasangan Pipa	P	O	6.000	124.001	130.001
17	Pebuatan rumah panel	Q	J	8.167	165.335	173.502
18	Perakitan Panel	R	Q	18.000	173.502	191.502
19	Pekerjaan jaringan tiang beton	S	R	8.167	191.502	199.669
20	Pekerjaan penyambungan kabel (sertifikasi layak ope	T	M, S	6.167	179.669	185.836
21	Finishing	U	T	7.000	205.836	212.836

Percepatan proyek menggunakan linier programming

Karakteristik model linier programing untuk percepatan proyek adalah sebagai berikut :

1. Fungsi tujuan z adalah meminimasi biaya percepatan.
2. Pembatas untuk percepatan durasi maksimal tiap aktivitas.
3. Pembatas non negatif setiap kegiatan.
4. Pembatas untuk waktu mulai setiap kegiatan.
5. Pembatas durasi proyek secara keseluruhan.

Tabel 4 Biaya percepatan

Aktivitas	Waktu normal	Durasi percepatan	Biaya normal	Biaya percepatan	Penurunan Durasi peraktivitas	Biaya percepatan per periode
A	2	1	500,000	590,000	1	90,000
B	8	7	1,000,000	1,090,000	1	90,000
C	3	2	675,000	945,000	1	270,000
D	37	35	41,500,000	41,590,000	2	41,538
E	17	15	7,400,000	7,490,000	2	41,538
F	22	20	65,000,000	65,090,000	2	41,538
G	13	12	12,200,000	12,290,000	1	77,143
H	27	25	83,000,000	83,090,000	2	45,000
I	13	12	29,800,000	29,890,000	1	77,143
J	22	20	350,000,000	350,090,000	2	41,538
K	5	4	1,000,000	1,090,000	1	90,000
L	3	2	150,000,000	150,360,000	1	332,308
M	8	7	15,000,000	15,090,000	1	67,500
N	11	10	1,200,000	1,290,000	1	90,000
O	7	6	800,000	980,000	1	154,286
P	6	5	25,000,000	25,180,000	1	180,000
Q	8	7	7,000,000	7,090,000	1	77,143
R	18	16	68,095,000	68,185,000	2	45,000
S	8	7	139,000,000	139,090,000	1	77,143
T	6	5	100,905,000	101,085,000	1	154,286
U	7	6	1,000,000	1,090,000	1	90,000

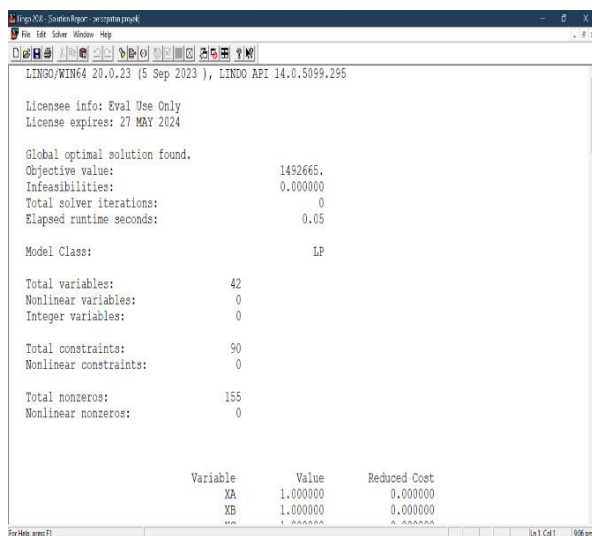
X_j adalah variabel keputusan untuk model percepatan proyek yang artinya penurunan durasi akibat dari percepatan aktivitas tersebut. Indeks j mengacu pada aktivitas A,B, dan seterusnya. Variabel selanjutnya adalah Y_{finish} yang menunjukkan durasi proyek. Variabel tambahan adalah Y_j yang menunjukkan mulai nya suatu aktivitas. Indeks j pada variabel Y_j mengacu pada aktivitas B,C,..., U. Fungsi tujuan model ini adalah minimasi $Z = 90.000X_A + 67500X_B + \dots + 90000X_U$. Dengan pembatas nya sebagai berikut :

1. Pembatas penurunan durasi maksimum setiap aktivitas. $X_A \leq 1, X_B \leq 1, X_C \leq 1, \dots, X_U \leq 1$.
2. Untuk pembatas non negatif adalah $X_A \geq 0, X_B \geq 0, \dots, X_U \geq 0$.
3. Pembatas mulai suatu kegiatan.
Untuk satu predecesor maka contohnya seperti dibawah.
$$Y_B \geq 0 + 2 - X_A$$
$$Y_C \geq Y_B + 8 - X_B$$

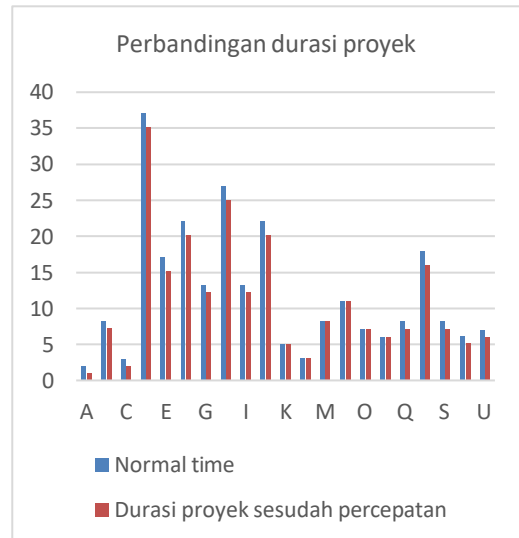
.....
.....
$$Y_U \geq Y_T + 5 - X_T$$

Jika ada dua predecesor maka bentuk pembatasnya adalah sebagai berikut:
$$Y_I \geq Y_H + 27 - X_H$$
$$Y_I \geq Y_P + 6 - X_P$$
$$Y_T \geq Y_M + 8 - X_M$$
$$Y_T \geq Y_S + 8 - X_S$$
4. Pembatas durasi proyek secara keseluruhan
$$Y_{finish} \leq 213$$

Hasil *running* model menggunakan *software* lingo adalah sebagai berikut :



Gambar 2 Hasil running model di lingo



Gambar 3 Perbandingan durasi normal dengan durasi percepatan

Percepatan maksimal proyek adalah 21 hari, sehingga durasi proyek menjadi 190 hari. Biaya percepatannya sebesar 1.492.665. Artinya dengan menambah biaya sebesar 1.492.665 bisa mempercepat durasi proyek menjadi 190 hari. Biaya ini khususnya untuk penambahan biaya tenaga kerja.

Kesimpulan

Proyek pembangunan rumah pompa dan sistem irigasi di desa Kenongosari memiliki durasi normal selama 213 hari. Berdasarkan analisa PERT CPM kegiatan kritisnya adalah kegiatan A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-Q-R-S-T-U. Supaya terhindar dari penalti sebesar 8% dari nilai proyek, durasi bisa dipercepat menjadi 190 hari dengan menambah biaya tenaga kerja sebesar 1.492.665.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada :

1. CV X yang telah mengizinkan sebagai tempat penelitian.
2. Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya yang telah memberikan kesempatan menulis dan publikasi.

Referensi

- Soeharto (1999). Manajemen proyek Dari Konseptual Sampai Operasional. Jakarta : Erlangga.
- Ervianto, Wulfram (2002). Manajemen Proyek Konstruksi. Yogyakarta: CV Andi Offset.
- Hillier, F and Lieberman, G.J. 2001. Introduction to Operation Research. Edisi 7. McGraw-Hill.
- Hamdan, Dimyati & Kadar, N. (2014). Manajemen Proyek. Bandung: Pustaka Setia.



- Wijaya, A. (2013) Pengantar Riset Operasi. Edisi 3. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Sulastri, Ilhamsah, H.A., Amar, S (2023) Optimasi Pengalokasian Pekerja Dengan Menggunakan Binary Integer Programming di UMKM Zulpah Batik Tanjung Bumi, Jurnal Teknik Industri, Vol. 26, No. 1, 1–9.
- Ndruru, E (2017). Alokasi Pekerja pada Suatu Proyek dengan Metode Hungarian. Jurnal KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komputer), Vol. 1, No. 1, 2597-4610.
- Fauziah, B.K., Ilhamsah, H.A., Novianti, T. (2020). Optimisasi Distribusi Ice Cream di PT. Queen Ice Asia Menggunakan Binary Integer Programming, Jurnal Teknik Industri. Vol. 23, No.2, 55- 64.
- Irsyad (2020). Penerapan Metode Integer Linear Programming Pada Penjadwalan Karyawan. Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika (JRAM), Vol. 4, No. 1, 63 – 73.

Rancang Bangun Sistem Silo Automatis berbasis PLC Haiwell

Vincensius Oktario

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ vincentius.oktario@gmail.com

Pendahuluan

Silo merupakan komponen yang cukup penting dalam proses produksi. Silo yang dimaksud adalah tempat penyimpanan bahan baku sebelum diproses oleh mesin produksi. Dalam hal ini Silo yang saya riset adalah silo bahan baku plastic untuk mesin produksi Inject.

Untuk bahan baku plastic / biji plastic dibutuhkan Silo yang memiliki Control suhu yang berfungsi untuk membuat udara yang ada di Silo menjadi panas sehingga membuat kandungan air yang ada di biji plastic menguap, lalu disaring oleh Dehum.

Dalam proses produksi biji plastic, Silo dan Dehum merupakan satu kesatuan. Karena untuk diproses, biji plastic harus dalam kondisi kering agar tidak terjadi gelembung udara dalam hasil produksi, atau istilah kami adalah mata ikan dalam produk.

Oleh karena itu saya mencoba membuat Sistem Silo yang tepat guna dan dapat membantu dalam proses penyimpanan dan pengeringan bahan baku.

Metode

Proyek ini menggunakan metode dengan pendekatan yang berlandaskan pada efisiensi waktu dan Sistem *Close Loop* yang berfungsi menghilangkan kontaminasi udara yang dipakai untuk mengeringkan bahan dengan udara luar. Metode yang digunakan dalam proyek ini adalah metode penelitian Tindakan, dimana metode yang satu ini memiliki tujuan untuk menguji dan mengembangkan sesuatu serta untuk menemukan dan menciptakan Tindakan baru sehingga jika Tindakan tersebut diterapkan dalam proyek, maka dapat membantu proses kerja menjadi lebih efisien, tepat sasaran dan memberikan hasil dengan kualitas yang sesuai.

Hasil Kerja

Pengumpulan Data penunjang.

Silo merupakan tempat penyimpanan sementara bahan baku sebelum diproses oleh mesin produksi. Dalam hal ini Silo yang dipakai adalah silo yang memiliki *Drying* untuk mengeringkan bahan, agar bahan baku tidak ada kandungan air. Oleh karena itu Silo yang dipakai harus berkolaborasi dengan *Dehum*, yang berfungsi untuk mengeringkan udara yang masuk ke dalam Silo. Sehingga udara yang masuk ke dalam Silo tetap kering, dan tidak boleh terkontaminasi dengan udara luar Silo yang diperkirakan masih ada kandungan air. Silo yang dipakai juga memiliki sistem *Autoloader* pengisian bahan. Jadi bahan akan terisi sendiri dengan *Autoloader* jika bahan yang ada di Silo sudah berkurang dalam waktu tertentu, dan akan mati jika sudah mengisi sampai batas level yang diinginkan

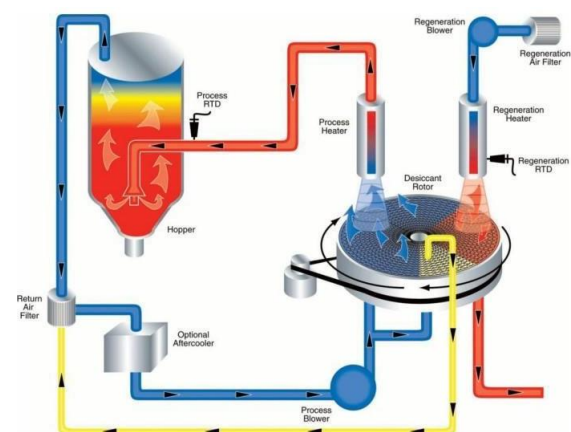
Kata kunci: *Drying*, *Dehum*, *Autoloader*

Dalam hal ini saya membuat sistem membutuhkan data penunjang yang dapat membantu saya dalam menyelesaikan sistem. Salah satunya adalah kebutuhan panas atau suhu yang diperlukan kadar air yang ada di dalam biji plastic dapat terurai, bisa dikatakan sistem *Drying* bahan.

Tabel 1 Suhu Drying untuk bahan baku plastic

JENIS BAHAN	SUHU DRYING
ABS, AS	75 °C – 85 °C
PP, PS, PE	75 °C – 85 °C
SERIES, CELLULOSE	75 °C – 80 °C
PVC	60 °C – 70 °C
POLY CARBONATE	110 °C – 120 °C
PET	130 °C – 140 °C

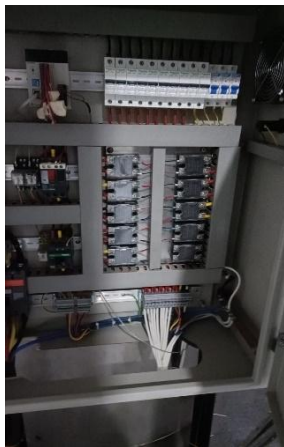
Dalam hal ini Silo – *Drying* – *Dehum* adalah satu kesatuan sistem yang tidak boleh pisahkan. Karena Silo merupakan tempat penyimpanan bahan baku plastic dan *Drying* merupakan pemanas bahan baku agar kandungan air dalam bahan bisa keluar, dan fungsi dari *Dehum* adalah menangkap udara yang memiliki kandungan air untuk di keringkan. Berikut Ilustrasi dari Sistem Silo – *Drying* – *Dehum*.



Gambar 1 Working Principle Illustration

Perakitan Panel Control

Untuk perakitan Panel Control Silo, dalam hal ini saya merakit sendiri panel Control nya. Untuk PLC saya menggunakan PLC Haiwell dan untuk HMI saya juga menggunakan Haiwell. Control yang saya buat adalah *Control* pengaturan Suhu secara PID sederhana, dan pengontrolan pengisian bahan baku plastik secara otomatis dengan menggunakan *Rotary Paddle* sebagai batas atas dan timer untuk waktu pengisian dimulai. Sehingga isi dari panel Sistem saya meliputi PLC Haiwell, MCCB 100 Amp untuk pengaman panel, MCB 1P untuk pengaman Heater dan SSR untuk kontrol heater, beserta MPCB dan Contactor untuk kontrol dan pengaman Motor Conveyor bahan baku.



Gambar 2 Susunan Wiring Panel

Untuk panel tampak depan dari Sistem saya meliputi HMI Haiwel, yang saya pakai untuk *human interface* untuk operator, Pilot Lamp indicator yang berfungsi untuk indicator jalur Listrik RST.



Gambar 3 Tampak depan Panel

Instalasi Panel Control dan Trial

Instalasi panel di letakan dekat dengan tabung Silo. Instalasi ini berhubungan dengan penarikan jalur power Panel, instalasi heater untuk pemanas Silo beserta jalur kabel dari Heater ke Panel control Silo. Untuk Indikator Alarm, Sistem yang saya install menggunakan alarm buzzer. Dalam hal ini buzzer yang saya pakai berfungsi untuk memberikan informasi alarm lewat suara, sehingga dari pihak lapangan (team produksi) mendengar, jika terjadi masalah.

Untuk Conveyor yang dipakai adalah conveyor screw yang mengirim bahan baku dari Hopper bahan dan di transfer ke Silo. Motor Conveyor yang saya pakai adalah motor 3 phasa AC dengan kapasitas 4 KW dan 1450 RPM. Dari Instalasi saya mendapatkan waktu pengisian adalah 15 menit untuk Jumbo pack bahan baku dengan kapasitas 1 TON

Untuk Drying saya memakai heater Spiral yang peruntukannya untuk pemanas udara. Saya memakai 9 heater Spiral dengan kapasitas 2000 Watt 240 Volt. Dari Instalasi dengan bantuan angin dari Dehum dan dengan suhu setting 140 °C, bahan baku harus di *Drying* selama 4 Jam agar mencapai bahan baku yang kering dan layak untuk di produksi.

Kesimpulan

Dari sistem yang saya pasang dan saya install, sistem *Drying* untuk Silo cukup memuaskan dikarenakan, sistem saya bisa membuat suhu yang ada di dalam Silo bisa mencapai suhu yang diinginkan dalam hal ini Suhu nya adalah suhu panas, dengan waktu tertentu. Untuk Sistem Conveyor Automatis bahan juga cukup memuaskan dikarenakan sistem ini bisa secara otomatis mematikan motor Conveyor dengan bantuan sensor *Rotary Paddle* sebagai batas atas. Dan bisa mendeteksi jika hopper Conveyor kosong.

Ucapan Terima Kasih

Saya berterima kasih untuk Tuhan Yesus Kristus yang telah membimbing saya sampai sejauh ini, saya juga berterima kasih kepada Istri saya yang selalu menemani saya dikala suka dan duka terutama saat proses kuliah insinyur ini, dan tidak kalah penting saya berterima kasih kepada Dosen-Dosen Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya yang selalu support dan membimbing saya dalam menyelesaikan kuliah insinyur ini dalam pembuatan makalah.

Referensi

Catalog Motor Yuema
<https://www.bing.com/ck/a?!&p=3445f5739bf7b1c1JmltdHM9MTcwMTMwMiQwMCZpZ3VpZD0xN2MwNDExYy04YTM4LTZiNmYtMGM4MCO1MjFhOGI2ZTZhZjMmaW5zaWQ9NTE4MQ&ptn=3&ver=2&hsh=3&fclid=17c0411c-8a38-6b6f-0c80-521a8b6e6af3&psq=yuema+motor+katalog+pdf&u=a1aHR0cDovL3d3dy55dWVtYWVyaXZlLnVbS9kb3dubG9hZHMvYnJvc3VyLXl1ZW1hLW1vdG9yLXkzLnBkZg&ntb=1>

Catalog PLC dan HMI Haiwell
[Xiamen Haiwell Technology Co., Ltd. - PLC | HMI | SCADA | Gateway](https://www.xiamenhaiwell.com/)

Manual Book Dehumidifier Mitex
[Dehumidifying&Drying-Mitex Automation Machinery Co.,Ltd \(mitexltd.com\)](https://www.mitexltd.com/)

Pemanfaatan Tepung Porang Sebagai Strength agent Pada Industri Kertas

Felix Harijaya Santosa

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ felix.santosa96@gmail.com

Penggunaan *strength agent* sangat diperlukan pada industri kertas untuk memastikan produk yang dihasilkan memiliki kekuatan sesuai dengan penggunaannya. Bahan polisakarida menjadi salah satu *strength agent* alami yang digunakan karena ramah lingkungan. Tepung porang memiliki senyawa glucomannan yang merupakan polisakarida alami yang diharapkan dapat menjadi alternatif *strength agent* pada industri kertas. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tepung porang dapat meningkatkan *strength* dari produk yang dihasilkan dan dapat menjadi alternatif sebagai *strength agent*

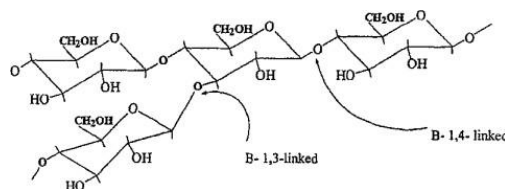
Kata kunci: *Strength agent*, starch, paper, glucomannan, tepung porang

Pendahuluan

Strength agent merupakan bahan aditif yang ditambahkan pada proses pembuatan kertas dengan tujuan agar kertas tidak mudah putus ketika ditarik dengan tension tertentu selama proses produksi. Polisakarida merupakan salah satu bahan yang digunakan sebagai *strength agent* dalam industri kertas karena sifatnya yang aman, tidak beracun, dan mudah terurai. *Strength agent* sendiri dibagi menjadi 2 jenis yaitu dry *strength* dan wet *strength* dimana dry *strength* meningkatkan kekuatan kertas pada saat kering, sedangkan wet *strength* pada saat kertas masih basah.(Thombare dkk., 2016)

Glucomannan adalah polisakarida non-ionik alami yang terdiri atas mannan dan glukosa yang terikat dengan ikatan glikosidik bet 1,4 yang dapat diperoleh dari bagian akar maupun umbi dari tanaman konjac.(Davé & McCarthy, 1997)

Saat ini Konjac Glucomannan (KGM) digunakan sebagai bahan aditif pada industri pangan sebagai emulsifier/pengental serta sebagai bahan baku makanan diet tinggi serat (Mortensen dkk., 2017). Pada penelitian ini, Tepung Porang digunakan sebagai bahan substitusi guar gum yang selama ini diperoleh melalui impor dari negara India maupun Pakistan karena tanaman guar tidak dapat tumbuh dengan baik di Indonesia.



Gambar 1 Struktur Konjac Glucomannan (KGM)(Davé & McCarthy, 1997)

Metode

Persiapan bahan baku

Kraft Pulp digiling dengan target konsistensi sebesar 1,5% dan derajat giling pada 45°SR. Bahan baku tepung porang yang diperoleh dari petani di Madiun akan dibagi menjadi 2 bagian yaitu tanpa proses dan dengan proses penggilingan. Pelarutan tepung porang akan dilakukan dengan melarutkan 10 gram tepung porang kedalam 1 liter air dan diaduk selama 5 menit.

Pembuatan Kertas

Bubur kertas dilarutkan kedalam air hingga konsistensi sebesar 0,5% kemudian ditambahkan larutan porang sebanyak 60 mL lalu dilakukan proses pembuatan kertas. Proses pembuatan kertas dilakukan dengan target gsm sebesar 30 gsm.

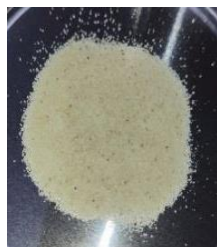
Tabel 1 Sifat fisik larutan tepung porang

	pH	Moisture (%)	Charge	Viscous (Cps)				
				2,5'	5'	10'	30'	60'
Tepung Porang	8,32	7,64	non ionik	2550	2610	2790	9970	18090

Hasil Kerja

Persiapan bahan baku

Tepung porang yang diperoleh dari petani merupakan tepung porang alami yang belum mengalami proses modifikasi. Berdasarkan Gambar 1, tepung porang memiliki bentuk yang kasar dan ketika di larutkan masih terdapat gumpalan sehingga diperlukan proses pengecilan ukuran tepung porang dan penyaringan agar gumapalan pada larutan berkurang (lihat Gambar 2).



Gambar 2 Bubuk Tepung Porang



(a)



(b)

Gambar 4 Hasil pelarutan Tepung Porang (a) sebelum penggilingan, (b) setelah penggilingan dan disaring

Tepung Porang yang sudah digiling kemudian dilarutkan dengan air lalu disaring. Hasil penyaringan diuji muatannya dan viskositasnya (lihat Tabel 1). Sifat fisik larutan porang disajikan pada Tabel 1 diaman viskositas larutan porang meningkat seiring meningkatnya waktu pengadukan.

Efek Penambahan Tepung Porang Pada Pembuatan Kertas

Kertas yang sudah dibuat selanjutnya dilakukan uji kekuatannya. Kekuatan kertas diuji dengan membandingkan besaran nilai *breaking length* blanko dan setelah penambahan larutan tepung porang. *Breaking length* didefinisikan sebagai panjang sehelai kertas yang akan putus karena beratnya sendiri dan dinyatakan dengan satuan meter. Beberapa penelitian lain menggunakan *Tensile index* dimana *tensile index* menunjukkan kekuatan kertas per berat kertas (gsm). Berdasarkan hasil percobaan diperoleh bahwa dengan menambahkan larutan tepung porang, *breaking length* dari kertas mengalami peningkatan. Berdasarkan Gambar 3, kenaikan kekuatan secara berturut-turut sebesar 1,40% dan 15,64%. Perbedaan perlakuan pada tepung porang yang digiling menunjukkan peningkatan *strength* yang lebih tinggi dibandingkan tanpa digiling.



Gambar SEQ Gambar * ARABIC 3 Performa

Pada penelitian lain juga menunjukkan hasil yang sama dengan melakukan modifikasi tepung porang dengan proses oksidasi maupun membuat tepung porang bermuatan kationik. dari Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan peningkatan *strength* kertas

Tabel 2 Pengaruh kationisasi glucomannan terhadap kekuatan kertas (Wang dkk., 2017)

pH	Density(g/cm ³)	Burst index (kPam ² /g)	Tensile index (Nm/g)	Tear index (mNm ² /g)	Folding Endurance (double folds)
Control	0.55	5.22	55.4	14.1	277
5	0.54	5.39	55.7	14.2	397
6	0.55	5.49	57.5	13.9	406
7	0.55	5.81	59.8	13.8	493
8	0.55	5.88	61.6	13.6	522

Tabel 3 Pengaruh oksidasi glucomannan terhadap kekuatan kertas(Wang dkk., 2015)

pH	Density (g/cm ³)	Tensile index (N·m/g)	Tear index (N·m/g)	Burst index (KPa·m ² /g)	Folding endurance (double folds)
The control	0.55	55.4	28.1	5.22	277
5	0.56	65.0	29.1	5.76	391
6	0.52	65.6	29.3	6.01	396
7	0.55	67.7	29.6	6.26	443
8	0.54	65.5	27.0	6.10	438



Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang ada, pemanfaatan tepung porang sebagai *strength agent* terbukti dapat meningkatkan performa *strength* terhadap kertas. Beberapa parameter dan perbedaan perlakuan dapat menjadi acuan untuk perkembangan pemanfaatan tepung porang sebagai *strength agent*.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada rekan-rekan di Laboratorium PT. ABC yang telah membantu dalam pelaksanaan percobaan di lapangan serta kepada DR.Ir. Suratno Lourentius, M.S.,IPM. selaku pembimbing dalam penulisan karya ilmiah ini.

Referensi

- Davé, V., & McCarthy, S. P. (1997). Review of konjac glucomannan. Dalam *Journal of Environmental Polymer Degradation* (Vol. 5, Nomor 4, hlm. 237–241). <https://doi.org/10.1007/bf02763667>
- Mortensen, A., Aguilar, F., Crebelli, R., Di Domenico, A., Frutos, M. J., Galtier, P., Gott, D., Gundert-Remy, U., Lambré, C., Leblanc, J., Lindtner, O., Moldeus, P., Mosesso, P., Oskarsson, A., Parent-Massin, D., Stankovic, I., Waalkens-Berendsen, I., Woutersen, R. A., Wright, M., ... Dusemund, B. (2017). Re-evaluation of konjac gum (E 425 i) and konjac glucomannan (E 425 ii) as food additives. *EFSA Journal*, 15(6). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4864>
- Thombare, N., Jha, U., Mishra, S., & Siddiqui, M. Z. (2016). Guar gum as a promising starting material for diverse applications: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 88, 361–372. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.04.001>
- Wang, M., He, W., Jin, X., & Song, X. (2015). Oxidation konjac glucomannan. Dalam *BioResources* (Vol. 10, Nomor 4).
- Wang, M., He, W., Yan, R., & Song, X. (2017). A study of cationic glucomannan as a paper strength agent. *Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry*, 54(4), 216–220. <https://doi.org/10.1080/10601325.2017.1282232>



Pengelupas cat tembok berbahan dasar air

Robert Aditjipto¹ Suratno Lourentius¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ robert.aditjipto@gmail.com,
✉ suratno.lourentius@ukwms.ac.id

Dalam dunia pengecatan, penting untuk memperhatikan kondisi substrate, khususnya permukaan lama yang sudah dicat sebelumnya, cat yang lama perlu dikelupas. Pengguna produk biasanya menggunakan produk yang berbahan dasar solvent, dimana produk tersebut mengandung Methylene Chloride, yang berbahaya bagi kesehatan. Untuk mengatasi hal tersebut maka dibuatlah produk pengelupas berbahan dasar air, dimana produk ini diuji kemampuan kelupas, ketahanan alkali & ketahanan efflorescence. Dari hasil uji tersebut, ditemukan bahwa produk berbahan dasar air ini mempunyai daya kelupas yang baik, aman bagi pengguna serta ramah terhadap lingkungan

Kata kunci: pengelupas cat, methylene chloride

Pendahuluan

Pada proses pengecatan tembok perlu diperhatikan kondisi persiapan permukaan, khususnya untuk permukaan lama yang sudah dicat sebelumnya, cat lama perlu dikelupas sampai bersih agar cat baru dapat merekat dengan baik pada permukaan. Pengguna produk (user) biasanya dihadapkan dengan permasalahan yang secara umum selalu ditemui, yaitu sulitnya melakukan pengelupasan cat lama yang disebabkan oleh berbagai faktor seperti tebalnya lapisan dinding, waktu yang diperlukan untuk pengelupasan cukup panjang. Dalam menghadapi permasalahan tersebut, pengguna produk (user) menggunakan cairan pengelupas. Produk yang umum ditemukan di Indonesia adalah yang berbahan dasar minyak (solvent). Produk-produk cairan pengelupas cat tembok (prior art A dan B) pada umumnya berbahan dasar minyak (solvent), dimana pengguna produk (user) harus berhati-hati terhadap resiko iritasi, mudah terbakar (flammable) dan bau yang sangat menyengat. Selain itu, produk cairan pengelupas cat tembok berbahan dasar minyak (solvent) mengandung Dichloromethane (Methylene Chloride) dan Ammonium Hydroxide yang memiliki efek samping serius bagi kesehatan dan lingkungan.

Dichloromethane (Methylene Chloride) merupakan senyawa organik berbentuk cairan tak berwarna yang memiliki bau manis ringan dan mudah menguap. Dichloromethane (Methylene Chloride) yang mudah menguap ini seringkali mencemari udara, dimana Dichloromethane (Methylene Chloride) akan berubah menjadi Carbon Dioxide ketika diurai oleh sinar matahari ataupun bahan kimia lainnya di udara. Selain isu lingkungan, Dichloromethane (Methylene Chloride) juga memiliki efek kesehatan, pengguna produk (user) cairan pengelupas cat tembok berbahan dasar minyak (solvent) sangat mudah terpapar. Senyawa ini apabila terhirup oleh manusia dengan konsentrasi yang cukup tinggi akan mempengaruhi kesehatan. Bahkan Badan Internasional untuk Penelitian Kanker (IARC) telah mengklasifikasikan Dichloromethane (Methylene Chloride) di Grup 2B, kemungkinan menyebabkan kanker pada manusia. EPA telah menetapkan

bahwa Dichloromethane (Methylene Chloride) adalah agen penyebab kanker yang mungkin pada manusia.

Dalam melakukan pengupasan cat tembok penting untuk menggunakan cairan pengupas cat yang memiliki daya kelupas yang baik. Hal ini sangat dibutuhkan karena beberapa tembok sudah dilakukan pengecatan hingga beberapa lapis cat. Cairan pengupas cat yang baik harus mampu mengelupas dari permukaan terluar cat hingga permukaan dasar. Selain itu, open time dari cairan pengupas cat tembok juga faktor yang perlu diperhatikan. Open time adalah waktu dari mulai produk teraplikasi hingga batas waktu tertentu dimana produk masih berfungsi dengan baik sesuai standarnya. Apabila cairan pengupas cat tembok memiliki open time yang terlalu cepat, maka pengaplikasian cairan pengupas cat tembok harus dilakukan dengan sangat cepat atau dilakukan berulang-ulang guna menyesuaikan open timenya. Hal ini menyebabkan pengguna produk (user) harus menyediakan produk yang lebih banyak.

Untuk menjawab kekurangan dari produk yang sudah ada, maka dilakukan penelitian produk pengupas cat tembok yang mengandung komposisi formula sedemikian rupa hingga memungkinkan produk tersebut aman bagi user (berbahan dasar air yang tidak memiliki bau menyengat dan tidak mudah terbakar) dan tetap memiliki daya kelupas yang baik.

Metode

Dalam penelitian ini ada beberapa metode pengujian yang digunakan antara lain :

- Viskositas KU (ASTM D562)
- Specific Gravity (ASTM D1475)
- Ketahanan Alkali
- Ketahanan Efflorescence
- Daya kelupas

Pada pengujian daya kelupas metodologi yang digunakan sebagai berikut:

1. Siapkan tembok yang sudah diaplikasi 30 lapis cat.
2. Aplikasikan produk pengelupas cat dengan kuas.
3. Catat waktu setiap aplikasi.

4. Kelupas cat menggunakan scrapper pada 10,30,60 & 120 menit.
5. Bandingkan hasilnya.

Pada pengujian ketahanan alkali metodologi yang digunakan sebagai berikut :

1. Siapkan panel GRC yang sudah dicat.
2. Aplikasikan produk pengupas cat tembok dengan kuas.
3. Kupas cat dengan scrapper.
4. Biarkan panel selama sehari.
5. Aplikasikan primer pada GRC yang telah dikupas catnya.
6. Aplikasikan cat tembok sebanyak 2 lapis.
7. Siapkan larutan NaOH 2%.
8. Setelah panel umur 7 hari, letakkan panel diatas busa yang telah dibasahi dengan larutan tersebut.
9. Amati perubahan yang terjadi pada panel.

Hasil Kerja

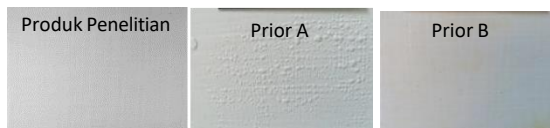
Viskositas KU

Nilai viskositas yang didapat untuk produk ini adalah 91.8 KU. Apabila kita bandingkan dengan produk pengelupas yang berbahan dasar solvent, prior A memiliki viskositas sebesar 70.7KU sedangkan prior B sebesar 90.3KU. Viskositas pengelupas cat tembok memang belum ada standard SNI yang mengatur, dari data tersebut bila kita bandingkan dengan SNI Cat tembok emulsi, untuk parameter viskositas disyaratkan min 75KU, hal ini menunjukkan bahwa produk berbahan dasar air dan prior B bisa memiliki kekentalan seperti cat sehingga ketika diaplikasi menggunakan kuas akan terasa seperti produk cat.

Specific Gravity (SG)

Nilai SG produk ini adalah 1.02, sedangkan prior A sebesar 1.16 dan prior B sebesar 1.14. Hal ini menunjukkan bahwa produk berbahan dasar air ini bisa memiliki daya sebar sedikit lebih luas.

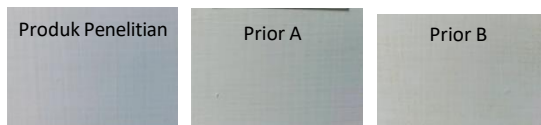
Ketahanan Alkali



Gambar 1 Ketahanan Alkali

Gambar 1 menunjukkan bahwa prior A mengalami blister dan prior B terdapat bercak coklat. Sedangkan produk berbahan dasar air mendapatkan hasil yang paling bagus sehingga produk berbahan dasar air ini tidak mengkontaminasi substrat atau tidak berpengaruh ke performa cat yang akan diaplikasikan ke tembok yang telah dikupas meski tanpa dicuci.

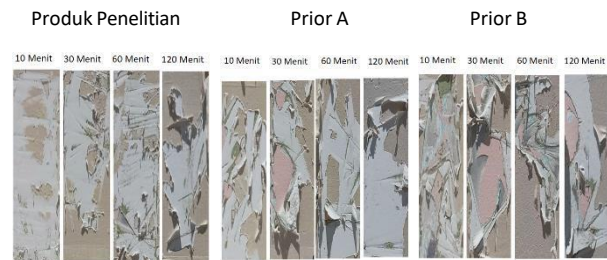
Ketahanan Efflorescence



Gambar 2 Ketahanan Efflorescence

Gambar 2 menunjukkan bahwa semua produk tidak ada perubahan, sehingga dapat dikatakan bahwa ketahanan efflorescence yang baik.

Daya kelupas



Gambar 3 Daya Kelupas

Gambar 3 menunjukkan bahwa produk berbahan dasar air memiliki kemampuan kelupas yang sama dengan 2 produk berbahan dasar solvent.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengujian, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Produk pengelupas cat berbahan dasar air lebih aman bagi user karena tidak berbau menyengat dan tidak menyebabkan iritasi pada kulit
2. Produk pengelupas cat berbahan dasar air mampu mengupas cat tembok sama seperti solvent. Bahkan open timenya bisa dibilangnya cukup panjang.
3. Produk pengelupas cat berbahan dasar air lebih ramah lingkungan karena tidak mengandung Methylene Chloride.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada tim Decorative B di divisi Research, Development & Innovation PT Avia Avian Tbk.

Referensi

- Akkerman, J., Dirk Mestach et al (2021). Resin for water-borne coating. Hanover : Vincentz Network.
- Anugrah, Fajar. 2009. Pengertian Cat, Komponen Penyusun Cat, Jenis-jenis Cat, Kualitas Cat.



Kaji Terap Mesin Pengering Ikan Tipe Rak dengan Sumber Panas dari Biomassa Tempurung Kelapa

Agus Sulistyو Budi¹ Mohammad Samsul Bakhri² Suratno Lorentius³

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

² Teknik Mesin Politeknik Purbaya, Tegal

³ Teknik Kimia, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ a.sulistyobudi@gmail.com

Umumnya produk olahan tradisional ikan asin dikeringkan secara konvensional yaitu dengan menggunakan panas sinar matahari. Dimana proses pengeringan yang terjadi cukup memakan waktu yang lama dan hasil kualitas mutu dari produk kurang baik. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu penggunaan peralatan pengering yang lebih sesuai. Pengeringan secara mekanis menggunakan tambahan panas memberikan beberapa keuntungan diantaranya tidak tergantung cuaca, kapasitas pengering dapat dipilih sesuai dengan yang diperlukan, tidak memerlukan tempat yang luas, serta kondisi pengeringan dapat dikontrol. Tujuan penelitian ini adalah memanfaatkan limbah biomassa tempurung kelapa yang akan dimanfaatkan untuk mengeringkan ikan asin sehingga dalam waktu proses pengeringan dapat lebih cepat. Metode penelitian yang digunakan adalah studi kasus, perancangan mesin, fabrikasi, dan pengujian alat. Penelitian ini melakukan pengujian dengan tiga parameter kecepatan udara yaitu 7 m/s, 10 m/s, dan 12 m/s. Hasil Suhu maksimal rak pengering adalah 81,4 °C pada parameter 7 m/s, 100,3 °C pada parameter 10 m/s dan 99,4 °C pada parameter 12 m/s.

Kata kunci: Pengering, Tempurung Kelapa, Tipe Rak, Suhu

Pendahuluan

Produk olahan tradisional pengolahan ikan salah satunya adalah ikan asin. Umumnya produk olahan tradisional ikan asin dikeringkan secara konvensional yaitu dengan menggunakan panas sinar matahari. Dimana proses pengeringan yang terjadi cukup memakan waktu yang lama dan hasil kualitas mutu dari produk kurang baik.

Produk olahan ikan asin di daerah pesisir biasanya dikeringkan secara tradisional yaitu langsung dengan sinar matahari dimana proses pengeringan yang terjadi cukup memakan waktu yang lama dan hasil kualitas mutu dari produk kurang baik. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu penggunaan peralatan pengering yang lebih sesuai.

Pengeringan mekanis (pengeringan buatan) memakai tambahan panas memberikan beberapa keuntungan antara lain tidak tergantung cuaca, kapasitas pengering dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan, tak memerlukan kawasan yang luas, dan syarat pengeringan bisa dikontrol. Pengering buatan ini memerlukan energi buat memanaskan alat pengering, mengimbangi radiasi panas yang keluar asal alat, memanaskan bahan, menguapkan air bahan, dan menggerakkan udara.

Tempurung kelapa merupakan limbah biomassa yang memiliki kadar karbon aktif sebagai bahan bakar alternatif atau energi baru dan terbarukan, akan tetapi

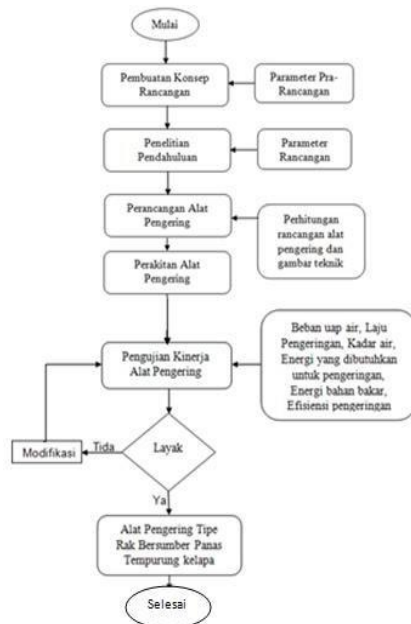
pemanfaatannya belum begitu optimal. umumnya pemanfaatan limbah tempurung kelapa dipergunakan menjadi bahan bakar sekali pakai. Oleh karena itu limbah tempurung kelapa ini akan dijadikan sesuatu yang lebih berguna yaitu menjadi bahan bakar yg ramah lingkungan. Peralatan pengering yang dapat menjadi alternatif untuk pengeringan ikan asin adalah pengering tipe rak dengan sumber panas dari tempurung kelapa. Tujuan khusus penelitian ini adalah : (1) Desain mesin pengering tipe rak untuk ikan asin dengan sumber panas tempurung kelapa. (2) Menguji kinerja alat pengering tipe rak untuk ikan asin. (3) Mengetahui perubahan kadar air pada ikan asin. Oleh karena itu dari permasalahan-permasalahan diatas, bidang fokus pada penelitian ini adalah energi baru dan terbarukan dan pemanfaatan teknologi secara ramah lingkungan.

Temuan penelitian terdahulu yang membahas mengenai penggunaan bahan bakar gas LPG untuk pengeringan telah dikemukakan oleh Andi Ita Juwita (2018) sementara pada penelitian kami menekankan pada pengembangan penggunaan sistem teknologi dengan bahan bakar menggunakan limbah biomassa tempurung kelapa.

Metode

Metode yang dilakukan dalam penelitian adalah : (1) observasi lapangan untuk mengetahui suhu rata-rata di

pengeringan ikan asin secara konvensional, (2) pembuatan konsep rancangan, (3) perancangan alat pengering, (4) perakitan alat pengering dan (5) pengujian kinerja alat pengering. Secara ringkas metode penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1**



Gambar 1 Flowchart Metode Penelitian

Konsep rancangan alat pengering

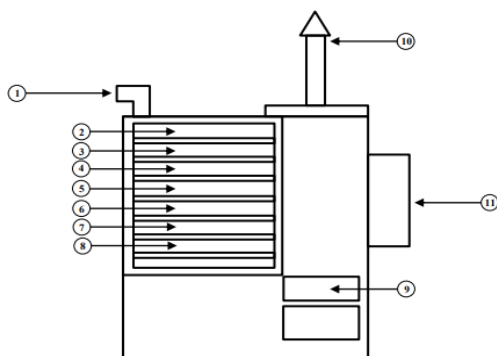
Konsep rancangan alat pengering ikan asin diantaranya : *Heat exchanger*, rak pengering, tungku pembakaran, cerobong asap, *exhaust* ruang pengering dan *intake* udara lingkungan.

Metode Pengujian dan eksperimental set-up

Pengujian mesin pengering ini dilakukan sebanyak tiga kali ulangan untuk setiap pengukuran.

Parameter yang digunakan adalah kecepatan udara yaitu 7 m/s, 10 m/s, dan 12 m/s.

Berikut experimental setup yang dilaksanakan oleh penulis dalam melaksanakan penelitian dan mengambil data berdasarkan bagian-bagian mesin yang menjadi titik arus aliran fluida udara pada mesin pengering ikan asin.



Gambar 2 Metode eksperimental set-up

Gambar experimental setup diatas adalah gambar yang menunjukkan titik-titik pengambilan data yang dilakukan pada mesin pengering ikan asin dengan keterangan sebagai berikut: (1) Pengambilan data temperatur pada blower exhaust atau pembuangan aliran udara menggunakan termo digital 4- Channel dengan kabel termokopel probe manik. (2) Pengambilan data temperatur pada rak pengering pertama menggunakan termo digital dengan termokopel built-in. (3) Pengambilan data temperatur pada rak pengering kedua menggunakan termo digital 4-Channel dengan kabel termokopel probe manik. (4) Pengambilan data temperatur pada rak pengering ketiga menggunakan termo digital dengan termokopel built-in. (5) Pengambilan data temperatur pada rak pengering keempat menggunakan termo digital dengan termokopel built-in.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat pengering ikan asin tipe rak sumber panas energi dari tempurung kelapa, stopwatch, blower, thermometer, termokopel, anemometer dan alat tulis menulis. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan yang diperoleh dari Kelurahan Tegalsari, Kecamatan Tegal Barat, Kota Tegal

Hasil Kerja

Mesin pengering ikan asin yang di rancang menghasilkan beberapa komponen diantaranya : *Heat exchanger*, rak pengering, tungku pembakaran, cerobong asap, *exhaust* ruang pengering dan *intake* udara lingkungan.

Mesin pengering ikan asin ini berkapasitas 4 kg, dengan menggunakan sistem pengeringan tipe rak yang menggunakan sumber energi biomassa tempurung kelapa. Mesin ini memiliki dimensi panjang 80 cm, lebar 30 cm dan tinggi 90 cm.

Mesin dibagi menjadi beberapa komponen diantaranya adalah rangka dan *cover blower fan*, *heat exchanger*, tungku pembakaran dan rak pengering. Rangka berfungsi untuk menopang komponen- komponen mesin. Selain itu juga harus menahan gaya yang terjadi pembebanan. Selain desain yang kuat, rangka tersebut didesain agar mudah untuk dipindahkan.



Gambar 3 Rangka mesin pengering

Cover blower intake berfungsi untuk melindungi *blower intake*. Dengan adanya *cover blower intake* ini dapat membatasi *heat exchanger* dengan *blower intake*. Sehingga *blower intake* dapat menghasilkan udara yang maksimal.

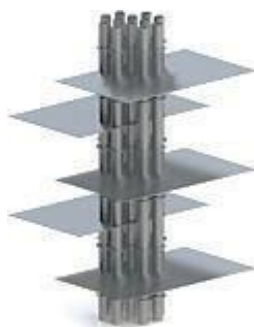
Cover blower intake memiliki dimensi 36 cm x 36 cm menggunakan besi siku 3cm x 3cm

Gambar 4 *Cover blower intake*

Heat Exchanger berfungsi sebagai penghantar panas pada



mesin yang dihasilkan dari biomassa tempurung kelapa yang dibakar dan menghasilkan udara panas yang kemudian asap dari pembakaran keluar melalui cerobong. *Heat Exchanger* ini memiliki dimensi 30 cm x 30 cm x 60 cm dengan desain 12 tube dan 6 *baffle*.



Gambar 5 *Heat Exchanger*

Ruang pembakaran atau tungku pembakaran bahan bakar biomassa merupakan ruangan yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya pembakaran biomassa tempurung kelapa yang merupakan sumber panas dalam proses pengeringan. Dimensi ruang pembakaran ini adalah 30 cm x 30 cm x 10 cm.



Gambar 6. Tungku pembakaran bahan bakar

Rak berfungsi sebagai wadah atau tempat bahan yang diletakkan dalam ruang pengeringan. Rak ini memiliki ukuran 40 cm x 30 cm yang terbuat dari anyaman bambu. Rak ini berjumlah 7 buah dengan jarak 6 cm antar unit.

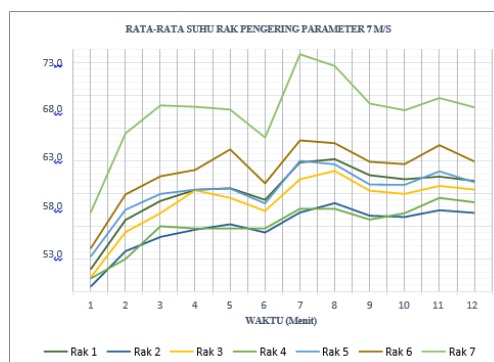


Gambar 7. Rak Pengering

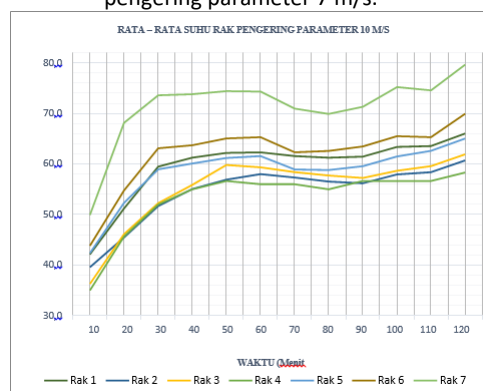
Berikut hasil desain secara keseluruhannya



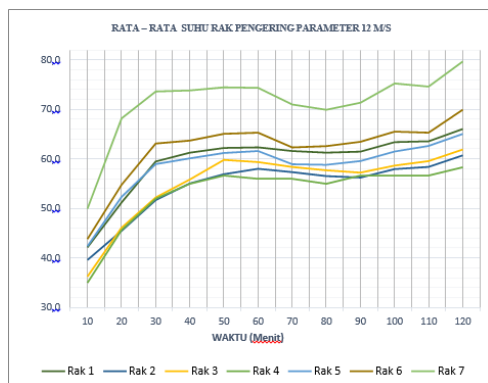
Gambar 8. Mesin Pengering Ikan Asin Tipe Rak



Gambar 9 Grafik rata – rata suhu rak pengering parameter 7 m/s.



Gambar 10 Grafik rata – rata suhu rak pengering parameter 10 m/s



Gambar 11 Grafik rata – rata suhu rak pengering parameter 12 m/s

Grafik data diatas terlihat tidak stabil atau sangat fluktuatif dikarenakan pemasukan tempurung kelapa sebagai bahan bakar biomassanya tiap 10 menit berbeda-beda dan tidaklah sama volumenya, sehingga suhu yang dihasilkan oleh tungku pembakaran sangatlah fluktuatif dan tidak stabil. Hal ini disebabkan karena semakin banyak atau semakin besar volume bahan bakar biomassa yang dimasukkan dalam tungku pembakaran, semakin tinggi pula suhu yang dapat diraih oleh pembakaran tersebut.

Ada faktor lingkungan juga yang menyebabkan grafik tersebut sangat fluktuatif, yaitu suhu lingkungan yang berada diluar sistem atau mesin pengering ikan asin yang nantinya akan masuk kedalam *blower intake*.

Dari tiga data tiap penelitian parameter, data-data tersebut diolah dan dihasilkan rata-rata dari titik-titik experimental setup, suhu terendah atau minimal dan suhu tertinggi atau maksimal. Berikut tabel data nilai rata-rata tiap bagian dalam mesin pengering ikan asin pada masing-masing parameter.

Tabel 1 Suhu Rata – rata, Minimal, dan Maksimal Pada Parameter 7 m/s

No	Nama Bagian	Rata-Rata (°C)	Minimal (°C)	Maksimal (°C)
1	Exhaust	46,7	40,4	53,6
2	Rak Pengering 1	53,3	40,5	64,6
3	Rak Pengering 2	47,8	38,2	58,8
4	Rak Pengering 3	51,6	38,5	63,1
5	Rak Pengering 4	48,2	35,0	65,0
6	Rak Pengering 5	53,4	40,6	67,1
7	Rak Pengering 6	56,5	41,8	72,8
8	Rak Pengering 7	65,5	46,3	81,4
9	Tungku Pembakaran	310,7	162,7	425,2
10	Cerobong Asap	74,1	47,3	140,3
11	Intake	36,0	31,4	40,8

Tabel 2 Suhu Rata – rata, Minimal, dan Maksimal Pada Parameter 10 m/s

No	Nama Bagian	Rata-Rata (°C)	Minimal (°C)	Maksimal (°C)
1	Exhaust	56,4	42,9	73,6
2	Rak Pengering 1	59,7	40,9	82,7
3	Rak Pengering 2	54,5	38,8	75,9
4	Rak Pengering 3	55,3	33,6	76,9
5	Rak Pengering 4	53,3	30,0	70,0
6	Rak Pengering 5	58,6	41,6	82,3
7	Rak Pengering 6	62,1	42,4	88,0
8	Rak Pengering 7	71,4	45,9	100,3
9	Tungku Pembakaran	359,1	217,0	565,8
10	Cerobong Asap	123,3	66,9	211,0
11	Intake	37,3	32,3	43,7

Tabel 3 Suhu Rata – rata, Minimal, dan Maksimal Pada Parameter 12 m/s

No	Nama Bagian	Rata-Rata (°C)	Minimal (°C)	Maksimal (°C)
1	Exhaust	53,3	42,7	67,7
2	Rak Pengering 1	55,4	44,5	72,5
3	Rak Pengering 2	50,7	39,3	65,1
4	Rak Pengering 3	52,0	41,9	67,3
5	Rak Pengering 4	49,0	35,0	69,0
6	Rak Pengering 5	53,4	42,2	71,4
7	Rak Pengering 6	56,0	43,3	77,7
8	Rak Pengering 7	66,7	47,0	99,4
9	Tungku Pembakaran	261,0	136,1	467,9
10	Cerobong Asap	88,6	50,5	146,0
11	Intake	35,7	32,0	41,3

Dapat terlihat pada tabel data yang sudah di sempitkan ruang lingkupnya dan sudah secara sederhana bahwa suhu tungku pembakaran secara rata-rata tiap parameternya yakni pada parameter 7 m/s suhu rata-ratanya adalah 310,7 derajat C, pada parameter 10 m/s memiliki rata-rata suhunya adalah 359,1 derajat C yang merupakan suhu rata-rata yg memiliki suhu maksimal daripada parameter lainnya dan pada parameter 12 m/s memiliki rata-rata suhu pada tungku yaitu 261,0 derajat C

Kesimpulan

Perbedaan suhu tiap rak ada beberapa faktor yang mengakibatkannya. Salah satu faktor penyebab perbedaan tersebut adalah jarak rak tersebut terhadap tungku pembakaran, semakin dekat rak terhadap tungku maka semakin besar suhu yang akan diraih pada rak tersebut dalam hal ini rak paling bawah memiliki suhu paling tinggi dibandingkan rak-rak diatasnya.

Faktor selanjutnya adalah jarak dan luas permukaan besi dinding mesin terhadap rak tersebut, semakin dekat rak terhadap dinding atas atau bawah yang memiliki permukaan luas yang pastinya mudah terkonduksi panas dari tungku dan heat exchanger maka semakin tinggi pula suhu yang diraih oleh rak tersebut.

Berdasarkan penelitian yang penulis sebutkan pada awal sub-bab hasil analisis ini, maka dapat diambil kesimpulan bahwa suhu optimal rak pengeringan untuk ikan asin berada pada rentang suhu 50-60 derajat C dan tidak lebih dari 70 derajat C. maka parameter yang paling optimal digunakan dalam pengeringan ikan asin adalah parameter kecepatan udara 12 m/s dikarenakan rentang suhu rata-rata pada rak penelitian konevensionalnya adalah 49,0 derajat C - 66,7 derajat C yang mana ini suhu- suhu yang optimal untuk pengeringan ikan asin. Untuk rak yang memiliki suhu yang dapat mengeringkan ikan asin secara optimal adalah rak ke-6 atau rak yang berada di atas dari rak paling bawah untuk



parameter kecepatan udara 7 m/s dan 10 m/s sedangkan rak ke-5 dari atas untuk parameter kecepatan 10 m/s.

Jika diinginkan suhu tertinggi yang diraih oleh sistem mesin pengering ikan asin ini maka parameter 10 m/s adalah parameter yang menghasilkan suhu- suhu tinggi dalam sistem mesin pengering ikan asin ini. Dan puncak suhu tertingginya ada pada rak terbawah atau rak ke-7.

Ucapan Terima Kasih

Penulis dalam melakukan penelitian ini mengucapkan kepada LLDIKTI Wilayah VI yang telah mensupport kami dalam berlangsungnya penelitian ini dengan skema Penelitian Dosen Pemula, serta tim yang terlibat dalam penelitian ini.

Referensi

- A.G, K. (1994). *Teknologi Penanganan Pasca panen*. Jakarta: Rineka Cipta.
- A.H, T. (1996). *Dasar-dasar Pengeringan di dalam Bahan Pelatihan Singkat Rancang Bangun Sistem Thermal CREATA*. Proyek Pengembangan Percepatan Perguruan Tinggi Luar Jawa Lab. Energi dan Elektrifikasi
- Aji, P. (2010). Analisi CFD Aliran Udara Panas pada Pengering Tipe Rak dengan Sumber Energi Gas Buang. *Keteknikan Pertanian* , 4(1), 45-53
- Al-Kindi, H., Yohannes, A., & Dyah, W. (2015). Analisis Udara Panas pada Pengering Tipe Rak dengan Sumber Energi Gas Buang. *Keteknikan Pertanian* , 3, 1.
- Aniek S, H., Suhariyuwanto, & Bambang, S. (2003). *Kerajinan Tangan Eceng Gondok*. Jawa Tengah: Proyek Pembangunan Pemberdayaan UPT dan Tenaga Kependidikan Luar Sekolah
- Bola, F., Akander, F., & S.O, I. (2013). Design parameters for a small- scale batch in-bin maize dryer. *Agricultural Sciences* , 4(5B), 90-95.
- Indra, M. G., Agustias, A., & Harmen, B. (2013). Kajian Eksperimental Gas Cleaner yang Dimodifikasi untuk Mengekstrak Tar Dalam Producer gas. *FEMA* , 1, 2.
- Mathioulakis, E., V.T, K., & V.G, B. (1998). Simulation of air movement in a dryer by computational fluid dynamics: application for the drying of fruits. *Food Engineering* , 36(2), 183-200.
- Muladi, S. (2001). Kajian Eceng Gondok sebagai Bahan Baku Industri dan Penyelamat Lingkungan Hidup di Perairan. *Seminar Nasional IV Masyarakat peneliti Kayu Indonesia* . Samarinda: MAPEKI.
- Nainggolan, S., Tamrin, Warji, & Budianto, L. (2013). . Uji Kinerja Alat Pengering Tipe Batch Skala Lab Untuk Pengeringan Gabah Dengan Menggunakan Bahan Bakar Sekam Padi. *Teknik Pertanian* , 2(3), 161-172.
- Pertanian, B. L. (2011). Pengering Gabah Berbahan Bakar Sekam Antisipasi Panen Pada Musim Hujan. *Agroinovasi* , 3402, 20-26.
- Puji, W., W, D., & Y, A. P. (2009). Kajian sebaran aliran udara panas pada model pengering efek rumah kaca hibrid tipe rak berputar menggunakan Computational Fluid Dynamic (CFD). *Engineering Pertanian* , 8(2), 105-115
- Purbono, K., Ainuri, M., & Suryandono. (2010). Rancang Bangun Dan Uji Kelayakan Finansial Alat Pengering Mekanis Untuk Pemenuhan Pasokan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Sebagai Bahan Baku Kerajinan. *Agriotech* , 30, 2
- Sadilah, E. (2015). Industri Kreatif Berbasis Ekonomi Kreatif. *Seni dan Kebudayaan* , 5(9), 711-818
- SAMSUL, B. (2001). ECENG GONDOK. *MESINKU* , 25
- Suharto, D. (2014). Rancang Bangun Mesin Penggilas Dengan Penggerak Bervariasi Digunakan Pada Kelompok Usaha Eceng Gondok. *SNST Ke-5*. Semarang: Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim
- Swamee, P., Aggarwal, N., & Bhobhiya, K. (2009). Optimum design of cyclone separator. *AIChE* , 55, 2279- 2283
- Sylvia, N., Maryana, & Elwina. (2015). Analisa Pengaruh Geometri Tinggi Konis Dan Diameter Hidraulik Ash Hopper Terhadap Kinerja Siklon Persegi Menggunakan Metoda Cfd (Computational Fluid Dynamic). *Integrasi Proses* , 5(2), 94-100



Perencanaan dan Pengadaan Sumber Daya 20kVA untuk UPS Baru

Wahyu Bintoro¹ Rasional Sitepu¹ Andrew Joewono¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ wahyu.bintoro@gmail.com

Penambahan UPS berkapasitas besar membutuhkan saluran baru untuk memenuhi kebutuhan daya, dimana dalam pelaksanaannya diperlukan pemilihan jenis kabel berdasarkan KHA (Kuat Hantar Arus), metode instalasi kabel, pendistribusian daya dan perapian kabel.

Hasil dari proyek ini adalah tersedianya saluran baru yang mampu dan aman dalam melakukan pasokan daya listrik sebesar 20kVA, tersedianya panel distribusi untuk melakukan pembagian daya dan perapian kabel dengan menggunakan *cable ladder*

Kata kunci: ups, kha, instalasi, kabel

Pendahuluan

Seiring dengan semakin berkembangnya teknologi sistem informasi, terjadi perubahan yang signifikan dalam hal proses bisnis dari manual menjadi serba terkomputerisasi. Seiring dengan berjalannya waktu, kebutuhan akan kapasitas komputasi dan penyimpanan data akan semakin meningkat sehingga penambahan server menjadi solusi yang tepat.

Departemen IT merencanakan untuk menggunakan Nutanix server. Jenis server ini terkenal dengan Nutanix Cloud Platform yang melingkupi *cloud storage* dan *cloud processing*.

Penambahan server seringkali berbanding lurus dengan penambahan kapasitas UPS (*Uninterruptable Power Supply*), dimana UPS berperan sangat signifikan dalam kontinuitas tersedianya layanan server karena fungsinya yang dapat menjadi sumber daya sementara pada saat terjadi gangguan pada sumber daya utama (PLN) sebelum diambil alih oleh sumber daya cadangan (Genset). Penambahan UPS seringkali memerlukan penambahan daya yang tidak sedikit sehingga diperlukan instalasi saluran baru untuk memenuhi kebutuhan daya tersebut.

Proyek ini merencanakan dan melakukan instalasi saluran baru untuk memenuhi kebutuhan daya yang diperlukan oleh UPS dimana UPS yang akan digunakan disini adalah 2 buah UPS APC online dengan kapasitas output masing-masing 8kVA dan dengan mempertimbangkan kebutuhan daya untuk *charging battery* diperkirakan dibutuhkan daya input sebesar 10kVA 1 fasa pada masing masing UPS sehingga dibutuhkan saluran baru untuk penyediaan sumber daya minimal 20 kVA. Adapun saluran baru tersebut akan diambil dari MDP (*Main Distribution Panel*) yang sudah tersedia.

Metode

Kami menghitung kebutuhan daya berdasarkan dengan *device* apa saja yang akan terinstal di rak server. Sebagai informasi tambahan, bagian IT melakukan penambahan

server lengkap dengan network switch dan firewall yang akan diinstall di sebuah rak server baru.

Dari data referensi arsitektur Nutanix, didapatkan nilai kebutuhan daya rata-rata sebesar 6 kW pada kondisi stabil dengan 1000 user aktif. Untuk *network switch* dan *firewall* kami perkirakan kebutuhan daya sebesar 1 kW sehingga disini kami tentukan nilai 8 kW untuk sumber daya tersedia, termasuk ekstra 1 kW untuk pengembangan lebih lanjut karena seperti pada umumnya *network switch* bisa bertambah sesuai dengan kebutuhan.

Setelah didapatkan nilai 8 kW sebagai kebutuhan daya, kami mulai mencari spesifikasi UPS yang cocok dan akhirnya pilihan mengerucut ke APC Smart UPS Online 8kVA/8kW Rackmount sesuai dengan budget yang tersedia tanpa mengabaikan fungsi yang diperlukan. Akan digunakan dua buah UPS dengan spesifikasi sama yang akan bekerja secara *redundant*, yang artinya apabila satu UPS mengalami kegagalan maka UPS yang kedua akan mengambil peran melakukan *supply* daya, demikian juga sebaliknya.

Dengan pertimbangan UPS membutuhkan extra daya pada waktu melakukan *charge battery* dan *supply* daya secara simultan, maka diputuskan untuk menyediakan daya input 10kVA pada masing-masing UPS sehingga daya total yang dibutuhkan untuk input UPS menjadi 20kVA.

Untuk pemilihan jenis kabel pada saluran baru digunakan acuan PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik) yang akhirnya mengerucut kepada Supreme NYY 4 x 16mm² sebagai pilihan.

Hasil Kerja

Pemasangan Kabel Utama (NYY 4x16mm²)

Melakukan perencanaan rute kabel dari MDP (Main Distribution Panel) lantai 1 ke ruang server lantai 3 dan penghitungan panjang kabel yang didapatkan nilai 80m, dilanjutkan dengan pengadaan kabel dan pemasangan kabel utama NYY 4x16mm² lengkap dengan kabel BC 16mm² sebagai kabel pembumian (ground). Melakukan penyambungan pada MCCB 80A 3 fasa pada MDP lantai 1 dan penyambungan kutub Netral serta Ground.

Penyambungan dilakukan dengan melakukan pemadaman lokal pada MDP tersebut selama 30 menit.

Kabel ukuran 16mm² dipilih berdasarkan acuan buku PUIL dengan variabel kebutuhan daya per fasa 10kVA yang membutuhkan arus sekitar 46A sehingga digunakan kabel ukuran 4x16mm² yang mempunyai KHA (Kuat Hantar Arus) sampai dengan 52A pada metode A1. Sedangkan menurut katalog kabel supreme, kabel supreme NYY 4 x 16mm² mempunyai KHA 80A di udara dan 89A di tanah.

Tabel 1. Daftar Metode Instalasi Acuan

Metode Instalasi	Keterangan
A1	Konduktor berinsulasi dalam conduit dalam dinding berinsulasi secara termal
A2	Kabel multiinti dalam conduit dalam dinding berinsulasi secara termal
B1	Konduktor berinsulasi dalam conduit pada dinding kayu
B2	Kabel multiinti dalam conduit pada dinding kayu
C	Kabel inti tunggal atau multiinti pada dinding kayu
D	Kabel multiinti dalam talang dalam tanah
E	Kabel multiinti pada udara terbuka
F	Kabel inti tunggal, bersentuhan pada udara terbuka
G	Kabel inti tunggal, berjarak pada udara terbuka

Sumber : Buku PUIL 2011

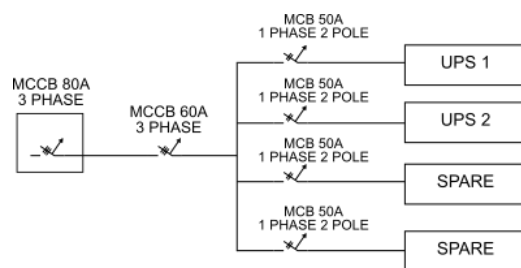
Tabel 2. KHA (Kuat Hantar Arus) dalam Ampere

Metode Instalasi	Jumlah Konduktor Berbeban dan Jenis Insulasi					
A1		Tiga PVC	Dua PVC		Tiga XLPE	Dua XLPE
A2	Tiga PVC	Dua PVC		Tiga XLPE	Dua XLPE	
B1				Tiga PVC	Dua PVC	
B2			Tiga PVC	Dua PVC		Tiga XLPE
C					Tiga PVC	
E						Tiga PVC
Ukuran (mm ²) Tembaga						
4	23	24	26	28	31	34
6	29	31	34	36	40	43
10	39	42	46	50	54	60
16	52	56	61	68	73	80

Sumber : Buku PUIL 2011

Pemasangan Panel pada Ruang Server

Pada ruang server dipasang panel yang berisi MCCB dan MCB untuk mengatur distribusi daya ke kedua UPS dan juga sebagai pengaman apabila ada lonjakan arus.



Gambar 1 SL Diagram Panel Ruang Server

Pada panel ruang server disiapkan 2 buah *spare mcb* untuk persiapan pengembangan lebih lanjut.

Perapian Kabel dari Panel Ruang Server ke UPS

Kabel dari panel ruang server menuju ke UPS 1 dan UPS 2 menggunakan kabel NYY ukuran 3 x 16mm² dan dilewatkan tepat di bawah plafon dengan menggunakan *cable ladder* untuk memudahkan menurunkan kabel pada rak server dimana kedua UPS berada.



Gambar 2 Perapian kabel menggunakan *cable ladder*

Kesimpulan

Dalam memenuhi kebutuhan daya pada instalasi UPS berkapasitas besar, dibutuhkan pemilihan jenis kabel maupun penampang kabel yang tepat. Selain itu juga diperlukan perencanaan distribusi daya dan penyediaan cadangan untuk keperluan pengembangan di masa mendatang.

Penggunaan *cable ladder* sebagai sarana perapian kabel yang dapat memudahkan penurunan kabel pada lokasi manapun.



Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga artikel ini dapat terwujud.

Referensi

Penjelasan PUIL 2011 (Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011), Edisi 2014
APC by Schneider Electric. (2022). Panduan Pengoperasian Smart-UPS On-Line SRT Catu Daya Tak Terputus

Nutanix. Reference Architecture. Citrix Virtual Apps and Desktops: Windows Desktops on vSphere
APC by Schneider Electric. Product Datasheet. APC Smart-UPS On-Line, 8kVA/8kW, Rackmount 6U
PT Supreme Cable Manufacturing & Commerce Tbk (PT SUCACO Tbk). Product Catalogue Low Voltage PVC Insulated Cable

Implementasi sistem kontrol Programable Logic Controller (PLC) pada proses regenerasi di instalasi pengolahan air bersih

Redi Yuniarto Koerniawan¹ Rasional Sitepu¹
Andrew Joewono¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ redi.koerniawan@gmail.com

Pendahuluan

Penerapan teknologi pada industri manufaktur saat ini sangat signifikan dan terus berkembang, hampir semua aktivitas yang berhubungan langsung dan tidak langsung pada proses produksi dapat dilakukan perbaikan dengan penerapan sistem kontrol.

Ada beberapa jenis sistem kontrol untuk mengelola dan mengendalikan sebuah proses (Jon, 2002), antara lain:

1. Sistem Kontrol Terdistribusi, *Distributed Control Systems* (DCS) adalah sistem yang mampu dilakukan kontrol jarak jauh dan pengawasan terhadap proses produksi yang kompleks.
2. Sistem Kontrol *Programmable Logic Control* (PLC) adalah perangkat keras terdiri dari *Central Processing Unit* (CPU), memori, catu daya, input-output yang dirancang khusus untuk mengontrol proses produksi dalam lingkungan industri.
3. Sistem Kontrol *Computer Numerical Control* (CNC) digunakan dalam proses yang melibatkan mesin perkakas dan permesinan. Sistem ini memungkinkan mendapatkan kepresisian tinggi dengan menggunakan program computer untuk mengontrol alat atau benda kerja.
4. Sistem Kontrol Pneumatik, adalah sistem kontrol yang menggunakan media udara bertekanan untuk menggerakkan mekanis dengan respon sangat cepat. Ciri khas komponen dari sistem kontrol pneumatik adalah adanya kompresor udara, tangki udara, filter, regulator, valve-aktuator pneumatik.

PT Jebe Koko adalah pabrik pengolahan biji kakao yang tergolong sebagai industri makanan. Pada pengolahan biji kakao tersebut membutuhkan salah satu sumber daya alam yaitu air bersih. Air yang digunakan harus dipastikan bersih, jernih, tidak berbau, tidak mengandung bahan berbahaya bagi kesehatan, dan bebas bakteri virus (Raymond, 1999). Untuk mendapatkan air dengan kualitas baik, maka air harus

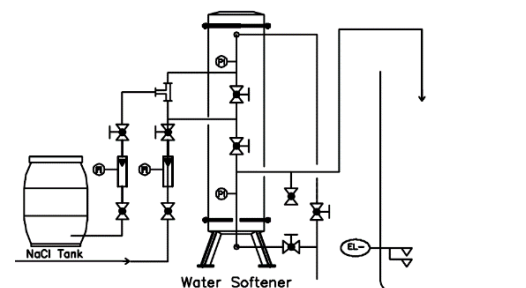
Air merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui, namun penting untuk dikelola dengan bijak. Material air juga merupakan salah satu sumber daya alam yang digunakan pada kegiatan operasi PT Jebe Koko. Pada sistem instalasi pengolahan air bersih PT Jebe Koko terdapat proses yang disebut dengan proses regenerasi. Dalam penelitian ini akan menghitung dan membandingkan hasil produksi air antara sebelum dan sesudah implementasi otomatisasi sistem kontrol dengan PLC. Hasil penelitian menunjukkan sistem berhasil meningkatkan efisiensi proses regenerasi dan mengurangi resiko kesalahan buka-tutup valve oleh operator.

Kata kunci: air, plc, kontrol, efisiensi

diproses terlebih dahulu di instalasi pengolahan air bersih.

Berikut urutan pengolahan air bersih:

1. Tangki penampungan air sebelum diproses.
2. *Sand filter*, yang berfungsi menyaring partikel besar dan keruh pada air.
3. *Carbon filter*, yang berfungsi menyaring zat-zat organik, warna dan bau.
4. *Water softener*, yang berfungsi menyerap kadar atau kandungan magnesium dan kalsium.
5. Tangki penampungan air bersih setelah diproses.



Gambar 1 Water Softener

Perawatan *sand filter* dan *carbon filter* adalah dengan mengganti media pasir silika dan media karbon aktif sesuai jadwal yang telah ditentukan, sedangkan perawatan *water softener* dilakukan rutin sebelum mencapai kejenuhan ion pada resin kation yang berada di dalam tabung *water softener*. Perawatan rutin atau umum disebut dengan proses regenerasi tersebut bertujuan untuk menurunkan tingkat kejenuhan dengan cara pertukaran ion (Frank, 1988). Berikut langkah – langkah dalam melakukan aktivitas regenerasi:

1. Backwash, proses pencucian media filter.
2. Regenerasi, proses pengaktifan dari media resin kation dan media garam NaCl murni.
3. Bilas, proses pembilasan agar sisa garam dalam air dapat terbuang sempurna.

**Gambar 2** Proses Regenerasi

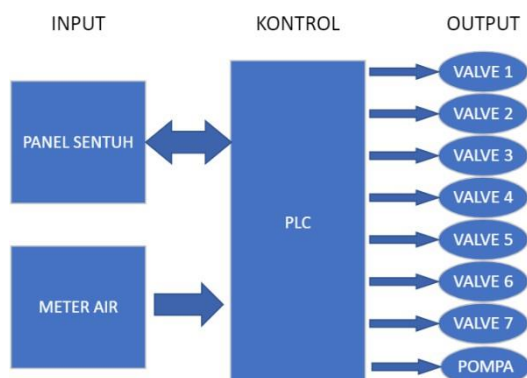
Dari permasalahan diatas penulis berinisiatif untuk menggantikan proses regenerasi yang dilakukan secara manual membuka tutup valve, digantikan dengan sistem kontrol PLC. Sistem kontrol PLC dipilih atas dasar pertimbangan:

1. Kebutuhan sistem kontrol yang tidak terlalu kompleks serta tujuan untuk melakukan komunikasi dengan PLC lain yang sudah ada di pabrik.
2. Kebutuhan sistem yang tidak memerlukan tingkat presisi dan respon yang tinggi.
3. Sistem kontrol PLC sesuai dengan lingkungan kerja industri.

Metode

Mengumpulkan data jumlah air yang dihasilkan dan sebelum dan sesudah implementasi sistem kontrol. Menghitung data dengan menggunakan program Microsoft Excel.

Berikut adalah blok diagram mengenai sistem kontrol PLC. Bagan sebelah kiri adalah input, terdapat dua input. Input pertama berupa layar sentuh, dimana operator dapat memberikan input waktu, dan fungsi lain dari layar sentuh sebagai indikator kondisi valve. Input yang kedua dari sistem kontrol adalah flow meter yang berfungsi mengeluarkan pulsa, dimana setiap pulsa setara dengan 0.01 m3 air yang lewat. Bagan tengah adalah bagian kontrol yaitu unit PLC yang berisikan program atau sekuen. Bagan sebelah kanan adalah output, terdiri dari 7 set valve dan 1 unit pompa.

**Gambar 3** Rencana Blok Diagram Sistem Kontrol

Operator dapat memberikan input pada layar sentuh sebagai contoh untuk langkah backwash adalah 10 menit, langkah regenerasi adalah 20 menit dan langkah bilas adalah 30 menit, maka PLC menerima seting tersebut dan melakukan aktivasi valve-valve dan pompa sesuai dengan setingan berdasarkan jumlah air yang melewati meter air.

Rekam data sebelum implementasi

Penulis mengamati aktivitas operator pengolahan air bersih, yang tidak seragam yang ditunjukkan pada Tabel 1 Proses regenerasi sebelum implementasi PLC. Tampak pada tabel, beberapa waktu yang digunakan per langkah ada perbedaan oleh masing-masing operator untuk menyelesaikan satu siklus regenerasi. Untuk langkah Backwash, bervariasi antara 10-20 menit. Untuk langkah Regenerasi, semua operator menggunakan waktu yang sama yaitu 30 menit. Sedangkan untuk langkah terakhir yaitu langkah bilas, bervariasi antara 15-30 menit.

Tabel 1 Proses regenerasi sebelum implementasi PLC

Waktu per Langkah (menit)	Operator 1	Operator 2	Operator 3	Operator 4
Langkah Backwash	15	10	10	20
Langkah Regenerasi	30	30	30	30
Langkah Bilas	25	15	20	30
Total waktu regenerasi (menit)	70	55	60	80

Guna mendapatkan hasil produksi air bersih yang optimal dan seragam, maka penulis meminta operator-operator untuk melakukan beberapa kali percobaan dengan merubah setingan waktu setiap langkah. Tabel 2. Hasil produksi air bersih percobaan berbeda setingan, menunjukkan bahwa rata-rata hasil produksi tertinggi adalah 134 m3 oleh Operator 1.

Tabel 2 Hasil produksi air bersih percobaan berbeda setingan

Hasil produksi air (m3)	Operator 1	Operator 2	Operator 3	Operator 4
Data 1	135	124	114	125
Data 2	138	130	112	142
Data 3	130		114	
Data 4			127	
Rata-rata hasil produksi (m3)	134	127	117	134

Setingan waktu masing masing langkah untuk mendapatkan hasil produksi air bersih tertinggi oleh Operator adalah setingan sebagai berikut:

1. Langkah backwash selama 30 menit
2. Langkah regenerasi selama 35 menit
3. Langkah bilas selama 20 menit

Implementasi Sistem Kontrol PLC

Setelah tahapan rekam data, tahapan selanjutnya adalah instalasi sistem kontrol yang terdiri dari pemasangan 1 unit *programmable logic control* atau disingkat PLC, penggantian 7 buah valve manual dengan 7 buah valve pneumatic.



Gambar 4 PLC yang digunakan pada proses regenerasi



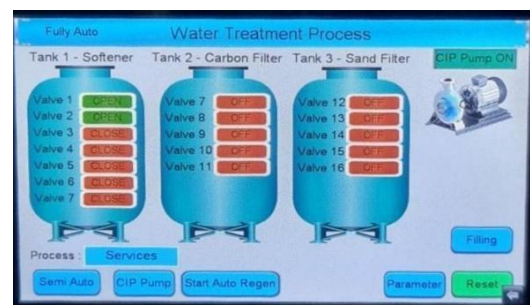
Gambar 6 Gambar *Water softener* dengan valve pneumatik



Gambar 5 Gambar *Water softener* dengan valve manual

Hasil Kerja

Panel sentuh merupakan bagian dari hasil Implementasi sistem kontrol PLC pada instalasi pengolahan air bersih. Dimana operator dapat memberikan input waktu untuk setiap langkah – langkah proses regenerasi. Berikut adalah gambar tampilan pada panel sentuh.



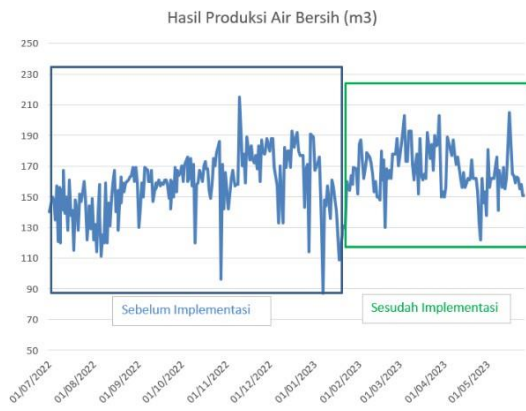
Gambar 7 Tampilan pada panel sentuh

Penulis memiliki 190 rekam data sebelum implementasi dengan nilai produksi air bersih rata-rata 157m³ dan standard deviasi 19.86.

Pada saat sistem kontrol PLC, layar sentuh dan penggantian dengan valve pneumatik telah selesai, penulis menginputkan data pada layar sentuh yaitu data setingan dari operator 1 yang berhasil mendapatkan nilai tertinggi, yaitu nilai-nilai setingan yang telah dijabarkan di paragraf sebelumnya.

Setelah implementasi sistem kontrol, total rekam data yang berhasil dikoleksi adalah 112 dengan nilai produksi air bersih

rata-rata 165m³ dan standar deviasi 16.60. atau dengan kata lain hasil produksi rata-rata naik 8m³ (+5.09%). Berikut gambar grafik perbandingan data sebelum implementasi dan setelah implementasi.



Gambar 8 Perbandingan data sebelum dan sesudah

Hasil yang lebih baik tersebut didapatkan karena beberapa faktor:

1. Berkurangnya peran dari operator yang cenderung subyektif berdasarkan waktu dalam pengoperasian proses regenerasi pada instalasi pengolahan air bersih.
2. Proses regenerasi yang seragam karena diatur oleh sistem kontrol PLC, sehingga resin diaktifkan kembali dengan langkah-langkah yang konsisten.
3. Jeda waktu aktivitas regenerasi makin lebar karena instalasi pengolahan air bersih produksi lebih banyak.

Kesimpulan

1. Implementasi sistem kontrol PLC menjadikan keseragaman waktu setiap langkah – langkah pada proses regenerasi, karena PLC sebagai pengeksekusi sesuai inputan.
2. Implementasi sistem kontrol PLC dapat mengurangi probabilitas kesalahan operator dalam melakukan buka-tutup valve manual, yang diambil alih oleh valve pneumatik.
3. Implementasi sistem kontrol PLC pada instalasi pengolahan air bersih terbukti dapat meningkatkan hasil produksi air bersih, yang artinya lebih efisien.

Dampak langsung dari hasil positif yaitu pada biaya operasional dan juga mendukung kehidupan dan keberlanjutan ekosistem.

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Jebe Koko antara lain, Yohanes Aditiya Pradana, Rahmat Bagus, dan Ferdinand Meidel. Serta selaku dosen pembimbing Ir. Rasional Sitepu, M.Eng. IPU., ASEAN Eng. dan Ir. Andrew Joewono, ST., MT., IPU., ASEAN.Eng.

Referensi

- Letterman, Raymond D. (1999). Water Quality And Treatment, 5 th ed., Mc. Graw-Hill Book Company. New York.
- Kemmer, Frank N. (1988). The Nalco Water Handbook, 2 nd ed., Mc. Graw-Hill Book Company. New York.
- Stenerson, Jon (2002). Industrial Automation and Process Control. Prentice Hall. New Jersey.



Analisis Potensi Sumberdaya dan Kebencanaan berdasarkan Pemetaan Geologi di daerah Binangun dan sekitarnya, Kecamatan Kawunganten, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah

Adrian Sinuhaji¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ adrianrks@gmail.com

Daerah Binangun merupakan daerah yang terletak pada kecamatan Kawunganten, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah. Objek penelitian berupa unsur-unsur geomorfologi, batuan, struktur sedimen, fosil, struktur geologi, dan geologi sejarah.

Terdapat 3 (tiga) satuan geomorfologi Satuan Geomorfologi Pedataran Landai Fluvial, Satuan Geomorfologi Perbukitan Agak Landai Struktural, Satuan Geomorfologi Perbukitan Agak Curam Struktural. Berdasarkan litostratigrafi tidak resmi, stratigrafi daerah penelitian dibagi menjadi 2 (dua) satuan batuan beserta endapannya dengan urutan dari tua ke muda, yaitu: Satuan batupasir tufan, Satuan batulempung, dan Endapan Aluvium. Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian yakni struktur sesar mendatar, terdiri dari Sesar Penangungan serta struktur lipatan berupa sinklin Gebangkuning, sinklin Citepus, sinklin Sarwadadi, antiklin Lumbir serta antiklin Cidora, dan terdapat juga kekar tarik.

Fokus utama penelitian ini adalah untuk mengetahui zona potensi sumberdaya dan kebencanaan melalui pemetaan geologi yang bertujuan untuk mengungkapkan dan menjelaskan data-data dan informasi geologi secara rinci dan lengkap serta hasilnya disusun dan ditampilkan dalam bentuk peta geologi.

Kata kunci: pemetaan geologi, sumberdaya, kebencanaan

Pendahuluan

Daerah Binangun terletak pada kecamatan Kawunganten, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah. Wilayah administratif penelitian terletak pada 108° 54' 30" BT - 108° 59' 30" BT dan -7° 29' 00" LS - -7° 34' 00" LS. Geologi merupakan ilmu kebumiharian yang mempelajari bumi sebagai objek utama, proses-proses yang berlangsung di dalamnya selama atau setelah pembentukannya berikut sejarah geologinya termasuk keberadaan kehidupan masa lalu serta pengaruhnya terhadap bumi itu sendiri. Aspek pembahasan geologi meliputi beberapa cabang ilmu seperti geomorfologi, stratigrafi, geologi struktur, geologi sejarah, paleontologi, petrologi, sedimentologi, geokimia dan sebagainya yang peranannya saling menunjang satu sama lain dan secara akumulatif dapat menunjang pemahaman di bidang geologi. Berdasarkan peta geologi regional, daerah Penelitian terletak dari Lembar Peta Pangandaran (T. O. Simanjuntak dan Surono, 1992). Berdasarkan Fisiografi Regional terletak pada Zona Bogor -Serayu Utara- Kendeng (Van Bemmelen, 1949).

Pemetaan geologi ini bertujuan untuk mengungkapkan dan menjelaskan potensi dan resiko daerah Binangun berdasarkan kondisi geologi daerah tersebut yang berasal dari data-data dan informasi geologi secara rinci dan lengkap serta hasilnya disusun dan ditampilkan dalam bentuk peta geologi.

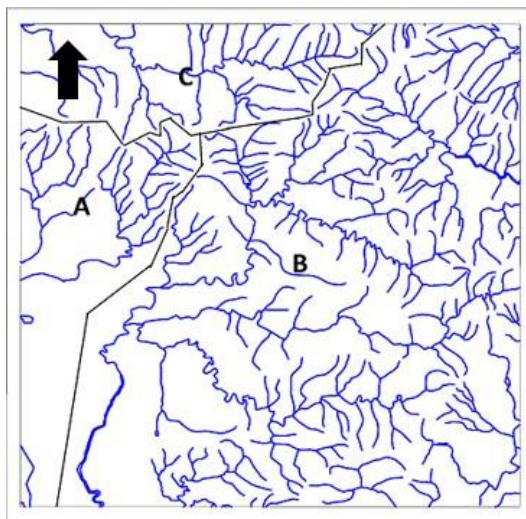
Metode

Objek penelitian berupa unsur-unsur geomorfologi, batuan, struktur sedimen, fosil, struktur geologi, dan potensi sumberdaya maupun kebencanaan geologi. Geomorfologi, meliputi proses geomorfologi, tingkat erosi, pola pengaliran yang berkembang serta memperkirakan indikasi adanya struktur geologi di daerah penelitian. Litologi, meliputi seluruh jenis batuan beserta karakteristik fisik, tekstur, dan struktur yang tersingkap di daerah penelitian. Batuan yang diobservasi merupakan batuan yang masih segar dan insitu, yaitu batuan yang belum mengalami pelapukan dan perpindahan tempat. Stratigrafi, meliputi perlapisan batuan dari batuan tertua sampai yang termuda dengan menyertakan fosil sebagai salah satu aspek penunjang dalam menentukan umur dan lingkungan pengendapan. Struktur geologi, meliputi pola tegasan dan gaya yang terjadi pada masa lampau, jenis struktur geologi serta pola strukturnya, yaitu sesar, kekar, dan pelipatan yang berkembang pada daerah penelitian. Sejarah geologi, sejarah geologi daerah penelitian direkonstruksi berdasarkan rekonstruksi stratigrafi, periode tektonik, dan aktivitas vulkanisme yang berkembang pada daerah penelitian. Langkah penelitian secara umum terbagi lima, yakni: tahap persiapan, tahap pekerjaan lapangan, tahap pekerjaan laboratorium, tahap analisis data, dan tahap penyusunan laporan.

Hasil Kerja

Geomorfologi

Geomorfologi adalah ilmu yang mempelajari tentang bentuk permukaan bumi serta proses - proses yang berlangsung terhadap permukaan bumi sejak bumi terbentuk sampai sekarang. Faktor utama dari geomorfologi adalah bentuk roman muka bumi yang dipengaruhi oleh dua gaya, yaitu gaya endogen dan gaya eksogen. Gaya eksogen dan endogen merupakan faktor pengontrol geomorfologi suatu daerah, seperti keadaan bentang alam pegunungan, perbukitan, pedataran, lembah dan lain-lain. Faktor lain yang juga mempengaruhi keadaan geomorfologi suatu daerah adalah karakteristik batuan yang menyusun suatu daerah dan kontrol struktur geologi yang bekerja. Karakteristik batuan yang kompak akan relatif lebih tahan terhadap pelapukan dibandingkan dengan karakteristik batuan yang tidak kompak. Kontrol struktur geologi juga memberikan pengaruh misalnya terhadap pola aliran sungai dan kelurusan punggungan.

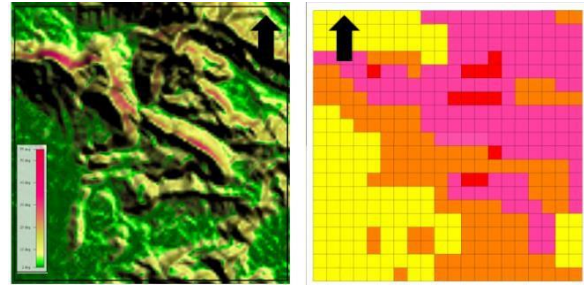


A. Parallel C. Trellis
B. Subdendritik

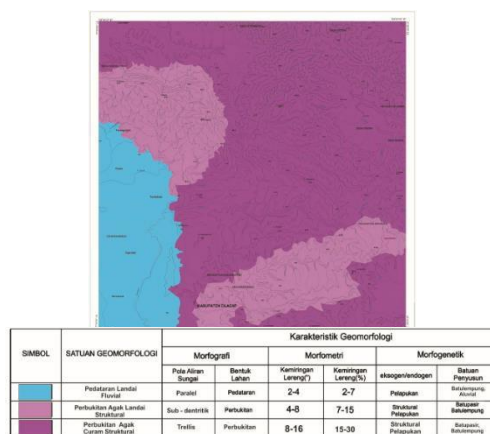
Gambar 1 Pola pengaliran daerah penelitian

Pola pengaliran sungai di daerah penelitian dibuat berdasarkan analisis peta rupabumi, sehingga dapat dilihat pola pengaliran sungai-sungainya. Pola pengaliran dapat mencerminkan jenis batuan, struktur geologi, dan tingkat erosi. Setelah didapat pola pengaliran daerah penelitian, kemudian dibandingkan dengan pola pengaliran menurut Zenith (1932) dan menurut Howard (1967). Konsep geomorfologi untuk analisis geologi mengacu pada konsep modifikasi Van Zuidam (1985) dan Howard (1967) yang menekankan pada pentingnya morfografi (gambaran bentuk), morfogenetik (proses pembentukan), morfometri (ukuran), material penyusun dan pola aliran sungai. Berdasarkan analisis morfografi mencakup pola aliran sungai dan bentuk lahan; morfometri mencakup ketinggian serta kemiringan lereng dalam satuan persen (%) dan satuan derajat ($^{\circ}$); dan morfogenetik mencakup batuan penyusun dan proses pembentukan batuan; serta struktur geologi yang mengontrol, daerah penelitian terbagi 3.

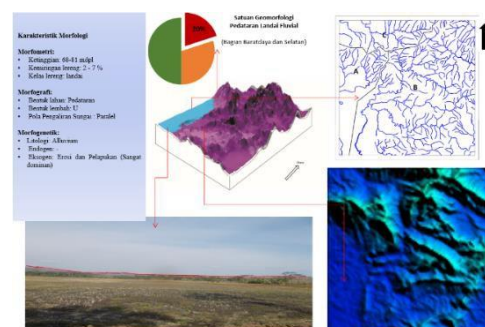
- Satuan Geomorfologi Pedataran Landai Fluvial
- Satuan Geomorfologi Perbukitan Agak Landai Struktural
- Satuan Geomorfologi Perbukitan Agak Curam Struktural



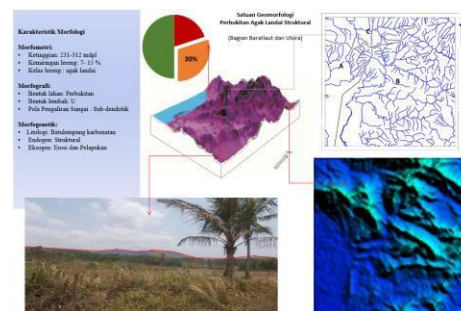
Gambar 2 Analisis DEM dan Morfometri



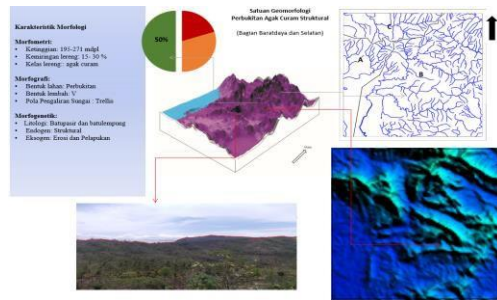
Gambar 3 Satuan Geomorfologi Daerah Penelitian



Gambar 4 Geomorfologi Pedataran Landai Fluvial



Gambar 5 Geomorfologi Perbukitan Agak Landai Struktural



Gambar 6 Geomorfologi Perbukitan Agak Curam Struktural

Stratigrafi

Penyusunan stratigrafi dalam penelitian ini didasarkan pada litostratigrafi, yaitu atas dasar ciri litologi tubuh batuan. Pengaplikasian hukum superposisi juga dipakai di sini, yaitu suatu urutan pengendapan, dalam hal ini batuan yang berumur lebih tua terletak di bawah batuan yang berumur lebih muda dengan ketentuan lapisan batuan tersebut masih normal atau belum mengalami proses pembalikan. Kontak antar satuan batuan yang satu dengan lainnya seringkali sulit ditemukan dengan jelas karena tertutup oleh vegetasi ataupun tanah akibat proses pelapukan yang intensif.

Oleh karena itu, sebagian batas-batas satuan batuan ditarik atas pertimbangan topografi dan kedudukan pola jurus perlapisan batuan serta dominasi batuan.

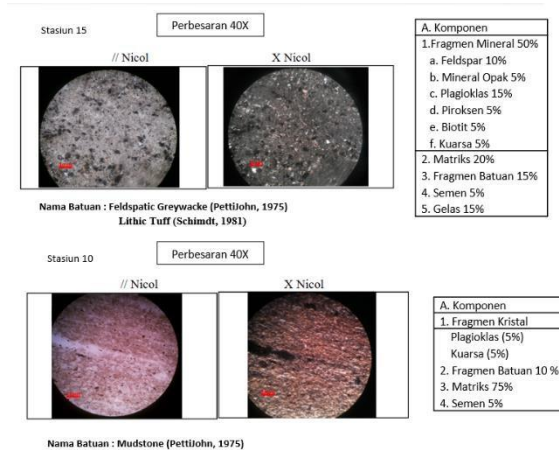
Berdasarkan hal tersebut, daerah penelitian terbagi atas 2 (dua) satuan batuan, dari satuan batuan yang paling tua sampai satuan batuan yang paling muda beserta endapan, yaitu :

1. Satuan batupasir tufan

Satuan batupasir tufan didominasi oleh batupasir serta ditemukan perselingan batupasir dan batulempung, batupasir sisipan batulempung. Batupasir sebagai batuan penyusun utama satuan batuan ini pada pengamatan megaskopis memiliki warna segar abu-abu terang, warna lapuk abu-abu tua, ukuran butir pasir sedang – halus, bentuk butir membundar tanggung, pemilahan baik, memiliki kemas terbuka, kekerasan agak keras, struktur laminasi, *graded bedding* dan *convolute bedding*. Batulempung dalam perselingan batupasir dan batulempung dalam pengamatan megaskopis memiliki pemeriaan warna segar abu-abu terang, warna lapuk abu-abu tua, kenampakan menyerpih, serta memiliki struktur laminasi dan kontak tegas terhadap batu pasir. Satuan ini tersebar sekitar 70% dalam daerah penelitian.

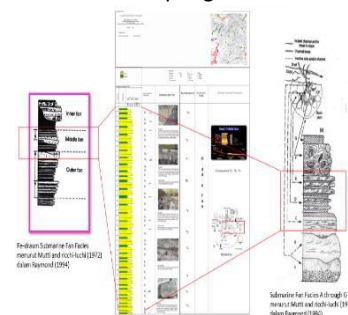


Gambar 7 Singkapan batupasir perselingan dengan batulempung pada satuan batupasir tufan pada stasiun 36



Gambar 8 Analisis petrografi pada batupasir perselingan batulempung

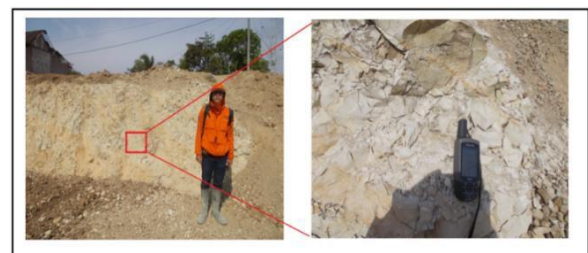
Lingkungan pengendapan satuan batupasir tufan ini merupakan submarine – fan tepatnya middle fan. Kipas tengah merupakan daerah pengendapan dari suatu sistem kipas laut dalam dimana aliran turbidit terhenti karena adanya perubahan kemiringan lereng. Fragmen yang ada disini merupakan fragmen agak kasar - halus. (Walker,1978). Umur relatif ditentukan menggunakan rekonstruksi penampang stratigrafi. Berdasarkan rekonstruksi penampang stratigrafi, satuan ini berumur Miosen Tengah – Miosen Akhir dikarenakan memiliki kontak selaras dengan satuan batulempung



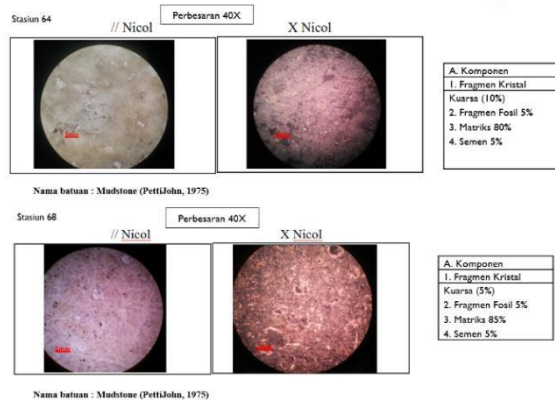
Gambar 9 Analisis Paleontologi dan model pengendapan Kipas Laut Dalam Menurut (Walker, 1978)

2. Satuan batulempung

Satuan batulempung didominasi oleh batu lempung. Batulempung dengan warna segar abu-abu terang, warna lapuk abu-abu tua, kekerasan agak keras, kenampakan masif, serta karbonatan. Satuan ini tersebar sekitar 20% dalam daerah penelitian.

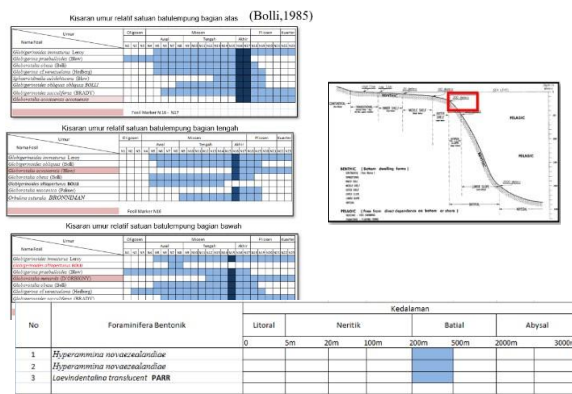


Gambar 10 Singkapan batulempung karbonatan pada stasiun 60



Gambar 8 Analisis petrografi pada batulempung karbonatan

Berdasarkan analisis fosil, lingkungan pengendapan satuan batulempung karbonatan ini merupakan batial atas. Kisaran umur relatif dari satuan ini ialah N 15 – N 17 (Miosen Tengah - Miosen Akhir).



Gambar 9 Analisis paleontologi dan model lingkungan pengendapan menurut Bolli, 1985.

3. Endapan Alluvium

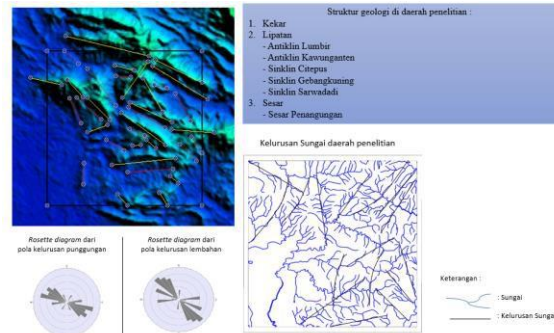
Alluvium, tersusun oleh material – material lepas yang terdiri dari sedimen berukuran lempung sampai bongkah. Material tersebut berupa endapan pasir lepas, kerikil serta bongkah – bongkah yang berasal dari batupasir dan batulempung dengan bentuk membulat tanggung – menyudut tanggung yang telah ada sebelumnya yang berumur lebih tua. Endapan ini tersebar sekitar 10% dalam daerah penelitian.



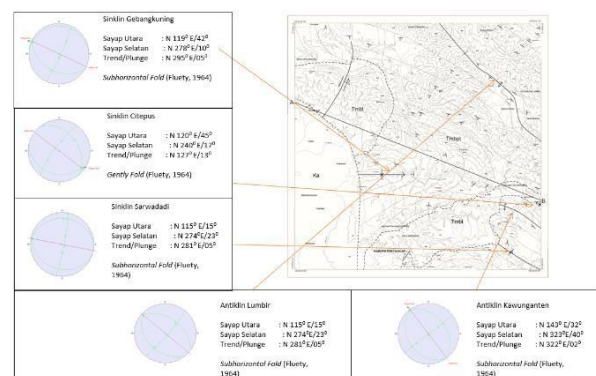
Gambar 10 Kenampakan Alluvium pada sungai besar Binaguan pada stasiun 40

Struktur Geologi

Analisis struktur geologi dilakukan dengan korelasi dengan interpretasi geomorfologi, kelurusan punggung, lembahan dan pola tegasan umum. Tiga struktur geologi yang diidentifikasi berupa: lipatan, kekar tarik dan sesar mendatar.



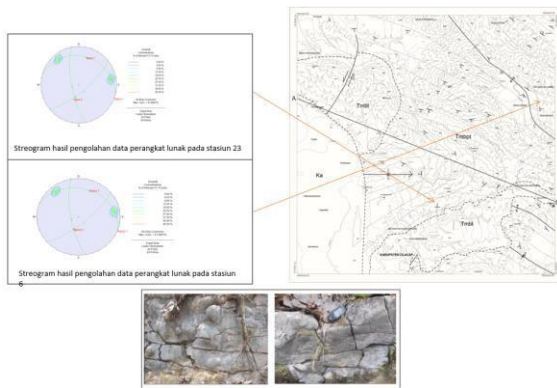
Gambar 11 Analisis kelurusan punggung pada citra DEM dan kelurusan sungai daerah penelitian



Gambar 12 Analisis struktur geologi berdasarkan polajurus daerah penelitian

Tersier		Kuarter	
Miosen		Pliosen	Plistosen - Resen
Tengah	Akhir		
Pada kala Miosen Tengah, proses sedimentasi mengendapkan material-material sedimen yang didominasi oleh material hasil erupsi gunung api bawah laut yang diendapkan pada lingkungan laut. Material ini kemudian terfiksasi dan membentuk Satuan Batupasir tufan (Tmbpt).	Pada kala Miosen Akhir, daerah penelitian merupakan daerah dengan lingkungan pengendapan laut yang dipengaruhi oleh gravitasi dan diinterpretasikan sebagai submarine fan. Selanjutnya terjadi pengendapan material halus berupa satuan batulempung (Tmbt).	Terjadi aktivitas tektonik dengan arah tegasan utama kompresi relatif utara-selatan yang membentuk sinclin dan antiklin.	Terjadi pengendapan material sedimen lepas berupa aluvium pada daerah sungai Binaguan.
Pada kala akhir Miosen Tengah hingga Pliosen akhir berlangsungnya aktivitas vulkanik yang cukup signifikan sehingga lingkungan berubah menjadi laut dalam yang mengah fasies batuan pada periode Miosen Akhir.		Aktivitas tektonik ini juga mengakibatkan terbentuknya sesar di daerah penelitian, yaitu Sesar Penangungan.	

Gambar 13 Analisis struktur geologi berdasarkan kelurusan punggung dan sungai

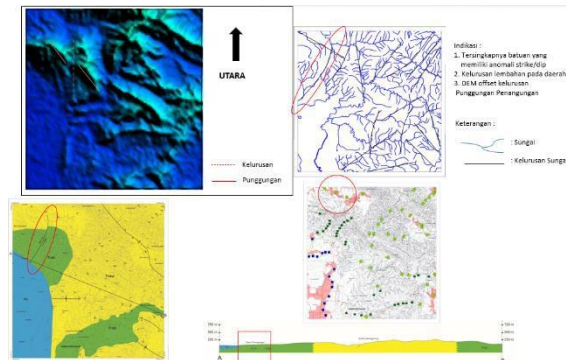


Gambar 14 Analisis struktur geologi berdasarkan streogram pada Kekar Tarik stasiun 23 dan stasiun 6

Geologi Sejarah

Geologi sejarah daerah pemetaan sesuai dengan data-data yang didapat dari lapangan dapat direkam dari Kala Miosen hingga Resen. Pada Kala Miosen Tengah – Miosen Akhir diendapkan satuan batupasir tufan yang merupakan satuan batuan sedimen yang paling tua di daerah pemetaan. Setelah pengendapan material penyusun satuan batupasir tufan, kemudian diikuti oleh pengendapan material penyusun satuan batulempung secara menjemari. Pembentukan satuan batupasir tufan dipengaruhi oleh arus turbidit. Pada saat hasil sisa erupsi gunung api bawah laut tercampur dengan material sedimen bawah laut, terjadi transportasi pengendapan material pembentuk satuan batupasir tufan karena adanya pergerakan dari lereng antara laut dangkal dan laut dalam. Kala Miosen Akhir berakhir, pengendapan material pembentuk satuan batupasir tufan pun berhenti. Setelah material pembentuk satuan batupasir tufan terendapkan, selanjutnya terjadi penurunan air laut yang menghasilkan endapan satuan batulempung. Satuan batulempung ini berada diatas satuan batupasir tufan secara menjemari. Selanjutnya terjadi peristiwa tektonik dengan tegasan yang berarah relatif utara-selatan. Tegasan ini membentuk sinklin dan antiklin dengan arah sumbu lipatan relatif Barat-Timur. Setelah terbentuk sinklin dan antiklin pada wilayah penelitian, kemudian bagian utara wilayah penelitian tersebut tersesarkan. Sesar mendatar yang terbentuk relatif berarah utara - selatan.

Pada akhir Kala Pliosen hingga Resen, terjadi proses pelapukan baik secara kimiawi, fisika, dan biologi terhadap batuan yang telah terbentuk sebelumnya, diikuti proses transportasi dan pengendapan pada daerah landai sehingga terbentuk endapan aluvium pada daerah penelitian.



Gambar 15 Analisis geologi sejarah pada daerah penelitian

Potensi Sumberdaya dan Kebencanaan

Potensi bahan galian terdapat pada daerah selatan penilitan yaitu desa Sarwadadi berupa batu lempung yang digunakan untuk industri keramik maupun untuk bahan bangunan di daerah Binangun. Potensi bahaya geologi juga terdapat pada daerah utara penelitian yaitu daerah sesar seperti Penanggungan. Pada daerah Desa Penanggungan yang rawan longsor, sebaiknya pembangunan pemukiman penduduk diminimalisir.

Kesimpulan

Berdasarkan pemetaan geologi yang dilakukan, satuan geomorfologi daerah penelitian dikelompokkan menjadi 3 (tiga) satuan geomorfologi Satuan Geomorfologi Pedataran Landai Fluvial, Satuan Geomorfologi Perbukitan Agak Landai Struktural, Satuan Geomorfologi Perbukitan Agak Curam Struktural. Berdasarkan litostratigrafi tidak resmi, stratigrafi daerah penelitian dibagi menjadi 2 (dua) satuan batuan beserta endapannya dengan urutan dari tua ke muda, yaitu : Satuan batupasir tufan, Satuan batulempung, Endapan Aluvium. Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian yakni struktur sesar mendatar, terdiri dari Sesar Penanggungan serta struktur lipatan berupa sinklin Gebangkuning, sinklin Citepus, sinklin Sarwadadi, antiklin Lumbir serta antiklin Cidora; dan terdapat juga kekar tarik. Geologi sejarah daerah pemetaan berlangsung sejak Kala Miosen hingga Pliosen. Potensi dan bencana pada daerah penelitian berupa sumberdaya batulempung di desa Sarwadadi dan potensi longsor di desa Penanggungan.

Ucapan Terima Kasih

Terima Kasih penulis sampaikan kepada rekan - rekan yang membantu pada saat pemetaan geologi dilakukan, warga Binangun serta laboratorium Universitas Padjadjaran dalam menyelesaikan pemetaan geologi ini. Semoga tulisan ini bermanfaat bagi perkembangan keinsinyuran di Indonesia.

Referensi

- Asikin, Sukendar (1978). Dasar – dasar Geologi Struktur. Departemen Teknik Geologi, Institut Teknologi Bandung, 72 hal.
- Boggs, Sam. Jr. (1995). Petrology of Sedimentary Rocks. Maxwell Macmillan International., New York.
- Bolli (1995). Paleontology and Depositional Environment Model.



- Fluety. (1964). Fleut's Classification Fold Hinge Plunge Axial Plane Dip
- Howard, A.D (1967). Drainage Analysis in Geologic Interpretation, Stanford, California.
- Pettijohn, F.J. (1975). Sedimentary Rocks. Third Edition. Harper & Row Publishers, New York-Evanston-San Francisco-London.
- T.O. Simanjuntak dan Surono (1992). Geologi Regional Lembar Pangandaran
- Van Bemmelen, R.W (1949). The Geology of Indonesia, Vol. IA.
- Walker (1978). Paleontology and Depositional Environment Model.
- Zenith (1932). Drainage Analysis in Geologic Interpretation.
- Zuidam, R.A. Van (1985). Aerial Photo-Interpretation Intrrain Analysis and Geomorphology Mapping, Smith Publisher the Hague, ITC



Penggunaan Material Dense Graded Emulsion Mixture (DGEM) Sebagai Bahan Pekerjaan Peningkatan Jalan di Daerah Kepulauan

**Indra Purnawan¹ Indra Aprianto¹
Widy Yogatama¹ Muhammad Puji¹**

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ indra.bimar@gmail.com

✉ indralira71@gmail.com

✉ widyyogatama@yahoo.com

✉ poedji1982@gmail.com

Pendahuluan

Kabupaten Sumenep merupakan Kabupaten yang berada di Timur Pulau Madura dan masuk dalam provinsi Jawa Timur. Wilayah Kabupaten Sumenep terdiri dari wilayah daratan dan wilayah kepulauan yang tersebar sebanyak 126 Pulau. Dari 26 pulau ini sebanyak 48 pulau merupakan pulau berpenghuni. Beberapa pulau yang berpenghuni adalah Pulau Kangean, Pulau Sapudi, Pulau Raas, Pulau Poteran (Talango).

Pemerintah Kabupaten Sumenep berupaya dalam hal pemerataan pembangunan infrastruktur. Salah satunya adalah infrastruktur jalan, namun dalam pelaksanaannya pembangunan infrastruktur jalan terkendala dengan jarak yang jauh apalagi lokasi pekerjaan ada di kepulauan yang membutuhkan waktu dalam mobilisasi alat dan bahan.

Jenis perkerasan beraspal yang pernah dipakai oleh Dinas Pekerjaan Umum Dan Tata Ruang Kab Sumenep untuk pekerjaan di wilayah kepulauan adalah menggunakan lapisan penetrasi. Kekurangan dari jenis perkerasan ini adalah bahwa dalam pemakaian aspal masih menggunakan tenaga manusia, sehingga volume aspal dan kerataan penghamparannya masih kurang maksimal. Hal ini dapat menyebabkan hasil pekerjaan jalan yang kurang baik kualitasnya.

Oleh karena itu pemerintah kabupaten melalui Dinas Pekerjaan Umum Dan Tata Ruang Kab Sumenep khususnya Bidang Bina Marga selalu berusaha mencari informasi jenis-jenis bahan yang dapat di gunakan di wilayah kepulauan.

Salah satu bahan yang menjadi pertimbangan untuk digunakan pada pelaksanaan pekerjaan di kepulauan oleh Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang Kabupaten Sumenep melalui Bidang Bina Marga adalah Dense Graded Emulsion Mixture (DGEM). DGEM ini adalah Campuran

Dibandingkan dengan di wilayah daratan, penanganan jalan di wilayah kepulauan mempunyai beberapa keterbatasan, meliputi jenis perkerasan yang bisa dipakai, terbatasnya jenis material/bahan untuk pekerjaan jalan yang tersedia di kepulauan, biaya transportasi material dan sumber daya manusia yang lebih mahal, biaya mobilisasi peralatan yang cukup mahal serta beberapa keterbatasan lainnya.

Adanya keterbatasan-keterbatasan tersebut, tidak menghilangkan kewajiban dari pemerintah daerah setempat untuk tetap dapat memberikan pelayanan terhadap masyarakat untuk menyediakan infrastruktur jalan yang baik.

Material DGEM merupakan solusi bagi pemerintah daerah untuk dapat menyediakan infrastruktur jalan di wilayah kepulauan yang setara kualitasnya dengan jalan di wilayah daratan.

Kata kunci: bina marga, jalan, DGEM, coldmix

Aspal emulsi dingin yang dapat dihampar dalam keadaan dingin, sehingga tidak perlu memperhatikan suhu saat penghamparan.

Hal ini berbeda dengan hotmix yang dihampar dalam keadaan panas, sehingga lokasi AMP harus cukup dekat dengan lokasi pekerjaan untuk menjaga suhu hotmix.

Karakteristik DGEM yang demikian sangat cocok di pakai di lokasi kepulauan yang jaraknya jauh dari AMP.

DGEM ini adalah Campuran Aspal emulsi dingin yang dapat dikemas dalam karung, sehingga cukup mudah dalam penyimpanan dan pengirimannya.

Metode

Metode yang digunakan adalah dengan cara pengumpulan data kegiatan penanganan jalan di wilayah kepulauan pada Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang Kab Sumenep. Data ini meliputi data-data pekerjaan yang menggunakan Lapisan Penetrasi serta data-data pekerjaan yang menggunakan bahan DGEM

Hasil Kerja

Proses Perencanaan

Perencanaan penanganan jalan di wilayah kepulauan dengan menggunakan bahan DGEM membutuhkan survei biaya transportasi perahu untuk bahan DGEM dari daratan menuju pulau dimana lokasi pekerjaan akan dilaksanakan. Ketersediaan dan biaya transportasi peralatan hampar melalui kapal juga perlu disurvei.

Proses Pelaksanaan

Pelaksanaan penanganan jalan dengan bahan DGEM untuk wilayah kepulauan memerlukan persiapan dan pengelolaan

yang baik. Ada banyak faktor teknis dan non teknis yang dihadapi oleh penyedia jasa dalam proses tersebut.

Pengadaan bahan DGEM untuk wilayah kepulauan pada umumnya memakai transportasi perahu. Penyedia jasa harus memperhatikan cara pemindahan bahan untuk meminimalisir jumlah bahan yang rusak. Pengamanan bahan DGEM diatas perahu selama pengiriman ke lokasi juga harus diperhatikan, termasuk juga pengangkutan bahan serta penyimpanan bahan di lokasi pekerjaan.

Penyedia jasa harus melakukan penjadwalan pelaksanaan pekerjaan dengan baik agar bahan yang terkirim tidak terlalu lama ada di lokasi.

Faktor cuaca juga merupakan salah satu factor yang harus sangat diperhatikan oleh penyedia. Cuaca buruk dapat mengganggu proses pengiriman bahan maupun peralatan. Sebelum pekerjaan di mulai, DGEM yang akan digunakan harus sudah memenuhi syarat dengan dibuktikan dengan menyerahkan Job Mix Formula.

Tabel 1 Job Mix Formula DGEM

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Pengujian	Satuan	Spesifikasi
1	Kadar Aspal Hasil Ekstraksi	SNI 8279 : 2016	6,27	%	Min.6
2	Gradasi Agregat Hasil Ekstraksi	SNI ASTM C136:2012	Memenuhi		DGEM Type IV
3	Kadar Bitumen Efektif	ASTM D 6927-06	5,75	%	Min. 55
4	Kadar Bitumen Terserap		0,55	%	Maks. 1,7
5	Kadar Bitumen Total		6,26	%	Min. 6
6	Stabilitas Rendaman 60 menit		1071,31	kg	Min. 500
7	Stabilitas Rendaman 24 Jam		943,89	kg	Min. 500
8	Stabilitas Sisa		88,11	%	Min. 50
9	Rongga Udara		8,56	%	Min. 5
10	Penyerapan Air		1,05	%	Maks. 4
11	Tebal Film Bitumen Gradasi 1		15,66	µm	Min. 8
12	Tebal Film Bitumen Gradasi 2		15,42		
13	Tingkat Penvelimutan		> 75	%	Min. 75
	Tebal Lapisan Disyaratkan			mm	30 - 75

Job Mix Formula ini merupakan panduan bagi penyedia dalam pelaksanaan pekerjaan. Hasil pengujian hasil pekerjaan akan dibandingkan dengan Job Mix Formula ini.

Proses Monitoring dan Evaluasi

Setelah penghamparan dan pemadatan selesai dikerjakan maka dilakukan pengambilan sampel (Core Drill) dengan ketentuan tiap 100 m' diambil 6 titik sampel dengan metode acak (random) menggunakan aplikasi Excel.

Hasil core drill diperiksa ketebalannya, dicatat dan dibuatkan Berita Acara.



Gambar 1. Pengambilan Sampel Jalan (Core drill)



Gambar 2 Pengukuran Hasil Core Drill

Selanjutnya dari hasil core drill akan di kirim ke Laboratorium untuk di uji kepadatannya bersama dengan sampel gembur yang akan diuji kadar aspal dan gradasinya.

Hasil dari pengujian atas sampel dari pekerjaan jalan, selanjutnya akan dianalisa dan dihitung serta akan dituangkan dalam Berita Acara Pay Adjustment. Apabila pekerjaan yang diperiksa secara kualitas memenuhi syarat tetapi volumenya kurang, maka penyedia dapat memperbaiki pekerjaan tersebut. Jika tidak bersedia memperbaiki, maka nilai kontrak akan dikurangi sesuai dengan hasil dari perhitungan Pay Adjustment.

Kesimpulan

Kesimpulan Hasil Kerja :

1. Pelaksanaan pekerjaan disesuaikan dengan JMF (Job Mix Formula) yang diajukan oleh pelaksana kegiatan.
2. Untuk perhitungan kuantitas dilakukan pengujian pengambilan sample dengan cara core drill dan untuk selanjutnya dilakukan pengujian kualitas dengan uji laboratorium.
3. Hasil pengujian kuantitas dan kualitas dengan didasarkan pada Job Mix Formula (JMF) yang diajukan untuk dijadikan dasar melakukan perhitungan akhir volume pekerjaan.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian artikel ini terutama kepada Dosen Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya Program Profesi Insinyur yang telah memberikan arahnya.

Referensi

1. Laporan Pengujian Ekstraksi – Gradasi – Marshall Cold Mix DGEM Untuk Pelaksanaan Pekerjaan Di Lingkungan Dinas Pekerjaan Umum Dan Tata Ruang Kabupaten Sumenep (PT. MIJG) Tahun 2023
2. Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3)
3. Spesifikasi Umum DPU Bina Marga Provinsi Jawa Timur 2019

Akselerasi proyek produksi tangki dengan strategi penambahan jam kerja lembur

Lowince Vallerina Sihite¹ Fitri Agustina¹
Kukuh Winarso¹

¹ Program Studi Teknik Industri, Universitas Trunojoyo Madura

² Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ fitri.agustina@trunojoyo.ac.id

Keterlambatan proyek merupakan hal yang tidak diinginkan oleh setiap perusahaan sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut perusahaan melakukan manajemen proyek dengan cara menyusun penjadwalan proyek. Penelitian ini dilakukan untuk menyusun penjadwalan proyek pada produksi tangki. Pembuatan tangki tipe *transport* dengan ukuran 15 ton mengalami keterlambatan selama 60 hari dari target awal produksi yaitu 90 hari. Keterlambatan ini disebabkan oleh kurangnya jumlah pekerja. Penelitian ini menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) guna melihat jalur kritis yang menyebabkan keterlambatan. Jalur kritis ini kemudian diakselerasi dengan alternatif penambahan jam kerja lembur. Terdapat tiga alternatif yang dipertimbangkan untuk melakukan percepatan yaitu penambahan jam lembur sebanyak 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Strategi yang terpilih adalah dengan melakukan kerja lembur sebanyak 1 jam dengan hasil durasi proyek 145 hari dengan total biaya produksi Rp1.543.863.000

Kata kunci: Penjadwalan proyek, *Critical Path Method* (CPM), jalur kritis, *crashing*, biaya *overtime*

Pendahuluan

Proyek adalah gabungan dari beberapa sumber daya seperti manusia, mesin, peralatan, modal atau biaya yang dikumpulkan dalam suatu wadah dalam bentuk perusahaan atau organisasi guna mencapai suatu target atau tujuan (Safitri, 2019). Umumnya, proyek memiliki batas waktu dimana artinya suatu proyek harus diselesaikan dalam kurun waktu tertentu. Keberhasilan suatu proyek dilihat dari ketepatan waktu serta kesesuaian pengerjaannya. Keterlambatan suatu pengerjaan proyek merupakan hal yang tidak diinginkan setiap Perusahaan, sehingga untuk mengatasi permasalahan keterlambatan tersebut perusahaan melakukan manajemen proyek dengan cara menyusun penjadwalan proyek.

Setiap perusahaan tentunya bertujuan untuk menyelesaikan setiap proyek yang mereka miliki tepat waktu. Demikian halnya dengan PT Metal Hitech Engineering (MHE) Gresik yang bergerak di bidang manufaktur konstruksi baja dengan produk utama yaitu tangki. Tangki-tangki yang diproduksi berupa *storage tank* dan *transport tank*. PT MHE dalam proses produksinya menerapkan sistem produksi *Make to Order* (MTO). Sistem MTO merupakan sistem produksi dimana perusahaan akan membuat produk setelah menerima pesanan dari pelanggan (Hapsari et al., 2018). PT MHE dapat menerima orderan hingga 5-10 tangki dalam satu tahun dengan waktu pengerjaan tiap tangki memakan waktu hingga 2-3 bulan. Namun, dalam proses produksinya PT MHE mengalami beberapa kendala produksi yang disebabkan oleh kurangnya jumlah pekerja yang dimiliki. Masalah tersebut

mengakibatkan sering terjadi jam lembur tidak menentu bagi para pekerja, adanya indikasi keterlambatan dalam proses produksi, komplain dari konsumen, serta penambahan biaya akibat adanya biaya penalti atau denda dari konsumen.

Tabel 1 Data keterlambatan produksi tangki PT MHE 2018-2019

Proyek	Terlambat (hari)	Estimasi produksi (hari)	Faktor penyebab keterlambatan
1	10	90	Ditemukan cacat produk
2	30		Kekurangan pekerja
3	7		Keterlambatan material
4	60		Kekurangan pekerja
5	5		Kekurangan pekerja
6	20		Kekurangan pekerja
7	13		Kekurangan pekerja
8	24		Kekurangan pekerja
9	18		Kekurangan pekerja
10	11		Kekurangan pekerja

Tabel 1 menunjukkan bahwa faktor penyebab keterlambatan produksi ada tiga yaitu ditemukannya cacat produk, kekurangan pekerja, serta keterlambatan bahan baku atau material. Faktor penyebab keterlambatan produksi yang paling menonjol adalah kurangnya jumlah pekerja. Salah satu metode manajemen proyek yang dapat dilakukan guna mengatasi masalah tersebut adalah dengan melakukan penjadwalan proyek. Penjadwalan proyek adalah tindakan pengalokasian waktu yang tersedia dengan mempertimbangkan segala keterbatasan dalam rangka melakukan penyelesaian proyek sehingga mencapai hasil yang optimal dengan tujuan meminimalisir waktu proses dan biaya produksi yang digunakan (Safitri, 2019).

Ada beberapa metode yang bisa digunakan untuk melakukan penjadwalan proyek dengan memanfaatkan *network planning* atau jaringan kerja, antara lain *Critical Path Method* (CPM), *Critical Chain Project Management* (CCPM), *Precedence Diagram Method* (PDM), dan *Project Evaluation and Review Technique* (PERT). Berdasarkan analisis dari beberapa metode penjadwalan yang ada, metode alternatif yang dipilih dalam menyelesaikan masalah pada penelitian ini adalah metode *Critical Path Method* (CPM) karena metode ini berfokus pada penyeimbangan waktu proyek dan biaya yang dikeluarkan serta penggambaran detail seluruh alur pekerjaan (Sulistiyi et al., 2022). CPM juga digunakan pada proyek yang sudah dilakukan berulang-ulang (pada kasus ini proses produksi tangki) sedangkan ketiga metode lainnya di atas biasanya digunakan pada proyek yang baru pertama kali dilaksanakan.

Aritonang (2021) menyebutkan terdapat dua pendekatan waktu dan biaya pada setiap kegiatan yang ada dalam jaringan yaitu perkiraan waktu dan biaya yang bersifat normal (*normal estimate*) dan perkiraan waktu dan biaya yang bersifat dipercepat (*crashing estimate*). Metode CPM dengan *crashing estimate* dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara penambahan jam kerja/lembur atau dengan melakukan penambahan pekerja sehingga mempercepat proses penyelesaian proyek namun harus melibatkan penambahan biaya akibat percepatan tersebut. Penelitian ini akan melakukan *crashing estimate* dengan membuat alternatif solusi yaitu dengan cara menambah jam kerja/ lembur tanpa menambah jumlah pekerja.

Metode

Menurut Purba (2021), langkah-langkah penyusunan jaringan kerja atau *network planning* adalah sebagai berikut:

- Mengidentifikasi lingkup proyek kemudian memecahkan atau menguraikannya menjadi komponen-komponen proyek yang berisi berbagai kelompok kegiatan dan item pekerjaan. Proses ini juga biasa disebut sebagai tahap *Work Breakdown Structure* (WBS). Pembuatan WBS bertujuan untuk memperjelas daftar pekerjaan yang harus dikerjakan.
- Menyusun kembali komponen-komponen tersebut berdasarkan logika ketergantungan.
- Mengestimasi durasi atau kurun waktu dari setiap kegiatan.
- Mengidentifikasi *critical path* (jalur kritis) yang ada pada diagram jaringan kerja.
- Melakukan usaha-usaha yang dibutuhkan untuk meningkatkan daya guna serta hasil guna dari pemakaian sumber daya.

Hasil Kerja

Work Breakdown Structure (WBS)

Work Breakdown Structure (WBS) pembuatan tangki tipe transport ukuran 15 ton dapat dilihat pada Tabel 2.

Table 2 *Work Breakdown Structure* produksi tangki 15 ton

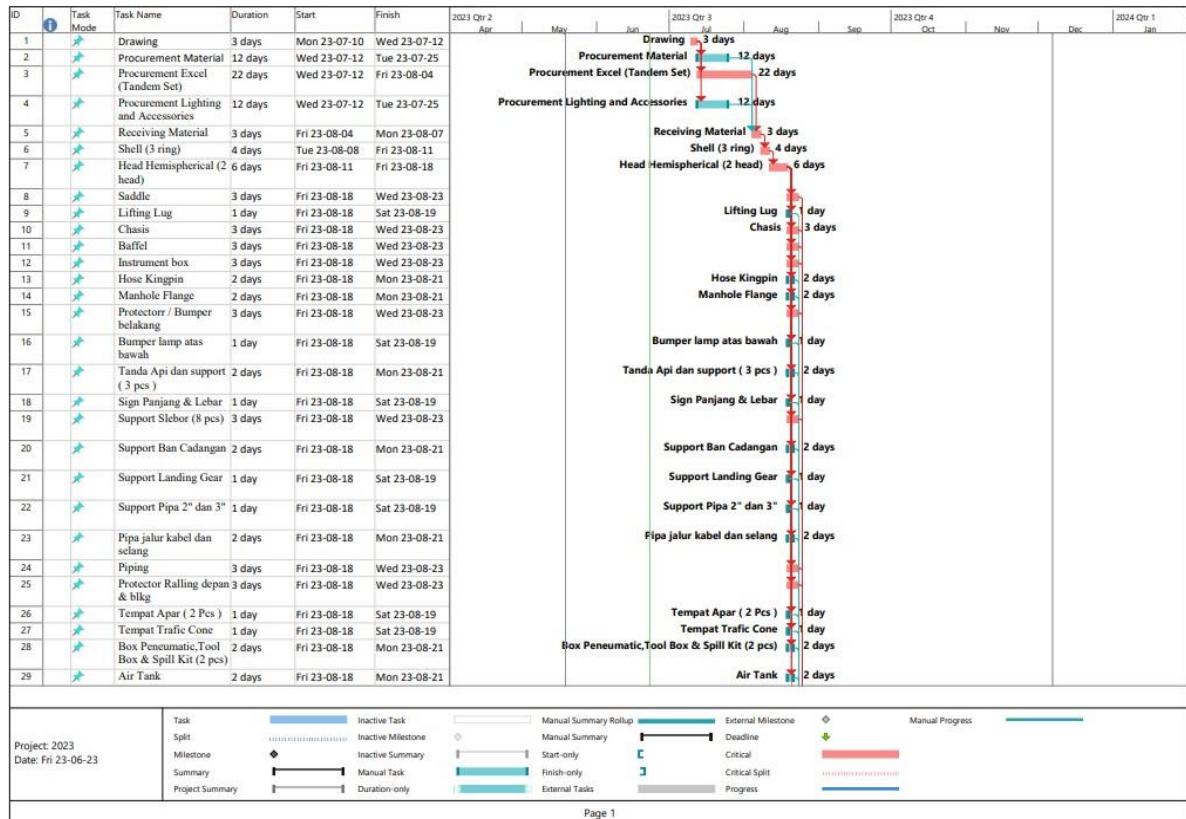
No	Item pekerjaan	Kode	Durasi (hari)	Predecessor
I	Engineering			
1.1	Drawing	A	3	-
II	Procurement			
2.1	Material	B	12	A
2.2	Excel (tandem set)	C	22	A
2.3	Lighting and accessories	D	12	A
2.4	Receiving material	E	3	B, C, D
III	Pre fabrication assembly			
3.1	Shell (3 ring)	F	4	E
3.2	Head hemispherical (2 head)	G	12	F
3.3	Saddle	H	5	H
3.4	Lifting lug	I	1	H
3.5	Chasis	J	7	H
3.6	Baffle	K	4	H
3.7	Instrument box	L	3	H
3.8	House kingpin	M	2	H
3.9	Manhole flange	N	2	H
3.10	Protector	O	3	H
3.11	Bumper lamp atas bawah	P	1	H
3.12	Tanda api dan support 3 pcs	Q	2	H
3.13	Panjang dan lebar	R	1	H
3.14	Support slebor 8 pcs	S	3	H
3.15	Support ban cadangan	T	2	H
3.16	Support landing gear	U	1	H
3.17	Support pipa 2" dan 3"	V	1	H
3.18	Pipa jalur kabel dan selang	W	2	H
3.19	Piping	X	3	H
3.20	Protector ralling depan dan belakang	Y	3	H
3.21	Tempat apar 2 pcs	Z	1	H
3.22	Tempat traffic cone	AA	1	H
3.23	Box pneumatic	AB	3	H
3.24	Air tank	AC	2	H
3.25	Cover thermos	AD	1	H
3.26	Nozzle 1 sd 9	AE	2	J
IV	Fabrication assembly			
4.1	Fit up shell	AF	4	AE
4.2	Fit up baffle to shell	AG	3	AF
4.3	Fit up manhole and nozzle to shell	AH	2	AG
4.4	Fit up saddle to shell	AI	3	AH
4.5	Fit up kingpin to shell	AJ	1	AI
4.6	Fit up landing gear and support	AK	1	AJ
4.7	Fit up chasis to tank	AL	1	AK
4.8	Fit up tandem sheet to chasis	AM	3	AL
4.9	Pasang ralling support, slebor	AN	1	AM
4.10	Fit up instrument box to tank	AO	2	AN
4.11	Pasang roda	AP	1	AO
4.12	Pasang traffic cone, apar	AQ	2	AP
4.13	Fit up tool box, tool kit	AR	2	AQ
4.14	Fit up blind plange manhole	AS	1	AR
4.15	Fit up ptotector	AT	4	AS
4.16	Fit up support ban cadangan	AU	2	AT
4.17	Fit up bamper lampu dan rumah lampu	AV	1	AU
4.18	Fit up rambu tanda api	AW	1	AV



4.19	<i>Fit up piping to tank (internal and globe valve)</i>	AX	1	AW
------	---	----	---	----

Analisis *Critical Path Method* (CPM)

Analisis *Critical Path Method* (CPM) pembuatan tangki tipe transport ukuran 15 ton dapat dilihat pada Gambar 1. Jalur kritis pada aktivitas ditentukan oleh ketergantungan antar aktivitasnya dengan cara melakukan analisis jaringan kegiatan dalam rangka melakukan prediksi durasi total (Ulfa & Suhendar, 2021).



Gambar 1 Gantt chart CPM dengan Microsoft Project

CPM dihitung dengan menggunakan tolak ukur *Earliest Event Time* (EET) atau waktu paling awal dan *Latest Event Time* (LET) atau waktu paling akhir. Analisa waktu dengan menggunakan CPM dilakukan dengan perhitungan (1) Perhitungan maju; (2) Perhitungan mundur dan (3) Perhitungan *Slack* atau *Total Float*. Penentuan jalur kritis dengan ketentuan $TF (Total Float) = 0$ (Yuwono et al., 2021).

Berdasarkan pada Gambar 1 dapat diidentifikasi pekerjaan yang masuk ke dalam kategori pekerjaan kritis yaitu pekerjaan yang berwarna merah dan didominasi oleh proses pengelasan (*welding*).

Percepatan Durasi Pekerjaan (*Crashing*)

Crashing adalah metode percepatan yang dilakukan secara sengaja, sistematis, serta analisis dengan menguji semua kegiatan yang dipusatkan pada jalur kritis dalam jaringan kerja (Sa'adah et al., 2022). *Crashing* digunakan untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek, dengan cara mereduksi durasi pekerjaan yang berada di lintasan kritis yang akan berpengaruh pada waktu penyelesaian proyek. Metode *crashing* berfungsi untuk mengoptimalkan durasi pengerjaan proyek, meskipun dalam pelaksanaannya pasti akan mengalami *time cost trade off* pada durasi pekerjaan dengan tambahan biaya yang efisien.

Percepatan tidak dilakukan pada semua pekerjaan kritis, tetapi hanya dilakukan pada beberapa pekerjaan kritis tertentu karena apabila dilakukan pada semua pekerjaan kritis maka hanya akan menambah pekerjaan kritis yang baru. Percepatan durasi pekerjaan pada penelitian ini akan dilakukan pada pekerjaan kritis yang paling dominan yaitu pekerjaan pengelasan (*welding*). Percepatan durasi pekerjaan akan dilakukan dengan menambah jam kerja lembur dengan 3 alternatif yaitu alternatif 1 (lembur dengan durasi 1 jam), alternatif 2 (lembur dengan durasi 2 jam), dan alternatif 3 (lembur dengan durasi 3 jam). Sebelum melakukan percepatan durasi, harus diketahui terlebih dahulu volume pengerjaan pengelasan yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Volume pekerjaan pengelasan

Jenis pengelasan	Volume pekerjaan (m)	Durasi (hari)
<i>Welding shell in-out</i>	69,3	22
<i>Welding baffle</i>	80,07	12
<i>Welding manhole & nozzle</i>	6,872	8
<i>Welding saddle to sell</i>	96,084	7
<i>Welding kingpin to sell</i>	3,83	2
<i>Welding instrument box to tank</i>	10	2
<i>Welding protector based on plate (bumper, mudguard, ralling apar, air tank, traffic cone, etc.)</i>	1 lot	2

<i>Welding support pipe 2" and 3" weld support landing gear</i>	1 lot	1
<i>Welding support ban cadangan</i>	1 lot	1
<i>Welding lampu stopan atas dan rambu tanda api</i>	1 lot	1

Percepatan durasi pekerjaan hanya akan dilakukan pada proses *welding* yang memakan waktu cukup lama sehingga penelitian ini hanya akan melakukan percepatan durasi pada empat proses pengelasan. Keempat proses pengelasan itu yaitu *Welding Shell in Out* dengan volume 69,3 m dan durasi 22 hari, *Welding Baffle* dengan volume 80,07 m dan durasi 12 hari, *Welding Manhole dan Nozzle* dengan volume 6,872 m dan durasi 8 hari, serta *Welding Saddle to Shell* dengan volume 96,084 m dan durasi 7 hari. Rumus (1) yang digunakan dalam percepatan durasi pekerjaan adalah sebagai berikut:

$$DC = \frac{VO}{(JN \times KP) + (JOT \times KP \times F)} \quad (1)$$

Keterangan:

DC: Durasi *Crash* (hari)

VO: Volume Pekerjaan

JN: Jam Kerja Normal

KP: Kapasitas Produksi/jam

JOT: Jumlah Jam Kerja Lembur

F: Faktor penurunan kapasitas produksi jam kerja lembur

Perhitungan Biaya Percepatan (Lembur)

Pekerjaan pada jam lembur adalah pekerjaan yang dilakukan di luar jam kerja yang seharusnya (Sa'adah et al., 2022). Perhitungan biaya percepatan dengan cara menambah jam kerja atau lembur dilakukan setelah mengetahui jumlah hari setelah dilakukan percepatan dan jumlah upah per-harinya. Perhitungan jam lembur ini akan berfokus pada pengerjaan pengelasan karena percepatan difokuskan pada pengerjaan pengelasan.

Perhitungan upah jam lembur menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 Tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur Pasal 11. Berdasarkan informasi bahwa jumlah pekerja pengelasan adalah sebanyak 6 (enam) orang dengan upah normal sebesar Rp160.000 per hari, maka perhitungan biaya lembur 1 jam, 2 jam, dan 3 jam berturut-turut menggunakan rumus (2), (3), dan (4).

Biaya Lembur 1 Jam = Biaya normal pekerja per jam x 1,5(2)

Biaya Lembur 2 Jam = (Biaya normal pekerja per jam x 1,5) + (1 x biaya normal pekerja per jam x 1,5 x 2) (3)

Biaya Lembur 3 Jam= (Biaya normal pekerja per jam x 1,5) + (2 x biaya normal pekerja per jam x 1,5 x 2) (4)

Perbandingan Waktu dan Biaya Percepatan

Perbandingan waktu dan biaya percepatan menggunakan metode lembur dengan tambahan jam kerja sebanyak 1 jam, 2 jam, dan 3 jam berturut-turut ditampilkan pada Tabel 4, 5 dan 6.

Tabel 4 Waktu dan biaya percepatan dengan lembur 1 jam

Kode	Nama kegiatan	Waktu sebelum percepatan	Waktu sesudah percepatan	Biaya percepatan
AY	<i>Welding shell in- out</i>	22	20	3.600.000
AZ	<i>Welding baffle</i>	12	11	1.980.000
BA	<i>Welding manhole & nozzle</i>	8	7	1.620.000
BB	<i>Welding saddle to shell</i>	7	6	1.080.000
TOTAL		49	44	8.280.000

Tabel 5 Waktu dan biaya percepatan dengan lembur 2 jam

Kode	Nama kegiatan	Waktu sebelum percepatan	Waktu sesudah percepatan	Biaya percepatan
AY	<i>Welding shell in- out</i>	22	18	9.720.000
AZ	<i>Welding baffle</i>	12	10	5.400.000
BA	<i>Welding manhole & nozzle</i>	8	6	3.240.000
BB	<i>Welding saddle to shell</i>	7	6	3.240.000
TOTAL		49	40	21.600.000

Tabel 6 Waktu dan biaya percepatan dengan lembur 3 jam

Kode	Nama kegiatan	Waktu sebelum percepatan	Waktu sesudah percepatan	Biaya percepatan
AY	<i>Welding shell in- out</i>	22	17	15.300.000
AZ	<i>Welding baffle</i>	12	9	8.100.000
BA	<i>Welding manhole & nozzle</i>	8	6	6.300.000
BB	<i>Welding saddle to shell</i>	7	5	4.500.000
TOTAL		49	37	34.200.000

Berdasarkan pada Tabel 4, 5, dan 6, percepatan pekerjaan dilakukan pada pekerjaan *Welding Shell In-Out*, *Welding Baffle*, *Welding Manhole & Nozzle*, serta *Welding Saddle to Shell* dengan total durasi keempat pekerjaan tersebut sebelum percepatan adalah sebesar 49 hari. Total waktu yang dipangkas pada percepatan dengan lembur selama 1 jam adalah sebanyak 5 (lima) hari sehingga waktu setelah percepatannya menjadi 44 hari dengan total biaya percepatan sebesar Rp8.280.000. Total waktu yang dipangkas pada percepatan dengan lembur selama 2 jam adalah sebanyak 9 (sembilan) hari sehingga waktu setelah percepatannya menjadi 40 hari dengan total biaya percepatan sebesar Rp21.600.000. Total waktu yang dipangkas pada percepatan dengan lembur selama 3 jam adalah sebanyak 12 (dua belas) hari sehingga waktu setelah percepatannya menjadi 37 hari dengan total biaya percepatan sebesar Rp. 34.200.000.

Perbandingan Waktu dan Biaya Sebelum dan Sesudah Percepatan

Perbandingan waktu dan biaya sebelum dan sesudah percepatan dapat dilihat melalui Tabel 7.

Tabel 7 Perbandingan waktu dan biaya proyek sebelum dan sesudah percepatan

	Sebelum percepatan	Percepatan		
		1 jam	2 jam	3 jam
Durasi (hari)	150	145	141	138
Total biaya (Rp) ribu	1.502.583	1.510.863	1.524.183	1.536.783

Tabel 7 menunjukkan perbandingan durasi dan total biaya sebelum dan sesudah percepatan. Durasi proyek sebelum percepatan adalah sebesar 150 hari dengan total biaya sebesar Rp1.502.583.000. Durasi proyek setelah dipercepat dengan menambah jam lembur sebanyak 1 jam adalah sebanyak 145 hari dengan total biaya sebesar Rp1.510.863.000. Durasi proyek setelah dipercepat dengan menambah jam lembur sebanyak 2 jam adalah sebanyak 141 hari dengan total biaya sebesar Rp1.524.183.000. Durasi proyek setelah dipercepat dengan menambah jam lembur sebanyak 3 jam adalah sebanyak 138 hari dengan total biaya sebesar Rp1.536.783.000.

Pemilihan Penambahan Jam Lembur Terbaik

Pemilihan penambahan jam lembur terbaik didasarkan pada banyaknya jumlah biaya yang dikeluarkan. Penambahan biaya ini berpatok pada banyaknya jumlah biaya penalti yang dikeluarkan. Biaya penalti yang dikeluarkan adalah sebesar 0,5% per hari dari jumlah harga kontrak. Harga kontrak untuk pembuatan tangki tipe transport dengan ukuran 15 ton ini adalah sebesar Rp1.200.000.000.

Berdasarkan Tabel 8 diketahui bahwa total biaya produksi sebelum percepatan adalah sebesar Rp1.538.583.000. Total biaya produksi setelah dilakukan percepatan dengan menambah jam lembur sebanyak 1 jam adalah sebesar Rp1.543.863.000. Total biaya produksi setelah dilakukan percepatan dengan menambah jam lembur sebanyak 2 jam adalah sebesar Rp1.554.783.000. Total biaya produksi setelah dilakukan percepatan dengan menambah jam lembur sebanyak 3 jam adalah sebesar Rp1.565.583.000. Berdasarkan perhitungan tersebut maka penentuan jam lembur terbaik adalah dengan menambah jam kerja sebanyak 1 jam karena mempunyai nilai total produksi yang lebih rendah dibandingkan dengan penambahan jam lembur 2 jam dan 3 jam yaitu sebesar Rp1.543.863.000.

Tabel 8 Total biaya produksi setelah penambahan biaya penalti

	Target awal (hari)	Terlambat (hari)	Biaya penalti per hari (Rp)	Biaya produksi penyesuaian (Rp)
Sebelum percepatan		60		1.538.583.000
Lembur 1 jam	90	55	600.000	1.543.863.000

Lembur 2 jam	51	1.554.783.000
Lembur 3 jam	48	1.565.583.000

Kesimpulan

Penjadwalan proyek dilakukan dengan menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) untuk mengetahui lintasan kritis dan pekerjaan-pekerjaan kritis yang ada dalam proses pembuatan tangki 15 ton. Hasil penjadwalan proyek menunjukkan lintasan kritis dengan beberapa pekerjaan kritis, dimana pekerjaan kritis yang paling dominan ada pada beberapa pekerjaan pengelasan karena memiliki durasi yang paling lama dibandingkan dengan pekerjaan kritis lainnya. Pekerjaan pengelasan tersebut antara lain adalah *Welding Shell In-Out* dengan durasi 22 hari, *Welding Baffle* dengan durasi 12 hari, *Welding Manhole & Nozzle* dengan durasi 8 hari, serta *Welding Saddle to Shell* dengan durasi 7 hari. Percepatan proyek (*crashing*) dilakukan dengan menambah jam lembur. Penentuan pemilihan jam lembur terbaik dilihat berdasarkan jumlah total biaya penambahan jam lembur yang paling rendah dibandingkan dengan jumlah total biaya penambahan jam lembur yang lain setelah penambahan biaya penalti akibat keterlambatan. Berdasarkan perhitungan tersebut maka penentuan jam lembur terbaik adalah dengan menambah jam kerja sebanyak 1 jam karena mempunyai nilai total produksi yang lebih rendah dibandingkan dengan penambahan jam lembur 2 jam dan 3 jam yaitu sebesar Rp1.543.863.000.

Referensi

- Aritonang, V. S. J. (2021). Perancangan Aplikasi Penjadwalan Produksi Dengan Menerapkan Metode CPM (Studi Kasus: PT. Indojoya Agrinusa Medan). *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika Dan Komputer*, 1(4), 148–153.
- Hapsari, R. K., Azinar, A. W., & Sugiyanto, S. (2018). Rancang Bangun Sistem Produksi dan Persediaan UMKM. *Jurnal Nasional Teknologi Terapan (JNTT)*, 2(1), 179. <https://doi.org/10.22146/jntt.39171>
- Purba, S. A. (2021). Analisis Jaringan Kerja dengan Metode Critical Path Method (CPM) dan Model Program Linier. *Jurnal Absis: Jurnal Pendidikan Matematika dan Matematika*, 4(1), 429–438.
- Sa'adah, N., Iqrammah, E., & Rijanto, T. (2022). Evaluasi Proyek Pembangunan Gedung Stroke Center (Paviliun Flamboyan) Menggunakan Metode Critical Path Method (CPM) Dan Crashing. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 3(2), 55–62. <https://doi.org/10.26740/proteksi.v3n2.p55-62>
- Safitri, E. (2019). Optimasi Penjadwalan Proyek menggunakan CPM dan PDM (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Balai Nikah dan Manasik Haji KUA Kecamatan Kateman Kabupaten Indragiri Hilir). *Jurnal Sains Matematika Dan Statistika*, 5 No. 2(2), 17–25.
- Sulistyo, A. B., Rifki, I., & Gautama, P. (2022). Evaluasi Proyek Fabrikasi Matarbari Unit-02 Dengan Metode Cpm Dan Pert Pt. Dui Esa Unggul. *Jurnal InTent*, 5(1), 14–27.
- Ulfa, S., & Suhendar, E. (2021). Implementasi Metode Critical Path Method Pada Proyek Synthesis Residence Kemang. *Jurnal Optimasi Teknik Industri (JOTI)*, 3(1), 1–6. <https://doi.org/10.30998/joti.v3i1.4167>
- Yuwono, W., Kaukab, M. E., & Mahfud, Y. (2021). Kajian



Metode PERT-CPM dan Pemanfaatannya dalam
Manajemen Waktu dan Biaya Pelaksanaan Proyek.
*Journal of Economic, Management, Accounting and
Technology*, 4(2), 192–214.
<https://doi.org/10.32500/jematech.v4i2.1925>



Kearifan Lokal di Guwosari Pada Pengembangan Lokasi Kampus II UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Syaeful Arief

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ Syaeful.arief@uin-suka.ac.id

Pengembangan universitas tidak boleh mengabaikan kearifan lokal yang berharga yang diwarisi masyarakat lokal. Kearifan lokal terdiri dari adat istiadat dan praktik yang telah berkembang di antara individu-individu tertentu, yang berakar pada pemahaman mendalam mereka terhadap lingkungan lokal yang terakumulasi selama beberapa generasi yang mendiami wilayah tersebut. Oleh karena itu, dalam perluasan UIN Sunan Kalijaga di wilayah Pajangan, aspek-aspek tersebut perlu diperhatikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mendokumentasikan kearifan lokal yang ada di kawasan Guwosari, menekankan pentingnya pelestarian dalam proses pembangunan Kampus II UIN Sunan Kalijaga. Metode penelitian kualitatif digunakan karena kondisi alam dimana penelitian ini dilakukan. Temuan ini mengungkap beberapa warisan kearifan lokal yang bertahan lama, seperti gua Selarong, hutan yang belum terjamah, serta bentang alam dan perairan yang diwariskan selama berabad-abad. Warisan-warisan ini harus dijaga dan dilestarikan, dengan inisiatif pembangunan memberikan perhatian yang cukup terhadap perlindungannya

Kata kunci: Kearifan Lokal, Pengembangan Kampus, Pelestarian

Pendahuluan

Transformasi IAIN menjadi UIN Sunan Kalijaga dari tahun 2004 sampai dengan tahun 2023 telah banyak hal yang dicapai oleh UIN Sunan Kalijaga sebagai sebuah *full flagged university* yang mendapat perluasan mandat dari sebelumnya yang hanya memiliki lingkup Akademik pada bidang keilmuan Islamic Studies. Pengembangan berkelanjutan yang dilakukan oleh UIN Sunan Kalijaga berdampak pada peningkatan kualitas UIN Sunan Kalijaga hingga diganjar dengan akreditasi unggul berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi (BAN-PT) No : 899/SK/BAN-PT/AK-ISK/PT/X/2021 dan menjadi PTKIN pertama yang memperoleh akreditasi tersebut (UIN Sunan Kalijaga, 2021). Tidak hanya itu, pengakuan internasional juga diperoleh dengan 18 prodi di UIN Sunan Kalijaga yang terakreditasi FIBAA (UIN Sunan Kalijaga, 2023). Hal tersebut mengamini peningkatan kualitas UIN Sunan Kalijaga, baik secara nasional maupun internasional.

Secara umum, pengembangan Universitas, harus mempertimbangkan identitas Bangsa Indonesia dan identitas daerah (Normayanti & Zamhari, 2022). Termasuk kearifan lokal (Fajarini, 2014). Kearifan lokal mencakup adat istiadat, karakteristik wilayah, dan kebiasaan lingkungan setempat yang dilestarikan secara turun-temurun (Hidayati, 2017).

Kearifan lokal hanya dimiliki oleh daerah tertentu dan beda dengan daerah lain. Hal ini dapat diakibatkan oleh budaya dan adat istiadat yang dapat dilihat perilaku manusia terhadap lingkungan, termasuk interaksi dengan hewan, tumbuhan, benda, dan lingkungan sekitar (Smith, Mason, & Bowden, 2020). Oleh karena itu, melestarikan kearifan lokal merupakan hal yang sangat penting dalam memajukan bidang pendidikan (Rukiyati & Purwastuti, 2016).

Pembangunan kampus II UIN Sunan Kalijaga di kawasan Guwosari harus mempertimbangkan aspek-aspek tersebut (Buana et al., 2023). Lokasi kampus II UIN Sunan Kalijaga menyimpan peninggalan sejarah dan kearifan lokal, seperti Gua Selarong yang menjadi tempat persembunyian Pangeran Diponegoro (Purnomo, Handoyo, & Kadir, 2023; Wulandari, Fauziah, & Ikhsan, 2023).

Kawasan Guwosari Pajangan Bantul menyimpan banyak peninggalan sejarah dan kearifan lokal. Sehingga perlu melakukan analisis yang mendalam untuk memastikan pengembangan UIN Sunan Kalijaga tidak merusak peninggalan sejarah yang ada dan kearifan lokal yang telah ada. Pembangunan harus dapat menjaga dan meningkatkan potensi yang telah ada di kawasan pembangunan.

Metode

Metode dalam penelitian ini menggunakan Kualitatif karena penelitian dilaksanakan di alamiah (Sugiyono, 2010). Metode penelitian kualitatif sangat cocok untuk mengeksplorasi dan memahami aspek kompleks dan kontekstual dari suatu fenomena atau subjek. Mereka melibatkan pengumpulan dan analisis data non-numerik, seperti wawancara, observasi, dan analisis dokumen, yang memungkinkan peneliti untuk menyelidiki seluk-beluk dan nuansa area penelitian.

Dalam konteks penelitian ini, pendekatan kualitatif memungkinkan peneliti mengkaji kearifan lokal yang ada di kawasan pengembangan Kampus II UIN Sunan Kalijaga secara komprehensif dan mendalam.

Lokasi penelitian yang dipilih, yaitu Guwosari di Pajangan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, memiliki arti penting karena merupakan lokasi yang diperuntukkan bagi pengembangan Kampus II UIN Sunan Kalijaga. Melakukan penelitian di bidang khusus ini memungkinkan dilakukannya penyelidikan terfokus terhadap kearifan lokal yang ada dalam masyarakat dan potensi dampaknya terhadap pengembangan kampus universitas. Dengan membenamkan diri dalam latar lokal, para peneliti bertujuan untuk mendapatkan pemahaman holistik tentang aspek budaya, sosial, dan sejarah yang membentuk kearifan lokal dalam konteks tertentu.

Hasil Kerja

Kawasan kampus 2 UIN dalam skala meso radius 5 km berdekatan dengan pusat kota Bantul dengan kompleks pemerintahannya serta ringroad selatan. kawasan pengembangan kampus 2 UIN dapat diakses oleh jalan utama di sisi timur dan 2 jalan lain di sisi barat dan selatan lahan. Kawasan Kampus 2 UIN dilingkupi oleh permukiman dan kompleks-kompleks perumahan.



Gambar 1 Lokasi Kampus II UIN Sunan Kalijaga, Guwosari, Pajangan, Bantul, DIY

Rencana pembangunan Kampus II UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang berada di Guwosari, Pajangan, Bantul kaya akan warisan budaya dan kearifan lokal yang harus dilestarikan oleh masyarakat sekitar (Buana et al., 2023). Rencana pembangunan kampus II yang diiringi dengan pembukaan prodi baru, yang meliputi Ilmu Kesehatan, Perikanan, Kelautan, Ilmu Keteknikan yang akan berdampak positif terhadap pengembangan masyarakat.

Secara umum, kearifan lokal yang ada di area kampus II UIN Sunan Kalijaga di Guwosari, Pajangan, Bantul yang ditemukan antara lain:

1. Gua Selarong



Gambar2 Lokasi Goa Selarong

Goa Selarong merupakan lokasi persinggahan Pangeran Diponegoro dalam melawan penjajah Belanda pada masa Perang Jawa pada Tahun 1825-1830 (purnomo et al., 2023; Wibowo, sudiarto & Prihantoro, 2023). Pelestarian Gua Selarong ini menjadin hal yang sangat penting. Selain itu Lokasi Gua Selarong juga bersinggungan dengan aliran air. Hal ini semakin menegaskan bahwa perlunya pertimbangan dan perlindungan yang cermat terhadap landmark budaya yang sangat penting ini.

2. Hutan Alami

Kawasan pengembangan kampus II UIN memiliki lanskap eksisting berupa hutan alami dengan kombinasi pepohonan yang heterogen dominasi pohon jati. Pepohonan yang sangat padat menjadikan kawasan pengembangan sebagai sebuah lanskap alami hutan dengan perubahan kontur yang sangat menarik dan harus dipertahankan keunikannya alamnya sebagai sebuah perlindungan terhadap lingkungan dan sebagai pengalaman ruang yang berbeda untuk pengguna kampus.

Keindahan lanskap alami hutan kampus II UIN yang menjadi potensi perlindungan alam. Kanopi hutan yang tinggi dan pepohonan yang menjadi frame pembentuk pandangan ke bentang alam sekitar.



Gambar 3 Hutan Alami Guosari

Hutan Alami merupakan ciri khas yang dapat dilihat pada kawasan Kampus II UIN Sunan Kalijaga. Selain hutan alami, terdapat juga persawahan dan tegalan yang dijadikan lahan pertanian oleh warga (Mulyono, Munibah, & Lahan, 2016). Sebagian besar kawasan ini terdiri dari hutan jati yang menguntungkan secara ekonomi (Irundu, Arafat, & Rahmania, 2018). Hal ini merupakan warisan kearifan lokal yang dapat dimanfaatkan.

3. Akses Alam Material Lokal

Hutan alami yang terdapat di Guwasari mengandung sumberdaya yang melimpah. Salah satunya adalah material yang ada di dalamnya.



Gambar 4 Material Lokal

Material batu banyak ditemukan di dalam area pengembangan. Material ini banyak disusun dengan membentuk sebuah volumetrik kubus yang dimanfaatkan sebagai pembatas, pagar, pijakan, jalan, dinding, dan kaki bangunan. Material batu ini memberikan akses khusus yang bersifat alami terhadap rekayasa fisik yang dibentuk. Akses khusus ini dapat dijadikan sebuah ekspresi arsitektur dalam pengembangan blok bangunan kampus II UIN

4. Badan Air



Gambar 5 Badan Air

BADAN air eksisting menjadi sebuah potensi dalam mengelola air di dalam kawasan pengembangan. Pengelolaan air ini meliputi pembuatan embung yang terintegrasi dengan jaringan badan air eksisting serta pembuatan sumursumur retensi untuk mengurangi *runoff* di dalam kawasan kampus II UIN. Kondisi lahan kampus II UIN yang ada di dataran yang lebih tinggi menyebabkan *run-off* lari ke are sekitar yang lebih rendah. Diharapkan sumur-sumur retensi yang dikembangkan di dalam area kampus dapat mengurangi *run-off* ke area sekitar. Penanganan *run-off* kawasan ini juga didukung dengan pembuatan embung yang selain bertujuan untuk memberikan cadangan air lingkungan, juga dapat menampung air hujan yang cukup banyak.

5. Sumber Air dan Lembah

Sumber daya yang terdapat dalam wilayah pembangunan kampus II UIN Sunan Kalijaga juga terdapat sumber air alami. Sumber air ini juga digunakan oleh warga sekita untuk keperluan sehari-hari.





Gambar 6 Sumber Air dan Lembah

Bentang alam eksisting dari area pengembangan kampus II UIN memiliki keunikan dan keindahan yang tak tergantikan. Bentang alam ini tersusun oleh elemen hutan, air, dan lembah. Masing-masing elemen memberikan sebuah pengalaman ruang alami dan unik sehingga perlu ada pemanfaatan yang juga menjaga kondisi alami dari elemen-elemen tersebut.

6. Reduce, Reuse, Recycle, and Return



Gambar 7 Material Reduce

Kondisi hutan alami dalam area pengembangan kampus II UIN memberikan dampak banyaknya guguran daun dan ranting dari pohon-pohon yang ada pada musim kering. Guguran daun dan ranting ini menjadi sebuah potensi untuk proses composting. Proses ini menjadi sebuah kontribusi terhadap daur material yang lebih hijau dan berkelanjutan yaitu dengan prinsip 3R + 1:

1. Reduce/ mengurangi penggunaan atau konsumsi dari sebuah benda atau sumber daya
2. Reuse/ memanfaatkan kembali sebuah benda atau sumber daya
3. Recycle/ mengolah kembali sebuah benda atau sumber daya agar dapat digunakan dan tidak menjadi sampah
4. And return/ mengembalikan benda atau sumber daya kembali ke alam

Kesimpulan

Lokasi kawasan kampus II UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang terletak di Guwosari, Pajangan, Bantul, DI Yogyakarta kaya akan warisan budaya kearifan lokal. Hal tersebut terbukti bahwa di area tersebut terdapat Goa Selarong, Hutan Alam, sumber air. Selama ini para warga sekitar merawat warisan alam tersebut digunakan untuk sarana berlangsungnya kehidupan.

Ucapan Terima kasih

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmad Nya, saya dapat menyelesaikan karya tulis ini. Penulisan karya tulis ini dilaksanakan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Insinyur pada Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, cukup sulit bagi saya untuk menyelesaikan karya tulis ini. Oleh sebab itu, saya ucapkan terimakasih kepada:

1. Prodi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Unit Pengelola Kegiatan Proyek UIN Sunan Kalijaga
3. Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
4. Dosen Pembimbing, Bapak Tarsisius Dwi Wibawa Budianta.

Penulis menyadari dalam penulisan ilmiah ini masih terdapat kekurangan.

Referensi

- Buana, A. S., Bestari, A. H., Nuladani, A., Sari, V. A., Navida, Z., Amanda, A. E., . . . Giyarsih, S. R. (2023). Preservasi Warisan Budaya Dan Religi Makam Sunan Pandanaran Di Kecamatan Bayat Dalam Meningkatkan Ekonomi Lokal Melalui Sistem Creative Village. *JPG (Jurnal Pendidikan Geografi)*, 10(1), 1-13. doi:10.20527/jpg.v10i1.12879
- Fajarini, U. (2014). Peranan kearifan lokal dalam pendidikan karakter. *SOSIO-DIDAKTIKA: Social Science Education Journal*, 1(2), 123-130. doi:10.15408/sd.v1i2.1225
- Hidayati, D. (2017). Memudarnya nilai kearifan lokal masyarakat dalam pengelolaan sumber daya air. *Jurnal Kependudukan Indonesia*, 11(1), 39-48.
- Irundu, D., Arafat, A., & Rahmania, R. (2018). Nilai Ekonomi Langsung Berbagai Sistem Pengelolaan Hutan Rakyat di Desa Mirring, Kab. Polewali, Sulawesi Barat. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*, 10(1), 185-191. doi:10.24259/jhm.v0i0.3983
- Kačíková, D., Kubovský, I., Ulbriková, N., & Kačík, F. (2020). The impact of thermal treatment on structural changes of teak and iroko wood lignins. *Applied Sciences*, 10(14), 5021. doi:10.3390/app10145021
- Mulyono, J., Munibah, K., & Lahan, S. (2016). Pendekatan location quotient dan shift share analysis dalam penentuan komoditas unggulan tanaman pangan di Kabupaten Bantul. *Informatika Pertanian*, 25(2), 221 - 230.
- Normayanti, F. P., & Zamhari, M. (2022). Pengembangan Watak (Wayang Kertas Kimia) Sebagai Media Pembelajaran Ikatan Kimia Berbasis Pendidikan Karakter Dan Kearifan Lokal Untuk Peserta Didik SMA/MA. *Journal of Tropical Chemistry Research and Education*, 4(1), 10-21. doi:10.14421/jtcre.2022.41-02
- Purnomo, V. D., Handoyo, B. H. C., & Kadir, S. A. (2023). Analysis of the Regional Regulation (PERDA) of Bantul Regency Number 6 of 2022 Regarding the



- Implementation of Village-Owned Enterprises. *Jurnal Sosial, Politik dan Budaya (SOSPOLBUD)*, 2(1), 223-230. doi:10.55927/sospolbud.v2i1.2738
- Rukiyati, R., & Purwastuti, L. A. (2016). Model pendidikan karakter berbasis kearifan lokal pada Sekolah Dasar di Bantul Yogyakarta. *Jurnal Pendidikan Karakter*, 7(1), 130-142. doi:<https://doi.org/10.21831/jpk.v0i1.10743>
- Smith, S. E., Mason, J. C., & Bowden, M. (2020). Local wisdom in regenerative teacher practice. *Australian Journal of Teacher Education*, 45(9), 92-107. doi:abs/10.3316/aeipt.227622
- Sugiyono, S. (2010). *Metode penelitian kuantitatif dan kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- UIN Sunan Kalijaga. (2023). 77 Perguruan Tinggi Ikuti Workshop Akreditasi Internasional FIBAA di Kampus UIN Sunan Kalijaga. Retrieved from <https://uin-suka.ac.id/id/berita/detail/1114/77-perguruan-tinggi-ikuti-workshop-akreditasi-internasional-fibaa-di-kampus-uin-sunan-kalijaga#:~:text=UIN%20Sunan%20Kalijaga%20Yogyakarta%20menjadi,2023%2C%20di%20gedung%20Prof.%20R.H.A.>
- Wibowo, C., Sudiarso, A., & Prihantoro, K. (2023). Analisis Kepemimpinan Pangeran Diponegoro pada Perang Jawa Dalam Menegakkan Kedaulatan Kesultanan Yogyakarta (Ditinjau Dari Teori Seni Perang Sun-Tzu). *Jurnal Kewarganegaraan*, 7(1), 1116-1122. doi:10.31316/jk.v7i1.5205
- Wulandari, N. D., Fauziah, L., & Ikhsan, F. (2023). Strategi pemasaran menuju desa wisata mandiri. *Jurnal cafetaria*, 4(1), 113-119.



Analisis SWOT home industry 'My Dessert Box Jogja' untuk menentukan rencana strategi perusahaan

Yaning Tri Hapsari^{1,2} Pradika Hermawan¹
Lusia Permata Sari Hartanti²

¹ Program Studi Teknik Industri, Universitas PGRI
Yogyakarta

² Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ yaning.yth@upy.ac.id

Strategi yang tepat menentukan suatu perusahaan bertahan dan bersaing di pasar. *Home Industry My Dessert Box* Jogja merupakan Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) di bidang kuliner khususnya makanan penutup (*dessert*). Saat ini, makin banyak industri makanan rumah yang bermunculan, sehingga *My Dessert Box* harus mampu merencanakan strategi perusahaan yang mampu bersaing dalam menghasilkan produk berkualitas dan meningkatkan kepuasan konsumen. Strategi perusahaan dapat ditentukan dengan melakukan analisis internal dan eksternal perusahaan yaitu dengan mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan perusahaan dan kesempatan dan peluang yang ada. Analisis SWOT merupakan metode yang digunakan untuk mengevaluasi *strengths* (kekuatan), *weakness* (kelemahan), *opportunities* (peluang) dan *threats* (ancaman) dalam proyek atau bisnis atau di industri. Tujuan penelitian ini adalah melakukan analisis internal dan eksternal dengan metode SWOT (*Strengths, Weakness, Opportunities, Threats*) untuk merencanakan strategi perusahaan. Berdasarkan matriks SWOT, *My Dessert Box* harus meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan baik dari bahan baku sampai produk siap dikonsumsi. Produk juga harus menampilkan ciri khas yang membedakan dengan produk lainnya. Ciri khas dapat ditampilkan melalui rasa, kemasan, maupun pelayanan yang diberikan. Promosi ditingkatkan dengan memanfaatkan media sosial yang ada dengan menampilkan ciri khas, logo dan *tagline* yang mudah diingat untuk branding bisnis.

Kata kunci: SWOT, strategi, UMKM, pasar

Pendahuluan

Strategi yang tepat menentukan suatu perusahaan bertahan dan bersaing di pasar. Perencanaan strategi Perusahaan biasanya bertujuan untuk mencapai penjualan dan mencapai sasaran pelanggan (Akbar, et al., 2015). Perusahaan harus mampu beradaptasi dengan perubahan lingkungan, baik perubahan di Perusahaan (internal) maupun eksternal (luar Perusahaan). Sianturi (2020) menyatakan bahwa UMKM harus bisa beradaptasi dengan perubahan yang terjadi.

Saat ini banyak industri rumahan yang bermunculan khususnya di bidang kuliner yang menawarkan berbagai jenis makanan. *Home Industry My Dessert Box* Jogja merupakan Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) di bidang kuliner khususnya makanan penutup (*dessert*). Tujuan dari usaha ini yaitu menghasilkan *Dessert Box* yang berkualitas tinggi, dengan rasa premium dan harga yang terjangkau. Serta mengedepankan kepuasan pelanggan dan pelayanan yang baik untuk semua pelanggan. Saat ini, makin banyak industri makanan rumah yang bermunculan, *Dessert Box* harus mampu merencanakan strategi perusahaan yang mampu menghasilkan produk berkualitas dan meningkatkan kepuasan konsumen.

Perusahaan perlu menentukan rencana strategi untuk dapat bersaing dengan usaha lainnya khususnya yang sejenis. Strategi perusahaan dapat ditentukan dengan melakukan analisis internal dan eksternal. Analisis dilakukan dengan mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan perusahaan dan

kesempatan dan peluang yang ada. Tujuan penelitian ini adalah melakukan analisis internal dan eksternal dengan metode SWOT (*Strengths, Weakness, Opportunities, Threats*) untuk merencanakan strategi perusahaan.

Metode

Metode dalam penelitian ini menggunakan analisis SWOT. Analisis SWOT merupakan metode yang digunakan untuk mengevaluasi *strengths* (kekuatan), *weakness* (kelemahan), *opportunities* (peluang) dan *threats* (ancaman) dalam proyek atau bisnis atau di industri (Hossain et al, 2017). Analisis SWOT merupakan alat yang efektif yang dapat digunakan secara efisien untuk menilai mengevaluasi *strengths* (kekuatan), *weakness* (kelemahan), *opportunities* (peluang) dan *threats* (ancaman) pada bisnis (Benzaghta et al., 2021). Kombinasi faktor internal dan eksternal dalam analisis SWOT menunjukkan kinerja perusahaan (Putra, 2017). Analisis SWOT digunakan untuk merencanakan strategi perusahaan yaitu dengan memaksimalkan kekuatan dan peluang serta meminimalkan kelemahan dan ancaman (Astuti dan Ratnawati, 2020).

Analisis SWOT dapat digunakan di berbagai industri seperti di pendidikan, kesehatan, perusahaan skala besar atau skala kecil seperti UMKM. Hossain et al. (2017) menggunakan analisis SWOT di industri pembuatan kapal untuk mencari strategi yang kompetitif dan efisien. Nilashi et al. (2023) menggunakan SWOT di industri kesehatan untuk menganalisis dampak Covid-19 di Malaysia. Hartati dan

Rohim (2016) menggunakan SWOT untuk menentukan strategi organisasi. Hayati et al. (2023) menggunakan prosedur analisis SWOT untuk mengidentifikasi dan mengembangkan strategi yang tepat untuk memperbaiki situasi pada industri batu. Büyüközkan et al. (2021) menggunakan SWOT untuk menganalisis strategi digital transformasi di industri penerbangan. Penelitian ini menggunakan analisa SWOT di *Home Industry My Dessert Box* yang memproduksi makanan penutup untuk menentukan rencana strategi perusahaan dalam menjalankan bisnisnya. Gambar 1 merupakan hasil produksi dari perusahaan.

Gambar 1. Hasil produksi *My Dessert Box*

Pelaksanaan penelitian ini dijelaskan pada Gambar 2. Observasi dilakukan secara langsung dengan mewawancarai pemilik usaha. Hasil dari observasi merupakan data yang akan digunakan untuk diolah dengan analisis SWOT. SWOT yang sudah dibuat kemudian dibuat dalam bentuk matriks SWOT untuk merencanakan strategi perusahaan.



Hasil Kerja

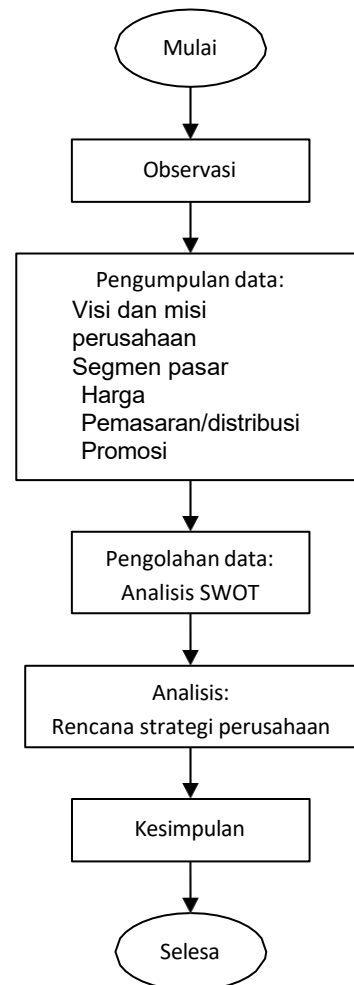
Sebelum melakukan analisis SWOT, diperlukan identifikasi Perusahaan antara lain: visi misi, segmen pasar, harga, pemasaran/distribusi, promosi, dan pelayanan. Berikut ini adalah hasil identifikasi Perusahaan yang dilakukan peneliti.

Visi dan Misi

Perusahaan memiliki visi yaitu menjadikan sebuah usaha kuliner yang selalu menghasilkan produk *My Dessert Box* yang berkualitas tinggi, dengan rasa premium dan harga yang terjangkau serta mengedepankan kepuasan pelanggan dan pelayanan yang baik untuk semua pelanggan.

Misi Perusahaan *My Dessert Box* adalah sebagai berikut.

1. Menghasilkan *Dessert Box* dengan lezat dan nikmat serta ramah kantong.
2. Menciptakan lapangan pekerjaan yang dapat memberikan manfaat bagi masyarakat sekitar.



Gambar 2. Diagram alir metode penelitian

Segmen Pasar

Identifikasi segmen pasar dilihat dari 3 faktor yaitu usia, kelas social dan jenis kelamin. Berikut ini adalah hasil identifikasi pasar dari *My Dessert Box*.

1. Usia
Produk *My Dessert Box* dapat dibeli oleh semua usia, baik dari usia anak-anak, remaja, sampai dewasa/orang tua karena produk yang ditawarkan bukan merupakan produk khusus yang hanya dapat dikonsumsi oleh kalangan tertentu.
2. Kelas sosial
Produk *My Dessert Box* dapat dibeli oleh semua kalangan dari kalangan social bawah hingga keatas. Produk *Dessert Box* ini disajikan bagi kalangan yang menyukai kuliner manis dengan harga terjangkau.
3. Jenis Kelamin
Produk *Dessert Box* tidak hanya ditujukan untuk perempuan atau pria saja, tetapi untuk semua gender/jenis kelamin.

Harga

Penetapan harga yang ditetapkan oleh *My Dessert Box* Jogja berdasarkan ukuran produk (volume). *Dessert Box* dengan harga untuk ukuran 300 ml adalah Rp. 15.000 dan untuk ukuran 500 ml hanya dengan harga Rp.30.000 merupakan kisaran harga yang dapat dikatakan terjangkau. Harga yang

terjangkau membuat produk dapat dibeli oleh semua kalangan.

Pemasaran/Distribusi

Distribusi yang dilakukan oleh *My Dessert Box* Jogja untuk saat ini ialah dengan cara mendistribusikan ke kantin sekolah yang berdekatan dengan lokasi usaha dan pendistribusian dengan berbagai aplikasi seperti contohnya GrabFood, Shoope Food, GoFood. *My Dessert Box* Jogja juga membuka peluang kesempatan bagi yang ingin menjadi *reseller* pada produk tersebut. Serta dengan harapan dapat mendistribusikan *Dessert Box* ini kedalam toko-toko dan supermarket.

Promosi

My Dessert Box Jogja memanfaatkan sosial media seperti Instagram, Facebook, dan Twitter sebagai media promosi untuk memperkenalkan produk *My Dessert Box* dengan lebih luas. Perusahaan juga menerapkan teknik secara offline dengan cara membuka stand di setiap *event-event* besar dan membagi brosur kepada pengunjung yang ada.

Pelayanan

Pelayanan yang diberikan oleh *My Dessert Box* Jogja bagi kepuasan pelanggan ialah dengan cara selalu menggunakan bahan premium dalam pembuatan *My Dessert Box*, mengutamakan kebersihan dan higienisasi dalam proses pembuatan, serta merespon dengan cepat apa yang dibutuhkan konsumen serta masukkan yang diberikan oleh konsumen. Komentar, kritik dan saran dari konsumen dapat disampaikan melalui Whatsapp dan Instagram yang berguna untuk perbaikan produk dan kemajuan perusahaan.

Analisis SWOT

Analisis SWOT disusun berdasarkan identifikasi perusahaan dan observasi serta wawancara dengan pemilik usaha. Analisis SWOT menjelaskan kekuatan dan kelemahan perusahaan serta peluang dan ancaman yang dihadapi perusahaan.

1. Strength

- Dapat dikonsumsi dari anak-anak hingga dewasa, baik pria maupun wanita dan berbagai kelas sosial
- Harga terjangkau
- Promosi melalui brosur, media sosial dan memanfaatkan event besar (membuka stan)
- Distribusi secara langsung dan memanfaatkan aplikasi online
- Pelayanan cepat dan ramah
- Banyak pilihan jenis produk

2. Weakness

- Produk mudah basi jika tidak disimpan di suhu dingin
- Saat ini baru terdapat satu karyawan sehingga kurang bisa memenuhi permintaan yang jumlahnya besar.

3. Opportunities

- Luasnya pangsa pasar
- Perkembangan digitalisasi

4. Threats

- Munculnya pesaing yang menjual produk yang sama
- Harga bahan baku meningkat
Selera masyarakat berubah-ubah.

Strategi Perusahaan

Berdasarkan analisis SWOT yang telah dilakukan penelitian ini bermanfaat bagi perusahaan dalam menentukan strategi perusahaan. Strategi perusahaan dapat digunakan untuk dapat bersaing dengan kompetitor lain. Tabel 1 menjelaskan matriks SWOT yang menghasilkan strategi yang harus dilakukan perusahaan.

Berdasarkan analisis SWOT berikut strategi yang direkomendasikan untuk perusahaan.

1. Strategi S-O

- Membentuk ciri khas produk
Perusahaan belum memiliki ciri khas yang membedakan produknya dengan usaha lain yang sejenis. Ciri khas dapat diberikan pada bentuk produk, kemasan, atau rasa. Ciri khas menonjolkan kekuatan produk yang tidak didapatkan pada produk lain.
- Meningkatkan promosi
Promosi dapat dilakukan dengan mengikuti pameran, brosur, atau media social. Jika terdapat pelanggan yang langsung datang untuk membeli, brosur lebih efektif untuk media promosi. Media social memiliki jangkauan yang lebih luas dari brosur karena dapat menjangkau dimanapun dan kapanpun.
- Meningkatkan dan menjaga kualitas produk dan pelayanan
Selain membuat ciri khas produk, kualitas juga harus tetap dijaga. Pengendalian kualitas dapat dimulai dari bahan baku yang digunakan, tempat menyimpan bahan baku supaya tidak mudah rusak, serta adanya pengecekan saat produk sudah jadi. Penerapan pengendalian kualitas dari awal mampu menjamin produk yang dijual higienis dan dapat dikonsumsi.

Tabel 1. Matriks SWOT

Analisis SWOT	Internal Condition	
	Strengths	Weakness
	1. Dapat dikonsumsi dari anak-anak hingga dewasa, baik pria maupun wanita dan berbagai kelas sosial 2. Harga terjangkau 3. Promosi melalui brosur, media sosial dan memanfaatkan event besar (membuka stan)	1. Produk mudah basi jika tidak disimpan di suhu dingin 2. Saat ini baru terdapat satu karyawan sehingga kurang bisa memenuhi permintaan yang jumlahnya besar

			4. Distribusi secara langsung dan memanfaatkan aplikasi online 5. Pelayanan cepat dan ramah 6. Banyak pilihan jenis produk	
E x t e r n a i C o n d i t i o n	O p p o r t u n i t i e s	1. Luasnya pangsa pasar 2. Perkembangan digitalisasi	Strategi S-O 1. Membentuk ciri khas produk 2. Meningkatkan promosi 3. Meningkatkan dan menjaga kualitas produk dan pelayanan	Strategi W-O 1. Membuat kemasan yang menggambarkan ciri khas produk dan mampu menjaga produk tahan lama (tidak cepat basi) 2. Meningkatkan promosi melalui media sosial (online) dan membuat website 3. Menambah jumlah karyawan
	T h r e a t s	1. Munculnya pesaing yang menjual produk yang sama 2. Harga bahan baku meningkat 3. Selera masyarakat berubah-ubah	Strategi S-T 1. Meningkatkan dan menjaga kualitas produk	Strategi W-T 1. Menjaga kualitas bahan baku

2. Strategi W-O

- Membuat kemasan yang menggambarkan ciri khas produk dan mampu menjaga produk tahan lama (tidak cepat basi)
Produk memiliki kemasan yang didesain sesuai dengan ciri khasnya. Hal ini meningkatkan ketertarikan pelanggan untuk membeli produk. Kemasan disertai dengan logo/gambar serta *tagline* yang mudah diingat oleh pelanggan.
- Meningkatkan promosi melalui media sosial (online) dan membuat website
Promosi produk dilakukan lewat media sosial dan melalui pembuatan website.
- Menambah jumlah karyawan
Penambahan karyawan perlu dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah permintaan. Jika jumlah permintaan kurang stabil, penambahan karyawan dilakukan dengan sistem *freelance*.

Kesimpulan

Analisis SWOT menjelaskan kekuatan dan kelemahan perusahaan serta peluang dan ancaman yang dihadapi perusahaan. Analisis SWOT dapat digunakan untuk menentukan rencana strategi perusahaan sehingga dapat bersaing dengan Perusahaan lainnya. Analisis SWOT mengidentifikasi lingkungan internal dan eksternal perusahaan sehingga menghasilkan rekomendasi strategi yang dapat dipertimbangkan perusahaan dalam menjalankan usahanya. Hal ini didukung oleh Puyt et al. (2023) yang menyatakan bahwa pendekatan SWOT menyediakan proses terstruktur dan partisipatif untuk Menyusun strategi serta memungkinkan penyelarasan dan implementasi strategi dalam organisasi.

Berdasarkan matriks SWOT, strategi yang direkomendasikan untuk *My Dessert Box* antara lain harus meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan baik dari bahan baku sampai produk siap dikonsumsi. Produk juga harus menampilkan ciri khas yang membedakan dengan

produk lainnya. Ciri khas dapat ditampilkan melalui rasa, kemasan, maupun pelayanan yang diberikan. Promosi ditingkatkan dengan memanfaatkan media sosial yang ada dengan menampilkan ciri khas, logo dan *tagline* yang mudah diingat untuk branding bisnis.

Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan melibatkan konsumen sebagai pengguna produk sehingga strategi yang dihasilkan dapat menampung keinginan konsumen. Konsumen diharapkan dapat memberikan saran untuk kemajuan perusahaan. Selain itu, mitra juga perlu dilibatkan dalam Menyusun strategi usaha sehingga strategi yang dihasilkan juga mampu meningkatkan kualitas Perusahaan dan mampu mempererat hubungan dengan mitra bisnis.

Referensi

- Akbar, S.A., Kholil, M., & A. Ria. (2015). Analisa Strategi Pemasaran Terhadap Performance Kerja Dengan Menggunakan Metode Analisis Swot (Studi Kasus : PT. DK). *RATIH*, 1(1), 1-14).
- Astuti, A.M.I. (2020). Analisis SWOT Dalam Menentukan Strategi Pemasaran (Studi Kasus di Kantor Pos Kota Magelang 56100). *Jurnal Ilmu Manajemen*, 17(2), 58-70.
- Benzaghta, M. A., Elwalda, A., Mousa, M. M., Erkan, I., & Rahman, M. (2021). SWOT Analysis Applications: An Integrative Literature Review. *Journal of Global Business Insights*, 6(1), 55-73. <https://www.doi.org/10.5038/2640-6489.6.1.1148>.
- Büyükoçkan, G., Havle, C.A., & Feyzioğlu, O. (2021). An Integrated SWOT Based Fuzzy AHP and Fuzzy MARCOS Methodology for Digital Transformation Strategy Analysis in Airline Industry. *Journal of Air Transport Management*, 97.
- Hartati, M. & Rohim, R. (2016). Perancangan Strategi Pemasaran dengan Menggunakan Metode SWOT di CV. Sekar Sari Roti Pekanbaru. *Jurnal Teknik Industri*, 2(2), 138-147.
- Hayati, M., Mahdevari, S., & Barani, K. (2023). An Improved MADM-Based SWOT Analysis for Strategic Planning in Dimension Stones Industry. *Resources Policy*, 80.
- Hossaina, K.A., Zakariaa, N.M.G., & Sarkar, M.A.R. (2017). SWOT Analysis of China Shipbuilding Industry by Third Eyes. *Procedia Engineering* 194, 241–246.



- Nilashi, M., Abumalloh, R.A., Mohd, S., Azhar, S.N.F.S., Samad, S., Thi, H.H., Alghamdi, OA., & Alghamdi, A. (2023). COVID-19 and Sustainable Development Goals: A bibliometric Analysis and SWOT analysis in Malaysian Context. *Telematics and Informatics*, 76, 1-24.
- Putra, I.G.N.A.B. (2017). Analisis SWOT Sebagai Strategi Meningkatkan Krunggulan Pada UD. Kacang Sari Di Desa Tamblang. *Jurnal Pendidikan Undiksha*, 9(2). 397-407.
- Puyt, R.W., Lie, F.B., & Wilderom C.P.M. (2023). The Origin of SWOT Analysis. *Long Range Planning*, 56, 1-24.
- Sianturi. (2020). Manajemen Pemasaran Menggunakan Analisis SWOT Pada UMKM Guna Meningkatkan Daya Saing UMKM. 1(1), 45-50.



Proyek Konstruksi: Tergambar dan Terbangun Tidak Selalu Sama

Christovel Khosuma

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ christovelkhosuma@gmail.com

Proyek konstruksi adalah proyek yang melibatkan perencanaan dan pelaksana. Dalam satu poin, perencanaan akan mengeluarkan gambar proyek dan pelaksana melaksanakan pembangunan berdasarkan gambar proyek. Namun dalam pelaksanaan, yang tergambar dan terbangun tidak selalu sama. Hal ini dapat disebabkan oleh banyak pertimbangan baik dari sisi klien, perencanaan, maupun pelaksana. Pada akhirnya, yang terpenting adalah keputusan akhir apapun dalam sebuah pelaksanaan konstruksi harus mengedepankan musyawarah untuk mencapai kesepakatan bersama.

Kata kunci:

konstruksi, tergambar, terbangun, perencanaan, pelaksana

Pendahuluan

Menurut sudut pandang penulis, proyek konstruksi adalah proyek yang tergolong ke dalam proyek berisiko tinggi. Risiko tinggi terkait berhasil atau tidaknya rancangan, rencana anggaran, dan manajemen konstruksi. Proyek konstruksi secara luas terdiri dari dua tahap besar yaitu tahap perencanaan dan tahap pelaksanaan.

Tahap perencanaan dilaksanakan oleh konsultan perencanaan. Sedangkan, tahap pelaksanaan dilaksanakan konstruktor atau kontraktor. Adapun konsultan perencanaan secara umum terdiri dari konsultan arsitektur, struktur, mekanikal, elektrik, dan plambing. Pada proyek yang lebih rumit akan membutuhkan lebih banyak tenaga ahli. Namun, pada proyek yang lebih sederhana akan tidak melibatkan seluruhnya. Oleh karena itu, skala dan kerumitan sebuah proyek konstruksi berpengaruh terhadap seberapa banyak tenaga ahli dan timnya yang terlibat.

Tahap pelaksanaan melibatkan konstruktor atau kontraktor. Kontraktor adalah istilah yang lebih umum di masyarakat. Selain istilah kontraktor, pelaksana konstruksi sering disebut juga pemborong. Kontraktor dalam sebuah proyek konstruksi menawarkan paket pekerjaan yang tertuang dalam kontrak menurut kebutuhan klien dan sesuai kapasitasnya.

Dalam lingkup proyek, secara umum kontraktor terbagi dalam dua yaitu *main contractor* dan *sub-contractor*. *Main contractor* memiliki kontrak langsung dengan klien. Sedangkan *sub-contractor* memiliki kontrak langsung dengan *main contractor* untuk membantu dalam pekerjaan yang lebih spesifik.

Dalam artikel ini, penulis akan membahas proyek konstruksi di mana yang tergambar dan yang terbangun tidak selalu sama. Hal ini tentu saja bisa terjadi oleh karena perubahan pertimbangan batasan anggaran pada saat proyek berjalan, hasil pemikiran bersama lintas disiplin ilmu, ataupun keadaan tidak terduga lainnya.

Metode

Metode yang digunakan dalam penulisan artikel ini adalah dengan melakukan studi preseden yang dikategorikan berdasarkan prinsip desain arsitektur dalam buku berjudul Vitruvius: The Ten Books on Architecture (Morgan, 1914). Vitruvius membagi prinsip desain arsitektur menjadi 3 (tiga) yaitu firmitas, venustas, dan utilitas. Firmitas berbicara tentang kekuatan, venustas berbicara tentang keindahan atau estetika, dan utilitas berbicara tentang fungsi (Citizendium, 2018).

Sebagai catatan, dalam penulisan artikel ini tidak membedah buku dan ketiga prinsip di atas secara filosofis, namun menggunakan bahasa yang sederhana sebagai indikator untuk menganalisa. Ketiga prinsip ini sudah sangat lazim diterapkan dalam proyek konstruksi.

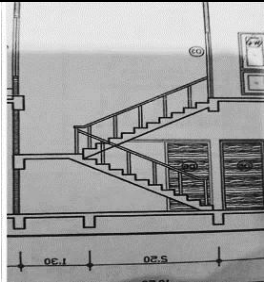
Kekuatan

Kekuatan pada sebuah bangunan akan terkait dengan elemen struktural antara lain kolom, balok, dan pondasi. Kolom menahan dan mendistribusikan beban bangunan secara vertikal, balok menahan dan mendistribusikan beban bangunan secara horizontal, dan pondasi menerima beban dari kolom dan balok paling bawah yang disebut sloof untuk diteruskan ke dalam tanah. Jika menggunakan plat lantai cor, kuda-kuda pada rangka atap, dan elemen struktural lainnya, maka seluruhnya diperhitungkan sebagai beban struktur dan bagian dari kekuatan bangunan (Ochshorn, 2020).

Berikut adalah hasil analisa berdasarkan studi preseden dan pengamatan langsung terkait sinkron atau tidaknya antara gambar dan hasil kerja di lapangan dalam ranah pembahasan kekuatan atau firmitas bangunan.



Tabel 1 Kekuatan Bangunan: Tergambar dan Terbangun

	Tergambar	Terbangun
1		
Sumber		
https://www.boredpanda.com/funny-architecture-construction-fails/		https://www.boredpanda.com/funny-architecture-construction-fails/
Analisa		
Tergambar tangga dari posisi potongan namun notasi material yang menerangkan mana yang terpotong dan tidak pada gambar kurang jelas. Menurut pengamatan dan pengalaman penulis, tangga yang tergambar adalah tangga beton cor monolit karena menjadi satu kesatuan dengan balok dan plat lantai. Secara kekuatan, terlihat ketebalan rencana pengecoran cukup proporsional dan masuk akal. Tergambar juga pegangan tangga atau railing. Berikutnya adalah di atas bordes tangga tidak ada bukaan apapun baik jendela maupun lobang untuk penghawaan alami.		Pada foto terbangun, material yang digunakan adalah beton cor. Namun, tangga tidak bisa diakses karena terjadi tumpang tindih antara tangga dari lantai bawah ke bordes, dan separuhnya lagi dari bordes ke lantai berikutnya. Di sini, terjadi kegagalan pemahaman bordes dan secara kekuatan, terlihat adanya inkonsistensi ketebalan pengecoran antara separuh tangga dan selebihnya. Selanjutnya, terdapat dua bukaan besar yang tidak tergambar. Di sini penulis memiliki keraguan apakah tergambar dan terbangun adalah proyek yang sama karena perbedaan yang fatal dan unik namun menarik untuk dicermati.
2		
Sumber		
abcnews4.com/news/local/charleston-controversial-cell-tower-unseemly-or-a-new-canvas-for-local-artists		abcnews4.com/news/local/charleston-controversial-cell-tower-unseemly-or-a-new-canvas-for-local-artists
Analisa		
Tergambar melalui <i>rendered image</i> sebuah menara seluler. Proporsinya terlihat tinggi dan ramping dan pelingkup komponen kelistrikan secara skalatis sub dominan atau tidak terlalu mendominasi seluruh desain. Penggunaan material reflektif terlihat jelas pada seluruh bagian pelingkup komponen kelistrikan. Secara kekuatan, struktur vertikal		Pada hasil konstruksi, terlihat skala dan proporsi berbeda signifikan terhadap gambar desain. Secara kekuatan, dari sudut pandang logika struktur ini lebih baik karena penampang yang bertumpu di atas tanah lebih luas. Namun, terlihat gambar dan hasil terbangun tidak sinkron. Model pelingkup terbagi menjadi tiga bagian dengan celah di

	semakin membesar ke bawah sesuai dengan logika gravitasi yang terberat adalah yang terbawah karena menopang dirinya dan seluruh di atasnya.	antaranya. Ini bisa dibahas juga dari segi fungsi apakah untuk tambahan penghawaan karena panas dari komponen kelistrikan.
3		
Sumber		
id.pinterest.com/pin/294000681897054336/		id.pinterest.com/pin/294000681897054336/
Analisa		
Tergambar bangunan dengan bentuk organik berselubungkan <i>curtain wall</i> kaca dari fasia depan. Berikut bentuk kolom penopang terlihat menyerupai ranting pohon. Kolom di sini bisa berfungsi sebagai kolom dekoratif ataupun struktural. Jika struktural, maka secara kekuatan harus bisa menerima beban dari seluruh ranting jika tidak memiliki ranting utama. Jika dekoratif, maka kolom tidak berfungsi menerima dan mendistribusikan beban dikarenakan bangunan pasti memiliki kolom struktural lain yang tidak terlihat.		Bangunan cukup berbeda dengan gambar. Terlihat lebih mengotak dengan kolom ranting yang pipih. Kolom ranting yang dimaksud terlihat bukan struktural karena proporsi ranting satu sama lain dan terhadap plat lantai yang ditopang tidak sebanding. Dengan bentuk tipikal seperti ini, lazim digunakan kolom dan balok grid. <i>Curtain wall</i> kaca pada bagian atas sebagian ditiadakan dan dijadikan dinding masif

Sumber : Rangkuman dan Analisa Penulis

Melalui tabel di atas, dapat ditarik beberapa hal penting terkait kekuatan atau firmitas bangunan. Pada saat tergambar, maksud dan tujuan struktural harus disampaikan dengan jelas. Keterangan, notasi, ukuran, dan legenda gambar harus disampaikan sehingga dapat dibangun dengan pemahaman yang sama. Mengorbankan estetika dan fungsi mungkin tidak berhubungan langsung dengan keselamatan nyawa, namun struktur sangatlah terkait. Jadi ketika satu elemen struktur tidak jadi diterapkan maka harus segera digantikan dengan elemen struktur yang lain dengan standar minimal yang setara.

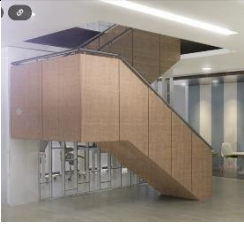
Estetika

Estetika adalah unsur utama yang membedakan bangunan dan arsitektur. Arsitektur adalah bentuk dari sebuah karya seni (Wikipedia). Hal mendasar yang membentuk sebuah arsitektur yang baik adalah skala dan proporsi. Skala adalah ukuran relatif dari suatu benda dan proporsi adalah hubungan antar benda tersebut (Jabal, 2021). Contoh sederhana untuk menjelaskan skala dan proporsi adalah ukuran tinggi sebuah alas duduk pada kursi pasti dirancang lebih rendah dibandingkan posisi meja pada sebuah ruang makan keluarga. Jika ukuran kedua benda tersebut terbalik, maka kita akan merasa ada yang kurang tepat atau tidak masuk akal. Kursi dan meja secara terpisah menjelaskan skala. Sedangkan kursi dan meja pada ruang makan menjelaskan proporsi. Selanjutnya jika ditelusuri lebih teknis maka pemilihan bentuk, warna, tekstur dan corak material juga akan secara signifikan berpengaruh pada estetika.



Berikut adalah hasil analisa berdasarkan studi preseden dan pengamatan langsung terkait sinkron atau tidaknya antara gambar dan hasil kerja di lapangan dalam ranah pembahasan estetika atau venustas bangunan.

Tabel 2 Estetika Bangunan: Tergambar dan Terbangun

	Tergambar	Terbangun
1		
Sumber		
www.behance.net/gallery/35746491/Render-VS-Reality		www.behance.net/gallery/35746491/Render-VS-Reality
Analisa		
Pada gambar hasil render menggunakan material motif kayu berwarna coklat muda dengan aksesoris pemisah vertikal antar modul. Aksesoris pemisah adalah teknik yang lazim digunakan untuk meningkatkan estetika tanpa mengeluarkan dana yang besar		Pada waktu terbangun, dinding atau railing tangga tidak berwarna coklat muda lagi tapi coklat tua. Aksesoris pemisah vertikal ditiadakan dan kesan horizontal sangat kuat.
2		
Sumber		
metalcasas.com/en/render-reality/		metalcasas.com/en/render-reality/
Analisa		
Tergambar sebuah rumah tinggal dengan atap coklat kemerahan dan didominasi kusen kayu. Jika lebih detail, terlihat aksesoris grid di dalam kusen yang membagi kaca menjadi beberapa bagian kecil. Garis pembagi kaca jauh lebih tipis daripada tebal kusen jendela.		Foto terbangun menunjukkan perubahan warna material atap menjadi coklat tua. Kemudian kusen masih terlihat konsisten namun pembagi kaca lebih tebal. Begitu pula kusen secara umum lebih tebal dibandingkan gambar.
3		
Sumber		
www.opespartners.co.nz/new-builds/renderers-vs-reality		www.opespartners.co.nz/new-builds/renderers-vs-reality
Analisa		

Pada gambar tidak terlihat sebuah pintu untuk memasuki rumah karena dirancang untuk berjalan melalui taman terlebih dahulu. Berikut warna material pada dinding bangunan menggunakan motif kayu dengan warna coklat muda.	Pada foto terbangun, pintu secara langsung terlihat pada fasia depan. Dengan ini menjelaskan bahwa pengunjung atau penghuni tidak harus memutar melalui taman untuk masuk ke dalam rumah. Berikut dinding menggunakan warna yang lebih gelap dengan motif coklat tua.
---	---

Sumber : Rangkuman dan Analisa Penulis

Melalui tabel di atas, dapat ditarik beberapa hal penting terkait estetika bangunan. Pada saat tergambar, nilai seni sang perancang akan muncul dan detail. Di lain sisi, pada tahap konstruksi hal-hal bersifat estetika akan bertabrakan dengan dana untuk membangun, perubahan selera klien, pengawasan di lapangan, dan pekerja yang mengerjakan bagian tersebut. Beberapa faktor tersebut akan signifikan berpengaruh pada dikerjakan atau tidaknya bagian bernilai seni tersebut karena jika tidak dikerjakan pun bangunan akan tetap berdiri dan sesuai jadwal.

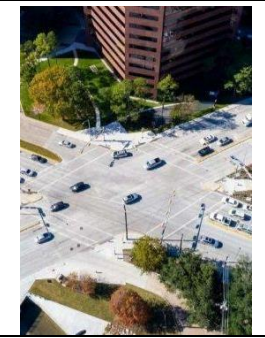
Fungsi

Bangunan dapat diklasifikasikan berdasarkan fungsinya dan dibagi dalam banyak kategori seperti tempat tinggal, bangunan keagamaan, gedung pemerintahan, ruang produksi, sarana pendidikan, fasilitas hiburan dan masih banyak lagi (Citizendium, 2018). Di Indonesia bangunan memiliki klasifikasi sendiri seperti yang diatur dalam UU No. 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung dan Peraturan Pemerintah RI No. 16 Tahun 2021 Tentang Pelaksanaan Undang-Undang No. 28 Tahun 2022 tersebut. Secara umum, bangunan memiliki fungsi utama sebagai pelindung aktivitas manusia dan secara spesifik, bangunan memiliki fungsi berdasarkan tujuan dibangun dan klasifikasi aktivitas yang diwadahi.

Berikut adalah hasil analisa berdasarkan studi preseden dan pengamatan langsung terkait sinkron atau tidaknya antara gambar dan hasil kerja di lapangan dalam ranah pembahasan fungsi atau utilitas bangunan.

Tabel 3 Fungsi Bangunan: Tergambar dan Terbangun

	Tergambar	Terbangun
1		
Sumber		
https://www.strongtowns.org/journal/2022/1/7/renderings-vs-reality-a-roundup-of-2021s-most-egregious-development-illustrations		https://www.strongtowns.org/journal/2022/1/7/renderings-vs-reality-a-roundup-of-2021s-most-egregious-development-illustrations
Analisa		

	Pada gambar render fasia depan toko didominasi kaca dan aksesoris portal pengarah berulang di plafon terlihat berbentuk datar. Secara fungsi dan tujuan pembangunan untuk mengundang sebanyak mungkin pengunjung. Kesan terbuka dan luas menghilangkan batasan antara outdoor dan indoor sehingga pengunjung akan merasa lega dan tertarik untuk berkeliling pada seluruh etalase atau toko	Pada saat terbangun terkesan lebih banyak dinding ketimbang kaca. Berikut aksesoris portal pengarah berulang di plafon berbentuk tidak serupa satu dengan yang lain karena tidak lagi datar. Secara fungsi dan tujuan pembangunan terjadi peningkatan keamanan dan privasi pemilik atau penyewa etalase atau toko. Dengan ini pengawasan keamanan akan lebih mudah. Namun, kesan lega dan lapang akan sedikit dikorbankan terkecuali pada waktu operasional masih bisa dibuka seluruhnya.
2		
Sumber		
https://architizer.com/blog/inspiration/stories/green-rendering-versus-reality/		https://architizer.com/blog/inspiration/stories/green-rendering-versus-reality/
Analisa		
Pada ilustrasi melalui gambar terlihat sebuah desain taman kota yang asri dan berkontur. Fungsi taman kota tentu saja sebagai paru-paru kota atau sumber oksigen yang baik dan tempat berkumpulnya orang untuk datang, melihat pemandangan, jalan pagi, dan menghirup udara segar.		Pada foto terbangun terlihat benar adanya kontur taman yang berlapis-lapis namun tidak asri dan hijau seperti pada ilustrasi gambar. Terlihat juga jalan menanjak buatan dengan pegangan besi. Secara fungsi, orang bisa berkunjung untuk jalan pagi namun untuk melihat pemandangan dan menghirup udara segar sepertinya butuh waktu sampai tanaman ditanam, tumbuh, dan menjadi asri.
3		
Sumber		
https://www.strongtowns.org/journal/2022/1/7/renderings-vs-reality-a-roundup-of-2021s-most-egregious-development-illustrations		https://www.strongtowns.org/journal/2022/1/7/renderings-vs-reality-a-roundup-of-2021s-most-egregious-development-illustrations
Analisa		
Tampak permainan tekstur dan warna material pada <i>hardscape</i> dan <i>softscape</i> dalam diorama rancangan ruas kota. Ada pembagian jalur pejalan kaki, kendaraan, rerumputan yang hijau, dan kanal atau sungai.		Hasil terbangun, terdapat beberapa perbedaan, antara lain jalur pejalan kaki atau pedestrian yang kurang dominan. Berikut tingkat penghijauan dan jalur kendaraan pada sisi selatan

Pembagian jalur ini memiliki fungsi untuk penataan ruas kota yang lebih rapi dan mengurangi kesemerawutan lalu lintas.	terlihat berbeda dengan penataan awal pada ilustrasi gambar perencanaan.
--	--

Sumber : Rangkuman dan Analisa Penulis

Melalui tabel di atas, dapat ditarik beberapa hal penting terkait fungsi bangunan. Fungsi bangunan secara umum adalah klasifikasi bangunan yaitu rumah tinggal, pusat perbelanjaan, tempat ibadah, dan lain sebagainya. Sedangkan secara khusus, bangunan berfungsi sebagai sumber udara segar, tempat berjalan santai, menikmati pemandangan, dan lain sebagainya. Di lain sisi, hasil konstruksi memperlihatkan beberapa pengurangan, penundaan ataupun substitusi fungsi. Hal ini tentu saja berdasarkan pertimbangan dan kesepakatan antar pihak terkait dalam proyek seperti tingkat urgensi, tingkat kepentingan, dan anggaran yang disisihkan untuk pemenuhan fungsi seperti yang sudah digambarkan.

Kesimpulan

Dalam proyek konstruksi, gambar dan hasil pekerjaan di lapangan tidak selalu sama. Banyak faktor yang menyebabkan itu terjadi seperti yang sudah diuraikan oleh penulis. Yang terpenting adalah keputusan akhir apapun dalam sebuah pelaksanaan konstruksi harus mengedepankan musyawarah untuk mencapai kesepakatan bersama. Banyak orang, banyak ide, dan mungkin banyak konflik namun tetap satu tujuan demi berhasilnya sebuah proyek konstruksi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Suratno Lourentius, MS., IPM. sebagai Pembimbing dalam penulisan artikel ini dan kepada Bapak Dr. Ir. Ivan Gunawan, S.T., M.MT., CSCM., IPM., ASEAN Eng. selaku Ketua Progam Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya serta pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Referensi

- Aljabal, Wafa (2021). Scale and Proportion in Design, diunduh dari <http://collage.com.bh/scale-proportion-design-2/>. com/read/ 2014/11/24/07430087/ pada 29 November 2023.
- Ferrucho, Daniel (2016). Render vs. Reality, diunduh dari <https://www.behance.net/gallery/35746491/Render-VS-Reality> pada 27 November 2023
- Fisher, Lauren (2022). Renderings vs. Reality: A Roundup of 2021s Most Egregious Development Illustrations, diunduh dari <https://www.strongtowns.org/journal/2022/1/7/renderings-vs-reality-a-roundup-of-2021s-most-egregious-development-illustrations> pada 26 November 2023
- Grayson, Conley (2023). Charleston's controversial cell tower: Unseemly or a new canvas for local artists?, diunduh dari <https://abcnews4.com/news/local/charlestons-controversial-cell-tower-unseemly-or-a-new-canvas-for-local-artists> pada 27 November 2023



- Korolkovaite, Inga (2016). 78 Architects Who Had One Job And Still Failed, diunduh dari <https://www.boredpanda.com/funny-architecture-construction-fails/> pada 27 November 2023
- Mimar, Ravidosu. Render-Reality, diunduh dari <https://id.pinterest.com/pin/294000681897054336/> pada 27 November 2023
- Moger, Laine (2023). Renders vs Reality – What Happens If Your New Build Doesn't Look Like The Pictures?, diunduh dari <https://www.opespartners.co.nz/new-builds/renderers-vs-reality> pada 26 November 2023
- Ochshorn, Jonathan (2020) Structural Elements for Architects and Builders. Independent Publishing
- Peraturan Pemerintah RI No. 16 Tahun 2021 tentang Pelaksanaan Undang-Undang No. 28 Tahun 2022 tentang Bangunan Gedung
- Undang-Undang No. 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung
- Wang, Tian. Do Urban Forests Only Grow in Renderings?, diunduh dari <https://architizer.com/blog/inspiration/stories/green-rendering-versus-reality/> pada 26 November 2023
2023. Architecture, diunduh dari <https://en.wikipedia.org/wiki/Architecture> pada 29 November 2023
2023. Rendering vs Reality, diunduh dari <https://metalcasas.com/en/render-realidad/> pada 27 November 2023
2018. Architecture, diunduh dari <https://en.citizendium.org/wiki/architecture> pada 29 November 2023