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



ISSN 2987-677X

PROSIDING - Seminar Praktik Keinsinyuran II 2023 - Kontribusi Insinyur Indonesia Dalam Sustainable Development Goals (SDG)

ISSN 2987-677X

PROFESI INSINYUR
Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

PROSIDING

Seminar Praktik Keinsinyuran II

Surabaya, 10 Juni 2023



Seminar Praktik Keinsinyuran II

Kontribusi Insinyur Indonesia Dalam Sustainable Development Goals (SDG)

PROSIDING SEMINAR PRAKTIK KEINSINYURAN II

TEMA

KONTRIBUSI INSINYUR INDONESIA DALAM SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOAL (SDG)

PENANGGUNG JAWAB

Ketua Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

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

TIM REVIEWER

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

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

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

TIM EDITOR

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

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

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

PANITIA

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

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

Sekretaris : Veronika Desi Adriarni, S.Sos.

Sie Acara:

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

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

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

KEYNOTE SPEAKER

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

No. ISSN : 2987-677X

Penyelenggara : Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Tanggal : 10 Juni 2023

PRAKATA TIM EDITOR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa. Prosiding yang berisi makalah-makalah yang dipresentasikan dalam Seminar Praktik Keinsinyuran II dengan Tema: Kontribusi Insinyur Indonesia Sustainable Development Goal (SDG) 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 II hingga prosiding dapat diterbitkan. Kami juga mohon maaf apa apabila banyak kekurangan dalam editing Prosiding Seminar Praktik Keinsinyuran II ini.

Surabaya, 15 Juni 2023.

TIM EDITOR

SAMBUTAN KETUA PANITIA

Kami mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memperkuat keinsinyuran kita pada Seminar Praktik Keinsinyuran II yang bertema: "KONTRIBUSI INSINYUR INDONESIA DALAM SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOAL" yang diselenggarakan oleh Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Kami mengucapkan selamat datang kepada para mahasiswa Program Studi Profesi Insinyur Angkatan ke-5. Seminar ini merupakan media untuk publikasi dan diseminasi hasil-hasil penelitian dan studi kasus dari praktik keinsinyuran kita. Pada kesempatan ini, kami menyampaikan terima kasih kepada Dekan Fakultas Teknik beserta jajarannya yang telah memberikan dukungan penuh bagi terselenggaranya Seminar Praktik Keinsinyuran II ini. Kami juga berterima kasih kepada keynote speaker, para pemakalah, seluruh panitia yang telah membantu dan berpartisipasi untuk kesuksesan pelaksanaan Seminar Praktik Keinsinyuran II ini. Terima kasih sebesar-besarnya kepada seluruh peserta semiar 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, 10 Juni 2023
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 II ini mengangkat tema KONTRIBUSI INSINYUR INDONESIA DALAM SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOAL. Inisiatif *S*ustainable Development Goal ini bertujuan menjaga 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. Oleh karena itu, kontribusi Insinyur menjadi sangat penting dalam memberikan sumbangsih ide, pemikiran, dan tenaga guna mendukung percepatan tercapainya 17 sustainable development goal yang telah ditetapkan oleh United Nation.

ISSN 2987-677X

DAFTAR ISI

DEWAN REDAKSI ..... **i**

PRAKATA TIM EDITOR ..... **ii**

SAMBUTAN KETUA PANITIA ..... **iii**

SINOPSIS..... **iv**

DAFTAR ISI ..... **v-vi**

Analisis Faktor-faktor Penghambat *Procurement* (Studi Kasus pada salah satu Universitas Negeri di Kota Malang Tahun 2019)..... 1-5

Desain dan Metode Implementasi *Computer Based Inventory System* (CBIS) Peralatan Kesehatan di Puskesmas pada Proyek *Sector Programme Health* di Provinsi Nusa Tenggara Timur..... 6-10

Prioritas Penerapan Fasilitas-fasilitas Bangunan Stasiun Kereta Api Madiun berdasarkan Standar Pelayanan Minimum serta Fasilitas dan Aksesibilitas..... 11-17

Perbaikan Kapasitas Penyaringan Bubur Tahu yang Ideal menggunakan *Cardiovascular Load*..... 18-20

Praktik Keinsinyuran Dalam Profesi Auditor Internal Pemerintah Provinsi Jawa Timur..... 21-26

Peningkatan *Softskill* Kegiatan Kokurikuler Bagi Taruna Teknologi Elektro Perkeretaapian 27-30

Introduction to Resistive Random Access Memory: The Benefits, Mechanisms, and Performance Measures 31-34

Optimasi Penjadwalan Kegiatan Pemeliharaan Jaringan Irigasi Bago Di Kabupaten Jember Menggunakan *Microsoft Project Manager 2019*..... 35-39

Peningkatan Kegiatan Ketahanan Pangan Berkelanjutan Dengan Menggunakan Energi Terbarukan Di Kampoeng Oase Ondomohen, Surabaya, Jawa Timur..... 40-44

Penilaian Kinerja Das Kemuning Kabupaten Sampang Pada Aspek Tata Air..... 45-50

Pengendalian Jamur *Tilletia sp*. Pada Kulit Gandum *(Triticum aestivum)* Dengan *Heat Treatment* Pada *Blowing Line*..... 51-54

Rehabilitasi Bendung Dan Jaringan Irigasi Di Sono Kabupaten/Kota Madiun..... 55-61

Analisis Kinerja Operasional Sistem Angkutan Penyeberangan Lintas Ketapang – Gilimanuk..... 62-66

Kajian Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Program Hibah Air Minum (HAM) Kementerian PUPR Tahun Anggaran 2022 Di Provinsi Sulawesi Tenggara..... 67-70

Perancangan Gambar Teknik dan Penentuan Proses Fabrikasi *Ducting* AC pada PT. X.... 71-77

Uji Kadar Aspal Dalam Campuran (Ekstraksi): Urgensi Post Audit Dan Tindak Lanjutnya (Studi Kasus Pada Pemeliharaan Rutin Jalan Ruas Jalan Ir. Soekarno – Batu (Link. 192,16k) Cs.)..... 78-84

Studi Potensi Bendungan di Wilayah Sungai Bali-Penida..... 85-89

 ISSN 2987-677X

Persiapan Fasilitas Produksi pada Instalasi Pipa Kondensat: Studi Kasus di PT XYZ..... 90-94

Kelayakan Eksplorasi Komoditas Tambang di Sungai Rejali di Lumajang..... 95-102

Analisa Kebutuhan Sarana Perkeretaapian Pada Lintas Tallo-Soreang Sulawesi Selatan... 103-106

Sistem *Monitoring Physical Distancing* Pada Fasilitas Umum Sebagai Upaya Pencegahan Penularan Covid-19..... 107-112

Studi Perencanaan Sumur Resapan Guna Mengurangi Genangan Di Daerah Perkotaan (Studi Kasus Kelurahan Tulusrejo Kecamatan Lowokwaru Kota Malang)..... 113-118

Rekayasa Pengendalian Banjir Sub DAS Bengawan Jero Di Kabupaten Lamongan..... 119-123

Rancang Bangun Media Pembelajaran K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) Berbasis *Augmented Reality* 124-128

Konektivitas Zona Pendidikan (PPI Madiun), Zona Wisata Madiun (Pecel Land) Dan Jalur Eksisting Jalur Kereta Api Lintas Selatan Jawa 129-132

Surface Mount Technology in Printed Circuit Board Assembly: Advantages, Problems, and Its Prevention..... 133-136

Comparative Study Model of Time Efficiency in Boarding and Disembarking a Plane..... 137-141

Desain Pemanfaatan Bahan Peledak *Expired* dan *Failur* Menggunakan Metode *Sloping* dan *Molding* Berperspektif *Fast* Dan *Hiradc*..... 142-145

Estimasi Usia Layan Rel dan Rencana Pergantian Rel Pada Wilayah Daop 4 Semarang..... 146-150

Metode Pembongkaran Pier dan *Abutment* Jembatan Mengger *Existing* DK 140+500..... 151-155

Desain dan Pembuatan Alat Bantu Pelepasan dan Pemasangan *Gear Coupling* Traksi Motor Tipe DKOBZ 0610-41 Pada Sarana LRT Sumatera Selatan..... 156-160

Unplanned Downtime pada mesin *Corrugator Peters* di PT. Tjiwi Kimia Tbk..... 161-164

Pengukuran Kinerja Sistem Irigasi pada Daerah Irigasi Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur dengan Aplikasi EPAKSI..... 165-170

Penerapan Innovasi Sistem Pembelajaran Pelatihan Bagi Aparatur Sipil Negara (ASN) Kementerian Perhubungan Berbasis *E-Learning*..... 171-175

Perencanaan IPAL Terintegrasi dan Jaringan Perpipaan Air Limbah Kawasan Industri Batang..... 176-182

Penerapan TPM Untuk Efektivitas Mesin Dengan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) Sebagai Alat Ukur di PT XYZ..... 183-191

Pengoptimalan Proses Bisnis Beras di UD. Hasil Bumi Kediri..... 192-196

Prospek Profesi Insinyur Dalam Bidang *Marketing Engineering*..... 197-199

ISSN 2987-677X

Analisis Faktor-faktor Penghambat *Procurement* (Studi Kasus pada salah satu Universitas Negeri di Kota Malang Tahun 2019)

Pinanggih Estu W, Kiki Kurniawan

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ pinanggih.ew@um.ac.id

✉ kurniawankiki036@gmail.com

Dalam keberlangsungan hidup suatu instansi atau perusahaan, salah satu bentuk kegiatan yang penting untuk dilakukan adalah *Procurement*/Pengadaan Barang/Jasa. Apabila Pengadaan Barang/Jasa mengalami hambatan, maka akan berdampak pada terganggunya kegiatan operasional perkantoran dan pelayanan pada instansi terkait. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis dan mengetahui faktor-faktor yang menjadi penghambat proses *Procurement*/Pengadaan Barang/Jasa. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian deskriptif-kualitatif dengan mengambil subjek penelitian pada pelaksana Pengadaan Barang/Jasa di Unit Layanan Pengadaan pada salah satu Universitas Negeri di Kota Malang. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada Tahun 2019 terdapat 48 paket pekerjaan yang mengalami hambatan atau 27,59% dari total paket pengadaan. Sedangkan 123 paket pekerjaan atau 70,69% tidak mengalami hambatan dan 3 paket pengadaan atau 1,72% tidak terisi. faktor-faktor yang menjadi hambatan adalah 1) Pada tahap penetapan kebutuhan, pengguna kesulitan menentukan barang/jasa yang dibutuhkan; 2) RUP terlambat diumumkan sehingga Pokja/Pejabat pengadaan tidak memiliki dasar untuk melaksanakan pengadaan; 3) Adanya kesulitan dalam menentukan metode pengadaan; 4) penerima hasil pekerjaan mengalami hambatan dalam menetapkan pemenuhan spesifikasi barang yang dikirim dengan dokumen kontrak.

Kata kunci: pengadaan barang/jasa, keterlambatan pengadaan barang/jasa, faktor-faktor penyebab keterlambatan

Pendahuluan

Kebutuhan akan barang dan jasa dapat dipastikan setiap tahun akan terjadi disetiap satuan kerja pemerintah, termasuk Universitas. Setiap tahun anggaran untuk kegiatan *procurement*/pengadaan barang dan jasa yang dilakukan baik melalui mekanisme tender atau dilakukan secara langsung oleh pejabat pengadaan tetap dilakukan untuk menunjang operasional perkantoran dan upaya peningkatan pelayanan baik akademik maupun non-akademik.

Pengadaan Barang dan Jasa merupakan suatu kegiatan untuk memperoleh barang dan jasa yang dimulai dari proses perencanaan kebutuhan sampai dengan selesainya semua kegiatan untuk memperoleh barang dan jasa dengan memanfaatkan sumber daya yang ada secara efektif dan efisien agar tercapainya tujuan pengadaan secara baik, dengan menerapkan kriteria 6 T yaitu: tepat mutu, tepat waktu, tepat harga, tepat prosedur, tepat jenis dan tepat jumlah.

Pada pelaksanaannya di lapangan, tidak semua pengadaan dapat dilakukan sesuai dengan perencanaan yang telah dilakukan, tetapi tidak jarang juga ditemui kendala yang menyebabkan proses pengadaan menjadi terhambat. Salah satu contoh hambatan adalah misalnya pada produk barang yang diskontinu sehingga tidak dapat ditemukan di pasaran, maka diupayakan untuk mengganti dengan produk lainnya yang harus memiliki kualitas yang setara dengan yang direncanakan. Contoh lainnya adalah terkadang unit kerja mengalami kesulitan dalam melakukan identifikasi barang/jasa yang dibutuhkan sehingga menyebabkan usulan pengadaan menjadi terlambat dan tidak dilakukan sesuai jadwal yang telah ditetapkan.

Dengan begitu kompleksnya proses *procurement*/pengadaan barang dan jasa pemerintah ini dan berdasarkan fakta di lapangan bahwa seringnya terjadi permasalahan-permasalahan pengadaan yang memiliki potensi besar menyebabkan adanya gangguan operasional dan pelayanan pada instansi penulis, maka penulis mengambil judul pada makalah ini adalah **"Analisis Faktor-faktor Penghambat *Procurement* (Studi Kasus pada salah satu Universitas negeri di Kota Malang Tahun 2019)"**. Harapan penulis pada makalah ini dapat disajikan faktor-faktor yang menjadi hambatan pelaksanaan pengadaan di instansi penulis sehingga dapat menjadikan perbaikan demi tercapainya pengadaan yang efektif dan efisien sesuai yang peraturan yang berlaku.

 ISSN 2987-677X

Hasil Kerja

Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dengan tema terkait menunjukkan masih adanya hambatan-hambatan dalam pelaksanaan pengadaan barang dan jasa pemerintah. Wahyuningsih (2013) melakukan penelitian mengenai Implementasi Pengadaan Barang Dan Jasa Pemerintah Pada Kantor Badan Pemberdayaan Perempuan, Anak, Masyarakat Dan Keluarga Berencana (BP2AMKB) Provinsi Kalimantan Barat. Hasil dari penelitian ini menunjukan bahwa, pengadaan barang dan jasa yang dilaksanakan masih belum optimal dikarenakan belum terealisasinya pelaksanaan pengadaan melalui Penunjukan Langsung sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan pelaksanaannya. Ika (2013) melakukan analisis pengadaan barang dan jasa di Pemkot Sukabumi, Pemkot Bogor dan LKPP. Hasil penelitian menunjukkan meskipun dapat menghasilkan efisiensi tetapi masih ditemukan hal-hal yang tidak sesuai dengan prinsip-prinsip pengadaan dan kinerja pengadaan harus ditingkatkan.

Nurchana (2014) melakukan penelitian mengenai Efektivitas E-Procurement Dalam Pengadaan Barang/Jasa (Studi terhadap Penerapan E-Procurement dalam Pengadaan Barang/Jasa di Kabupaten Bojonegoro). Hasil penelitian yang telah diperoleh adalah penerapan e-procurement dalam pengadaan barang/jasa di Kabupaten Bojonegoro kurang berjalan efektif atau dapat dikatakan belum mencapai tujuan secara maksimal. Hal ini ditunjukkan dengan adanya satu tujuan yang belum dicapai secara maksimal, yaitu peningkatan persaingan usaha yang sehat. Hidayat (2015) melakukan penelitian tentang Penerapan e-Procurement Dalam Proses Pengadaan Barang Dan Jasa Pemerintah Guna Mendukung Ketahanan Tata Pemerintahan Daerah (Studi pada Unit Layanan Pengadaan Barang dan Jasa Pemerintah Kabupaten Penajam Paser Utara Provinsi Kalimantan Timur). Hasil penelitian menunjukkan penerapan prinsip e-procurement di Kabupaten Penajam Paser Utara secara umum sudah berjalan sesuai peraturan yang berlaku namun masih terdapat beberapa kendala dalam penerapannya, yakni kelembagaan ULP, Infrastruktur, dan SDM.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dilakukan, maka penulis berusaha untuk mencari faktor-faktor yang menjadi penyebab terhambatnya kegiatan pengadaan di instansi penulis.

Kajian Pustaka

Menurut Peraturan Presiden Nomor 16 Tahun 2018 tentang Pengadaan Barang dan Jasa mempunyai arti bahwa pengadaan barang dan jasa adalah kegiatan pengadaan barang/jasa oleh kementrian/lembaga/perangkat daerah yang dibiayai oleh APBN/APBD yang prosesnya sejak identifikasi kebutuhan, sampai dengan serah terima hasil pekerjaan. Dalam Peraturan Presiden Nomor 16 Tahun 2018, Pengadaan Barang/Jasa meliputi 4 (empat) jenis, yaitu:

1. Pengadaan Barang adalah setiap benda baik berwujud maupun tidak berwujud, bergerak maupun tidak bergerak, yang dapat diperdagangkan, dipakai, dipergunakan atau dimanfaatkan oleh Pengguna Barang.

2. Pekerjaan Konstruksi adalah keseluruhan atau sebagian kegiatan yang meliputi pembangunan, pengoperasian, pemeliharaan, pembongkaran, dan pembangunan kembali suatu bangunan.

3. Jasa Konsultasi adalah jasa layanan profesional yang membutuhkan keahlian tertentu diberbagai bidang keilmuan yang mengutamakan adanya olah pikir.

4. Jasa Lainnya adalah jasa non-konsultasi atau jasa yang membutuhkan peralatan, metodologi khusus, dan/atau keterampilan dalam suatu sistem tata kelola yang telah dikenal luas di dunia usaha untuk menyelesaikan suatu pekerjaan.

Jika dilihat dari tujuannya, dalam Peraturan Presiden Nomor 16 Tahun 2018 disebutkan bahwa pengadaan memiliki 8 tujuan, yaitu:

a) menghasilkan barang/jasa yang tepat dari setiap uang yang dibelanjakan, diukur dari aspek kualitas, kuantitas, waktu, biaya, lokasi, dan penyedia;

b) meningkatkan penggunaan produk dalam negeri;

c) meningkatkan peran serta Usaha Mikro, Usaha Kecil, dan Koperasi;

d) meningkatkan peran Pelaku Usaha nasional;

e) mendukung pelaksanaan penelitian dan pemanfaatan barang/jasa hasil penelitian;

f) meningkatkan keikutsertaan industri kreatif;

g) mewujudkan pemerataan ekonomi dan memberikan perluasan kesempatan berusaha; dan

h) meningkatkan Pengadaan Berkelanjutan

Dalam pelaksanaannya, pengadaan harus menerapkan beberapa prinsip yang telah diatur dalam Perpres No. 16 Tahun 2018. Prinsip-prinsip tersebut antara lain:

a) Efisien

Maksud dari prinsip efisien dalam pengadaan barang/jasa yaitu pengadaaan dilaksanakan dengan menggunakan biaya dan juga sumber daya yang minimum untuk mencapai hasil dan sasaran yang maksimal.

b) Efektif

Prinsip efektif dalam pengadaan barang/jasa dimaksudkan bahwa barang/jasa yang dihasilkan dalam pengadaan harus memberikan manfaat yang setinggi-tingginya.

c) Transparan

Prinsip transparan dalam pengadaan yaitu memberikan informasi mengenai pengadaan barang/jasa kepada calon peserta yang berpartisipasi dalam pengadaan barang/jasa dan juga masyarakat pada umumnya.

d) Terbuka

Prinsip terbuka artinya pelaksanaan pengadaan barang/jasa terbuka atau dapat diikuti oleh penyedia barang/jasa yang telah memenuhi kriteria atau persyaratan sesuai dengan prosedur dan ketentuan yang ada.

e) Bersaing

Maksud dari prinsip bersaing adalah pelaksanaan pengadaan barang/jasa pemerintah harus dilakukan dengan persaingan yang sehat antara penyedia barang/jasa, sehingga barang/jasa yang diperoleh dapat terhindar dari kecurangan dan juga praktik KKN (Korupsi, Kolusi, dan Nepotisme).

f) Adil

Prinsip adil artinya perlakuan yang diberikan kepada semua calon penyedia barang/jasa sama atau secara adil. Sehingga pelaksanaan pengadaan menciptakan persaingan yang sehat tanpa memberikan keuntungan kepada pihak manapun dengan alasan apapun.

 ISSN 2987-677X

g) Akuntabel

Prinsip akuntabel memiliki artian bahwa pelaksanaan pengadaan barang/jasa harus dilaksanakan dengan mencapai tepat sasaran baik fisik, keuangan maupun manfaat sesuai dengan ketentuan dan peraturan terkait pengadaan barang dan jasa.

Pengertian Pelaksanaan berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah proses, cara, perbuatan melaksanakan suatu rancangan, keputusan dan sebagainya. Pelaksanaan adalah suatu tindakan atau pelaksanaan dari sebuah rencana yang sudah disusun secara matang dan terperinci, implementasi biasanya dilakukan setelah perencanaan sudah dianggap siap.

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia kata hambatan diartikan sebagai halangan; rintangan. Hambatan lebih cenderung bersifat negatif karena dapat menimbulkan gangguan pada kegiatan yang dilaksanakan. Pada dasarnya terdapat dua kemungkinan munculnya hambatan, yaitu faktor internal dan faktor eksternal.

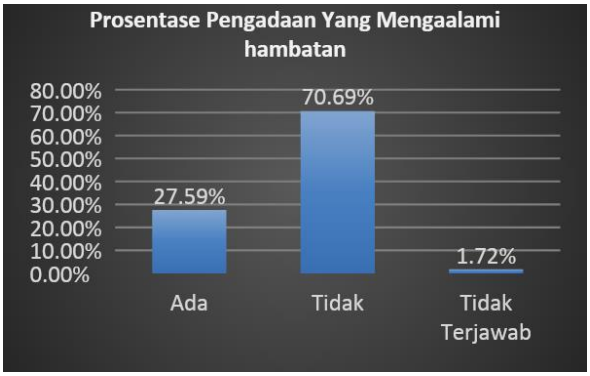
Tabel 1 Beberapa Faktor Penghambat Pengadaan

Hambatan	Sumber Rujukan
Kurangnya pengetahuan dan kecakapan memakai program dalam pengadaan barang/jasa	(Prihastuti, 2014)
Pengangkatan PPK, Pejabat Pengadaan/Pokja yang kurang kompeten dan kurang memenuhi persyaratan	(Elvita, 2017),
Organisasi yang belum siap melaksanakan pengadaan barang/jasa	(Dyah et al.,2019)
Perencanaan kegiatan/pekerjaan tidak sesuai dengan kebutuhan	(Elvita, 2017)
Dokumen perencanaan (DED) yang tidak memadai	(Dyah et al.,2019)
Perubahan aturan pengadaan barang/jasa	
Perubahan biaya kebutuhan anggaran	(Elvita, 2017)
akibat kenaikan harga yang tidak terprediksi	(Reza et al., 2021)

Metodologi Penelitian

Metode yang penulis gunakan pada makalah penelitian ini adalah kombinasi studi literasi dan studi kasus. Pengumpulan data dilakukan melalui kajian pustaka, observasi dan wawancara dengan pihak terkait. Responden dari penelitian ini adalah pihak-pihak yang terkait dalam pelaksanaan pengadaan barang dan jasa yaitu meliputi Kelompok Kerja Unit Layanan Pengadaan, anggota LPSE 2019 dan Perencana. Hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk deskriptif kualitatif untuk menunjukkan faktor-faktor yang menjadi hambatan pelaksanaan pengadaan di unit instansi penulis.

Hasil dan Pembahasan



Gambar 1 Prosentase pengadaan yang mengalami hambatan

Berdasarkan kuisioner yang penulis kirimkan, dari 174 paket pekerjaan pada Tahun 2019 di unit Rektorat terdapat 48 paket pekerjaan yang mengalami hambatan atau 27,59% dari total paket pengadaan. Sedangkan 123 paket pekerjaan atau 70,69% tidak mengalami hambatan dan 3 paket pengadaan atau 1,72% tidak terisi karena dilaksanakan di unit lain.

Berdasarkan wawancara didapatkan beberapa faktor hambatan antara lain:

a. Analisis belum dilakukan sesuai kebutuhan unit tetapi berdasarkan kebiasaan yang telah dilakukan sebelumnya. Analisis umumnya hanya mengikuti arahan pimpinan atau berdasarkan data internet.
b. Petugas dan pegawai mengalami mutasi sehingga dalam perencanaan terkadang mengalami kendala
c. Petugas mengalami permasalahan beberapa barang yang diskontinu di lapangan sedangkan penggantinya belum ditentukan
d. Kesulitan dalam menentukan spesifikasi teknis barang tanpa menyebut merk yang diinginkan. Misal PC dengan spesifikasi tertentu hanya dimiliki oleh merk tertentu pula, sedangkan penyebutan merek tidak boleh dilakukan
e. Terdapat pengajuan yang belum diumumkan dalam RUP dan tidak dilengkapi dengan Kerangka Acuan Kerja (KAK)
f. Kurangnya integritas pihak-pihak yang terlibat dalam pengadaan.
g. Sulit memaketkan pekerjaan karena masih terdapat perbedaan persepsi antar pejabat pengadaan dan unit. Pemaketan ini akan berpengaruh pada metode pengadaan dan penyedia yang nantinya akan dilibatkan.
h. Rencana Umum Pengadaan sering terlambat diumumkan sehingga penyedia terlambat mengetahui informasi terkait paket pekerjaan.
i. Kesulitan untuk menentukan spesifikasi dan HPS untuk barang-barang yang tidak umum misalnya peralatan laboratorium. Konsekuensi dari kesulitan ini adalah spesifikasi barang yang telah terlanjur ditetapkan dapat mengarah pada barang diskontinu.
j. Anggaran yang berubah pada tengah waktu berjalan

 ISSN 2987-677X

k. Pada tahap evaluasi penyedia, pokja sering mengalami kesulitan dalam mengevaluasi tender. Pokja cenderung manggurkakan sistem gugur dan jarang sekali menggunakan sistem nilai maupun sistem biaya selama umur ekonomis. Kesulitan utama yang dihadapi oleh Pokja dalam memverifikasi tender dengan sistem nilai adalah menentukan kriteria dan bobot penilaian setiap objek pengadaan terutama untuk pekerjaan konstruksi.
l. Barang dan jasa yang dikirimkan tidak sesuai dengan spesifikasi
m. Keterlambatan penyelesaian kontrak akibat beberapa faktor
n. Penerima barang kurang memahami prosedur penerimaan barang dan tidak melakukan pemeriksaan secara teliti terhadap barang yang diterimanya

Kesimpulan

Berdasarkan uraian di atas maka dapat disimpulkan terkait faktor-faktor yang menjadi hambatan adalah:

1. Pada tahap penetapan kebutuhan, pengguna kesulitan menentukan barang/jasa yang dibutuhkan karena kurangnya pengetahuan mengenai barang yang diperlukan terutama barang yang tidak umum seperti peralatan laboratorium atau peralatan teknologi canggih yang keberadaanya berubah dengan cepat, sehingga peluang terjadinya kekeliruan dalam menetapkan spesifikasi dan harga barang cukup tinggi.
2. Sering terlambat menetapkan RUP sehingga Pokja/Pejabat pengadaan tidak memiliki dasar untuk melaksanakan pengadaan.
3. Adanya kesulitan dalam menentukan metode pengadaan.
4. Pada tahap penerimaan barang, penerima hasil pekerjaan mengalami hambatan dalam menetapkan pemenuhan spesifikasi barang yang dikirim dengan dokumen kontrak, sehingga besar kemungkinan barang yang diterima tidak sesuai dengan spesifikasi atau barang yang dikirim tidak sesuai permintaan.

Saran yang diberikan oleh peneliti antara lain:

1. Perlunya peningkatan kapasitas SDM yang tepat bagi para pejabat pengadaan barang dan jasa melalui Bimtek/Diklat/Kursus khususnya dalam pelaksanaan pengadaan barang dan jasa.
2. Menerapkan seluruh proses pengadaan barang/jasa sesuai regulasi yang berlaku
3. Penguatan pengawasan internal

Ucapan Terima kasih

Pada akhirnya, peneliti dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik. Bukan karena usaha peneliti sendiri, melainkan karena banyak pihak yang turut membantu dan mendukung penelitian yang peneliti lakukan ini. Oleh karena itu, peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Tuhan Yesus Kristus, yang selalu menyertai apapun yang peneliti lakukan, termasuk jalannya penelitian ini, yang selalu memberikan kekuatan lebih dari apapun, hikmat dan anugerah yang diberikan kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.
2. Bapak, Ibu, dan seluruh keluarga, atas dukungan moral, kekuatan, motivasi, dan doa yang telah diberikan dari awal perkuliahan di program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya hingga saat ini.
3. Dr. Ir. Ivan Gunawan, S.T., M.MT., CSCM., IPM., ASEAN Eng. Selaku Ketua Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya yang telah banyak memberikan arahan dan pertolongan.
4. Dr. Ir. Suratno Lourentius, MS. IPM. selaku pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dengan tulus.

Referensi

Jurnal

Dyah Lintang Trenggonowati dan Nur Atmi Pertiwi (2017) analisis penyebab risiko dan mitigasi risiko dengan menggunakan metode *House of Risk* (HOR)

Hidayat, Rahmat. 2015. Penerapan e-Procurement Dalam Proses Pengadaan Barang Dan Jasa Pemerintah Guna Mendukung Ketahanan Tata Pemerintahan Daerah (Studi pada Unit Layanan Pengadaan Barang dan Jasa Pemerintah Kabupaten Penajam Paser Utara Provinsi Kalimantan Timur). Jurnal Ketahanan Nasional Vol 21 Nomor 2 Tahun 2015.

Elvita Darma (2017) berjudul Analisis manajemen risiko dan pengendalian intern pada pengadaan jasa konstrksi (studi kasus pengadaan jasa konstruksi pada SKPD di lingkungan Pemerintah Provinsi Sumatera Barat).

Wahyuningsih, Sri Eti. 2013. Implementasi Pengadaan Barang Dan Jasa Pemerintah Pada Kantor Badan Pemberdayaan Perempuan, Anak, Masyarakat Dan Keluarga Berencana (BP2AMKB) Provinsi Kalimantan Barat. Jurnal Tesis PMIS-UNTANPSIAN-2013.

Nurchana, Arindra Rossita Arum. 2014.Efektivitas E-Procurement Dalam Pengadaan Barang/Jasa (Studi terhadap Penerapan E-Procurement dalam Pengadaan Barang/Jasa di Kabupaten Bojonegoro). Jurnal Administrasi Publik (JAP), Vol. 2, No. 2, Hal. 355 -359.

Lestari, B. A., & Jennah, L. M. 2018. “Tinjauan Perubahan Kebijakan Pengadaan Barang Dan Jasa Pemerintah Dalam Perpres Nomor 16 Tahun 2018”. Jurnal Administrasi Dan Manajemen, Vol. 9 No.1, 10–20

 ISSN 2987-677X

Lestyowati, Jamila. 2018. Analisis Permasalahan E-Purchasing dalam Pengadaan Barang dan Jasa Satuan Kerja. Simposium Nasional Keuangan Negara.

Peraturan Perundang-undangan

Peraturan Presiden Nomor 16 Tahun 2018 tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah (Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 33)

Peraturan Presiden Nomor 12 Tahun 2021 tentang Perubahan atas Peraturan Presiden Nomor 16 Tahun 2018 tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah.

Peraturan Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah Nomor 12 Tahun 2021 tentang Pedoman Pelaksanaan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah Melalui Penyedia.

ISSN 2987-677X

Desain dan Metode Implementasi *Computer Based Inventory System* (*CBIS*) Peralatan Kesehatan di Puskesmas pada Proyek *Sector Programme Health* di Provinsi Nusa Tenggara Timur

Agustinus Prasetyo Edy Wibowo, Suratno Lourentius

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ agustinus@ppi.ac.id, suratno.lourentius@ukwms.ac.id

Proyek *Sector Programme Health* (*SPH*), dengan konsultan *EPOS Health Consultants-Germany* di Provinsi Nusa Tenggara Timur, Indonesia memberikan solusi inovatif ramah lingkungan yaitu Sistem Informasi Pemantauan Peralatan Kesehatan atau dikenal dengan *Computer Based Inventory System* (*CBIS*). *CBIS*-Puskesmas diterapkan pada seluruh Puskesmas yang ada di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) dan menghasilkan laporan rekapitulasi peralatan kesehatan pada tingkat provinsi dari *database* peralatan kesehatan di setiap puskesmas termasuk Puskesmas Pembantu (pustu) dan Pondok Bersalin Desa (Polindes). *Database* dari Puskesmas dikirim dengan media pengiriman menggunakan *USBdisk*/*FlashDisk*/*Harddisk*/Email selanjutnya database tersebut digabungkan menjadi satu ke program *CBIS-DHO* di Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota. Sistem informasi dengan metode pengiriman *file* dan penggabungan *database* ini dinilai cocok dengan kondisi geografis maupun sumber daya yang tersedia di seluruh Puskesmas Provinsi NTT.

Kata kunci: *CBIS*, *database*, manajemen, *inventory*

Pendahuluan

Kerjasama Keuangan (*Financing Agreement*) antara Republik Federasi Jerman melalui Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) dengan Pemerintah Republik Indonesia tanggal 19 Januari 2005 No. 2003.66.401 dan Perjanjian Terpisah (*Separate Agreement*) tanggal 19 Januari 2005 menjadi dasar pelaksanaan *Sector Programme Health* (*SPH*) oleh *EPOS Health Consultants-Germany* di Indonesia. *SPH* merupakan proyek G2G antara Pemerintah Republik Indonesia dengan Pemerintah Jerman, yang bertujuan untuk meningkatkan pelayanan kesehatan dasar masyarakat di Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) dan Nusa Tenggara Timur (NTT) melalui penyediakan peralatan Kesehatan Dasar, untuk meningkatkan kemampuan baik Petugas Puskesmas maupun Petugas Kabupaten/Kota dalam melaksanakan inventarisasi peralatan kesehatan, meningkatkan kemampuan Petugas *Physical Asset Management* (*PAM*) tingkat Kabupaten untuk dapat melaksanakan pemeliharaan peralatan Kesehatan (Direktorat Bina Kesehatan Anak, 2009) . Melalui proyek ini, Pemerintah Jerman memberikan bantuan berupa peralatan kesehatan untuk Puskesmas dan Puskesmas Pembantu (Pustu), manajemen inventarisasi peralatan kesehatan dan pelatihan bagi *trainners* Dinas Kesehatan Kabupaten/ Kota/ Provinsi serta operator sistem informasi berbasis komputer di seluruh puskesmas Provinsi Nusa Tenggara Timur (Hill, 2014).

Data *Sampling Survey dan Confirmation Survey* yang dilakukan oleh EPOS di Puskesmas se-Nusa Tenggara Barat pada kurun tahun 2006-2007, menunjukkan bahwa peralatan kesehatan yang sangat dibutuhkan tidak tersedia, atau kalaupun tersedia namun dalam jumlah yang tidak mencukupi atau dalam kondisi yang kurang optimal; sebaliknya, peralatan yang tidak dibutuhkan menumpuk dan tersebar di area Puskesmas dan terus disuplai baik oleh Kabupaten/Kota ataupun dari pihak-pihak penyedia lainnya. Hampir seluruh Puskesmas tidak mempunyai *database* yang menyimpan catatan tentang peralatan yang mereka miliki, di mana peralatan disimpan, siapa yang menggunakannya, bagaimana kondisinya, kapan peralatan tiba, dan servis apa saja yang diperlukan, laporan inventaris dikerjakan secara manual tersebut tidak selalu lengkap dan mutakhir. Belum tersimpannya informasi dalam basis data, menimbulkan beberapa masalah antara lain: waktu pengolahan data, data yang sama atau kembar, dan membutuhkan tempat penyimpanan data yang memakan tempat. Untuk meningkatkan *preventive maintenance* pada peralatan perlu pengelolaan data yang baik (Firmansyah et al., 2022) karena peralatan yang rusak dan tidak dapat digunakan selain mengurangi kualitas layanan terhadap masyarakat juga menjadi potensi limbah yang menyebabkan gangguan lingkungan di sekitar puskesmas.

Proyek *SPH*, *EPOS Health Consultants-Germany* di Provinsi NTT, Indonesia memberikan solusi inovatif yang dapat mengurangi penggunaan kertas dan lebih ramah lingkungan yaitu dengan merancang dan mengembangkan suatu Sistem Informasi Pemantauan Peralatan Kesehatan atau dikenal dengan *Computer Based Inventory System* (*CBIS*). Sistem berbasis komputer ini, digunakan dalam pengelolaan dan manajemen peralatan kesehatan mulai dari tingkat Puskesmas, Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota sampai dengan Dinas Kesehatan Provinsi. *CBIS-Puskesmas* diterapkan pada seluruh puskesmas yang ada di provinsi NTT dan menghasilkan *database* peralatan kesehatan di setiap puskesmas termasuk Puskesmas Pembantu (Pustu) dan Pondok Bersalin Desa (Polindes). *Database* tersebut, kemudian dikirimkan dan digabungkan pada *CBIS-Distric*

 ISSN 2987-677X

Health Office (CBIS-DHO) tingkat Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota yang menghasilkan laporan *database* peralatan pada tingkat kabupaten/kota. *Database CBIS-DHO* dari setiap Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota selanjutnya dikirimkan ke Dinas Kesehatan Provinsi dan digabungkan menjadi satu ke dalam *CBIS-Province Health Office* (*CBIS-PHO*), sehingga dapat diperoleh laporan *database* rekapitulasi peralatan kesehatan pada tingkat Provinsi.

Metode

Pengembangan sistem inventarisasi peralatan kesehatan *CBIS*-Puskesmas dilaksanakan menggunakan model *Waterfall* dengan pendekatan alur secara berurutan melalui tahap-tahap sebagai berikut: proses analisis, proses desain, proses pengkodean, proses pengujian dan tahap penerapan serta tahapan pemeliharaan (adminl2pm, 2022). Selain itu, pengembangan sistem *CBIS-DHO* di tingkat kabupaten/kota maupun *CBIS-PHO* di tingkat provinsi menggunakan metode prototipe sehingga analis, perancangan dan pengembangannya langsung dapat dilakukan sebelum pengembangan sistem *CBIS*-puskesmas selesai (Kholili et al., 2022).

Hasil Kerja

Perancangan dan pengembangan Sistem Inventarisasi Peralatan Kesehatan (*CBIS*)

Dalam perancangan dan pengembangan sistem informasi diawali dengan menganalisis kebutuhan pengguna serta faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi, baik dari sisi fungsi, operasional maupun pada saat penerapannya. Kebutuhan informasi di setiap puskesmas ataupun puskesmas pembantu terkait data peralatan kesehatan dasar yang mutakhir diperlukan untuk mengetahui: jenis alat, lokasi, kondisi dan jumlah peralatan yang dilaporkan secara berkala setiap tahunnya kepada Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota. Kegiatan pengumpulan data dan pelaporan ini merupakan hal yang berat untuk dilaksanakan secara kontinu dan tepat waktu, hal ini dikarenakan ketersediaan sumber daya manusia yang terbatas. Yang paling gawat adalah data yang dilaporkan tersebut sering tidak *up-to-date* karena untuk meng-*update* ratusan alat secara menyeluruh memerlukan waktu dan ketekunan. Kondisi tersebut tidak bisa dihindari karena selama ini Pegawai puskesmas memfokuskan dalam memberikan pelayanan kesehatan kepada masyarakat sebagai tugas utama. Laporan dari sejumlah 394 puskesmas direkapitulasi oleh masing-masing Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota yang tersebar di 21 Kabupaten dan 1 Kota. Selanjutnya, laporan rekapitulasi tingkat Kabupaten/Kota tersebut dilaporkan ke Dinas Kesehatan Provinsi Nusa Tenggara Timur.

Kondisi-kondisi yang ada pada wilayah kerja Dinas Kesehatan Provinsi Nusa Tenggara Timur, Kabupaten/kota, maupun Puskesmas antara lain:

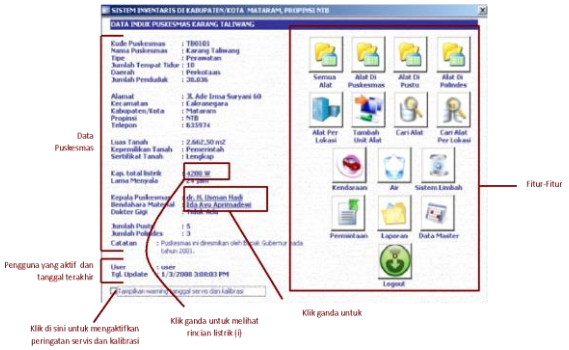
1. Kondisi geografis dan lokasi Puskesmas, Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota di wilayah Provinsi NTT yang sangat beragam;
2. Ketersediaan Sumber Daya Manusia sebagai pengelola sistem yang belum tersedia;
3. Kesiapan Infrastruktur pendukung seperti: ketersediaan sarana komputer, listrik pada siang hari maupun jaringan telekomunikasi yang belum memadai;
4. Ketersediaan sarana transportasi baik darat/laut/ udara dari puskesmas ke ibu kota Kabupaten/Kota serta dari Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota ke ibu kota provinsi melum memadai;
5. Peraturan perundangan yang menjadi pedoman dalam penyusunan Laporan Puskesmas dan Dinas Kesehatan yang mutakhir dan reliabel belum tersedia.

Dengan memahami kebutuhan pengguna serta mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, maka rancangan pengembangan sistem dan *database* dibuat supaya dapat diterapkan dan digunakan, maka dilakukan pendekatan dengan menyesuaikan situasi dan kondisi geografis puskesmas yang berbeda-beda. Penyusunan paket program rancangan *database* menggunakan Microsoft Office Access 2003 karena memiliki fleksibilitas tata kelola baik secara *offline* dan mobilitas file *database* dinilai dapat mengatasi kesulitan akses transportasi ke ibu kota Kabupaten/Kota, jaringan listrik maupun telekomunikasi yang sangat terbatas, dan paket program tersebut relatif lebih mudah untuk dipelajari bagi pemula. Penerapan sistem informasi menggunakan *database* Access ini diharapkan dapat mewujudkan konsep kemandirian nasional berkelanjutan yaitu pengelolaan data oleh puskesmas dapat tetap berlanjut, diteruskan oleh pegawai generasi berikutnya meskipun proyek bantuan sudah selesai.

CBIS-Puskesmas (*Computer Based Inventory System*) adalah sistem inventarisasi peralatan kesehatan berbasis komputer yang dikembangkan, diterapkan dan dijalankan pada tingkat puskesmas. *CBIS*-Puskesmas digunakan untuk melakukan inventarisasi peralatan kesehatan di puskesmas termasuk Pustu dan Polindes yang berada pada wilayah kerja puskesmas. Perangkat keras yang dibutuhkan untuk mengoperasikan paket program perlu memiliki spesifikasi minimum sebagai berikut:

- Processor: Pentium III 450 MHz;
- Memory: RAM 256 MB;
- Tempat kosong di Harddisk: 20MB;
- Sistem Operasi: Windows 2000/XP + MS Office 2003.

CBIS Puskesmas dijalankan di komputer yang tidak terhubung ke jaringan (berdiri sendiri). Sistem ini menyediakan beberapa informasi dan fungsi antara lain: data induk puskesmas, pengelolaan alat di puskesmas, pustu dan polindes dan pelaporan seperti disajikan pada gambar 1.



Gambar 1 Tampilan Menu Utama *CBIS* Puskesmas

Mengingat jumlah puskesmas yang ada di provinsi NTT cukup banyak dan untuk memudahkan penerapan oleh

 ISSN 2987-677X

pelatih dari kabupaten/kota, maka *CBIS Organizer* menyiapkan file instalasi untuk mempermudah pengguna seperti pada gambar 2.



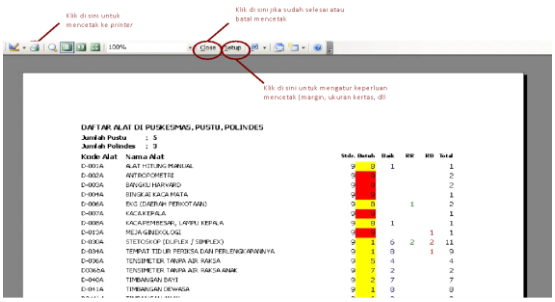
Gambar 2 Tampilan instalasi aplikasi CBIS Puskesmas

Setelah menjalan aplikasi instalasi, Program *CBIS* akan ter-install di komputer Anda dengan perincian sebagai berikut:

a. File MS Access dengan nama 'cbis_pusk.mdb' terkopi ke *folder* C:\CBIS atau *folder* yang sudah ditentukan sendiri di awal instalasi;
b. Pada folder C:\CBIS tersebut (atau folder lain yang ditentukan sendiri), terdapat pula 2 buah folder gambar yaitu "*image*" dan "*image* hijau". Gambar gedung dan alat diletakkan di folder "*image*";
c. Ada sebuah icon MS Access di desktop yang merupakan *shortcut* ke *file* yang disebut di (a);
d. Ada sebuah *shortcut* lainnya di *Start Menu* yaitu Start > *All Programs* > CBIS Puskesmas.

Dengan kemudahan instalasi ini diharapkan proses instalasi berikutnya dapat dilaksanakan secara mandiri dan berkelanjutan, dengan cukup pendampingan dari pelatih Dinas Kesehatan.

Saat program *CBIS* dijalankan, tampilan pertama adalah kotak *login*. Hanya pengguna yang memiliki *username* (nama pengguna) dan *password* (kata kunci) yang dapat menjalankan aplikasi. Hasil akhir dan tujuan dari suatu sistem informasi adalah untuk memenuhi kebutuhan pengguna, dalam *CBIS*-Puskesmas salah satu fungsi dan keluaran yang dihasilkan adalah berupa laporan daftar alat di Puskesmas serta Pustu dan Polindes di wilayah kerjanya. Tampilan daftar alat beserta jumlah dan kondisinya seperti disajikan dalam gambar 3.



Gambar 3 Tampilan Laporan Alat di CBIS Puskesmas

Data peralatan inilah yang selanjutnya direkapitulasi dan digabungkan dengan data dari puskesmas lain dalam wilayah kerja Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota, sehingga diperoleh gambaran kondisi maupun kebutuhan peralatan yang mutakhir. Terdapat 3 indikasi warna pada kolom 'Butuh' sebagai berikut:

- Hijau, kebutuhan puskesmas akan alat tersebut sudah terpenuhi;
- Kuning, kebutuhan puskesmas akan alat tersebut berada di ambang batas;
- Merah, keberadaan alat di puskesmas sangat tidak mencukupi.

Apabila terjadi kelebihan jumlah peralatan di suatu puskesmas dan kekurangan di puskesmas lain, maka dimungkinkan untuk merelokasi peralatan yang ada tanpa mengurangi waktu tunggu karena harus mengajukan pembelian peralatan yang baru dan belum diketahui kapankah realisasi pengadaan peralatannya. Jika terdapat alat yang rusak dan perlu diperbaiki, maka akan ditindaklanjuti oleh tim perawatan/perbaikan dari Kabupaten/Kota. Fasilitas lain yang tersedia saat aplikasi dijalankan adalah adanya informasi peringatan servis dan kalibrasi untuk alat-alat ukur yang telah di-*update* tanggal servis atau kalibrasi terakhirnya. Setiap unit alat memiliki tanggal servis dan tanggal kalibrasi yang berbeda-beda. Aplikasi *CBIS* juga menyediakan fitur yang dapat memberikan peringatan (*warning*) kepada pengguna *database*, jika tanggal servis atau kalibrasi suatu alat sudah hampir tiba. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan akurasi pengukuran dan diagnosis suatu kondisi pasien oleh Dokter dan Perawat di Puskesmas, Pustu dan Polindes.

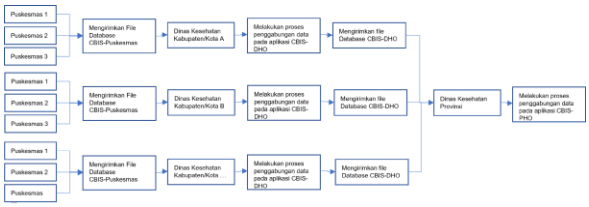
Model Distribusi dan Integrasi *Database*

Setelah file *database* dari Puskesmas dikirim dengan media pengiriman menggunakan *USB disk/ Flash Disk/ Harddisk/* Email kemudian *database* tersebut digabungkan menjadi satu ke program *CBIS-DHO* di Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota. Dengan metode pengiriman *file* dan penggabungan data ini dinilai yang paling cocok dengan kondisi geografis dan infrastruktur yang sebagian besar terbatas di wilayah Provinsi NTT. Begitu pula dengan data dari Dinas Kabupaten/Kota akan digabungkan menjadi satu ke program *CBIS-PHO* di Dinas Kesehatan Provinsi.

Proses pengiriman data dapat dilakukan dengan membuat program untuk pemindahan data yang mentransfer data suatu sistem informasi (Bunyamin & Syazili, 2019). Pada aplikasi *CBIS* tingkat Kabupaten/Kota dan Provinsi disediakan fasilitas yang berfungsi untuk melakukan integrasi atau penggabungan *database* yang sudah dikirim. Model penggabungan *database* pada *CBIS-DHO* dan *CBIS-PHO* adalah menggunakan metode penggabungan file *database* yang identik dari puluhan Puskesmas ke Dinas Kesehatan kabupaten/kota. Puskesmas akan mengirimkan file *database*-nya melalui media *flashdisk/harddisk*/email yang ada. Setiap *database* memiliki kode unik dari masing-masing Puskesmas yang menjadi identitas data bagi *CBIS-DHO* saat dilakukan proses penarikan dan sinkronisasi data. Pengelola/operator di Puskesmas melakukan *input* dan *update* data peralatan kesehatan baik yang berada di Puskesmas maupun alat di Pustu dan Polindes termasuk data-data lain yang diperlukan oleh sistem *CBIS*-Puskesmas. Kepala Puskesmas atau pegawai yang ditunjuk akan membawa dan mengirimkan *file database* pada periode bulan Januari-Maret setiap tahunnya ke Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota.

 ISSN 2987-677X

Setelah menerima *file database* dari Puskesmas di wilayah kerjanya, maka pengelola CBIS-DHO dapat melakukan proses penggabungan dan sinkronisasi data. Apabila data seluruh Puskesmas sudah diterima dan digabungkan, maka *database* dari setiap kabupaten/kota akan dikirimkan kepada pengelola *CBIS PHO* di Dinas Kesehatan Provinsi yang berlokasi di Kota Kupang-Nusa Tenggara Timur. Proses penggabungan data juga dilaksanakan oleh pengelola *CBIS PHO*, sehingga dihasilkan rekapitulasi peralatan kesehatan di seluruh Puskesmas. Distribusi dan proses pengelolaan data *CBIS* dari tingkat Puskesmas, Dinas Kesehatan/Kota, Dinas Kesehatan Provinsi disajikan pada gambar 3.



Gambar 4 Distribusi dan proses pengelolaan data tingkat Puskesmas, Kabupaten/Kota dan Provinsi

Pelatihan *Training of Trainers* (*ToT*) dan *Training of User* (*ToU*)

Setelah tahapan perancangan dan pengembangan aplikasi selesai, kemudian dilanjutkan dengan tahap pengujian sistem yang dilaksanakan pada beberapa Puskesmas sebagai *pilot project*. Pengujian tahap awal dilaksanakan pada aplikasi *CBIS*-Puskesmas yang merupakan sistem dasar dan menjadi sumber data bagi tingkat berikutnya. Masukan dan saran sekecil apapun akan digunakan untuk memastikan semua fitur dalam aplikasi dapat berfungsi dengan baik. Sistem dinilai bersama oleh Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota, Dinas Kesehatan Provinsi dan *CBIS Organizer*, sudah berjalan sesuai rancangan dan kebutuhan, sehingga dapat dilanjutkan ke langkah berikutnya yaitu penerapan sistem pada tingkat Puskesmas, dan Dinas Kesehatan.

Untuk mendukung keberhasilan penerapan sistem *CBIS* pada area cakupan yang sangat luas yaitu seluruh Puskesmas pada 22 Kabupaten/Kota di Provinsi NTT, maka dilakukan metode tambahan berupa pengenalan aplikasi *CBIS* yang dilakukan beriringan di seluruh Kabupaten/Kota yang diinisiasi oleh Dinas Kesehatan Provinsi NTT. Kegiatan Orientasi Program *CBIS* Puskesmas, *DHO* dan *PHO* bagi seluruh Kepala Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota Provinsi Nusa Tenggara Timur berhasil dilaksanakan.

Tahapan penerapan menjadi proses penting dalam keberhasilan proyek. Untuk menjaga keberlanjutan penggunaan sistem diperlukan kegiatan pendukung berupa pelatihan terhadap pengguna. Menurut Wulandari (2020) bahwa instruktur pelatihan dan metode pelatihan berpengaruh positif terhadap kinerja pegawai. Namun karena keterbatasan anggaran proyek untuk mempekerjakan instruktur *database*, maka digunakan metode *cascading* dalam pelaksanaannya yaitu instruktur akan melatih orang untuk menjadi *trainers* baik di provinsi maupun Kabupaten/Kota. Secara garis koordinasi Puskesmas berada di wilayah kerja dari Dinas Kesehatan, sehingga diharapkan *trainers* dapat turut memantau penerapan sistem di Puskesmas. Dalam hal ini terdapat dua jenis pelatihan yaitu *Training of Trainers* (*ToT*) *of CBIS* (*Computer-based Inventory System*) dan *Training of Users* (*ToU*) *of CBIS* (*Computer-based Inventory System*) *Basic Module*. Tujuan pelatihan *ToT* adalah sebagai berikut:

1. Peserta mampu mengoperasikan sistem informasi *CBIS* tingkat Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota (*DHO*) dan Provinsi (*PHO*) dan dapat melaksanakan manajemen *database*;
2. Peserta mampu melatih pegawai Puskesmas untuk melakukan input data dan pemutakhiran data *CBIS* tingkat Puskesmas.

Kegiatan pelatihan *ToT* diikuti oleh 2 staf yang berhubungan langsung dengan inventarisasi barang dan aset dari setiap kabupaten. Tujuan pelatihan *ToU* adalah sebagai berikut:

1. Peserta mampu mengoperasikan sistem informasi *CBIS* level Puskesmas;
2. Pelatih/*trainers* dari Dinas Kesehatan Kabupaten lebih mendalami sistem informasi dan *database CBIS* serta mampu melatih pegawai Puskesmas menggunakan *CBIS* level Puskesmas

Kegiatan pelatihan *ToU* ditujukan kepada operator dari pegawai Puskesmas yang berhubungan langsung dengan inventarisasi barang dan aset di Puskesmas. *CBIS*-Puskesmas dijalankan pada tingkat Puskesmas oleh pegawai yang telah dilatih dalam *Training of Users* (*ToU*).

Tahapan akhir dari model *Waterfall* adalah pemeliharaan sistem.

Dalam proyek ini, sebagai salah satu bentuk pemeliharaan terhadap sistem yang diterapkan yaitu dengan kegiatan pendampingan dan supervisi terhadap penerapan *CBIS* di Puskesmas dan Dinas Kesehatan di wilayah provinsi NTT. Dalam pendampingan *CBIS Organizer* melakukan pendataan terhadap sarana prasarana yang ada di Puskesmas, sehingga mengetahui kondisi nyata di setiap puskesmas, memastikan keberhasilan instalasi aplikasi *CBIS* pada perangkat komputer di Puskesmas, melakukan supervisi operasional *CBIS* pada tingkat Puskesmas, memberikan bantuan teknis, *troubleshooting* dan pemeliharaan komputer di Puskesmas. Pengelolaan peralatan kesehatan berbasis komputer *CBIS* di Puskesmas, Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota, Dinas Kesehatan Provinsi diharapkan dapat meningkatkan pelayanan kesehatan dasar yang diperlukan masyarakat di seluruh wilayah Provinsi NTT serta berkontribusi dalam manajemen peralatan kesehatan di Indonesia.

Kesimpulan

Pemilihan metode dan model Sistem Informasi dan *Database* yang sesuai dengan kondisi wilayah maupun infrastruktur mendukung keberhasilan proses penerapan. Metode tersebut berhasil diterapkan pada sejumlah 21 Dinas Kesehatan Kabupaten dan 1 Dinas Kesehatan Kota dengan 394 Puskesmas pada wilayah kerjanya. Untuk menerapkan *CBIS*-Puskesmas di seluruh Puskesmas yang tersebar di berbagai wilayah dan pulau yang ada di Provinsi Nusa Tenggara Timur perlu adanya kesadaran terhadap kemandirian nasional serta dukungan Kepala Dinas Kesehatan maupun Kepala Puskesmas. Hal ini diwujudkan dalam kegiatan pengenalan aplikasi yang diiringi dengan pelatihan terhadap pelatih (*ToT*) dan operator Puskesmas dalam *ToU* disertai dengan pendampingan langsung di setiap Puskesmas menjadi salah satu kunci keberhasilan implementasi sistem *CBIS*. Keberhasilan *CBIS* dan

 ISSN 2987-677X

keberlanjutannya pada masa mendatang perlu dipertahankan oleh setiap Puskesmas dengan pendampingan oleh Dinas Kesehatan. Rekapitulasi laporan peralatan kesehatan yang mutakhir dapat diakses oleh Dinas Kesehatan Provinsi. Perbaikan dan pembangunan infrastruktur seperti: jaringan listrik yang beroperasi 24 jam, tersedianya jaringan telekomunikasi yang memadai, perbaikan sarana prasarana transportasi dari kota kecamatan ke kabupaten dan provinsi masih diperlukan dalam upaya meningkatkan mobilitas dan pemutakhiran data secara *up-to-date*.

Ucapan Terima kasih

Terimakasih penulis sampaikan kepada *EPOS Health Consultant*, Dinas Kesehatan Provinsi NTT, Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota dan seluruh Puskesmas, Pustu maupun Polindes, sehingga proyek SPH di Provinsi NTT dapat berjalan dengan lancar. Tidak lupa penulis juga menyampaikan terima kasih kepada: Ibu Tina Rosalina, dr. Ating Solihin, Jenny Tania dan tim *CBIS Organizer* yang telah bersama-sama bekerja dalam proyek *SPH*. Semoga tulisan ini bermanfaat bagi perkembangan keinsinyuran di Indonesia.

Referensi

Adminl2pm. (2022). Metode Waterfall - Definisi dan Tahap-tahap Pelaksanaannya. In *Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat Universitas Medan Area* (pp. 1–1).

Bunyamin, M., & Syazili, A. (2019). External Database Sebagai Media Integrasi Sistem Informasi Akademik Dengan E-Learning. *Jurnal Bina Komputer*, *1*(1), 73–81. https://doi.org/10.33557/binakomputer.v1i1.156

Direktorat Bina Kesehatan Anak, D. K. R. (2009). *Petunjuk Teknis Penggunaan Dana Dekonsentrasi Program Peningkatan Kesehatan Anak Tahun 2009*. 1–137.

Firmansyah, F., Prasetyo Edy Wibowo, A., & Arifianto, T. (2022). Sistem Informasi Pemeliharaan Preventive Menggunakan Web Di Upt. Resor Sintelis 9.6 Ketapang. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, *6*(2), 460–468. https://doi.org/10.36040/jati.v6i2.5243

Hill, P. S. (2014). *GTZ SISKES & HRD in Nusa Tenggara , 2006 - 2009 The lessons learnt working in the Indonesian Health Sector*. *May 2013*.

Kholili, A. S. N., Nuraini, N., & Prananingtias, R. (2022). Perancangan Desain Interface Sistem Informasi Bed Management Rawat Inap di RS Universitas Airlangga Surabaya. *J-REMI : Jurnal Rekam Medik Dan Informasi Kesehatan*, *3*(4). https://doi.org/10.25047/j-remi.v3i4.3381

Wulandari, A. (2020). Pengaruh Instruktur Pelatihan, Peserta Pelatihan, Materi Pelatihan, Metode Pelatihan Dan Tujuan Pelatihan Terhadap Kinerja Karyawan. *Value : Jurnal Manajemen Dan Akuntansi*, *15*(1). https://doi.org/10.32534/jv.v15i1.1010

ISSN 2987-677X

Prioritas Penerapan Fasilitas-fasilitas Bangunan Stasiun Kereta Api Madiun berdasarkan Standar Pelayanan Minimum serta Fasilitas dan Aksesibilitas

Hana Wardani Puruhita[1], Titiek Masdini Agustriana[2], Ahmad Ependi[1], David Malaiholo[2]

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

[2] Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

✉ hanapuruhita23@gmail.com

Berdasarkan hasil evaluasi penelitian yang dilakukan oleh Hana (2022) dengan judul *"Evaluation of Technical Criteria for Construction Technology Implementation of Madiun Train Station Based on Minimum Service Standards, Facilities, and Accessibility"*, perlu tindak lanjut sebagai bahan untuk mengidentifikasi Prioritas Penerapan Fasilitas-fasilitas Bangunan Stasiun Kereta Api Madiun berdasar Standar Pelayanan Minimum (SPM) serta fasilitas dan aksesibilitas, yang diharapkan dapat memberikan dampak baik bagi kemajuan pemerintah kota Madiun dan PT. KAI Daop VII Madiun. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah item fasilitas yang belum tersedia di Stasiun Madiun serta hasil penilaian urutan prioritas fasilitas menurut regulasi tentang SPM, fasilitas, dan aksesibilitas bangunan. Metode penelitian dengan penyebaran kuesioner, diuji kemudian disimpulkan urutan prioritas fasilitas-fasilitas yang harus disediakan pada stasiun Madiun dari peringkat tinggi ke rendah. Hasil dari penelitian ini adalah: Terdapat 14 item fasilitas yang belum tersedia; Hasil pengujian statistik sampel responden dan item pertanyaan seluruhnya valid dan reliabel; Hasil urutan prioritas penerapan fasilitas-fasilitas Bangunan Stasiun Kereta Api Madiun berdasarkan SPM, fasilitas, dan aksesibilitas bangunan prioritas teratas untuk disediakan adalah: Perencanaan jalur pemandu; Ketersediaan Peralatan orangtua lanjut usia/penyandang cacat/difabel; Penyesuaian Detail Meja Counter, perabot ruang duduk, dan tempat tidur untuk Penyandang cacat; Penyesuaian Detail Ram.

Kata kunci: Standar Pelayanan Minimum (SPM), Fasilitas, dan aksesibilitas, Bangunan Stasiun, Evaluasi dan identifikasi.

Pendahuluan

Berdasarkan ketentuan UU No. 23 Tahun 2007 tentang pengelolaan perkeretaapian pada pasal 1 disebutkan bahwa prasarana perkeretaapian merupakan jalur kereta api dan fasilitas operasi kereta api agar kereta api dapat dioperasikan. Prasarana kereta api merupakan penunjang penyelenggaraan kegiatan perkeretaapian. Jalur kereta api merupakan rangkaian petak jalan rel, salah satunya meliputi bagian atas dan bawah jalur kereta api yang diperuntukkan bagi lalu lintas kereta api. Pada pasal 18 disebutkan bahwa penyelenggara prasarana perkeretaapian adalah pihak penyelenggara prasarana perkeretaapian yang dilakukan oleh Badan Usaha sebagai penyelenggara, baik secara sendiri-sendiri maupun melalui kerja sama. Penelitian mengenai konsep menunjang kemajuan prasarana sangat dibutuhkan sebagai dasar oleh Badan Usaha dalam mengambil keputusan dan kebijakan mengenai prasarana perkeretaapian.

Prasarana kereta api merupakan sesuatu yang dibutuhkan dalam kegiatan perkeretaapian dan sebagai faktor utama terselenggaranya kegiatan perkeretaapian yang sifatnya permanen, seperti jalur kereta api dan fasilitas operasi kereta api lainnya, yang berbentuk fasilitas dan alat yang digunakan untuk menunjang terselenggaranya kegiatan perkeretaapian. Prasarana tersebut tidak hanya dilihat dari sisi komponen jalan rel, namun juga penunjang fasilitas umum yaitu stasiun. Melalui penelitian sebelumnya, yaitu pada tahun 2022 oleh Hana, meneliti tentang Standar Pelayanan Minimun (SPM), fasilitas, dan aksesibilitas pada stasiun Madiun, ditemukan bahwa terdapat penilaian mengenai SPM sesuai PM 63 tahun 2019 yang belum terpenuhi, yaitu pada fasilitas khusus yang disediakan untuk penumpang dengan kebutuhan khusus, yaitu Luas minimal tiap WC dengan ketentuan: 100 x 125 cm, dan Minimal 3 unit Kursi Roda layak pakai, sedangkan dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (Permen PU) Nomor 30 tahun 2006 terdapat tepat 50% persyaratan fasilitas dan aksesibilitas bangunan Gedung stasiun kereta api yang belum terpenuhi, rata-rata merupakan fasilitas untuk penyandang cacat dan tuna netra.

Melalui hasil evaluasi pada penelitian yang dilakukan oleh Hana (2022) dengan judul *"Evaluation of Technical Criteria for Construction Technology Implementation of Madiun Train Station Based on Minimum Service Standards, Facilities, and Accessibility"*, maka perlu adanya tindak lanjut sebagai bahan dalam mengidentifikasi Prioritas Penerapan Fasilitas Bangunan Stasiun Kereta Api Madiun berdasarkan

 ISSN 2987-677X

Standar Pelayanan Minimum serta fasilitas dan aksesibilitas, diharapkan dapat memberikan dampak yang baik bagi kemajuan pemerintah kota Madiun dan juga PT. Kereta Api Indonesia Daerah Operasi VII Madiun karena hasil dari identifikasi prioritas ini dapat digunakan sebagai acuan untuk memperbaiki fasilitas dalam menunjang bangunan menyesuaikan standar pelayanan minimun, fasilitas, dan aksesibilitas yang diharuskan.

Tujuan penelitian adalah Menganalisa dan mengidentifikasi item fasilitas-fasilitas yang belum tersedia di Stasiun Madiun menurut regulasi tentang SPM, fasilitas, dan aksesibilitas bangunan; Memperoleh penilaian hasil pengujian statistik sampel responden dan item penerapan fasilitas-fasilitas yang belum tersedia di Stasiun Madiun; dan Menganalisa dan memperoleh hasil urutan prioritas penerapan fasilitas-fasilitas Bangunan Stasiun Kereta Api Madiun berdasarkan SPM, fasilitas, dan aksesibilitas bangunan.

Metode

Populasi dalam penelitian ini adalah penumpang harian Stasiun Kereta Api Madiun. Metode yang digunakan adalah metode sampel yaitu dengan mengambil sampel yang tepat yang dapat mewakili populasi sehingga memperoleh hasil yang sesuai harapan. Dalam jumlah penumpang harian baik *weekday* maupun *weekend* diambil populasi terbesar dengan pengambilan sampel sebanyak minimal 10% dari penumpang harian sebagai responden. Jawaban responden terhadap pertanyaan-pertanyaan mengenai prioritas pada kriteria-kriteria fasilitas fasilitas-fasilitas Bangunan stasiun (data hasil penelitian sebelumnya mengenai penerapan fasilitas yang belum tersedia di Stasiun Madiun) sesuai dengan SPM, fasilitas, dan aksesibilitas peraturan perundangan, yaitu dengan skala likert: 1=sangat tidak penting, 2=tidak penting, 3=penting, dan 4=sangat penting. Setelah kuesioner terkumpul, dilakukan uji validitas dan reliabilitas untuk memastikan kuesioner yang sudah diisi oleh responden benar-benar valid dan reliabel. Uji validitas dan reliabilitas terhadap kuesioner dengan bantuan *software SPSS*. Metode analisis yang akan digunakan yaitu menghitung nilai hasil penilaian responden dari jawaban kuesioner yaitu nilai terbanyak untuk prioritas fasilitas-fasilitas yang harus disediakan di Stasiun Madiun, sehingga diperoleh peringkat prioritas dari tertinggi hingga terendah, dan diambil kesimpulan.

Hasil Kerja

Pelaksanaan Penelitian

Responden pada penelitian ini adalah penumpang kereta api yang melakukan perjalanan melalui stasiun kereta api Madiun sehingga diharapkan jawabannya sesuai dengan harapan dalam menentukan prioritas fasilitas stasiun Madiun. Penyebaran kuesioner yang telah disebarkan terhadap 246 responden sampel dapat terpenuhi. Jumlah responden yang disyaratkan pada penelitian ini adalah minimal 10% dari jumlah total penumpang harian tersibuk yaitu sekitar dua ribu penumpang. Pelaksanaan pembagian kuesioner dilakukan secara manual pengisian *form* dan juga digital yaitu *google form* dengan alasan tidak semua penumpang dapat melakukan pengisian kuesioner menggunakan teknologi digital melalui *google form*. Sebelum responden melakukan pengisian kuesioner, terlebih dahulu dijelaskan maksud dan tujuan dari penelitian ini, dan peneliti mengadakan wawancara langsung dengan responden.

Fasilitas yang belum tersedia di Stasiun Madiun

Tabel 1. Variabel Penentu Prioritas Penerapan Fasilitas-fasilitas Bangunan Stasiun Kereta Api Madiun berdasarkan SPM serta fasilitas dan aksesibilitas

No	Variabel	Keterangan	Kode
1	Perencanaan jalur pedestrian	Perencanaan jalur pedestrian (fasilitas jalur perpindahan orang dari satu tempat ke tempat lain dengan berjalan kaki)	A1
2	Perencanaan jalur pemandu	Perencanaan jalur pemandu disabilitas/*guiding block* (ubin keramik yang memiliki pola di permukaannya yang berguna untuk membantu mengarahkan penyandang disabilitas/difabel/Tunanetra untuk menjumpai jalan yang tepat untuk melangkah dan mempermudah berjalan dari area depan stasiun hingga peron)	A2
3	Penyesuaian Rute Aksesibilitas dan Parkir	Penyesuaian Rute Aksesibilitas dan Parkir disabilitas (Parkir, tempat menaik turunkan penumpang, shelter penunggu taxi memperhatikan kebutuhan orang tua lanjut usia atau penyandang cacat/disabilitas/difabel)	A3
4	Penyesuaian Pintu dan Pegangan Rambatan	Penyesuaian Pintu dan Pegangan Rambatan (Pintu dengan plat tendang dan pegangan rambatan untuk kebutuhan orang tua lanjut usia dan atau penyandang cacat/disabilitas/difabel)	A4
5	Penyesuaian Detail Ram	Penyesuaian Detail Ram/kemiringan lantai (Bentuk dan kemiringan ram memperhatikan kebutuhan orang tua lanjut usia dan atau penyandang cacat/disabilitas/difabel)	A5
6	Penyesuaian Detail Tangga	Penyesuaian Detail Tangga (Bentuk dan haindrail tangga memperhatikan kebutuhan orang tua lanjut usia dan atau penyandang cacat/disabilitas/difabel)	A6
7	Penyesuaian Detail Closet dan ukuran Toilet	Penyesuaian Detail Closet dan ukuran Toilet (tinggi dan sirkulasi toilet memperhatikan kebutuhan orang tua lanjut usia dan atau penyandang cacat/disabilitas/difabel)	A7
8	Penyesuaian Posisi Bilik Pancuran	Penyesuaian Posisi Bilik Pancuran (memperhatikan kebutuhan orang tua lanjut usia dan atau penyandang cacat/disabilitas/difabel).	A8
9	Media audio dan visual	Ketersediaan Fasilitas telekomunikasi dan informasi (memperhatikan kebutuhan orang tua lanjut usia dan atau penyandang cacat/disabilitas/difabel). Sarana untuk memfasilitasi kontak/hubungan dan penyampaian informasi melalui media audio dan visual yang memperhatikan: penempatan pada lokasi yang mudah dilihat/dikenali oleh Pengguna Bangunan Gedung dan Pengunjung Bangunan Gedung	A9

 ISSN 2987-677X

No	Variabel	Keterangan	Ko-de
10	Ketersedia-an Peralatan orang tua lanjut usia atau penyandang cacat/disabilitas/difabel	Ketersediaan Peralatan untuk orang tua lanjut usia dan atau penyandang cacat/disabilitas/difabel	A10
11	Penyesuai-an Detail Meja Counter, perabot ruang duduk, dan tempat tidur untuk Penyan-dang cacat	Penyesuaian Detail Meja Counter, perabot ruang duduk, dan tempat tidur untuk orang tua lanjut usia dan atau penyandang cacat/disabilitas/difabel	A11
12	Ketersedia-an Alarm Lampu Darurat	Ketersediaan Alarm Lampu Darurat Tuna Rungu	A12
13	Ketersedia-an Fasilitas Teletext Tuna Rungu	Ketersediaan Fasilitas Teletext Tuna Rungu	A13
14	Ketersedia-an Fasilitas TV text Tuna Rungu	Ketersediaan Fasilitas TV text (tanda petunjuk lokasi) Tuna Rungu	A14

Hasil rekapitulasi jawaban kuesioner "prioritas penyediaan fasilitas-fasilitas yang belum tersedia di Stasiun Madiun" dari 246 responden dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi jawaban kuesioner "Prioritas Penerapan Fasilitas-fasilitas Bangunan Stasiun Kereta Api Madiun berdasarkan Standar Pelayanan Minimum serta fasilitas dan aksesibilitas"

No	Kode	Jumlah Jawaban					Pering-kat
		1	2	3	4	Nilai Tertinggi	
1	A1	1	5	102	129	129	5
2	A2	1	8	81	147	147	1
3	A3	0	8	109	120	120	8
4	A4	2	25	103	107	107	12
5	A5	0	9	95	133	133	4
6	A6	7	40	110	80	110	11
7	A7	1	10	126	100	126	7
8	A8	0	29	119	89	119	9
9	A9	9	46	99	83	99	13
10	A10	2	18	143	74	143	2
11	A11	1	30	137	69	137	3
12	A12	0	9	119	109	119	9
13	A13	0	10	128	99	128	6
14	A14	0	14	114	109	114	10

Tabel 3. Urutan Peringkat Prioritas Penerapan Fasilitas-fasilitas Bangunan Stasiun Kereta Api Madiun berdasarkan Standar Pelayanan Minimum serta fasilitas dan aksesibilitas

No	Kode	Jumlah Jawaban	Pering-kat
1	A2	Perencanaan jalur pemandu	1
2	A10	Ketersediaan Peralatan orang tua lanjut usia dan atau penyandang cacat/disabilitas/difabel	2
3	A11	Penyesuaian Detail Meja Counter, perabot ruang duduk, dan tempat tidur untuk Penyandang cacat	3
4	A5	Penyesuaian Detail Ram	4
5	A1	Perencanaan jalur pedestrian	5
6	A13	Ketersediaan Fasilitas Teletext Tuna Rungu	6
7	A7	Penyesuaian Detail Closet dan ukuran Toilet	7
8	A3	Penyesuaian Rute Aksesibilitas dan Parkir	8
9	A8	Penyesuaian Posisi Bilik Pancuran	9
10	A12	Ketersediaan Alarm Lampu Darurat	10
11	A14	Ketersediaan Fasilitas TV text Tuna Rungu	11
12	A6	Penyesuaian Detail Tangga	12
13	A4	Penyesuaian Pintu dan Pegangan Rambatan	13
14	A9	Media audio dan visual	14

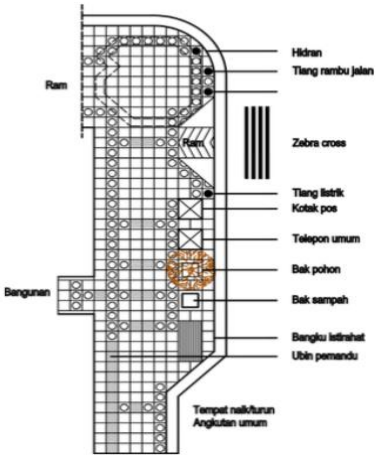
Pengujian Statistik Instrumen

Hasil korelasi dapat dilihat pada *output Item-Total Statistics* pada tabel kolom *Corrected Item-Total Correlation*. Nilai tersebut dibandingkan dengan nilai r tabel. Taraf signifikansi yang dipakai adalah 0,01 dengan jumlah data (n) = 237, maka didapat r tabel sebesar 0,230. Berdasarkan hasil analisis tabel 4.1. dapat dilihat bahwa 14 item variabel seluruhnya memiliki nilai r hitung lebih besar dari 0,230. Sedangkan nilai signifikan dari 14 *item variable* < 0,01. Dari hasil nilai *pearson correlation* dan signifikansi menunjukkan bahwa 14 butir instrumen tersebut valid. Hasil uji reliabilitas menunjukkan bahwa variabel "Prioritas Penerapan Fasilitas-fasilitas Bangunan Stasiun Kereta Api Madiun berdasarkan Standar Pelayanan Minimum serta fasilitas dan aksesibilitas" reliabel, karena pada kolom Cronbach's Alpha terlihat nilai 0,919 > 0,6.

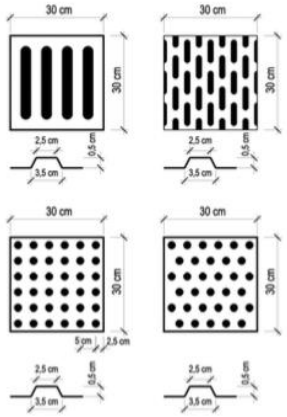
Hasil jawaban responden dapat mewakili harapan penumpang-penumpang di stasiun madiun dengan urutan prioritas dari paling dibutuhkan pada peringkat 1 hingga 5, yaitu:

1) Perencanaan jalur pemandu: Perencanaan jalur pemandu disabilitas/guiding block (ubin keramik yang memiliki pola di permukaannya yang berguna untuk membantu mengarahkan penyandang disabilitas/ difabel/Tunanetra untuk menjumpai jalan yang tepat untuk melangkah dan mempermudah berjalan dari area depan stasiun hingga peron).

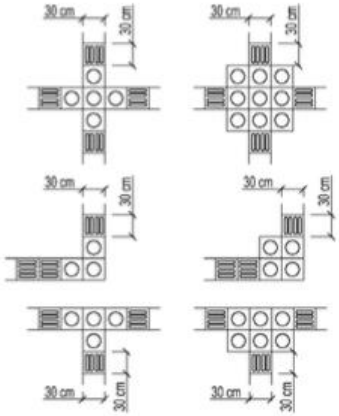
 ISSN 2987-677X



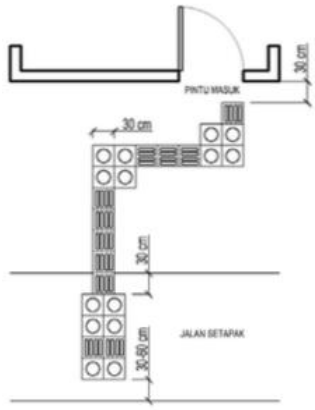
Gambar 1. Prinsip Perencanaan Jalur Pemandu



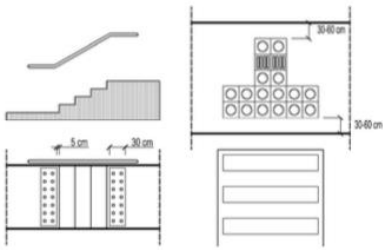
Gambar 2. Prinsip Penggunaan Tipe Tekstur Ubin Jalur Pemandu



Gambar 3. Prinsip Susunan Ubin Jalur Pemandu pada Belokan

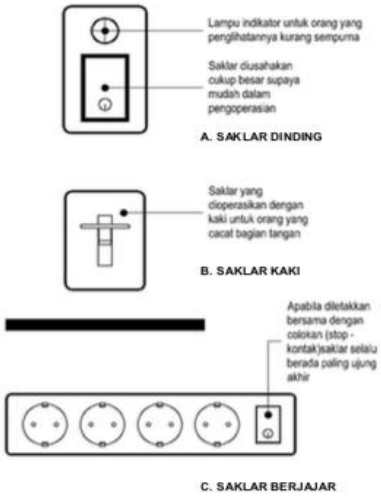


Gambar 4. Prinsip Susunan Ubin Jalur Pemandu pada Pintu Masuk



Gambar 5. Prinsip Susunan Ubin Jalur Pemandu untuk Anak Tangga

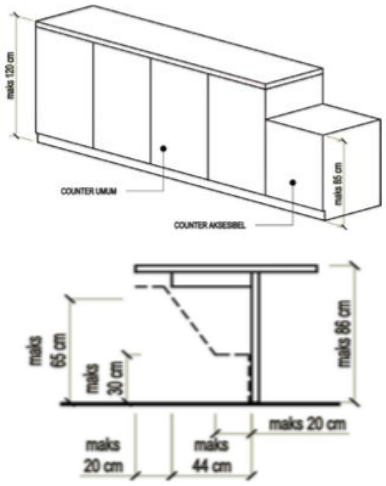
2) Ketersediaan Peralatan orang tua lanjut usia dan atau penyandang cacat/disabilitas/difabel: Ketersediaan Peralatan untuk orang tua lanjut usia, penyandang cacat/disabilitas/difabel.



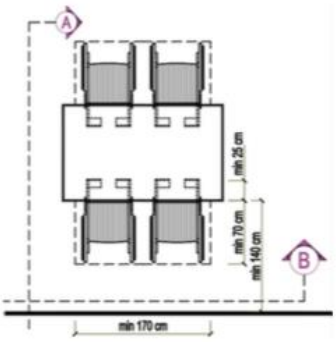
Gambar 6. Prinsip Alternatif Peralatan Penyandang Cacat

3) Penyesuaian Detail Meja Counter, perabot ruang duduk, dan tempat tidur untuk Penyandang cacat: Penyesuaian Detail Meja Counter, perabot ruang duduk, dan tempat tidur untuk orang tua lanjut usia dan atau penyandang cacat/ disabilitas/difabel.

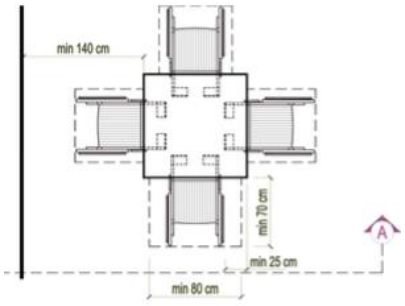
 ISSN 2987-677X



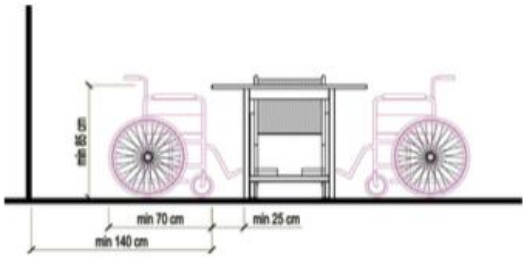
Gambar 7. Prinsip Tinggi Meja Counter untuk Penyandang Cacat



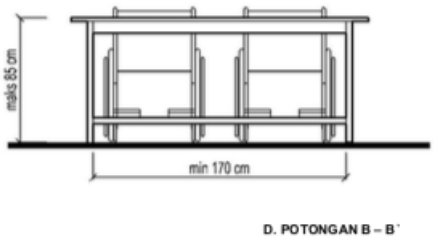
B. MEJA PERSEGI PANJANG



A. MEJA BUJUR SANGKAR

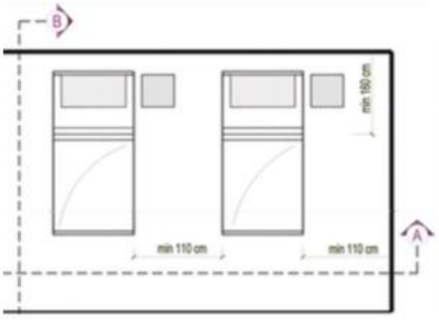


C. POTONGAN A – A`

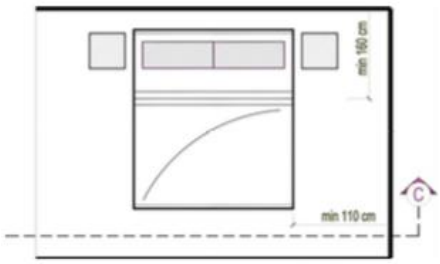


D. POTONGAN B – B`

Gambar 8. Prinsip Perabot Ruang Duduk untuk Penyandang Cacat



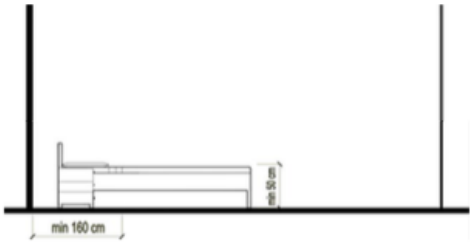
A. TEMPAT TIDUR GANDA



B. TEMPAT TIDUR TUNGGAL

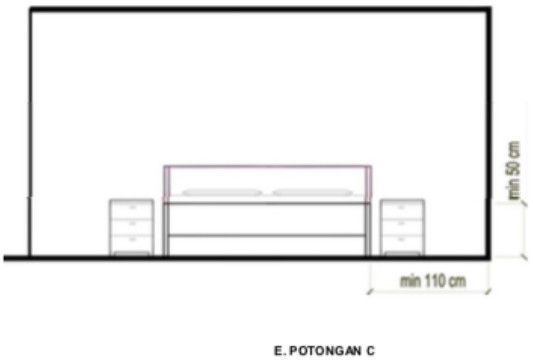


C. POTONGAN A



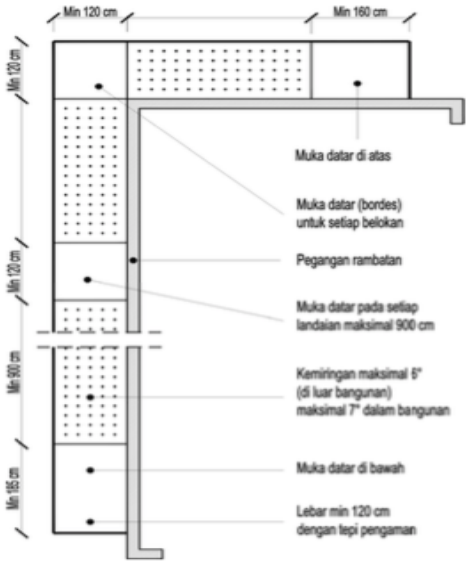
D. POTONGAN B

 ISSN 2987-677X

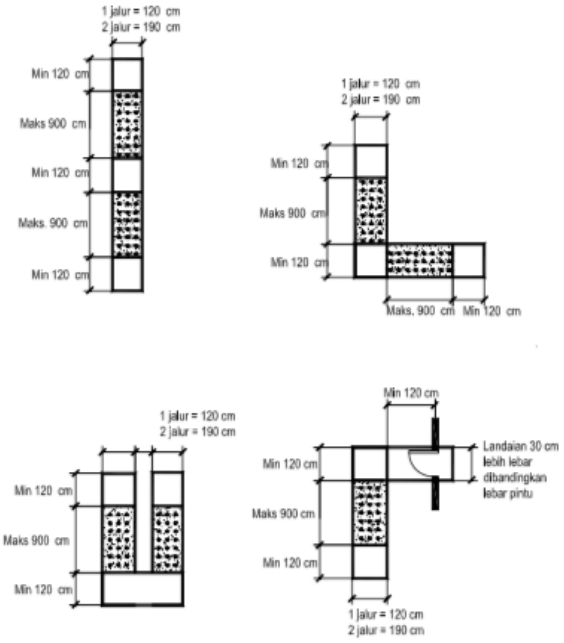


Gambar 9. Prinsip Tempat Tidur untuk Penyandang Cacat

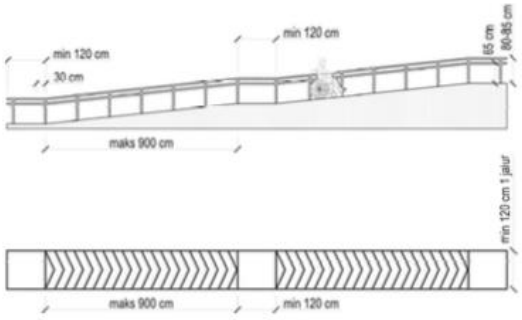
4) Penyesuaian Detail Ram: Penyesuaian Detail Ram/ kemiringan lantai (Bentuk dan kemiringan ram memperhatikan kebutuhan orang tua lanjut usia dan atau penyandang cacat/disabilitas/difabel).



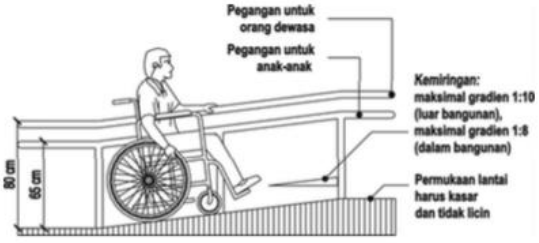
Gambar 10. Prinsip Tipikal Ram



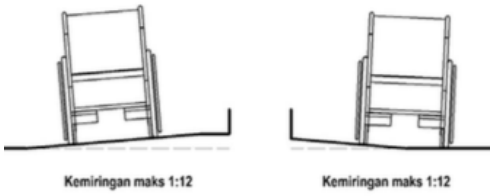
Gambar 11. Prinsip Bentuk Ram



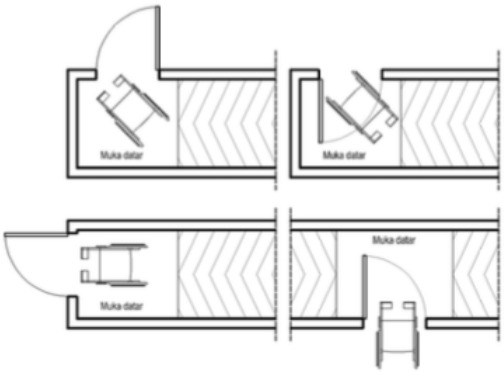
Gambar 12. Prinsip Kemiringan Ram



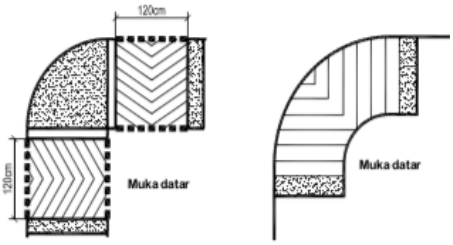
Gambar 13. Prinsip Handrail Ram



Gambar 14. Prinsip Kemiringan Lebar Sisi Ram

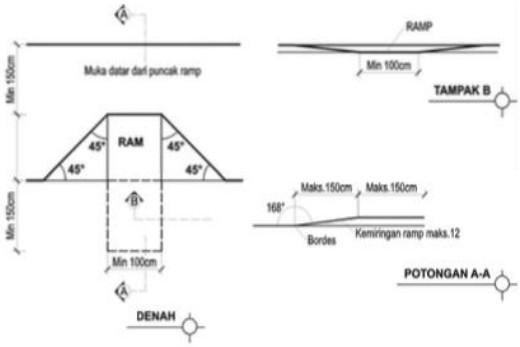


Gambar 15. Prinsip Pintu di Ujung Ram

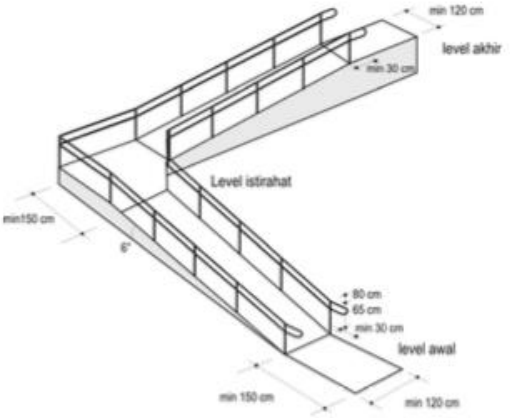


Gambar 16. Prinsip Letak Ram untuk Trotoar

 ISSN 2987-677X

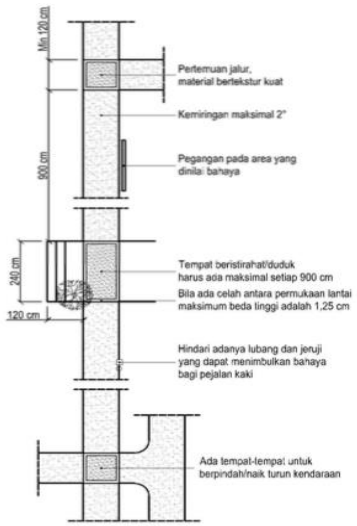


Gambar 17. Prinsip Detail Ram untuk Trotoar



Gambar 18. Prinsip Rekomendasi Bentuk Ram

5) Perencanaan jalur pedestrian: Perencanaan jalur pedestrian (fasilitas jalur perpindahan orang dari satu tempat ke tempat lain dengan berjalan kaki).



Gambar 19. Prinsip Perencanaan Jalur Pedestrian

Kesimpulan

Terdapat 14 item fasilitas-fasilitas yang belum tersedia di Stasiun Madiun menurut regulasi tentang SPM, fasilitas, dan aksesibilitas bangunan, yaitu: Perencanaan jalur pedestrian; Perencanaan jalur pemandu; Penyesuaian Rute Aksesibilitas dan Parkir; Penyesuaian Pintu dan Pegangan Rambatan; Penyesuaian Detail Ram; Penyesuaian Detail Tangga; Penyesuaian Detail Kloset dan ukuran Toilet; Penyesuaian Posisi Bilik Pancuran; Ketersediaan Telepon umum; Ketersediaan Peralatan untuk Penyandang cacat; Penyesuaian Detail Meja Counter, perabot ruang duduk, dan tempat tidur untuk Penyandang cacat; Ketersediaan Alarm Lampu Darurat Tuna Rungu; Ketersediaan Fasilitas Teletext Tuna Rungu; dan Ketersediaan Fasilitas TV text Tuna Rungu.

Hasil pengujian statistik sampel responden dan item penerapan fasilitas-fasilitas yang belum tersedia di Stasiun Madiun seluruhnya valid dan reliabel sehingga 14 instrument yang disediakan sebagai alat dalam memberikan pertanyaan kepada perwakilan penumpang Stasiun dan dapat digunakan sebagai acuan dalam memberikan penilaian terhadap urutan Prioritas Penerapan Fasilitas-fasilitas Bangunan Stasiun Kereta Api Madiun berdasarkan Standar Pelayanan Minimum serta fasilitas dan aksesibilitas.

Hasil urutan prioritas penerapan fasilitas-fasilitas Bangunan Stasiun Kereta Api Madiun berdasarkan SPM, fasilitas, dan aksesibilitas bangunan dari yang paling prioritas untuk disediakan adalah: Perencanaan jalur pemandu; Ketersediaan Peralatan orang tua lanjut usia dan atau penyandang cacat/disabilitas/difabel; Penyesuaian Detail Meja Counter, perabot ruang duduk, dan tempat tidur untuk Penyandang cacat; Penyesuaian Detail Ram; Perencanaan jalur pedestrian; Ketersediaan Fasilitas Teletext Tuna Rungu; Penyesuaian Detail Kloset dan ukuran Toilet; Penyesuaian Rute Aksesibilitas dan Parkir; Penyesuaian Posisi Bilik Pancuran dan Ketersediaan Alarm Lampu Darurat; Ketersediaan Fasilitas TV *text* Tuna Rungu; Penyesuaian Detail Tangga; Penyesuaian Pintu dan Pegangan Rambatan, serta yang terakhir adalah Media audio dan visual.

Ucapan Terima kasih

Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

Referensi

Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 63 tahun 2019 tentang standar pelayanan minimum angkutan orang dengan kereta api.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (Permen PU) Nomor 30 tahun 2006 tentang Pedoman Teknis Fasilitas dan Aksesibilitas pada Bangunan Gedung dan Lingkungan.

Puruhita. H. W. (2022). *Evaluation of Technical Criteria for Construction Technology Implementation of Madiun Train Station Based on Minimum Service Standards, Facilities, and Accessibility*: SIBE ITB.

Stasiun Madiun. Diakses pada 26 August 2022 dari https://railfansid.fandom.com/id/wiki/Stasiun_Madiun.

 ISSN 2987-677X

Perbaikan Kapasitas Penyaringan Bubur Tahu yang Ideal menggunakan Cardiovascular Load

Johan Alfian Pradana, Adriana Anteng Anggorowati

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ adrianaanteng@ukwms.ac.id

Kapasitas penyaringan bubur tahu yang melebihi batas kekuatan tubuh dapat merugikan pengrajin tahu. Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan kapasitas ideal pada proses penyaringan bubur kedelai menggunakan kardiovaskular di industri tahu Kediri. Tahapan yang dilakukan adalah menyiapkan 15 pekerja yang diukur denyut nadi. Denyut nadi diklasifikasi untuk mendapatkan cardiovascular load (CL). Penelitian ini menghasilkan 10 dari mereka berdampak CL. CL ini diperbaiki dengan cara menstandarkan kapasitas saringan sebesar 35 kg karena ini merupakan kapasitas paling ideal dari aspek penilaian denyut nadi istirahat, kerja dan maksimal.

Kata kunci: bubur tahu; denyut nadi; ideal; kardiovaskular

Pendahuluan

Kesehatan kardiovaskular sangat penting bagi semua orang, termasuk pekerja penyaringan bubur kedelai. Pekerjaan ini seringkali melibatkan aktivitas fisik yang berat dan stres yang tinggi, yang dapat berdampak negatif pada sistem kardiovaskular. Oleh karena itu, menjaga kesehatan jantung dan pembuluh darah menjadi prioritas utama bagi pekerja produksi tahu. Temperatur penyaringan bubur kedelai mencapai 150^0C. Banyak pekerja yang mengeluh karena kelelahan yang tinggi (Russ et al., 2021; Santoso, 2021). Kelelahan ini dapat ditandai dari frekuensi denyut nadi. Denyut nadi kerja adalah istilah yang merujuk pada denyut jantung seseorang selama bekerja (Tiara & Perdana, 2019). Penting untuk memantau denyut nadi kerja, karena dapat memberikan informasi tentang seberapa keras jantung bekerja selama menyaring bubur tahu.

Denyut nadi kerja yang normal bervariasi tergantung pada tingkat kebugaran seseorang. Secara umum, denyut nadi kerja yang sehat selama pekerjaan adalah sekitar 60 hingga 100 denyut per menit. Namun, dalam kasus ini, mereka mencapai 100 denyut per menit. Kondisi tersebut, memungkinkan mereka harus istirahat terlebih dahulu (Pradana, 2021). Namun, istirahat yang tidak tersistem hanya mengurangi kelelahan dalam jangka waktu dekat (Chin et al., 2019; Dorrian et al., 2011; Meteier et al., 2021).

Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan kapasitas ideal pada proses penyaringan bubur kedelai menggunakan kardiovaskular di industri tahu Kediri. Penelitian ini melakukan penentuan denyut nadi dan mengukur cardiovascular load. Penelitian ini akan menghasilkan deskripsi denyut nadi dan cardiovascular load untuk menentukan kapasitas penyaringan yang ideal.

Metode

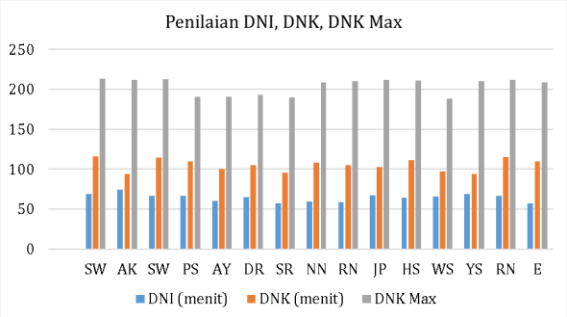
Desain penelitian ini menggunakan penelitian studi kasus yang terletak di industri tahu pada desa Blabak, Kediri, Jawa Timur. Populasi penelitian merupakan pengrajin tahu kuning sejumlah 24 orang. Teknik menentukan sampling dengan *purposive sampling*, karena responden terpilih dalam kondisi sehat secara fisik selama observasi penelitian. Jumlah yang memenuhi sampling sebesar 20 responden. Instrumen penelitian ini dengan melakukan observasi. Observasi untuk mendapatkan data primer jenis kelamin, berat badan, usia dan tinggi badan dari responden. Aktivitas wawancara dilakukan untuk menentukan kondisi fisik responden dan studi literatur sebagai dasar penelitian ini. Tahapan yang dilakukan sebagai berikut:

1. Menyiapkan 15 tenaga kerja sebagai responden
2. Mengukur denyut nadi menggunakan *stopwatch*.
3. Menentukan denyut nadi istirahat, denyut nadi kerja dan nadi kerja dengan rumus = Denyut nadi= (10 Denyut)/(Waktu Perhitungan) x 60 (Morahan et al., 2020)
4. Mengukur nilai *Cardiovascular Load*=(100 x(denyut nadi kerja-denyut nadi istirahat))/(denyut nadi maksimum-denyut nadi istirahat) (Sari et al., 2016).
5. Analisa *Cardiovascular Load*

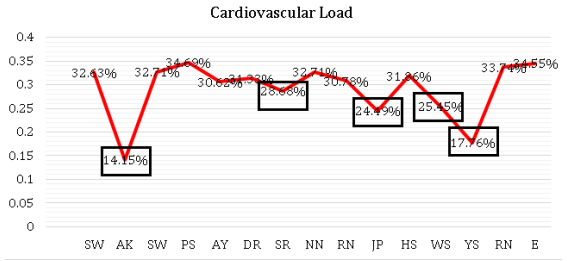
Hasil Kerja

Berdasarkan tahapan yang telah dilakukan, terdapat penilaian denyut nadi dan *cardiovascular load* berikut:

 ISSN 2987-677X



Gambar 1. Penilaian DNI, DNK dan DNK Max
Sumber : olah data, 2023



Gambar 2. *Cardiovascular Load*
Sumber : olah data, 2023

Terdapat 5 responden yang tidak mengalami *cardiovascular load* dengan nilai < 30,00%, karena beban dari proses penyaringan tahu mendukung kondisi fisik mereka. Adaptasi yang baik pada kondisi fisik, membuat mereka mampu menyaring kapasitas tahu antara 35 kg hingga 45 kg. Kapasitas ini telah dilakukan 2 kali sehari pada pukul 09.00-12.00 dan 13.00 hingga 15.00 WIB.

Terdapat 10 responden yang mengalami *cardiovascular load*, karena beban yang diterima antara 47 kg hingga 53 kg. Kapasitas yang hampir mengimbangi berat badan, membuat mereka mengalami *cardiovascular load* dengan tingkat terendah 30,62% > 30,00% dan tertinggi 34,69% > 30,00%.

Tingkat persentase dari 10 responden, membuat mereka perlu perbaikan kondisi fisik. Perbaikan akan dilakukan dengan diskusi di industri tahu Bapak Masruri. Dari 10 responden dikumpulkan pada Selasa, 14 Maret 2023 pukul 08.00 – 10.00 WIB. Diskusi ini menghasilkan kapasitas penyaringan sari tahu sebesar 35 kg. Kapasitas ini telah disepakati mereka karena sebagai kemampuan terkecil yang mampu dilakukan. Kemampuan ini dengan mempertimbangkan berat badan paling kecil adalah 49 kg dan terbesar adalah 65 kg. Berat badan mempengaruhi usia mereka, paling muda 45 tahun dan tertua adalah 69 tahun. Dengan kapasitas yang ideal, berat badan dan usia kombinasi yang tepat untuk mengurangi dampak *cardiovascular load*.



Gambar 3. Penyaringan Sari Tahu 35 Kg
Sumber : dokumentasi, 2023

Gambar 3, perubahan kapasitas tahu awalnya dengan maksimal 53 kg diubah seluruhnya menjadi 35 kg. Temuan ini telah mewakili pada industri tahu bagian penyaringan sari tahu sejumlah 15 responden. Terdapat kesesuaian yang tepat untuk mengurangi *cardiovascular load* secara bertahap untuk dilakukan. Tahapan yang diawali dengan kapasitas yang dikurangi, fokus pada usia dan berat badan yang telah dideskripsikan untuk upaya yang saat ini dibutuhkan oleh mereka.

Kesimpulan

Kapasitas ideal sebesar 35 kg dari aspek denyut nadi istirahat, denyut nadi kerja dan denyut nadi maksimal dan berdasarkan hasil cardiovascular load, 10 dari 15 tenaga kerja mengalaminya.

Ucapan Terima kasih

Terimakasih kepada pengrajin tahu di Blabak, Kediri atas partisipasinya sebagai responden dan Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala atas wadah untuk kegiatan seminar ini.

Referensi

Chin, J., Herlina, Iridiastadi, H., Shu-Chiang, L., & Fadil Persada, S. (2019). Workload Analysis by Using Nordic Body Map, Borg RPE and NIOSH Manual Lifting Equation Analyses: A Case Study in Sheet Metal Industry. *Journal of Physics: Conference Series*, *1424*(1), 1–7. https://doi.org/10.1088/1742-

 ISSN 2987-677X

6596/1424/1/012047

Dorrian, J., Baulk, S. D., & Dawson, D. (2011). Work hours, workload, sleep and fatigue in Australian Rail Industry employees. *Applied Ergonomics*, *42*(2), 202–209. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.06.009

Meteier, Q., Capallera, M., Ruffieux, S., Angelini, L., Abou Khaled, O., Mugellini, E., Widmer, M., & Sonderegger, A. (2021). Classification of Drivers' Workload Using Physiological Signals in Conditional Automation. *Frontiers in Psychology*, *12*(February), 1–18. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.596038

Morahan, H. L., Leenaars, C. H. C., Boakes, R. A., & Rooney, K. B. (2020). Metabolic and behavioural effects of prenatal exposure to non-nutritive sweeteners: A systematic review and meta-analysis of rodent models. *Physiology and Behavior*, *213*(October 2019), 112696. https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2019.112696

Pradana, J. A. (2021). Improving Performance Through Rest Time System Design: Physiological Integration and Quality Function Development. *AJIM (Airlangga Journal of Innovation Management)*, *2*(1), 1–12.

Russ, J. B., Li, R. L., Herschman, A. R., Waisman, H., Vedula, V., Kysar, J. W., & Kalfa, D. (2021). Design optimization of a cardiovascular stent with application to a balloon expandable prosthetic heart valve. *Materials and Design*, *209*, 109977. https://doi.org/10.1016/j.matdes.2021.109977

Santoso, W. B. (2021). Pengukuran Beban Kerja Mental Dan Fisik Operator Metode Defense Research Agency Workload Scale (Draws) Dan Cardiovascular Load (Cvl). *KAIZEN: Management Systems & Industrial Engineering Journal*, *04*(02), 1–8.

Sari, A. D., Suryoputro, M. R., Pramaningtyas, M. D., Putra, P. S., & Maulidyawati, S. B. (2016). Work Physiology Evaluation of Laundry Workers. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *105*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/105/1/012034

Tiara, & Perdana, S. (2019). Analisis Beban Kerja Fisiologi Pada Proses Produksi Pembuatan Rumah Boneka Dengan Pekerja Penyandang Disabilitas. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, *11*(1), 98. https://doi.org/10.22441/oe.v.10.3.2018.020

ISSN 2987-677X

Praktik Keinsinyuran dalam Profesi Auditor Internal Pemerintah Provinsi Jawa Timur

Hikmah Sjawaluddin

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Anggaran Pemerintah Provinsi Jawa Timur untuk mendukung pembangunan / pemeliharaan infrastruktur setiap tahunnya cukup besar. Agar tidak terjadi kebocoran/kerugian perlu adanya tindakan pencegahan. Inspektorat Provinsi Jawa Timur selaku Aparat Pengawasan Internal Pemerintah (APIP) Provinsi Jawa Timur merupakan garda terdepan dalam melakukan pencegahan kebocoran/kerugian keuangan negara khususnya yang dibelanjakan di Pembangunan/ Pemeliharaan Infrastruktur. Untuk dapat mencegah tersebut perlu dilakukan kegiatan pengawasan yang bersifat *Assurance* terdiri dari audit, reviu, monitoring dan evaluasi serta kegiatan yang bersifat *Consulting* seperti pendampingan, sosialisasi, dan lain sebagainya. Praktik keinsinyuran sangat dibutuhkan dalam kegiatan Assurance maupun Consulting yang dilakukan Inspektorat Provinsi Jawa Timur agar hasilnya efektif sesuai dengan tujuan organisasi serta dapat dirasakan manfaatnya secara luas oleh masyarakat.

Kata kunci: APIP, Audit, *Assurance*, *Consulting*, Praktik Keinsinyuran

Pendahuluan

Auditor adalah suatu profesi yang bertugas melakukan kegiatan auditing, khususnya pada laporan-laporan terkait keuangan dari suatu perusahaan, lembaga ataupun instansi. Dalam perkembangannya auditor selain melakukan tugas audit laporan keuangan juga melakukan tugas audit kinerja dari suatu entitas.

Auditor dibagi menjadi auditor eksternal dan internal, dimana di pemerintahan kita sesuai dengan regulasi yang ada auditor eksternal adalah Badan Pemeriksa Keuangan Republik Indonesia (BPK-RI) yang bertanggung jawab kepada Majelis Permusyawaratan Rakyat (MPR). Sedangkan auditor internal atau disebut Aparat Pengawasan Internal Pemerintah (APIP) terdiri dari Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan (BPKP) yang bertanggung jawab langsung kepada Presiden, Inspektorat Jenderal (Itjen) Kementerian dan Lembaga yang bertanggung jawab langsung kepada Menteri atau Kepala Lembaga, dan Inspektorat Pemerintah Daerah yang bertanggung jawab langsung kepada Kepala Daerah.

Salah satu strategi dalam yang dilakukan auditor eksternal maupun internal dalam melakukan kegiatan pengawasan infrastruktur adalah merekrut tenaga dengan latar belakang pendidikan yang sesuai dan atau mendidik tenaga yang ada bekal-bekal cara melakukan audit infrastruktur. Sebagai tindak lanjut dari strategi tersebut, kami merupakan satu-satunya tenaga dengan latar belakang Pendidikan Teknik Sipil (S1 dan S2) yang direkrut pada tahun 2004 dan dididik menjadi auditor untuk melakukan tugas-tugas pengawasan khususnya infrastruktur dan selanjutnya mulai tahun 2010 mulai secara bertahap kembali merekrut hal yang sama hingga saat ini tenaga auditor yang memiliki latar belakang ilmu Teknik Sipil di Inspektorat Provinsi Jawa Timur berjumlah 5 (lima) orang dari 60 (enam puluh) auditor yang dibagi rata ke 5 Inspektur Pembantu.

Metode Audit

Inspektorat Provinsi Jawa Timur selaku Aparat Pengawasan Internal Pemerintah Provinsi Jawa Timur (APIP) tergabung dalam Asosiasi Auditor Intern Pemerintah (AAIPI) sebagaimana diamanatkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 60 Tahun 2008 tentang Sistem Pengendalian Intern Pemerintah.



Gambar 1. Lokasi Penelitian kantor Inspektorat Provinsi Jawa Timur
Sumber : Inspektorat Provinsi Jawa Timur

Sesuai dengan standar audit yang ditetapkan oleh AAIPI, Inspektorat selaku APIP memiliki 2 kegiatan yaitu *Assurance Activities* dan *Consulting Activites* yang dirancang untuk memberi nilai tambah dan meningkatkan operasional sebuah organisasi [auditi]. Kegiatan ini membantu organisasi [auditi] mencapai tujuannya dengan cara menggunakan pendekatan yang sistematis dan teratur untuk menilai dan meningkatkan efektivitas dari proses manajemen risiko, kontrol [pengendalian], dan tata kelola [sektor publik]. Yang dimaksud dengan *Assurance Activities* adalah Audit, Evaluasi, Reviu dan Pemantauan/*Monitoring*. Sedangkan yang dimaksud dengan *Consulting Activities* adalah Kegiatan pengawasan lainnya yang tidak

 ISSN 2987-677X

memberikan penjaminan kualitas (kegiatan *consulting*), antara lain konsultansi, sosialisasi, dan asistensi.

Hasil Kerja

Berikut kami paparkan beberapa praktik keinsinyuran dalam kegiatan audit yang dilaksanakan, antara lain:

1. **Pemeriksaan paket pekerjaan Peningkatan Jalan Ploso - Bts. Kota Jombang, Jln. Wahab Hasbullah dan Jln. Hasyim Ashari, efektif = 5,6 km.**

   Kepala UPT PJJ Mojokerto selaku Kuasa Pengguna Anggaran (KPA) paket pekerjaan tersebut senilai 4,05 Milyar rupiah, pada akhir bulan Desember tahun 2018 mengajukan permohonan kepada Inspektorat Provinsi Jawa Timur untuk melakukan audit guna dilakukan pembayaran. Informasi yang diberikan adalah bahwa progress fisik pekerjaan tersebut sudah mendekati 100% dan telah dilakukan pembayaran uang muka sebesar 20%. Item pekerjaan utama paket tersebut adalah bahu jalan diperkeras dengan beton. KPA menginformasikan kepada kami bahwa beliau tidak yakin akan kuantitas dan kualitas pekerjaan penyedia sebelum dilakukan pembayaran akhir.

   Langkah awal kami dalam melakukan audit sebagaimana standar audit AAIPI adalah dengan menyusun program kerja audit (PKA) nya. Mengingat untuk mengungkap kebenaran kualitas dan kuantitas pekerjaan tersebut yang bersifat sangat teknis maka dibutuhkan praktik keinsinyuran mulai dari penyusunan PKA. Kami selaku Ketua Tim Audit menyusun PKA dengan terlebih dahulu mempelajari secara rinci spesifikasi teknis pekerjaan beton yang harus terpasang adalah sebagai berikut:
   a. Mutu beton K-225
   b. Ketebalan beton 30 cm dengan toleransi 1,5 cm.
   c. Pengujian mutu dan ketebalan beton dilakukan per segmen dengan jarak 50 m.

   Syarat pembayaran item pekerjaan tersebut adalah pekerjaan harus terpasang sesuai dengan spesifikasi teknis, dan apabila tidak sesuai harus dilakukan pembongkaran atau tidak dilakukan pembayaran.

   Berdasarkan spesifikasi teknis dan syarat pembayaran pekerjaan tersebut kami menyusun PKA dengan melakukan pengujian lapangan Persama para pihak terkait secara menyeluruh dengan cara pengukuran dimensi (panjang dan lebar) serta pengujian ketebalan melalui *core drill* dan bila memungkinkan pengujian mutu melalui tes kuat tekan.

   Pekerjaan pengujian dilakukan sesuai PKA tersebut selama 2 hari dengan hasil sebagai berikut:
   a. Panjang dan lebar pekerjaan telah sesuai dengan spesifikasi teknis dan gambar rencana.
   b. Ketebalan beton hasil *core drill* diperoleh mulai dari 16 cm dan paling tebal 22 cm.
   c. Mutu beton tidak perlu dilakukan pengujian karena tim telah menemukan bukti dokumen otentik dari penyedia bahwa beton yang dihampar diperoleh melalui pembelian pada *Batching Plant* terdekat dengan mutu beton K-175.

   Atas temuan tersebut mengingat kontrak bersifat tahun tunggal, maka kami merekomendasikan kepada KPA untuk tidak melakukan pembayaran terhadap sisa pekerjaan yang belum dibayar dan meminta kepada penyedia untuk mengembalikan uang muka sebesar 30% yang telah dibayarkan.

   Tindak lanjut dari audit kami adalah KPA tidak melakukan pembayaran sisa pekerjaan dan telah menarik pembayaran uang muka ke Kas Daerah secara bertahap sesuai dengan kesepakatan KPA dengan penyedia.

2. **Audit Kinerja Daerah Irigasi Blambangan UPT PSDA WS Sampean Bondowoso Dinas PU SDA Provinsi Jawa Timur.**

   Sesuai dengan tuntutan mandatori dari *Monitoring Center for Prevention* dari Komisi Pemberantasan Korupsi (MCP KPK), pada akhir tahun 2019 Inspektorat Provinsi Jawa Timur harus melakukan audit kinerja terhadap auditinya. Salah satu penugasan audit kinerja tersebut diarahkan pimpinan untuk menilai kinerja jaringan irigasi kewenangan pemerintah Provinsi Jawa Timur yaitu Audit Kinerja Jaringan Irigasi Blambangan pada UPT PSDA Wilayah Sungai Sampean Setail Bondowoso Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur Tahun 2019.

   Sesuai dengan standar audit AAIPI, sebelum dilakukan audit kami selaku Ketua Tim terlebih dahulu menyusun Program Kerja Audit (PKA) Audit Kinerja untuk menilai Kinerja Jaringan Irigasi Blambangan pada UPT PSDA Wilayah Sungai Sampean Setail Bondowoso. Dalam menyusun PKA Audit Kinerja terlebih dahulu menyusun PKA untuk menilai Sistem Pengendalian Intern Auditi. Sedangkan untuk melakukan penilaian kinerja jaringan irigasi, terlebih dahulu dilakukan brainstorming dan diskusi dengan auditi. Hasil diskusi diketahui bahwa audit secara berkala telah melaporkan kinerja jaringan irigasi yang menjadi kewenangannya menggunakan indikator kinerja jaringan irigasi yang disusun oleh Direktorat Jenderal Kementerian PU SDA. Selanjutnya disepakati bersama bahwa indikator kinerja yang digunakan adalah indikator kinerja jaringan irigasi yang disusun oleh Direktorat Jenderal Kementerian PU SDA.

   Hasil audit diperoleh hal-hal sebagai berikut:
   a. Efektivitas Sistem Pengendalian Internal (SPI)
      Hasil evaluasi pada Jaringan Irigasi Blambangan pada UPT PSDA Wilayah Sungai Setail Sampean di Bondowoso selaku UKPBJ, dapat disimpulkan bahwa sistem pengendalian intern untuk keseluruhan unsur adalah **kurang memadai,** antara lain karena:
      1) Belum ada Kode Etik kegiatan Operasi dan Pemeliharaan yang disusun dan dimutakhirkan.
      2) Prosedur untuk menilai kompetensi pegawai belum didokumentasikan secara memadai.
      3) Sering terjadi kelemahan operasi yang disebabkan oleh rendahnya kompetensi.
      4) pada tingkat kegiatan belum didukung sumber daya yang memadai.

 ISSN 2987-677X

5) pimpinan unit belum merencanakan penilaian risiko.
6) Unit kerja belum memiliki mekanisme untuk mengantisipasi, mengidentifikasi, dan bereaksi terhadap risiko yang diakibatkan oleh berbagai perubahan yang dapat mempengaruhi tercapainya maksud dan tujuan unit kerja secara keseluruhan.
7) Dst.

b. Audit kinerja:
1) Aspek Kebijakan memperoleh skor 54,44 atau Cukup, terdiri dari:
a) Sub Aspek Komitmen mendapat skor 11,00 atau Cukup;
b) Sub Aspek Struktur Organisasi mendapat skor 5,00 atau Sangat Baik
c) Sub Aspek Anggaran mendapat skor 0,529 atau Sangat Buruk.
2) Aspek Pelaksanaan mendapat skor **53,43** dengan kriteria **kinerja jelek dan perlu perhatian**, karena:
a) Kondisi Sarana dan Prasarana Fisik Jaringan Irigasi jelek dan perlu perhatian.
b) Kinerja Produktivitas Tanam kurang dan perlu perhatian
c) Kinerja Sarana Penunjang kurang dan perlu perhatian.
d) Kinerja dokumentasi jelek dan perlu perhatian.
e) Kinerja kelembagaan P3A jelek dan perlu perhatian.
f) Luas areal layanan tidak jelas.
g) Skema Operasi tidak sinkron dengan skema konstruksi dan skema sosiohidro.

Kami telah merekomendasikan hal-hal sebagai berikut:
a. Efektivitas Sistem Pengendalian Internal (SPI):
1) Segera menyusun kode etik untuk pegawai yang terlibat secara langsung dalam kegiatan eksploitasi dan pemeliharaan jaringan irigasi, selanjutnya segera mensosialisasikannya serta melakukan pemantauan atas pelaksanaan kode etik tersebut.
2) Segera mendokumentasikan secara memadai prosedur penilaian kompetensi personil dan melakukan penilaian kompetensi pada personil kunci pelaksana kegiatan eksploitasi dan pemeliharaan jaringan irigasi.
3) Segera mengusulkan pelatihan teknis untuk personil pelaksana kegiatan eksploitasi dan pemeliharaan jaringan irigasi untuk meningkatkan kompetensi.
4) Segera mengusulkan untuk mengisi posisi-posisi yang masih kosong dalam pelaksanaan kegiatan eksploitasi dan pemeliharaan jaringan irigasi.
5) Segera menyusun peta risiko pada kegiatan eksploitasi dan pemeliharaan jaringan irigasi.
6) Segera menyusun rencana tindak pengendalian untuk mitigasi atas resiko dalam peta risiko.
7) dst

b. Audit Kinerja:
1) Aspek Kebijakan:
a) segera menyusun SOP kegiatan Pemeliharaan Jaringan Irigasi dan Kode Etik kegiatan Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi.
b) supaya mengusulkan alokasi anggaran untuk mendukung kegiatan operasi dan pemeliharaan Jaringan Irigasi Blambangan yang memadai berdasarkan Kinerja dilakukan dengan memperhatikan:
- keterkaitan antara pendanaan dengan Keluaran yang diharapkan dari Kegiatan;
- Hasil dan manfaat yang diharapkan; dan
- efisiensi dalam pencapaian Hasil dan Keluaran.

2) Aspek Pelaksanaan:
a) Kondisi Sarana dan Prasarana Fisik Jaringan Irigasi jelek dan perlu perhatian, antara lain:
- Segera merencanakan pekerjaan pengerukan sedimen pada sayap Dam Blambangan.
- Memerintahkan personil untuk selalu melakukan update informasi dalam Papan Operasi.
- Menginventarisir secara menyeluruh kondisi bangunan ukur, merencanakan dan mengusulkan alokasi anggaran untuk perbaikan dan kalibrasi bangunan ukur di Jaringan Irigasi Blambangan.
- Menginventarisir kondisi saluran secara menyeluruh, menghitung secara cermat dan mengusulkan alokasi anggaran untuk kegiatan pemeliharaan rutin dan pemeliharaan berkala dengan menggunakan skala prioritas guna meningkatkan kinerja saluran.
- Menginventarisir bangunan-bangunan liar yang ada pada tanggul saluran maupun jalan inspeksi dan selanjutnya berkoordinasi dengan pemerintah daerah setempat untuk melakukan penertiban.
- Menginventarisir bangunan-bangunan liar yang ada pada tanggul saluran maupun jalan inspeksi dan selanjutnya berkoordinasi dengan pemerintah daerah setempat untuk melakukan penertiban.
- Dst.

b) Kinerja Produktivitas Tanam kurang dan perlu perhatian:
- segera melakukan analisis dan telaah terkait kondisi kekeringan di saluran sekunder Paras Tembok, Arja

 ISSN 2987-677X

dan Sembulung apakah karena akibat kebocoran saluran atau sedimentasi yang terlalu tinggi, atau kesalahan dalam perhitungan kebutuhan pemenuhan air yang pelaksanaannya berpedoman pada lampiran I Peraturan Menteri PUPR Nomor 12/PRT/M/2019 tentang Eksploitasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi.

c) Kinerja Sarana Penunjang kurang dan perlu perhatian:
- Segera meminta pengiriman alat berat excavator milik Dinas untuk melakukan pengerukan sedimen yang cukup tinggi di Jaringan Irigasi Blambangan.
- Mengupayakan alokasi anggaran untuk alat transportasi Juru, POB dan PPA dan Pekarya yang dilakukan secara bertahap dengan skala prioritas.
- Mengingat saat ini hampir semua orang telah memiliki handphone, supaya mengupayakan alokasi anggaran untuk bantuan biaya pulsa bagi petugas kegiatan operasi dan pemeliharaan jaringan irigasi.

d) Kinerja dokumentasi jelek dan perlu perhatian:
- supaya segera melengkapi gambar-gambar, peta-peta dan dokumen-dokumen lain yang diperlukan dalam pelaksanaan operasi dan pemeliharaan jaringan irigasi.

e) Kinerja kelembagaan P3A jelek dan perlu perhatian:
- Segera menyusun langkah-langkah untuk kegiatan penguatan kelembagaan P3A agar lebih aktif dan berpartisipasi dalam kegiatan eksploitasi dan pemeliharaan jaringan irigasi.

f) Luas areal layanan tidak jelas:
- segera melakukan penelusuran jaringan irigasi Blambangan secara menyeluruh bersama-sama dengan pihak terkait dan memperbaiki hasil perencanaan yang salah.

g) Skema Operasi tidak sinkron dengan skema konstruksi dan skema sosiohidro:
- supaya memperingatkan kepala seksi Operasi UPT PSDA yang kurang cermat dalam menyajikan dokumen skema operasi jaringan irigasi, sesuai dengan ketentuan.

3. Reviu HPS Usulan Dana BTT Untuk Penanganan Darurat Kerusakan Jalan Dan Jembatan Akibat Bencana Di Kabupaten Pacitan.

Berdasarkan kejadian bencana alam di Kabupaten Pacitan dan dikeluarkannya status tanggap darurat bencana oleh Bupati Pacitan, telah terjadi kerusakan prasarana jalan jembatan dengan rincian sebagai berikut:

a. Terdapat 2 (dua) lokasi kerusakan badan jalan kewenangan Pemerintah Provinsi, yaitu:
   1) Link 136 KM. S.Baya 267+850;
   2) Link 136.11.K KM. S.Baya 272+127.

b. Terdapat 4 (empat) lokasi kerusakan jembatan yang menjadi kewenangan Pemerintah Kabupaten Pacitan, yaitu:
   1) Jembatan Cangkring
   2) Jembatan Gandu
   3) Jembatan Dembo
   4) Jembatan Kembang

Atas kerusakan prasarana Jalan dan Jembatan tersebut, telah diajukan dana perbaikan melalui anggaran Belanja Tidak Tetap (BTT) kepada Gubernur Jawa Timur.

Hasil Reviu HPS menunjukkan hal sebagai berikut:

a. Penanganan Darurat Kerusakan Jalan Akibat Bencana di Link 136 KM. S.Baya 267+850:
   1) Terdapat beberapa metode pekerjaan dalam Analisa Harga Satuan Pekerjaan yang tidak sesuai dengan kondisi lapangan.
   2) Nilai HPS lebih tinggi dari Harga Koreksi, yaitu terdapat selisih senilai Rp 162.000.000,00.
   3) Harga Alat dan Bahan diperoleh dari hasil survey pada Kabupaten Pacitan (lokasi pekerjaan dilaksanakan), konfirmasi kepada beberapa penyedia, surat penawaran penyedia, survey harga terkini melalui internet yang dilakukan Tim Inspektorat Provinsi Jawa Timur, SSH Kabupaten Pacitan Tahun 2022, dan SSH Provinsi Jawa Timur Tahun 2022.
   4) Harga upah diperoleh dari UMK Kabupaten Pacitan Tahun 2022.

b. Penanganan Darurat Kerusakan Jalan Akibat Bencana di Link 136.11.K KM. S.Baya 272+127:
   1) Terdapat beberapa metode pekerjaan dalam Analisa Harga Satuan Pekerjaan yang tidak sesuai dengan kondisi lapangan.
   2) Nilai HPS lebih tinggi dari Harga Koreksi, yaitu terdapat selisih senilai Rp 203.000.000,00.
   3) Harga Alat dan Bahan diperoleh dari hasil survey pada Kabupaten Pacitan (lokasi pekerjaan dilaksanakan), konfirmasi kepada beberapa penyedia, surat penawaran penyedia, survey harga terkini melalui internet yang dilakukan Tim Inspektorat Provinsi Jawa Timur, SSH Kabupaten Pacitan Tahun 2022, dan SSH Provinsi Jawa Timur Tahun 2022.
   4) Harga upah diperoleh dari UMK Kabupaten Pacitan Tahun 2022.

c. Rehabilitasi Jembatan Cangkring:
   1) Terdapat beberapa metode pelaksanaan pekerjaan yang tidak sesuai dengan kondisi di

 ISSN 2987-677X

lapangan yang dapat mengakibatkan pemborosan.
2) Nilai HPS lebih tinggi dari Harga Koreksi, yaitu terdapat selisih senilai Rp 114.000.000,00
3) Harga Alat dan Bahan diperoleh dari hasil survey pada Kabupaten Pacitan (lokasi pekerjaan dilaksanakan), konfirmasi kepada beberapa penyedia, surat penawaran penyedia, survey harga terkini melalui internet yang dilakukan Tim Inspektorat Provinsi Jawa Timur, SSH Kabupaten Pacitan Tahun 2022, dan SSH Provinsi Jawa Timur Tahun 2022
4) Harga upah diperoleh dari UMK Kabupaten Pacitan Tahun 2022.

d. Rehabilitasi Jembatan Gandu:
1) Terdapat beberapa metode pelaksanaan pekerjaan yang tidak sesuai dengan kondisi di lapangan yang dapat mengakibatkan pemborosan.
2) Nilai HPS lebih tinggi dari Harga Koreksi, yaitu terdapat selisih senilai Rp 284.000.000,00
3) Harga Alat dan Bahan diperoleh dari hasil survey pada Kabupaten Pacitan (lokasi pekerjaan dilaksanakan), konfirmasi kepada beberapa penyedia, surat penawaran penyedia, survey harga terkini melalui internet yang dilakukan Tim Inspektorat Provinsi Jawa Timur, SSH Kabupaten Pacitan Tahun 2022, dan SSH Provinsi Jawa Timur Tahun 2022.
4) Harga upah diperoleh dari UMK Kabupaten Pacitan Tahun 2022.

e. Rehabilitasi Jembatan Dembo:
1) Terdapat beberapa metode pelaksanaan pekerjaan yang tidak sesuai dengan kondisi di lapangan yang dapat mengakibatkan pemborosan.
2) Nilai HPS lebih tinggi dari Harga Koreksi, yaitu terdapat selisih senilai Rp 132.000.000,00.
3) Harga Alat dan Bahan diperoleh dari hasil survey pada Kabupaten Pacitan (lokasi pekerjaan dilaksanakan), konfirmasi kepada beberapa penyedia, surat penawaran penyedia, survey harga terkini melalui internet yang dilakukan Tim Inspektorat Provinsi Jawa Timur, SSH Kabupaten Pacitan Tahun 2022, dan SSH Provinsi Jawa Timur Tahun 2022
4) Harga upah diperoleh dari UMK Kabupaten Pacitan Tahun 2022.

f. Rehabilitasi Jembatan Kembang:
1) Terdapat beberapa metode pelaksanaan pekerjaan yang tidak sesuai dengan kondisi di lapangan yang dapat mengakibatkan pemborosan.
2) Nilai HPS lebih tinggi dari Harga Koreksi, yaitu terdapat selisih senilai Rp 268.000.000,00
3) Harga Alat dan Bahan diperoleh dari hasil survey pada Kabupaten Pacitan (lokasi pekerjaan dilaksanakan), konfirmasi kepada beberapa penyedia, surat penawaran penyedia, survey harga terkini melalui internet yang dilakukan Tim Inspektorat Provinsi Jawa Timur, SSH Kabupaten Pacitan Tahun 2022, dan SSH Provinsi Jawa Timur Tahun 2022
4) Harga upah diperoleh dari UMK Kabupaten Pacitan Tahun 2022.

4. Pendampingan kepada Dinas Perhubungan atas temuan BPK-RI pada Pemeriksaan Laporan Keuangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur.

Pada konsep LHP BPK-RI atas LK Pemerintah Provinsi Jawa Timur TA 2020, Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Timur, terdapat temuan atas pelaksanaan paket Pekerjaan Pembangunan Pelabuhan Paciran senilai Rp 78.252.715636,35. Tim audit BPK menemukan bahwa telah terjadi kelebihan pembayaran atas pekerjaan tersebut sebesar 3,2 milyar rupiah. Temuan tersebut didasarkan atas hasil uji kuat tekan yang dilakukan oleh Laboratorium Teknik Jalan dan Jembatan Wilayah Jawa Timur Balai Besar Pelaksana Jalan Nasional Jawa Timur – Bali, Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, atas *sample* 13 yang diberikan oleh auditor BPK.

Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa terdapat beberapa sampel benda uji hasil *core drill* di lapangan yang berbentuk silinder dengan diameter 9 cm yang setelah dilakukan uji kuat tekan hasil nilai konversinya menunjukkan bahwa kualitasnya kurang memenuhi spesifikasi teknis yang ditetapkan dalam kontrak yang selanjutnya dihitung dengan harga satuan item pekerjaan beton, ditemukan terjadi kelebihan pembayaran sebesar 3,2 milyar rupiah yang harus segera dikembalikan ke Kas Daerah.

Kami selaku auditor Inspektorat Provinsi Jawa Timur dalam pelaksanaan *Consulting Activities* ditugaskan selaku pendamping untuk menerjemahkan dan sekaligus melakukan koreksi terhadap temuan sementara BPK-RI tersebut.

Setelah mempelajari secara seksama hasil uji kuat tekan pada Laboratorium Teknik Jalan dan Jembatan Wilayah Jawa Timur Balai Besar Pelaksana Jalan Nasional Jawa Timur – Bali, Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, kami temukan kejanggalan bahwa rasio benda uji silinder beton tersebut seluruhnya diatas angka 2,2 yaitu paling rendah 2,22 hingga 2,94. Sedangkan menurut SNI 1974:2011 Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder, dipersyaratkan bahwa 'Panjang dan diameter benda uji silinder memiliki perbandingan tertentu dimana benda uji standar memiliki rasio L/D = 1,8 sampai dengan 2,2 dengan faktor koreksi = 1. Sehingga seharusnya pihak laboratorium melakukan pemotongan benda uji terlebih dahulu sebelum dilakukan uji kuat tekan.

Atas kondisi tersebut kami mengajukan banding kepada auditor BPK-RI dengan menyatakan bahwa hasil pengujian kuat tekan oleh Laboratorium Teknik Jalan dan Jembatan Wilayah Jawa Timur Balai Besar Pelaksana Jalan Nasional Jawa Timur – Bali, Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan

 ISSN 2987-677X

Perumahan Rakyat tidak valid karena rasio benda uji tidak memenuhi standar dan menawarkan untuk mengambil sampel lagi serta melakukan pengujian ulang kuat tekan.

Atas banding keberatan yang kami ajukan dan setelah mempertimbangkan dengan masak, tim audit BPK-RI memutuskan untuk menghapus temuan tersebut.

Kesimpulan

Berdasarkan contoh-contoh hasil kerja kami baik berupa *Assurance Activities* maupun *Consulting Activities* auditor pada pekerjaan konstruksi terbukti sangat membutuhkan praktik-praktik keinsinyuran. Tidak mungkin dapat dilakukan audit dengan hasil yang memadai apabila tidak menggabungkan teknik-teknik audit dengan praktik keinsinyuran. Artinya setiap Auditor dalam melakukan tugas khususnya terkait infrastruktur maupun pekerjaan konstruksi apabila menginginkan hasil pelaksanaan tugas auditnya selain memiliki dan menjalankan teknik-teknik audit yang dimilikinya wajib pula melakukan praktik keinsinyuran agar hasil audit dapat memberikan jaminan kualitas yang memadai, sehingga dapat memberikan masukan yang efektif bagi pemangku kepentingan untuk pengambilan keputusan

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Allah SWT atas segala rahmat, karunia dan hidayahNya kepada kami, terima kasih yang mendalam kami ucapkan kepada istri kami tercinta yang selalu memberikan dukungan segala langkah kami, bapak Inspektur Provinsi Jawa Timur yang selalu memberikan dukungan kepada setiap penugasan kami, bapak Inspektur Pembantu I selaku atasan langsung kami yang selalu memberikan arahan dan bimbingan dalam setiap penugasan audit kami, Dian Savitri rekan kerja di Dinas PU SDA yang memberi kesempatan dan membantu kami dalam menempuh Pendidikan keinsinyuran ini.

Referensi

Cara Uji Kuat Tekan Beton. SNI 1974:2011. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.

Konsep Laporan Hasil Pemeriksaan BPK-RI atas LKPD Pemerintah Provinsi Jawa Timur TA 2020. Surabaya. Badan Pemeriksa Keuangan Republik Indonesia.

Laporan Hasil Audit Kinerja Jaringan Irigasi Blambangan pada UPT PSDA Wilayah Sungai Sampean Setail Bondowoso Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur Tahun 2019. Sidoarjo. Inspektorat Provinsi Jawa Timur.

Laporan Hasil Audit Tujuan Tertentu atas permohonan audit pada paket pekerjaan Peningkatan Jalan Ploso - Bts. Kota Jombang, Jln. Wahab Hasbullah dan Jln. Hasyim Ashari, efektif = 5,6 km dan paket pekerjaan Peningkatan Jalan Bts. Kab. Mojokerto – Ploso TA 2018. Sidoarjo. Inspektorat Provinsi Jawa Timur.

Laporan Hasil Uji Tahun 2021. Sidoarjo. Laboratorium Teknik Jalan dan Jembatan Wilayah Jawa Timur, Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Timur – Bali.

Laporan Reviu HPS Usulan Dana BTT Untuk Penanganan Darurat Kerusakan Jalan Dan Jembatan Akibat Bencana Di Kabupaten Pacitan TA 2021. Sidoarjo. Inspektorat Provinsi Jawa Timur.

Standar Audit Intern Pemerintah Indonesia Tahun 2013. Jakarta. AAIPI.

ISSN 2987-677X

Peningkatan *Softskill* Kegiatan Kokurikuler bagi Taruna Teknologi Elektro Perkeretaapian

Teguh Arifianto[1], Andrew Joewono[2], Andri Pradipta[3], Arief Darmawan[4], Dara Aulia Feryando[5], Fathurrozi Winjaya[6], Santi Triwijaya[7], Muhammad Aldo Tricahya[8]

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

[2] Teknologi Elektro Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

✉ teguh@ppi.ac.id

Transportasi adalah usaha memindahkan, mengangkut, mengalihkan, atau menggerakkan suatu objek (dapat berupa orang ataupun barang) dari tempat satu ke tempat lainnya yang lebih bermanfaat untuk tujuan-tujuan tertentu. Salah satu moda transportasi adalah kereta api. Kereta api merupakan salah satu moda transportasi darat yang memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan moda transportasi lainnya terutama moda transportasi yang beroperasi di jalan raya yaitu kapasitas angkut yang lebih banyak (massal), waktu tempuh yang sesuai dengan jadwal kereta, bahan bakar yang hemat, emisi gas buang yang rendah, dan tujuan pemberhentian kereta yang bisa menjangkau kota pusat perekonomian. Berbagai aspek keunggulan menggunakan kereta api, Pemerintah terus melakukan pembangunan *double track* untuk mendukung penyediaan angkutan massal yang berguna untuk memenuhi kebutuhan mobilitas masyarakat. Untuk memenuhi kebutuhan SDM perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun mempersiapkan SDM dengan melakukan kegiatan kokurikuler untuk meningkatkan *softskill*. Kegiatan ini berlangsung selama lima hari. Kegiatan yang dilakukan yaitu teknik pemeliharaan *interlocking*, teknik pemeliharaan motor wesel, teknik pemeliharaan persinyalan mekanik, teknik pemeliharaan *radio train dispatching*, pelatihan desain PCB, dan teknik penyolderan. Para taruna menjadi semakin memahami konsep materi dan praktik terkait peralatan persinyalan perkeretaapian.

Kata kunci: transportasi, kereta api, perkeretaapian, kokurikuler, *softskill*

Pendahuluan

Transportasi adalah usaha memindahkan, mengangkut, mengalihkan, atau menggerakkan suatu objek (dapat berupa orang ataupun barang) dari tempat satu ke tempat lainnya yang lebih bermanfaat untuk tujuan-tujuan tertentu (Miro, 2005). Transportasi dibagi menjadi tiga macam yaitu transportasi darat, udara, dan laut. Transportasi darat adalah transportasi yang menggunakan media daratan untuk beroperasi. Moda transportasi darat yaitu kereta api, truk, taksi, mobil, bus, sepeda motor, sepeda, dan becak (Wahda dkk, 2017).

Kereta api merupakan salah satu moda transportasi darat yang memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan moda transportasi lainnya terutama moda transportasi yang beroperasi di jalan raya yaitu kapasitas angkut yang lebih banyak (massal), waktu tempuh yang sesuai dengan jadwal kereta, bahan bakar yang hemat, emisi gas buang yang rendah, dan tujuan pemberhentian kereta yang bisa menjangkau kota pusat perekonomian (DJKA, 2019). Berbagai aspek keunggulan menggunakan kereta api, Pemerintah terus melakukan pembangunan *double track* untuk mendukung penyediaan angkutan massal yang berguna untuk memenuhi kebutuhan mobilitas masyarakat.

Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun merupakan salah satu perguruan tinggi negeri di lingkungan Kementerian Perhubungan yang berada di bawah dan bertanggungjawab kepada Kepala Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Perhubungan (Permenhub, 2019). Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun mempunyai tugas untuk menyelenggarakan pendidikan vokasi, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat di bidang perkeretaapian (Permenhub, 2019). Kegiatan pengabdian masyarakat di bidang perkeretaapian adalah sosialisasi keselamatan perkeretaapian di sekolah (Kurniawan dkk, 2021), wisata edukasi perkeretaapian (Arifianto dkk, 2021), dan peningkatan kompetensi SDM perkeretaapian (Wirawan dkk, 2021).

Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilakukan dalam bentuk Praktik Kerja Lapangan (PKL) dan kokurikuler yang dilaksanakan di Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun yang diikuti oleh Taruna D-III Teknologi Elektro Perkeretaapian Angkatan VI. Tujuan dari kegiatan kokurikuler ini untuk mendukung kegiatan intrakurikuler dan memperdalam materi pelajaran yang telah dipelajari serta diperoleh dalam kegiatan intrakurikuler di dalam kelas.

Taruna juga dapat secara optimal untuk mendukung pencapaian tujuan pendidikan serta mengembangkan sikap dan perilaku yang prima, profesional, dan beretika (Permenhub, 2020).

Kegiatan kokurikuler ini dilaksanakan secara individu dan kelompok. Beberapa kegiatan kokurikuler diantaranya

 ISSN 2987-677X

teknik pemeliharaan *interlocking*, teknik pemeliharaan motor wesel, teknik pemeliharaan persinyalan mekanik, teknik pemeliharaan radio *train dispatching*, pelatihan desain PCB, dan teknik penyolderan.

Metode Pelaksanaan

Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan di laboratorium dan workshop Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun selama 5 hari dari tanggal 21-25 Juni 2021 yang diikuti oleh Taruna D-III Teknologi Elektro Perkeretaapian Angkatan VI berjumlah 24 taruna. Adapun jadwal pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Jadwal pelaksanaan pengabdian masyarakat

No	Hari/ Tanggal	Kegiatan	Dosen
1	Senin, 21 Juni 2021	Teknik pemeliharaan *interlocking*	Arief Darmawan, M.M
2	Selasa, 22 Juni 2021	Teknik pemeliharaan motor wesel	Arief Darmawan, M.M
3	Rabu, 23 Juni 2021	Teknik pemeliharaan persinyalan mekanik	Fathurrozi Winjaya, S.T., M.T
4	Kamis, 24 Juni 2021	Teknik pemeliharaan radio *train dispatching*	Dara Aulia Feryando, S.T., M.T
5	Jum'at, 25 Juni 2021	Pelatihan desain PCB dan teknik penyolderan	Fathurrozi Winjaya, S.T., M.T

Metode pelaksanaan kegiatan yang digunakan dalam pengabdian masyarakat ini adalah metode ceramah untuk menjelaskan teori dan pengetahuan umum dari masing-masing kegiatan, metode demonstrasi untuk memperagakan urutan teknik pemeliharaan dari masing-masing kegiatan, dan metode praktik digunakan untuk mengetahui kemampuan taruna setelah diberikan penjelasan mengenai cara teknik pemeliharaan dari masing-masing kegiatan.

Taruna mempraktikkan topik-topik materi yang dijelaskan dan metode diskusi untuk memberikan kesempatan kepada taruna bertukar pikiran dengan dosen dan peserta lainnya tentang kendala yang dialami ketika melakukan kegiatan tersebut.

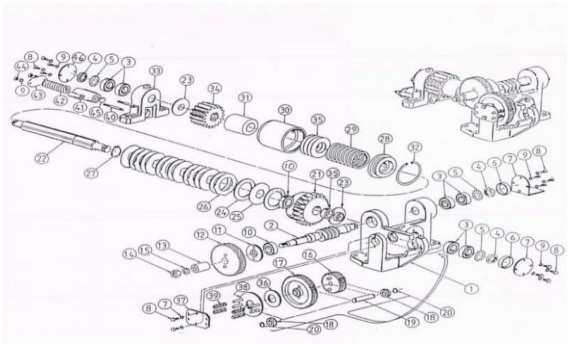
Hasil dan Pembahasan

Pada pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat ini dimulai dengan pengarahan kegiatan kokurikuler. Taruna memperhatikan dengan saksama pengarahan kegiatan tersebut. Taruna juga harus menerapkan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) dalam kegiatan pengabdian masyarakat ini dan selalu menerapkan sikap sadar lingkungan salah satunya yaitu membuang sampah pada tempatnya (Nurpratiwiningsih dkk, 2020). Pada hari pertama, taruna mendapatkan materi tentang teknik pemeliharaan *interlocking*. Pengertian dari *interlocking* adalah peralatan yang bekerja saling bergantung satu dengan yang lain dan berfungsi untuk mengunci, membentuk, dan mengontrol untuk mengamankan rute perjalanan kereta api yaitu petak jalan dan blok yang akan dilalui oleh kereta api (Permenhub, 2018).

Fungsi *interlocking* elektrik yaitu mengunci, membentuk, dan mengontrol semua peralatan persinyalan elektrik agar perjalanan kereta api menjadi aman. Menurut jenisnya, *interlocking* elektrik dibagi menjadi dua yaitu *interlocking relay* dan elektronik. *Interlocking relay* berupa modular *relay interlocking* sedangkan *interlocking* elektronik berupa *interlocking* berbasis komputer/ kontroller/ prosesor. Taruna juga melakukan praktik teknik pemeliharaan *interlocking* didampingi oleh Dosen.

Pada hari kedua yaitu teknik pemeliharaan motor wesel. Taruna diberi materi pengertian terkait dengan motor wesel. Motor wesel adalah bagian dari peralatan penggerak wesel elektrik yang berfungsi untuk menggerakkan lidah wesel, mendeteksi dan mengunci kedudukan akhir lidah wesel secara individual atau mengikuti arah rute yang telah dibentuk. Dalam hal penempatan atau pemasangan motor wesel, motor wesel harus bebas dari genangan air, harus ditambah dengan konstruksi yang kokoh, dilengkapi dengan tembok penahan balas untuk lokasi tertentu, dan harus kedap debu dan air.

Didalam materi dan praktik tentang motor wesel, taruna melakukan pembongkaran dan menyusun wesel elektrik dengan motor wesel bertipe T84M. Wesel elektrik terdapat 2 bagian komponen yaitu komponen mekanik dan elektrik. Alat-alat yang harus dipersiapkan dalam pembongkaran wesel yaitu obeng, tang, dan lain sebagainya. Kemudian lepas semua komponen yang terpasang termasuk bagian mekanik dan elektrik. Setelah itu dalam tahap pemasangan wesel harus mengacu pada penyusunan komponen pada gambar 1. Setelah selesai merangkai komponen wesel mekanik, maka selanjutnya memasukkan komponen wesel mekanik ke dalam *gear box* atau tempat seluruh komponen wesel terpasang. Kemudian rangkailah dengan komponen wesel elektrik yaitu motor wesel, *relay*, dan lain sebagainya.



Gambar 1. Penyusun komponen wesel mekanik

Pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat hari ketiga yaitu teknik pemeliharaan persinyalan mekanik. Persinyalan mekanik adalah suatu kesatuan perangkat yang digunakan untuk menyampaikan perintah bagi pengaturan perjalanan kereta api dengan peragaan, warna, dan/ atau bentuk informasi lain. Dalam persinyalan mekanik dibagi menjadi dua peralatan yaitu peralatan dalam ruangan dan luar ruangan. Peralatan dalam ruangan yaitu pesawat blok dan *interlocking* mekanik. Sedangkan peralatan luar ruangan yaitu penggerak wesel mekanik, peraga sinyal mekanik,

 ISSN 2987-677X

penghalang sarana, pengontrol kedudukan lidah wesel, dan media transmisi atau saluran kawat.



Gambar 2. Persinyalan mekanik

Pada hari keempat, taruna mendapatkan materi tentang teknik pemeliharaan radio *train dispatching*. Radio *train dispatching* adalah sebuah sistem komunikasi suara dan persinyalan antara TDC (*Train Dispatch Centre*) dengan *waystation* dan lokomotif untuk mengontrol lalu lintas kereta api. *Train dispatching system* pada dasarnya merupakan sistem yang diterapkan untuk keperluan komunikasi dan pengaturan antara stasiun kereta, kereta api, dan stasiun pengendali yang bertindak sebagai operator dari keseluruhan operasional kereta api.

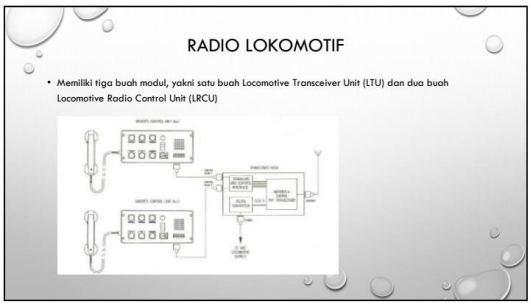
Simulator komunikasi radio ini dilakukan di ruangan CBI. Simulasi dilakukan agar taruna dapat mengetahui dan memahami cara melakukan panggilan, cara mengakhiri panggilan, jenis-jenis panggilan yang dapat dilakukan antar stasiun maupun stasiun dengan pengendali pusat.



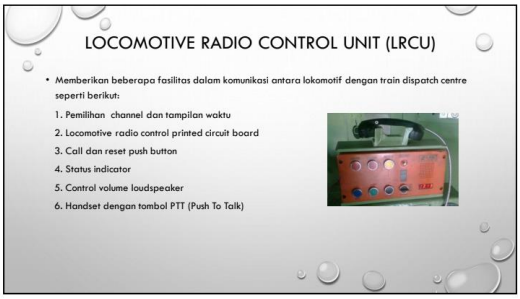
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 3. (a) Slide materi radio *train dispatching*, (b) *train dispatch centre*, (c) radio lokomotif, (d) *locomotive radio control unit*



Gambar 4. Simulasi komunikasi radio

Pada hari terakhir mendapatkan materi tentang pelatihan desain PCB dan teknik penyolderan. Proses menyolder dapat diartikan dengan menggabungkan beberapa logam/ metal secara difusi yang salah satunya mempunyai titik cair yang relatif lebih rendah sehingga logam yang memiliki titik cair lebih rendah akan mencair terlebih dahulu. Ketika penyolderan dihentikan, maka logam yang mencair tersebut akan kembali membeku dan menggabung bersama-sama dengan logam yang lain. Proses penyolderan dapat diaplikasikan pada peralatan elektronik untuk menempelkan atau menggabungkan komponen elektronika dengan papan *circuit* atau PCB.

Langkah-langkah yang harus diketahui sebelum melakukan penyolderan yaitu:

a. Alat dan bahan
   - ✓ timah solder atau tenol;
   - ✓ multimeter digunakan untuk memeriksa komponen elektronika sebelum disolder;

 ISSN 2987-677X

- ✓ penjepit atau tang digunakan untuk kaki komponen elektronika yang akan disolder sehingga komponen mudah dipasang dan tidak terlalu panas karena sebagian panas akan disalurkan ke penjepit;
- ✓ penghisap solder digunakan untuk membersihkan tenol yang terdapat pada PCB maupun komponen dan juga untuk mempermudah waktu mencabut komponen dari PCB;
- ✓ dudukan solder digunakan untuk meletakkan solder yang panas ketika sedang tidak digunakan.

b. Persiapan
- ✓ periksa PCB dan komponen elektronika yang akan disolder dan dipastikan dapat berfungsi dengan baik;
- ✓ dianjurkan menggunakan solder berkekuatan 30 watt agar tidak terlalu panas yang dapat menyebabkan komponen yang disolder menjadi rusak.

c. Proses penyolderan
- ✓ terlebih dahulu bersihkan PCB dan kaki komponen;
- ✓ memasukkan kaki komponen ke dalam PCB sesuai dengan rangkaian elektronika;
- ✓ mengatur posisi PCB;
- ✓ menambahkan timah pada titik solderan;
- ✓ menarik timah dari solderan;
- ✓ mendinginkan titik solderan.

d. Catatan
- ✓ jika menyolder komponen semikonduktor, gunakanlah solder yang panas dan lakukan dengan cepat serta berhati-hati;
- ✓ hindari menggunakan solder yang terlalu dingin sehingga proses penyolderan menjadi lebih lama kecuali dalam kondisi tertentu yang mengharuskan menggunakan solder yang lebih dingin.



Gambar 5. Praktek penyolderan

Kesimpulan

Berdasarkan kegiatan pengabdian masyarakat yang telah dilaksanakan selama 5 hari dapat disimpulkan bahwa taruna Teknologi Elektro Perkeretaapian Angkatan VI yang berjumlah 24 taruna telah memahami materi dan praktik yang telah diberikan oleh dosen. Taruna dibekali pengetahuan terkait teknik pemeliharaan *interlocking*, teknik pemeliharaan motor wesel, teknik pemeliharaan persinyalan mekanik, teknik pemeliharaan radio *train dispatching*, pelatihan desain PCB, dan teknik penyolderan yang benar.

Dengan terselesaikannya kegiatan ini, diharapkan beberapa saran yang dikemukakan diantaranya taruna yang telah mengikuti kegiatan ini diberikan tanggungjawab untuk menjadi tutor sebaya bagi taruna yang belum memiliki kesempatan mengikuti kegiatan ini dan taruna harus memotivasi diri sendiri agar terus memperdalam pengetahuan dari berbagai sumber terkait teknik pemeliharaan peralatan persinyalan perkeretaapian.

Referensi

Arifianto, T., Pratiwi, D. I., Feryando, D. A., Kurniawan, M. A., Riyanta, W. (2021). Wisata Edukasi Perkeretaapian di Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun. *Madiun Spoor: Jurnal Pengabdian Masyarakat*. 1 (1): 61-66.

Direktorat Jenderal Perkeretaapian. (2019). Moda Transportasi Kereta Api, Moda Angkutan Umum Massal Pilihan di Perkotaan. https://djka.dephub.go.id/moda-transportasi-kereta-api-moda-angkutan-umum-massal-pilihan-di-perkotaan-1. 08 Agustus 2021 (20:45).

Kurniawan, M. A., Puspitasari, A., Arifianto, T., Prasetya, H. W., Satrio, I. (2021). Sosialisasi Keselamatan Perkeretaapian Di SDN Ngujung II Magetan. Madiun Spoor: Jurnal Pengabdian Masyarakat. 1 (1): 33-37.

Miro, F. 2005. Perencanaan Transportasi untuk Mahasiswa, Perencana dan Praktisi. Erlangga. Jakarta.

Nurpratiwiningsih, L., Arifianto, T., Qosid, W., Ubaedillah. (2020). Menumbuhkan Sikap Sadar Lingkungan Bagi Anak Usia Sekolah Dasar. Jurnal Abdi Masyarakat UMUS (JAMU). 1 (01): 34-41.

Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 43 Tahun 2019. Organisasi dan Tata Kerja Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun. 13 Juni 2019. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2019 Nomor 696. Jakarta.

Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 44 Tahun 2018. Persyaratan Teknis Peralatan Persinyalan Perkeretaapian. 14 Mei 2018. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2018 Nomor 649. Jakarta.

Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 81 Tahun 2020. Statuta Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun. 20 November 2020. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2020 Nomor 1413. Jakarta.

Wahda, M. F., Listyorini, T., dan Meimaharani, R. (2017). 3D Hologram Pengenalan Alat Transportasi. Jurnal SIMETRIS. 8 (1): 291- 298.

Wirawan, W. A., Astuti, S. W., Rozaq, F., Sunardi. (2021). Peningkatan Kompetensi Tenaga Perawat Sarana Perkeretaapian Pada Bidang Dasar Teknologi Sistem Pengereman. Madiun Spoor: Jurnal Pengabdian Masyarakat. 1 (1): 23-32.

ISSN 2987-677X

Introduction to Resistive Random Access Memory: The Benefits, Mechanisms, and Performance Measures

Jesslyn Kartika Sari

Engineer Profession Study Program, Widya Mandala Catholic University Surabaya

✉ jesslynks1997@gmail.com

Resistive random-access memory (RRAM) has been regarded as a promising emerging non-volatile memory (NVM) due to its high speed, low cost, improved storage density, and excellent scalability to emulate synaptic behavior and accelerate the computation of intelligent algorithms. An overview of the area of new memory technologies is given in this manuscript. The material properties, resistance switching modes, resistive switching mechanism, and performance metrics of RRAM are presented.

Keywords: resistive random access memory, non-volatile memory, conductive filament, resistance switching

Introduction

Resistive random access memory (RRAM) is one of the promising candidates for next generation data storage and in-memory computing, providing advantages such as a low energy consumption, a fast switching speed, and excellent scalability due to its simple structure, compared to its conventional counterparts (Li et al., 2021) (Oh & Yoon, 2021) (Tran et al., 2021) (Zahoor et al., 2020).

This review article provides a brief introduction into the advancement of the memory architecture and the current trends while providing a valuable insight into the field of emerging memory technologies. A detailed discussion, highlighting the importance of RRAM, its structure, working mechanism, and classification, are presented.

Methods

The author used secondary methods for this work. Most of the information, which is validated through the experimental result, are taken from international journal articles.

Discussions

Types of Memory

There are two types of random access memory (RAM): volatile and non-volatile. When the power source is cut off, a volatile memory, such as dynamic random-access memory (DRAM) or static random-access memory (SRAM), loses its previously stored data. DRAMs used in computer systems have tremendous capacity and density, but they must be refreshed every few milliseconds due to their volatility. This refreshing increases the device's energy usage, which is undesirable. SRAM, on the other hand, is faster yet volatile, like DRAM, and its cells are larger, making it more difficult to install on a large scale.
Non-volatile memory keeps the previously recorded information even after the power source is turned off. A typical example of non-volatile memory is flash memory. Due to its low cost and high density, it primarily consists of a floating gate and a metal-oxide-semiconductor field-effect transistor (MOSFET) in each memory cell. It is currently utilized extensively, especially for embedded applications. Flash memory can be NOR Flash or NAND Flash depending on how the memory cells are arranged.

Since NOR Flash cells are wired in parallel to bit lines, each cell can be read and programmed separately. Similar to a CMOS NOR gate architecture, this has transistors connected in parallel. Meanwhile, the cells are connected in series to the bit lines in the case of NAND Flash, the architecture resembles that of a CMOS NAND gate. It should be mentioned that the series connection uses less space than the parallel one, which lowers the price of NAND Flash.

However, both types of Flash memories suffer from several disadvantages such as low operation speed (write/erase time: 1 ms/0.1 ms), limited endurance (10^6 write/erase cycles), and high write voltage (> 10 V) (Pan et al., 2014).

The aforementioned memory technologies—DRAM, SRAM, and Flash—are charge storage-based memories which retain information as charges. A new class of memories, commonly referred to as emerging memory technologies, is now being developed and actively investigated with the intention of completely revolutionizing the current memory hierarchy (Wong & Salahuddin, 2015).

These emerging memory technologies attempt to combine SRAM's switching speed, DRAM's storage density, and Flash memory's non-volatility, making them very alluring replacements for the future memory hierarchy. A memory device should have the following qualities to be considered excellent: low operating voltage (<1 V), long cycling endurance (> 10^{17} cycles),

 ISSN 2987-677X

enhanced data retention time (>10 years), low energy consumption (fJ/bit), and superior scalability (<10 nm) (Yu, 2016).

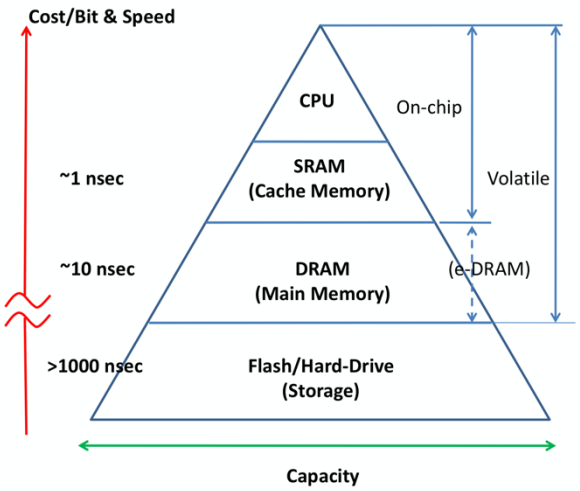


Figure 1 Hierarchy of conventional charge storage-based memory

Many new memory technologies are now being researched in an effort to fulfill some of these ideal memory qualities. The following are examples of memory technologies that store information via changing resistance rather than charge: (i) phase change memory (PCM), (ii) spin-transfer torque magnetoresistive random access memory (STT-MRAM), and (iii) resistive random access memory (RRAM).

For effective data storage, PCM depends on the difference in resistance between the crystalline phase and the amorphous phase (Wong et al., 2010) (Burr et al., 2010) (Wuttig & Yamada, 2007). The magnetic tunneling junction (MJT), which is made up of two ferromagnetic layers with a tunneling dielectric sandwiched in between, is what gives STT-MRAM its storage capability (Apalkov et al., 2016) (Dieny et al., 2010). On the other hand, RRAM depends on the formation and breakdown of conductive filaments that correspond to low resistance state (LRS) and high resistance state (HRS), respectively, in the insulator between two electrodes (Gupta et al., 2020) (Zhu et al., 2015) (Ielmini, 2016). RRAM is a candidate for emerging memory technology that offers a competitive alternative to current CMOS technology due to its ease of fabrication, relatively simple metal-insulator-metal (MIM) structure, superior scalability, nanosecond speed, long data retention, and compatibility (Yang, 2016).

The major focus of this work is a succinct explanation of RRAM technology. The classification of switching m odes, a study of switching materials, and specifics of the switching mechanism are covered in the next section.

Resistance Switching Modes

A MIM configuration, which is the typically basic structure of an RRAM cell, consists of an insulating layer sandwiched between two metal electrodes. The resistance across the MIM structure can change between an HRS and an LRS, which correspond to the "0" and "1" of a memory storage, respectively, under the impact of an external electrical bias at the electrodes (Tran et al., 2021).

The widely recognized hypothesis states that the repeated generation and breaking of conductive filaments (CFs) inside the dielectric layer underlies the switching of the memory state within an RRAM cell (Zahoor et al., 2020).

The top electrode (TE) and bottom electrode (BE) of the memory cell are electrically connected by the CF, a channel having a diameter on the order of nanometers. This connection is the LRS, whereas the HRS is the disconnection brought about by the creation of a gap inside the CFs.

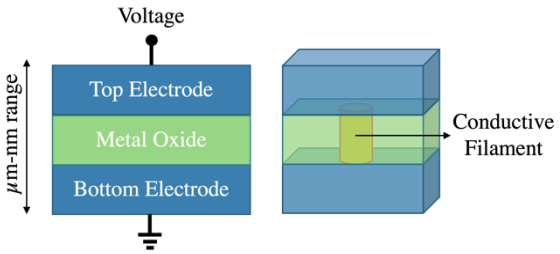


Figure 2 Schematic illustration of RRAM configuration

Resistive Switching Mechanism

Based on the mechanism of the CF formation, RRAM can be categorized as electrochemical metallization mechanism (ECM) RRAM or valence change mechanism (VCM) RRAM. In ECM RRAM, the top metal contact is made of an electrochemically active material, while the bottom metal contact is made from an

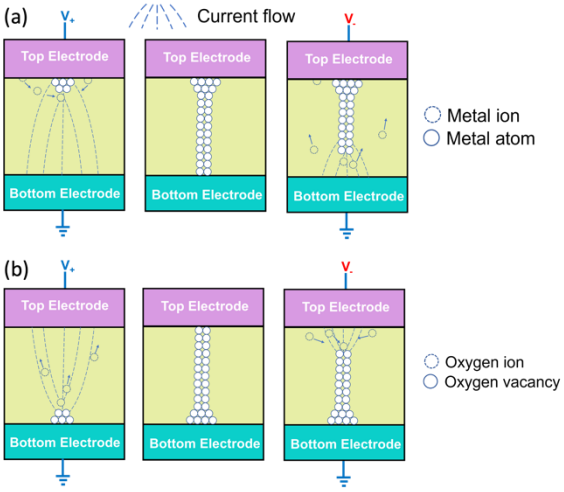


Figure 3 Schematic illustration of (a) electrochemical metallization mechanism and (b) valence change mechanism

 ISSN 2987-677X

electrochemically inert material. The applied electric field forces the positive metal ions to drift through the active switching layer. The oxidized metal ions will be reduced to the inert bottom contact. In this continuous process, conducting filament is formed across the electrodes which switch the device's resistive state (Zahoor et al., 2020) (Saini et al., 2022).

In VCM RRAM, oxygen vacancies play a crucial role in forming the CF. The switching mechanism is attributed to the generation and recombination of oxygen vacancies. When an electrical bias is applied at the electrodes, oxygen ions escape from their original positions and drift to the anode/metal oxide interface, forming an "oxygen reservoir", the process of which creates oxygen vacancies within the dielectric which form CFs. Then, by reversing the applied electrical bias, oxygen ions migrate back to fill the vacancies, leading to the breaking of CFs (Zahoor et al., 2020) (Li et al., 2017).

Material for RRAM

Due to its compatibility with CMOS BEOL processing, binary metal oxides have received substantial study as a desirable switching material for upcoming non-volatile memory applications. Various metal-oxide-based materials exhibiting the non-volatile resistance switching such as hafnium oxide (HfO_x), titanium oxide (TiO_x), tantalum oxide (TaO_x), nickel oxide (NiO), zinc oxide (ZnO), zinc titanate (Zn_2TiO_4), manganese oxide (MnO_x), magnesium oxide (MgO), aluminum oxide (AlO_x), and zirconium dioxide (ZrO_2) have drawn the most attention and have been studied extensively during the past several years.

The device's switching behavior is significantly influenced by the electrode material selected. For example, in copper/poly(3-hexylthiophene): [6,6]-phenyl-C61-butyric acid methyl ester/indium-tin oxide (Cu/P3HT: PCBM/ITO) structure, a consistent resistive switching behavior was seen, but when the Cu electrode was switched out for a Pt electrode, the behavior vanished (Gao et al., 2012).

For RRAM electrodes, a wide range of materials have been used. The electrode materials can be grouped into five categories on the basis of their composition, including elementary substance electrodes, silicon-based electrodes, alloy electrodes, oxide electrodes, and nitrite-based electrodes. The most abundant and the commonly used electrodes are elementary substance electrodes which include Al, Ti, Cu, graphene, carbon nanotubes, Ag, W, and Pt. For silicon-based electrodes, p-type Si and n- type Si are the only types of electrodes used. Alloy electrodes usually stabilize the resistive switching behavior and mainly include Cu-Ti, Cu-Te, and Pt-Al. The most common nitride-based electrodes are the TiN and TaN. The oxide-based electrodes are relatively abundant, including Al-doped ZnO, Ga-doped ZnO, and ITO.

Performance Measures of RRAM

Endurance

A HRS and LRS are frequently switched between in RRAM. The performance of the RRAM can be harmed permanently by each switching event between the resistive states. The amount of times an RRAM device can flip between the HRS and the LRS while still maintaining a consistently recognizable ratio between them is known as endurance. The number of set/reset cycles that can be switched efficiently before the HRS and the LRS can no longer be distinguished is thus determined by an endurance test. I-V sweeps in a resistive switching cell are used to produce the endurance properties of RRAM (Zahoor et al., 2020).

Retention

A RRAM device's ability to retain data requires research into the stability of both the LRS and HRS over time following set and reset transitions. In other words, the ability of a memory cell to keep its content is determined by the length of time that it will stay in a specific state following the set/reset procedure. State retention is measured by measuring the current versus time (I-t) curve for both the LRS and the HRS (Zahoor et al., 2020).

Uniformity

One of the key problems preventing more widespread manufacture of RRAM cells is the lack of device characteristic uniformity. A number of the parameters show a considerable degree of variance, including the switching voltages and the HRS and LRS resistances. Resistance switching can change from cycle to cycle and from device to device, respectively, in both time and space. According to theory, the fundamental cause of these fluctuations is the stochastic nature of conductive filament formation and rupture (Zahoor et al., 2020).

Conclusions

The material characteristics, resistance switching mechanism, and performance metrics of RRAM have all been covered in a brief overview of current developments in the field. The most significant theory of the resistive switching effect is the filamentary switching mechanism, which is based on the formation and rupture of nanoscale CF.

Even though RRAM technology has experienced a great deal of success, more work is still required since RRAM continues to face problems with high operation current, low resistance ratios, and reliability. Research should put more attention towards finding ways to speed up programming and erasing, use less energy, increase storage density by using multilevel storage, and improve the manufacturing process for better uniformity.

Acknowledgments

 ISSN 2987-677X

The author would like to express her gratitude to Radiation Hardness Laboratory (Rad-Hard Lab) under International College of Semiconductor Technology (ICST) in National Yang Ming Chiao Tung University (NYCU) for their support and assistance.

References

Apalkov, D., Dieny, B., & Slaughter, J. (2016). Magnetoresistive Random Access Memory. *Proceedings of the IEEE*, *104*(10), 1796–1830. https://doi.org/10.1109/jproc.2016.2590142

Burr, G. W., Breitwisch, M. J., Franceschini, M. M., Garetto, D., Gopalakrishnan, K., Jackson, B. L., Kurdi, B. N., Lam, C. H., Lastras, L. A., Padilla, A., Rajendran, B., Raoux, S., & Shenoy, R. S. (2010). Phase change memory technology. *Journal of Vacuum Science and Technology*, *28*(2), 223–262. https://doi.org/10.1116/1.3301579

Dieny, B., Sousa, R. C., Herault, J., Papusoi, C., Prenat, G., Ebels, U., Houssameddine, D., Rodmacq, B., Auffret, S., Buda-Prejbeanu, L. D., Cyrille, M., Delaet, B., Redon, O., Ducruet, C., Nozieres, J. P., & Prejbeanu, I. L. (2010). Spin-transfer effect and its use in spintronic components. *International Journal of Nanotechnology*, *7*(4/5/6/7/8), 591. https://doi.org/10.1504/ijnt.2010.031735

Gao, S., Song, C., Chen, C., Zeng, F., & Pan, F. (2012). Dynamic Processes of Resistive Switching in Metallic Filament-Based Organic Memory Devices. Journal of Physical Chemistry C, 116(33), 17955–17959. https://doi.org/10.1021/jp305482c

Gupta, V., Kapur, S., Saurabh, S., & Grover, A. (2020). Resistive Random Access Memory: A Review of Device Challenges. *IETE Technical Review*, *37*(4), 377–390. https://doi.org/10.1080/02564602.2019.1629341

Ielmini, D. (2016). Resistive switching memories based on metal oxides: mechanisms, reliability and scaling. Semiconductor Science and Technology, 31(6), 063002. https://doi.org/10.1088/0268-1242/31/6/063002

Li, T., Yu, H., Xiong, Z., Gao, Z., Zhou, Y., & Han, S. (2021). 2D oriented covalent organic frameworks for alcohol-sensory synapses. Materials Horizons, 8(7), 2041–2049. https://doi.org/10.1039/d1mh00315a

Li, Y. Y., Long, S., Liu, Q., Lv, H., & Li, M. (2017). Resistive Switching Performance Improvement via Modulating Nanoscale Conductive Filament, Involving the Application of Two-Dimensional Layered Materials. Small, 13(35), 1604306. https://doi.org/10.1002/smll.201604306

Oh, J., & Yoon, S. S. (2021). Resistive Memory Devices Based on Reticular Materials for Electrical Information Storage. *ACS Applied Materials & Interfaces*, *13*(48), 56777–56792. https://doi.org/10.1021/acsami.1c16332

Pan, F., Gao, S. S., Chen, C., Song, C., & Zeng, F. (2014). Recent progress in resistive random access memories: Materials, switching mechanisms, and performance. *Materials Science and Engineering R*, *83*, 1–59. https://doi.org/10.1016/j.mser.2014.06.002

Saini, S., Lodhi, A., Dwivedi, A., Khandelwal, A., & Tiwari, S. P. (2022). Resistive Switching Behavior of TiO2/(PVP:MoS2) Nanocomposite Bilayer Hybrid RRAM. In Communications in computer and information science (pp. 478–485). Springer Science+Business Media. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21514-8_39

Tran, T. T., Le, T., Ta, H. K. T., Dang, Y. T., Nguyen, L. A., Doan, T. H. L., Fang, C., Hwang, I., Phan, T. B., & Pham, N. M. (2021). C-AFM study on multi - resistive switching modes observed in metal–organic frameworks thin films. *Organic Electronics*, *93*, 106136. https://doi.org/10.1016/j.orgel.2021.106136

Wong, H. P., & Salahuddin, S. (2015). Memory leads the way to better computing. *Nature Nanotechnology*, *10*(3), 191–194. https://doi.org/10.1038/nnano.2015.29

Wong, H., Raoux, S., Kim, S. H., Liang, J., Reifenberg, J. P., Rajendran, B., Asheghi, M., & Goodson, K. E. (2010). Phase Change Memory. *Proceedings of the IEEE*, *98*(12), 2201–2227. https://doi.org/10.1109/jproc.2010.2070050

Wuttig, M., & Yamada, N. (2007). Phase-change materials for rewriteable data storage. *Nature Materials*, *6*(11), 824–832. https://doi.org/10.1038/nmat2009

Yang, X. (2016). Demonstration of Ultra-Fast Switching in Nanometallic Resistive Switching Memory Devices. Journal of Nanoscience, 2016, 1–7. https://doi.org/10.1155/2016/8132701

Yu, S. (2016b). Resistive Random Access Memory (RRAM). *Synthesis Lectures on Emerging Engineering Technologies*, *2*(5), 1–79. https://doi.org/10.2200/s00681ed1v01y201510eet006

Zahoor, F., Zulkifli, T. Z. A., & Khanday, F. A. (2020). Resistive Random Access Memory (RRAM): an Overview of Materials, Switching Mechanism, Performance, Multilevel Cell (mlc) Storage, Modeling, and Applications. *Nanoscale Research Letters*, *15*(1). https://doi.org/10.1186/s11671-020-03299-9

Zhu, L., Zhou, J., Guo, Z., & Sun, Z. (2015). An overview of materials issues in resistive random access memory. *Journal of Materiomics*, *1*(4), 285–295. https://doi.org/10.1016/j.jmat.2015.07.009

ISSN 2987-677X

Optimasi Penjadwalan Kegiatan Pemeliharaan Jaringan Irigasi Bago Di Kabupaten Jember Menggunakan *Microsoft Project Manager 2019*

Gigih Suryarawit, Diah Asri Sawitri, Titin Suhartini, Achmat Nur Aris

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ gigihsuryarawit@gmail.com

Komitmen Pemerintah Provinsi Jawa Timur dalam mendukung ketahanan pangan nasional dan mewujudkan Jawa Timur sebagai lumbung padi nasional yaitu dukungan fungsi sarana dan prasarana irigasi yang baik. Salah satu strategi dalam menjaga fungsi sarana dan prasarana irigasi yaitu dengan melaksanakan kegiatan pemeliharaan jaringan irigasi. Dalam kegiatan pemeliharaan jaringan irigasi terdapat batasan sumber daya utama yaitu waktu dan biaya sehingga diperlukan optimasi penjadwalan pekerjaan yang baik agar pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan target yang telah ditentukan. Pada penelitian ini penulis melakukan optimasi penjadwalan pekerjaan Pemeliharaan Jaringan Irigasi Bago menggunakan bantuan aplikasi *Microsoft Project Manager 2019*. Berdasarkan hasil analisa durasi pekerjaan awal adalah 60 hari dengan biaya Rp. 166.094.460,-. Alokasi sumber daya pekerja maksimal per hari adalah 14 pekerja, melebihi batasan alokasi yang telah ditentukan yaitu 12 pekerja per hari. Optimasi yang dilakukan pada pekerjaan yang berada di lintasan kritis dengan penyesuaian hubungan ketergantungan pekerjaan dan *resource levelling* sumber daya. Dari hasil optimasi yang diperoleh, efisiensi 8,3% terhadap total durasi proyek menjadi 55 hari dengan maksimum alokasi sumber daya 12 pekerja per hari.

Kata kunci: optimasi, *resource levelling*, penjadwalan, *Microsoft Project Manager 2019*

Pendahuluan

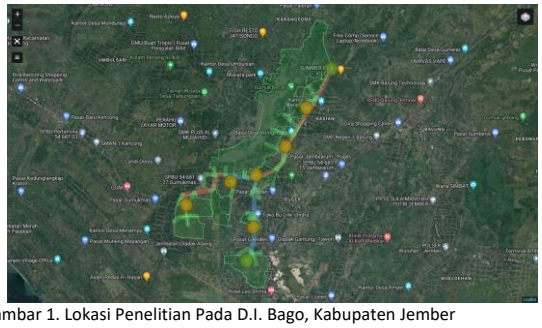
Pada tahun 2022 Provinsi Jawa Timur masih bertahan di peringkat pertama dalam hal produksi padi nasional sebesar 9,5 juta ton. Angka tersebut menyumbang 17,4% angka produksi padi nasional tahun 2022 yaitu 54,7 juta ton. Prestasi ini merupakan komitmen Pemerintah Provinsi Jawa Timur dalam mendukung ketahanan pangan nasional dan mewujudkan Jawa Timur sebagai lumbung padi nasional. Namun demikian prestasi tersebut tidak akan terwujud tanpa dukungan fungsi sarana dan prasarana irigasi yang baik.

Menjaga fungsi sarana dan prasarana irigasi merupakan suatu tantangan Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur selaku Organisasi Perangkat Daerah (OPD) Pengelola Irigasi. Salah satu strategi dalam menjaga fungsi sarana dan prasarana irigasi yaitu dengan melaksanakan kegiatan pemeliharaan jaringan irigasi. Sebagai tindak lanjut dari strategi tersebut, direncanakan kegiatan Pemeliharaan Jaringan Irigasi atas dasar penilaian kinerja sistem irigasi.

Metode

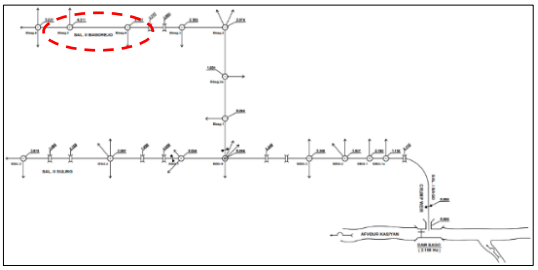
Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada rencana kegiatan pemeliharaan jaringan irigasi di Daerah irigasi (D.I.) Bago kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur yang terletak di Kabupaten Jember. D.I. Bago memiliki luas area layanan irigasi 2.188 hektar. Jaringan irigasi D.I. Bago terdiri dari 3 nomenklatur saluran yaitu Saluran Primer Bago, Saluran Sekunder Suling, dan Saluran Sekunder Bagorejo. Berikut ini adalah gambaran wilayah D.I. Bago dan Peta Skema Bangunan D.I. Bago



Gambar 1. Lokasi Penelitian Pada D.I. Bago, Kabupaten Jember
Sumber : ePAKSI

Berdasarkan nilai Indeks Kinerja Sistem Irigasi Bago adalah 73,72. Sementara nilai Indeks Kondisi Jaringan D.I. Bago adalah 30,37 atau 67,49% dari nilai maksimal. Sehingga perlu mendapat perhatian pada kondisi aset jaringan irigasi Bago untuk menjaga jaringan irigasi agar tetap berfungsi dengan baik.



Gambar 2. Plotting Lokasi Kegiatan Pemeliharaan Jaringan Irigasi Bago
Sumber : Perencanaan, 2022

 ISSN 2987-677X

Dari Gambar 2 di atas, plotting lokasi proyek berada di ruas Saluran Sekunder Bagorejo dengan panjang saluran yang akan dilakukan perbaikan atau pemeliharaan adalah 241 meter.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan sebagai dasar optimasi jadwal pelaksanaan kegiatan Pemeliharaan Jaringan irigasi Bago. Data yang digunakan adalah data sekunder, yaitu data dari perencanaan (*Engineering Estimate*) kegiatan Pemeliharaan Jaringan Irigasi Bago. Data-data tersebut adalah data sekunder yang akan dianalisa mencakup data volume pekerjaan, harga satuan pekerjaan, dan data Rencana Anggaran Biaya.

Kebutuhan Sumber Daya

Perhitungan kebutuhan sumber daya digunakan untuk mengetahui alokasi sumber daya dalam melakukan suatu kegiatan per hari. Dalam perhitungan sumber daya dapat ditulis dengan besarnya peningkatan penggunaan sumber daya selama pelaksanaan kegiatan. Jika terjadi peningkatan sumber daya yang berlebihan dapat diantisipasi dengan melakukan *levelling* atau pemerataan sumber daya dengan bantuan aplikasi *Microsoft Project Manager 2019*, sehingga kebutuhan sumber daya selama pelaksanaan kegiatan Pemeliharaan Jaringan Irigasi Bago diharapkan tidak mengalami *over* alokasi ataupun fluktuasi yang begitu tajam selama periode pelaksanaan kegiatan.

Analisa Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya adalah rencana pengeluaran biaya suatu pekerjaan yang di dalamnya terdiri dari perincian pekerjaan yang akan dilakukan. Rencana anggaran biaya dapat diketahui dengan cara mengalikan volume dengan harga satuan pekerjaan pada masing-masing rincian pekerjaan yang sesuai, sehingga total biaya setiap pekerjaan dapat diketahui. Dalam penelitian ini menggunakan hasil perhitungan rencana anggaran biaya dari data *engineering estimate* yang selanjutnya akan dievaluasi dan dioptimalkan dengan bantuan aplikasi *Microsoft Project Manager 2019*.

Hubungan Ketergantungan Pekerjaan

Hubungan ketergantungan pekerjaan merupakan hubungan suatu pekerjaan dengan pekerjaan lainnya dalam lingkup pelaksanaan proyek. Seluruh pekerjaan pada suatu proyek akan dihubungkan berdasarkan hubungan yang logis, sehingga membentuk suatu jaringan pekerjaan (*network diagram*) yang berisi lintasan peristiwa dan kegiatan. Dalam suatu proyek terdapat pekerjaan yang saling berhubungan dengan pekerjaan lainnya. Hubungan tersebut menunjukkan adanya keterkaitan antar pekerjaan satu dengan pekerjaan yang lain, sehingga apabila terjadi kendala pada satu pekerjaan akan berdampak terhadap pekerjaan lain yang berhubungan dengan pekerjaan tersebut.

Penjadwalan Pekerjaan

Penjadwalan suatu proyek merupakan rincian kegiatan yang dilakukan selama periode pelaksanaan suatu proyek. Penjadwalan proyek divisualisasikan dalam bentuk diagram balok (*gantt chart*). Panjang setiap balok menunjukkan lamanya waktu yang diperlukan untuk masing-masing kegiatan proyek sehingga waktu awal dan penyelesaian kegiatan proyek dapat ditentukan.

Dengan melakukan penyusunan penjadwalan proyek diharapkan realita pelaksanaan proyek di lapangan dapat berjalan sesuai dengan jadwal pelaksanaan proyek yang telah disusun. Metode yang digunakan dalam melakukan penyusunan penjadwalan harus dapat lebih optimal dari segi waktu penyelesaian dan biaya akhir proyek. Dalam penelitian ini penjadwalan dilakukan dengan aplikasi *Microsoft Project Manager 2019.*

Hasil Kerja

Analisa Rencana Anggaran Biaya

Analisa rencana anggaran biaya pada penelitian ini mengacu pada harga satuan pekerjaan dan volume yang telah diperoleh dari data *engineering estimate*. Selanjutnya hasil RAB diinput ke dalam aplikasi *Microsoft Project Manager 2019* untuk selanjutnya dilakukan analisa penjadwalan pelaksanaan pekerjaan. Hasil penginputan RAB disajikan pada Tabel 1 :

Tabel 1. Hasil Input Data RAB Pada *Microsoft Project Manager 2019*

Task Name	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pemeliharaan Jaringan Irigasi Bago	**0**		**Rp0**	**Rp166.094.460**
Pekerjaan Persiapan	**0**		**Rp0**	**Rp3.677.150**
Alat Pelindung Diri (APD) = K3	**0**		**Rp0**	**Rp2.957.600**
Masker	14	Box	Rp30.000	Rp420.000
Rompi Keselamatan	11	BH	Rp33.000	Rp363.000
Helm Keselamatan	11	BH	Rp39.600	Rp435.600
Sepatu Keselamatan	11	Stel	Rp80.300	Rp883.300
Sarung Tangan keselamatan	11	Stel	Rp18.700	Rp205.700
Kotak P3K Beserta Isi	1	Ls	Rp300.000	Rp300.000
Rambu-rambu	1	Ls	Rp350.000	Rp350.000
Pengukuran dan Pemasangan 1 m' Bouwplank	13,5	M1	Rp53.300	Rp719.550
Pekerjaan Tanah	**0**		**Rp0**	**Rp926.400**
Penggalian 1 m3 biasa sedalam >0 s.d 1 m Untuk Volume s.d 200 m3	12	M3	Rp77.200	Rp926.400
Pekerjaan Beton	**0**		**Rp0**	**Rp48.190.500**
1 m3 Beton mutu,f_c'=9,8 Mpa (K125)	45	M3	Rp1.070.900	Rp48.190.500
Pekerjaan Pasangan Batu	**0**		**Rp0**	**Rp113.300.410**
Bongkar pasangan batu dan pembersihan batu (manual)	146,25	M3	Rp156.700	Rp22.917.375
Pasangan batu untuk tembok penahan tanah/tanggul dengan mortar tipe N, f_c'=5,2 Mpa setara 1 PC:4 PP (* dari EX. Bong)	73,12	M3	Rp608.400	Rp44.486.208
Pasangan batu untuk tembok penahan tanah/tanggul dengan mortar tipe N, f_c'=5,2 MPa(setara 1 PC:4 PP)	28,13	M3	Rp927.900	Rp26.101.827
Siaran dengan mortar jenis PC-PP (1 m2) dinding tipe M,f_c'=17,2 Mpa (setara 1 PC:2 PP)	350	M2	Rp51.800	Rp18.130.000
Plesteran tebal 1,5 cm, dengan mortar jenis PC-PP tipe S f_c'=12,5 Mpa (setara 1 PC:3 PP)	25	M2	Rp66.600	Rp1.665.000

Sumber : Hasil Penelitian, 2023

Hubungan Ketergantungan Pekerjaan

Hubungan ketergantungan dalam pelaksanaan pekerjaan Pemeliharaan Jaringan Irigasi Bago tidak semua sama. Beberapa pekerjaan dimulai dan selesai secara bersamaan serta terdapat pekerjaan yang dimulai setelah/sebelum beberapa hari pekerjaan yang mendahuluinya selesai. Hubungan ketergantungan pekerjaan pada penelitian ini adalah hubungan *predecessor* (hubungan antar aktivitas sebelum) dan *successor* (hubungan antar aktivitas sesudah). Hasil penyusunan hubungan antar pekerjaan dengan bantuan aplikasi *Microsoft Project Manager 2019* dapat dilihat pada Tabel 2 :

 ISSN 2987-677X

Tabel 2. Hubungan Ketergantungan Rincian Pekerjaan

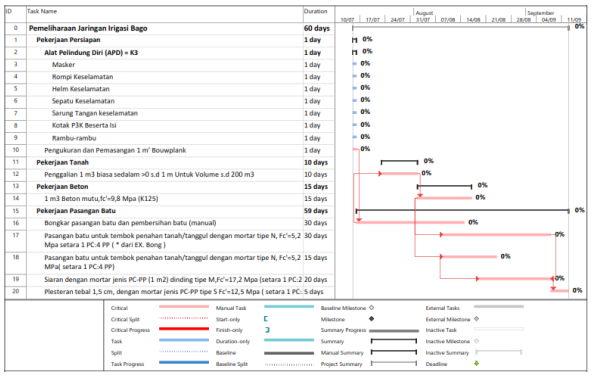
WBS	Task Name	WBS Predecessors
0	**Pemeliharaan Jaringan Irigasi Bago**	
1	**Pekerjaan Persiapan**	
1.1	**Alat Pelindung Diri (APD) = K3**	
1.1.1	Masker	
1.1.2	Rompi Keselamatan	
1.1.3	Helm Keselamatan	
1.1.4	Sepatu Keselamatan	
1.1.5	Sarung Tangan keselamatan	
1.1.6	Kotak P3K Beserta Isi	
1.1.7	Rambu-rambu	
1.2	Pengukuran dan Pemasangan 1 m' Bouwplank	
2	**Pekerjaan Tanah**	
2.1	Penggalian 1 m3 biasa sedalam >0 s.d 1 m Untuk Volume s.d 200 m3	4.1[SS+7 days]
3	**Pekerjaan Beton**	
3.1	1 m3 Beton mutu,fc'=9,8 Mpa (K125)	2.1
4	**Pekerjaan Pasangan Batu**	
4.1	Bongkar pasangan batu dan pembersihan batu (manual)	1.2
4.2	Pasangan batu untuk tembok penahan tanah/tanggul dengan mortar tipe N, Fc'=5,2 Mpa setara 1 PC:4 PP (* dari EX. Bong)	3.1[SS+7 days]
4.3	Pasangan batu untuk tembok penahan tanah/tanggul dengan mortar tipe N, Fc'=5,2 MPa(setara 1 PC:4 PP)	3.1[SS+7 days]
4.4	Siaran dengan mortar jenis PC-PP (1 m2) dinding tipe M,Fc'=17,2 Mpa (setara 1 PC:2 PP)	4.3[SS+10 days];4.2[FF]
4.5	Plesteran tebal 1,5 cm, dengan mortar jenis PC-PP tipe S Fc'=12,5 Mpa (setara 1 PC:3 PP)	4.4

Sumber : Hasil Penelitian, 2023

Berdasarkan tabel hubungan ketergantungan pekerjaan di atas dapat diketahui bahwa pekerjaan pasangan batu (4.3) dapat dimulai setelah 7 hari pekerjaan beton (3.1) dilaksanakan. Pekerjaan siaran dapat dimulai setelah 10 hari pekerjaan pasangan batu (4.3) dilaksanakan dan harus selesai bersamaan dengan pekerjaan pasangan batu bekas bongkaran (4.2). selanjutnya pekerjaan plesteran (4.5) akan dimulai setelah pekerjaan siaran (4.4) selesai dilaksanakan, demikian juga dengan hubungan antar pekerjaan yang lain.

Penjadwalan Pekerjaan

Setelah menyusun hubungan ketergantungan pekerjaan selanjutnya dilakukan penjadwalan. Penjadwalan dilakukan dengan menggunakan bantuan aplikasi *Microsoft Project Manager 2019*. Proses yang dihasilkan dari penjadwalan pada aplikasi adalah identifikasi pekerjaan pada lintasan kritis, durasi pekerjaan, waktu mulai dan berakhirnya pekerjaan, biaya pekerjaan, progres pekerjaan, dan alokasi sumber daya. Hasil penjadwalan pada aplikasi *Microsoft Project Manager 2019* disajikan pada Gambar 3 :



Gambar 3. Penjadwalan Pekerjaan
Sumber : Hasil Penelitian, 2023

Lintasan Kritis

Setelah dilakukan penjadwalan pekerjaan, maka akan diketahui suatu rangkaian durasi pekerjaan berdasarkan hubungan ketergantungan pekerjaan tersebut dengan pekerjaan yang lain. Apabila terjadi kendala atau perubahan waktu pelaksanaan pada satu pekerjaan maka akan berdampak ke seluruh jadwal pekerjaan yang terhubung dalam satu rangkaian durasi pekerjaan tersebut, dalam hal ini disebut lintasan kritis.

Dalam melakukan percepatan jadwal, hal pertama yang harus dilakukan adalah memastikan bahwa durasi setiap pekerjaan telah sesuai dengan yang direncanakan dan hubungan ketergantungan antar pekerjaan merupakan yang paling efektif. Sehingga tidak ada waktu, biaya dan sumber daya yang terbuang sia-sia. Analisis percepatan jadwal proyek bertujuan untuk mengetahui jenis pekerjaan yang sangat berpengaruh terhadap keseluruhan proyek atau pekerjaan yang berada pada lintasan kritis agar dapat dilakukan percepatan jadwal pelaksanaan. Lintasan kritis pekerjaan Pemeliharaan Jaringan Irigasi Bago disajikan pada Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Rincian Pekerjaan Pada Lintasan Kritis

WBS	Task Name	WBS Predecessors
	Critical: Yes	
1.2	Pengukuran dan Pemasangan 1 m' Bouwplank	
2.1	Penggalian 1 m3 biasa sedalam >0 s.d 1 m Untuk Volume s.d 200 m3	4.1[SS+7 days]
3.1	1 m3 Beton mutu,fc'=9,8 Mpa (K125)	2.1
4.1	Bongkar pasangan batu dan pembersihan batu (manual)	1.2
4.2	Pasangan batu untuk tembok penahan tanah/tanggul dengan mortar tipe N, Fc'=5,2 Mpa setara 1 PC:4 PP (* dari EX. Bong)	3.1[SS+7 days]
4.3	Pasangan batu untuk tembok penahan tanah/tanggul dengan mortar tipe N, Fc'=5,2 MPa(setara 1 PC:4 PP)	3.1[SS+7 days]
4.4	Siaran dengan mortar jenis PC-PP (1 m2) dinding tipe M,Fc'=17,2 Mpa (setara 1 PC:2 PP)	4.3[SS+10 days];4.2[FF]
4.5	Plesteran tebal 1,5 cm, dengan mortar jenis PC-PP tipe S Fc'=12,5 Mpa (setara 1 PC:3 PP)	4.4

Sumber : Hasil Penelitian, 2023

Alokasi Sumber Daya

Pada penelitian ini difokuskan pada kajian terhadap sumber daya pekerja atau tenaga manusia karena berdasarkan pengalaman pelaksanaan pekerjaan terdahulu, permasalahan paling sering terjadi pada alokasi sumber daya manusia. Hasil penjadwalan pekerjaan yang telah dilakukan berdasarkan data *engineering estimate* diperoleh alokasi maksimum sumber daya sebagai berikut :

Tabel 4. Alokasi Sumber Daya

Sumber Daya	Alokasi Maksimum Per hari
Pekerja	14 orang
Tukang	6 orang
Kepala Tukang	1 orang
Mandor	1 orang

Sumber : Hasil Penelitian, 2023

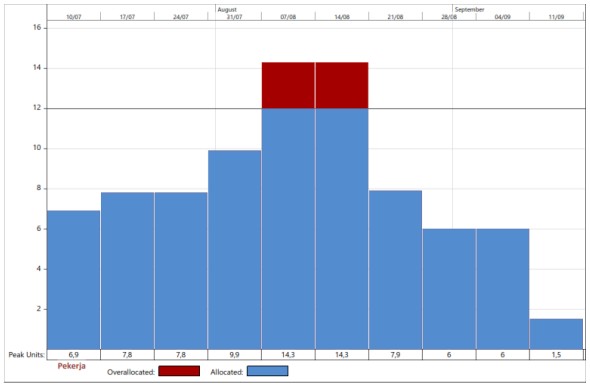
Dari Tabel 4 diketahui bahwa alokasi pekerja per hari melebihi batas yang telah ditetapkan dari hasil *engineering estimate* yaitu 12 orang per hari. Penetapan batas tersebut berdasarkan asumsi pada pelaksanaan pekerjaan-pekerjaan terdahulu.

Dalam pelaksanaannya di lapangan sering dijumpai langkah percepatan jadwal pekerjaan oleh kontraktor dengan melakukan alokasi pekerjaan yang terlalu difokuskan pada satu pekerjaan tanpa melihat jalur kritis dan hubungan ketergantungan pekerjaan tersebut terhadap pekerjaan yang lain. Hal tersebut dapat berpotensi pada pekerjaan lain yang akan terlambat karena kekurangan alokasi pekerja.

 ISSN 2987-677X

Selain itu faktor lokasi pekerjaan juga menentukan dalam penentuan batas alokasi sumber daya pekerja maksimum.

Kondisi lokasi yang memiliki ruang gerak terbatas dan akses yang tidak memadai, jika jumlah pekerja terlalu banyak maka akan menimbulkan *over crowded*. Maka dari itu langkah percepatan pekerjaan dengan menambah alokasi sumber daya pekerja harus mempertimbangkan banyak faktor. Pada Gambar 4 dibawah ini disajikan alokasi sumber daya pekerja dari hasil penjadwalan data *engineering estimate* dengan bantuan aplikasi *Microsoft Project Manager 2019* :



Gambar 4. Grafik Over Alokasi Pekerja
Sumber : Hasil Penelitian, 2023

Pada Gambar 4 di atas dapat dilihat bahwa terjadi over alokasi sumber daya pekerja pada jadwal pekerjaan Pemeliharaan Jaringan Irigasi Bago. *Over* Alokasi terjadi pada minggu ke-2 hingga minggu ke-3 waktu rencana pelaksanaan dengan jumlah pekerja per hari 14 orang, melebihi batas penetapan dari sumber daya pekerja yang telah ditentukan sebesar 12 orang per hari.

Optimasi Jadwal Pekerjaan

Optimasi dilakukan untuk mendapatkan durasi pekerjaan, waktu awal dan akhir pekerjaan, dan alokasi sumber daya yang optimal sesuai dengan batasan-batasan yang telah ditentukan. Optimasi dilakukan dengan penyesuaian hubungan ketergantungan pekerjaan dan pemerataan sumber daya (*resource levelling*) otomatis dengan bantuan aplikasi *Microsoft Project Manager 2019.*

Penyesuaian Hubungan Ketergantungan Pekerjaan

Mengubah hubungan ketergantungan pekerjaan pada lintasan kritis akan mengakibatkan terjadi penyesuaian durasi pekerjaan, waktu mulai dan berakhirnya pekerjaan. Hasil penyesuaian hubungan ketergantungan pekerjaan disajikan pada Tabel 5 berikut :

Tabel 5. Perbandingan Hubungan Ketergantungan Pekerjaan

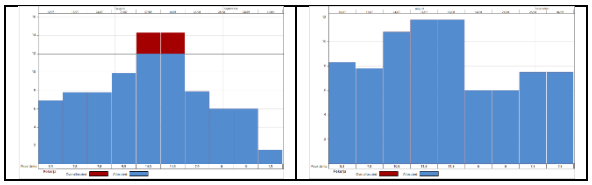
WBS	Task Name	WBS Predecessors Sebelum Optimasi	WBS Predecessors Setelah Optimasi
0	**Pemeliharaan Jaringan Irigasi Bago**		
1	**Pekerjaan Persiapan**		
1.1	**Alat Pelindung Diri (APD) = K3**		
1.1.1	Masker		
1.1.2	Rompi Keselamatan		
1.1.3	Helm Keselamatan		
1.1.4	Sepatu Keselamatan		
1.1.5	Sarung Tangan keselamatan		
1.1.6	Kotak P3K Beserta Isi		
1.1.7	Rambu-rambu		
1.2	Pengukuran dan Pemasangan 1 m' Bouwplank		
2	**Pekerjaan Tanah**		
2.1	Penggalian 1 m3 biasa sedalam >0 s.d 1 m Untuk Volume s.d 200 m3	4.1[SS+7 days]	4.1[SS+5 days]
3	**Pekerjaan Beton**		
3.1	1 m3 Beton mutu,fc'=9,8 Mpa (K125)	2.1	2.1[SS+5 days]
4	**Pekerjaan Pasangan Batu**		
4.1	Bongkar pasangan batu dan pembersihan batu (manual)	1.2	1.2[SS]
4.2	Pasangan batu untuk tembok penahan tanah/tanggul dengan mortar tipe N, Fc'=5,2 Mpa setara 1 PC:4 PP (* dari EX. Bong)	3.1[SS+7 days]	3.1[SS+7 days]
4.3	Pasangan batu untuk tembok penahan tanah/tanggul dengan mortar tipe N, Fc'=5,2 MPa(setara 1 PC:4 PP)	3.1[SS+7 days]	3.1[SS+7 days]
4.4	Siaran dengan mortar jenis PC-PP (1 m2) dinding tipe M,Fc'=17,2 Mpa (setara 1 PC:2 PP)	4.3[SS+10 days];4.2[FF]	4.3[SS+10 days];4.2[FF]
4.5	Plesteran tebal 1,5 cm, dengan mortar jenis PC-PP tipe S Fc'=12,5 Mpa (setara 1 PC:3 PP)	4.4	4.4[FF]

Sumber : Hasil Penelitian, 2023

Dari Tabel 5 di atas dapat diketahui bahwa pekerjaan penggalian tanah (2.1) dimajukan 2 hari, pekerjaan beton (3.1) dimajukan 5 hari, pekerjaan bongkar pasangan batu (4.1) dan pekerjaan pengukuran pemasangan bouwplank (1.2) dimulai secara bersamaan, serta pekerjaan plesteran (4.5) dan pekerjaan siaran (4.4) berakhir dengan waktu yang bersamaan.

Pemerataan Sumber Daya (*Resource Levelling*)

Setelah dilakukan penyesuaian hubungan ketergantungan pekerjaan, selanjutnya dilakukan pemerataan sumber daya pekerja yang sebelumnya terjadi over alokasi. Pemerataan sumber daya pekerja dilakukan otomatis menggunakan *resource levelling* pada aplikasi *Microsoft Project Manager 2019* dengan hasil disajikan pada Gambar 4 berikut :



Gambar 4. Perbandingan Alokasi Pekerja Awal (Kiri) Dengan Hasil Pemerataan Alokasi Pekerja (Kanan)
Sumber : Hasil Penelitian, 2023

Dari Gambar 4 di atas dapat dilihat bahwa alokasi pekerja per hari selama waktu pelaksanaan pekerjaan sebesar 12 orang sehingga tidak melebihi batas penetapan dari sumber daya pekerja yang telah ditentukan sebelumnya.

Durasi Pekerjaan

Setelah dilakukan penyesuaian hubungan ketergantungan pekerjaan dan pemerataan alokasi sumber daya maka akan terjadi penyesuaian terhadap total durasi proyek Pemeliharaan Jaringan Irigasi Bago. Perubahan durasi disajikan pada Tabel 6 dan Gambar 5 berikut :

Tabel 6. Perubahan Durasi Proyek

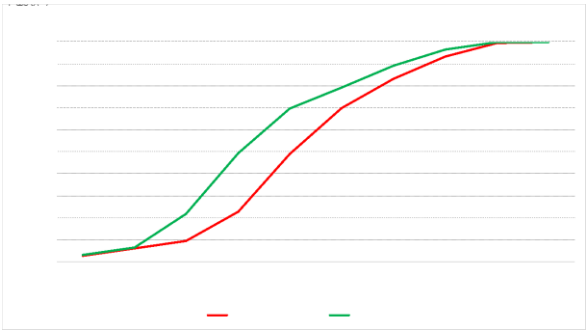
Task Name	Baseline2 Duration	Baseline2 Start	Baseline2 Finish	Duration	Start	Finish
Pemeliharaan Jaringan Irigasi Bago	**60 days**	**Fri 15/07/22**	**Mon 12/09/22**	**55 days**	**Fri 15/07/22**	**Wed 07/09/22**
Pekerjaan Persiapan	1 day	Fri 15/07/22	Fri 15/07/22	1 day	Fri 15/07/22	Fri 15/07/22
Pekerjaan Tanah	**10 days**	**Fri 22/07/22**	**Sun 31/07/22**	**10 days**	**Wed 20/07/22**	**Fri 29/07/22**
Pekerjaan Beton	15 days	Mon 01/08/22	Mon 15/08/22	15 days	Mon 25/07/22	Mon 08/08/22
Pekerjaan Pasangan Batu	**60 days**	**Fri 15/07/22**	**Mon 12/09/22**	**55 days**	**Fri 15/07/22**	**Wed 07/09/22**

Sumber : Hasil Penelitian, 2023

Berdasarkan dari Tabel 6 di atas dapat dilihat bahwa total durasi proyek Pemeliharaan Jaringan Irigasi Bago menjadi 55

 ISSN 2987-677X

hari yang sebelumnya berdasarkan *engineering estimate* adalah 60 hari. Penyesuaian hubungan ketergantungan memberikan efisiensi 8,3% terhadap durasi total proyek atau berkurang 5 hari dari durasi awal.



Gambar 5. Perbandingan Kurva S *Engineering Estimate* (Merah) Dengan Hasil Optimasi (Hijau)
Sumber : Hasil Penelitian, 2023

Berdasarkan dari Gambar 5 di atas dapat diketahui bahwa percepatan progres rencana pekerjaan dimulai pada minggu ke-2 hingga minggu ke-9.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penyesuaian hubungan ketergantungan pekerjaan memberikan efisiensi sebesar 8,3% terhadap durasi total proyek sehingga diperoleh durasi proyek menjadi lebih cepat yaitu 55 hari dibandingkan data *engineering estimate* 60 hari.

Terjadi over alokasi sumber daya pekerja pada minggu ke-2 hingga minggu ke-3 waktu rencana pelaksanaan berdasarkan jadwal hasil *engineering estimate* yaitu 14 pekerja per hari, melebihi batasan alokasi sumber daya pekerja yang telah ditetapkan yaitu 12 pekerja per hari. *Resource levelling* atau pemerataan sumber daya mengurangi over alokasi sumber daya pekerja yang terjadi di minggu ke-2 hingga minggu ke-3 waktu rencana pelaksanaan proyek menjadi 12 pekerja per hari sesuai dengan batasan yang telah ditetapkan.

Optimasi yang dilakukan tidak berdampak terhadap biaya total pekerjaan sesuai dengan hasil *engineering estimate* yaitu Rp. 166.094.460,-.

Ucapan Terima kasih

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

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Fauzy Nasruddin, S.T., M.Sc. selaku Ketua Bidang Irigasi, Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur beserta jajaran yang telah memberikan fasilitas sarana dan prasarana kepada penulis dalam melaksanakan pendidikan.

Penulis juga berterimakasih kepada Dr. Ir. Ivan Gunawan, S.T., M.MT., CSCM., IPM., ASEAN Eng. selaku Ketua Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, yang telah banyak memberi arahan terkait mekanisme pembelajaran selama menjalani aktivitas akademik dan non akademik di Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala.

Akhir kata, terimakasih kepada Ir. Lusia Permata Sari Hartani, S.T., M.Eng., CIOMP., IPM., ASEAN Eng. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberi arahan-arahan terkait kompetensi keinsinyuran selama menjalani aktivitas studi dan menyelesaikan karya tulis ilmiah ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

Referensi

Firdaus, A. W. et al. (2022). Studi Manajemen Konstruksi Rehabilitasi Saluran Irigasi Mrican Kanan Kabupaten Jombang Menggunakan Metode Fasttrack dan Crashing. Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air, 2022, Vol. 3, No. 1, 263-273.

Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2022 (Angka Tetap). Jakarta: Badan Pusat Statistik.

Putra, A. P., et al. (2022). Studi Manajemen Proyek Rehabilitasi Daerah Irigasi Domas Kabupaten Pasuruan Menggunakan Metode Crashing dan Fasttrack. Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Air, 2022, Vol. 2, No. 2, 222-233.

Rizal. 2021. Studi Manajemen Konstruksi Proyek Rehabilitasi Bendungan Simo Di Kabupaten Grobogan Dengan Menggunakan Program Microsoft Project Manager 2016. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Universitas Brawijaya.

Trisari, R. A., Marsudi, S (2018). Studi Manajemen Proyek Rehabilitasi Daerah Irigasi Domas Kabupaten Pasuruan Menggunakan Metode Crashing dan Fasttrack. Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan, 2018, Vol. 1, No. 1.

ISSN 2987-677X

Peningkatan Kegiatan Ketahanan Pangan Berkelanjutan Dengan Menggunakan Energi Terbarukan Di Kampoeng Oase Ondomohen, Surabaya, Jawa Timur

Adi Candra, Andrew Joewono, Adriana Anteng Anggorowati

Program Studi Program Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ psppi.adi.c.22@ukwms.ac.id

Ketahanan pangan dan ketersediaan energi terbarukan merupakan masalah global yang serius. Dimana tercantum dalam tujuan SDG's (*Sustainable Development Goal's*). Kampoeng Oase Ondomohen merupakan salah satu kampung di Kota Surabaya yang sejak tahun 2017 telah mencoba menerapkan keberlanjutan menggunakan teknologi IPAL dan PLTS. Aktivitas ini bertujuan menganalisis dampak penerapan teknologi tepat guna tersebut. Dari aktivitas ini menunjukkan bahwa penerapan PLTS dan IPAL berdampak terhadap Lingkungan yaitu mengurangi dampak emisi rumah kaca, menghemat penggunaan sumber daya air dan melestarikan keanekaragaman hayati berupa tanaman sayur, tanaman buah dan ikan. Dampak Sosial mampu meningkatkan edukasi pelestarian alam juga meningkatkan kerukunan dan partisipasi warga. Sedangkan secara ekonomi, dapat menambah mata pencaharian baru berupa kelompok pembudidaya urban farming (pertanian, perikanan dan peternakan). Selain itu juga berdampak terhadap kapasitas internal masyarakat berupa menghemat konsumsi listrik dan air serta menambah penghasilan dari budidaya urban farming untuk memperkuat ketahanan pangan.

Kata kunci : Keberlanjutan; IPAL; PLTS; Panel Surya; Urban Farming; Ketahanan Pangan; Energi Baru Terbarukan; SDG's.

Pendahuluan

Salah satu permasalahan keberlanjutan yang menjadi konsen global adalah terkait ketahanan pangan, tertera dalam SDGs ke-2. (United Nation (n.d) *THE 17 GOALS*, 2019) Basuki Hadimuljono, saat memberikan sambutan di *3rd World Irrigation Forum* di *Bali Nusa Dua Convention Center* (BNDCC), menerangkan "Produksi pangan harus dua kali lipat pada 2050 untuk memenuhi permintaan populasi dunia yang terus bertambah, sementara daratan dan ketersediaan air menjadi terbatas," (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Balai Sungai Wilayah Sumatera I, 2020)

Selain ketahanan pangan masalah keberlanjutan energi yang tertera pada SDGS ke-7 juga menjadi masalah fokus global. Penggunaan sumber energi fosil semakin besar seiring meningkatnya kebutuhan, membuat cadangan sumber energi fosil kian menipis. Untuk itu, peralihan penggunaan energi fosil menuju energi baru dan terbarukan (EBT) merupakan sesuatu yang harus dilakukan. (Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi. 2022. Menteri ESDM Beberkan Potensi Sumber Energi Hijau Indonesia, 2022)

Gentingnya kedua permasalahan keberlanjutan tersebut mendorong pentingnya penggunaan teknologi tepat guna untuk mendukung mengatasinya. Penemuan alat-alat untuk mengolah tanah dan tumbuhan membantu mengantarkan era agraris dan mengarah pada pembentukan peradaban sekitar 10.000 tahun yang lalu. Selanjutnya penemuan dan penerapan prinsip-prinsip ilmiah mekanika dan fisika mengarah pada penemuan mesin yang membawa manusia ke dalam revolusi industri di tahun 1700 hingga 1800-an. (Idam, 2022)

Disisi lain manusia sedang berhadapan dengan krisis iklim yang terancam keberlanjutannya. Deputi TPSA (2018) menyatakan bahwa sebagai kunci penting agar memanfaatkan potensi sumber daya alam dan pelestarian bumi dapat seimbang, sehingga inovasi teknologi diharapkan dapat mengarah pada upaya pelestarian keberlanjutan bumi. Teknologi semacam itu sering disebut dengan Teknologi teknologi hijau. Teknologi hijau adalah teknologi yang diciptakan dengan memperhitungkan dampak jangka panjang dan jangka pendek sesuatu terhadap lingkungan.

Teknologi hijau memberikan harapan untuk menanggulangi efek perubahan iklim dan polusi. Hal ini membuktikan bahwa perkembangan teknologi yang maju tidak hanya memudahkan manusia, tapi juga berperan dalam menjaga lingkungan. Teknologi ini memungkinkan penangkapan energi bersih dari sumber daya alam seperti, air dan matahari, dan memiliki potensi besar untuk merevolusi energi menuju keberlanjutan. (Kurniawan, 2021)

Kegiatan ketahanan pangan berkelanjutan menggunakan energi terbarukan dilakukan di Kampoeng Oase Ondomohen, lokasi ini merupakan salah satu kampung yang terletak di jantung kota Surabaya, berjarak sekitar 70 meter dari Balai Kota Surabaya. Warganya sudah aktif dalam upaya pengembangan keberlanjutan dalam berbagai bentuk kegiatan. Berbagai inovasi juga telah dilakukan melibatkan masyarakat kampung dan difasilitasi oleh Pemkot Surabaya. Kampung ini mendapatkan julukan Kampung Oase, ibarat

 ISSN 2987-677X

sebuah oase di tengah padat dan panasnya kota Surabaya yang menjadi kota metropolitan kedua setelah kota Jakarta. Salah satu masyarakat yang menginisiasi upaya pengembangan keberlanjutan di kampung ini adalah bapak Adi Candra, S.Si., M.Si, (Amifia, et al., 2022)

Diantara aktivitas yang mengarah pada keberlanjutan yaitu Pengelolaan sampah kering melalui Bank Sampah dan "Ecobrick". Sampah organiknya diolah menggunakan Komposter Aerob Skala Rumah Tangga, Biopori Jumbo serta pemanfaatan Teknologi *Black Soldier Fly* (BSF) atau maggot. Untuk dahan dan ranting pohon di Kampoeng Oase Ondomohen dimanfaatkan sebagai arang briket. Untuk pemanfaatan limbah cair diolah menggunakan IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah). Warga juga mengupayakan ketahanan pangan melalui program Urban Farming seperti Hidroponik, Aquaponik, Vertikultur, Tasapot (Tanaman Sayuran dalam Pot), Tabulampot (Tanaman Buah dalam Pot) serta Budidaya Ikan dalam Selokan.

Dalam mendukung aktivitas tersebut, warga Kampoeng Oase Ondomohen sudah mulai menggunakan, Teknologi Tepat Guna sejak tahun 2015. Beberapa diantaranya adalah Komposter Aerob Skala Rumah Tangga, pengolahan limbah cair menggunakan IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) system "Gendong". Untuk pembuatan briket arang sudah menggunakan Mesin Otomatisasi Briket, serta pemanfaatan energi alternatif menggunakan teknologi panel surya (PLTS). (Lubiansyah, 2021)

Analisa dampak penerapan Teknologi Tepat Guna dalam upaya mewujudkan lingkungan berkelanjutan, ditinjau dari dampak secara lingkungan, dampak sosial, serta dampak secara ekonomi, dengan manfaat akan menjadi masukan bagi para *stakeholder* dalam strategi pengembangan kampung yang berkelanjutan.

Metode

Metode yang digunakan dalam aktivitas ini adalah Analisis Deskriptif Kualitatif. Pengambilan data dilakukan dengan observasi langsung (wawancara) kepada sumber primer yakni Ketua Kampoeng Oase Ondomohen, Warga Ondomohen, Ketua RT, Ketua RW serta Lurah kelurahan Ketabang. Penelaahan dokumen sekunder berupa catatan, dokumentasi foto serta publikasi yang berkaitan dengan aktivitas Kampoeng Oase Ondomohen. Selanjutnya data dianalisis secara triangulasi.

Dalam kegiatan ini yang menjadi objek aktivitas adalah teknologi yang diaplikasikan di Kampoeng Ondomohen, antara lain Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Instalasi Pengolahan Air Limbah. Dengan rincian sebagai berikut:

(1) PLTS, terdiri dari Panel Surya Monokristal 160WP yang dilengkapi dengan konektor kabel wago SPL-42, terminal blok 2P-4P, kabel AC 2x2.5mm, serta kabel penghubung panel surya ke inverter, 2x4mm dengan jumlah panel surya sejumlah 9 panel. Solar Inverter berfungsi mengubah energi listrik DC menjadi AC untuk suplai ke beban dan baterai sebagai cadangan dengan spesifikasi: Aki VRLA *Deep Cycle* 12V 100Ah, *Solar Charge Controller* SCC 30A BLS PWM Auto 12V/24V, dilengkapi WiFi *Switch* R2, sebagai saklar daya pintar yang dipasang secara nirkabel untuk monitor penggunaan beban listrik, yang terhubung dengan Aplikasi EWeLink. Saklar daya jarak jauh berfungsi seperti kalkulator konsumsi beban listrik (kalkulator kwh), hal ini memungkinkan pengguna untuk menghitung penggunaan listrik dan mengendalikan perangkat listrik jarak jauh, Alat ini berfungsi sebagai monitor kondisi kualitas penggunaan daya listrik, yang digunakan sebagai indikator kolam ikan. (Amifia, et al., 2022)



Gambar 1. Panel Surya, Inverter dan Baterai

(2) IPAL "*Grey water*", merupakan pengolahan limbah non-kakus yang berasal dari aktivitas memasak dan mencuci atau industri rumah tangga. Dibuat Januari 2017 dengan kapasitas 1,40 ×1,70×2 m. Penyaringan menggunakan: Tandon Pengendapan, Tandon Penyaringan menggunakan filter kuarsa serta Pasir Zeolit, Ijuk, dan dialirkan pada tandon air bersih. Air hasil filtrasi dimanfaatkan untuk menyiram tanaman, pengairan kolam ikan, cuci peralatan kerja Taman, serta pembersihan Jalan. (Amifia, et al., 2022)

Pengukuran keberlanjutan di perkotaan dikembangkan oleh Xing. Et. Al (2009) terdiri dari 2 kategori yaitu: dampak eksternal dan dampak internal. Dampak eksternal terbagi menjadi 3 aspek yakni, dampak sosial, dampak lingkungan dan dampak ekonomi. Dampak Internal terkait dengan peningkatan nilai kehidupan, baik keseluruhan biaya hidup dan keseluruhan produktivitas pendapatan. Dampak eksternal, meliputi:

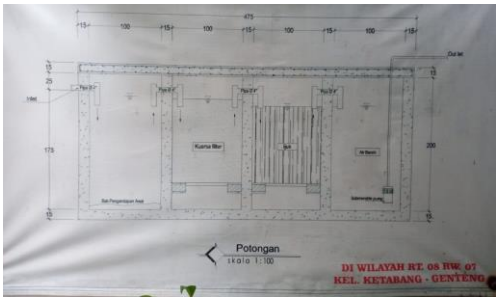
1. Dampak lingkungan terdiri dari, penghematan sumber daya alam mulai dari bahan bakar fosil, material-material alam, daratan, air dan keanekaragaman hayati. Selain itu dampak lingkungan juga terkait pengurangan emisi gas, partikel, cairan maupun gelombang, serta berkaitan dengan sampah.
2. Dampak Sosial terbagi menjadi dampak langsung dan tidak langsung. Dampak langsung berupa pendidikan, partisipasi warga, kesehatan, layanan rekreasi,

 ISSN 2987-677X

kesediaan perumahan, sedangkan dampak tidak langsung berupa keamanan, kesehatan, keterhubungan dan kesejahteraan.

3. Dampak ekonomi adalah efek domino yang dihasilkan dalam penyediaan lapangan pekerjaan.

Dampak internal adalah pengaruh pada nilai biaya hidup dan nilai produktivitas pendapatan. (Xing, et al., 2009)



(a)



(b) (c)

Gambar 2. IPAL "Grey Water"
(a) Gambar Konstruksi tandon IPAl ;
(b) Foto area pemasangan IPAL (ditengah bawah jalan kampung)
(c) Foto tampak dalam IPAL

Hasil Kerja

1. Fungsionalisasi Penerapan PLTS dan IPAL "Grey water" Terhadap Kegiatan Keberlanjutan Kampoeng Oase Ondomohen

"PLTS di Kampoeng Oase Ondomohen berfungsi sebagai substitusi dari listrik PLN yang digunakan untuk penerangan kampung, aliran listrik pompa hidroponik"(Musmulyono-Ketua Kampoeng Wisata Oase Ondomohen).

"PLTS juga digunakan untuk aliran listrik pompa kolam ikan (sirkulasi air) serta dimanfaatkan untuk me-sangrai maggot BSF" (Ratno Yuwono - Wakil Ketua RT 08 RW 07 Ketabang), "PLTS sangat menghemat biaya listrik PLN sebagai penerangan jalan kampung yang bermanfaat bagi warga" (Domy Wahyu Nugroho, S.STP., M.PSDM. - Lurah kelurahan Ketabang).

2. Dampak Lingkungan Penerapan PLTS dan IPAL "Greywater" Terhadap Kegiatan Keberlanjutan Kampoeng Oase Ondomohen

Musmulyono menjelaskan, "Dengan memanfaatkan PLTS sudah mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan dari listrik PLN, karena PLN secara mayoritas bahan bakunya batu bata dari fosil. PLTS ini langsung dari matahari jadi tidak ada polusi dari bahan bakar fosil".

Limbah cair rumah tangga dapat dimanfaatkan untuk penghijauan serta tanaman urban farming yang kaya oksigen, menjadikan lingkungan asri dan sehat. *Ratno Yuwono* menyampaikan, "Dari air limbah cair warga, diproses pada IPAL hingga menghasilkan air bersih yang dimanfaatkan untuk menyiram tanaman serta membersihkan peralatan kerja tanam", Sehingga dengan adanya IPAL dapat melakukan penghematan pemakaian air untuk berbagai kebutuhan.

PLTS dan IPAL yang diterapkan di Kompoeng Oase Ondomohen juga berdampak pada keanekaragaman hayati di kampung ini, terutama hasil air bersih dipergunakan untuk perawatan tanaman produktif, kegiatan warga program Tanam Sayur Dalam Pot (TASAPOT), Tanam Buah Dalam Pot (TABULAMPOT), Hidroponik dan aquaponik.

Musmulyono menjelaskan, "Beberapa jenis tanaman menggunakan air hasil IPAL untuk perawatan antara lain Sawi, Bayam Brazil, Kangkung, Pohon Belimbing, Pohon Sawo, serta untuk sirkulasi air dalam memelihara ikan lele, nila, dan gurami".

3. Dampak Sosial Penerapan PLTS dan IPAL Greywater Terhadap Keberlanjutan Kampoeng Oase Ondomohen

Kehadiran IPAL dan PLTS di Kampoeng Oase Ondomohen berdampak pada edukasi warga terhadap energi baru terbarukan dalam menjaga kelestarian lingkungan. "IPAL dan PLTS yang hadir secara langsung di tengah perkampungan sangat mengedukasi warga tentang keberlanjutan alam. Selama ini warga tidak merasakan secara langsung ketika mendengar adanya pembangkit listrik tenaga matahari, ternyata menjadi sumber energi yang hemat, serta menimbulkan minat bagi warga dalam mempelajari kelimuannya yang dilakukan langsung dalam kegiatan perawatan peralatannya".

Adanya IPAL berdampak pada penambahan kesejahteraan terutama dalam pemenuhan kebutuhan air pada warga. Secara tidak langsung juga berdampak pada pemenuhan kebutuhan pangan dari hasil hidroponik dan budidaya ikan yang bisa dikonsumsi. Hasil panen buah, sayur, serta ikan, sudah dilakukan penjualan pada rumah makan "Wong Solo", di daerah Jalan Walikota Mustajab, Surabaya.

4. Dampak Ekonomi Penerapan PLTS dan IPAL Greywater Terhadap Kegiatan Keberlanjutan Kampoeng Oase Ondomohen

Dengan adanya IPAL dan PLTS di Kampoeng OASE Ondomohen menimbulkan lapangan pekerjaan baru bagi masyarakat, khususnya budidaya ikan pangan dan juga petani sayur. Terbukti sejak tahun 2022 telah terbentuk kelompok tani di Kampoeng Oase Ondomohen. *Musmulyono* menerangkan, "Semenjak kegiatan bertani di kampung sayur dan budidaya ikan dengan adanya IPAL dan PLTS, didirikan kelompok Tani perkotaan yang sudah mendapat legalitas dari kelurahan sejak 6 Juni 2021 lalu"

5. Dampak Pada Kapasitas Internal dari Penerapan PLTS dan IPAL Greywater Terhadap Keberlanjutan Kegiatan Kampoeng Oase Ondomohen

Berdasarkan dokumen, sebelum menggunakan PLTS, penggunaan energi listrik sebesar 170 KWh/bulan, setelah

 ISSN 2987-677X

menggunakan PLTS penggunaan energi listrik kisaran 56 Kwh/bulan. Bila dikonversikan uang, berdasarkan tarif dasar listrik tahun 2022, kategori rumah tangga dengan daya 1.300-2.200 VA. (PT. PLN (Persero), 2022) Maka pembiayaan listrik sebelum ada PLTS sebesar Rp. 245.599,-/bulan, setelah terpasang PLTS menjadi kisaran Rp. 80.903,2/bulan. Dengan demikian penghematan mencapai 67%, terlihat pada tabel 1. dan tabel 2.

Tabel 1 Perbandingan Konsumsi Sumber Daya Sebelum dan Sesudah ada Solar Cell dan IPAL

Sumber Daya	Konsumsi Sebelum ada PLTS	Konsumsi Sesudah ada PLTS	Nilai Hemat	%
Listrik	170 KWh/bln	56 Kwh/bln	114 Kwh/bln	67%
Air	30 m^3/bln	17 m^3/bln	13 m^3/bln	43%

Sumber: diolah dari hasil pendataan dan tarif PDAM (PDAM Surya Sembada, 2022) dan PLN berlaku (PT. PLN (Persero), 2022)

Sedangkan untuk sumber daya air, Konsumsi air PDAM di substitusi dengan pemakaian air IPAL, pembayaran air rata-rata sebanyak 30 m^3 atau setara Rp. 96.000,- , berkurang menjadi kisaran 17m^3 atau setara Rp. 54.400,-“, nilai penghematan sekitar 43%.

Perhitungan berdasarkan tarif dasar air minum PDAM Surya Sembada Kota Surabaya, dengan tarif pemakaian lebih dari 20m^3 sebesar Rp. 3200,- per kubik. (PDAM Surya Sembada, 2022)

Tabel 2. Perhitungan Penghematan Setelah penggunaan Solar Cell dan IPAL

SUMBER DAYA	NILAI PENGHEMATAN	TARIF SATUAN	TOTAL PENGHEMATAN
Listrik	114 Kwh/bln	Rp1.444,7 /kWh	Rp164.695,8
Air	13 m3/bln	Rp3.200,- /m^3	Rp41.600,-
Total Penghematan			**Rp206.295,8,-**

Sumber: diolah dari hasil pendataan dan tarif PDAM (PDAM Surya Sembada, 2022) dan PLN berlaku (PT. PLN (Persero), 2022)

Selain itu dampak pendapatan yang bisa diterima dari budidaya ikan kurang lebih Rp2.000.000,- per bulan saat panen optimal.

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan di atas dampak teknologi tepat guna terhadap Kegiatan Keberlanjutan Kampung Oase Ondomohen seperti berikut:

1. Dampak lingkungan, mengurangi Emisi Gas Rumah kaca dalam pemakaian energi listrik untuk penerangan dan pompa urban farming, meningkatkan kemampuan warga mengakses air, melalui penggunaan air hasil filtrasi limbah rumah tangga, dan penampungan air hujan, serta menimbulkan perkembangan keanekaragaman hayati berupa tanaman sayur dan buah, ikan pangan. yang dibudidayakan dalam urban farming
2. Dampak sosial, pemenuhan kebutuhan masyarakat terhadap listrik, pemenuhan kebutuhan air, peningkatan minat edukasi dan promosi keberlanjutan, kepedulian dan partisipasi warga terhadap lingkungannya
3. Dampak ekonomi, membuka lapangan pekerjaan baru bagi masyarakat, khususnya budidaya ikan pangan dan juga petani sayur, mengurangi biaya pemakaian energi listrik PLN, serta konsumsi air PDAM, serta mendapat tambahan pendapatan dari hasil panen budidaya ikan dan sayur.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih pada :

1. Warga dan perangkat Kampoeng Oase Ondomohen Surabaya,
2. Pengurus PERBANUSA DPD I JAWA TIMUR (Perkumpulan Pengelola Sampah dan Bank Sampah Nusantara),
3. Pengurus IFTA SURABAYA (Indonesian Fighter Tourism Association),
4. Kepala Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian (DKPP) Kota Surabaya, Ibu Antiek Sugiharti, M.Si.,
5. Kepala Bidang Pertanian, Bapak Rahmad Kodariawan, S.P., M.M.,
6. Sub Koordinator PSP4, Ibu Dian Anggraeni, S.TP.
7. Segenap Tim Urban Farming (Motivator, Tim Teknis, Petugas Penyuluh Lapangan) DKPP Kota Surabaya.

Referensi

Amifia, L. K. et al., 2022. PENERAPAN PANEL SURYA UNTUK MENDUKUNG BUDIDAYA IKAN BERBASIS INTERNET OF THINGS DI KAMPUNG OASE ONDOMOHEN. *Abdimas Galuh,* vol.4(no.2), pp. 1350-1360.

Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi. 2022. Menteri ESDM Beberkan Potensi Sumber Energi Hijau Indonesia, 2022. *ebtke.esdm.go.id.* [Online] Available at: https://ebtke.esdm.go.id/post/2022/11/14/3334/menteri.esdm.beberkan.potensi.sumber.energi.hijau.indonesia [Accessed 23 Maret 2023].

Idam, 2022. *humas.amikompurwokerto.ac.id.* [Online] Available at: Idam. 2022. Peran Teknologi Dalam Pembangunan Berkelanjutan Guardian News Nigeria, diunduh dari https://humas.amikompurwokerto.ac.id/peran-teknologi-dalam-pembangunan-berkelanjutan-guardian-news-nigeria [Accessed 23 Maret 2023].

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Balai Sungai Wilayah Sumatera I, 2020. *https://sda.pu.go.id.* [Online] Available at: https://sda.pu.go.id/balai/bwssumatera1/article/upaya-menjaga-ketahanan-pangan-indonesia [Accessed 23 Maret 2023].

ISSN 2987-677X

Kurniawan, A., 2021. *https://www.merdeka.com.* [Online] Available at: https://www.merdeka.com/jabar/contoh-ramah-lingkungan-dalam-bidang-teknologi-bantu-lestarikan-alam-kln.html [Accessed 23 Maret 2023].

Lubiansyah, R., 2021. *Pengembangan Masyarakat Kampung Ondomohen Dalam Pengelolaan Persampahan Menuju "Surabaya Smart City" Yang Berkelanjutan,* Surabaya: Program Studi Antropologi Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Universitas Airlangga.

PDAM Surya Sembada, 2022. *https://www.pdam-sby.go.id.* [Online] Available at: https://www.pdam-sby.go.id/read/tabel-tarif-pelanggan [Accessed 13 Mei 2023].

PT. PLN (Persero), 2022. *https://web.pln.co.id.* [Online] Available at: https://web.pln.co.id/media/2022/10/pemerintah-tetapkan-tarif-listrik-tidak-naik-pln-berkomitmen-jaga-pasokan-listrik-andal-gerakkan-roda-ekonomi [Accessed 12 Mei 2023].

United Nation (n.d) THE 17 GOALS, 2019. *https://sdgs.un.org.* [Online] Available at: https://sdgs.un.org [Accessed 15 Mei 2023].

Xing, Y., Horner, R. M. W., El-Haram, M. A. & Bebbington, J., 2009. A framework model for assessing sustainability impacts of urban development. *Accounting forum,* vol.33(no.3), pp. 209-224.

ISSN 2987-677X

Penilaian Kinerja Das Kemuning Kabupaten Sampang Pada Aspek Tata Air

Anton Daniswara, Giyanto, Agil Priyanto, Agung Wirawan

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ danishop72@gmail.com, gie.dpu@gmail.com, agil.priyanto@yahoo.com, wirawanpradana85@gmail.com

Assessment **Pengelolaan Kinerja DAS Kemuning dalam pengembangan sumber daya air berkelanjutan bermaksud untuk mendapatkan informasi kondisi kesehatan DAS Kemuning dalam upaya perlindungan dan pelestarian lingkungan DAS Kemuning mulai hulu, tengah hingga ke hilir. Tujuan dari kajian ini adalah melakukan *monitoring* dan evaluasi kondisi kinerja DAS Kemuning sesuai parameter penilaian dari pembobotan kriteria tata air yang mencakup a. koefisien rezim aliran; b. koefisien aliran tahunan; c. muatan sedimen; d. banjir ;e. indeks penggunaan air. Nilai skor penilaian evaluasi kondisi daya dukung DAS diperoleh dari hasil analisis terhadap masing-masing nilai bobot dan skor dari setiap subkriteria. Klasifikasi kinerja DAS diperoleh dengan menjumlahkan hasil kali nilai dan bobot dari masing-masing kriteria. Dilakukan analisis terhadap kriteria penilaian dan didapatkan skor penilaiannya. Didapatkan hasil analisis untuk masing-masing kriteria sebagai berikut : kriteria koefisien rezim aliran; koefisien aliran tahunan; muatan sedimen; banjir termasuk dalam kategori tingkat pemulihan sangat tinggi , dan kriteria indeks penggunaan air termasuk kriteria sangat rendah atau sangat baik. Perlu dilakukan upaya-upaya penyelamatan DAS Kemuning agar tidak terjadi penurunan kinerja DAS. Rekomendasi pengelolaan dan pemulihan daya dukung DAS Kemuning dalam mendukung pengembangan sumber daya air dilakukan dengan beberapa rencana kegiatan yaitu konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air dan pengendalian daya rusak air yang terintegrasi dari hulu ke hilir dan melibatkan para pemangku kepentingan.**

Kata kunci: DAS; Kemuning; kriteria; daya dukung

Pendahuluan

Dampak pemanfaatan lahan di wilayah DAS Kemuning yang tidak terkendali tanpa memperhatikan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air mengakibatkan tingginya laju erosi dan sedimentasi.

Penurunan penutupan vegetasi di hulu DAS Kemuning mempercepat degradasi lahan, perubahan ini mendorong terjadinya peningkatan luas lahan kritis, penurunan kuantitas, kualitas dan kontinuitas aliran, bahkan rentan resiko banjir dan kekeringan, sehingga secara sosial ekonomi menyebabkan masyarakat menjadi semakin kehilangan kemampuan untuk berusaha di lahannya sebagai upaya peningkatan kesejahteraan umum.

Ledakan penduduk di wilayah DAS Kemuning dan pengembangan agrobisnis pertanian dan industri mendorong kebijakan yang belum sinergi dengan ketentuan aturan yang baru. Alih fungsi lahan dan tanam di sepanjang sungai dan hulu DAS Kemuning menyebabkan terganggunya keseimbangan alam dalam dekade sekarang ini.

Dalam pembahasan studi ini akan dititik-beratkan pada Monitoring dan evaluasi pengelolaan DAS Kemuning dalam upaya mengetahui informasi kinerja kesehatan DAS Kemuning untuk itu perlu dirumuskan

Bagaimana kondisi kesehatan DAS Kemuning dari segi tata air serta strategi pengelolaan DAS Kemuning dalam pengembangan sumber daya air berkelanjutan

Dari ketiga poin diatas didapatkan maksud dari kegiatan ini untuk mengetahui informasi kondisi kesehatan DAS Kemuning dalam upaya perlindungan dan pelestarian Lingkungan DAS Kemuning mulai hulu, tengah hingga ke hilir sekaligus mengkoordinasikan, mengintegrasikan, mensinkronisasikan dan mensinergikan pengelolaan DAS Kemuning.

Tujuannya untuk monitoring dan evaluasi kondisi kinerja DAS Kemuning sesuai parameter penilaian dari pembobotan kriteria tata air dari kriteria analisa tata air, koefisien regim aliran, muatan sedimen, kriteria banjir dan indeks penggunaan air.

Tinjauan Pustaka

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan DAS maka monitoring dan evaluasi yang akan dilakukan adalah monitoring dan evaluasi indikator kinerja DAS, yaitu sistem monitoring dan evaluasi yang dilakukan secara periodik untuk memperoleh data dan informasi terkait kinerja DAS. Untuk memperoleh data dan informasi tentang gambaran menyeluruh mengenai perkembangan kinerja DAS, khususnya untuk tujuan pengelolaan DAS

 ISSN 2987-677X

secara lestari, maka diperlukan kegiatan monitoring dan evaluasi DAS yang ditekankan pada kriteria tata air.

Terdapat 5 (lima) Sub kriteria penyelesaian penilaian dalam Monitoring dan Evaluasi DAS Kemuning untuk mengetahui kesehatan dan Daya Dukung DAS :

1. Kriteria Koefisien Rezim Aliran
2. Kriteria Koefisien Aliran Tahunan
3. Kriteria Muatan Sedimen
4. Kriteria Banjir
5. Kriteria Indeks Penggunaan Air

KRITERIA ANALISIS TATA AIR
Sub Kriteria Koefisien Rezim Aliran (KRA)

Koefisien Rezim Aliran (KRA) adalah perbandingan antara debit maksimum (Qmaks) dengan debit minimum (Qmin) dalam suatu DAS.. Sedangkan untuk daerah dimana pada masa kemarau tidak ada air di sungai, maka nilai KRA adalah perbandingan Qmaks dengan Qa. Qmaks adalah debit maksimum absolute dan Qa adalah debit andalan (Qa = 0,25 x Q rerata bulanan) Perhitungan KRA menggunakan klasifikasi nilai sebagaimana Tabel 1:

Tabel 1. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Koefisien Rezim Aliran

SUB KRITERIA	BOBOT	PARAMETER	NILAI	KELAS	SKOR
Koefisien Rezim Aliran (KRA)	5	Daerah Basah [illegible] = Qmax / [illegible]	KRA ≤ 20	Sangat Rendah	0,5
			20 <KRA ≤ 50	Rendah	0,75
			50 <KRA ≤ 80	Sedang	1
			80 <KRA ≤ 110	Tinggi	1,25
			KRA > 110	Sangat Tinggi	1,5
		Daerah Kering [illegible] = Qmax / [illegible]	KRA ≤ 5	Sangat Rendah	0,5
			5 <KRA ≤ 10	Rendah	0,75
			10 <KRA ≤ 15	Sedang	1
			15 <KRA ≤ 20	Tinggi	1,25
			KRA > 20	Sangat Tinggi	1,5

Sumber : (Permenhut RI : 2014)

Sub Kriteria Koefisien Aliran Tahunan (KAT)

Koefisien Aliran Tahunan (KAT) adalah perbandingan antara tebal aliran tahunan (Q, mm) dengan tebal hujan tahunan (P, mm) di DAS atau dapat dikatakan berapa persen curah hujan yang menjadi aliran (runoff) di DAS. Perhitungan KRA menggunakan klasifikasi nilai sebagaimana Tabel 6:

Tabel 2. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Koefisien Aliran Tahunan

SUB KRITERIA	BOBOT	PARAMETER	NILAI	KELAS	SKOR
Koefisien Aliran Tahunan (KAT)	5	[illegible] = Q Tahunan / [illegible]	KAT ≤ 0,2	Sangat Rendah	0,5
			0,2 <PLK ≤ 0,3	Rendah	0,75
			0,3 <PLK ≤ 0,4	Sedang	1
			0,4 <PLK ≤ 0,5	Tinggi	1,25
			PLK > 0,5	Sangat Tinggi	1,5

Sumber : (Permenhut RI : 2014)

Sub Kriteria Muatan Sedimen (MS)

Besarnya kadar muatan sedimen dalam aliran air dinyatakan dalam besaran laju sedimentasi (dalam satuan ton atau m3 atau mm per tahun). Muatan sedimen (MS) dihitung dengan pengukuran langsung, menggunakan persamaan

Qs = k x Cs x Q ,.....(1)

Keterangan :

Qs (ton/hari) = debit sedimen ; k = 0.0864

Cs (mg/l) = kadar muatan sedimen

Q (m3/dt) = debit air sungai

Selain itu muatan sedimen dapat diperoleh melalui pendekatan hasil prediksi erosi, dengan menggunakan rumus :

MS = A x SDR,.....(2)

Keterangan :

MS = Muatan Sedimen (ton/ha/th)

A = nilai erosi (ton/ha/th)

SDR = nisbah penghantaran sedimen

Nilai total erosi ditentukan dengan menggunakan rumus USLE, sedangkan nisbah hantar sedimen (Sediment Delivery Ratio/SDR) dapat ditentukan dengan menggunakan matrik sebagaimana Tabel 3.

Tabel 3 Hubungan antara luas DAS dengan rasio penghantaran sedimen

No	Luas DAS	Rasio Penghantaran Sedimen (%)
1	10	53
2	50	39
3	100	35
4	500	27
5	1000	24
6	5000	15
7	10000	13
8	20000	11
9	50000	8,5
10	2600000	4,9

Sumber : (Permenhut RI : 2014)

Perhitungan muatan sedimen menggunakan klasifikasi nilai sebagaimana Tabel 10:

Tabel 4.Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Muatan Sedimen

SUB KRITERIA	BOBOT	PARAMETER	NILAI	KELAS	SKOR
Muatan Sedimen (MS)	4	[illegible] = [illegible] Atau [illegible] = [illegible]	MS ≤ 5	Sangat Rendah	0,5
			5 <MS ≤ 10	Rendah	0,75
			10 <MS ≤ 15	Sedang	1
			15 <MS ≤ 20	Tinggi	1,25
			MS > 20	Sangat Tinggi	1,5

Sumber : (Permenhut RI : 2014)

Sub Kriteria Banjir

Monitoring banjir dilakukan untuk mengetahui frekuensi kejadian banjir, baik banjir bandang maupun banjir genangan. Data diperoleh dari laporan kejadian bencana atau pengamatan langsung. Perhitungan

 ISSN 2987-677X

frekuensi kejadian banjir menggunakan klasifikasi nilai sebagaimana Tabel 5

Tabel 5. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Banjir

SUB KRITERIA	BOBOT	PARAMETER	NILAI	KELAS	SKOR
Banjir	2	Frekuensi Kejadian Banjir	Tidak Pernah	Sangat Rendah	0,5
			1 kali dalam 5 tahun	Rendah	0,75
			1 kali dalam 2 tahun	Sedang	1
			1 kali tiap tahun	Tinggi	1,25
			Lebih dari 1 kali dalam 1 tahun	Sangat Tinggi	1,5

Sumber : (Permenhut RI : 2014)

Sub Kriteria Indeks Penggunaan Air (IPA)

Monitoring penggunaan air dilakukan untuk mengetahui gambaran jumlah kebutuhan air dibandingkan dengan kuantitas ketersediaan air di DAS. Perhitungan indeks penggunaan air dapat dihitung dengan 3 (tiga) cara yaitu:

1. Perbandingan antara kebutuhan air dengan persediaan air yang ada di DAS:

$$IPA = \frac{Kebutuhan\ Air}{Persediaan\ Air} \quad \text{.....(3)}$$

Keterangan :

- Kebutuhan air (m^3) = jumlah air yang dikonsumsi untuk berbagai keperluan/penggunaan lahan di DTA selama satu tahun (tahunan)
- Persediaan air (m^3), dihitung dengan cara langsung, yaitu dari hasil pengamatan volume debit (Q, m^3)

2. Perbandingan total kebutuhan air dengan debit andalan:

$$IPA = \frac{Kebutuhan\ Air}{Qa} \quad \text{.....(4)}$$

Keterangan :

- total kebutuhan air = kebutuhan air untuk irigasi + DMI + penggelontoran kota
- DMI = domestic, municiple, industry
- Qa = debit andalan (0,25 x Q rata-rata tahunan)

3. Ketersediaan air per kapita per tahun, dengan cara :

$$IPA = \frac{Jumlah\ Air\ (Q)}{Jumlah\ Penduduk} \quad \text{.....(5)}$$

Keterangan :

- Q = debit air sungai dalam m3/tahun
- Jumlah penduduk dalam DAS

Perhitungan IPA menggunakan klasifikasi nilai sebagaimana Tabel 12.

Tabel 6. Sub Kriteria, Bobot, Nilai dan Klasifikasi Indeks Penggunaan Air

SUB KRITERIA	BOBOT	PARAMETER	NILAI	KELAS	SKOR
Indeks Penggunaan Air (IPA)	4	[illegible]	IPA ≤ 0,25	Sangat Rendah	0,5
			0,25 <IPA ≤ 0,50	Rendah	0,75
			0,50 <IPA ≤ 0,75	Sedang	1
			0,75 <IPA ≤ 1,00	Tinggi	1,25
			IPA > 1,00	Sangat Tinggi	1,5
		[illegible]	IPA ≤ 0,50	Sangat Rendah	0,5
			0,50 <IPA ≤ 0,75	Rendah	0,75
			0,75 <IPA ≤ 1,00	Sedang	1
			1,00 <IPA ≤ 1,25	Tinggi	1,25
			IPA > 1,25	Sangat Tinggi	1,5
		[illegible]	IPA ≥ 6,80	Sangat Baik	0,5
			5,10 <IPA ≤ 6,80	Baik	0,75
			3,40 <IPA ≤ 5,10	Sedang	1
			1,70 <PPV ≤3,40	Jelek	1,25
			IPA < 1,70	Sangat Jelek	1,5

Sumber : (Permenhut RI : 2014)

EVALUASI DAYA DUKUNG DAS

Evaluasi kondisi daya dukung DAS dilakukan secara terintegrasi terhadap kelima kriteria: lahan, tata air, sosial ekonomi, investasi bangunan dan pemanfaatan ruang wilayah. Nilai skor penilaian evaluasi kondisi daya dukung DAS diperoleh dari hasil analisis terhadap masing-masing nilai bobot dan skor dari indikator dan parameter-parameternya. Nilai bobot dan skor (diisi sesuai kondisinya) masing-masing parameter diklasifikasikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Bobot dan nilai dari parameter tata air untuk Daya Dukung DAS

KRITERIA/SUB KRITERIA	NILAI	
	Terendah	Tertinggi
Kondisi Tata Air	10	30
1. Koefisien regim aliran (KRA)	2,5	7,5
2. Koefisien aliran tahunan (KAT)	2,5	7,5
3. Muatan Sedimen (MS)	2	6
4. Banjir	1	3
5. Indeks Penggunaan Air (IPA)	2	6

Sumber : (Permenhut RI : 2014)

METODOLOGI PENELITIAN

Gambaran Umum DAS Kemuning

Das Kemuning memiliki luas 380,33 km2, berada di wilayah Kabupaten Sampang meliputi 5 kecamatan : Kedundung, Robatal, Omben, Sampang, dan Karang Penang. Permasalahan utama yang terjadi di Das Kemuning adalah banjir, penurunan kualitas air, penurunan kuantitas air, penurunan kontinuitas aliran, kenaikan luas lahan kritis, pengurangan penutupan vegetasi di hulu DAS Kemuning ,ledakan penduduk di wilayah DAS Kemuning dan sampah.

 ISSN 2987-677X



Sumber : Dinas PUSDA Provinsi Jatim

Gambar.1 Peta Das Kemuning

Langkah-Langkah Studi

1. Persiapan
   Persiapan adalah tahapan awal yang terdiri dari berbagai kegiatan, antara lain Inventarisasi dan pengumpulan data, berupa penyiapan ; Peta dasar, Survey lapangan di Titik Kontrol outlet dan inlet sumber air (sungai), Checklist/Daftar Simak, data primer dan data sekunder lainnya
2. Pengumpulan data sekunder
3. Pengumpulan data primer
4. Penyusunan data base
   Pada tahapan ini, kegiatan pengumpulan dengan inventory dan pengumpulan data, melakukan klarifikasi situasi dan kondisi daerah studi (DAS Kemuning)
5. Tahapan analisis data
   Pada tahapan ini dilakukan analisis terhadap kelima kriteria parameter daya dukung DAS
6. Tahapan evaluasi kinerja pengelolaan DAS Kemuning.
   Pada tahapan ini dilakukan evaluasi hasil analisis terhadap kelima kriteria parameter daya dukung DAS.

MONITORING DAN EVALUASI PENILAIAN KINERJA DAERAH ALIRAN SUNGAI KEMUNING

Analisis Tata Air

Analisis Koefisien Regim Aliran

Dalam analisis ini digunakan data debit dari Dinas PUSDA Provinsi Jatim pada AWRL Sungai Kemuning yang merupakan titik kontrol dari DAS Kemuning selama 5 tahun, dimana DAS Kemuning termasuk daerah basah dengan aliran yang selalu ada sepanjang tahun. Perhitungan koefisien regim aliran menggunakan persamaan pada tabel 1. Analisis perhitungan regim aliran disajikan pada tabel 8 sebagai berikut :

Tabel 8 Perhitungan Koefisien Regim Aliran

No	Tahun	Debit Sungai		KRS	Skor	Kelas
		QMaks	QMin			
1	2017	680.79	1.06	642.25	1.5	sangat tinggi
2	2018	160.64	0.46	352.28	1.5	sangat tinggi
3	2019	12.50	0.08	156.25	1.5	sangat tinggi
4	2020	160.64	0.89	180.49	1.5	sangat tinggi
5	2021	126.62	1.03	122.93	1.5	sangat tinggi
Rata-rata		228.24	0.70	324.57	1.5	sangat tinggi

Sumber : analisis tahun 2023

Nilai Koefisien Regim Aliran dari tahun 2017 sampai 2021 mengalami penurunan, menandakan adanya tren yang positif.

Tetapi **masih lebih dari 110**, dengan nilai tersebut termasuk dalam kategori ***tingkat pemulihan sangat tinggi atau sangat buruk.***

Analisis Koefisien Aliran Tahunan

Analisis perhitungan koefisien aliran tahunan didapatkan dari perhitungan data curah hujan dan debit sungai pada AWRL Sungai Kemuning dengan menggunakan persamaan pada tabel 2. Perlu dilakukan analisis faktor erosivitas air hujan (R) terlebih dahulu.

Faktor erosivitas hujan (R)

Perhitungan faktor erosivitas hujan diperoleh dari data curah hujan rata-rata bulanan menggunakan metode polygon thiessen berdasarkan data hujan dari Dinas PUSDA Provinsi Jatim rentang 5 tahun yang diperoleh dari 4 stasiun hujan di DAS Kemuning

Tabel 9 Persen Luas Wilayah Stasiun Hujan

Stasiun Hujan	Luas Wilayah	
	km2	%
ST Omben	69.35	21%
ST Robatal	138.63	42%
ST Sampang	57.16	17%
ST Kedundung	68.20	20%

Sumber : analisis tahun 2023

Berikut contoh perhitungan nilai erosivitas hujan :

Tabel 10 Hujan rerata bulanan tahun 2017

Bulan	Stasiun Hujan				Hujan
	Omben	Robatal	Sampang	Kedundung	Rerata
Januari	510	198	602	242	341.18
Februari	966	328	477	320	484.64
Maret	738	104	416	276	324.59
April	459	163	292	0	213.35
Mei	314	67	171	58	134.38
Juni	105	97	88	69	91.39
Juli	0	70	9	37	38.22
Agustus	0	0	0	0	0.00
September	67	31	15	72	44.13
Oktober	210	0	23	40	55.82
November	295	274	405	276	301.23
Desember	290	304	354	289	306.58
					2335.52

Sumber : analisis tahun 2023

Perhitungan seperti di atas dilakukan pada semua bulan selama 5 tahun pengamatan. Perhitungan Koefisien aliran tahunan berdasarkan tabel 2 diperoleh sebagai berikut.

Tabel 11 Perhitungan Koefisien Aliran Tahunan

Tahun	R (mm)	Luas Das (m2)	Limpasan Q (m3/dtk)	P (m3) (R / 1000) * A	C	Kelas
2017	2335.52	380,330,000.00	190,731,456.00	88,826,882.22	2.15	sangat tinggi
2018	1774.92	380,330,000.00	69,100,560.00	67,505,653.54	1.02	sangat tinggi
2019	1652.58	380,330,000.00	87,084,720.00	62,852,606.56	1.39	sangat tinggi
2020	2818.00	380,330,000.00	102,816,864.00	107,177,005.18	0.96	sangat tinggi
2021	2381.43	380,330,000.00	120,986,784.00	90,572,948.32	1.34	sangat tinggi
			114,144,076.80	83,387,019.17	1.37	

Sumber : analisis tahun 2023

 ISSN 2987-677X

Nilai Koefisien Regim Aliran dari tahun 2017 sampai 2021 mengalami penurunan, menandakan adanya tren yang positif. Tetapi angka C masih lebih dari 0,5, dengan nilai tersebut termasuk dalam kategori tingkat pemulihan tinggi atau sangat buruk.

Analisis Muatan Sedimen

Muatan sedimen pada DAS Kemuning dihitung dengan pendekatan hasil prediksi erosi dengan menggunakan rumus : MS = A x SDR pada persamaan 2 . Dengan A adalah nilai erosi dan SDR adalah nisbah penghantar sedimen dapat dilihat pada tabel 3.

Besarnya muatan sedimen diperoleh sebagai berikut :

MS = A x SDR

MS = 13,91 ton/ha/tahun x 29,88 %

MS = 2,16

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan nilai rata-rata muatan sedimen sebesar 2,16 , dengan nilai tersebut termasuk dalam kategori tingkat pemulihan sangat rendah.

Analisis Kriteria Banjir

Analisis kriteria kejadian banjir adalah jumlah banjir yang terjadi pada DAS Kemuning selama setahun. Data yang digunakan diperoleh dari laporan kejadian banjir pada Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur selama kurun waktu 5 tahun. Data kejadian banjir pada DAS Kemuning disajikan pada tabel 12.

Tabel 12 Data Jumlah Kejadian Banjir di DAS Kemuning

No	Das	Tahun	Kejadian Banjir
1	Kemuning	2017	10
2	Kemuning	2018	5
3	Kemuning	2019	5
4	Kemuning	2020	4
5	Kemuning	2021	6
	Rata-rata Kejadian		6

Sumber : Dinas PUSDA Provinsi Jatim

Frekuensi kejadian banjir mengalami penurunan dari tahun 2017 ke tahun 2021.

Tetapi frekuensi kejadian banjir masih lebih dari 2 kali dalam setahun, dengan kondisi tersebut termasuk dalam kategori tingkat pemulihan tinggi atau sangat buruk

Analisis Indeks Penggunaan Air (IPA)

Dalam analisis ini dalam perhitungan indeks penggunaan air (IPA) digunakan perbandingan antara kebutuhan air dengan ketersediaan air di DAS. Data kebutuhan dan ketersediaan air didapatkan dari Dinas PUSDA Provinsi Jatim, nilai kebutuhan dan ketersediaan air dapat dilihat pada tabel 13

Tabel 13 Analisis Neraca Air DAS Kemuning

No	Das	Kab Kota	Ketersediaan Air	Kebutuhan Air	Neraca Air	
			Total Juta m^3/Tahun	Total Juta m^3/Tahun	Selisih Juta m^3/Tahun	NA
1	Kemuning	*Sampang*	1992.58	372.24	**1620.34**	S

Sumber : Dinas PUSDA Provinsi Jatim

Berdasarkan tabel diatas diperoleh nilai Indeks Penggunaan Air dengan menggunakan perhitungan berdasarkan rumus persamaan 3.

IPA = kebutuhan air / ketersediaan air

IPA = 372,24 / 1992,58

IPA = 0,19

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan nilai indeks penggunaan air sebesar 0,19 , dengan nilai tersebut termasuk dalam kategori tingkat pemulihan sangat rendah atau sangat baik.

Rekomendasi Pengelolaan dan Pemulihan Daya Dukung DAS Kemuning Dalam Mendukung Pengembangan Sumber Daya Air.

Pengelolaan DAS Kemuning perlu dilakukan pemulihan kriteria daya dukung DAS dengan nilai yang kurang dan menjaga kriteria daya dukung yang sudah baik. Dalam upaya pemulihan daya dukung DAS harus terintegrasi dari hulu ke hilir dan melibatkan pihak-pihak yang berkepentingan atau pemangku kepentingan, para pemangku kepentingan dikelompokan menjadi 4 (empat), yaitu owner/regulator (Pemerintah), operator (dinas teknis, BUMN, atau BUMD). Developer, dan user (masyarakat).

Mengacu kepada Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Jawa Timur pemulihan daya dukung DAS Kemuning dalam mendukung pengembangan sumber daya air berkelanjutan dilakukan dengan beberapa rencana kegiatan yaitu :

Konservasi Sumberdaya Air

Prioritas kegiatan ini bertujuan untuk memulihkan daya dukung DAS dengan kriteria analisis lahan, analisis regim aliran dan analisis pemanfaatan ruang. Prioritas kegiatan konservasi SDA adalah menjaga keberlangsungan keberadaan daya dukung, daya tampung dan fungsi sumber daya air, antara lain dengan melakukan kegiatan-kegiatan perlindungan dan pelestarian sumberdaya air, pengawetan air, pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.

Pendayagunaan Sumberdaya Air

Pendayagunaan sumber daya air dilakukan sesuai dengan arahan pemanfaatan ruang pada wilayah sungai dengan memperhatikan pola pengelolaan sumber daya air dan ditujukan untuk memanfaatkan sumberdaya air secara berkelanjutan dengan mengutamakan pemenuhan kebutuhan pokok kehidupan masyarakat

 ISSN 2987-677X

secara adil, dilakukan dengan kegiatan – kegiatan penatagunaan sumber daya air, penyediaan sumber daya air, dan penggunaan sumber daya air.

Pengendalian Daya Rusak Air.
Pengendalian daya rusak air dilakukan secara menyeluruh yang mencakup upaya pencegahan, penanggulangan, dan pemulihan. Diutamakan dalam upaya pencegahan melalui perencanaan pengendalian daya rusak air yang disusun secara terpadu dan menyeluruh.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan
Berdasarkan analisis yang dilakukan dalam pengelolaan kinerja DAS Kemuning dari aspek tata air dalam pengembangan sumber daya air berkelanjutan, didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil analisis nilai Koefisien Regim Aliran Das Kemuning termasuk dalam kategori tingkat pemulihan sangat tinggi atau sangat buruk.
2. Berdasarkan hasil analisis nilai Koefisien Aliran Tahunan Das Kemuning termasuk dalam kategori tingkat pemulihan sangat tinggi atau sangat buruk.
3. Berdasarkan hasil analisis nilai Muatan Sedimen termasuk dalam kategori tingkat pemulihan sangat tinggi atau sangat buruk.
4. Berdasarkan hasil analisis frekuensi banjir termasuk dalam kategori tingkat pemulihan sangat tinggi atau sangat buruk.
5. Berdasarkan hasil analisis indeks penggunaan air termasuk dalam kategori tingkat pemulihan sangat rendah atau sangat baik.

Saran

1. Dalam upaya pelestarian DAS Kemuning dalam mendukung pengembangan sumber daya air berkelanjutan perlu dilakukan perencanaan pemulihan daya dukung DAS secara terintergritas dan melibatkan semua pihak baik pemerintah, swasta, dan masyarakat.
2. Perlu dibentuk lembaga atau instansi pemerintahan yang berwenang dan menjadi leading sector dalam pengelolaan DAS.
3. DAS Kemuning memiliki potensi air sangat besar, perlu dibuat tampungan – tampungan air agar air tidak langsung mengalir ke laut selain itu juga untuk mengurangi resiko banjir
4. Perlu dilakukan rencana pemulihan DAS di bagian hulu dengan penghijauan dan pembuatan check dam pada anak sungai , pada bagian tengah dengan melakukan restorasi sungai dan menata kembali kawasan budidaya, Pada bagian hilir dengan melaksanakan rekayasa sungai untuk mencegah terjadinya banjir

Referensi

Asdak, C.. 2010. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Badan Pusat Statistik Kabupaten Sampang, 2021. ‘Kabupaten Sampang dalam angka tahun 2021.

Dinas PU Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur 2014 “Rancangan Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Madura Bawean Tahun 2014.

Soewarno. 1991. Hidrologi Pengukuran dan Pengelolaan Data Aliran Sungai (Hidrometri). Nova. Bandung.

Triatmojo, B.. 2008. Hidrologi Terapan. Beta Offset. Yogyakarta.

Pemerintah Republik Indonesia.2012. “Peraturan Pemerintah No. 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.

Pemerintah Republik Indonesia.2014. “Peraturan Pemerintah Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P. 61 /Menhut-II/2014 tentang Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.

Pemerintah Republik Indonesia.2014. “Peraturan Menteri PU-PR No.28/PRT/M/2015 tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai dan penetapan garis Sempadan Danau.

Pemerintah Provinsi Jawa Timur 2016. “Peraturan Daerah No.18 Tahun 2016 tentang Pengelolaan Sungai.

Priyantoro, D. (1987). Teknik Pengangkutan Sedimen. Malang: Himpunan Mahasiswa Pengairan.

 ISSN 2987-677X

Pengendalian Jamur *Tilletia sp.* Pada Kulit Gandum (Triticum aestivum) Dengan *Heat Treatment* Pada *Blowing Line*

Raditya Gunarso, S. TP.

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Gandum merupakan jenis tanaman serealia yang mudah diserang oleh hama penyakit salah satunya jamur dengan spesies antara lain *Tilletia sp.* (Kayim, dkk., 2022). Karnal bunt adalah penyakit pada gandum (*Triticum aestivum*) yang disebabkan cendawan *Tilletia indica*. Penyakit ini menjadi perhatian utama dalam perdagangan internasional karena dapat menurunkan kualitas gandum dan merupakan organisme pengganggu tumbuhan karantina yang belum terdapat di Indonesia. Biji gandum yang terinfeksi *Tilletia spp.* dapat menjadi pembawa teliospora (Handayani, dkk., 2018). Spora memiliki yang sifat ringan dan dapat rusak oleh perlakuan panas. Salah satu sifat spora yang ringan inilah dikhawatirkan dapat berterbangan jika tertiup angin lalu menempel pada area pertanian sehingga dapat mengkontaminasi lahan pertanian di Indonesia. Oleh karena itu perlu dilakukan perlakuan pemanasan untuk menghancurkan spora pada biji gandum tanpa merusak protein yang terkandung di dalamnya. Pemanasan dilakukan pada bran/kulit gandum dengan menggunakan oven dan elemen pemanas pada *blowing line*. Berdasarkan perhitungan, pemanasan menggunakan elemen pemanas pada *blowing line* menurunkan biaya operasional sebesar Rp. 101.315,-/ton bran/kulit gandum dan mempersingkat waktu proses.

Pendahuluan

Gandum merupakan komoditas pangan alternatif yang strategis. Indonesia merupakan negara pengimpor gandum terbesar kedua di dunia setelah Mesir. Impor biji gandum selama tahun 2013 mencapai 6.629 juta ton dan tahun 2014 mencapai 6.689 juta ton. Gandum tersebut berasal dari negara Australia, Kanada, Amerika Serikat, India, Ukrainia, dan Rusia. Volume impor gandum yang tinggi menimbulkan risiko kemungkinan terbawanya Organisme Pengganggu Tumbuhan Karantina (OPTK) dalam biji gandum (Handayani, dkk., 2018). Patogen pada gandum yang penting secara ekonomi ialah *Tilletia indica, Fusarium spp., Ustilago nuda var. tritici, Clavibacter tritici, Anguina tritici, Septoria tritici, S. nodorum, S. avenae f. sp. triticea, Helminthosporium sativum, H. tritici-repentis, Alternaria triticina, F. nivale, Stagonospora nodorum, Claviceps purpurea, Xanthomonas campestris pv. Translucens* (Majumder et al. 2013). *Tilletia indica* pertama kali dilaporkan ditemukan di Karnal, India (Mitra, 1931), dan sekarang telah tersebar di berbagai negara seperti Pakistan, Iran, Irak, Meksiko dan Amerika Serikat (Warham 1986). Kombinasi suhu dan kelembaban di lapangan penting untuk terjadinya *epidemi T. indica*, karena akan mempengaruhi perkecambahan teliospora sebelum terjadi infeksi (Stein et al. 2005), tetapi suhu yang tinggi akan mematikan teliospora *Tilletia* (Khan et al. 2010). Perlakuan udara panas (70°C) dengan kelembapan relatif (RH) 50% selama 240 menit atau 80 °C dengan RH di bawah 50% selama 40 menit dinyatakan efektif mengeliminasi *T. caries* sebesar 100% di Cina (Lei et al 2012). Di Indonesia, saat ini belum diketahui suhu dan waktu pada perlakuan udara panas yang efektif untuk mengendalikan *Tilletia spp* (Handayani, dkk., 2018).

Tepung terigu merupakan salah satu bahan pokok bagi masyarakat Indonesia. Proses pengolahan tepung terigu secara garis besar akan menghasilkan produk akhir berupa tepung terigu (76-78%), bran/kulit gandum (18-20%), dan tepung industri (2-4%). *Bran*/kulit gandum sebagian besar digunakan sebagai pakan ternak baik dengan diolah terlebih dahulu melalui proses pelletizing ataupun tanpa diolah. Industri pengolahan tepung terigu di Indonesia sampai dengan tahun 2015 rata-rata belum mempunyai sistem pemanasan untuk mengatasi permasalahan hama jamur pada biji gandum. Mulai tahun 2015 seringkali ditemukan biji gandum yang diimpor oleh industri pengolahan tepung terigu ditemukan hama jamur terutama yaitu *Tilletia sp*. Oleh karena itu Badan Karantina Pertanian Indonesia mewajibkan industri pengolahan tepung terigu untuk melakukan pemanasan pada suhu >80^{o}C selama 30 menit pada biji gandum atau bran/kulit gandum yang terinfeksi jamur *Tilletia sp*. sebelum dipasarkan. Hal ini merupakan perlakuan yang baru bagi sebagian besar industri pengolahan tepung terigu, sehingga pada awalnya pemanasan di pabrik kami dilakukan dengan sistem *batch* menggunakan oven pada suhu 85^{o}C, selama 30 menit. Tindakan perbaikan yang kami lakukan adalah mengubah proses pemanasan yang semula dilakukan secara *batch* menjadi kontinyu. Pemanasan secara kontinu dilakukan pada blowing line transport *bran*/kulit gandum yang menuju ke *bin*.

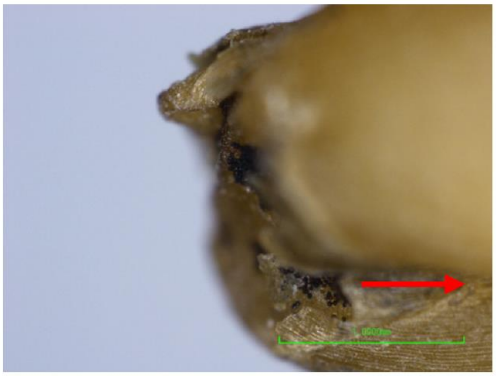
 ISSN 2987-677X

Metode

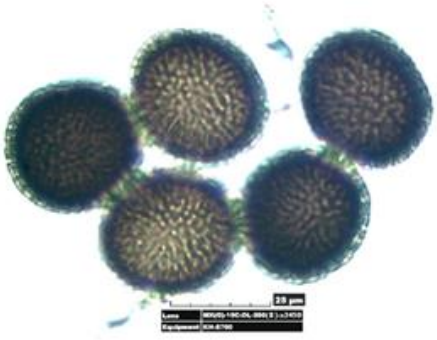
Biji gandum yang terinfeksi oleh jamur *Tilletia sp*. dapat ditandai dengan bercak warna hitam di daerah *suture* (garis pemisah kotiledon) dan struktur mirip pasir warna hitam yang merupakan massa teliospora *Tilletia sp*. (Gambar 1a dan 1b). Teliospora berdiameter 28.8–34.0 µm dan berwarna coklat muda, cokelat tua hingga hitam. Tinggi ornamen teliospora ialah 1.5–5.0 µm yang dilapisi selubung hialin (transparan). Ornamen pada bagian luar permukaan spora terlihat seperti otak (*cerebriform*) (Gambar 1c) dan tersusun teratur seperti duri yang terpotong (Gambar 1d) (Handayani, dkk., 2018).



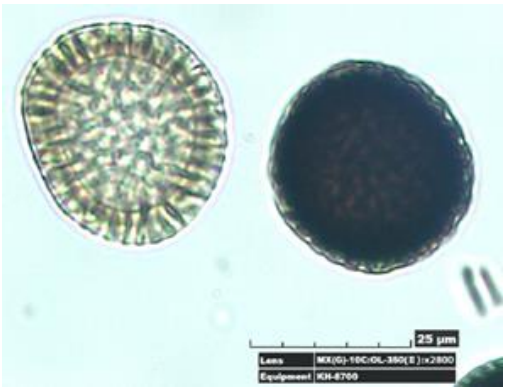
a



b



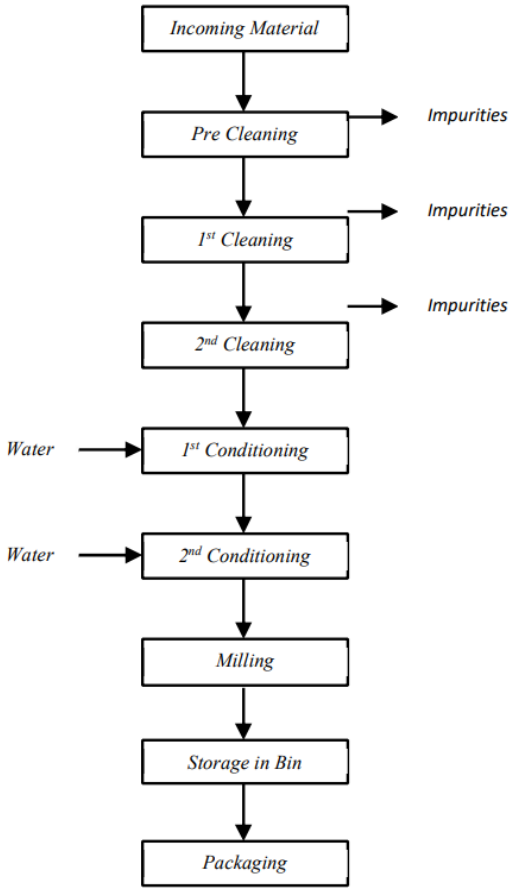
c



d

Gambar 1. Biji gandum dan *Tilletia indica*. a, Gejala penyakit karnal bunt; b, Kumpulan teliospora pada daerah suture (→); c, Ukuran dan warna serta; d, Ornamentasi teliospora.

Cendawan *T. indica* termasuk dalam kategori OPTK A1 (Permentan 2015) dan teliosporanya dapat terbawa gandum yang diimpor. Oleh karena itu *T. indica* harus dicegah masuk ke dalam wilayah Indonesia.
Terlampir pada diagram alir di bawah ini adalah tahapan proses secara umum pada industri pengolahan tepung terigu:



Gambar 2. Diagram Alir Proses Pengolahan Tepung Terigu

 ISSN 2987-677X

Proses pemanasan *bran*/kulit gandum awalnya dilakukan pada tahapan sebelum dilakukan pengemasan dalam karung. Oven yang dilengkapi pengaduk memiliki kapasitas 200 kg per *batch*, dengan suhu 85^{o}C dipanaskan selama 30 menit, sehingga kapasitas per harinya adalah 9,6 ton. Gambar oven pemanas dapat dilihat di bawah ini:



Gambar 3. Oven Pemanas Yang Dilengkapi *Mixer*

Proses ini dinilai tidak praktis, membutuhkan biaya yang besar, dan tenaga kerja yang banyak karena kapasitas produksi kami mencapai 160 ton gandum per hari atau sekitar 30 ton *bran*/kulit gandum per hari. Oleh karena itu prosedur pemanasan diubah menjadi sistem kontinyu menggunakan elemen pemanas dengan konsumsi energi listrik sebesar 8.000 Watt yang diletakkan pada pipa *blowing line bran*/kulit gandum. Suhu yang dihasilkan oleh elemen pemanas adalah sebesar 130oC, dengan waktu paparan produk selama 2-3 detik. Gambar elemen pemanas pada jalur *blowing line* dapat dilihat di bawah ini:



Gambar 4. Elemen Pemanas Pada *Blowing Line*

Perbandingan penggunaan metode pemanasan oven dengan elemen pemanas pada *blowing line* dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

No	Parameter	Oven	Elemen Pemanas Pada *Blowing Line*
1	Biaya Investasi	Rp. 35.000.000,-	Rp. 7.860.000,-
2	Tenaga Kerja	6 orang	0
3	Kapasitas	9,6 ton/hari	Maks. 30 ton/hari
4	Daya Listrik	5.750 W	10.000 W
5	Suhu dan Waktu Proses	85^{o}C, 30 menit/batch	130^{o}C, 2 detik kontinyu
6	Biaya Operasional per ton *bran*/kulit gandum*)	Rp. 110.233,-	Rp. 8.918,-

Tabel 1. Perbandingan Metode Pemanasan Oven dan Elemen Pemanas Pada *Blowing Line*

*(*Biaya Operasional dihitung berdasarkan tarif UMR tenaga kerja Rp. 4.522.030,-/orang/bulan dan tarif dasar listrik PLN untuk industri tegangan menengah (I3) Rp. 1.114,74,-/kWh)*

Berdasarkan Tabel 1. di atas dapat dilihat bahwa dengan penggunaan elemen pemanas pada *blowing line* dapat mengurangi biaya operasional per ton pemanasan *bran*/kulit gandum yang terinfeksi jamur *Tilletia sp*. dari Rp. 110.233,- menjadi Rp. 8.918,-.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis maka penggunaan elemen pemanas pada pipa *blowing line bran*/kulit gandum dinilai efektif menggantikan metode pemanasan dengan oven karena dapat mengendalikan jamur *Tilletia sp*., menekan biaya operasional pemanasan dari Rp. 110.233,-/ton bran/kulit gandum menjadi Rp. 8.918,-/ton bran/kulit gandum, serta mempersingkat waktu kerja proses pemanasan.

Referensi

Handayani ND, Taufan TS, Salbiah, Dono W, Meity SS. 2018. Perlakuan Udara Panas untuk Pengendalian Perkecambahan Spora Tilletia indica pada Gandum.

Kayim, dkk. 2018. Fungal Diseases of Wheat.

Khan MA, MA Shakoor, N Javed, MJ Arif, M Hussain. 2010. A disease predictive model for karnal bunt of wheat based on two years environmental conditions. Pak J Phytopathol. 22(2): 108–112.

Lei Zhu, Qu Haixia, Huang Yun. 2012. Effect of heat treatment on Tilletia caries in wheat. [Abstrak]. Journal Anhui Agricultural Science Bulletin. 13(2012):13. Tersedia pada: http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotal-AHNB201213013.htm.

Majumder D, Rajesh T, Suting EG, Debbarma A. 2013. Detection of seed borne pathogens in wheat: recent trends. AJCS. 7(4):500–507.

Mitra M. 1931. A new bunt of wheat in India. Ann Appl Biol. 18:178–179. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1931.tb02294.x.

[PERMENTAN] Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia. 2015. Peraturan Menteri Pertanian

 ISSN 2987-677X

Republik Indonesia Nomor 51/Permentan/KR.010/9/2015 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Pertanian Nomor 93/Permentan/OT.140/12/2011 tentang Jenis Organisme Pengganggu Tumbuhan Karantina.

Stein JM, HW Maples, CM Rush. 2005. Epidemiology of Tilletia indica teliospores in regulated wheat fields in Texas. Plant Dis. 89(8):828–833 DOI: https://doi.org/10.1094/PD-89-0828.

Warham EJ. 1986. Karnal bunt disease of wheat: a literature review. Trop Pest Management. 32:229–242. DOI: https://doi.org/10.1080/09670878609371068.

ISSN 2987-677X

Rehabilitasi Bendung dan Jaringan Irigasi di Sono Kabupaten/Kota Madiun

Abdul Manaf, Era Silvia, Yeti Era Susilowati, Danis Dwi Kristanto

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ manafdekaila@gmail.com

✉ erasilvia@gmail.com

✉ yetieras@gmail.com

✉ daniskristanto@gmail.com

Irigasi berfungsi mendukung produktivitas usaha tani guna meningkatkan produksi pertanian dalam rangka ketahanan pangan nasional dan kesejahteraan masyarakat, khususnya petani yang diwujudkan melalui keberlanjutan sistem irigasi. Keberlanjutan sistem irigasi ditentukan oleh keandalan air irigasi serta kondisi sarana dan prasarana irigasi, sehingga perlu dilakukan pengembangan dan pengelolaan sistem irigasi dengan baik. Seiring dengan berjalannya waktu terdapat sarana dan prasarana irigasi yang mengalami kerusakan seperti bendung, jaringan irigasi dan bangunan pelengkap lainnya yang diakibatkan oleh umur bangunan maupun bencana alam. Kerusakan-kerusakan sebagaimana dimaksud terjadi pada bendung Sono B.SN.o dan bangunan sadap B.SN.5 yang berada di Kabupaten/Kota Madiun. Pada perencanaan ini lebih difokuskan ke bangunan B.SN.5 dikarenakan bangunan ini tidak bisa berfungsi sebagaimana mestinya dan perlu adanya perencanaan yang baik sehingga dapat ditindaklanjuti pelaksanaannya. Rehabilitasi pintu bendung Sono BSN.o diharapkan akan berdampak positif pada keamanan pengendalian banjir di sisi hulu karena sistem operasi direncanakan dengan menggunakan motorize dan kondisi pintu sudah diidealkan sesuai Kriteria Perencanaan. Rehabilitasi Bendung Sono BSN.5 yang sebelumnya setengah tubuh bendung jebol, diharapkan mampu menormalkan kembali fungsi bendung untuk meninggikan muka air dan mengairi layanan daerah irigasi seluas 238 Ha.

Kata kunci: Rehabilitasi, Jaringan Irigasi, Produktivitas, Umur Bangunan.

Pendahuluan

Irigasi berfungsi mendukung produktivitas usaha tani guna meningkatkan produksi pertanian dalam rangka ketahanan pangan nasional dan kesejahteraan masyarakat, khususnya petani yang diwujudkan melalui keberlanjutan sistem irigasi. Keberlanjutan sistem irigasi ditentukan oleh keandalan air irigasi serta kondisi sarana dan prasarana irigasi, sehingga perlu dilakukan pengembangan dan pengelolaan sistem irigasi dengan baik. Seiring dengan berjalannya waktu terdapat sarana dan prasarana irigasi yang mengalami kerusakan seperti bendung, jaringan irigasi dan bangunan pelengkap lainnya yang diakibatkan oleh umur bangunan maupun bencana alam. Kerusakan-kerusakan sebagaimana dimaksud terjadi pada bendung Sono B.SN.0 dan bangunan sadap B.SN.5 yang berada di Kabupaten/Kota Madiun.

Bendung Sono merupakan bangunan utama pada DI. Sono dengan lokasi layanan seluas 650 ha. Kondisi bangunan Bendung Sono pada cukup baik dengan 3 buah pintu arah menerus kondisi daun pintu rusak dan sulit untuk dioperasikan terutama pada saat terjadi debit besar pintu terlambat untuk dibuka sehingga pada daerah hulu sering terjadi banjir pada saat musim penghujan. Pada sayap kiri hilir bendung terjadi kerusakan pasangan batu kali.

Sedangkan bangunan sadap B.SN.5 merupakan bangunan sadap dengan konstruksi berupa bendung untuk menaikkan tinggi muka air agar bisa mengairi areal irigasi seluas 238 ha. Berdasarkan hasil identifikasi lapangan kondisi tubuh bangunan/mercu bendung putus serta terjadi gerusan di bagian hilir bendung. Hal ini jika tidak segera dilakukan perbaikan maka areal irigasi yang berada dibawahnya berpotensi tidak bisa tanam pada Musim Tanam II dan Musim Tanam III karena tidak bisa mendapatkan suplai air.

Maksud dari perencanaan ini adalah melakukan survei investigasi dan desain terhadap kondisi bendung dan jaringan irigasi DI. Sono dalam rangka menyiapkan dokumen perencanaan teknis untuk kegiatan rehabilitasi.

Tujuan dari pekerjaan ini adalah merencanakan kegiatan perbaikan atau rehabilitasi bendung dan jaringan irigasi DI. Sono guna mengembalikan fungsi bangunan dan jaringan irigasi agar dapat melayani air irigasi seperti semula

Metode

Metodologi Perencanaan

Perencanaan Rehabilitasi Bendung dan Jaringan Irigasi Sono di Kabupaten/Kota Madiun ini dibagi dalam 3 (tiga) kegiatan pokok sebagai berikut :

Kegiatan (I) : Pendahuluan

Meliputi kegiatan :

1. Pengumpulan data sekunder
2. Inspeksi lapangan pendahuluan

Kegiatan (II) : Inventarisasi, Pengukuran dan Penyelidikan Tanah

Meliputi kegiatan :

 ISSN 2987-677X

1. Survey inventarisasi kerusakan bangunan dan jaringan irigasi.
2. Pengukuran topografi dan pemetaan
3. Penyelidikan Tanah

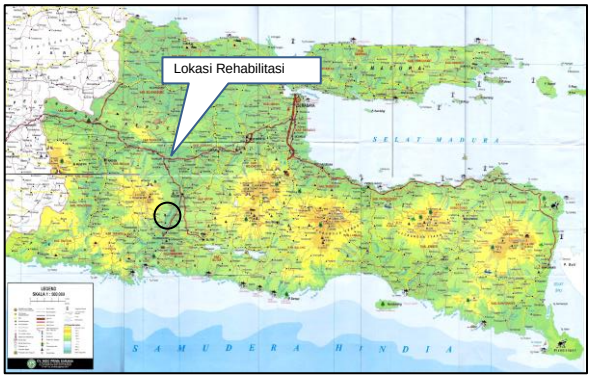
Kegiatan (III) : Desain dan Penggambaran
Meliputi kegiatan :
1. Analisa data
2. Penggambaran desain
3. Perhitungan BOQ dan RAB
4. Penyusunan spesifikasi Teknik
5. Membuat daftar usulan kegiatan
6. Gambar Desain

Hasil Kerja

Kegiatan I Pendahuluan

Lokasi perencanaan Rehabilitasi Bendung dan Jaringan Irigasi Sono di Kabupaten/Kota Madiun wilayah kerja UPT PSDA WS Bengawan Solo di Bojonegoro.

Untuk lebih jelasnya lokasi perencanaan dapat dilihat dalam Gambar 1.1



KONDISI DAERAH STUDI
KONDISI UMUM WILAYAH KABUPATEN DAN KOTA MADIUN
Secara astronomis, Kabupaten Madiun terbentang pada 111° 25′ – 111° 51′ Bujur Timur dan 7° 12′ – 7° 48′ Lintang Selatan.
Batas-batas Kabupaten Madiun :
Utara : Berbatasan dengan Kab. Bojonegoro
Timur : Berbatasan dengan Kab. Nganjuk
Selatan : Berbatasan dengan Kab. Ponorogo
Barat : Berbatasan dengan Kab. Magetan dan Ngawi

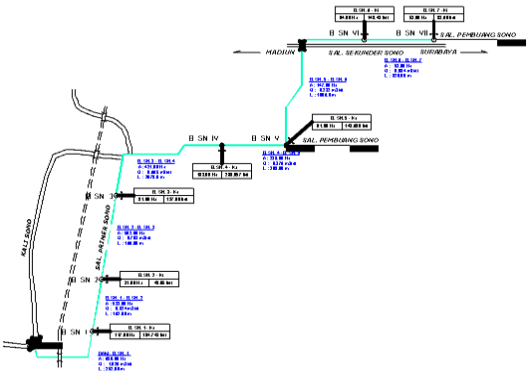
Luas Kabupaten Madiun adalah 1.01086 Km2.

Kota Madiun terletak pada 111° 00′ – 112° 00′ Bujur Timur dan 7° 00′ – 8° 00 Lintang Selatan.
Batas-batas Kota Madiun
Utara : Berbatasan dengan Kec. Madiun
Timur : Berbatasan dengan Kec. Wungu
Selatan : Berbatasan dengan Kec. Geger
Barat : Berbatasan dengan Kec. Jiwan

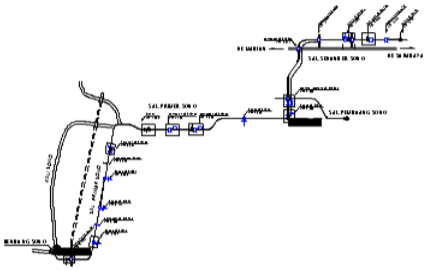
Luas Kota Madiun adalah 33,23 Km2.

KONDISI JARINGAN D.I. SONO

D.I. Sono mempunyai 1 bendung utama, 2 bangunan bagi 5 bangunan sadap, 1 saluran primer dan 1 saluran sekunder berikut adalah skema jaringan dan bangunannya.



Skema Jaringan Irigasi D.I. Sono



Skema Bangunan Irigasi D.I. Sono

D.I. Sono mempunyai luas layanan 650 Ha dengan kondisi bangunan pengatur secara umum baik dan saluran pembawa yaitu primer dan sekunder juga cukup baik.
Perlu diketahui bahwasannya saluran primer yang ada mempunyai 2 fungsi yaitu pembawa dan pembuang begitupun dengan bangunannya pada bendung Sono mempunyai fungsi selain untuk irigasi juga sebagai pengendali banjir

Kegiatan II Inventarisasi, Pengukuran dan Penyelidikan Tanah
PERMASALAHAN YANG ADA
Bangunan yang bermasalah adalah pada Bendung Sono (B.SN.0) dan Bangunan Sono 5 (B.SN.5) Bendung Sono merupakan bangunan utama pada DI. Sono dengan lokasi layanan seluas 650 ha. Kondisi bangunan Bendung Sono cukup baik dengan 3 buah pintu arah menerus kondisi daun pintu rusak dan sulit untuk dioperasikan terutama pada saat terjadi debit besar pintu terlambat untuk dibuka sehingga pada daerah hulu sering terjadi banjir pada saat musim penghujan. Pada sayap kiri hilir bendung terjadi kerusakan pasangan batu kali. Pada pintu intake arah kanan kondisi baik dengan mengairi luas layanan 117 ha. Kondisi bangunan bagi sadap B.SN.5 merupakan bangunan sadap dengan konstruksi berupa bendung untuk menaikkan tinggi muka air agar bisa mengairi areal irigasi seluas 238 ha. Berdasarkan hasil identifikasi lapangan kondisi tubuh bangunan/mercu

 ISSN 2987-677X

bendung putus serta terjadi gerusan di bagian hilir bendung. Pintu penguras kiri kondisi cukup baik sedang yang kanan kondisi hancur bersama mercu bendung. Untuk pintu arah menerus saluran sekunder pintu berupa ulir baja juga kondisi rusak sedangkan pintu intake untuk petak tersier berupa pintu ulir baja kondisi rusak. Sayap hulu dan hilir B.SN.5 dari pasangan batu kali kondisi rusak. Hal ini jika tidak segera dilakukan perbaikan maka areal irigasi yang berada dibawahnya berpotensi tidak bisa tanam pada Musim Tanam II dan Musim Tanam III karena tidak bisa mendapatkan suplai air. Pada perencanaan ini lebih difokuskan ke bangunan B.SN.5 dikarenakan bangunan ini tidak bisa berfungsi sebagaimana mestinya dan perlu adanya perencanaan yang baik sehingga dapat ditindaklanjuti pelaksanaannya. Berikut adalah kondisi existing Bendung Sono dan B.SN.5



Kondisi Bendung Sono



Kondisi Bendung Sono sayap hilir kiri rusak



Kondisi B.SN.5 mercu bendung rusak



Kondisi B.SN.5 di lihat dari hilir

PERENCANAAN
DEBIT BANJIR RANCANGAN

Sebelum perhitungan debit telah dilakukan perhitungan hujan rencana dan langkah selanjutnya adalah perhitungan debit banjir rancangan. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui muka air banjir diatas mercu berikut adalah rekapitulasi Debit Banjir Rancangan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Maka yang digunakan dalam perencanaan adalah Metode

Kala ulang	Nakayasu (m^3/detik)	Snyder (m^3/detik)	Gamma I (m3/detik)	Laksono Erub (m^3/detik)
2	98,514	42,708	32,762	48,390
5	129,523	56,151	43,075	63,623
10	151,994	65,893	50,548	74,660
25	180,923	78,434	60,168	88,871
50	202,959	87,987	67,497	99,694
100	225,495	97,757	74,992	110,765
200	248,642	107,792	82,689	122,134
1000	293,949	116,888	96,874	135,377
QPMF	1002,785	434,729	333,489	492,574
Metode Terpilih		Gama I		

Gama I dengan Q = 74,992 m3/dt, karena dari beberapa metode tersebut yang paling kecil dan kapasitas maksimum pada BSN.0 yaitu sekitar 35,00 m3/dt sehingga diharapkan dimensi bangunan sadap BSN.0 efisien biayanya.

PERENCANAAN BENDUNG

Bendung berfungsi untuk meninggikan muka air pada waktu sungai mengalirkan air kondisi normal, untuk mendapatkan sejumlah debit bagi kebutuhan air irigasi, maka diperlukan bangunan pengambilan (*intake*). Sedangkan apabila terjadi debit banjir, maka debit banjir melimpas di atas bendung.

Dimensi Bendung dan bangunan pelengkapnya direncanakan berdasarkan debit banjir dengan periode ulang tertentu. Berkaitan dengan fungsi bangunan utama dan bangunan pelengkap dalam mengalirkan air, maka dimensi bangunan harus dihitung secara teliti. Perilaku debit air akan dapat dikontrol dengan menggunakan bangunan-bangunan yang mempunyai dimensi tertentu, yang secara empiris mampu mengatur debit dan mengontrol sifat-sifat hidrolis air. Pada perencanaan ini di fokuskan pada Bangunan B.SN.5 dikarenakan pada bangunan tersebut kondisinya rusak berat.

PERENCANAAN BANGUNAN B.SN.5
PERHITUNGAN HIDROLIS
Data Perencanaan

Elevasi sawah tertinggi	= + 74,01 m
Elevasi (MAN)	= + 74,11 m
Elevasi dasar sungai Hulu	= + 72,00 m
ELEVASI DASAR SUNGAI HILIR	**= + 70,91 M**
Elevasi dekserk	= + 75,00 m
Elevasi Tanggul Hulu	= + 75,00 m
Elevasi Tanggul Hilir	= + 74,11 m

Rencana jagaan Q100th = 74,99 m3/dt
= 0,60 m

Persamaan yang digunakan adalah persamaan hidrolis melalui bawah pintu sorong adalah

$Q = K \times \mu \times a \times B \times \sqrt{(2 \times g \times h1)}$

STABILITAS BANGUNAN SONO B.SN.5
Perhitungan Rembesan

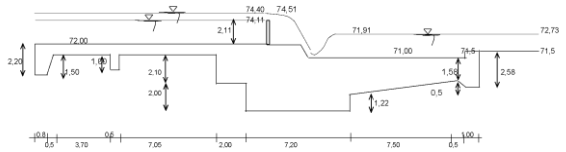
Perhitungan Panjang Rembesan dan angka rembesan menurut Lane menggunakan persamaan :

$Cw = (Lv + \sum 1/3\ Hv)/ Hw$

Harga aman untuk batu pasir Cw = 3

 ISSN 2987-677X

Adapun berdasarkan Gambar 5.1. terlihat jalur rembesan kondisi Muka Air Normal dan Tabel 5.1. Jalur Rembesan dan Tekanan Air (lane) kondisi Muka Air Normal.



Gambar 5.1. Jalur Rembesan Kondisi Muka Air Normal

Tabel 5.1. Jalur Rembesan dan Tekanan Air (lane)

Titik	Panjang Rembesan					Hx		ΔH = C*.Lx		Px = Hx - H	
	Garis	L_V (m)	L_H (m)	1/3L_H (m)	L_X (m)	Normal (m)	Banjir (m)	Normal (m)	Banjir (m)	Normal (t/m²)	Banjir (t/m²)
1					0,00	2,11	2,40	0,00	0,00	2,11	2,40
	1-2	2,20	-	-							
2					2,20	4,31	4,60	0,33	0,36	3,98	4,24
	2-3	-	0,80	0,267							
3					2,47	4,31	4,60	0,37	0,40	3,94	4,20
	3-4	1,50	-	-							
4					3,97	2,81	3,10	0,60	0,64	2,21	2,46
	4-5	-	3,70	1,233							
5					5,20	2,81	3,10	0,78	0,84	2,03	2,26
	5-6	1,00	-	-							
6					6,20	3,81	4,10	0,93	1,01	2,88	3,09
	6-7		0,50	0,167							
7					6,37	3,81	4,10	0,96	1,03	2,85	3,07
	7-8	1,00	-	-							
8					7,37	2,81	3,10	1,11	1,20	1,70	1,90
	8-9	-	7,05	2,350							
9					9,72	2,81	3,10	1,46	1,58	1,35	1,52
	9-10	2,10									
10					11,82	4,91	5,20	1,78	1,92	3,13	3,28
	10-11	-	2,00	0,667							
11					12,48	4,91	5,20	1,88	2,03	3,03	3,17
	11-12	2,00	-	-							
12					14,48	6,91	7,20	2,18	2,35	4,73	4,85
	12-13	-	7,20	2,400							
13					16,88	6,91	7,20	2,54	2,74	4,37	4,46
	13-14	1,22	-	-							
14					18,10	5,69	5,98	2,72	2,94	2,97	3,04
	14-15		7,50	2,500							
15					20,60	5,69	5,98	3,10	3,35	2,59	2,63
	15-16	0,50									
16					21,10	6,19	6,48	3,17	3,43	3,02	3,05
	16-17		1,00	0,333							
17					21,44	6,19	6,48	3,22	3,48	2,97	3,00
	17-18	2,58									
18					24,02	3,61	3,90	3,61	3,90	0,00	0,00

Dari Tabel diatas didapatkan :

Cw = 24,02/3,90 =6,158 > 3 ------⍰ Cw tabel = 3 ------⍰aman

1.1.1. Perhitungan Stabilitas

Data-data untuk perhitungan stabilitas adalah sebagai berikut :

γbeton =	2,20	t/m^3
γt =	1,70	t/m^3
γw =	1,00	t/m^3
f =	0,80	
Koef.Gempa =	0,10	
Sudut dalam (φ) =	34	°
c =	0,4	

Pada tinjauan stabilitas konstruksi akan ditinjau terhadap semua kemungkinan diantaranya adalah :

1. Keamanan terhadap Geser
2. Keamanan terhadap Guling
3. Keamanan terhadap Daya Dukung Tanah

Lebih lanjut bahwa untuk perhitungan perencanaan detailnya konsultan akan menghitung dengan beberapa kondisi yaitu :

a. Kondisi Normal
b. Kondisi Banjir

Koefisien Tekanan Tanah Aktif

$Ka = Tg^2(45° - \varphi/2)$

$Ka = 0,28$

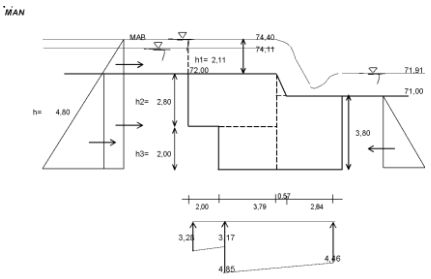
Tanah Pasif (Kp)

$Kp = Tg^2(45° + \varphi/2)$

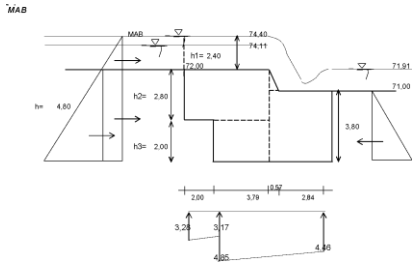
$Kp = 3,54$

Stabilitas Pada Saat Muka Air Normal

Gambar gaya vertikal dan horizontal serta momen pada saat muka air normal dapat dilihat pada Gambar 5.2. dan Tabel 5.2.



Gambar 5.2. Gambar gaya vertikal dan horizontal beserta momen



Tabel 5.2. gaya vertikal dan horizontal beserta momen pada saat muka air normal

Ikhtisar Gaya-gaya yang bekerja

Uraian	Besarnya Gaya (Ton)		Lengan (m)	Momen (TM)	
	Vertikal	Horizontal		Vertikal	Horizontal
G1	35,67	-	6,31	224,88	
G2	0,63	-	3,22	2,02	
G3	16,68	-	5,31	88,47	
G4	32,73	-	1,71	55,80	
S1	12,22	-	4,41	53,88	
Pa2		10,13	2,40		24,31
Pa		5,53	1,60		8,85
Up1	6,34		8,20		51,99
Up2	0,11		8,53		0,94
Up3	32,11		3,60		115,60
Up4	1,40		4,80		6,74
Total	57,95	15,66	-	425,04	208,42

Keamanan terhadap guling

$SF = \frac{\sum MV}{\sum MH} = \frac{425,0}{208,4} = 2,039$ 1,50 (Aman)

Keamanan terhadap geser

$SF = \frac{\sum GV}{\sum GH} = \frac{\sum GV\ 0,8 + PV}{\sum GH} = \frac{46,36}{15,66} = 2,961$ 1,50 1,50 (Aman)

Kontrol eksentrisitas

$e = \frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{\sum V} \quad \frac{B}{6}$

$e = \frac{9,20}{2} - \frac{425,0 - 208,4}{57,9} \quad \frac{9,20}{6}$

$e = 0,862 \quad 1,53$ (memenuhi syarat)

 ISSN 2987-677X

Kontrol terhadap daya dukung

φ = 34 ° dari tabel daya dukung tarzaghi didapat nilai
Nc = 52,6
Nq = 36,5
Nγ = 35
Maka :
q = c.Nc+γ.D.Nq+0,5.γ.B.Nγ
q = 356,4 T/m²

$\frac{\sum V}{B}$ 1 $\frac{6e}{B}$ 356,4

$\frac{57,9}{9,20}$ 1 $\frac{6 \quad 0,862}{9,20}$ 356,4

9,839 356,4 Aman terhadap keruntuhan

$\frac{\sum V}{B}$ 1 $\frac{6e}{B}$ 356,4

$\frac{57,9}{9,20}$ 1 $\frac{6 \quad 0,862}{9,20}$ 0,0

0 2,758 Aman terhadap keruntuhan

Stabilitas Pada Saat Muka Air Banjir

Gambar gaya vertikal dan horizontal beserta momen pada saat muka air banjir dapat dilihat pada Gambar 5.3. dan Tabel 5.3.

Ikhtisar Gaya-gaya yang bekerja

Uraian	Besarnya Gaya (Ton)		Lengan	Moment (TM)	
	Vertikal	Horizontal	(m)	Vertikal	Horizontal
G1	35,67	-	6,31	224,88	
G2	0,63	-	3,22	2,02	
G3	16,68	-	5,31	88,47	
G4	32,73	-	1,71	55,80	
S1	13,90	-	4,41	61,28	
Ph2		11,52	2,40		27,65
Pa		5,53	1,60		8,85
Up1	6,34		8,20		51,99
Up2	0,11		8,53		0,94
Up3	32,11		3,60		115,60
Up4	1,40		4,80		6,74
Total	59,63	17,05	-	432,44	211,77

Gambar 5.3. Gambar gaya vertikal dan horizontal beserta momen

Tabel 5.2. gaya vertikal dan horizontal beserta momen pada saat muka air normal

Keamanan terhadap guling
SF = $\frac{\sum MV}{\sum MH}$ 1,50
= $\frac{432,4}{211,8}$
= 2,042 (Aman)

Keamanan terhadap geser
SF = $\frac{\sum GV}{\sum GH}$ 1,50
= $\frac{\sum GV. 0,8 + PV}{\sum GH}$ 1,50
= $\frac{47,70}{17,05}$
= 2,798 (Aman)

Kontrol eksentrisitas

$e = \frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{\sum V}$ $\frac{B}{6}$

$e = \frac{9,20}{2} - \frac{432,4 - 211,8}{59,6}$ $\frac{9,20}{6}$
e = 0,899 1,53 (memenuhi syarat)

Kontrol terhadap daya dukung

φ = 34 °
Nc = 52,6
Nq = 36,5
Nγ = 35
Maka :
q = c.Nc+γ.D.Nq+0,5.γ.B.Nγ
q = 356,4 T/m²

$\frac{\sum V}{B}$ 1 $\frac{6e}{B}$ 356,4

$\frac{59,6}{9,20}$ 1 $\frac{6 \quad 0,899}{9,20}$ 356,4

10,28 356,4 Aman terhadap keruntuhan

$\frac{\sum V}{B}$ 1 $\frac{6e}{B}$ 356,4

$\frac{59,6}{9,20}$ 1 $\frac{6 \quad 0,899}{9,20}$ 0,0

0 2,681 Aman terhadap keruntuhan

PENDIMENSIAN KOLAM OLAK

hc = kedalaman kritis = $\sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$

hc = 1,204 m

$\frac{Z}{hc}$ = 0,831

a = $0,28 * hc \sqrt{\frac{hc}{Z}}$
a = 0,37 = 0,50

Lj = 5(n + Y2)
Lj = 4,833
Lj = 5 m

PANJANG LINDUNGAN

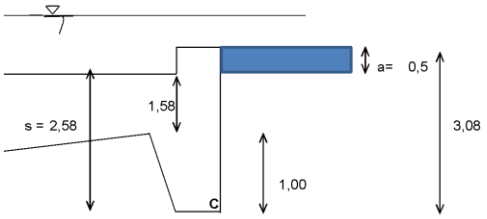
$R = 0,47 \frac{Q}{f}^{1/3}$

$f = 1,76 \, Dm^{1/2}$
f = 5,566

R = 0,923

Untuk keamanan turbulensi dan aliran tidak stabil
R = 1,5 x 0,923
R = 1,385
Panjang lindungan dari pasangan batu kosong diambil = 4 x R
= 5,54 m

TINJAUAN TERHADAP GERUSAN



$S = \frac{s \quad (1+a/s)}{hs}$

S = 2,05 < 3,08 Aman

Kegiatan III Desain dan Penggambaran

RENCANA ANGGARAN DAN BIAYA

Rencana anggaran biaya untuk pekerjaan B.SN.5 ini meliputi pekerjaan galian tanah, timbunan, pemadatan ,pasangan batu, beton siklop, siaran dan pekerjaan plesteran serta pekerjaan lain.

 ISSN 2987-677X

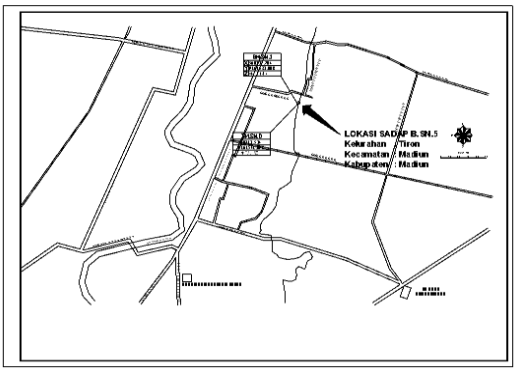
No	URAIAN PEKERJAAN	KODE ANALISA	VOLUME	SAT.	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH BIAYA (Rp.)
1	2	3	4	5	6	7
I	PEKERJAAN PERSIAPAN					
1	Mobilisasi dan Demobilisasi		1,00	Ls		-
2	Sosialisasi ke Masyarakat		1,00	Ls	500.000,00	500.000,00
3	Pembersihan Lokasi Proyek	1.7.3.1.a.(a)	574,40	m^2	5.523,85	3.172.784,66
4	Uitset trase	T.02.a	35,90	m'	3.494,580	125.096,42
5	Pengukuran dan Pasang Profil/Bowplank	1.7.4.b.(a)	34,48	m'	106.279,80	3.664.527,50
6	Sewa Direksikeet	1.1.4.b.(a)	1,00	Ls	5.000.000,00	5.000.000,00
7	Pemasangan Papan Kegiatan	LA.03.a	1,00	Bh	478.934,50	478.934,50
8	Dokumentasi (Berupa foto dan CD)		1,00	Ls	200.000,00	200.000,00
					SUB TOTAL I	13.141.342,99
II	PEKERJAAN DEWATERING					
1	Kistdam pasir/tanah dibungkus karung plastik bagor 43cm x 65 cm	1.2.1.a 1	-	Bh	12.338,48	-
2	Kerangka bambu untuk 1 m3 kistdam pasir/tanah uk. 43 cm x 65 cm	1.2.2	20,10	m^3	59.367,55	1.193.525,23
3	Pengeringan/pemompaan air	1.2.4	32,31	jam	37.714,29	1.218.548,57
					SUB TOTAL II	2.412.073,80
III	PEKERJAAN TANAH					
1	Galian tanah dengan alat berat untuk ditimbun dan dirapikan			m^3		-
2	Galian tanah biasa sedalam > 1 m s. d 2 m	1.7.8.1.b.(a)	934,89	m^3	74.569,28	69.713.980,02
3	Timbunan tanah atau urugan tanah kembali	1.7.9.2.c.(a)	195,35	m^3	55.236,50	6.426.943,53
					SUB TOTAL III	76.140.923,55
IV	PEKERJAAN PINTU AIR					
1	Pintu Type A' (b=3000, h=2100, h'=3000)		2,00	bh	203.594.000,00	407.188.000,00
2	Pintu Type C2 (b=900, h=1200, h'=2100)		1,00	bh	38.258.000,00	38.258.000,00
3	Pintu Type C3 (b=800, h=800, h'=1900)		1,00	bh	34.529.000,00	34.529.000,00
4	Pintu Type C3 (b=800, h=700, h'=1900)		1,00	bh	32.360.000,00	32.360.000,00
					SUB TOTAL III	512.335.000,00
V	PEKERJAAN PASANGAN & BETON					
1	Bongkar pasangan batu dan pembersihan batu manual	2.1.2.a.5.a.(a)	9,96	m^3	166.822,80	1.661.953,10
2	Pasangan batu dengan mortar tipe N (setara 1 PC : 4 PP) menggunakan molen	2.1.2.a.3.c.(a)	172,27	m^3	1.056.270,80	181.968.595,11
3	Pasangan batu bekas bongkaran dengan mortar tipe N (setara 1 PC : 4 PP) men	2.1.2.a.3.c.(a)	4,98	m^3	699.870,80	3.485.355,59
4	Plesteran tebal 1,5 cm dengan mortar tipe S (setara 1 PC : 3 PP)	3.2.2.2.11.(a)	46,91	m^2	54.070,50	2.536.284,94
5	Siaran dengan mortar tipe M (setara 1 PC : 2 PP)	3.2.2.1.1.a.(a)	180,98	m^2	53.048,05	9.600.731,58
6	Beton Siklop (K-175) semi manual	A.3.2.1.10	1.082,85	m^3	1.011.544,26	1.095.462.709,35
7	Beton mutu f' = 14,5 MPa (K-175) menggunakan molen	2.2.1.2.d.(a)	3,78	m^3	1.248.954,29	4.716.171,50
8	Pembangan 100 kg dengan Besi Polos atau Besi Strip	2.2.6.1.b.(c)	344,72	Kg	40.068,26	13.812.328,73
9	Bekisting dinding beton Biasa dengan multiflex 18 mm Di pakai 2x	B.25.b	19,40	m^2	197.239,68	3.826.449,79
10	Bongkar Bekisting	B.27.a	19,40	m^2	6.628,38	128.590,57
11	Bronjong	1.5.7.a.(a)	10,00	m^3	975.476,48	9.754.764,80
					SUB TOTAL IV	1.336.855.935,06
VI	K3					
A	Penyiapan RKK					
1	Pembuatan Manual, Prosedur, Instruksi Kerja, Ijin Kerja		1,00	Set	250.000,00	250.000,00
2	Pembuatan Kartu Identitas Pekerja (KIP)		78,00	Lb	25.000,00	1.950.000,00
B	Sosialisasi dan Promosi K3 terdiri atas :					
1	Pengarahan K3 (safety briefing): Pertemuan Keselamatan (Safety Talk dan/atau Tool)		78,00	Org	10.000,00	780.000,00
2	Spanduk (banner)		2,00	Lb	350.000,00	700.000,00
3	Papan Informasi K3		1,00	Bh	500.000,00	500.000,00
C	Alat Pelindung Kerja dan Alat Pelindung Diri terdiri atas :					
1	Tali Keselamatan (Life Line)		1,00	Ls	1.000.000,00	1.000.000,00
2	Pembatas Area (Restricted Area)		1,00	Ls	475.000,00	475.000,00
3	Topi Pelindung (Safety Helmet)		78,00	Bh	35.000,00	2.730.000,00
4	Pelindung Pernafasan dan Mulut (masker)		2.340	Bh	2.000	4.680.000,00
5	Sarung Tangan (Safety Gloves)		78,0	Psg	7.700,0	600.600,00
6	Sepatu (Boot)		78,0	Psg	91.000,0	7.098.000,00
7	Rompi Keselamatan (Safety Vest)		78,00	Bh	30.000,00	2.340.000,00
D	Asuransi dan Perijinan :					
1	BPJS Jasa Konstruksi		1,00	Ls	7.800.000,00	7.800.000,00
E	Personil K3 :					
1	Petugas K3		2,00	Ob	2.550.000,00	5.100.000,00
F	Fasilitas Sarana Kesehatan :					
1	Peralatan P3K (Kotak P3K, Tandu, Tabung Oksigen, Obat Luka, Perban, dll)		1,00	Ls	283.000,00	283.000,00
G	Rambu-rambu					
1	Rambu Petunjuk		2,00	Bh	150.000,00	300.000,00
2	Rambu Larangan		2,00	Bh	100.000,00	200.000,00
3	Rambu Peringatan		2,00	Bh	100.000,00	200.000,00
H	Lain-lain Terkait Pengendalian Risiko K3 :					
1	Bendera K3		1,00	Bh	110.000,00	110.000,00
2	Pemasangan Fasilitas Cuci Tangan dan Air Bersih		1,00	Ls	1.500.000,00	1.500.000,00
3	Pengukur Suhu, Handsanitize		1,00	Ls	1.000.000,00	1.000.000,00
					SUB TOTAL V	39.596.600,00
						1.980.481.875,39
					PPN 11%	217.853.006,29
					TOTAL	2.198.334.881,69
					TOTAL dibulatkan	2.198.300.000,00

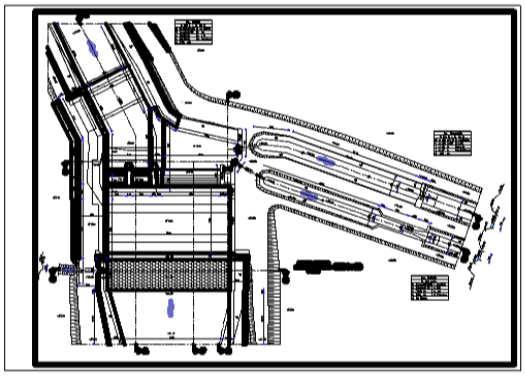
Rekapitulasi Rencana Anggaran dan Biaya B.SN.5

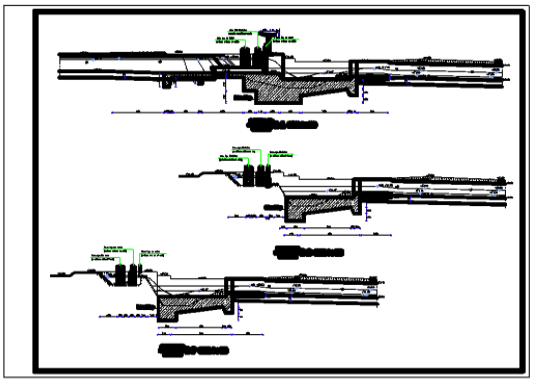
NO. BAB	JENIS PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (Rp.)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	13.141.342,99
II	PEKERJAAN DEWATERING	2.412.073,80
III	PEKERJAAN TANAH	76.140.923,55
IV	PEKERJAAN PINTU AIR	512.335.000,00
V	PEKERJAAN PASANGAN & BETON	1.336.855.935,06
VI	K3	39.596.600,00
	JUMLAH BIAYA PEKERJAAN	**1.980.481.875,39**
	Jumlah Biaya Pekerjaan	1.980.481.875,39
	Pajak Pertambahan Nilai (PPN) 11 %	217.853.006,29
	Biaya Total	2.198.334.881,69
	JUMLAH DIBULATKAN : *)	**2.198.300.000,00**

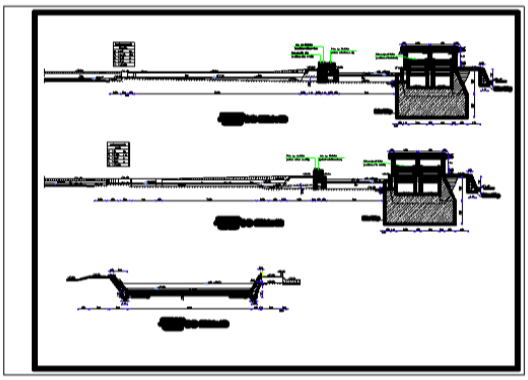
Terbilang : Dua Milyar Seratus Sembilan Puluh Delapan Juta Tiga Ratus Ribu Rupiah

GAMBAR PERENCANAAN









Kesimpulan

Rehabilitasi pintu bendung Sono BSN.0 diharapkan akan berdampak positif pada keamanan pengendalian banjir di

 ISSN 2987-677X

sisi hulu karena sistem operasi direncanakan dengan menggunakan motorize dan kondisi pintu sudah diidealkan sesuai Kriteria Perencanaan. Rehabilitasi Bendung Sono BSN.5 yang sebelumnya setengah tubuh bendung jebol, diharapkan mampu menormalkan kembali fungsi bendung untuk meninggikan muka air dan mengairi layanan daerah irigasi seluas 238 Ha. Dengan adanya selimut beton setebal 7 cm yang menyelimuti dari apron hulu, tubuh bendung, sampai apron hilir diharapkan dapat memperkuat struktur tubuh bendung apabila terjadi kala ulang debit banjir.

Apabila proyek sudah selesai, diharapkan untuk dijalankan kegiatan preventive maintenance secara berkala terutama pada pintu motorize. Supaya operasi pintu tetap berjalan normal dan usia guna lebih lama.

Ucapan Terima kasih

Puji Syukur kami panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan karunia-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan Makalah Seminar Praktek Keinsinyuran ini tepat pada waktunya. Pada kesempatan ini kami menyampaikan terima kasih kepada :

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

Ir. Hartono Pranjoto, M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng., Dra. Ir. Adriana Anteng Anggorowati, M.Si., IPU Selaku Dosen pembimbing yang telah membimbing penulisan makalah ini.

Dr. Ir. Ivan Gunawan,S.T., M.MT., CSCM., IPM., ASEAN Eng., selaku Ketua Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya yang telah secara aktif memberikan support dan mendampingi kami dalam setiap kegiatan perkuliahan.

Dinas PU Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur yang telah mendukung para penulis dalam program studi profesi insinyur ini secara moril dan materiil.

Keluarga dan rekan – rekan kerja.

Referensi

Ahmad Ansori, Anton Ariyanto, M.Eng, Syahroni, ST. 2013. Kajian Efektifitas dan Efisiensi Jaringan Irigasi Terhadap Kebutuhan Air Pada Tanaman Padi. Riau: Jurnal Teknik Sipil Universitas Pasir Pengairan.

Ahmad Wahyudi, Nadjadji Anwar, dan Edijatno. 2014. Studi Optimasi Pola Tanam pada Daerah Irigasi Warujayeng Kertosono dengan Program Linier. Surabaya: Jurnal Teknik Potmits Vol. 3 No.1.

Anton Priyonugroho. 2014. Analisis Kebutuhan Air Irigasi. Palembang: Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan VOL. 2. No. 1

Dina Septyana, Dhemi Harlan dan Winskayati. 2016. Model Optimasi Pola Tanam untuk Meningkatkan Keuntungan Hasil Pertanian dengan Program Linier. Bandung: Jurnal Teknik Sipil. Vol. 23 No. 2.

Direktorat Jenderal Pengairan. 1986. Standar Perencanaan Irigasi : Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP. 1. CV. Galang Persada, Bandung.

Nathasia Eunike Langoy. 2016 Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi Daerah Irigasi Tababo. Laporan Akhir Politenik Negeri Manado.

Purwanto dan Jazaul Ikhsan. 2015. Analisis Kebutuhan Air Irigasi Pada Daerah Irigasi Bendung Mrican. Yogyakarta: Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, Vol. 9 No. 1, 206: 83-93.

Prof. Ir. Sidharta S.K.1997. Irigasi dan Bangunan Air. Penerbit Gunadarma. Jakarta.

ISSN 2987-677X

Analisis Kinerja Operasional Sistem Angkutan Penyeberangan Lintas Ketapang - Gilimanuk

Imam Fahamsyah Zacharia Oesman
Krisdian Marta Fitri Englando

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ imam.fahamsyah@gmail.com

Pelabuhan penyeberangan Ketapang-Gilimanuk termasuk salah satu pelabuhan yang sangat ramai. Pelabuhan penyeberangan ini melayani kapal ferry Roro sebanyak 29 unit dan Landing Craft Tank (LCT) sebanyak 14 unit. Terdapat 2 dermaga *Movable Bridge* dan 1 dermaga Pontonyang melayani kapal ferry Roro dan 3 dermaga beaching yang melayani LCT. Banyaknya kapal yang ada pada sistem penyeberangan ini mengakibatkan pendeknya waktu sandar dan lamanya waktu berlayar sehingga mengakibatkan tidak optimalnya pelayanan yang ada.
Adapun tujuan penulisan ini untuk mengetahui waktu dan fasilitas sandar ideal yang dibutuhkan untuk menunjang pelayanan optimal pada lintas penyeberangan Ketapang – Gilimanuk dengan menggunakan metode analisis lintasan tunggal. Hasil yang didapat dengan 36 menit waktu berlabuh maka kapasitas muat KMP dan LCT dapat ditingkatkan hingga 100%. dan diperlukan 7 dermaga untukmelayani 29 KMP dan 14 LCT sehingga didapatkan pelayanan yang optimal pada lintas Ketapang – Gilimanuk.

Kata kunci: dermaga, kapal, optimal, waktu berlabuh

Pendahuluan

Angkutan penyeberangan merupakan angkutan yang berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan jaringan jalan atau jaringan jalur kereta api yang dipisahkan oleh perairan untuk mengangkut penumpang dan kendaraan beserta muatannya. Begitu pula dengan lintas penyeberangan Ketapang – Gilimanuk yang merupakan pintu gerbang penghubung darat antara Pulau Jawa dan Bali.

Selat Bali yang memisahkan pelabuhan Ketapang dan Gilimanuk ini mempunyai jarak sekitar 3 mil laut, ditempuh dalam waktu sekitar 60 menit, dengan demikian termasuk penyeberangan jarak dekat. Pada setiap harinya rata-rata sistem penyeberangan ini dapat melayani penumpang sampai 33.284 orang, kendaraan roda-4 sekitar 6.151 unit, sepeda motor sekitar 3.988 unit (PT.ASDP, 2013).

Kebutuhan pelayanan angkutan penyeberangan adalah komponen yang sangat penting dalam melakukan evaluasi terhadap kinerja sistem penyeberangan. Karakteristik kebutuhan pelayanan angkutan penyeberangan dari waktu ke waktu sangat bervariasi yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain kondisi normal, kondisi liburan dan kondisi khusus. Sarana angkutan penyeberangan terdiri dari kapal Ferry Ro-Ro dan LCM dan prasarananya adalah dermaga (Ponton dan MB) serta *Beaching*. Rencana operasi angkutan penyeberangan Ketapang-Gilimanuk dituangkan dalam jadual (*scheduling*), yang ditentukan berdasarkan hubungan antar berbagai komponen yang saling terkait dalam proses angkutan penyeberangan.

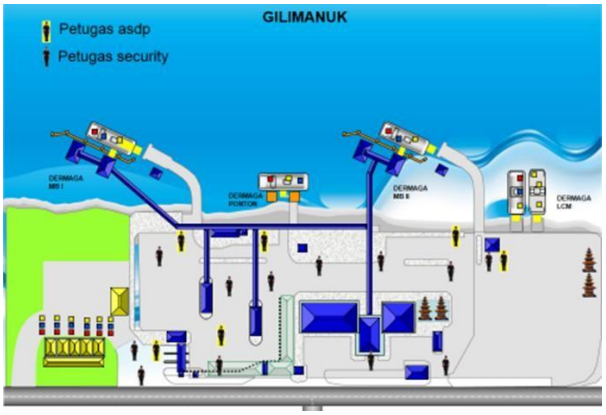
Terdapat dua tipe kapal yang tersedia sebagai sarana pada angkutan penyeberangan pada lintas penyeberangan Ketapang – Gilimanuk yaitu KMP (Kapal Motor Penyeberangan) Ro-Ro dan LCT (*Landing Craft Tank*). Armada kapal yang ada terdiri dari 29 KMP Ferry Ro-Ro dan 14 Kapal LCT. Kapal yang beroperasi di dermaga MB dan Ponton ada 24 unit kapal Ro-Ro dengan berat 409 GRT sampai dengan 1545 GRT. Kapal roro memiliki pola muat kendaraan *First In First Out* (FIFO), kendaraan yang pertama kali masuk akan keluar pertama kali. Kapal yang beroperasi di dermaga LCM ada 5 unit kapal Ro-Ro dengan berat kapal 421 GRT sampai dengan 674 GRT dan 14 kapal LCT dengan berat kapal 423 GRT sampai dengan 1054 GRT. Kapal LCT memiliki pola muat yang berbeda dengan kapal roro. Pola muat kendaraan pada kapal ini adalah *First In Last Out* (FILO), kendaraan masuk pada kapal dengan cara berjalan mundur agar nantinya memudahkan pada saat bongkar sehingga kendaraan yang pertama kali masuk akan keluar terakhir kali.

Tingkat penggunaan sistem pelayanan penyeberangan akan optimal, apabila faktor-faktor yang mempengaruhi dapat berfungsi dengan maksimal. Dalam hal ini maka perlu dilakukan penelitian dengan judul: "Analisis Kinerja Operasional Sistem Angkutan Penyeberangan Pada Lintas Ketapang - Gilimanuk" agar dapat mengetahui berapa waktu tempuh yang ideal, berapa kebutuhan kapal dan berapa kebutuhan fasilitas sandar agar dapat memberikan pelayanan yang maksimal.

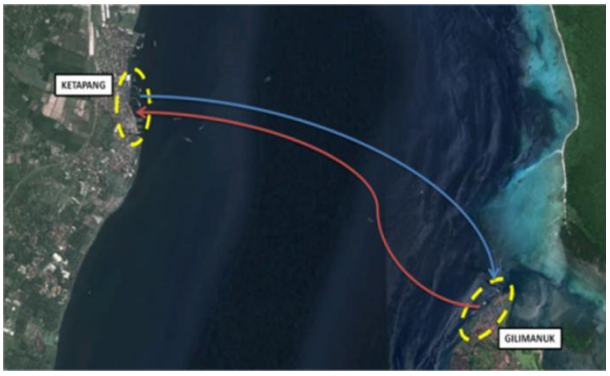
 ISSN 2987-677X



Gambar 1 Layout Pelabuhan Ketapang



Gambar 2 Layout Pelabuhan Gilimanuk

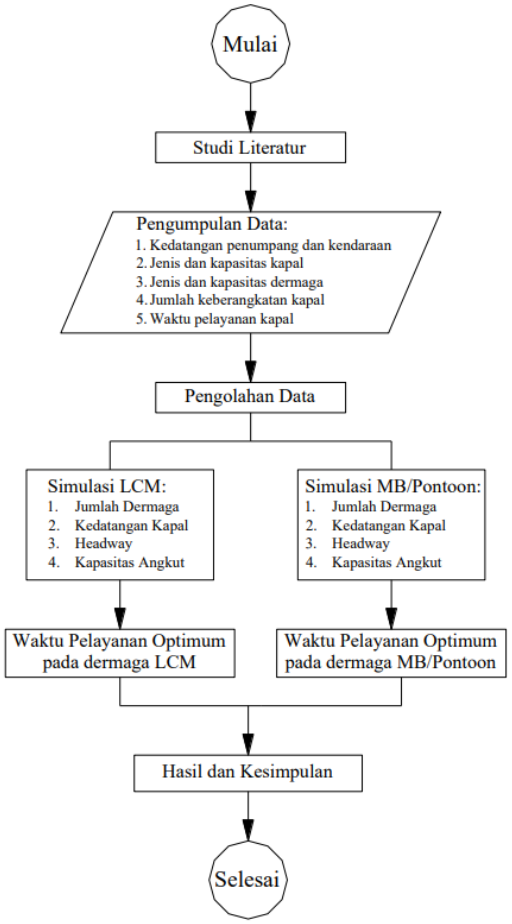


Gambar 3 Layout Pelabuhan Gilimanuk



Gambar 4 Foto Antrian Roda 4 di Pelabuhan

Metode



Gambar 5 Diagram Alir Penelitian

Setelah pengumpulan data selesai dilakukan, selanjutnya dilakukan pengolahan data. Pengolahan data bertujuan mendapatkan berapa banyak kendaraan, berapa kapasitas maksimum kapal, dan berapa waktu yang dibutuhkan untuk satu proses pelayanan penyeberangan di lintas penyeberangan Ketapang - Gilimanuk.

Untuk dapat menentukan dan mengevaluasi kinerja dari sistem penyeberangan tertentu, maka harus diketahui hubungan antara *variable* yang akan membentuk sistem penyeberangan tersebut. Pada studi ini hubungan antara variable tersebut diselesaikan dengan pendekatan metode analitis garis tunggal. Pada analisis lintasan tunggal semua kapal harus dioperasikan dari satu titik ke titik lainya dan kemudian kembali, jadi kapal bergerak bolak – balik diantara dua titik. Kapal akan beroperasi dengan headway waktu keberangkatan yang merata dan kapasitas kapal yang relatif sama. Metode analisis yang dilakukan adalah dengan melakukan simulasi terhadap lamanya waktu sandar, banyaknya fasilitas sandar dan banyaknya kapal serta kapasitas kapal yang ada sehingga dapat diketahui kondisi - kondisi yang nantinya dapat mempengaruhi tingkat pelayanan pada lintas penyeberangan Ketapang – Gilimanuk.

 ISSN 2987-677X

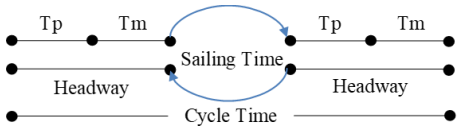
Hubungan yang mendasar dalam menentukan ukuran operasi sistem penyeberangan adalah kapasitas prasarana, rencana operasi, karakteristik kapal, karakteristik kendaraan. Pada analisis lintasan garis tunggal semua kapal harus dioperasikan dari satu ujung ke ujung lainnya dan kemudian kembali, kapal bergerak bolak balik diantara dua terminal ujung. Kapal akan beroperasi dengan *headway* waktu keberangkatan yang merata, dan semua kapal mempunyai kapasitas yang relatif sama.

Hasil Kerja

Analisis Pelayanan Sistem Penyeberangan

Kegiatan penyeberangan di Pelabuhan Ketapang - Gilimanuk menggambarkan kondisi pelayanan dengan fasilitas yang tersedia saat ini. Kebutuhan (*demand*) yang dianalisis adalah kendaraan bermotor roda-4, seperti truk, bus dan mobil penumpang atau mobil pribadi dan kendaraan roda-2; sedangkan penumpang tidak dimasukan karena pada kenyataannya tidak memerlukan pengaturan khusus dan diasumsikan tidak berpengaruh terhadap waktu bongkar/muat kapal. Antrian kendaraan merupakan indikasi kinerja sistem penyeberangan dan sangat dipengaruhi oleh pola dan tingkat kedatangan kendaraan, disiplin antrian dan sistem pelayanan yang berlaku. Berdasarkan kondisi lapangan kedatangan kendaraan roda-4 pada sistem antrian tunggal dan dilayani oleh sistem pelayanan tunggal.

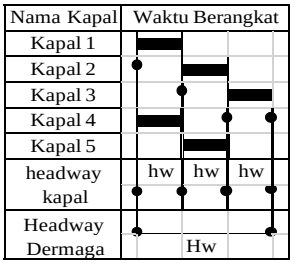
Proses pelayanan dimulai pada saat kendaraan antri masuk kapal selama headway waktu keberangkatan kapal. Tingkat pengisian kapal (*occupancy*) sangat dipengaruhi oleh laju kedatangan kendaraan. Proses pelayanan terhenti pada saat kapal bersandar di dermaga untuk menurunkan kendaraan dan proses menurunkan kendaraan tidak dipengaruhi oleh laju kedatangan kendaraan. Apabila tingkat kedatangan kendaraan tidak dapat diimbangi oleh tingkat pelayanan sistem penyeberangan, maka akan terjadi antrian/tundaan yang berpengaruh tehadap waktu tunggu kendaraan.



Gambar 6 Waktu siklus operasi kapal

Keterangan:
Tp = *Port Time* (Waktu Berlabuh)
Tm = *Manuver Time* (Waktu Manuver)
Ts = *Sailing Time* (Sailing Time)
Hw = *Headway* (waktu antar dermaga)

Penerapan jadwal keberangkatan kapal pada salah satu dermaga dapat ditentukan seperti pada Gambar 3



Gambar 7 Jadwal keberangkatan kapal

Tp $\sum_{i=1}^{n} t_{bi}.\, q_{bi} + \sum_{i=1} t_{mi}.\, q_{mi}$

Dimana:
Hw = *headway* minimum dermaga (menit)
Tp = waktu bersandar kapal yang terdiri dari waktu bongkar (tb) dan waktu muat (tm) kendaraan
tb = rata-rata waktu menurunkan kendaraan
tm = rata-rata waktu menaikkan kendaraan
qi = tingkat *occupancy* kapal

Hubungan yang mendasar dalam menentukan ukuran operasi sistem penyeberangan adalah kapasitas prasarana, rencana operasi, karakteristik kapal, karakteristik kendaraan roda-4 dan roda-2. Pada analisis lintasan garis tunggal semua kapal harus dioperasikan dari satu ujung ke ujung lainnya dan kemudian kembali, kapal bergerak bolak balik diantara dua terminal ujung. Kapal akan beroperasi dengan headway waktu keberangkatan yang merata, dan semua kapal mempunyai kapasitas yang relatif sama. Dalam kondisi ini hubungan antara kapasitas total, headway keberangkatan kapal, jumlah keberangkatan dan kapasitas kapal dalam satu arah adalah:

$$Qc = \frac{Qk}{hw} = Qk\ x\ Jk$$

Konsep arus tersebut diatas dapat dihubungkan secara langsung dengan kebutuhan kapal, dengan menganggap bahwa semua kapal membutuhkan waktu yang relatif sama untuk perjalanan pergi pulang, maka hubungannya adalah sebagai berikut:

$$N = \frac{JD\ x\ Tc}{Hw} = \frac{JD\ x\ Tc}{hw\ x\ JD} = \frac{Tc}{hw}$$

$$N = \frac{2\{Ts + Tm + Tp\}}{hw}$$

Dimana:
N = jumlah kapal
JD = Jumlah Dermaga
Tc = waktu siklus kapal
= 2 {Ts + Tm + Tp}
Hw = *headway* dermaga
hw = *headway* antar dermaga/ *headway* kapal

Simulasi Dermaga Movable Bridge (MB)

Simulasi dilakukan pada dermaga *movable bridge* untuk mendapatkan kondisi optimum kinerja operasional dermaga penyebrangan di lintas penyeberangan Ketapang - Gilimanuk. Simulasi dilakukan dengan memodifikasi jumlah dermaga, jumlah kapal yang beroperasi dan *headway* dermaga. Tiap skenario terdiri dari 3 (tiga) waktu *headway* dan waktu siklus yang berbeda dimana hal ini akan berpengaruh pada kapasitas kendaraan yang bongkar dan muat pada dermaga *movable bridge*.

 ISSN 2987-677X

$$hw = \frac{Hw}{JD}$$

Tc = 2x(Tb+Tm+TM+Ts)

Dari hasil analisa beberapa skenario maka diperoleh waktu dan jumlah kapal optimum yang dibutuhkan pada dermaga *movable bridge* dan *pontoon* adalah diperlukan 4 dermaga dan 16 kapal yang beroperasi dengan pola operasi 6 hari on dan 1 hari *off* agar terjadi rotasi yang rata pada tiap kapal, sedangkan untuk *headway* antar kapal didapatkan 9 menit dan *headway* antar dermaga 36 menit dengan waktu bongkar 10,5 menit, waktu muat 16,5 menit, waktu manuver 9 menit dan waktu berlayar 36 menit sehingga dalam satu hari didapatkan waktu siklus 144 menit dan 160 kali keberangkatan kapal. Dari hasil perhitungan tersebut maka diperoleh kapasitas angkut dalam satu hari adalah 10.560 kendaraan roda 2 dan 4.640 kendaraan roda 4 atau lebih.

Simulasi Dermaga *Landing Craft Machine* (LCM)

Simulasi dilakukan pada dermaga LCM untuk mendapatkan kondisi optimum kinerja operasional kapal LCT pada lintas penyeberangan Ketapang - Gilimanuk. Simulasi dilakukan dengan memodifikasi jumlah dermaga, jumlah kapal yang beroperasi dan headway dermaga. Tiap skenario terdiri dari 3 (tiga) waktu headway dan waktu siklus yang berbeda dimana hal ini akan berpengaruh pada kapasitas kendaraan yang bongkar dan muat pada dermaga LCM.

$$hw = \frac{Hw}{JD}$$

Tc = 2x(Tb+Tm+TM+Ts)

Dari hasil analisa beberapa skenario diperoleh waktu dan jumlah kapal optimum yang dibutuhkan pada dermaga LCM adalah diperlukan 3 dermaga dengan 12 kapal yang beroperasi dengan headway antar kapal 12 menit dan headway antar dermaga 36 dengan waktu bongkar 9 menit, waktu muat 21 menit, waktu manuver 6 menit dan waktu berlayar 36 menit sehingga dalam satu hari didapatkan waktu siklus 144 menit dan 120 kali keberangkatan kapal. Dari hasil perhitungan tersebut maka diperoleh kapasitas angkut dalam satu hari adalah 2.160 kendaraan berat.

Kesimpulan

1. Waktu dan jumlah kapal yang dibutuhkan untuk melakukan proses penyeberangan pada lintas Ketapang – Gilimanuk saat ini adalah:
   - Headway antar kapal pada dermaga *movable bridge* dan *pontoon* 12 menit dengan waktu berlayar 55 menit hingga 60 menit,
   - *Headway* antar kapal pada dermaga LCM adalah 15 menit dengan waktu berlayar 55 menit dengan jumlah kapal yang beroperasi adalah 15 kapal.
2. Jumlah kebutuhan fasilitas sandar agar tercipta pelayanan yang baik pada angkutan penyeberangan Ketapang – Gilimanuk.
   - Pada dermaga movable bridge dan pontoon diperlukan 4 dermaga dengan 16 kapal yang beroperasi. Dengan pola operasi 6 hari on dan 1 hari off agar terjadi rotasi yang rata pada tiap kapal.
   - Pada dermaga LCM diperlukan 3 dermaga dengan 12 kapal yang beroperasi.

Saran

Dari penelitian ini ada beberapa saran terhadap sistem operasional pada lintas Ketapang – Gilimanuk agar nantinya kegiatan penyeberangan pada lintas ini dapat memberikan keselamatan, kenyamanan dan pelayanan yang lebih baik kepada pengguna jasa adapun beberapa saran tersebut adalah sebagai berikut:

1. Dermaga Ponton dan LCM dikonversi menjadi dermaga MB
2. Penyeragaman karakteristik kapal;
3. Pembebasan lahan untuk persiapan pengembangan pelabuhan;
4. Penetapan Alur pelayaran.
5. Meningkatkan pelayanan dan operasional Pelabuhan dengan menata kelembagaan, pola pengusahaan.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu dan berperan dalam terselesaikannya tulisan ini antara lain:

1. Keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan.
2. Bapak Kepala Dinas yang telah memberikan ijin melaksanakan studi.
3. Bapak Sekretaris Dinas yang telah memberikan ijin dan dukungan selama melaksanakan studi.
4. PT. Indonesia Ferry (Persero) atas segala kemudahan akses yang diberikan.
5. Semua pihak yang telah mendukung terselesaikannya penulisan ini.

Referensi

Abbas, Salim H.A (1995), Manajemen Transportasi, PT. Raja Grafindo Persada Jakarta,

Abubakar, Iskandar. (2010) “Transportasi Penyeberangan 2010 Suatu Pengantar” Jakarta.

Bahar, Taslim dkk“*Service Performance*”

C. Jotin Khisty dan B. Kent Lall, (2005) “Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi, jilid 2, edisi ketiga, Erlangga, Jakarta.

Dimyati, Tjutju Tarliah, Ahmad Dimyati, (2010) “Operations Research” Model model Pengambilan Keputusan, Sinar Baru Algensindo, Bandung.

Kakiay, Thomas J. (2004) “Dasar Teori Antrian Untuk Kehidupan Nyata”. ANDI Yogyakarta.

Keputusan Dirjen Hubdat No. SK. 73/AP005/DRJD/2003 tentang Standar Pelayanan Minimal Angkutan Penyebrangan

Keputusan Menteri Perhubungan Nomor. KM. 32 Tahun 2001 tentang Penyelenggaraan Angkutan Penyeberangan

Keputusan Menteri Perhubungan Nomor. KM. 52 Tahun 2001 tentang Penyelenggaraan Pelabuhan Penyeberangan

Keputusan Menteri Perhubungan Nomor. KM. 53 Tahun 2002 tentang Tatanan Kepelabuhan Nasional

Kumaat, Meike. (2001)“Analisis Korelasi Antara Kinerja Pelayanan, Evaluasi Pelayanan dan Kebijakan Angkutan Umum“ Tesis Program Pasca Sarjana Bidang Ilmu Teknik, Program Studi Teknik Sipil Kekhususan Transportasi.

Morlok, Edward K. (1978) Introduction to Transportation Engineering and Planning.

 ISSN 2987-677X

Nugroho, Arifin.(2007) “Teori Antrian Markovian: Pendekatan Praktis”, Universitas Trisakti, Jakarta.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2009 tentang Kepelabuhanan;
pers, Jakarta.

Rangkuti, Freddy. (2008) (“Riset Pemasaran”, Jakarta: PT.Gramedia Pustaka Utama.

Tjiptono, Fandy dan Gergorius Candra, “Service, Quality Satisfaction”, PT. Andi Yogyakarta ed II, 2006

Undang-Undang Nomor 17 tahun 2008 tentang Pelayaran.

Wibowo. (2009) “Manajemen Kinerja “ Edisi Kedua, Rajawali

Widodo, Moedji. “Evaluasi Kinerja Operasional Fasilitas Pelabuhan di Tanjung Intan Cilacap” Simposium X FSTPT, Universitas Tarumanegara Jakarta, 24 November 2007.

 ISSN 2987-677X

Kajian Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Program Hibah Air Minum (HAM) Kementerian PUPR Tahun Anggaran 2022 Di Provinsi Sulawesi Tenggara

Yohanes Charlos Christianto Payong Manuk, ST

Program Studi Program Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ Charlosm10@gmail.com

Pada tahun 2008 pemerintah mencanangkan program 10 juta sambungan baru untuk memperluas cakupan pelayanan bidang air minum. Progrma Hibah Air Minum merupakan salah satu upaya untuk mencapai program 10 juta sambungan baru. Program Hibah Air Minum adalah suatu upaya percepatan penambahan jumlah Sambungan Rumah (SR) melalui penerapan *output based* atau berdasarkan kinerja yamg terukur. Pemberian hibah dari Pemerintah Pusat kepada Pemerintah Daerah baik yang bersumber dari pendapatan murni APBN atau pinjaman dan/atau hibah luar negeri

Pengambilan data dilakukan monitoring, temuan-temuan serta diskusi bersama dengan Direksi Hibah Air Minum dari pihak PDAM masing-masing kabupaten/kota di lapangan. Hasil yang diperoleh yaitu terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi keterlambatan pekerjaan fisik HIBAH AIR MINUM antara Jumlah teknisi yang terbatas, Situasi (curah hujan), Pengiriman bahan pekerjaan yang terpending di beberapa titik, Petugas Enumerator yang belum menguasai medan tempat dia bekerja, Terlalu banyak pihak yang terlibat dari berbagai kalangan sehingga memperlambat proses pengambilan keputusan, Proses yang berbelit dan memakan waktu sehingga satu fakktor dapat mempengaruhi keterlambatan progress pekerjaan setelahnya, Keberadaan kantor PDAM Kabupaten Buton yang berada di kota Baubau

Kata kunci: Hibah Air Minum, keterlambatan proyek, air minum

Pendahuluan

Air bersih sangat penting bagi keberlangsungan hidup manusia. Air bersih merupakan salah satu komoditas vital yang sebaiknya dapat dinikmati oleh seluruh masyarakat tanpa terkecuali. Pemerataan akses terhadap fasilitas kesehatan seperti air bersih berkontribusi terhadap pemerataan pendapatan (Sri Nurhayati, 2015:27).

Pengelolaan ketersediaan air dibatasi oleh variasi ketersediaan dan kebutuhan air beserta manfaatnya dalam upaya pemenuhan kebutuhan hidup. Tingginya ketergantungan terhadap air tawar (2,5% dari total air di bumi) serta minimnya teknologi efisien untuk pengolahan air laut (97,5% dari total air di bumi) merupakan tantangan yang harus dihadapai dalam pengelolaan sumber daya air (Sudarmaji dkk., 2014:11)

Penyediaan sarana dan prasarana air minum yang baik akan memberikan dampak pada peningkatan kualitas lingkungan dan Kesehatan masyarakat, serta waktu yang dapat dihemat dari usaha untuk mendapatkan air minum yang baik. Dampak tesebut akan memberikan reaksi lanjutran berupa peningkatan produktivitas masyarakat.

Pada tahun 2008 pemerintah mencanangkan program 10 juta sambungan baru untuk memperluas cakupan pelayanan bidang air minum. Progrma Hibah Air Minum merupakan salah satu upaya untuk mencapai program 10 juta sambungan baru.

Program Hibah Air Minum adalah suatu upaya percepatan penambahan jumlah Sambungan Rumah (SR) melalui penerapan *output based* atau berdasarkan kinerja yamg terukur. Pemberian hibah dari Pemerintah Pusat kepada Pemerintah Daerah baik yang bersumber dari pendapatan murni APBN atau pinjaman dan/atau hibah luar negeri.

Salah satu provinsi yang menerima manfaat Hibah Air Minum tersebut adalah Provinsi Sulawesi Tenggara. Provinsi Sulawesi Tenggara telah memulai pelaksanaan program tersebut sejak beberapa tahun silam hingga saat ini.

 ISSN 2987-677X

Dalam pelaksanaan HIBAH AIR MINUM di Sulawesi Tenggara pada tahun 2022 terdapat beberapa permasalahan yang menyebabkan keterlambatan progress pekerjaan Sehingga peneliti ingin melakukan **Kajian Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Program Hibah Air Minum (HAM) Kementerian PUPR Tahun Anggaran 2022 Di Provinsi Sulawesi Tenggara.**

Metode

Dalam kajian ini terdapat fokus penelitian untuk mengungkapkan masalah yang spesifik pada keterlambatan progress pekerjaan Program HIbah Air Minum untuk meningkatkan kecepatan pekerjaan dalam rangka memenuhi rencana *progress* bulanan. Fokus penelitian adalah mengungkap faktor yang menyebabkan keterlambatran pekerjaan Program Hibah Air Minum di Provinsi Sulawesi Tenggara. Sehingga lebih menitik beratkan pada tiga kabupaten yang menerima manfaat yaitu Kabupaten Buton, Kabupaten Wakatobi dan Kota Baubau. Dari data yang dikirimkan oleh PDAM masing-maisng Kabupaten/Kota ke BPPW SULTRA didapat data bahwa ketiga kabupaten/kota pelaksana program Hibah Air Minum mengalami ciri ciri keterlambatan yang hamper sama. Adanya fokus pengkajian dengan mengambil data dengan kegiatan Monitoring dan Evaluasi pekerjaan yang mana petugas daeri BPPW SULTRA terjun langsung ke lapangan untuk melihat kondisi *real* di lapangan. Menurut Sugiyono (2009:216) ketika penelitian berangkat dari situasi sosial, hasil kajiannya tidak diberlakukan ke populasi, tetapi ditransferkan ke situasi sosial yang memiliki kesamaan dengan situasi sosial pada kasus yang dipelajari dalam penelitian. Dalam hal ini jika sebuah Kabupaten /kota pelaksana Hibah Air Minum yang memiliki kesamaan kondisi, apakah gagal maupun berhasil maka analisis keberhasilan dan kegagalannya dapat dilihat dari hasil penelitian ini yaknitentang kajian keterlambatan pekerjaan program Hibah Air Minum.

Hasil Kerja

HIBAH AIR MINUM

Program ini menggunakan pendekatan output based, dimana pemerintah daerah diwajibkan untuk meningkatan air minum yang layak melalui pemasangan sambungan rumah yang dibiayai terlebih dahulu melalui penyertaan Penyertaan Modal Pemerintah (PMP) kepada PDAM untuk pemasangan sambungan rumah dan jaringannya, yang akan dilanjutkan dengan pengajuan pencairan dana hibah dari Pemerintah Pusat kepada Pemerintah Daerah setelah dilakukan verifikasi. Program hibah ini dimaksudkan juga sebagai insentif kepada pemerintah daerah untuk dapat melaksanakan peran dan tanggung jawabnya dalam penyelenggaraan penyediaan pelayanan air minum sampai pada output terbangunnya sambungan rumah air minum kepada masyarakat (Kementrian PUPR, 2015:5)

Faktor-Faktor yang Menyebabkan Keterlambatan Pekerjaan

a. Keterlambatan Proyek Kusjadmikahadi (dalam Leonda 2008) bahwa, keterlambatan proyek konstruksi berarti bertambahnya waktu pelaksanaan penyelesaian proyek yang telah direncanakan dan tercantum dalam dokumen kontrak. Terdapat beberapa jenis Keterlambatan menurut Kraiem dan Dickman yang dikutip dari Wahyudi, (2006) menyatakan bahwa keterlambatan dapat dibagi menjadi 3 jenis utama, yaitu:
   1. Keterlambatan yang tidak dapat dimaafkan (*Non Excusable Delays*). *Non Excusable Delays* adalah keterlambatan yang diakibatkan oleh tindakan, kelalaian, atau kesalahan kontraktor
   2. Keterlambatan yang dapat dimaafkan (*Excusable Delays*). *Excusable Delays* adalah keterlambatan yang disebabkan oleh kejadian- kejadian diluar kendali baik pemilik maupun kontraktor. Pada kejadian ini, kontraktor mendapatkan kompensasi berupa perpanjangan waktu saja.
   3. Keterlambatan yang layak mendapat ganti rugi (Compensable Delays). Compensable Delays adalah keterlambatan yang diakibatkan tindakan, kelalain atau kesalahan pemilik. Pada kejadian ini, kontraktor biasanya mendapatkan kompensasi berupa perpanjangan waktu dan tambahan biayaoperasional yang perlu selama keterlambatan pelaksanaan tersebut. Faktor keterlambatan yang diteliti dalam penelitian ini adalah pengelompokan dari faktorfaktor keterlambatan yang telah diuraikan oleh Proboyo (1999), Andi et al. (2003)

   BPPW SULTRA mengambil Langkah untuk melakukan Monitoring dan Evaluasi terhadap pelaksanaan pekerjaan HIbah Air Minum Provinsi Sulawesi Tenggara yang realisasinya berada dibawah rencana pencapapaian progress. Dari hasil Monitoring serta tanya jawab bersama para Direksi Hibah Air Minum dari pihak PDAM diketahui beberapa faktor yang mempengaruhi kelancaran jalannya pelaksanaan kegiatan HIBAH AIR MINUM di tiga Kabupaten Kota, antara lain:

a. Jumlah Teknisi yang Terbatas

Jumlah pegawai PDAM yang merangkap tugas sebagai teknisi pemasangan sambungan rumah (SR) yang jumlahnya terbatas menyebabkan teknisi kesulitan dalam mengerjakan 1000 SR dalam waktu singkat. Karena pelaksanaan pemasangan juga tergantung pada cepat lambatnya pengiriman aksesori Sambungan Rumah (SR) yang di pesan dari luar pulau.

 ISSN 2987-677X

b. Situasi (Curah Hujan)

Curah hujan yang tidak menentu dan susah untuk ditebak membuat beberapa pekerjaan yang awalnya sudah direncanakan untuk dilakukan menjadi tertunda karena cuaca yang awalnya cerah tiba-tiba bisa menjadi mendung dan sebaliknya. Maka pekerjaan seperti penecoran reservoir dan pembentangan pipa menjadi tertunda karena alasan cuaca.

c. Pengiriman Bahan

Dari faktor bahan terdapat keterlambatan yang disebabkan oleh terlambatnya waktu pemesanan bahan pekerjaan dan juga dalam perjalanannya dari tempat pemesanan menuju ke Tiga Kabupaten penerima manfaat sempat terkendala akibat curah hujan yang tidak menentu. Akibatnya banyak pergeseran atau pengunduran jadwal keberangkatan kapal laut yang di rencanakan akan membawa bahan pekerjaan ke daerah-daerah di Sulawesi Tenggara.

d. Pelaksanaan Survey MBR oleh Enumerator

Salah satu penyebab keterlambatan pekerjaan Hibah Air Minum TA 2022 di Sultra adalah pelaksanaan survey Masyarakat Berpenghasilan Rendah (MBR) yang dilakukan oleh oihak ke-tiga atau biasa disebut Enumerator. Beberapa Enumerator tidak memahami daerah-daerah di tempat penugasannya karena bukan merupakan putra putri di daerah penempatan. Banyaknya syarat yang mengikat pada keputusan untuk mengklaim warga sebagai MBR membuat para enumerator sedikit kesulitan dalam mencari calon penerima manfaat atau di sisi lain beberapa kali mereka tidak berani untuk menetapkan warga sebagai MBR. Oleh karena itu proses survey MBR ini menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi keterlambatan pekerjaan.

e. Terlalu Banyak Pihak yang Terlibat

Banyak sekali pihak yang terlibat pada pekerjaan ini mulai dari Kementerian PUPR, Direktorat Air Minum DITJEN Cipta Karya, BPPW SULTRA, PDAM Kabupaten/Kota penerima manfaat, Konsultan atau pihak ketiga di pusat, Enumerator dan juga para direksi luar. Sehingga pengambilan keputusan tidak bisa diambil oleh salah satu pihak saja, oleh karena itu saling menunggu satu sama lain untuk pengambilan keputusan sering sekali terjadi dalam proses pekerjaan Program Hibah Air Minum TA 2022 di Sulawesi Tenggara.

f. Proses yang berbelit

Setelah Kick Off Meeting dilakukan Enumerator dari pihak ketiga langsung melakukan melakukan survey kepada Masyarakat Berpenghasilan Rendah di daerah pekerjaan masing-masing. Setelah data terkumpul data tersebut dikirimkan ke konsultan pusat untuk ditinjau kembali mana saja yang lolos sebagai MBR dan akan menerima SR dari Program Hibah Air Minum proses ini memakan waktu yang cukup lama sehingga dari pihak PDAM pun belum bisa memesan komponen pekerjaan karena menunggu jumlah penerima manfaat. Setelah terbit jumlah penerima manfaat pemesanan komponen pekerjaan pun dilakukan kemudian setelah komponen SR sampai di Kabupaten/kota maka langsung dilakukan perakitan oleh teknisi SR. Setelah dirakit oleh teknisi maka komponen SR dibawa ke rumah-rumah masyarakat penerima manfaat untuk dilakukan pemasangan Sambungan Rumah. Setelah pemasangan kurang lebih 1000 SR per Kabupaten/Kota penerima manfaat yang juga memakan waktu, aka nada peninjauan ulang oleh pihak kementerian PUPR sebelum pada akhirnya dilakukannya uji petik oleh BPKP untuk menentukan berapa jumlah SR yang akan digantikan uangnya oleh dana APBN TA 2022.

g. Kantor PDAM berbeda kota (Kabupaten Buton)

Kantor PDAM Kabupaten Buton berada di daerah Kota Baubau sehingga membutuhkan waktu sekitar 1 – 2 jam untuk pergi ke tempat pemasangan SR di kabupaten Buton. Sehingga tidak setiap hari para direksi dapat mengecek pekerjaan pemasangan SR Hibah Air Minum di kabupaten Buton. Hal ini dapat terjadi karena dua daerah ini dulunya merupakan satu kesatuan sebelum Kota Baubau memutuskan untuk mekar dari Kabupaten Buton.

 ISSN 2987-677X

Data *E-Monitoring* PUPR

Tabel 1 Progress Fisik Hibah Air Minum Provinsi Sulawesi Tenggara Bulan September Tahun 2022

Kota/Kabupaten	Rencana Fisik	Realisasi Fisik
Kota Baubau	75%	25%
Kabupaten Buton	75%	25%
Kabupaten Wakatobi	75%	25%

Sumber: E-Monitoring PUPR (Status: Minggu ke-2 September 2022)

Dari data yang dikirimkan oleh direksi PDAM terkait progress fisik Hibah Air Minum Tahun 2022 menunjukan angka realisasi berada dibawah angka rencana, dimana kolom rencana menunjukan angka 75% sedangkan kolom realisasi hanya berada di angka 25% karena komponen pekerjaan baru saja sampai dan para teknisi baru melakukan perakitan komponen SR di kantor PDAM masing-masing. Dari data tersebut didapatkan informasi mengenai keterlambatan pelaksanaan progress fisik kegiatan Hibah Air Minum Provinsi Sulawesi Tenggara Tahun 2022.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil monitoring, temuan-temuan serta diskusi bersama dengan Direksi Hibah Air Minum dari pihak PDAM masing-masing kabupaten/kota di lapangan mengenai penyebab keterlambatan pelaksanaan Program Hibah Air Minum Tahun Anggaran 2022 Provinsi Sulawesi Tenggara, peneliti menarik kesimpulan bahwa terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi keterlambatan pekerjaan fisik Hibah Air Minum antara lain Jumlah teknisi yang terbatas, Situasi (curah hujan), Pengiriman bahan pekerjaan yang terpending di beberapa titik, Petugas Enumerator yang belum menguasai medan tempat dia bekerja, Terlalu banyak pihak yang terlibat dari berbagai kalangan sehingga memperlambat proses pengambilan keputusan, Proses yang berbelit dan memakan waktu sehingga satu fakktor dapat mempengaruhi keterlambatan progress pekerjaan setelahnya, Keberadaan kantor PDAM Kabupaten Buton yang berada di kota Baubau juag menjadi kendala serta berbagai kendala yang terjadi akibat semua faktor yang sudah disebutkan.

Ucapan Terimakasih

Puji syukur penyusun panjatkan KEPADA Tuhan yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat,dan bimbinganNya yang penyusun dapat menyelesaikan Jurnal Ilmiah yang berjudul, ” Kajian Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Program Hibah Air Minum (HAM) Kementerian PUPR Tahun Anggaran 2022 Di Provinsi Sulawesi Tenggara”. Tersusunnya Jurnal ini tentunya tidak terlepas dari bantuan banyak pihak dalam memberikan bimbingan, pengarahan, petunjuk, bantuan, informasi dan berbagai bantuan lainnya. Untuk itu melalui kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada, orang tua, kakak-adik dan teman-teman semua yang saling mendukung dan membantu menyelesaikan Jurnal Ilmiah ini.

Referensi

Winarno, Budi . 2012. Kebijakan Publik, Teori, Prosesdan Studi Kasus. Yogyakarta :CAPS

Assaf, A. 1995. “Causes of Delay in Large Building Construction Projects”, Journal of Management in Engineering.

Leonda, Gesti. 2008. Studi Keterlambatan Penyelesaian Proyek Konstruksi Pada Tahun 2007 di Daerah Belitung. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,Yogyakarta,2008

Ervianto, I.W. (2005). Manajemen Proyek Konstruksi. Andi Yogyakarta

Haekal, H. (2016). Faktor–Faktor Penyebab Keterlambatan Pada Proyek Konstruksi Dan Alternatif

Kamaruzzaman, F. (2012). Studi Keterlambatan Proyek Konstruksi. Jurnal Teknik Sipil Untan. Pontianak.

Allex Baqori dan Argo Pambudi, M.Si., FIS, UNY (2015) EFEKTIVITAS PROGRAM HIBAH AIR MINUM SR MBR TAHUN 2015 PDAM TIRTA BINANGUNKABUPATEN KULON PROGO

FITRIANI (2014) PROGRAM HIBAH AIR MINUM BAGI MASYARAKAT BERPENGHASILAN RENDAH PEMERINTAH KOTA PALOPO (TINJAUAN EKONOMI ISLAM)

Yuli Assari Butar-Butar 1); Rudi Kristian P. M 2) (2022) Koordinasi Pemerintah Dalam Program Hibah Air Minum Untuk Masyarakat Berpenghasilan Rendah Di Kota Pematang Siantar.

 ISSN 2987-677X

Perancangan Gambar Teknik dan Penentuan Proses Fabrikasi Ducting AC pada PT. X

Valianto Gonawan

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ gonawanvalianto@gmail.com

PT. X merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dibidan rak baja dan pintu tahan api, salah satu lini produksinya yaitu bagian pengecatan powder coating sering mengalami kepanasan (35 – 45°C) dan kotor karena sistem pendingin udara eksisting tidak berfungsi untuk itu diperlukan dirancang sistem pendingin udara yang mampu menurunkan suhu dan menjaga sirkulasi udara bersih pada panel spray gun. Dalam perancangan sistem pendingin udara diperlukan AC yang kapasitas pendinginnya sesuai kemudian perancangan ducting untuk menyuplai udara bersih ke panel tersebut. Dalam perancangan ducting diperlukan perancangan skema ducting, penentuan segmen tiap ducting, penentuan proses fabrikasi pada tiap segmen ducting dan perancangan gantungan ducting. Semua rancangan tersebut dibuat dalam bentuk gambar teknik agar dapat diproses fabrikasi. Setelah AC dan Ducting dipasang dijalankan suhu udara dalam panel menurun menjadi (25-27°C) dan sirkulasi udara dalam panel menjadi lebih bersih.

Kata kunci: Kapasitas Pendingin, Ducting, Gambar Teknik, Fabrikasi

Pendahuluan

PT. X merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang rak baja dan pintu tahan api. Hampir semua produk yang diproduksi oleh PT. X dicat dengan menggunakan powder coating untuk itu proses pengecatan ini sangat penting. Jika terjadi kendala pada proses pengecatan dengan powder coating maka proses produksi akan terhambat.

Permasalahan yang terjadi pada PT.X adalah bagian proses pengecatan powder coating beberapa kali harus dihentikan untuk perawatan karena panel mesin spray gun yang digunakan mengalami kepanasan dan kotor akibat dari sistem pendingin udara yang ada tidak berfungsi dengan baik. Panel mesin spray gun yang mengalami kepanasan juga berpotensi rusak. Tabel berikut adalah suhu panel pada kondisi eksisting dan suhu panel yang diinginkan

Tabel 1. Suhu panel pada kondisi eksisting dan kondisi yang diinginkan

Suhu Sekitar (°C)	27 - 32
Suhu Panel (°C)	35 - 45
Suhu Panel yang diinginkan (°C)	25 - 27

Sumber : PT. X, 2022

Untuk itu perlu dirancang sistem pendingin udara pada ruangan panel mesin spray gun untuk menurunkan suhu pada panel mesin tersebut dan membuat udara yang masuk ke panel tersebut dalam kondisi bersih sehingga mesin spray gun dapat beroperasi terus menerus.

Untuk merancang sistem pendingin udara yang tepat perlu



untuk menentukan kapasitas pendingin udara, perancangan dan pembuatan gambar teknik saluran udara (ducting) dan proses fabrikasi yang disesuaikan dengan kondisi PT.X.

Sumber : PT. X, 2022

Gambar 1. Panel spray gun PT.X

Metode

Untuk menentukan AC yang tepat disesuaikan dengan kapasitas AC (PK) dan kapasitas daya listrik masing-masing tempat. Rumus yang digunakan untuk menghitung kapasitas AC yang diperlukan adalah [1]:
Luas ruangan (m^2) x 500, kalkulasi ini berasumsi jika tinggi ruangan berkisar antara 2,5 – 3 meter.

Jenis-jenis ducting [2]:

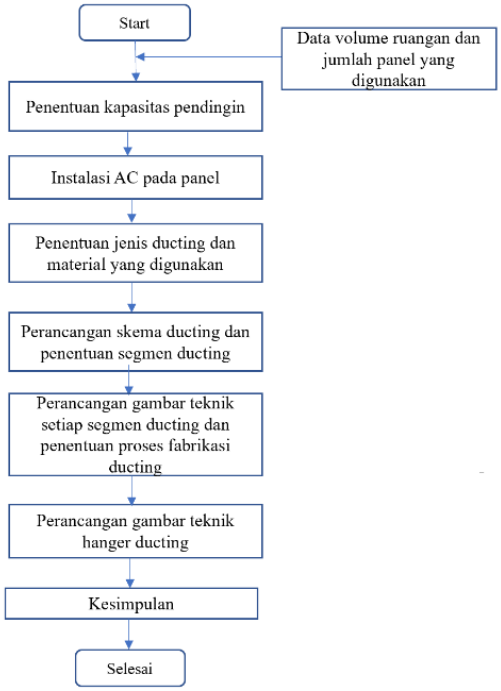
1. Ducting BJLS tanpa isolasi, ducting ini digunakan untuk menyalurkan udara dimana ducting ini tidak

 ISSN 2987-677X

mempertahankan kestabilan suhu udara yang diperlukan hanya berfungsi sebagai penyalur udara saja.

2. Ducting BJLS Isolasi Luar, ducting ini sama dengan jenis ducting yang pertama namun pada ducting ini bagian luarnya diisolasi dengan material tertentu, disesuaikan dengan seberapa besar kita akan mempertahankan suhu udara yang disalurkan.
3. Ducting BJLS isolasi luar dalam, ducting ini diisolasi bagian luar dan dalamnya bertujuan untuk menjaga suhu udara agar dalam pendistribusiannya suhunya tidak berubah.

Flowchart metodologi penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Flowchart Metodologi

Hasil Kerja

1. Perhitungan Kapasitas pendingin dan tipe pendingin

Untuk menghitung kebutuhan kapasitas AC yang dibutuhkan (BTU/h). Diperlukan data volume ruangan panel spray gun dan jumlah panel didalamnya. Terdapat 10 panel didalam ruangan panel spray gun.

Tabel 2. Volume Ruangan Panel dan jumlah panel dalam ruangan panel

	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m)
Ruangan	0,685	1,300	1,500	1,336
Jumlah panel	10			

Sumber : PT. X, 2022

Dikarenakan terdapat komponen elektronik (panel) pada ruangan panel mesin spray gun yang berjumlah 10 maka perhitungan kebutuhan BTU/h menggunakan kalkulator BTU. Hasilnya kebutuhan BTU/h adalah 6265 BTU/h.



Sumber : Dokumen Pribadi, 2022 [3]

Gambar 3. Hasil perhitungan dengan kalkulator BTU/h

Untuk penentuan AC yang akan digunakan dengan mempertimbangkan BTU/h dan cooling capacity (W). AC yang digunakan adalah AC panel merek Dindan 40 ACU/004-3



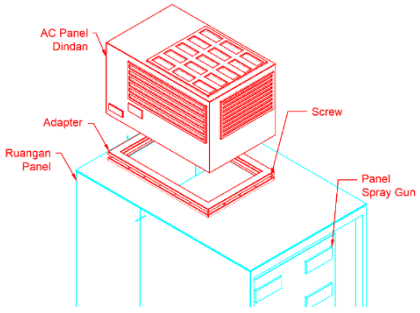
Part Number	40ACU/004-3
Cooling Cap (W)	1500
Cooling Cap (Btu)	5000
Installation Type	Roof
Power Source (V)	Single-Phase 220 +20% / -15%
Frequency (Hz)	50/60
Current (A)	3.70
Compressor	Hermatic
Refrigerant	134a
Weight (Kg)	42.60
Dimension (mm)	W:608 D:388 H:403

Sumber : Manual Book Dindan, 2022 [4]

Gambar 4. Spesifikasi AC Dindan 40ACU/004-3

2. Instalasi AC Dindan AC Dindan 40ACU/004-3

Karena AC AC Dindan 40ACU/004-3 merupakan AC panel dengan tipe Roof Type [4] maka pemasangan AC akan berada diatas panel dengan dudukan adapter.



Sumber : Dokumen pribadi

Gambar 5. Desain pemasangan AC Panel Dindan 40/ACU/004-3 Roof Type

3. Penentuan Jenis ducting dan material yang digunakan

Umumnya terdapat beberapa Jenis ducting [2] yaitu :

1. Ducting BJLS (Baja Lapis Seng) Tanpa isolasi
2. Ducting BJLS (Baja Lapis Seng) Isolasi luar
3. Ducting BJLS (Baja Lapis Seng) Isolasi luar dalam

 ISSN 2987-677X

Untuk proyek ini ducting yang digunakan adalah ducting BJLS tanpa isolasi.

Untuk material yang digunakan dalam ducting adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Material yang digunakan pada ducting

Ducting	
Bahan Material yang umumnya digunakan	Bahan yang tersedia
PVC	Zincalume
Mild Steel	Plate SPHC
PU (Polyurethane)	Plate HRSS
	Plate Galvanis
	Stainless steel

Sumber : PT. X, 2022

Untuk pemilihan material ducting bahan yang digunakan adalah plat zincalume (0.5 mm) karena mempertimbangkan ketersediaan bahan dan karena plat zincalume karena karena plate zincalume anti karat dan korosi karena terbuat dari campuran bahan seng, alumunium, dan resin [6]

4. Perancangan skema ducting dan penentuan segmen ducting

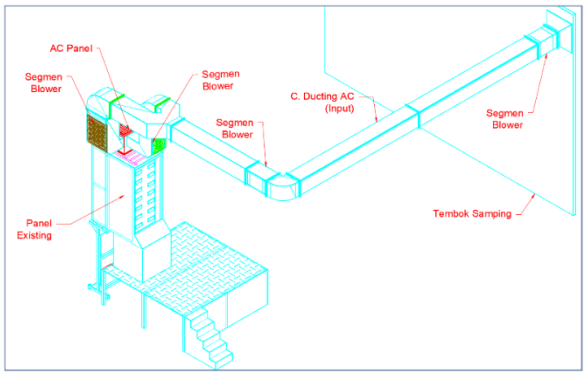
Untuk AC dapat beroperasi dengan optimal dan mendapatkan support udara bersih perlu dirancang saluran pengambilan udara bersih (ducting) dari luar ruangan karena ruangan sekitar panel kotor akibat proses pengecatan powder coating. Gambar untuk tempat AC dan titik pengambilan udara bersih bisa dilihat pada gambar 5. Yang dirancang adalah saluran ducting dari titik AC ke titik pengambilan udara bersih



Sumber : PT.X, 2022

Gambar 6. Titik AC dan titik pengambilan udara bersih

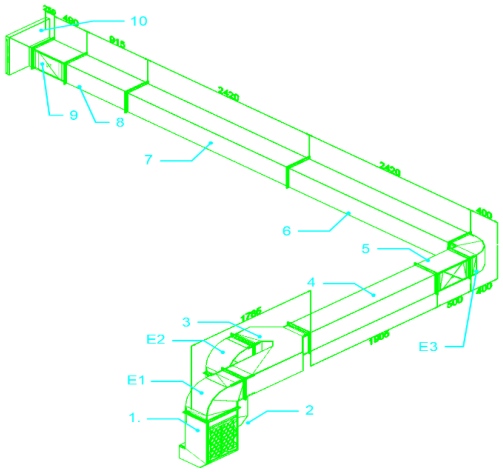
Berikut adalah gambar rancangan ducting, desain skema ini menggunakan aplikasi ZWCAD versi 2018 [5] :



Sumber : Dokumen Pribadi, 2022

Gambar 7. Skema Ducting

Untuk pembagian segmen dari ducting adalah sebagai berikut :



Sumber : Dokumen Pribadi, 2022

Gambar 8. Segmen pada ducting

Berikut adalah tabel untuk skema ducting

Tabel 4. Segmen dan keterangan ducting

Segmen	Keterangan
1	Tempat blower
2	Tempat blower
3	Pembagi jalur
4	Straight ducting
5	Segmen blower
6	Straight ducting
7	Straight ducting
8	Straight ducting
9	Segmen blower
10	Segmen cerobong luar
	Elbow 1
	Elbow 2
	Elbow 3

Sumber : Dokumen Pribadi, 2022

 ISSN 2987-677X

5. Perancangan gambar teknik dan penentuan proses fabrikasi ducting

Untuk perancangan gambar teknik menggunakan software ZWCAD versi 2018 [5]. Untuk penentuan proses fabrikasi akan menyesuaikan dengan segmen pada ducting. Untuk proses fabrikasinya adalah sebagai berikut :

1. Proses Cutting, proses ini untuk memotong plat zincalume sesuai dengan dimensi yang diinginkan

2. Proses Turret, proses ini untuk membuat lubang pada plat (contohnya lubang baut M6) atau membuat coakan pada plat

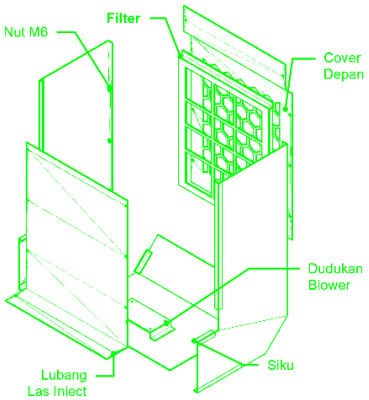
3. Proses bending, proses bending merupakan proses untuk menekuk plate sehingga membentuk sudut tertentu.

4. Proses Laser CNC, proses ini untuk membuat pola lubang pada filter.

5. Proses Las, proses untuk penyambungan antara 1 sub-komponen dengan sub komponen lain

5.1 Perancangan gambar teknik dan proses fabrikasi ducting segmen 1

Berikut adalah desain gambar teknik dari segmen 1



Sumber : Dokumen Pribadi, 2022

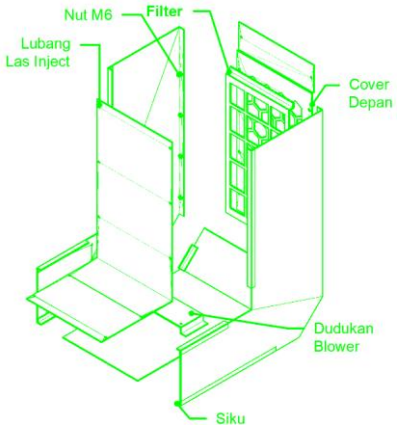
Gambar 9. Desain segmen 1

Pada segmen 1 ini terdapat dudukan blower untuk meletakan blower , terdapat juga filter sebagai tempat saringan udara blower. Untuk kemudahan perawatan blower maka cover depan segmen 1 dirancang dengan desain yang bisa dibuka tutup dengan menggunakan baut M6. Untuk membuat ductingya semakin kokoh ditambahkan siku yang berfungsi sebagai rangka pada ducting tersebut proses fabrikasi segmen 1 adalah :

1. Proses cutting
2. Proses Bending
3. Proses Turret
4. Proses Laser CNC
5. Proses las

5.2 Perancangan gambar teknik dan proses fabrikasi ducting segmen 2

Berikut adalah desain gambar teknik dari segmen 2



Sumber : Dokumen Pribadi, 2022

Gambar 10. Desain segmen 2

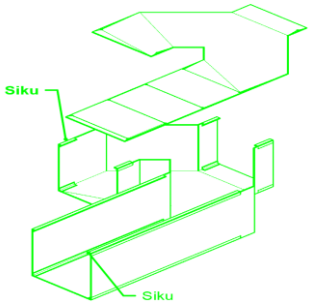
Pada segmen 2 ini terdapat dudukan blower untuk meletakan blower, terdapat juga filter sebagai tempat saringan udara blower. Untuk kemudahan perawatan blower maka cover depan segmen 2 dirancang dengan desain yang bisa dibuka tutup dengan menggunakan baut M6. Untuk membuat ductingya semakin kokoh ditambahkan siku yang berfungsi sebagai rangka pada ducting tersebut

Proses fabrikasi segmen 2 adalah :

1. Proses cutting
2. Proses Bending
3. Proses Turret
4. Proses Laser CNC
5. Proses las

5.3 Perancangan gambar teknik dan proses fabrikasi ducting segmen 3

Berikut adalah desain gambar teknik dari segmen 3



Sumber : Dokumen Pribadi, 2022

Gambar 11. Desain segmen 3

 ISSN 2987-677X

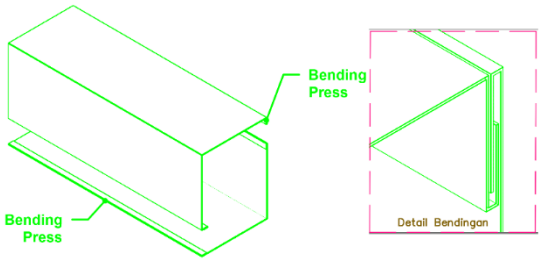
Pada segmen 3, ini merupakan segmen penghubung antara segmen 1 dan segmen 2 dengan segmen 4. Untuk membuat ductingya semakin kokoh ditambahkan siku yang berfungsi sebagai rangka pada ducting tersebut.

Proses fabrikasi segmen 3 adalah :

1. Proses cutting
2. Proses Bending
3. Proses Turret
4. Proses las

5.4 Perancangan gambar teknik dan proses fabrikasi ducting segmen 4, 6, 7 ,8.

Berikut adalah desain gambar teknik dari segmen 4, 6, 7, 8.



Sumber : Dokumen Pribadi, 2022

Gambar 12. Desain segmen 4, 6, 7, 8.

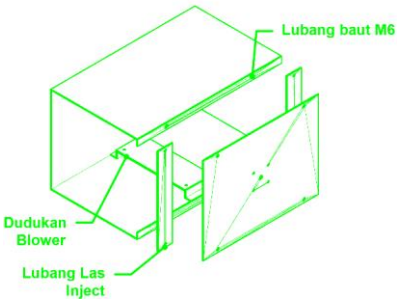
Pada segmen 4, 6, 7 dan 8 merupakan ducting straight. Pada pembuatan ducting ini panjang maksimal yang bisa dibuat adalah 2420 mm (ducting 6 dan ducting 7) karena panjang bahan zincalume yang tersedia adalah 2420. Untuk sambungan antar sub-komponen adalah dengan menggunakan drive slip (sisipan) [7]

Proses fabrikasi segmen 4, 6, 7, 8 adalah :

1. Proses Cutting
2. Proses Bending / bending press
3. Proses Turret

5.5 Perancangan gambar teknik dan proses fabrikasi ducting segmen 5 dan 9

Berikut adalah desain gambar teknik dari segmen 5 dan 9



Sumber : Dokumen Pribadi, 2022

Gambar 13. Desain segmen 5 dan 9

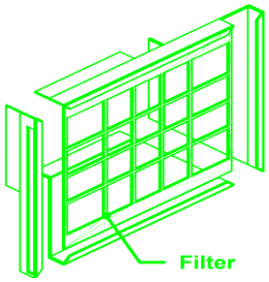
Pada segmen 2 ini terdapat dudukan blower untuk meletakan blower, untuk kemudahan perawatan blower terdapat juga cover yang dirancang dengan desain yang bisa dibuka tutup dengan menggunakan baut M6.

Proses fabrikasi segmen 5 dan 9 adalah :

1. Proses cutting
2. Proses Bending
3. Proses Turret
4. Proses Las

5.6 Perancangan gambar teknik dan proses fabrikasi ducting segmen 10

Berikut adalah desain gambar teknik dari segmen 10



Sumber : Dokumen Pribadi, 2022

Gambar 14. Desain segmen 10

Pada segmen 10 ini terdapat filter yang berfungsi sebagai saringan untuk mengambil udara dari luar ruangan. Segmen 10 ini didesain dengan filter yang bisa dilepas pasang untuk memudahkan membersihkan filter.



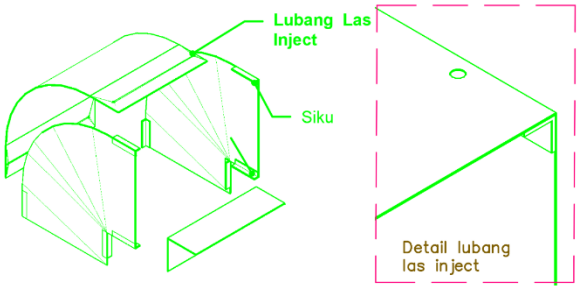
Sumber : PT. X, 2023

Gambar 15. Segmen 10 untuk mengambil udara bersih dari luar ruangan

5.7 Perancangan gambar teknik dan proses fabrikasi ducting segmen elbow ducting

 ISSN 2987-677X

Berikut adalah desain gambar elbow ducting



Sumber : Dokumen Pribadi, 2022

Gambar 16. Desain elbow ducting

Elbow merupakan komponen ducting yang sangat penting berfungsi untuk membelokan udara yang melalui ducting. Pada segmen elbow ini radius elbow adalah 300mm dengan sudut 90°. Untuk membuat elbownya semakin kokoh ditambahkan siku yang berfungsi sebagai rangka pada elbow tersebut [7].

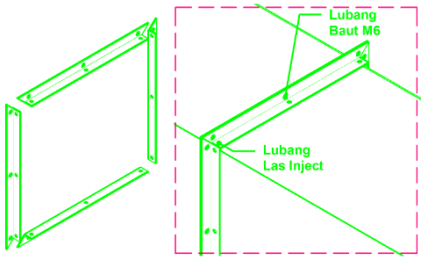


Sumber : Dokumen Pribadi, 2022

Gambar 17. Proses uji coba pemasangan elbow ducting

5.8. Perancangan gambar teknik dan proses fabrikasi sambungan antar ducting

Berikut adalah desain sambungan pada ducting



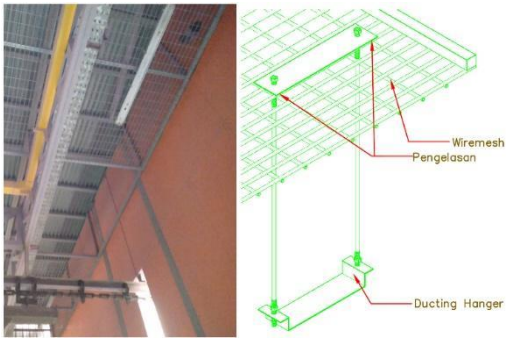
Sumber : Dokumen Pribadi, 2022

Gambar 18. Desain sambungan pada ducting

Desain sambungan pada ducting ini menggunakan desain flange. Flange pada ducting yang satu akan ketemu dengan flange pada ducting yang lain yang akan di sambungan dengan baut M6.

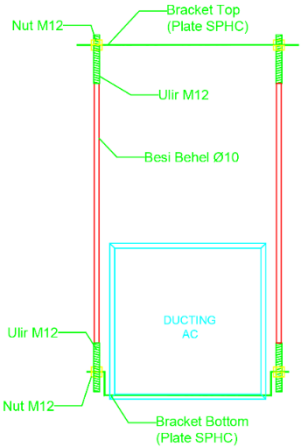
6. Perancangan gambar teknik hanger ducting dan interval antar hanger

Untuk merancang desain hanger pada ducting, perlu melihat kondisi bagian atas tempat pemasang ducting tersebut. Karena bagian atas tempat pemasangan ducting tersebut adalah wiremesh maka hanger yang dibuat adalah model gantungan. Berikut adalah desain dari hanger tersebut :



Sumber : Dokumen Pribadi, 2022

Gambar 19. Desain hanger ducting yang menyesuaikan dengan bagian atas dari ducting



Sumber : Dokumen Pribadi, 2022

Gambar 20. Detail hanger ducting

Penentuan interval antar hanger ducting menyesuaikan dengan tabel berikut [8]

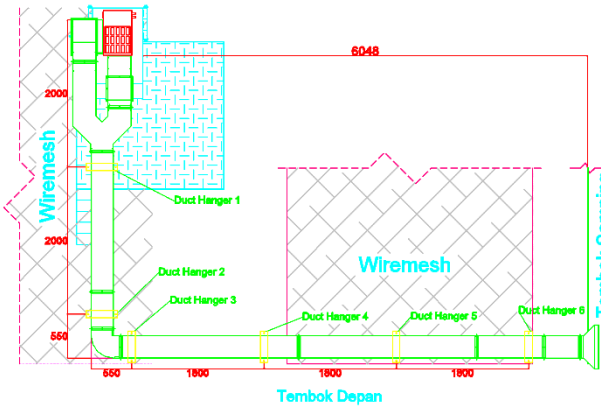
Tabel 6. Maksimum interval untuk ducting

Ducts Size		Maximum Spacing (ft, m)
Area (ft^2, m^2)	Diameter (in, mm)	
less than 4 (0.4)	less than 5 (125)	8 (2.5)
4 (0.4) to 10 (1)	5 (125) to 38 (1000)	6 (2)
more than 10 (1)	more than 38 (1000)	4 (1.2)

 ISSN 2987-677X

Karena ukuran ducting 0,09 m^2 (<0,4 m^2) maka maksimum interval untuk ducting adalah 2.5 mm

Berikut adalah gambar interval antar hanger ducting



Sumber : Dokumen Pribadi, 2022

Gambar 21. Gambar interval antar ducting

7. Penentuan Blower

Blower berfungsi untuk menyuplai angin agar dapat bersirkulasi di dalam ducting. Terdapat 4 blower yang terpasang pada segmen 1, 2, 5 dan 9.

Untuk blower yang digunakan adalah blower eksisting yang sudah tersedia di perusahaan. Yaitu blower 8" dengan 692 CMH.

8. Pemasangan ducting

Pemasangan dilakukan oleh bagian *building maintenance*

Berikut adalah hasil pemasangan ducting



Sumber : PT. X, 2023

Gambar 22. Hasil Pemasangan Ducting

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan kapasitas pendingin untuk ruangan panel spray gun PT. X adalah 6265 BTU/h. Menggunakan AC Dindan 40 ACU/004-3 dengan spesifikasi cooling capacity 1500 (W) dan 5000 (BTU)
2. Perancangan ducting dilakukan dengan menentukan jenis ducting dan material yang digunakan, perancangan skema ducting dan penentuan segmen ducting, perancangan gambar teknik setiap segmen ducting dan penentuan proses fabrikasi ducting, dan perancangan gambar teknik hanger ducting.
3. Setelah ac dan ducting dipasang kemudian dicoba terjadi penurunan suhu pada panel dari sebelumya 35 – 45^oC menjadi 25-27^oC
4. Sirkulasi udara yang diterima panel adalah udara bersih

Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada PT. X yang telah mendanai proyek ini, ucapan terimakasih juga ditujukan kepada bapak Fenni Rombe selaku Factory Manager PT. X yang telah mendukung proyek ini. Ucapan terima kasih kepada bapak Andryan Angga Prasetyo selaku Kepala Bagian *Enginnering & Improvement* dan bapak Cipta Harapan Situmorang sebagai *Senior Staff Engineering & Improvement* PT.X yang telah membantu dalam merancang proyek ini.

Referensi

[1] Fitriana. 2019. Analisis Menentukan Rekomendasi Penyejuk Udara yang Tepat dengan Metode MOORA. Jurnal Evolusi Volume 7 No 1, Jakarta : STMIK

[2] Unpas Repository "Teori Dasar Ducting" February, 2016. [On-Line]. Tersedia : https://www.google.com/search?q=unpas+ducting&source=lmns&bih=739&biw=1440&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwiBlfih8vf-AhWUleYKHVt0CGwQ_AUoAHoECAEQAA [diakses tanggal 12 Mei 2023]

[3] Anluf Software. 2017. Air Conditioner Calculator, Version 2021 [Software]. Google Playstore, USA.

[4] Dindan 40ACU/004-3 User's Guide, Thailand : PT. LFC Teknologi Indonesia

[5] ZWSoft, 2017. ZWCAD, Version 2018 [Software]. ZWSoft, USA.

[6] Grandsuryaestate. " Keunggulan Atap Zincalume" Internet: https://www.grandsuryaestate.co.id/mengenal-keunggulan-atap-zincalume-tahan-cuaca-ekstrim/ [diakses tanggal 12 Mei 2023]

[7] Riyadi, B. A. 2014. Fabrikasi dan perhitungan material ducting di workshop PT. Arista Pratama Jaya. Jakarta : Universitas Mercu Buana.

[8] Theengineeringtoolbox. "Ductwork-Supports" Internet : https://www.engineeringtoolbox.com/ductwork-spacing-d_927.html [diakses tanggal 12 Mei 2023]

 ISSN 2987-677X

Uji Kadar Aspal Dalam Campuran (Ekstraksi): Urgensi *Post Audit* dan Tindak Lanjutnya (Studi Kasus Pada Pemeliharaan Rutin Jalan Ruas Jalan Ir. Soekarno – Batu (Link. 192,16K) Cs.)

Riandono Pramaputro

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ riandono@hotmail.com

Berdasarkan pendapat umum, tes kadar aspal tidak dapat dilakukan selama *post audit*. Namun demikian, di lapangan terdapat keluhan-keluhan masyarakat sebagai pengguna jalan tentang buruknya kualitas pekerjaan aspal hotmix pada proyek-proyek sektor publik. Dalam hal ini, auditor harus menjaga reputasi Pemerintah atas kegiatan pembangunan yang dilaksanakan yaitu dengan menjalankan fungsi monitoring dan evaluasi pada seluruh urusan pemerintahan, termasuk di antaranya pemeliharaan jalan.

Dari pengamatan visual, hasil pekerjaan pemeliharaan rutin (pada obyek studi) tidak seperti yang diharapkan atau kondisinya buruk. Hal ini dibuktikan dengan hasil uji kadar aspal dalam campuran (ekstraksi) kualitasnya tidak memenuhi spesifikasi teknis yang dipersyaratkan, di mana nilai kadar dan kepadatan aspal dalam campuran lebih rendah 15,24% dari toleransi yang diizinkan. Dengan kondisi tersebut, auditor dapat berasumsi bahwa rentang kemiripan mutu aspal beton (AC-WC) kualitasnya masih terlalu jauh dari spesifikasi yang dipersyaratkan.

Kata kunci: pemeliharaan jalan, kadar aspal dalam campuran, uji ekstraksi, audit, evaluasi

Pendahuluan

Setiap pekerjaan konstruksi tentu diharapkan dapat menghasilkan hasil yang memadai dan memenuhi persyaratan. Tidak dipungkiri, di lapangan masih sering terjadi hal-hal di luar kendali serta tidak sesuai dengan rencana dan harapan manajemen. Hal ini umumnya terjadi karena manajemen lemah dalam persiapan/ perencanaan dan pengendalian proyeknya. Pejabat Pembuat Komitmen (PPK) sebagai *manager* proyek memegang peranan yang sangat penting dalam menentukan keberhasilan proyek serta tercapainya kualitas (mutu).

Pelaksanaan pekerjaan konstruksi jalan, baik pembangunan maupun pemeliharaan jalan menjadi fokus Pemerintah di mana infrastruktur fisik jaringan jalan sebagai pembentuk struktur ruang Nasional memiliki keterkaitan sangat kuat dengan pertumbuhan ekonomi maupun sosial budaya masyarakat. Namun demikian masih sering terjadi pengaduan masyarakat terkait buruknya hasil pekerjaan yang dilakukan oleh penyelenggara pembangunan/pemeliharaan jalan, yang mana hal tersebut sangat berpengaruh pada keselamatan masyarakat sebagai pengguna jalan.

Pengujian mutu atas hasil pekerjaan merupakan bagian dari pengendalian yang wajib dilakukan. Pekerjaan laston lapis aus/*asphalt concrete wearing course* (AC-WC) merupakan pekerjaan campuran aspal panas yang mutunya dapat diuji kadar aspal dengan cara ekstraksi (pemisahan agregat). Dari banyak pendapat manajemen (PPK maupun Kontraktor Pelaksana dan konsultan), uji kadar aspal tidak dapat dilakukan pada saat *post audit* karena selain faktor *aging* (penuaan) aspal hal tersebut hanya dapat dilakukan pada saat proses penghamparan AC-WC yaitu mengambil *sample* gembur di belakang finisher atau yang berada di Asphalt Mixing Plant (AMP).

Bagaimana bila terdapat pengaduan masyarakat yang mengeluhkan buruknya pekerjaan AC-WC yang kualitasnya jauh dari kondisi baik sehingga mengancam keselamatan pengguna jalan? Auditor berperan sebagai kunci agar *image* dan reputasi Pemerintah terjaga dengan tetap menjalankan fungsi monitoring dan evaluasi dalam setiap penyelenggaraan Pemerintahan Daerah, termasuk dalam mengawasi dan mengevaluasi pekerjaan pemeliharaan jalan.

Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah *mix method* (gabungan) antara metode kuantitatif dan kualitatif dengan pendekatan paralel-konvergen, yaitu menggabungkan (*convergence*) antara data kuantitatif dan kualitatif untuk menghasilkan analisis yang komprehensif. Penulis mengumpulkan 2 (dua) jenis data pada waktu yang relatif bersamaan, kemudian mengintegrasikan kedua data tersebut dan hasil penelitiannya merupakan konfirmasi dari kedua data yang dikumpulkan.

Metode penelitian ini juga merupakan bagian dari pelaksanaan audit yang dilakukan oleh Penulis, di mana mekanismenya adalah sebagai berikut:

a. Konfirmasi dan klarifikasi terhadap petugas/pejabat yang berwenang dan para penyedia jasa;

 ISSN 2987-677X

b. Inventarisasi informasi melalui dokumen-dokumen terkait;
b. Uji petik/cek fisik di lapangan (lokasi pekerjaan);
c. Uji laboratorium.

Hasil Kerja

1. Konfirmasi dan Klarifikasi

1.1 Terhadap Petugas/Pejabat yang Berwenang

Dilakukan konfirmasi dan klarifikasi terhadap manajemen penyelenggara proyek pemeliharaan jalan, sebagai berikut:

a. Kepala UPT Pemeliharaan Jalan dan Jembatan Malang Dinas PU Bina Marga Provinsi Jawa Timur, selaku Kuasa Pengguna Anggaran (KPA):
   - tidak puas terhadap hasil pekerjaan Kontraktor Pelaksana karena mutu *patching* secara fisik tidak baik, banyak jalan berlubang dan rusak;
   - merasa turut bertanggung jawab karena muncul laporan pengaduan masyarakat kepada UPT PJJ Malang yang mengeluhkan hasil pemeliharaan jalan tersebut (*patching* aspal hotmix AC-WC) banyak yang berlubang dan rusak dan telah terjadi beberapa kecelakaan pengguna jalan kendaraan bermotor roda dua;
   - secara sepihak telah melakukan pengambilan beberapa *sample* lapis AC-WC (melalui *core drill*) dan menguji mutunya melalui uji ekstraksi;
   - dengan hasil uji yang tidak memenuhi persyaratan, KPA melaporkan hal tersebut kepada Kepala Dinas PU Bina Marga dan mengusulkan agar Inspektorat Provinsi Jawa Timur melakukan audit/pemeriksaan.
b. Pejabat Pembuat Komitmen (PPK):
   - menyatakan bahwa uji ekstraksi terhadap aspal diambil *sample* gembur dari belakang finisher pada saat penghamparan dan dari AMP selama masa pelaksanaan pekerjaan;
   - menyatakan bahwa pada saat Provisional Hand Over (PHO)/Serah Terima Pertama Pekerjaan PPK tidak ikut mengawal pengujian di lapangan, namun mendelegasikannya kepada Tim/Panitia PHO dan hasilnya adalah pekerjaan *patching* oleh Kontraktor Pelaksana telah selesai dan dapat diterima 100%;
   - mengenai hasil uji ekstraksi aspal yang dilakukan oleh KPA, PPK mengaku tidak tahu-menahu dan tidak turut mempertanggungjawabkan hasilnya karena menurutnya uji tersebut hanya dapat dilakukan pada saat proses pelaksanaan pekerjaan, bukan setelah pekerjaan selesai, dengan alasan bahwa aspal telah melalui masa pembentukan dan aging (penuaan), dan tidak ada dasar teknis untuk menjadikan hasil uji ekstraksi tersebut sebagai justifikasi.
c. Kontraktor Pelaksana:
   - menyatakan bahwa ia telah melaksanakan tugas dan tanggung jawab sesuai Kontrak yang diperjanjikan, termasuk syarat-syarat teknis spesifikasi AC-WC yang dikerjakan di lapangan;
   - karena merasa sudah melakukan uji mutu ekstraksi kadar aspal di laboratorium pada saat pelaksanaan penghamparan AC-WC dengan hasil yang memenuhi persyaratan, ia mempertanyakan apa lagi yang harus diperbaiki pada lapisan AC-WC yang ia kerjakan.
d. Konsultan Supervisi:
   - tidak menduga kondisi pekerjaan pemeliharaan berupa pelapisan AC-WC oleh Kontraktor Pelaksana hasilnya tidak baik, padahal pada saat pengujian mutu (ekstraksi kadar aspal) saat pelaksanaan pekerjaan menunjukkan hasil yang sesuai spesifikasi yang dipersyaratkan dalam Kontrak dan pelaksanaan pekerjaan di lapangan sudah cukup sesuai dengan metode yang diberlakukan.

1.2 Terhadap Dokumen Kegiatan

Adapun hasil dari klarifikasi dan pemeriksaan dokumen-dokumen diketahui bahwa:

a. Mengacu pada ketentuan/klausul Kontrak, standar acuan yang digunakan adalah:
   - Nilai kadar aspal campuran AC-WC 6,00%, dengan toleransi ± 3,00%;
   - Nilai kepadatan campuran AC-WC 2,303 g/cm^3, dengan toleransi 98,00%.
b. Dalam klausul Kontrak pada Syarat-Syarat Khusus Kontrak (SSKK), terkait perbaikan cacat mutu pada Angka 75.4 Huruf W, dijelaskan bahwa:
   1) Penyedia harus melaksanakan penjaminan terhadap seluruh hasil pekerjaan yang dilaksanakannya, dengan melaksanakan penggantian atau perbaikan terhadap kehilangan atau kerusakan sebagaimana dimaksudkan pada Syarat-Syarat Umum Kontrak (SSUK);
   2) Keterlambatan penanganan dari waktu tanggap sebagaimana ditetapkan dalam SSKK, Indikator Kinerja Jalan, dan Batas Waktu Tanggap, harus diartikan sebagai kelalaian/wanprestasi dari Penyedia sehingga penanganannya dapat diambil alih oleh PPK atau Pihak Lain yang ditetapkan oleh PPK. Seluruh biaya penanganan tersebut harus ditanggung oleh Penyedia;
   3) Jika Penyedia tidak bersedia melakukan pembayaran biaya tersebut, maka penggantiannya dilakukan melalui pencairan Jaminan Pemeliharaan dengan pemutusan Kontrak dan Penyedia bersangkutan dimasukkan ke dalam Daftar Hitam;

 ISSN 2987-677X

4) Mengacu pada SSUK, Penyedia harus mengizinkan PPK atau Pihak Lain yang ditugaskan baik untuk melaksanakan pemeliharaan rutin maupun perbaikan terhadap kerusakan selain yang dimaksud pada SSUK. Keharusan Penyedia sebagaimana di atas tidak membebaskan Penyedia dari tanggung jawab penjaminan sebagaimana disebutkan pada butir 1.

c. Dalam klausul SSKK, terkait hal yang berhubungan dengan ketidakpuasan/ pengaduan masyarakat, disebutkan bahwa:
   - Setiap keluhan dari pengguna jalan/masyarakat yang disampaikan harus segera diverifikasi di lokasi oleh Penyedia untuk ditindak lanjuti sesuai indikator kinerja jalan yang disyaratkan didalam kontrak dan dilaporkan kepada PPK atau Direksi Teknis. Untuk keperluan tersebut Penyedia harus menyiapkan seorang operator atau penanggung jawab dalam pencatatan secara rutin untuk setiap keluhan, dan tindakan lanjut harus disampaikan kepada PPK dan Direksi Teknis dalam waktu 7 hari setelah Penyedia menerima keluhan;
   - Terhadap seluruh keluhan, pengaduan dan laporan Masyarakat/Wartawan/ LSM (Lembaga Swadaya masyarakat) atas pelaksanaan pekerjaan selama masa kontrak yang kerusakannya karena kelalaian pelaksanaan maka penyelesaiannya menjadi tanggung jawab Penyedia untuk menyelesaikannya.

d. Dalam klausul SSKK, terkait pemeriksaan dan pengujian (yang juga dapat dilakukan auditor saat *post audit*), dijelaskan bahwa:
   Pengaturan tentang pemeriksaan, pengujian, investigasi, penelitian, atau evaluasi mutu, atau kuantitas pekerjaan oleh pihak manapun terhadap Kontrak ini wajib tunduk pada persyaratan, metodologi, ambang batas dan toleransi pengukuran yang terkandung dalam Spesifikasi Umum, Spesifikasi Khusus dan Gambar Rencana.

e. Dalam klausul SSKK, terkait penanganan/perbaikan kondisi perkerasan jalan dalam batas waktu tanggap, secara rinci dijabarkan dan dijelaskan dalam tabel berikut:

Tabel 1. Indikator Kinerja Jalan untuk Perkerasan Lentur/Kaku

No	Indikator Kinerja Jalan	Waktu Tanggap Penanganan Berdasarkan
1	**Perkerasan Jalan**	**Jalan Sedang**
a	**Lubang** : Tidak boleh ada lubang dengan diameter lebih dari 10 cm dan kedalaman lebih dari 4 cm pada bagian jalan.	harus selesai diperbaiki dalam waktu maksimum 7 (tujuh) hari
b	**Retakan :** i).Tidak boleh ada retakan yang lebih lebar dari 3 mm untuk permukaan aspal/fleksibel. ii). Tidak boleh ada retakan yang lebih lebar dari 5 mm untuk permukaan perkerasan kaku. iii).Tidak boleh ada luas retakan lebih besar10% setiap 100 m panjang jalan.	harus selesai ditutup dalam waktu maksimum 14 (empat belas) hari
c	**Amblas :** Tidak boleh ada bagian yang amblas lebih dari 3 cm dengan luasan permukaan yang amblas lebih besar 5% setiap 100 meter jalur jalan.	harus selesai ditutup dalam waktu maksimum 7 (tujuh) hari
d	**Pelepasan Butir :** Tidak boleh ada bagian permukaan jalan yang mengalami pelepasan butir	harus selesai ditutup dalam waktu 14 (empat belas) hari
e	**Patahan *(Faulting)* pada perkerasan kaku** Tidak boleh ada bagian jalan yang mengalami patahan(*Faulting).*	harus diselesaikan dalam 42 hari
f	***Pumping* perkerasan kaku** Tidak boleh ada bagian jalan yang mengalami *pumping.*	harus diselesaikan dalam 42 hari
g	***Rocking*** *pada* perkerasan kaku Tidak boleh ada bagian jalan yang mengalami *rocking.*	harus diselesaikan dalam 42 hari
h	***Joint Sealant*** perkerasan kaku Dalam kondisi baik, tidak boleh rusak atau hilang disemua slab joint.	kerusakan dan kecacatan harus diperbaiki dalam 28 hari

f. Pada Spesifikasi Umum Dinas PU Bina Marga Provinsi Jawa Timur Divisi 6 tentang Perkerasan Aspal, pada bahasan Pengambilan Benda Uji Campuran Beraspal dijelaskan bahwa:
   - benda uji inti (yang diambil dengan mesin bor pengambil benda uji inti/*core*) tidak boleh digunakan untuk pengujian ekstraksi;
   - uji ekstraksi harus dilakukan menggunakan benda uji campuran beraspal gembur yang ambil di belakang mesin penghampar;
   - pengujian pengendalian mutu campuran beraspal (ekstraksi) harus memenuhi kriteria dan langkah-langkah yang diatur dalam Spesifikasi tersebut.

g. Penerbitan dokumen *Back-Up Quality* yang melampirkan hasil uji kadar aspal dalam campuran (ekstraksi) menunjukkan hasil pengujian terhadap material AC-WC yang memenuhi persyaratan spesifikasi. Namun demikian laboratorium yang digunakannya tersebut tidak jelas identitasnya (tidak ada nama laboratorium, alamat, dan akreditasinya);

h. Hasil uji ekstraksi kadar aspal yang dilakukan oleh KPA secara sepihak sebagai bentuk ketidakpuasan terhadap kinerja Penyedia/Kontraktor Pelaksana menunjukkan

ISSN 2987-677X

angka mutu AC-WC (kadar aspal dan kepadatannya) tidak memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan.

2. Hasil Uji Petik

2.1 Pengamatan/Pemeriksaan Langsung di Lapangan

Pemeriksaan fisik dengan cara *core drill test* di lapangan dengan melibatkan beberapa pihak yaitu KPA, PPK, Kontraktor Pelaksana, dan Konsultan Pengawas, dilakukan di ruas-ruas jalan hasil *patching* pada:

- Jl. Pattimura, Kota Batu (inisial benda uji: PAT);
- Jl. Moh. Hatta, Kota Batu (inisial benda uji: MHT);
- Jl. Malang - Turen (inisial benda uji: MT);
- Jl. Karanglo, Karangploso, Kab. Malang (inisial benda uji: KRL);
- Jl. Ir. Soekarno, Kota Batu (inisial benda uji: SOE);

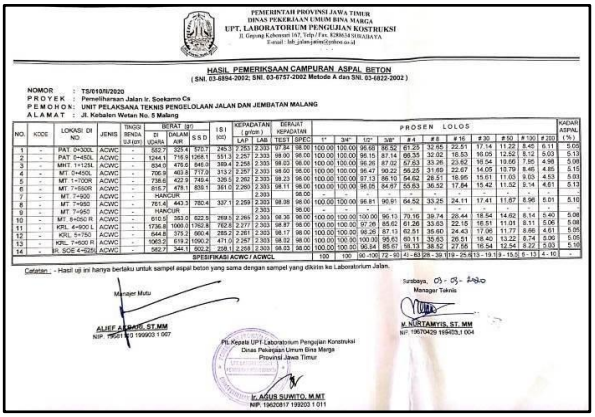
dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil *Core Drill Test*

No.	STA. (Ka/Ki)	Lokasi / Ruas	Kondisi
1	PAT 0+300 Ki	Jl. Pattimura, Kota Batu	- Terdapat kerusakan pada pinggiran pekerjaan
2	PAT 0+450 Ki	Jl. Pattimura, Kota Batu	- Hasil *core* terdapat pelepasan berbutir
3	MHT 1+125 Ki	Jl. Moh. Hatta, Kota Batu	- Terdapat sampah dalam lapisan perkerasan aspal
4	MT 0+450 Ki	Malang - Turen	- Terdapat kerusakan pada pinggiran pekerjaan
5	MT 1+700 Ka	Malang - Turen	- Pelepasan berbutir - Hasil *patching* tidak bagus
6	MT 7+550 Ka	Malang - Turen	- Hasil perbaikan ada *bleeding* - Lubang dia = 95 cm kedalaman = 6 cm
7	MT 7+900	Malang – Turen	- Benda uji hancur pada saat diambil dari *cone* mesin *core drill*
8	MT 7+950	Malang - Turen	- Benda uji hancur pada saat diambil dari *cone* mesin *core drill*
9	MT 7+950 (II)	Malang - Turen	- Uji coba ke-2 pada titik yang sama berhasil (tidak rusak)
10	MT 8+050 Ka	Malang - Turen	- Terdapat kerusakan pada pinggiran pekerjaan
11	KRL 4+900 Ki	Karanglo, Kab. Malang	
12	KRL 5+750	Karanglo, Kab. Malang	
13	KRL 7+600 Ka	Karanglo, Kab. Malang	
14	SOE 4+625 Ki	Jl. Ir. Soekarno, Kota Batu	- Terdapat kerusakan pada pinggiran pekerjaan

2.2 Hasil Uji Laboratorium

Adapun hasil uji kadar aspal dalam campuran (ekstraksi) yang dilakukan di laboratorium adalah sebagai berikut:



PEMERINTAH PROVINSI JAWA TIMUR
DINAS PEKERJAAN UMUM BINA MARGA
UPT. LABORATORIUM PENGUJIAN KONSTRUKSI

HASIL PEMERIKSAAN CAMPURAN ASPAL BETON
(SNI. 03-6894-2002; SNI. 03-6757-2002 Metode A dan SNI. 03-6832-2002)

NOMOR : TS/6169/II/2020
PROYEK : Pemeliharaan Jalan Ir. Soekarno Cs
PEMOHON : UNIT PELAKSANA TEKNIS PENGELOLAAN JALAN DAN JEMBATAN MALANG
ALAMAT : Jl. Kebalen Wetan No. 5 Malang

NO.	KODE	LOKASI DI NO	JENIS	TINGGI BENDA (cm)	BERAT (gr) DI UDARA	BERAT (gr) DALAM AIR	(B) SSD	KEPADATAN (gr/cm³) LAP	KEPADATAN (gr/cm³) LAB	KEPADATAN (gr/cm³) TEST	BERAT KEPADATAN (SPEC)	PROSEN LOLOS 1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200	KADAR ASPAL (%)
1	-	PAT 0+300L	ACWC	-	662.7	325.4	670.7	245.3	2.703	2.333	97.84	98.00	100.00	100.00	96.68	86.52	61.29	32.48	22.61	17.14	11.22	8.40	6.11	5.65
2	-	PAT 0+450L	ACWC	-	1244.1	716.8	1268.1	551.3	2.257	2.333	98.00	98.00	100.00	100.00	96.15	87.14	66.35	32.02	16.83	16.05	12.52	9.14	5.03	5.13
3	-	MHT 1+125L	ACWC	-	834.9	479.6	846.9	389.4	2.259	2.303	98.03	98.00	100.00	100.00	96.26	87.02	57.53	33.26	23.62	16.54	13.06	7.95	4.98	5.08
4	-	MT 0+450L	ACWC	-	706.9	403.8	717.0	313.2	2.257	2.303	98.00	98.00	100.00	100.00	96.47	90.22	59.25	31.60	22.67	14.05	10.79	8.46	4.85	5.15
5	-	MT 1+700K	ACWC	-	738.6	422.6	748.4	339.5	2.262	2.303	98.23	98.00	100.00	100.00	97.13	88.10	64.62	28.51	18.95	15.01	11.03	8.03	4.53	5.03
6	-	MT 7+550K	ACWC	-	816.7	476.1	830.1	361.0	2.260	2.303	98.11	98.00	100.00	100.00	96.95	84.67	55.63	36.52	17.64	15.42	11.52	9.14	4.61	5.13
7	-	MT 7+900	ACWC	-	HANCUR	-	-	-	2.303	-	-	98.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	MT 7+950	ACWC	-	761.4	443.3	780.4	337.1	2.259	2.303	98.08	98.00	100.00	100.00	96.81	90.91	64.52	33.25	24.11	17.41	11.87	8.96	5.01	5.10
9	-	MT 7+950	ACWC	-	HANCUR	-	-	-	2.303	-	-	98.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	MT 8+050 R	ACWC	-	610.6	352.0	622.5	269.5	2.265	2.303	98.36	98.00	100.00	100.00	100.00	96.13	70.16	39.74	28.44	18.54	14.62	8.14	5.40	5.08
11	-	KRL 4+900 L	ACWC	-	1736.8	1000.8	1762.8	762.0	2.277	2.303	98.87	98.00	100.00	100.00	97.26	85.62	61.36	33.63	22.15	16.51	11.91	8.11	5.06	5.08
12	-	KRL 5+750	ACWC	-	644.8	373.2	660.4	285.2	2.261	2.303	98.17	98.00	100.00	100.00	96.26	87.13	62.51	35.60	24.43	17.06	11.77	8.66	4.61	5.05
13	-	KRL 7+600 R	ACWC	-	1065.2	619.2	1090.2	471.0	2.257	2.303	98.02	98.00	100.00	100.00	100.00	95.63	60.11	35.63	26.51	16.42	13.22	8.73	5.06	5.05
14	-	Ir. SOE 4+625K	ACWC	-	582.7	344.1	602.2	258.1	2.258	2.303	98.03	98.00	100.00	100.00	96.94	85.67	58.13	38.52	27.66	16.54	12.54	8.22	5.03	5.10
					SPESIFIKASI ACWC / AGWCL							100	100	90 - 100	72 - 90	54 - 83	28 - 39	19 - 25	13 - 19	9 - 15.5	6 - 13	4 - 10	-

Catatan : - Hasil uji ini hanya berlaku untuk sampel aspal beton yang sama dengan sampel yang dikirim ke Laboratorium Jalan.

Surabaya, 01-03-2020
Manager Teknis
M. NURTAMYIS, ST. MM
NIP. 19670429 199403.1 004

Manager Mutu
ALIEF ALBAAR, ST.MM
NIP. 19681213 199003 1 007

Pt. Kepala UPT Laboratorium Pengujian Konstruksi
Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga
Provinsi Jawa Timur
Ir. AGUS SUWITO, M.MT
NIP. 19620817 199203 1 011

Gambar 1. Hasil Pemeriksaan Uji Kadar Aspal (Ekstraksi)

3. Hasil Analisis

Hasil analisis berdasarkan pemeriksaan di lapangan dan hasil uji laboratorium terhadap kadar aspal dalam campuran (ekstraksi) adalah:

- Dari 14 benda uji hasil *core drill*, terdapat 2 (dua) benda uji yang mengalami kerusakan (hancur), yaitu MT 7+900 dan MT 7+950 (uji pertama). 12 benda uji lainnya kemudian dibawa ke laboratorium untuk dilakukan uji ekstraksi (kadar aspal) dan kepadatannya;
- Dari 12 benda uji yang telah diuji kepadatannya, hanya terdapat 1 (satu) yaitu PAT 0+300 L yang nilai Derajat Kepadatannya <98,00% sebesar 97,84%, dimana nilai tersebut 0,16% lebih rendah dari toleransi yang dipersyaratkan;
- Dari 12 benda uji yang telah diuji ekstraksi (kadar aspal), seluruh benda uji nilainya berada di bawah toleransi 0,3% dari *Job Mix Formula* (JMF) dimana nilai terendah adalah 5,03% dan tertinggi 5,15%. Bila nilai minimum yang diijinkan adalah sebesar: 6% - (6% x 3%) = 5,82%, maka nilai kadar aspal secara rata-rata 12 benda uji tersebut adalah 5,09% atau 15,24% lebih rendah dari toleransi yang dipersyaratkan.

4. Pembahasan

Dari hasil analisis di atas, berikut akan dibahas beberapa poin penting untuk mendapatkan kesimpulan:

1. Secara umum dari hasil pengamatan visual saat dilakukan pemeriksaan dan uji *core drill*, dapat diketahui bahwa kondisi hasil pekerjaan pemeliharaan rutin berupa *patching* AC-WC yang dilaksanakan oleh Kontraktor Pelaksana tidak sesuai harapan/tidak baik, di mana kondisi yang tampak di lapangan antara lain:
   - Lubang (*potholes*);
   - Ambles (*grade depressions*);
   - Pelepasan berbutir (*ravelling*);
   - Retakan (*cracking*).
2. Dengan didukung oleh catatan atas kondisi visual lapangan (poin 1) tersebut semakin memperkuat justifikasi auditor/Tim Pemeriksa untuk melakukan uji laboratorium terhadap benda-benda uji yang diambil dari hasil *core drill*, yaitu uji ekstraksi untuk mengetahui kadar dan kepadatan aspal dalam campuran. Uji ini dilakukan auditor untuk mengetahui rentang kemiripan/prediksi terhadap mutu AC-WC pekerjaan *patching* yang dihampar dan diaplikasikan pada masa pelaksanaan pekerjaan,

 ISSN 2987-677X

yang dapat dijadikan sebagai acuan pendapat/*judgment* pemeriksaan. Adapun laboratorium yang dipilih adalah laboratorium independen yang dimiliki oleh Pemerintah Provinsi Jawa Timur yang telah terakreditasi secara nasional, yaitu UPT Laboratorium Pengujian Konstruksi Dinas PU Bina Marga Provinsi Jawa Timur yang beralamat di Jl. Gayung Kebonsari Surabaya, dan memintanya untuk melakukan Uji Campuran Aspal Beton dengan mengacu pada ketentuan SNI 03-6894-2002, SNI 03-6757-2002 Metode A, dan SNI 03-6822-2002;

3. Hasil uji kadar aspal dalam campuran (ekstraksi) di laboratorium terhadap benda-benda uji yang diambil dari hasil *core drill test* di lapangan yang ditunjukkan pada Gambar 3.13 telah membuktikan bahwa kualitas/mutu pekerjaan yang dikerjakan oleh Kontraktor Pelaksana tidak memenuhi spesifikasi teknis yang dipersyaratkan, di mana nilai kepadatan dan khususnya kadar aspal campuran jauh lebih rendah dari toleransi yang diizinkan (sesuai hasil analisis), yaitu 15,24% lebih rendah. Atas kondisi tersebut, auditor dapat berasumsi bahwa rentang kemiripan mutu AC-WC masih terlalu jauh dari spesifikasi yang dipersyaratkan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari sisi Manajemen Proyek:
   a. PPK sebagai *manager* dalam proyek ini lemah dalam pengendalian pelaksanaan pekerjaan di lapangan, yang semestinya dapat berjalan sesuai Kontrak yang telah diperjanjikan, di antara kelemahannya yaitu:
      - Kurang cermat dalam memonitor pekerjaan Kontraktor Pelaksana;
      - Kurang teliti dalam mengkaji kebenaran informasi hasil uji kadar aspal (ekstraksi) yang dilakukan oleh Kontraktor Pelaksana, di mana pengujian laboratorium tersebut diragukan independensinya;
      - Kurang/lemah dalam mengendalikan tugas dan tanggung jawab Konsultan Supervisi yang secara *mandatory* adalah sebagai "perpanjangan tangan" dari Pejabat Pembuat Komitmen untuk mengawasi pekerjaan di lapangan;
      - Kurang/lemah dalam koordinasinya dengan Konsultan Supervisi, terbukti ketidakcermatan terhadap Laporan *Progress* (Kemajuan) Fisik yang disajikan oleh Konsultan Supervisi yang kenyataannya tidak sesuai dengan kondisi sebenarnya.

   b. Kontraktor Pelaksana lalai dalam pelaksanaan tanggung jawabnya menyelesaikan dan menghasilkan produk pekerjaan sesuai Kontrak. Hasil pekerjaan yang kurang baik menunjukkan kinerjanya yang kurang memuaskan/tidak sesuai harapan, sehingga ia patut mempertanggung-jawabkan kelalaiannya tersebut;

   c. Konsultan Supervisi lalai dalam fungsi dan perannya untuk mengawasi secara cermat seluruh pelaksanaan Membantu peran Pejabat Pembuat Komitmen dalam hal pengawasan menyeluruh terhadap setiap detail tahapan pekerjaan konstruksi, termasuk dalam pelaksanaan pengendalian mutu pekerjaan, sehingga bilamana terjadi temuan adanya ketidaksesuaian mutu seharusnya menjadi tanggung jawab Konsultan Supervisi.

2. Dari sisi Hasil *Post Audit*:
   a. Urgensi pemeriksaan oleh auditor dengan adanya pengaduan dari masyarakat terhadap layanan yang diberikan oleh Pemerintah merupakan pertimbangan utama bagi auditor sebagai *trusted advisor* untuk meningkatkan *value* dalam pencapaian tujuan pembangunan daerah dan pelayanan kepada masyarakat;

   b. Auditor berhak untuk melakukan pengujian terhadap obyek pemeriksaan dan memberikan penilaian terhadap hasil uji yang dilakukannya menggunakan *professional judgment* dan langkah-langkah audit yang memenuhi ketentuan, termasuk diantaranya melakukan pemeriksaan fisik di lapangan dan uji kadar aspal dalam campuran (ekstraksi) pada masa *post audit*;

   c. Hasil pemeriksaan fisik di lapangan yang dilakukan auditor, yang dibahas pada hasil uji petik serta pembahasannya di Sub Bab 3.2 dan 3.4 menunjukkan kualitas pekerjaan *patching* yang buruk;

   d. Hasil uji kadar aspal dalam campuran (ekstraksi) AC-WC yang dilakukan auditor dengan menunjuk laboratorium yang independen dan bersertifikasi, dapat dijadikan sebagai acuan pendapat/*judgment* dalam pemeriksaan yaitu untuk mengetahui rentang kemiripan/prediksi terhadap mutu AC-WC pekerjaan *patching* yang dihampar dan diaplikasikan pada masa pelaksanaan pekerjaan. Hasilnya menunjukkan rentang selisih mutu kepadatan dan khususnya kadar aspal campuran yang terpaut jauh dari toleransi yang diizinkan dan dari spesifikasi yang dipersyaratkan;

   e. Meskipun uji ekstraksi kadar aspal saat *post audit* (poin 4) tidak dapat dijadikan sebagai justifikasi pemeriksaan karena faktor *aging* (penuaan) dan kondisi pembentukan aspal, namun hasil tersebut dapat memberi arahan bagi auditor untuk memberikan pendapat terhadap hasil yang jauh dari toleransi yang diizinkan, terlebih dengan melihat hasil fisik yang buruk. Asumsi auditor atas kondisi tersebut adalah kemungkinan besar hal itu dapat terjadi karena:
      - metode pelaksanaan yang tidak tepat (tahapan tidak dilalui sepenuhnya);
      - penggunaan alat yang tidak tepat (atau kondisi alat yang tidak baik);
      - suhu/temperatur bahan aspal campuran (AC-WC) yang tidak tepat (saat penghamparan maupun pemadatan).

   f. Dengan memadukan hasil pemeriksaan fisik di lapangan dengan uji laboratorium, maka auditor dapat mengintegrasikan kedua data tersebut dan menghasilkan analisis yang komprehensif dan dapat dikonfirmasi sebagai bagian dari hasil pemeriksaan/audit;

 ISSN 2987-677X

g. Hasil pekerjaan Kontraktor Pelaksana yang dievaluasi tersebut secara nyata menunjukkan mutu/kualitas pekerjaan yang tidak memenuhi syarat dan membawa dampak resiko yang besar terhadap keselamatan masyarakat pengguna jalan. Ditambah juga dengan dilakukannya pengujian kadar aspal (ekstraksi) oleh Kontraktor Pelaksana pada laboratorium yang tidak jelas identitas dan indepensinya, memunculkan *judgment* dari auditor bahwa uji tersebut tidak dapat diyakini kebenarannya;
h. Auditor dapat memberikan rekomendasi masukan terhadap manajemen maupun sanksi yang diberikan kepada Kontraktor Pelaksana sebagai tindak lanjut dari hasil pemeriksaan/audit.

Saran

Saran yang dapat diberikan sebagai hasil dari penelitian ini adalah:

1. Dari sisi Manajemen Proyek:
   Kepala UPT sebagai *management leader* dalam pelaksanaan proyek ini dapat melakukan evaluasi menyeluruh terhadap pelaksanaan pekerjaan tersebut, serta menginstruksikan PPK agar:
   a. Di masa mendatang wajib melakukan pengendalian penuh terhadap setiap pelaksanaan pekerjaan di lapangan dan wajib merujuk pada ketentuan standar yang berlaku serta klausul-klausul yang dipersyaratkan dalam Kontrak;
   b. Lebih cermat dalam mengkaji kebenaran informasi yang disajikan oleh Kontraktor Pelaksana;
   c. Lebih teliti dalam memonitor Laporan *Progress* (Kemajuan) Fisik yang disajikan oleh Konsultan Supervisi;
   d. Memperingatkan/memberi teguran secara tertulis kepada Kontraktor Pelaksana atas kelalaiannya dalam pelaksanaan tugas dan tanggung jawabnya yang menghasilkan produk pekerjaan yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang dipersyaratkan dan berakibat pada buruknya kualitas pekerjaan;
2. Dari sisi Hasil *Post Audit*:
   a. Auditor harus tetap yakin bahwa peran Aparat Pengawas Internal Pemerintah (APIP) dalam mengawal akuntabilitas pembangunan nasional sangatlah penting untuk menjaga kinerja pelayanan yang diselenggarakan oleh Pemerintah;
   b. Auditor agar tidak ragu untuk melakukan uji kadar aspal dalam campuran (ekstraksi) pada saat *post audit*, sepanjang mekanisme dan *judgment* yang diambil melalui pertimbangan yang profesional dan berdasarkan ketentuan serta standar yang berlaku;
   c. Auditor harus tetap yakin bahwa kontribusi hasil auditnya pada dasarnya adalah untuk menjamin terselenggaranya Pemerintahan Daerah yang efektif dan efisien sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku, serta mengakomodir harapan masyarakat untuk memperoleh layanan yang baik dari Pemerintah.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih Penulis tujukan kepada seluruh pihak yang telah berperan penting dalam membantu penyelesaian karya tulis ini:

1. Inspektur Provinsi Jawa Timur;
2. Sekretaris Inspektorat Provinsi Jawa Timur;
3. Inspektur Pembantu Bidang Ekonomi dan Pembangunan Inspektorat Provinsi Jawa Timur;
4. Para rekan auditor pada Inspektorat Provinsi Jawa Timur;
5. Para rekan sejawat auditor pada Badan Pemeriksa Keuangan (BPK) Perwakilan Jawa Timur;
6. Para pejabat/petugas yang berwenang pada Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga (PU BM) Provinsi Jawa Timur;
7. Para Penyedia Jasa (Kontraktor Pelaksana dan Konsultan Pengawas) pada paket pekerjaan/proyek dimaksud.

Referensi

A. Waluyo (2008). Skeptisme Profesional Auditor Dalam Mendeteksi Kecurangan. Jurnal Akuntansi Bisnis, vol. Vol. 1, no. No. 1, pp. 18-45.

Andriyani, M. Nashir T and N. Angriany (2021). Karakteristik Campuran Laston Asphalt Concrete Wearing Course. Karajata Engineering, vol. 1, no. 1, pp. 63-72.

E. Goutama and I. Yudianto (2019). The Role of Government Internal Control Systems and Utilization of Information Technology in Quality Reports. Journal of Accounting Auditing and Business, vol. 2, no. 1, pp. 47-63.

Erlina and I. Muda (2018). Determinants of The Implementation of Risk-Based Internal Auditing in Regencies/Cities in North Sumatera Province. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), vol. 9, no. 5, p. 1360–1372.

H. Mahmudah and B. R. LS (2016). Keefektifan Audit Internal Pemerintah Daerah. Jurnal Akuntansi, vol. 20, no. 01, pp. 33-51.

Manajemen Pengaduan Masyarakat dalam Pelayanan Publik. 2010. Jakarta: Direktorat Aparatur Negara Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/BAPPENAS.

Rohman, Taufiqur. 2019. Deteksi Fraud: Quo Vadis Sistem Pengendalian Internal Pemerintah (Suatu Kajian Fenomenologi). Tesis. Surabaya: Universitas Airlangga.

Soehartono (2010). Teknologi Aspal dan Penggunaannya dalam Konstruksi Perkerasan Jalan. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum P.T. Mediatama Saptakarya.

Spesifikasi Umum Divisi 6 Perkerasan Aspal. 2018. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia.

Standar Audit AAIPI. 2014. Jakarta: Asosiasi Auditor Intern Pemerintah Indonesia.

ISSN 2987-677X

Sukirman, Silvia (2003). Beton Aspal Campuran Panas. Jakarta: Granit.

T. C. Keng and A. R. Hamzah (2011). Study of Quality Management in Construction Projects. Chinese Business Review, vol. 10, no. 7, pp. 542-552.

Widodo, S., Rum Harnaeni, S., Wijayanti, E. 2012. Pengaruh Penuaan Aspal terhadap Karakteristik Asphalt Concrete Wearing Course. Seminar Nasional Teknik Sipil UMS. Surakarta: Universitas Muhammadiyah.

ISSN 2987-677X

Studi Potensi Bendungan di Wilayah Sungai Bali-Penida

Tri Hayatining Pamungkas[1*] Mawiti Infantri Yekti[2] I Putu Gustave Suryantara Pariartha[2] Made Dodiek Wirya Ardana[2]

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

[2] Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

✉ tri.hayatining@unr.ac.id

Studi potensi bendungan ini bertujuan untuk dapat meningkatkan ketahanan pangan (irigasi premium), ketahanan air (air baku), ketahanan energi (PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air)/PLTM (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro)), pengendalian daya rusak air (banjir), konservasi, serta menambah potensi pariwisata di Wilayah Sungai Bali-Penida. Metode penyelesaian dilakukan dengan menerapkan sistem analisis koordinatif yang artinya dalam menentukan alternatif setiap hasil studi akan dilakukan pembahasan secara bertingkat dari proses pengumpulan data baik primer dan sekunder sampai pada tahap pemilihan keputusan berdasarkan tahapan-tahapan studi. Hasil dari analisis potensi bendungan di Wilayah Sungai Bali-Penida adalah terpilihnya 3 Daerah Aliran Sungai (DAS) yang telah disepakati bersama lewat diskusi dan juga berdasarkan data sekunder yang ada. Daerah Aliran Sungai (DAS) terpilih pertama adalah DAS Balian yang teridentifikasi mempunyai potensi bendungan 3 multi fungsi yaitu dapat dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM), irigasi, dan air baku. DAS terpilih kedua adalah DAS Biluk Poh yang teridentifikasi mempunyai potensi bendungan dengan 3 fungsi yaitu PLTM, irigasi, dan air baku. Sedangkan DAS terpilih yang ketiga adalah DAS Penet yang teridentifikasi memiliki potensi sebagai penyediaan air irigasi dan air baku dengan catatan harus dibangun bendungan pada hulu DAS, hal ini dikarenakan DAS Penet merupakan kategori DAS defisit.

Kata kunci: potensi, bendungan, daerah aliran sungai

Pendahuluan

Air adalah sumber daya alam dengan yang punya peran penting bagi kehidupan makhluk hidup di bumi. Kapasitas air kehidupan tidak dapat digantikan dan penggunaan air sangatlah penting untuk kehidupan makhluk hidup. Dalam jangka waktu yang cukup panjang, kebutuhan akan air akan terus meningkat (Pamungkas et al., 2022). Tanpa air, berbagai proses kehidupan tidak dapat berlangsung, sehingga penyediaan air baku untuk kebutuhan domestik, irigasi dan industri menjadi menjadi perhatian dan prioritas utama. Maka dari itu perlu dilakukan pengelolaan sumber daya air dengan memperhatikan fungsi sosial, lingkungan hidup, ekonomi secara selaras (Pejabat Pembuat Komitmen Perencanaan Bendungan, 2020).

Pengelolaan sumber daya air saat ini tidak lagi dilakukan berdasarkan wilayah administratif mengingat sifat air yang sangat dinamis. Pengelolaan sumber daya air saat ini dilakukan secara terpadu yang berbasis pada Wilayah Sungai (WS). Pengelolaan wilayah sungai dibagi menjadi tiga yakni kewenangan pemerintah pusat, provinsi, dan kabupaten/kota. Salah satu wilayah sungai yang dikelola pemerintah pusat adalah Wilayah Sungai Bali-Penida (WS Strategis Nasional). Wilayah Sungai Bali Penida mencakup beberapa pulau yaitu Pulau Bali, Kepulauan Nusa Penida, beserta pulau-pulau kecil di sekitarnya yang terdiri atas 391 Daerah Aliran Sungai (DAS) (Pejabat Pembuat Komitmen Perencanaan Bendungan, 2020).

Secara umum permasalahan sumber daya air adalah adanya variasi musim dan ketimpangan ketersediaan air secara spasial, pada saat musim hujan terjadi kelebihan air sehingga terjadi banjir, dan sebaliknya pada musim kering terjadi kekurangan air dan kekeringan. Selain itu permasalahan yang kedua adalah terbatasnya jumlah air yang dapat dieksplorasi dan dikonsumsi sedangkan jumlah penduduk yang terus bertambah menyebabkan kebutuhan air meningkat secara drastis. Masalah kualitas air semakin mempersempit alternatif sumber-sumber air yang bisa dimanfaatkan oleh masyarakat (PT Wahana Krida Konsulindo, 2020).

Ketersediaan air sangat berpengaruh terhadap kehidupan manusia, bahkan air dapat menjadi salah satu faktor penghambat pertumbuhan perekonomian suatu wilayah. Dengan mempertimbangkan tingkat pertumbuhan penduduk beserta peningkatan aktivitasnya, maka ketersediaan infrastruktur dan pelayanan sumber daya air nampaknya akan menjadi sangat timpang dan sensitif. Untuk itu perlu dilakukan studi guna memaksimalkan potensi sumber daya air yang ada melalui pembangunan tampungan-tampungan air di Wilayah Sungai Bali-Penida. Dengan adanya studi potensi bendungan ini, diharapkan dapat meningkatkan ketahanan pangan (irigasi premium), ketahanan air (air baku), ketahanan energi (PLTA/PLTMH),

 ISSN 2987-677X

pengendalian daya rusak air (banjir), konservasi, serta menambah potensi pariwisata di Wilayah Sungai Bali-Penida.

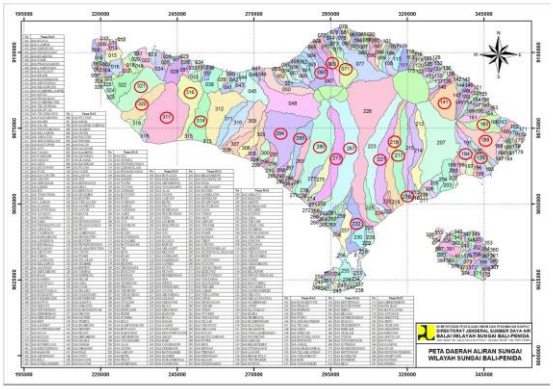
Metode

melaksanakan pekerjaan ini akan menerapkan "SISTEM ANALISIS KOORDINATIF" artinya dalam menentukan alternatif setiap hasil studi akan dilakukan pembahasan secara bertingkat berdasarkan tahapan-tahapan studi. Sehingga setiap tenaga ahli akan melakukan koordinasi baik yang menyangkut intern maupun ekstern dalam sistem alir koordinasi pelaksanaan yang telah direncanakan (PT Wahana Krida Konsulindo, 2020).

Hasil Kerja

Usulan Pemilihan DAS Potensial

Pemilihan DAS potensial didasarkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah berdasarkan data primer hasil diskusi dan data sekunder dari buku Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Bali-Penida Tahun 2019 (Balai Wilayah Sungai Bali-Penida, 2019). Terdapat 23 DAS usulan yang tersebar dibeberapa wilayah seperti pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1 Lokasi 23 DAS Usulan
(sumber: POLA PSDA Bali-Penida, 2019)

Adapun keterangan nama, lokasi, panjang sungai, dan keterangan jenis sungai dari ke-23 DAS usulan di atas, disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 DAS di WS Bali Penida

No	ID DAS	NAMA DAS	Lokasi		Keterangan
			Dalam Kab/Kota	Lintas Kab/ Kota	
1	141	DAS SRINGIN	Karangasem		Intermittent
2	165	DAS CANGGAH	Karangasem		Perennial
3	189	DAS NYULING	Karangasem		Perennial
4	194	DAS BULU	Karangasem		Perennial
5	217	DAS SANGSANG		Bangli	Perennial
				Gianyar	
6	218	DAS PAKERISAN		Bangli	Perennial
				Gianyar	
7	221	DAS PETANU		Bangli	Perennial
				Gianyar	
				Badung	
8	267	DAS PENET		Tabanan	Perennial
				Buleleng	
9	280	DAS YEH HO		Tabanan	Perennial
				Buleleng	
10	285	DAS YEH OTAN	Tabanan		Perennial
11	294	DAS BALIAN		Tabanan	Perennial
				Buleleng	
12	320	DAS AYA BARAT	Jembrana		Perennial
13	321	DAS SANGIANGGEDE		Jembrana	Perennial
				Buleleng	
14	065	DAS PASUT	Buleleng		Perennial
15	069	DAS BUWUS	Buleleng		Perennial
16	071	DAS PENARUKAN		Badung	Perennial
				Tabanan	
				Buleleng	
17	192	DAS PEDIH	Karangasem		Perennial
18	216	DAS GELUNG	Gianyar		Intermittent
19	232	DAS BADUNG		Badung	Perennial
				Denpasar	
20	273	DAS YEH EMPAS	Tabanan		Perennial
21	317	DAS SOWAN PERACAK		Jembrana	Perennial
				Buleleng	
22	316	DAS BILUKPOH		Jembrana	Perennial
				Buleleng	
23	314	DAS YEH EMBANG		Jembrana	Perennial
				Buleleng	

Dari Tabel di atas dapat diketahui bahwa lokasi DAS usulan berada di beberapa kab/kota antara lain Karangasem, Bangli, Gianyar, Badung, Tabanan, Jembrana, Buleleng, dan Denpasar. Dapat diketahui pula bahwa terdapat 2 jenis sungai yang mengalir pada ke-23 DAS usulan tersebut yaitu jenis sungai Perennial dan jenis sungai Intermittent.
Sungai Perennial merupakan sungai sungai yang selalu

 ISSN 2987-677X

mengalir sepanjang tahun (Makasaehe et al., 2020), sedangkan sungai intermittent adalah sungai yang hanya mengalirkan air di musim hujan (Rombang et al., 2022).
Selain informasi yang sudah disajikan pada Tabel 1, selanjutnya akan diulas mengenai potensi sumber air di daerah tersebut yang di dalamnya diuraikan terkait potensi sumber air permukaan, air tanah, dan mata air, hal ini disajikan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2 Potensi Sumber Air di WS Bali Penida

No	NAMA DAS	Total Potensi Sumber Air (Air Permukaan+Air Tanah+Mata Air) (juta m³/th)
1	DAS SRINGIN	92,04
2	DAS CANGGAH	61,11
3	DAS NYULING	129,11
4	DAS BULU	84,57
5	DAS SANGSANG	175,62
6	DAS PAKERISAN	133,57
7	DAS PETANU	143,66
8	DAS PENET	261,99
9	DAS YEH HO	241,63
10	DAS YEH OTAN	63,05
11	DAS BALIAN	201,36
12	DAS AYA BARAT	76,24
13	DAS SANGIANGGEDE	122,25
14	DAS PASUT	40,17
15	DAS BUWUS	25,06
16	DAS PENARUKAN	51,75
17	DAS PEDIH	12,55
18	DAS GELUNG	2,14
19	DAS BADUNG	78,02
20	DAS YEH EMPAS	160,91
21	DAS SOWAN PERACAK	257,50
22	DAS BILUK POH	106,91
23	DAS YEH EMBANG	81,20

Selanjutnya, hal yang perlu diketahui setelah didapat potensi sumber air di DAS usulan adalah terkait tentang kebutuhan air pada setiap DAS, hal ini dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

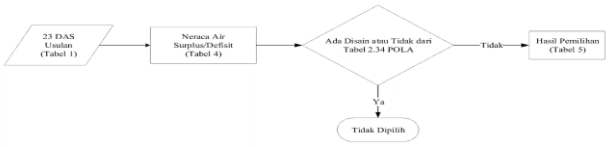
Tabel 3 Potensi Sumber Air di WS Bali Penida

No	NAMA DAS	Jumlah Penduduk (jiwa)	TOTAL KEBUTUHAN AIR (Rumah tangga+Perkotaan+industri+RK+RKI+peternakan+perikanan+irigasi) (m³/th)
1	DAS SRINGIN	36.748	0,096
2	DAS CANGGAH	22.825	0,306
3	DAS NYULING	35.176	1,238
4	DAS BULU	20.469	0,758
5	DAS SANGSANG	53.687	3,248
6	DAS PAKERISAN	86.618	3,613
7	DAS PETANU	122.001	5,208
8	DAS PENET	160.565	11,678
9	DAS YEH HO	87.622	7,912
10	DAS YEH OTAN	25.950	3,274
11	DAS BALIAN	80.331	2,019
12	DAS AYA BARAT	20.285	1,197
13	DAS SANGIANG GEDE	30.973	2,355
14	DAS PASUT	18.548	1,751
15	DAS BUWUS	10.250	1,737
16	DAS PENARUKAN	23.833	2,813
17	DAS PEDIH	6.147	0,569
18	DAS GELUNG	2.449	0,119
19	DAS BADUNG	310.236	2,732
20	DAS YEH EMPAS	56.035	5,379
21	DAS SOWAN PERACAK	66.224	2,987
22	DAS BILUK POH	28.570	1,391
23	DAS YEH EMBANG	21.740	0,211

Dari data tabel di atas dapat diketahui alokasi air yang terdistribusi/dibutuhkan pada ke-23 DAS usulan yang meliputi kebutuhan rumah tangga, perkotaan, industri, peternakan, perikanan, dan irigasi. Setelah dijabarkan kebutuhan air dan potensi sumber air pada tabel sebelumnya, barulah melangkah pada pemilihan DAS secara terstruktur.

Flow Chart Pemilihan DAS

Pemilihan DAS untuk pembangunan bendungan diidentifikasi menggunakan alur berpikir sesuai dengan data sekunder sebelumnya dan disederhanakan seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2 *Flow Chart* Pemilihan DAS

Pada Gambar 2 di atas, dijelaskan bahwa langkah pertama dalam pemilihan DAS adalah penjabaran dari 23 usulan DAS yang sebelumnya telah disajikan pada Tabel 1, kemudian dilihat neraca air pada ke-23 DAS tersebut apakah surplus atau defisit, hal ini dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4 Kebutuhan Estimasi Neraca Air (2015) WS Bali-Penida

No	NAMA DAS	NERACA AIR (m³/det)	KLASIFIKASI NERACA AIR
1	DAS SRINGIN	2,82	Surplus
2	DAS CANGGAH	1,63	Surplus
3	DAS NYULING	2,86	Surplus
4	DAS BULU	1,92	Surplus
5	DAS SANGSANG	2,32	Surplus
6	DAS PAKERISAN	0,62	Surplus
7	DAS PETANU	-0,65	Defisit
8	DAS PENET	-3,37	Defisit
9	DAS YEH HO	-0,25	Defisit
10	DAS YEH OTAN	-1,27	Defisit
11	DAS BALIAN	4,37	Surplus
12	DAS AYA BARAT	1,22	Surplus
13	DAS SANGIANGGEDE	1,52	Surplus
14	DAS PASUT	-0,48	Defisit
15	DAS BUWUS	-0,94	Defisit
16	DAS PENARUKAN	-1,17	Defisit
17	DAS PEDIH	-0,17	Defisit
18	DAS GELUNG	-0,05	Defisit
19	DAS BADUNG	-0,26	Defisit

 ISSN 2987-677X

No	NAMA DAS	NERACA AIR (m^3/det)	KLASIFIKASI NERACA AIR
20	DAS YEH EMPAS	-0,28	Defisit
21	DAS SOWAN PERACAK	5,18	Surplus
22	DAS BILUK POH	2,00	Surplus
23	DAS YEH EMBANG	2,36	Surplus

Setelah diketahui keadaan neraca air pada ke-23 DAS usulan, selanjutnya akan diidentifikasi/disesuaikan dengan Potensi Waduk-Bendungan dan Embung Wilayah Sungai Bali-Penida yang terdapat pada buku POLA PSDA WS Bali-Penida (Balai Wilayah Sungai Bali-Penida, 2017). Proses ini akan mengidentifikasi belum atau sudah adanya desain pada potensi tersebut, apabila ada desain maka DAS yang berkaitan tidak dipilih. Namun, apabila belum ada disain, maka DAS terkait akan dipilih. Adapun hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5 Pemilihan DAS Terpilih untuk Potensi Waduk-Bendungan WS Bali-Penida

No	ID DAS	NAMA DAS	KLASIFIKASI NERACA AIR	POTENSI WADUK-BENDUNGAN (Potensi di POLA 2017 dan data BWS belum ada desain)	LOKASI	DESKRIPSI
1	189	DAS NYULING	Surplus	Embung/Waduk Penahan dengan fungsi untuk air baku dan irigasi, perkiraan tinggi DAM 20 - 30 m dan potensi tampungan $\pm$ 1 juta m^3	Kec. Karangasem, Kab. Karangasem	Potensi tampungan kecil, angka minimal untuk standard waduk
2	294	DAS BALIAN	Surplus	Waduk Balian dengan fungsi untuk air baku, irigasi dan PLTA, perkiraan tinggi DAM 60 m dan potensi tampungan $\pm$ 6 juta m^3	Kec. Selemadeg, Kab. Tabanan	Potensi untuk waduk-bendungan 3 multi fungsi
3	317	DAS SOWAN PERACAK	Surplus	Waduk Embung Brang Bang dengan fungsi untuk air baku dan pengendalian banjir, perkiraan tinggi DAM 15 m dan potensi tampungan $\pm$ 3 juta m^3	Kec. Negara, Kab. Jembrana	Sudah ada Waduk Benel menyuplai kecamatan ini dan lokasi kedua DAS bersebelahan
4	316	DAS BILUK POH	Surplus	Waduk Munduk Pelaoan dengan fungsi waduk untuk PLTM, air baku dan irigasi, perkiraan tinggi DAM 60 m dan potensi tampungan $\pm$ 7,5 juta m^3	Kec. Mendoyo, Kab. Jembrana	Potensi untuk waduk-bendungan 3 multi fungsi
5	314	DAS YEH EMBANG	Surplus	Embung/Waduk Sekar dengan fungsi irigasi dan pengendalian banjir, perkiraan tinggi DAM 20 m dan potensi tampungan + 8 juta m^3	Kec. Mendoyo, Kab. Jembrana	Perlu kajian lebih lanjut pengendalian banjir di aliran sungainya
6	267	DAS PENET	Defisit	Waduk Petang dengan fungsi untuk air baku dan irigasi penyiraman, perkiraan tinggi maindam 20 - 50 m dan potensi tampungan 500.000 - 5.000.000 m^3	Kec. Petang, Kab. Badung	Potensi untuk waduk-bendungan di hulu karena DAS defisit
7	285	DAS YEH OTAN	Defisit	-	Kec. Selemadeg Kab. Tabanan	Belum ada identifikasi potensi dan disain
8	071	DAS PENARUKAN	Defisit	Embung Poh/ Kutup/Sawung dengan fungsi untuk irigasi, perkiraan tinggi DAM 20 m dan potensi tampungan 2,5 juta m^3	Kec. Sawan, Kab. Buleleng	Air baku di Kecamatan Sawan sudah akan disuplai juga oleh Waduk Tamblang
9	065	DAS PASUT	Defisit	Embung Sambangan dengan fungsi untuk PLTM, air baku kota Singaraja dan irigasi, perkiraan tinggi DAM 20 m dan potensi tampungan 1 juta m^3	Kec. Sukasada, Kab. Buleleng	Potensi tampungan kecil, angka minimal untuk standard waduk-bendungan
10	273	DAS YEH EMPAS	Defisit	Embung Tunjuk dengan fungsi untuk air baku dan irigasi, perkiraan tinggi DAM 20 m dan potensi tampungan 500.000 m^3	Kec. Marga, Kab. Tabanan	Potensi tampungan kecil, di bawah angka minimal untuk standard waduk-bendungan

Setelah dilakukan seleksi terhadap ke-23 DAS usulan berdasarkan potensi dan ketersediaan desain, di dapat 10 DAS terpilih seperti pada Tabel 5 di atas. Selanjutnya, dipilih 3 DAS yang telah disepakati bersama lewat diskusi dan juga berdasarkan data sekunder yang ada. Adapun 3 DAS terpilih adalah sebagai berikut:

1. DAS Balian teridentifikasi mempunyai potensi bendungan 3 multi fungsi yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM), irigasi, dan air baku
2. DAS Biluk Poh teridentifikasi mempunyai potensi bendungan 3 multi fungsi yaitu PLTM, irigasi, dan air baku
3. DAS Penet teridentifikasi memiliki potensi sebagai penyediaan air irigasi dan air baku dengan catatan harus dibangun bendungan di hulu karena DAS defisit.

Kesimpulan

Dari ke-3 DAS terpilih selanjutnya harus dilakukan survey lapangan dengan beberapa aspek yang harus dapat diidentifikasi di lapangan bersama responden penduduk sekitar, antara lain sebagai berikut:

1. Aspek topografis (elevasi tanah pertanian, elevasi dasar sungai, kondisi topografis, bentuk palung sungai),
2. Aspek hidrologis (potensi inflow aliran kontinyu dan ada pengambilan, potensi banjir)
3. Aspek geologis (terdapat material alam *clay*),
4. Aspek lingkungan (pembebasan lahan terdapat pura, terdapat fauna, dapat suplai ke hilir)

Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada PT. Wahana Krida Konsulindo yang sudah mewadahi terlaksananya praktik keinsinyuran dalam proyek Studi Potensi Bendungan di Wilayah Sungai Bali-Penida dan tidak lupa pula ucapan terimakasih disampaikan kepada semua tim tenaga ahli

 ISSN 2987-677X

serta Balai Wilayah Sungai Bali-Penida yang sudah mendukung dari awal pengumpulan data hingga dapat dihasilkan akhir proyek ini dilaksanakan.

Referensi

Balai Wilayah Sungai Bali-Penida. (2017). *POLA Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Bali-Penida*. Balai Wilayah Sungai Bali-Penida.

Balai Wilayah Sungai Bali-Penida. (2019). *Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Bali-Penida*. Balai Wilayah Sungai Bali-Penida.

Makasaehe, D., Hendratta, L. A., & Sumarauw, J. S. . (2020). Kajian Pemetaan Banjir Dengan Hec–Georas Studi Kasus: Sungai Tondano. *Jurnal Sipil Statik*, *8*(3), 319–326. https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/28750

Pamungkas, T. H., Kariyana, I. M., Pratama, I. G. R., & Widiana, I. M. (2022). Analisis Potensi Mata Air Untuk Kebutuhan Penduduk Di Desa Galungan. *Jurnal Ilmiah Vastuwidya*, *5*(2), 57–64. https://doi.org/10.47532/jiv.v5i2.670

Pejabat Pembuat Komitmen Perencanaan Bendungan. (2020). *Kerangka Acuan Kerja Studi Potensi Bendungan, Embung, dan Penampungan Air Lainnya di WS Bali -Penida*. Pejabat Pembuat Komitmen Perencanaan Bendungan.

PT Wahana Krida Konsulindo. (2020). *Laporan Pendahuluan Studi Potensi Bendungan, Embung, dan Penampungan Air Lainnya di WS Bali-Penida*.

Rombang, J., Kalangi, J., & Rantung, M. (2022). The Use of SWAT Model to predict Erosion and Sediment in the catchment area of Lake Tondano. *Jurnal Ilmiah Sains*, *22*(2), 144–150. https://doi.org/10.35799/jis.v22i2.43814

ISSN 2987-677X

Persiapan Fasilitas Produksi pada Instalasi Pipa Kondensat: Studi Kasus di PT XYZ

Ivan Keane Hutomo

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ ivankeanehutomo@gmail.com

Industri manufaktur yang terus mengalami perkembangan sangat luas ikut mendorong peningkatan bagi industri kemasan. Kotak Karton Gelombang atau *Corrugated Carton Box* merupakan salah satu jenis kemasan sekunder atau tersier. PT XYZ merupakan perusahaan penghasil KKG yang baru berdiri di Jawa Tengah pada awal tahun 2023. Terdapat beberapa permasalahan yang timbul pada saat awal *trial run* mesin, terutama pada instalasi pipa kondensat. Penulisan studi kasus ini bertujuan untuk mengetahui penyebab melengkungnya pipa kondensat dan solusi yang dapat diberikan. Metode yang digunakan adalah wawancara terhadap pekerja proyek untuk instalasi pipa kondensat. Permasalahan melengkungnya pipa kondensat pada saat *trial run* mesin merupakan hal yang sangat berbahaya karena terdapat potensi untuk meledak. Pipa kondensat dapat melengkung akibat adanya suhu dan tekanan yang tinggi di dalamnya. Pemberian *support* atau penyangga di beberapa titik juga bukan merupakan solusi yang tepat. Penyebab utama dari melengkungnya pipa kondensat adalah tidak adanya ruang gerak memanjang bagi pipa itu sendiri saat ada suhu dan tekanan tinggi. Selain itu, diperlukan juga *expansion joint* yang berfungsi sebagai akomodasi bagi pergerakan pipa. Penting untuk melakukan perencanaan yang tepat pada instalasi fasilitas penunjang proses produksi. Setiap spesifikasi dari peralatan yang digunakan juga penting untuk diketahui dan dipertimbangkan agar sesuai dengan yang diharapkan.

Kata kunci: kotak karton gelombang, pipa kondensat, ruang gerak, *expansion joint*

Pendahuluan

Perkembangan industri di seluruh dunia terus mengalami peningkatan sejak kehidupan *new normal* mulai diterapkan setelah pandemi yang menakutkan pada awal tahun 2020. Pandemi yang hampir terjadi selama dua tahun lebih tersebut menyebabkan perekonomian di seluruh dunia mengalami kekacauan, bahkan tidak sedikit juga negara yang bangkrut. Berdasarkan data *Visual Capitalist* pada tahun 2022, setidaknya ada 25 negara yang terancam mengalami kebangkrutan setelah pandemi yang panjang. Hal ini dikarenakan tingginya angka inflasi pada negara-negara tersebut.

Salah satu industri yang terus mengalami peningkatan di Indonesia adalah industri manufaktur. Menteri Perindustrian Republik Indonesia, Agus Gumiwang Kartasasmita, mengatakan bahwa pertumbuhan industri manufaktur di atas 5% sepanjang tahun 2022 menjadi penanda kembali pulih dan bangkitnya ekonomi Indonesia. Sejalan dengan perkembangan industri manufaktur yang semakin luas, industri kemasan juga ikut meningkat. *Indonesia Packaging Federation* pada tahun 2022 memproyeksikan produksi kemasan lokal akan mengalami pertumbuhan sebesar 5%, dengan nilai produksi sekitar Rp107,1 triliun sampai Rp110,2 triliun. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara dengan angka pertumbuhan pasar kemasan yang tercepat.

Kemasan sendiri merupakan seluruh kegiatan dalam merancang dan memproduksi wadah atau bungkus dari suatu produk (Cenadi; dalam Aji dan Anggapuspa, 2022). Salah satu jenis kemasan yang paling sering digunakan di Indonesia adalah Kotak Karton Gelombang (KKG) atau lebih dikenal dengan istilah kardus. Muryeti *et al*. (2017) menyatakan bahwa Kotak Karton Gelombang merupakan jenis kemasan sekunder atau tersier yang memiliki kegunaan untuk melindungi isi agar tidak rusak atau tetap steril dari debu maupun kotoran lainnya. Kemasan karton juga memiliki sifat yang mudah diuraikan sehingga dapat didaur ulang untuk bahan baku kemasan lainnya dan tidak merusak lingkungan (Coles *et al*., 2003).

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri kemasan dengan hasil produknya yaitu Kotak Karton Gelombang atau *Corrugated Carton Box*. Perusahaan yang berlokasi di Provinsi Jawa Tengah tersebut baru saja berdiri pada awal tahun 2023 dan merupakan perusahaan ke-9 dari *group* yang cukup ternama di Indonesia sebagai penghasil Kotak Karton Gelombang. Jangkauan pasar yang

 ISSN 2987-677X

menjadi target dari PT XYZ sendiri cukup luas, baik di dalam maupun luar negeri. Terdapat beberapa permasalahan yang harus dihadapi dengan berdirinya pabrik baru tersebut, terutama mengenai fasilitas yang mendukung proses produksi.

Boiler merupakan salah satu fasilitas produksi paling krusial yang memiliki fungsi untuk menghasilkan uap panas. Setelah uap dari *boiler* dikirimkan dan digunakan untuk proses produksi, tentunya terdapat beberapa uap yang mengalami perubahan wujud dari gas menjadi cair. Sisa uap yang telah berbentuk cair tersebut disebut sebagai kondensat yang nantinya akan dikirim kembali ke mesin *boiler* sebagai bahan baku untuk menghasilkan *steam* atau uap panas kembali. Air kondensat yang ada tentunya masih bersuhu sangat tinggi dan memiliki tekanan, sehingga sama bahanya dengan uap panas itu sendiri. Dalam masa *trial run* mesin di PT XYZ, terdapat permasalahan pada salah satu bagian pipa kondensat yang melengkung akibat panas dan tekanan yang tinggi.

Permasalahan yang terjadi di PT XYZ yang berkaitan dengan pipa kondensat yang menjadi penunjang proses produksi tentunya harus segera diatasi. Hal ini dikarenakan berkaitan juga dengan faktor keamanan bagi para pekerja di lantai produksi. Pipa kondensat yang melengkung tersebut pastinya dapat meledak sewaktu-waktu jika tidak segera ditemukan solusi atas permasalahan yang ada. Jika pipa kondensat tersebut meledak, maka hal itu dapat menjadi citra buruk bagi perusahaan yang baru berdiri dan dapat memberikan dampak negatif di kemudian hari. Setiap fasilitas produksi yang ada hendaknya harus dirancang sedemikian mungkin agar tetap baik dan aman selama proses produksi berlangsung.

Sasaran dari penulisan studi kasus ini adalah untuk mengetahui penyebab melengkungnya pipa kondensat dan solusi yang dapat diberikan atas permasalahan tersebut. Dengan adanya studi kasus ini diharapkan dapat menjadi wawasan baru jika di kemudian hari terdapat kasus yang serupa. Metode wawancara digunakan dalam studi kasus ini untuk mencari tahu penyebab dan bagaimana tindakan selanjutnya yang dapat dilakukan. Penulisan studi kasus didasarkan pada data dan fakta yang ditemukan secara langsung di lapangan beserta solusi penyelesaian yang ada.

Metode

Dilakukan wawancara kepada pekerja proyek untuk instalasi pipa kondensat mengenai permasalahan yang ada. Wawancara dilakukan secara informal dan terstruktur yang secara langsung dilakukan di lapangan. Hasil dari wawancara kemudian dijadikan data dalam penulisan studi kasus ini. Penulis dalam hal ini selalu melakukan pengawasan mulai dari adanya kasus yang terjadi hingga solusi permasalahan selesai untuk dikerjakan. Adapun beberapa butir pertanyaan yang digunakan dalam wawancara, yaitu:

Tabel 1. Daftar Butir Pertanyaan Wawancara

No.	Pertanyaan
1	Mengapa pipa kondensat dapat melengkung?
2	Apa yang menjadi faktor penyebab melengkungnya pipa kondensat?
3	Bagaimana solusi untuk mengatasi pipa kondensat yang melengkung?

Hasil Kerja

Salah satu tahapan yang harus dilewati dengan berdirinya sebuah perusahaan yang baru adalah *trial run* untuk mesin-mesin produksi. *Trial run* ini digunakan untuk memastikan berbagai fasilitas produksi yang ada dapat bekerja sebagaimana mestinya, dan jika terdapat ketidaksesuaian maka dapat segera dilakukan perbaikan. Setelah dilakukan beberapa kali *trial run* pada mesin produksi di PT XYZ, secara tiba-tiba terjadi masalah pada pipa kondensat. Pipa yang berfungsi untuk mengalirkan kembali sisa air dari uap menuju mesin *boiler* melengkung ke atas sehingga membentuk seperti gunung. Hal ini tentunya sangat berbahaya terutama bagi keselamatan para pekerja yang ada di lantai produksi.

Setelah dilakukan wawancara kepada pekerja proyek untuk instalasi pipa kondensat, diketahui bahwa sisa air yang berada didalam pipa ternyata masih memiliki suhu dan tekanan yang tinggi. Kedua faktor tersebut yang dapat menyebabkan pipa menjadi melengkung ke atas. Langkah pertama yang diambil untuk mengatasi pipa kondensat yang melengkung ke atas adalah dengan mendinginkan pipa tersebut terlebih dahulu agar kembali ke posisi semula dan memberikan *support* atau penyangga pada bagian atas-bawah yang dapat dilihat seperti Gambar 1. Penyangga tersebut bertujuan untuk membatasi pergerakan pipa sehingga diharapkan tidak melengkung ke atas kembali.



Gambar 1. Penyangga pada Pipa Kondensat

Pemberian *support* pada pipa kondensat ternyata tidak berjalan sesuai yang diharapkan. Pada *trial run* mesin selanjutnya, pipa kondensat melengkung kembali namun dengan posisi yang berbeda yaitu ke samping. Gambar 2 menunjukkan posisi pipa yang melengkung ke samping

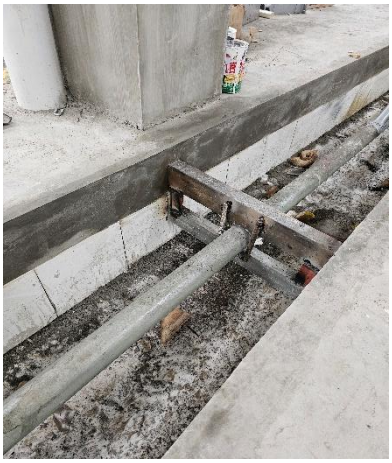
 ISSN 2987-677X

hingga menempel dengan dinding yang ada. Tentunya hal tersebut lebih baik jika dibandingkan dengan keadaan sebelumnya.



Gambar 2. Pipa Kondensat Melengkung ke Samping

Pekerja proyek untuk instalasi pipa kondensat lalu mengambil tindakan untuk menambahkan *support* atau penyangga di titik yang sama tetapi pada bagian kanan-kiri. Hal ini bertujuan untuk menahan posisi pipa kondensat agar selalu tetap di tengah dan tidak bergerak secara bebas. Selain itu, ditambahkan juga beberapa penyangga di titik lain yang dirasa perlu. Penambahan penyangga pada bagian kanan-kiri dan titik lain secara berurutan dapat dilihat seperti Gambar 3 dan Gambar 4. Namun, keputusan untuk menambahkan titik penyangga pada pipa kondensat tidak berjalan sesuai.

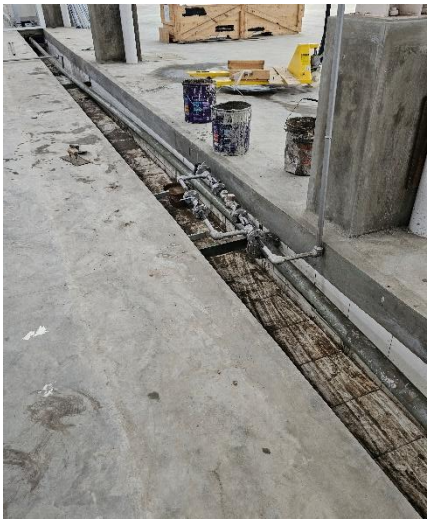


Gambar 3. Penyangga Tambahan pada Pipa Kondensat



Gambar 4. Penyangga Tambahan pada Titik Lain

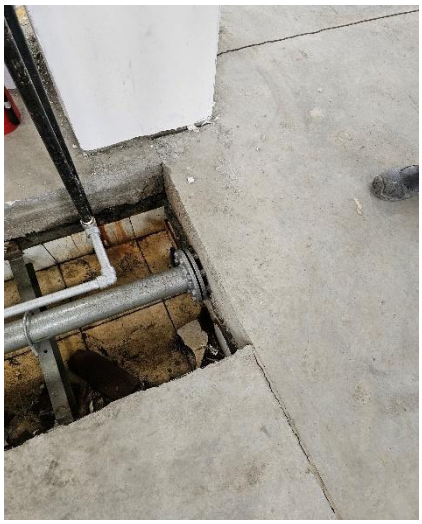
Pipa kondensat melengkung ke atas kembali di titik yang berbeda pada *trial run* mesin berikutnya (dapat dilihat pada Gambar 5). Tentunya hal ini menimbulkan kebingungan dan berpikir bahwa terdapat kesalahan pada pemilihan material yang digunakan untuk pipa kondensat sehingga tidak dapat menahan panas yang akhirnya menyebabkan melengkung. Setelah dilakukan investigasi lebih lanjut, ternyata titik permasalahan bukan pada material maupun kurangnya jumlah penyangga pada pipa kondensat. Permasalahan utama yang menyebabkan pipa kondensat menjadi melengkung adalah tidak adanya ruang gerak bagi pipa itu sendiri.



Gambar 5. Pipa Kondensat Kembali Melengkung

Instalasi pipa kondensat yang dilakukan oleh pekerja proyek sebelumnya tidak mempertimbangkan ruang gerak bagi pipa kondensat akibat suhu dan tekanan yang tinggi. Bagian ujung dari pipa kondensat ternyata dempet dengan ujung lantai (dapat dilihat pada Gambar 6), sehingga pipa kondensat tidak dapat bergerak memanjang yang akhirnya menyebabkan pipa tersebut menjadi melengkung. Selain itu, *expansion joint* juga masih belum digunakan pada instalasi pipa kondensat. *Expansion joint* tersebut berguna untuk mengakomodasi gerakan yang terjadi pada pipa.

 ISSN 2987-677X



Gambar 6. Bagian Ujung Pipa Kondensat

Langkah penyelesaian yang diambil oleh pekerja proyek untuk mengatasi melengkungnya pipa kondensat adalah dengan memberikan ruang gerak pada bagian ujung pipa. Diberikan jarak sekitar 20 cm antara bagian ujung pipa dan ujung lantai dengan cara menjebol lantai yang sudah ada (dapat dilihat pada Gambar 7). Terdapat dua buah *expansion joint* yang juga ditambahkan pada instalasi pipa kondensat. Tindakan yang diambil terbukti berhasil untuk mengatasi masalah melengkungnya pipa kondensat. Perlu adanya ruang gerak dan juga akomodasi bagi pergerakan pipa menjadi kunci penting bagi permasalahan yang dihadapi sebelumnya.



Gambar 7. Ruang Gerak pada Ujung Pipa Kondensat

Masalah melengkungnya pipa kondensat tidak terjadi kembali pada *trial run* mesin berikutnya. Namun, timbul permasalahan baru pada *expansion joint*. Dua buah *expansion joint* yang ditambahkan pada instalasi pipa kondensat secara tiba-tiba membesar. Dapat terlihat pada Gambar 8, *expansion joint* yang membesar berada pada bagian tengah yang elastis. Hal tersebut tentunya cukup mengejutkan dan membuat khawatir akan bahaya meledak. Para pekerja yang berada di lantai produksi mengira bahwa pipa didalam *expansion joint* memuai yang akhirnya membesar.



Gambar 8. *Expansion Joint* Membesar

Pekerja proyek untuk instalasi pipa kondensat lalu memastikan membesarnya *expansion joint* dengan cara dibuka. Setelah itu, diketahui bahwa *expansion joint* yang membesar hanya pada bagian luar tengah yang elastis saja dan pipa yang didalamnya tidak ada masalah. Tentunya hal ini membuktikan bahwa *expansion joint* pada jalur pipa kondensat tidak sesuai dengan spesifikasi yang seharusnya dapat menahan suhu tinggi. *Expansion joint* yang digunakan tersebut tidak dapat menahan suhu tinggi dari pipa kondensat yang akhirnya menjadi membesar. Dilakukan pergantian pada *expansion joint* sesuai dengan spesifikasi dan akhirnya tidak timbul permasalahan lagi pada instalasi pipa kondensat.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil kerja yang telah dipaparkan, dapat ditarik kesimpulan bahwa perlu adanya perencanaan yang tepat pada instalasi fasilitas penunjang proses produksi, terutama pipa kondensat. Suhu dan tekanan dalam pipa tersebut masih tinggi, sehingga terdapat kemungkinan bahwa pipa akan bergerak memanjang. Perlu adanya ruang untuk pipa kondensat bergerak dan *expansion joint* pada beberapa titik di sepanjang aliran pipa kondensat untuk mengakomodasi pergerakan yang ada. Penting juga untuk mengetahui dan mempertimbangkan setiap spesifikasi dari peralatan yang digunakan agar sesuai dengan yang diharapkan.

Ucapan Terima kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada keluarga, pacar, sahabat, dan teman yang telah memberikan banyak bantuan serta dukungan dalam menyelesaikan penulisan makalah ini.

Referensi

Aji, F. P., & Anggapuspa, M. L. (2022). *Redesain Kemasan Jenang Kelapa Muda Abdoel Chakim Khas Jombang*. *Jurnal Barik*, 4(2), 131-145.

 ISSN 2987-677X

Cahyoputra, L. AL. (2023). *Tumbuh 5%, Industri Manufaktur Bangkit*. Diakses pada 06 Mei 2023 dari https://investor.id/business/320991/tumbuh-5-industri-manufaktur-bangkit.

Coles, R., McDowell, D., & Kirwan, M. J. (2003). *Food Packaging Technology*. Oxford: Blackwell Publishing.

Kemenperin. (2023). *Tumbuh Lampaui 5 Persen, Industri Manufaktur Berjasa Besar Katrol Kinerja Ekonomi*. Diakses pada 08 Mei 2023 dari https://kemenperin.go.id/artikel/23851/Tumbuh-Lampaui-5-Persen,-Industri-Manufaktur-Berjasa-Besar-Katrol-Kinerja-Ekonomi.

Muryeti, Prastiwinarti, W., & Farizi, F. A. (2017). *Pengaruh Proses Cetak Terhadap Kekuatan Kemasan Karton Gelombang*. *Politeknologi*, 16(3), 211-216.

Pamungkas, A. B. (202). *Peluang dan Tren Industri Kemasan di Indonesia Khususnya Kemasan Makanan dan Minuman*. Diakses pada 07 Mei 2023 dari https://agro.kemenperin.go.id/artikel/6499-peluang-dan-tren-industri-kemasan-di-indonesia-khususnya-kemasan-makanan-dan-minuman.

Purwanti, T. (2022). *Ini Daftar 25 Negara yang Terancam Bangkrut Seperti Sri Lanka*. Diakses pada 06 Mei 2023 dari https://www.cnbcindonesia.com/market/20220729092036-17-359530/ini-daftar-25-negara-yang-terancam-bangkrut-seperti-sri-lanka.

Widayati, R. (2015). *Industri Kemasan Kardus Beromzet Ratusan Juta Rupiah*. Diakses pada 07 Mei 2023 dari https://bisnis.tempo.co/read/668482/industri-kemasan-kardus-beromzet-ratusan-juta-rupiah.

ISSN 2987-677X

Kelayakan Eksplorasi Komoditas Tambang di Sungai Rejali di Lumajang

Prabowo, Windari Wahyu, Agus Setiawan

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ pusdacakagus@gmail.com

Sungai Rejali kabupaten Lumajang merupakan aliran sungai lahar semeru yang membawa bahan galian batuan (kerikil berpasir) yang memiliki potensi meningkatkan perekonomian masyarakat maupun meningkatkan pendapatan asli daerah dari sektor pajak, kegiatan pertambangan di wilayah sungai perlu dikendalikan dan diatur untuk melindungi infrastruktur sungai, melalui analisa hidrologi dan hidrogeologi serta menggunakan penggunaan software dapat diketahui potensi cadangan sedimen/komoditas aliran lahar semeru yang diperkirakan resedimentasinya mencapai 80% tiap tahunnya, sehingga kegiatan pertambangan juga bisa membantu pemerintah dalam penataan alur sungai jika menggunakan metode yang dituangkan dalam rekomendasi teknis pengelola sumber daya air, sebagai contoh studi pengambilan lokasi permohonan pertambangan yang dimuat dalam website https://geoportal.esdm.go.id/minerba/ yang terdapat infastruktur sumber daya air maka luasan tersebut berpotensi menyumbang pendapatan asli daerah sebesar Rp. 227.000.000,- tiap tahunnya, realitanya panjang sungai rejali 28,3 Km dengan 18 bangunan melintang sumber daya air, maka bisa di kalkulasikan pendapatan asli daerah dari sektor retribusi pertambangan di Sungai.

Kata Kunci : sungai, ekonomi

Pendahuluan

Potensi bahan galian Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) merupakan salah satu jenis batuan sedimen yang terjadi karena akumulasi pasir dan batuan yang terendapkan di daerah-daerah relatif rendah atau lembah. Batuan yang terdapat di beberapa wilayah umumnya berasal dari pasir dan batuan gunungapi, bersifat andesitik dan sering bercampur dengan pasir batu apung. Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) biasanya merupakan bahan yang belum terpadukan dan biasanya tersebar di daerah aliran sungai. Batuan juga bisa diambil dari satuan konglomerat atau breksi yang tersebar di daerah daratan (daerah yang tinggi).

Penggunaan Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) terbatas sebagai bahan bangunan terutama untuk campuran beton, sedang penggalian sering dilakukan dengan secara tradisional tanpa memperhatikan dampak lingkungan. Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) sangat baik untuk bahan pengeras jalan biasa maupun jalan tol, dan airport. Selain itu dapat pula dipergunakan dalam campuran beton, aspal/hotmix, plester, bahan bangunan dan tanah urug.

Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) merupakan sumber material bahan industri yang cukup melimpah dan tersebar serta terendapkan di daerah-daerah relatif rendah atau lembah. Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) biasanya merupakan bahan yang belum terpadukan dan biasanya tersebar di daerah aliran sungai. Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) yang terdapat di lokasi area pertambangan berada pada daerah aliran Sungai Rejali yang merupakan Daerah Aliran Semeru (DAS) jalur lahar dingin Gunung Semeru.

Dengan adanya aktivitas penambangan Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) di Sungai Rejali pada Daerah Aliran Semeru (DAS), ini merupakan salah satu usaha untuk menormalisasikan arus aliran sungai. Dengan mengeruk pasir dan bebatuan di bagian tengah sungai, maka salah satu manfaatnya akan mengurangi resiko terkikisnya tanggul yang ada di Sungai Rejali tersebut dan mencegah banjir lahar dingin Gunung Semeru memasuki pemukiman warga.

Ketersediaan Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) yang sangat melimpah apabila dimanfaatkan dengan benar akan menghasilkan nilai ekonomis yang bisa memberi pemasukan bagi kas negara dan bisa menyerap tenaga kerja sehingga perekonomian bisa berkembang dengan baik.

Dengan program pemerintah Indonesia saat ini adalah percepatan pembangunan secara merata di semua daerah untuk mencapai peningkatan ekonomi yang merata, maka dalam hal ini Provinsi Jawa Timur ikut serta dalam kemajuan industri maupun pembangunan infrastruktur seperti jalan raya dan bangunan-bangunan umum seperti pasar umum rakyat juga sedang dikerjakan. Pembangunan industri maupun infrastruktur tentunya membutuhkan bahan baku yang tersedia di alam yang akan di eksploitasi melalui rangkaian kegiatan penambangan,

 ISSN 2987-677X

Salah satu potensi yang ada di wilayah Kabupaten Lumajang, Jawa Timur tanahnya mengandung mineral batuan sedimen yang sangat melimpah terendapkan di Sungai Rejali produk dari aktivitas Gunungapi Semeru yang tersusun oleh endapan pasir dan batu atau biasa disebut dengan Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)). Hamparan Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) yang terdapat di Sungai Rejali pada Daerah Aliran Semeru (DAS), ini bisa dijadikan tempat atau lokasi untuk kegiatan eksploitasi Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) yang merupakan salah satu usaha juga untuk menormalisasikan arus aliran sungai.

Untuk mewujudkan kegiatan penambangan Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) yang baik, maka terlebih dahulu dilakukan kegiatan eksplorasi untuk mengetahui potensi cadangan dari Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) yang akan ditambang. Hal ini dilakukan untuk menghitung kelayakan prospek penambangan, apabila ketersediaan cadangan memadai dengan spesifikasi Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) telah sesuai dengan permintaan pasar, maka kegiatan penambangan layak untuk dijalankan.

Salah satu penambangan Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) yang akan beroperasi di daerah Lumajang dilakukan oleh a.n. CV. Duta Indah Pasir dengan luas rencana Operasi Produksi seluas 25,06 Ha yang berada di Desa Sumberwuluh, Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lumajang. Dengan potensi Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) yang ada dan permintaan pasar yang tinggi.

Oleh karena itu dalam sebuah rangkaian kegiatan penambangan diperlukan kegiatan studi kelayakan eksplorasi untuk menganalisa kelayakan dari sebuah penambangan dan potensi Pendapatan Asli Daerah dari komoditas sungai.

Metode

Metode yang digunakan dalam eksplorasi dan kelayakan komoditas tambang di sungai ini adalah metode penyelidikan langsung dan metode penyelidikan tidak langsung. Metode penyelidikan langsung lebih mengarah kepada penyelidikan yang dilaksanakan langsung di lapangan seperti pengamatan atau deskripsi batuan, vegetasi, dan lain-lain (hidrologi dan hidrogeologi), sedangkan penyelidikan tidak langsung lebih mengarah kepada studi pustaka dan analisa data lapangan dengan menggunakan komputer (software)

Hasil Kerja

Administrasi dan Geografis

Lokasi Wilayah usaha pertambangan a.n. CV Duta Indah Pasir secara administrasi terletak di Daerah Aliran Sungai (DAS) Rejali, Desa Sumberwuluh, Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lumajang dengan luas 25,06 Ha. Rencana peningkatan IUP tahap kegiatan eksplorasi ke tahap kegiatan operasi produksi a.n. CV Duta Indah Pasir seluas 25,06 Ha. Secara geografis lokasi penyelidikan memiliki batas koordinat seperti tercantum pada Tabel berikut

NO	GARIS BUJUR TIMUR (BT)				GARIS LINTANG SELATAN (LS)			
	Derajat (°)	Menit (')	Detik (")	BT	Derajat (°)	Menit (')	Detik (")	LS
1	113	2	11,900	BT	8	12	6,200	LS
2	113	2	17,000	BT	8	12	6,200	LS
3	113	2	17,000	BT	8	12	8,600	LS
4	113	2	18,400	BT	8	12	8,600	LS
5	113	2	18,400	BT	8	12	10,500	LS

Topografi / Batimetri

Secara morfologi Kabupaten Lumajang dapat ditinjau dari ketinggian wilayah di atas permukaan laut dan kelerengan lahan. Ketinggian daerah Kabupaten Lumajang bervariasi dari 0 - 3.676 m dpl, daerah yang terluas adalah dengan ketinggian 100 – 500 meter di atas permukaan laut, yakni seluas 35,40%. dan yang tersempit adalah pada ketinggian 0 – 25 mdpl, seluas 11,01%. Selebihnya ketinggian diatas 600 – 3.676 mdpl yang merupakan bagian dari rangkaian Pegunungan Bromo-Tengger-Semeru, dengan puncaknya Gunung Semeru (3676 mdpl), yang merupakan Gunung tertinggi di Pulau Jawa. Untuk bagian timur laut merupakan ujung barat Pegunungan Iyang, sedangkan bagian selatan merupakan daerah datar dengan sedikit wilayah berbukit hingga bergunung di bagian barat.

Jika dilihat dari tingkat kemiringan tanahnya, wilayah Kabupaten Lumajang termasuk kawasan yang datar, bergelombang, serta berbukit. Dimana daerah terluas terletak pada ketinggian antara 100 – 500 mdpl dengan kemiringan lereng berkisar antara 0 – 15 %. Wilayah Kabupaten Lumajang yang tertinggi yaitu berada di Kecamatan Senduro, sedangkan wilayah terendah berada di Kecamatan Tekung.

Kabupaten Lumajang merupakan salah satu daerah yang berada di wilayah bagian selatan Provinsi Jawa Timur. Kabupaten Lumajang juga memiliki Gunung Semeru yang merupakan gunung tertinggi di pulau jawa. Gunung ini merupakan potensi andalan Kabupaten Lumajang. Potensi itu antara lain berupa hasil material yang dikeluarkan berupa batu, kerikil maupun pasir. Selain itu gunung ini juga menjadi salah satu ikon pariwisata Kabupaten Lumajang.

Secara administrasi Kecamatan Candipuro masuk kedalam Kabupaten Lumajang, dengan ketinggian 322 meter di atas permukaan laut. Sebagian besar wilayahnya berada diantara ketinggian 0 – 1400 m dpl mulai dari berada di lereng tenggara Gunung Semeru hingga sebagian kecil yang berbatasan langsung dengan Samudra Hindia, namun daerah penelitian yang berada di Kecamatan Candipuro secara geologi regional masuk ke dalam Peta Geologi lembar Lumajang.

Berdasarkan pada kenampakan topografi permukaan, maka geomorfologi regional di Kabupaten Lumajang diklasifikasikan menjadi 4 (empat) jenis, yaitu : gunung, pegunungan, dataran fluvial dan dataran alluvial. (T. Suwarti dan Suharsono, 1992)

Untuk morfologi gunung Kabupaten Lumajang diapit oleh tiga gunung berapi, yaitu: Gunung Semeru (3.676 m dpl)

 ISSN 2987-677X

dengan Puncaknya Mahameru yang merupakan Gunung tertinggi di Pulau Jawa, Gunung Bromo (3.292 m dpl), dan Gunung Lamongan (1.651 m dpl). Morfologi gunung ini ber-relief kasar, lereng terjal, berlembah sempit dan dalam, lembah sungai berbentuk "U" dan "V", dengan kondisi tanah yang sangat subur.

Analisis Hujan Rancangan DAS Rejali

Hasil perhitungan hujan rancangan ini selanjutnya diperlukan untuk menganalisis debit banjir rancangan dengan metode hidrograf satuan sintetik nakayasu untuk perencanaan bangunan utama/bendung. Data hujan yang digunakan adalah data pencatatan hujan dari Stasiun Hujan Pasirian, dan Stasiun Candipuro selama 10 tahun terakhir (dari Tahun 2012-2021) Untuk bagan alir analisis hujan rancangan.

No	Tahun	Hujan Maksimum (mm/hr)
1	2012	57
2	2013	70
3	2014	69
4	2015	71
5	2016	124
6	2017	107
7	2018	90
8	2019	71
9	2020	72
10	2021	72

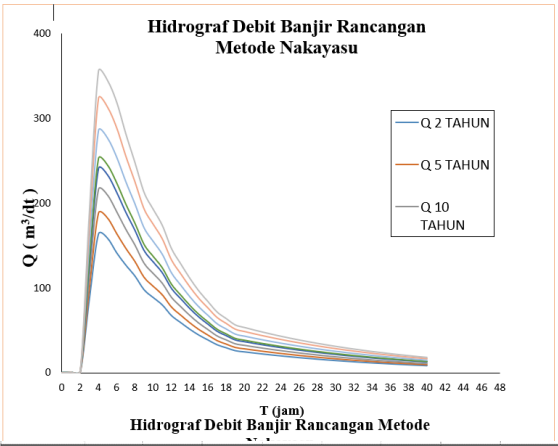
Analisa distribusi frekuensi ini dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan rancangan yang ditetapkan berdasarkan patokan perancangan tertentu. Untuk keperluan analisis ditetapkan curah hujan dengan periode ulang 1,5, 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100, 200 dan 1000 tahun. Ada beberapa metode analisis distribusi frekuensi untuk mendapatkan curah hujan rancangan diantaranya metode Distribusi Normal, Gumbel, Log Pearson. Dalam pekerjaan ini dipakai Metode Log Pearson Type III karena memenuhi syarat pemilihan distribusi frekuensi, sedangkan distribusi yang lain tidak memenuhi syarat pemilihan distribusi frekuensi.

Analisa Debit Banjir Rancangan

Untuk menganalisa debit banjir rancangan, terlebih dahulu harus dibuat hidrograf banjir pada sungai yang bersangkutan. Parameter yang mempengaruhi unit hidrograf adalah :

1. Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (time to peak magnitude),
2. Tenggang waktu dari titik berat sampai titik berat hidrograf (time log),
3. Tenggang waktu hidrograf (time base of hydrograph),
4. Luas daerah pengaliran,
5. Panjang alur sungai utama terpanjang (length of the longest channel), dan
6. Koefisien pengaliran (run-off coefficient).

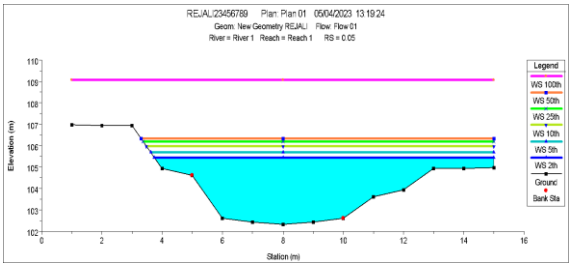
Untuk menentukan hidrograf satuan daerah pengaliran sungai yang tidak terpasang stasiun AWLR *(Automatic Water Level Recorder)*, dapat menggunakan hidrograf satuan sintetis. Perhitungan Unit Hidrograf daerah aliran Sungai Kalibawang dihitung menggunakan 3 metode yaitu metode HSS Nakayasu



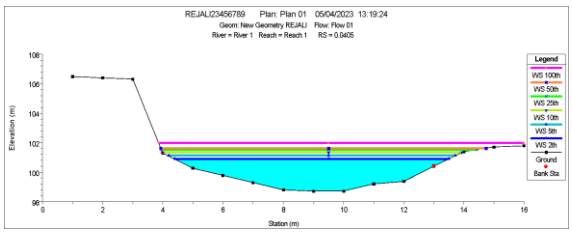
Q maksimum	218.350	251.006	287.530	320.757	338.744	380.527	431.734	474.446

Analisa Hidrolika

Analisa Hidrolika yang digunakan pada pekerjaan ini meliputi analisa penampang Sungai Rejali dengan menggunakan aplikasi HEC-RAS. Dan dengan aplikasi HEC-RAS dapat diketahui pula bagian-bagian mana saja yang terjadi luapan maupun tidak meluap juga akan disesuaikan dengan hasil penelusuran inventarisasi yang telah dilakukan. Pada bab sebelumnya juga telah dibahas mengenai hujan rancangan dan banjir rancangan sebagai acuan debit yang akan digunakan untuk me-running simulasi pada aplikasi HEC-RAS, data yang digunakan adalah data debit banjir DAS Sungai Rejali



 ISSN 2987-677X



Geologi

Kondisi geologi regional kepulauan indonesia merupakan suatu wilayah tektonik komplek secara geologi yang dipengaruhi oleh interaksi lempeng konvergen Eurasia yang berada di bagian utara yang relatif tetap, lempeng Indo-Australia di bagian selatan yang bergerak relatif ke utara, serta lempeng Pasifik di bagian timur yang bergerak relatif ke barat menurut Hall (1966). Pulau Jawa terdapatnya Zona gunung api Kuarter yang mencerminkan hubungan antara tektonik dan vulkanisme oleh Van Bemmelen (1949).

Jawa Timur memiliki dua pola struktur utama yaitu pola Meratus berarah timur laut-barat daya terbentuk 53 - 80 juta tahun yang lalu (Kapur Akhir – Eosen Awal) dan pola Jawa berarah timur-barat terbentuk sejak 32 juta tahun lalu – sekarang (Oligosen Akhir – Resen) menurut Sribudiyani dkk, (2003).

Vulkanisme dan struktur geologi utama di pulau Jawa, keberadaannya sangat dikontrol oleh kondisi tektonik sehingga berdampak rangkaian gunung api aktif berasosiasi dengan sistem panas bumi (Katili, 1975; Hamilton, 1979; Simandjutak dan Barber, 1996; MarcPherson dan Hall, 2002, dalam Setijadji, 2010).

Daerah penelitian masuk dalam geologi Lembar Lumajang yang merupakan bagian dari Formasi Batuan Gunungapi Semeru (Qvs) yang tersusun oleh lava andesit-basal, tuf, breksi gunungapi dan breksi lahar. Formasi Batuan Gunungapi Semeru ini diperkirakan berumur Plistosen Akhir - Holosen, yang terbentuk oleh endapan material vulkanik.

Di daerah endapan vulkanik di lumajang terjadi karena adanya lahar dingin dan lahar panas yang keluar dari mulut Gunung Semeru. Lahar dingin biasanya mengeluarkan isinya berupa pasir, tuff atau debu, dan batu. Namun juga memungkinkan terjadinya lahar panas yang berisi pasir, magma, batu dan debu. Material yang berada di Lumajang banyak terdapat material piroklastiknya. (Wahyudin, 2010) bahwa endapan vulkanik Gunung Semeru berkomposisi basaltik sampai andesitik.

Kompleks Gunung Semeru memiliki struktur geologi yang cukup kompleks, terdapat 4 (empat) sesar atau sebuah kelurusan. Kelurusan yang ditemukan berarah barat laut hingga tenggara, timur hingga barat dan timur laut-daya dan pada umumnya menunjukkan indikasi adanya litologi yang bergeser dan pergeseran ini dianggap sesar normal. Pengenalan landscape berfungsi untuk memberikan gambaran teoritas fenomena geografis yang terjadi di permukaan bumi (Ikhsan dkk, 2018).

Endapan vulkanik yang berada di Kabupaten Lumajang dibentuk oleh semburan dari Gunung Semeru, yaitu gunung tertinggi di Pulau Jawa. Endapan vulkanik ini merupakan penghasil tambang terbesar di Lumajang yaitu endapan pasir yang mengandung besi. Proses geologis yang terjadi pada endapan vulkanik yaitu pada masa Meosin-Pleosin yang terjadi satu juta tahun yang lalu. Endapan vulkanik terdapat banyak batuan andesit yang berwarna hitam. Selain batuan andesit terdapat juga lapili yang material atau hasil dari siklus batuan magma atau vulkan yang berumur tua. Lapili jatuh ke permukaan akibat adanya letusan magma yang mengalami pembekuan.

Struktur geologi yang berkembang didaerah penelitian dijumpai pola kelurusan sungai dengan arah Barat Laut – Tenggara yang terdapat di dataran aluvial Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Rejali dengan muaranya di Samudra Hindia.

Penghitungan potensi cadangan dilakukan dengan cara volumetrik menggunakan peta dasar peta topografi (Peta RBI skala 1 : 25.000) dan hasil pengukuran penyebaran bahan galian di lapangan. Analisa perhitungan cadangan menggunakan bantuan software **Map Info 10 Discover 10** dengan peta kontur ketinggian yang ada, yang telah dilakukan pengeplotan pada tahap sebelumnya. Metode penghitungan sumberdaya dan cadangan disesuaikan dengan peta topografi yang ada. Perhitungan cadangan dengan software ini pada prinsipnya sama dengan prinsip perhitungan cadangan dengan metode kerucut terpancung untuk masing-masing segmen luasan tiap kontur.

Tahap kegiatan estimasi sumber daya dengan menggunakan metode kontur adalah sebagai berikut :

1. Menentukan batas luas wilayah yang digunakan untuk batas estimasi sumber daya. Pada estimasi sumberdaya digunakan batas luas Wilayah IUP Eksplorasi yaitu 25,06 ha;
2. Menentukan batas elevasi tertinggi dan elevasi terendah pada wilayah IUP, elevasi terendah 361 m dpl dan elevasi tertinggi 371 m dpl;
3. Menentukan jumlah atau persentase batuan andesit berukuran bongkah;
4. Menghitung luas tiap kontur menggunakan aplikasi Global Mapper dengan menentukan interval kontur sebesar 1 meter.

Klasifikasi yang digunakan untuk perhitungan potensi sumberdaya dan cadangan adalah berdasarkan informasi hasil dari pemetaan geologi :

1. Sumberdaya Terukur adalah sumberdaya bahan galian yang perhitungannya berdasarkan luasan dari luasan Rekomtek dipotong dengan luasan IUP OP dengan kedalaman informasi sumberdaya 2 meter dari elevasi kontur batas hulu sampai batas hilir dasar sungai.
2. Cadangan Terperoleh (recoverable reserve) adalah cadangan tertambang sesudah dikurangi kehilangan (losses) atau produksi tambang yang dapat dijual, satuannya m3 atau ton.

Perhitungan sumberdaya / cadangan di daerah penelitian didasarkan pada beberapa asumsi sebagai berikut :

1. Metode penambangan yang digunakan adalah metode tambang terbuka (open pit minning).
2. Front tambang dibuat dengan bentuk jenjang mengikuti batas hulu dan batas hilir yang terdiri dari jenjang tambang dengan tinggi jenjang 2 meter dan lebar jenjang 2 meter dengan bentuk jenjang yang mengikuti pola kontur topografi sungai.
3. Sebaran bahan galian tersebar merata di seluruh daerah penelitian.

 ISSN 2987-677X

4. Batas horizontal penambangan adalah mengikuti batas Rencana IUP Operasi Produksi.
5. Batas vertikal penambangan menggunakan batasan 2 meter dibawah elevasi topografi terendah dasar sungai di daerah IUP Eksplorasi pada masing – masing blok tambang.

Metode penghitungan volume sumberdaya yang dilakukan adalah dengan metode cut and fill volume menggunakan bantuan perangkat lunak global mapper. Prinsip dari metode ini adalah pembuatan sayatan pada badan endapan batuan, kemudian dihitung luas masing-masing endapan batuan dan untuk menentukan volume dengan menggunakan jarak antar sayatan. Metode penampang tegak atau biasanya disebut metode cross section merupakan metode estimasi yang paling umum digunakan dalam estimasi sumberdaya maupun cadangan. Berdasarkan asumsi dan pendekatan metode perhitungan tersebut maka dapat diketahui batas akhir penggalian Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) pada rencana lokasi tambang di Desa Sumberwuluh, Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lumajang sebagai berikut :

1. Luas WIUP : 25,06 hektar
2. Luas area setelah mengikuti pedoman penambangan dari Dinas ESDM Provinsi Jawa Timur 25,06 Ha
3. Elevasi tertinggi kondisi eksisting di titik koordinat adalah + 371 mdpl dan elevasi terendah pada titik koordinat adalah + 361 mdpl.
4. Sesuai rekomendasi kedalaman penggalian dari batas hulu sampai batas hilir maksimal adalah 2 meter dari topografi terendah dasar sungai.
5. Bentuk jenjang terdiri dari jenjang tambang tinggi 2 meter dan lebar 2 meter, dengan kemiringan lereng jenjang 60˚.
6. Berdasar pada keyakinan geologi dan pengamatan langsung dilapangan, maka volume batuan terambil adalah batuan kerakal - bongkah ± 35 % dan pasir kerikilan ± 65 % dari total volume batuan yang terhitung dengan ketentuan di atas.

Dari hasil perhitungan menggunakan metode kontur dengan asumsi yang digunakan seperti yang telah dijelaskan diatas, maka jumlah potensi sumberdaya dan cadangan yang terdapat pada area rencana penambangan Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) a.n. CV. Duta Indah Pasir adalah sebagai berikut :

1. Luas Wiup : 25,06 Ha
2. Luas IUP OP hasil analisa SDA : 11,35 Ha
3. Kedalaman penggalian : 2 meter

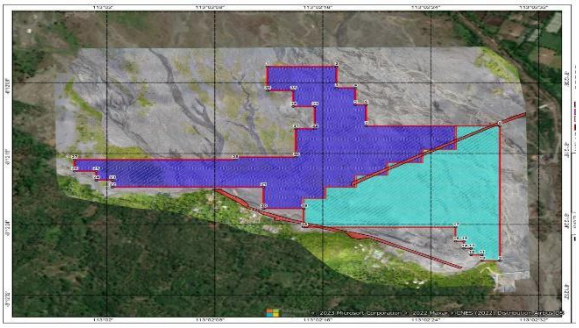
Apabila diasumsikan bahwa ketebalan rata-rata yang ditambang adalah 2 meter dari permukaan endapan Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) yang bergelombang, maka yang dipergunakan sebagai pedoman elevasi dasar penggalian sedimen Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) diukur dari elevasi permukaan Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) tertinggi dari dasar sungai.

Batas penggalian volume Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) yang ditambang dihitung berdasarkan asumsi penambangan hanya dilakukan pada level ± 371 m dpl (elevasi tertinggi) hingga level ± 361 m dpl (elevasi terendah) dari kontur semula. Hasil akhir permukaan akan berbentuk mengikuti kontur dari elevasi terendah hingga tertinggi dari batas hulu sampai batas hilir.

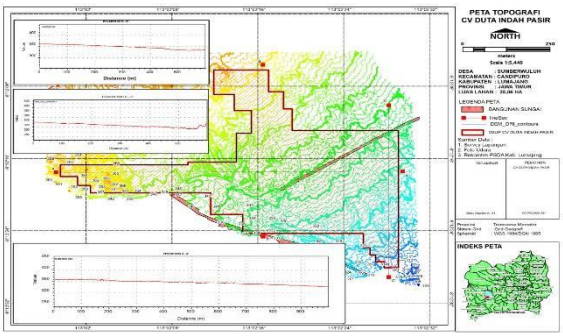
Periode estimasi sumberdaya Bulan Januari tahun 2023, hasil estimasi sumberdaya yang diperoleh sebesar 546.180,51 m3. Klasifikasi Sumber Daya Mineral dan Cadangan berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (BSN) SNI 4726:2019. Klasifikasi sumberdaya hasil kegiatan eksplorasi ini termasuk dalam sumberdaya terukur karena estimasi bentuk dan dimensi sumberdaya diestimasi dengan tingkat keyakinan geologi yang baik.

Dari hasil perhitungan menggunakan metode kontur dengan asumsi yang digunakan seperti yang telah dijelaskan diatas, maka jumlah potensi sumberdaya dan cadangan yang terdapat pada area rencana penambangan Batuan (Kerikil Berpasir Alami (Sirtu)) a.n. CV Duta Indah Pasir adalah sebagai berikut:

No.	Nama Blok	Cadangan Tahun 2022		Luas
		Terbukti		
		Volume	Tonase	
		(m^3)	(ton)	(Ha)
1	Blok SELATAN	47.509	122.810	2,13
2	Blok UTARA	253.085	654.224	9,23
Total		**300.594**	**777.034**	**11,35**

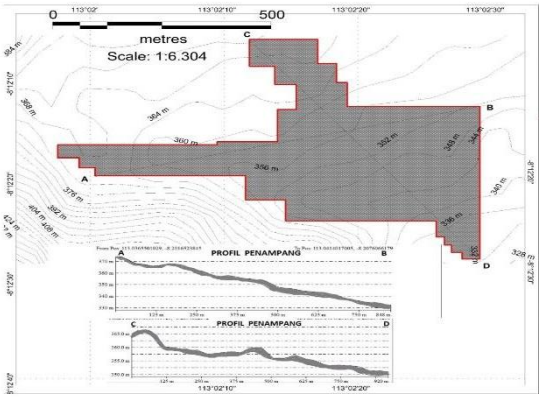


Gambar 1 Peta situasi wilayah

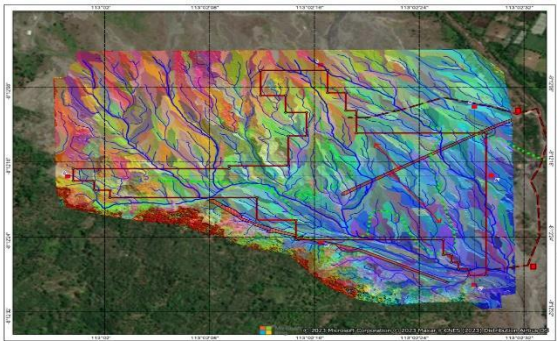


Gambar 2 Peta Topografi

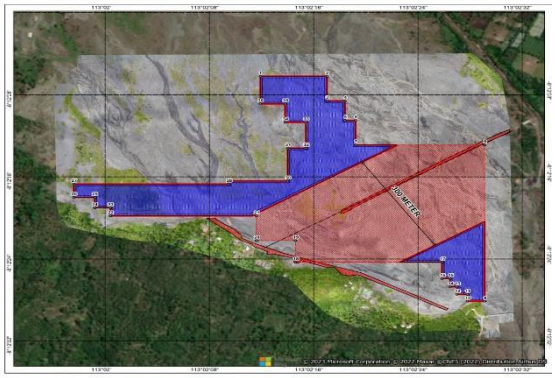
 ISSN 2987-677X



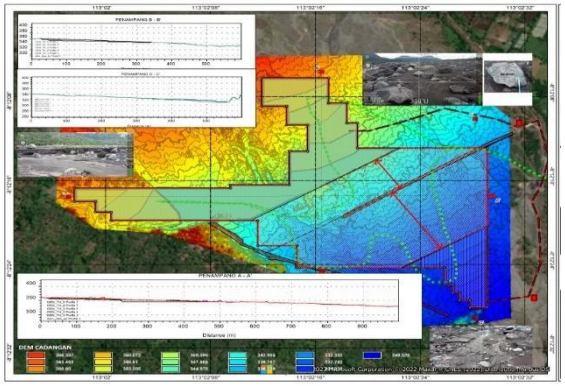
Gambar 3 Peta Slope Sungai



Gambar 4 sebaran aliran air



Gambar 5 Peta Analisa Sumber Daya Air



Gambar 6 Peta Penyebaran sedimen

Kesimpulan

Berdasarkan hasil kegiatan eksplorasi dan analisis studi kelayakan yang dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan antara lain :

1) Wilayah Izin Usaha Pertambangan CV Duta Indah Pasir seluas 25,06 Ha terletak di Daerah Aliran Sungai (DAS) Rejali, Desa Sumberwuluh, Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lumajang, Provinsi Jawa Timur;

2) Estimasi cadangan terbukti Tahun 2022 sebesar 300.594 m3;

3) Penerimaan negara yang menjadi kewajiban Pemegang IUP-OP antara lain :

   a) Pajak penghasilan dengan besaran tarif pajak tiap tahun sebesar 0,5% dikalikan Penghasilan Kotor tiap tahun; *(Pemerintah Pusat).*

   b) Pajak daerah dengan besaran tarif pajak tiap tahun sebesar Rp 5.000,-/ton; *(Pemerintah Kabupaten).*

   c) Besaran tarif retribusi Pemerintah Provinsi Jawa Timur tiap tahun Rp 2.000,-/m², sehingga untuk rencana Wilayah IUP-OP seluas 11,35 Ha memiliki kewajiban membayar iuran tetap tiap tahun sebesar Rp 227.000.000,-.

4) Sungai rejali termasuk berpotensi PAD dari sektor komoditas tambang

Ucapan Terima kasih

"Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian makalah ini. Tanpa dukungan dan bantuan mereka, makalah ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik.

Terima kasih kepada Ir. Rasional Sitepu, M.Eng., IPU. atas bimbingan, arahan, dan masukan yang berharga. Terima kasih juga kepada bapak prabowo, ST. MT atas waktunya dalam memberikan masukan dan saran yang berharga.

Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada rekan – rekan UPT PSDA WS Bondoyudo Baru di Lumajang yang telah memberikan kontribusi, saran, dan diskusi yang mendukung dalam pengembangan makalah ini.

Penulis tidak lupa untuk menyampaikan apresiasi kepada Himpunan Penambang Batuan Indonesia yang telah memberikan sumber daya dan dukungan dalam penelitian ini.

Terakhir, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada keluarga dan teman-teman yang selalu memberikan dukungan moral dan semangat dalam proses penulisan makalah ini.

Semua kontribusi dan dukungan yang diberikan sangat berarti bagi penulis, dan tidak dapat terwujud tanpa

 ISSN 2987-677X

kerjasama dan partisipasi dari semua pihak yang disebutkan di atas.

Sekali lagi, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua yang telah membantu dalam penyelesaian makalah ini."

Referensi

Amsyari, F (1994), Dampak pada Kesehatan Masyarakat, Kursus Dasar AMDAL Universitas Airlangga Surabaya.

Bakosurtanal (2000), Peta RBI Kabupaten Lumajang Skala 1: 25.000.

BPS Kabupaten Lumajang 2021, Kabupaten Lumajang dalam Angka 2021.

Djajadiningrat, Dkk (1991), Terjemahan dan Saduran Penilaian Secara Cepat Sumber-sumber Pencemaran Air Tanah, Tanah dan Udara, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Lapan Jakarta, 2012, Stratigrafi Jawa Timur, Jakarta.

Mitchell B, 2003, Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan, Edisi Pertama, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri dan Energi Sumber Daya Mineral No 28 tahun 2009 Tentang Penyelenggaraan Usaha Jasa Pertambangan Mineral dan Batubara.

Singarimbun M, 1995, Metode Penelitian Survai, LP3ES, Jakarta.

Strauus, A. Dab Corbin, J. 2003, Dasar-dasar Penelitian Kualitatif, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.

T. Suwarti dan Suharsono, Peta Geologi Regional Lembar Lumajang, 1992, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Katili, 1975; Hamilton, 1979; Simandjutak dan Barber, 1996; MarcPherson dan Hall, 2002, dalam Setijadji, 2010, Vulkanisme dan struktur geologi utama di Pulau Jawa.

Ikhsan dkk, 2018, struktur geologi Gunung Semeru.

Kecamatan Candipuro Dalam Angka 2016, 2017, 2018, 2019 dan 2020

Www.duniatambang.co.id,KeselamatanPertambangan,2019.

Bapedal, lingkungan dan keselamatan pertambangan, 2001.

Dinas PU Kab. Lumajang, 2011

Doddy Setia Graha, 2012, Jurnal tentang SIRTU (Pasir Batu), Banten, Jawa Barat.

Chow, V. T. 1959. Applied Hydrology. Civil Engineering Series. New York : McGraw-Hill.

Chow, V. T. 1961. A general formula for hydrologic frequency analysis, Trans. Am. Geophys.Union.

Gumbel, E. J. 1954. Statistical Theory Of Extreme Value and some Practical Applications. National Bereau of standars (U.S) Appl Math. Ser., 33.

Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik Tahun 2018. Jakarta.

Manning, R 1981. On The Flow of Water in Open Channel and Pipes. Civ, Eng,Irenland.

Manning and Delp, 1991, "Major Diagnosis Fisik", Jakarta.

Peraturan Daerah Kabupaten Lumajang Nomor 2 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Lumajang Tahun 2013. Lumajang.

Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur Nomor 13 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur Tentang Retribusi Daerah Tahun 2019. Surabaya.

Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 69 Tentang Penyelenggaraan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Tahun 2020. Surabaya.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 04/PRT/M/2016 Tentang Kriteria Dan Penetapan Wilayah Sungai. Tahun 2016. Jakarta.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 09/PRT/M/2015 Tentang Pengguna Sumber Daya Air. Tahun 2015. Jakarta.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 09/PRT/M/2015 Tentang

 ISSN 2987-677X

Tata Cara Perizina Pengusahaan Sumber Daya Air Dan Penggunaan Sumber Daya Air. Tahun 2015. Jakarta.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 21 Tentang Pemindahan Alur Sungai. Tahun 2020. Jakarta.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 121 Tentang Pengusahaan Sumber Daya Air Tahun 2015. Jakarta.

Sayoga, R. 1993. Pengantar Penirisan Tambang. ITB. Bandung.

Soemarto, C.D., 1999, "Hidrologi Teknik Edisi ke – 2", Erlangga, Jakarta.

Suryono, S dan Kensaku T, 1983.Hidrologi Untuk Pengairan. Jakarta:PT. Pradnya Paramita.

Triatmodjo, Bambang, 2008, Hidrologi Terapan. Beta Ofset.Jakarta

Undang – undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air. 2019. Jakarta.

ISSN 2987-677X

Analisa Kebutuhan Sarana Perkeretaapian Pada Lintas Tallo-Soreang Sulawesi Selatan

David Malaiholo, Galih Adum Baskara

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ david@ppi.ac.id

Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNas) Tahun 2030 yang disusun oleh Direktorat Jenderal Perkeretaapian mencakup banyak aspek yaitu jaringan transportasi, perkiraan perpindahan orang dan barang, rencana kebutuhan sarana dan prasarana. Berdasarkan dari RIPNas Tahun 2030 maka direncanakan pembangunan perkeretaapian Sulawesi Selatan yang proyek pembangunannya dikelola oleh Balai Teknik Perkeretaapian Wilayah Jawa Bagian Timur Pengembangan Perkeretaapian Sulawesi Selatan. Pembangunan prasarana perkeretaapian Sulawesi Selatan dilakukan sepanjang 142 km dengan lebar rel 1435 mm. Metode penelitian ini dilakukan untuk mencari kebutuhan sarana, *headway*, kapasitas lintas dan waktu tempuh. Hasil penelitian didapatkan bahwa Kategori sarana kereta api dioperasikan di lintas Tallo-Soreang Sulawesi Selatan adalah Kereta Rel Diesel Indonesia (KRDI) dari PT. INKA, Kebutuhan sarana KDRI mencakup 8 kereta dengan kapasitas 544 penumpang dan frekuensi 28 perjalanan/hari, Headway tertinggi di Stasiun Lempue-Soreang senilai 12,8 menit, Kapasitas lintas tertinggi didapat dari Stasiun Mandai-Maros sebanyak 145 rangkaian dan Waktu tempuh tercepat pada lintas Tallo-Soreang Sulawesi Selatan maupun sebaliknya diketahui di Stasiun Mandai-Maros atau Maros-Mandai yaitu 4 menit.

Kata kunci: Sarana Perkeretaapian, *Headway*, Kapasitas Lintas, *feasibility study*

Pendahuluan

Penyelenggaraan perkeretaapian yang terdapat dalam Undang-undang No.23 Tahun 2007 agar dapat terlaksana dengan baik maka disusun Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNas) Tahun 2030 oleh Direktorat Jenderal Perkeretaapian. RIPNas 2030 mencakup tata ruang wilayah nasional dan rencana induk pada jaringan transportasi lain termasuk didalamnya memuat arah kebijakan, perkiraan perpindahan orang dan barang dan rencana kebutuhan sarana dan prasarana. Proyek pembangunan perkeretaapian di Sulawesi Selatan dikelola oleh Balai Teknik Perkeretaapian Wilayah Jawa Bagian Timur Pengembangan Perkeretaapian Sulawesi Selatan. Pembangunan prasarana perkeretaapian Sulawesi Selatan sepanjang 142 km dengan lebar rel 1435 mm. dengan adanya moda transportasi kereta api diharapkan dapat mempersingkat waktu perjalanan dan pelayanan yang berkualitas bagi penumpang maka perlu untuk dianalisis kebutuhan sarana perkeretaapian pada lintas Tallo-Soreang Sulawesi Selatan.

Metode

Metode penelitian dimulai dengan menentukan permasalahan pada objek yang diteliti dilanjutkan dengan studi literatur dan melakukan pengumpulan data penelitian kemudian diolah dan dianalisis, serta dapat hasilkan kesimpulan dari *output* penelitian.

Untuk menganalisa kebutuhan sarana perkeretaapian pada lintas Tallo-Soreang Sulawesi Selatan dilakukan tahapan pengumpulan data yaitu:

a. Data Primer, dilakukan dengan melakukan wawancara kepada penduduk yang dilalui oleh jalur kereta api.

b. Data sekunder berupa spesifikasi teknis sarana kereta api, spesifikasi prasarana, jarak antar stasiun, kapasitas lintas, *layout* emplasemen stasiun, peta pembangunan jalur Tallo-Soreang dan *feasibility study* Perkeretaapian Sulawesi Selatan.

c. Menghitung kebutuhan sarana perkeretaapian untuk mengetahui jumlah kereta api yang beroperasi perhari. Kebutuhan sarana dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Kebutuhan\ Sarana = \frac{Jumlah\ Penumpang}{Kapasitas\ Angkut\ Sarana} \quad \text{... (1)}$$

Dimana:
Kebutuhan sarana = sarana yang diperlukan
Jumlah penumpang = jumlah penumpang/hari
Kapasitas angkut sarana = kemampuan angkut sarana (1 KA)

d. Menghitung headway, dengan rumus yaitu:

$$H = \frac{60\ x\ S_{A-B}+150}{V}\ x\ 150 \quad \text{... (2)}$$

Dimana:
H = headway
60 = satuan menit

 ISSN 2987-677X

SA-B = jarak antara stasiun A-B
0,25 = waktu pelayanan peralatan sinyal
V = kecepatan
150 = tambahan waktu akselerasi dan deselerasi

e. Menghitung Kapasitas Lintas, dengan rumus:

$$Kapasitas\ lintas = \frac{1140}{Headway}\ x\ 0{,}6 \quad \text{... (3)}$$

f. Menghitung Anzet dan Afzet, diketahui dari nilai akselerasi dan deselerasi pada spesifikasi kereta api

g. Menghitung Waktu Tempuh, dengan beberapa tahapan seperti:

- $W_{Gradien} = berat\ total\ (kg)\ x\ gradien$ .. (4)
- $W_{Lengkung} = berat\ total\ x\ \frac{400}{R-20}$ ... (5)
- $S_{\frac{percepatan}{perlambatan}} = \frac{F - W_{Gradien} - W_{lengkung}}{berat\ total}$ ... (6)
- $t_{\frac{percepatan}{perlambatan}} = \frac{^{B}Percepatan/perlambatan}{\Delta V}$ ... (7)
- $T = \frac{S_{Stasiun} + S_{Percepatan} + S_{Perlambatan}}{V} + t_{percepatan} + t_{perlambatan}$ ... (8)

Dimana:
T = waktu (menit)
S = jarak (meter)
W = hambatan
R = lengkung
V = kecepatan
⊗V = selisih kecepatan

Hasil Kerja

Kategori Sarana

Kategori sarana yang digunakan untuk pengoperasian kereta api di lintas Tallo-Soreang Sulawesi Selatan yaitu Kereta Rel Diesel Indonesia (KRDI) dari PT. INKA, dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Sarana KRDI

Komponen	Keterangan
Dimensi	Panjang total kereta antar alat perangkai : 20.700 m
	Panjang total badan kereta : 20.000 mm
	Lebar badan kereta : 2.990 mm
	Lebar badan kereta maksimal : 3.180 mm
	Tinggi atap kereta dari kop rel : 3.530 mm
	Tinggi kereta MeC termasuk radiator dari kop rel : 3.830 mm
	Jarak pusat bogie : 14.000 mm
	jarak antar sumbu perangkat roda : 2.200 mm
	Tinggi sumbu alat perangkai dari kop rel : 775 mm
	Tinggi maks lantai kereta: 1.200 mm
Susunan Rangkaian (Berat)	MeC1 (42) - T1 (35) – T2 (35) – MeC2 (42)
Kapasitas Tempat Duduk	MeC1 (64) - T1 (72) – T2 (72) – MeC2 (64)
Kinerja	Kec Maks 100 km/jam
	percepatan 0‰ = 0,3 m/det2 ; 0,17 m/det2 (beban penuh)
	Perlambatan : 0,8 m/det2 (beban penuh) ; 1 m/det2 (keadaan darurat)
Diesel Engine	Cummins N-14-ER, 340 kW, 2.100
Catu Daya Utama	50 kVA, 3Ø, 50Hz, 72 A, 650-2.100 rpm
Transmisi	Voith T.211 re 4, 350 kW, 2000 rpm (kec input), 2747 (kec output)

Sumber: PT INKA, 2019

Kebutuhan Sarana

Berdasarkan dari *feasibility study* Perkeretaapian Sulawesi Selatan didapat jumlah arus penumpang maksimum perhari pada lintas Tallo-Soreang yaitu 15.559 penumpang/hari. Untuk kebutuhan sarana diketahui dari jumlah lalu lintas pelayanan KA maksimum per hari pada arah tertentu. Satu trainset KDRI terdiri dari 4 kereta (memungkinkan dua trainset digabung menjadi 1 atau diesel multiple unit) sehingga 1 trainset KDRI terdiri dari 8 kereta dengan kapasitas 544 penumpang dan frekuensi 28 perjalanan/hari pada lintas Tallo-Soerang Sulawesi Selatan.

Headway

Headway pada setiap lintas Tallo-Soreang yang digunakan acuan dalam jarak waktu pemberangkatan antar kereta minimum.

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Headway*

Stasiun			Jarak stasiun (km)	Headway (menit)
Tallo	-	Paranglo	7,6	8,6
Paranglo	-	Mandai	6,8	8,0
Mandai	-	Maros	3,7	6,0
Maros	-	Rammang-Rammang	12,3	11,7
Rammang-Rammang	-	Pangkajene	8,2	9,0
Pangkajene	-	Labakkang	13,8	12,7
Labakkang	-	Ma'rang	8,9	9,4
Ma'rang	-	Mandalle	7,5	8,5
Mandalle	-	Tanete Rilau	12,7	12,0
Tanete Rilau	-	Barru	8	8,8
Barru	-	Takkalasi	10,5	10,5
Takkalasi	-	Mangkoso	7	8,2
Mangkoso	-	Palanro	9	9,5
Palanro	-	Lumpue	12	11,5
Lumpue	-	Soreang	14	12,8

Kapasitas Lintas

Kapasitas lintas Tallo-Soreang dihimpun dalam tabel berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kapasitas Lintas

Stasiun			Headway (menit)	Kaplin (rangkaian)
Tallo	-	Paranglo	8,6	101
Paranglo	-	Mandai	8,0	108
Mandai	-	Maros	6,0	145
Maros	-	Rammang-Rammang	11,7	74

 ISSN 2987-677X

Rammang-Rammang	-	Pangkajene	9,0	96
Pangkajene	-	Labakkang	12,7	68
Labakkang	-	Ma'rang	9,4	92
Ma'rang	-	Mandalle	8,5	102
Mandalle	-	Tanete Rilau	12,0	72
Tanete Rilau	-	Barru	8,8	98
Barru	-	Takkalasi	10,5	82
Takkalasi	-	Mangkoso	8,2	106
Mangkoso	-	Palanro	9,5	91
Palanro	-	Lumpue	11,5	75
Lumpue	-	Soreang	12,8	67

Waktu Tempuh

Waktu tempuh berkaitan dengan kecepatan operasi, jarak antar stasiun dan gradien pada tiap lintas dan percepatan sarana yang dipengaruhi oleh hambatan gradien dan hambatan lengkung, yang disajikan dalam Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Waktu Tempuh (Tallo-Soreang)

Stasiun			Waktu Tempuh
Tallo	-	Paranglo	00:07
Paranglo	-	Mandai	00:06
Mandai	-	Maros	00:04
Maros	-	Rammang-Rammang	00:10
Rammang-Rammang	-	Pangkajene	00:07
Pangkajene	-	Labakkang	00:11
Labakkang	-	Ma'rang	00:08
Ma'rang	-	Mandalle	00:07
Mandalle	-	Tanete Rilau	00:11
Tanete Rilau	-	Barru	00:08
Barru	-	Takkalasi	00:09
Takkalasi	-	Mangkoso	00:07
Mangkoso	-	Palanro	00:08
Palanro	-	Lumpue	00:10
Lumpue	-	Soreang	00:11

Tabel 5. Waktu Tempuh (Soreang-Tallo)

Stasiun			Waktu Tempuh
Soreang	-	Lumpue	00:11
Lumpue	-	Palanro	00:10
Palanro	-	Mangkoso	00:08
Mangkoso	-	Takkalasi	00:07
Takkalasi	-	Barru	00:09
Barru	-	Tanete Rilau	00:07
Tanete Rilau	-	Mandalle	00:11
Mandalle	-	Ma'rang	00:07
Ma'rang	-	Labakkang	00:08
Labakkang	-	Pangkajene	00:11
Pangkajene	-	Rammang-Rammang	00:07
Rammang-Rammang	-	Maros	00:10
Maros	-	Mandai	00:04
Mandai	-	Paranglo	00:06
Paranglo	-	Tallo	00:07

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa diatas maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

a. Kategori sarana kereta api dioperasikan di lintas Tallo-Soreang Sulawesi Selatan adalah Kereta Rel Diesel Indonesia (KRDI) dari PT. INKA dengan lebar rel 1435 mm.
b. Kebutuhan sarana KDRI pada lintas Tallo-Soreang diketahui untuk satu trainset KDRI terdiri dari 4 kereta atau diesel multiple unit dapat dikatakan satu trainset KDRI mencakup 8 kereta dengan kapasitas 544 penumpang dan frekuensi 28 perjalanan/hari.
c. Pada lintas Tallo-Soreang Sulawesi Selatan Headway tertinggi di Stasiun Lempue-Soreang dengan nilai 12,8 menit dan terendah pada Stasiun Mandai-Maros dengan nilai headway-nya 6,0 menit.
d. Kapasitas lintas tertinggi didapat dari Stasiun Mandai-Maros sebanyak 145 rangkaian dan terendah di Stasiun Lumpue-Soreang yaitu 67 rangkaian.
e. Waktu tempuh tercepat pada lintas Tallo-Soreang Sulawesi Selatan maupun sebaliknya diketahui di Stasiun Mandai-Maros atau Maros-Mandai yaitu 4 menit.

Referensi

Balai Teknik Perkeretaapian Wilayah Jawa Bagian Timur. (2021). Peta Pengembangan Jalur Kereta Api Makassar-Parepare.

Ditjen Perkeretaapian. (2011). Rencana Induk Perkeretaapian Nasional. Kementrian Perhubungan. Jakarta

Galih, A. B, David, M. Endras. (2021). Kajian Perencanaan Pola Operasi Perkeretaapian Sulawesi Selatan (Studi Kasus: Lintas Makassar_Parepare). Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 72 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Kereta Api. Jakarta, Indonesia.

Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 35 Tahun 2011 tentang Tata Cara dan Standar Pembuatan Grafik Perjalanan Kereta Api.

Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknik Jalur Kereta Api.

Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 110 Tahun 2017 tentang Tata Cara dan Standar Pembuatan Grafik Perjalanan Kereta Api, Perjalanan Kereta Api di Luar Grafik Perjalanan Kereta Api, dan Perjalanan Kereta Api Luar Biasa.

Peraturan Pemerintah Nomor 56 Tahun 2009 Tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian

PT Delima Laksana Tata. Studi Kelayakan Pembangunan Jalan Kereta Api Di Sulawesi Lintas Makassar – Pare-Pare. Departemen Perhubungan. Jakarta.

PT Kereta Api Indonesia. (2011). Peraturan Dinas Nomor 19 Jilid I Tentang Urusan Perjalanan Kereta Api dan Urusan Langsir. Bandung.PT.KAI.

PT INKA. 2019. Kereta Rel Diesel.

Rosyidi, S. A. P. (2016). Rekayasa Jalan Kereta Api Tinjauan Struktur Jalan Rel. LP3M dan Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Setiawan, D. (2016). Kajian Pola Operasi Jalur Ganda Kereta Api Muara Enim-Lahat. Semesta Teknika.

ISSN 2987-677X

Supriadi, Uned. 2006. Management Operasi Perjalanan KA. Bandung. PT.KAI

Tamin, O.Z. (2008), Perencanaan, Per modelan dan Reka yasa Transportasi. Bandung. Institut Teknologi Bandung

Undang-undang Nomor 23 Tahun 2007 Tentang Perkeretaapian. Jakarta, Indonesia.

ISSN 2987-677X

Sistem *Monitoring Physical Distancing* pada Fasilitas Umum Sebagai Upaya Pencegahan Penularan Covid-19

Fathurrozi Winjaya

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ fathurrozi@ppi.ac.id

Penerapan protokol kesehatan menjadi salah satu hal yang perlu diperhatikan pada fasilitas umum seperti kantor, mall, stasiun kereta api, terminal bus dll. Kurang sadarnya masyarakat terhadap pentingnya *physical distancing* dan sulitnya dalam melakukan penertiban menjadi salah satu penyebab terjadinya peningkatan kasus setiap harinya. Salah satu cara untuk penertiban penerapan *physical distancing* di stasiun adalah dengan pemantauan jarak sesama orang agar selalu menjaga jarak minimal 1 meter. Dikarenakan permasalahan tersebut maka didalam tugas akhir ini dilakukan penelitian untuk membuat sistem alat yang berfungsi sebagai pendeteksi objek manusia dan jarak menggunakan metode YOLO. Agoritma YOLO ini merupakan algoritma yang di kembangkan untuk mendeteksi sebuah objek dengan kemampuan proses 45 *frame* per *second secara real-time* Hasil penelitian dari beberapa sampel yang digunakan yaitu hasil uji pengujian deteksi objek manusia 100%, hasil uji deteksi jarak 80%, hasil pengujian berdasarkan waktu yang memiliki akurasi yang cukup baik dan hasil pengujian perbandingan jarak kamera dengan jarak sesungguhnya memiliki akurasi deteksi yang cukup baik dari hasil pengujian tersebut..

Kata kunci: perencanaan, komponen jalan rel Yolov3, *Object Detection, Physical Distancing, OpenCV*

Pendahuluan

COVID-19 (*coronavirus disease* 2019) adalah jenis penyakit baru yang disebabkan oleh virus dari golongan *coronavirus*, yaitu SARS-CoV-2 yang juga sering disebut virus corona. Penyakit yang ditimbulkan dari virus. Ini termasuk salah satu penyakit menular berbahaya, hal ini ditunjukkan oleh tingginya tingkat kematian maupun kecepatan penyebaran. Dilansir dari kompas.com Sabtu (17/7/2021) bahwa Indonesia menjadi negara yang memiliki kasus harian tertinggi dunia sebanyak 54.000 kasus dan kasus tersebut telah tersebar di 510 kabupaten dan kota di seluruh provinsi Indonesia. Sehingga pemerintah melakukan upaya pencegahan dengan mewajibkan setiap masyarakat untuk menjaga imunitas tubuh, mengatur pola makan, mencuci tangan dan mematuhi protokol kesehatan dalam hal menjaga jarak pada saat melakukan kegiatan aktivitas sehari- hari. *Physical distancing* merupakan salah satu kunci penting untuk membatasi kegiatan atau aktivitas yang menimbulkan kerumunan dengan cara saling menjaga jarak antar seseorang. Pada lingkup transportasi kereta apinya, penerapan protokol kesehatan di area stasiun sudah diatur sesuai arahan pemerintah, PT Kereta Api Indonesia (Persero) menerapkan kebijakan *social distancing* atau pembatasan jarak antar penumpang di area stasiun , adapun jarak antar penumpang dalam *social distancing* di stasiun adalah kurang lebih 1 meter. Mengingat didalam Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia no HK.01.07/MENKES/382/2020 tentang protokol kesehatan bagi masyarakat di tempat umum dalam rangka pencegahan dan pengendalian *Corona Virus Disease* 2019 (covid-19) yaitu dengan menjaga jarak minimal 1 meter dengan orang lain agar terhindar terkenanya *droplet* dari orang yang bicara, batuk, atau bersin, serta menghindari kerumunan, keramaian, dan berdesakan.

Jumlah penumpang KRL yang banyak juga menjadi salah satu faktor sulitnya penertiban penerapan *physical distancing* pada area Stasiun. Semakin berkembangnya teknologi dengan berbagai metode, penulis memiliki ide untuk mengkombinasikan hal tersebut dengan menciptakan sistem yang akan disajikan berupa deteksi objek dalam *digital image processing*. Dimana proses tersebut digunakan menentukan keberadaan objek tertentu di dalam suatu citra digital. Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk mendeteksi objek seperti *Faster*-RCNN [1] SSD (*Single Shoot Multibox Detector*) [2] YOLOv1[3] YOLOv2[4] YOLOv3[5] dan SPP (*Spartial Pyramid Pooing*) [6]. Berdasarkan rujukan yang ada, penelitian ini akan menggunakan metode YOLOv3 karena memiliki kinerja yang semakin meningkat pada deteksi objek secara *real-time*[10] pada alat Sistem *Monitoring Physical Distancing* pada fasilitas umum sebagai upaya pencegahan penularan virus covid-19. Dengan penggunaan metode ini, diharapkan dapat bermanfaat untuk pendeteksian jarak antar manusia dalam mengawasi pergerakan antar masyarakat saat pandemi covid-19 terutama pada tempat fasilitas umum, karena selain untuk mendeteksi adanya calon penumpang yang saling berdekatan, alat ini dapat memberikan *output* suara berupa himbauan langsung pada area tersebut agar masyarakat selalu menerapkan protokol kesehatan terutama dalam hal menjaga jarak

Metode

Penelitian diawali dengan studi literatur kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data-data penelitian dan

 ISSN 2987-677X

selanjutnya analisa data dan pengambilan kesimpulan serta saran.

Studi literatur dilakukan melalui kajian pustaka pada penelitian-penelitian terdahulu serta peraturan-peraturan yang terkait. Pengambilan data tentang spesifikasi teknis komponen untuk penyusunan alat yang digunakan sebagai sistem *monitoring physical distancing* menggunakan Laptop, *web camera* dan *speaker* serta penentuan metode untuk perancangan deteksi objek dan jarak menggunakan metode *You Look Only Once* (YOLOv3). Dalam penggunaan metode YOLOv3 terdapat beberapa parameter yang menunjang dalam metode tersebut, yaitu:

a. Tensorflow
   Pustaka perangkat lunak sumber terbuka dan gratis untuk pembelajaran mesin. TensorFlow dapat digunakan dalam berbagai tugas tetapi memiliki fokus khusus pada pelatihan dan inferensi jaringan neural dalam pada skala yang besar untuk produksi dengan menggunakan model yang sama pada ketika proses training data.

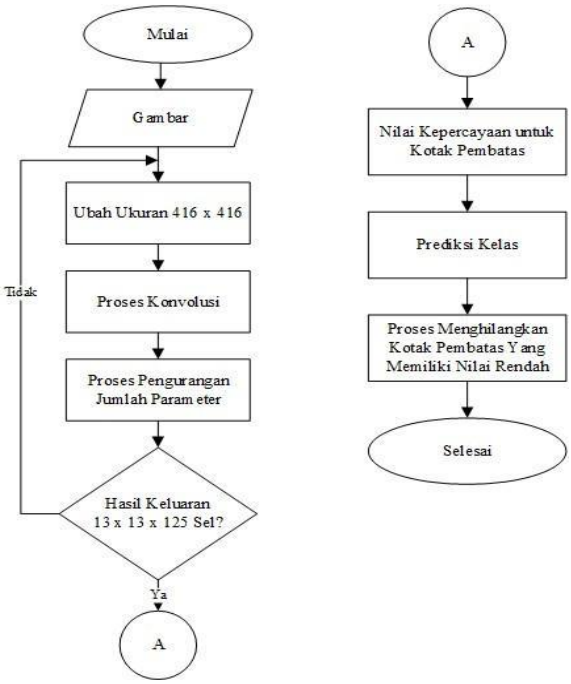
b. *Euclidean Distance*
   Algoritma *Machine Learning* memiliki pengukuran jarak di dalamnya dan salah satu pengukuran jarak menggunakan *euclidean distance*, *euclidean distance* adalah jarak antar dua titik atau data. Euclidean berkaitan dengan teorema phytagoras, dan dapat diterapkan pada ruang 1, 2 dan 3 dimensi. Teori ini akan digunakan untuk mengukur jarak antara dua objek yang saling berdekatan. Untuk euclidean distance dua dimensi.
   Distance dicari menggunakan persamaan berikut:

$$dist(x,y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \quad (x_i - y_i)} \quad (1)$$

Pada skema perencanaan alat *monitoring physical distancing*, kamera jenis webcam digunakan sebagai masukan video yang digunakan untuk memantau atau melihat langsung area sekitar fasilitas umum. Kemudian hasil tangkapan gambar dan video akan diproses oleh laptop di mana hasil tangkapan diolah agar dapat ditampilkan setelah itu hasil dari proses tersebut akan muncul pada layar monitor.

Dalam perencanaan perangkat lunak, terdapat 2 proses yang digunakan, dimana pembuatan dari algoritma YOLO dan sistem dari *physical distancing*, untuk algoritma YOLO dijelaskan pada gambar 1.

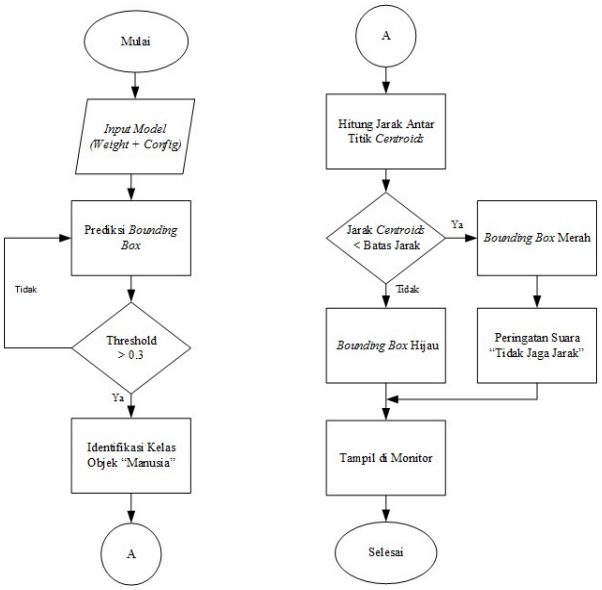
Pada skema diagram *flowchart* alat *monitoring physical distancing* menggunakan webcam, dimulai dengan menghubungkan laptop dengan *speaker* dan webcam, selanjutnya yaitu dengan memanggil program untuk mengaktifkan webcam. Selanjutnya setelah kamera aktif, maka program akan mengkalibrasi atau mencari jangkauan daerah deteksi. Threshold merupakan nilai yang digunakan dalam deteksi objek untuk mengukur area yang diprediksi sebenarnya. Jika nilai kepercayaan deteksi lebih besar dari 0.3 maka



Gambar 1 Flowchart YOLO

deteksi objek yang diasumsikan benar dan jika kurang dari 0.3 maka akan dilewatkan oleh proses *threshold*. Setelah sistem berjalan lancar dan kamera menangkap objek video sekitar, objek video tersebut diproses oleh program menggunakan algoritma YOLO, YOLO menerima sebuah masukan gambar yang dibagi menjadi *grid* sebesar S x S yang dikirimkan ke sebuah *neural network* untuk membuat *bounding box* dan *class prediction*. Pada tahap Selanjutnya adalah proses filter kelas objek manusia, pada tahap ini, hasil dari proses YOLOv3 akan difokuskan untuk mencari objek manusia dan datasheet yang digunakan untuk melatih model adalah mscoco datasheet. Proses selanjutnya yaitu mengukur jarak antara *bounding box* dengan mengatur nilai minimum jarak yang akan kita gunakan. Setelah melakukan pengaturan nilai minimum, proses selanjutnya adalah menghitung jarak antara *bounding box* menggunakan matrix euclidean, jarak euclidean adalah perhitungan jarak dari dua buah titik dalam euclidean *space*, untuk mempelajari hubungan antara sudut dan jarak. Selanjutnya yaitu melakukan perbandingan jarak antara *bounding box* dengan nilai minimum, jika melebihi nilai set yang sudah ditentukan maka *bounding box* tersebut akan berwarna merah yaitu indikasi tidak menjaga jarak dan akan memberikan *output* imbauan suara ”tidak jaga jarak” melalui sebuah *speaker*. dan jika kondisi tidak melebihi nilai minimum maka tampilan *bounding box* berwarna hijau.

 ISSN 2987-677X



Gambar 2 Flowchart Sistem Physical Distancing

Hasil Kerja

Pengujian alat adalah proses kerja dari alat yang sudah dirangkai dan dikontrol dengan menentukan apakah alat dapat beroperasi sesuai tujuan pembuatan alat. Pada pengujian alat *monitoring physical distancing* ini, dilakukan dengan 5 parameter yaitu, parameter deteksi objek manusia, parameter deteksi jarak, parameter berdasarkan waktu, parameter perbandingan jarak sesungguhnya serta parameter akurasi webcam terhadap hasil uji deteksi jarak.

Hasil Uji Parameter Pendeteksi Objek Manusia

Dapat diketahui pada tabel 2 objek manusia yang terbaca dengan jelas akan mendapatkan *bounding box*. Sedangkan objek manusia yang tidak terbaca secara jelas, maka tidak akan mendapatkan *bounding box* pada objek tersebut.

Tabel 1 Hasil parameter pengujian deteksi objek

Pengujian	Jumlah Gambar	Berhasil	Gagal	Akurasi
Manusia	10	10	0	100%

Tabel 2 Hasil parameter pengujian deteksi objek

Pengujian	Jumlah Gambar	Berhasil	Gagal	Akurasi
Deteksi Jarak	10	8	2	80%

Pada deteksi jarak antar orang minimal 1 meter telah didapatkan hasilnya. Dari hasil percobaan tabel 1, didapatkan hasil deteksi jarak. Kamera tersebut dapat mendeteksi adanya objek manusia dengan mendeteksi jarak antar manusia pada area sekitar. Objek manusia yang terbouding ini akan diproses dengan jarak antar *bounding* yang terdekat. Apabila jarak kurang dari 1 meter, maka *bounding box* tersebut akan berwarna merah, dan *value* yang dihasilkan akan terhitung sebagai jarak *physical distance* yang berbahaya.

Tabel 3 Hasil parameter pengujian malam hari

Kondisi	Malam		
Tinggi Kamera (cm)	**Jumlah Gambar**	**Deteksi Objek**	**Deteksi Jarak**
50	10	Terdeteksi	Terdeteksi
150	10	Terdeteksi	Terdeteksi
200	10	Terdeteksi	Terdeteksi
250	10	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
300	10	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi

Pada alat sistem *monitoring physical distancing*, kamera jika digunakan pada malam hari, kamera tidak sepenuhnya dapat mendeteksi semua objek di area sekitar. Hal itu dikarenakan kurangnya cahaya dilapangan yang membuat kamera menjadi kurang maksimal saat diuji. Akan tetapi jika alat pendeteksi tersebut digunakan pada malam hari dengan bantuan cahaya dari lampu penerangan maka kamera tersebut dapat mendeteksi sebagaimana mestinya

Tabel 4 Hasil parameter pengujian sore hari

Kondisi	Sore		
Tinggi Kamera (cm)	**Jumlah Gambar**	**Deteksi Objek**	**Deteksi Jarak**
50	10	Terdeteksi	Terdeteksi
150	10	Terdeteksi	Terdeteksi
200	10	Terdeteksi	Terdeteksi
250	10	Terdeteksi	Terdeteksi
300	10	Terdeteksi	Terdeteksi

Pada sore hari pengujian alat sistem monitoring physical distancing ini berjalan maksimal dan tidak mengalami masalah. Karena intensitas cahaya yang cukup terang dapat memudahkan kamera dalam mengenali objek.

Pada siang hari kamera yang digunakan sebagai deteksi berjalan maksimal dan mendeteksi objek gambar sebagaimana mestinya. Karena pada siang hari, pencahayaan yang ada di lapangan cukup, tidak terlalu terang dan tidak terlalu gelap. Hasil gambar yang didapatkan pun jelas dan dapat fokus mendeteksi sesuai parameter yang diteliti, meskipun saat pengujian masih mengalami beberapa kendala yaitu, beberapa bagian tidak dapat mendeteksi dengan sempurna

Tabel 5 Hasil parameter pengujian siang hari

Kondisi	Siang		
Tinggi Kamera (cm)	**Jumlah Gambar**	**Deteksi Objek**	**Deteksi Jarak**

 ISSN 2987-677X

50	10	Terdeteksi	Terdeteksi
150	10	Terdeteksi	Terdeteksi
200	10	Terdeteksi	Terdeteksi
250	10	Terdeteksi	Terdeteksi
300	10	Terdeteksi	Terdeteksi

Analisis Hasil Uji

Setelah dilakukan pengujian pada alat di waktu yang berbeda di dapat kan hasil yaitu pada pagi hari dengan intensitas cahaya yang mendukung, kamera dapat menghasilkan tangkapan gambar yang jernih dan jelas dalam mendeteksi objek dan jarak antar manusia, pada waktu sore hari kamera dapat berjalan dengan maksimal, akan tetapi jika digunakan pada waktu malam hari, agar mendapat hasil tangkapan gambar yang maksimal, ditambahkan cahaya penerangan. Tujuan dilakukannya pengujian pada tiga kondisi waktu yang berbeda adalah untuk mengetahui kemampuan kamera disaat adanya perbedaan intensitas cahaya.

Tabel 6 Hasil uji perbandingan jarak

Gambar	Hasil Deteksi Kamera	Jarak Sebenarnya	Kesimpulan
1	Terdeteksi Tidak Jaga Jarak	55 CM	Sesuai, jarak terdeteksi < 1 meter
2	Terdeteksi Jaga Jarak	205 CM	Sesuai, jarak terdeteksi > 1 meter
3	Terdeteksi Tidak Jaga Jarak	60 CM	Sesuai, jarak terdeteksi < 1 meter
4	Terdeteksi Jaga Jarak	120 CM	Sesuai, jarak terdeteksi > 1 meter
5	Terdeteksi Tidak Jaga Jarak	67 CM	Sesuai, jarak terdeteksi < 1 meter

Dari hasil uji akurasi table 6 didapatkan data perbandingan jarak tangkapan kamera dengan pengukuran jarak secara langsung. Maka makin presisi penempatan kamera terhadap area yang akan di tangkap, gambar yang di dapatkan akan makin jelas dan jarak yang terdeteksi lebih akurat dan kurang tepatnya penempatan kamera terhadap area sekitar maka hasil yang akan didapatkan tidak begitu jelas dan pengukuran jarak akan menjadi kurang akurat. Hal ini disebabkan karena spesifikasi atau posisi dari kamera yang digunakan dalam proses pengujian perangkat terbatas

Hasil Uji Akurasi Webcam Terhadap Hasil Deteksi

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan webcam, dapat ditunjukan pada gambar hasil pengujian. Terdapat 4 gambar pengujian, di mana terdapat penempatan webcam yang berbeda-beda pada beberapa webcam. Dari kualitas video yang dihasilkan pada posisi yang sesuai, background webcam yang dihasilkan dapat memengaruhi hasil pengujian dalam mendeteksi objek manusia. Sebagai contoh, jika pakaian yang digunakan oleh manusia itu menyerupai dengan background yang dihasilkan webcam. Maka, webcam sulit untuk mengidentifikasi objek manusia itu sendiri. Begitu juga, dengan objek manusia yang terhalangi oleh objek lain pada webcam.



Gambar 3 Hasil Deteksi Webcam

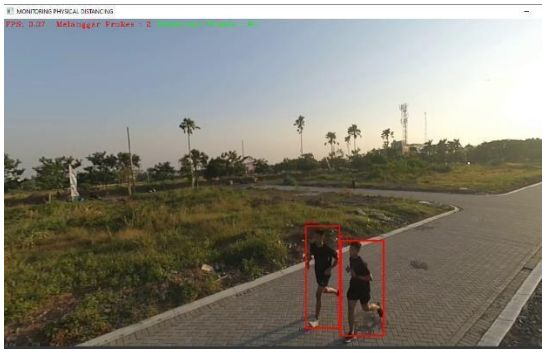
Pada hasil pengujian gambar 3, menunjukan empat orang terdeteksi kotak hijau yang artinya mematuhi protokol kesehatan dalam menjaga jarak minimal 1 meter dan dua orang terdeteksi kotak merah yang artinya tidak mematuhi protokol kesehatan dengan tidak menjaga jarak.



Gambar 4 Hasil Deteksi Webcam

Pada hasil pengujian gambar 4 menunjukan empat orang terdeteksi kotak hijau yang artinya menjaga jarak minimal 1 meter dan tidak ada orang yang terdeteksi kotak merah atau tidak jaga jarak.

 ISSN 2987-677X



Gambar 5 Hasil Uji Webcam

Pada hasil pengujian gambar 5, terdapat dua orang yang terdeteksi kotak merah yang artinya tidak menjaga jarak minimal 1 meter.



Gambar 6 Hasil Deteksi Webcam

Pada hasil pengujian gambar 6 menunjukan empat orang terdeteksi kotak merah yang berarti tidak menjaga jarak minimal 1 meter dan tidak ada orang yang terdeteksi kotak hijau.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan diatas, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

a. Alat ini memiliki keakuratan dalam mendeteksi manusia yang dinilai cukup dan dari hasil pengujian yang telah dilakukan alat ini layak untuk diimplementasikan.

b. Pada hasil beberapa parameter pengujian, bahwa akurasi alat bergantung pada pencahayaan, spesifikasi kamera dan penempatan posisi kamera, pada area pengujian dengan resolusi kamera 16 megapixels dan ukuran video 1080p pada 30 fps di pencahayaan yang cukup terang maka hasil dari deteksi objek dan jarak memiliki tingkat akurasi 100% dari beberapa gambar hasil pengujian, sedangkan pada area pengujian dengan pencahayaan yang kurang maka hasil akurasi yang didapatkan dalam mendeteksi objek dan jarak adalah 80% dan beberapa objek tidak terdeteksi.

c. Pada hasil parameter akurasi alat dalam perbandingan posisi jarak dan objek manusia menggunakan kamera dan pengukuran jarak sesungguhnya di nilai cukup akurat, karena dari masing-masing hasil gambar pengujian menunjukkan hasil perbandingan pengukuran yang sesuai pada jarak yang sudah ditentukan yaitu 1 meter.

Referensi

Alamsyah, D., & Pratama, D. (2019). Deteksi Ujung Jari menggunakan Faster- RCNN dengan Arsitektur Inception v2 pada Citra Derau. JuSiTik : Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi Komunikasi, 2(1), 1. https://doi.org/10.32524/jusitik.v2i1.435

Anung Ahadi Pradana, Casman, N. (2020). Pengaruh Kebijakan Social Distancing pada Wabah COVID-19 terhadap Kelompok Rentan di Indonesia. Jurnal Kebijakan Kesehatan Indonesia : JKKI, 9(2), 61–67. https://jurnal.ugm.ac.id/jkki/article/view/55575

Ariyoga, D., Rahmadi, R., & Rajagede, R. A. (2021). Penelitian Terkini Tentang Sistem Pendeteksi Pelanggaran Lalu Lintas Berbasis Deep Learning : Sebuah Kajian Pustaka. Automata, 2(1).

Dewi, S. R. (2018). Deep Learning Object Detection Pada Video. Deep Learning Object Detection Pada Video Menggunakan Tensorflow Dan Convolutional Neural Network. https://dspace.uii.ac.id/bitstream/handle/123456789/7762/14611242_SyarifahRositaDewi_Statistika.pdf?sequence=1

Hakim, M. A., Rohana, T., & Kusumaningrum, D. S. (2020). Perekaman Otomatis Berdasarkan Deteksi Objek Manusia Pada Cctv Menggunakan. Ciastech, 699–708.

Jupiyandi, S., Saniputra, F. R., Pratama, Y., Dharmawan, M. R., & Cholissodin, I. (2019). Pengembangan Deteksi Citra Mobil untuk Mengetahui Jumlah Tempat Parkir Menggunakan CUDA dan Modified YOLO. Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer, 6(4), 413. https://doi.org/10.25126/jtiik.2019641275

Karlina, O. E., & Indarti, D. (2019). Pengenalan Objek Makanan Cepat Saji Pada Video Dan Real Time Webcam Menggunakan Metode You Look Only Once (Yolo). Jurnal Ilmiah Informatika Komputer, 24(3), 199–208. https://doi.org/10.35760/ik.2019.v24i3.236240

Liu, C., Tao, Y., Liang, J., Li, K., & Chen, Y. (2018). Object detection based on YOLO network. Proceedings of 2018 IEEE 4th Information Technology and Mechatronics Engineering Conference, ITOEC 2018, Itoec, 799–803. https://doi.org/10.1109/ITOEC.2018.8740604

Liunanda, C. N., Rostianingsih, S., & Purbowo, A. N. (2020). Implementasi Algoritma YOLO pada Aplikasi Pendeteksi Senjata Tajam di Android. Jurnal Infra, Vol 8, No., 1–7.

Maulana, K. L., Hidayatno, A., & Santoso, I. (2018). Aplikasi Pengenalan Wajah Menggunakan Metode Eigenface Dan Jarak Euclidean. Transient, 7(1), 62. https://doi.org/10.14710/transient.7.1.62-69

Novyantika, R. D. (2018). Deteksi Tanda Nomor Kendaraan Bermotor Pada Media Streaming Dengan Algoritma Convolutional Neural Network Menggunakan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Jurusan Statistika Disusun Oleh : Rizky Dwi Novyantika. March.

Rizaldi, R., Kurniawati, A., & Angkoso, C. V. (2018). Implementasi Metode Euclidean Distance untuk Rekomendasi Ukuran Pakaian pada Aplikasi Ruang Ganti Virtual. Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer, 5(2), 129. https://doi.org/10.25126/jtiik.201852592

Saptoyo, R. D. A. (2021). Minilik Tingginya Angka Kasus Harian Covid-19 di Indonesia. Kompas.Com. https://www.kompas.com/tren/read/2021/07/17/093400465/menilik-tingginya-angka-kasus-harian-covid-19-di-indonesia?page=all

 ISSN 2987-677X

Tanuwijaya, E., & Fatichah, C. (2020). Penandaan Otomatis Tempat Parkir Menggunakan YOLO Untuk Mendeteksi Ketersediaan Tempat Parkir Mobil Pada Video CCTV. Briliant: Jurnal Riset Dan Konseptual, 5(1), 189. https://doi.org/10.28926/briliant.v5i1.434

Tuluran, J. (2020). Sistem Deteksi Pakan Udang Dengan Metode Deep Learning. 2507(February), 1–9.

ISSN 2987-677X

Studi Perencanaan Sumur Resapan Guna Mengurangi Genangan di Daerah Perkotaan (Studi Kasus Kelurahan Tulusrejo Kecamatan Lowokwaru Kota Malang)

Catur Arik, Ali Mukhtar , Hizbul Maulana, Bagus Akbar

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

✉ psda.jatim@gmail.com

Kelurahan Tulusrejo merupakan daerah pemukiman yang padat penduduk yang telah mengalami banyak perubahan tata guna lahan. Kondisi lahan sebagai Ruang Terbuka Hijau beralih fungsi menjadi kawasan pemukiman dan perkantoran. Salah satu dampaknya adalah meningkatnya aliran permukaan langsung dan menurunnya kuantitas air yang meresap ke dalam tanah, sehingga terjadi banjir pada musim hujan, maka salah satu penangananya adalah pembuatan sumur resapan. Hasil perhitungan menunjukan bahwa ada beberapa daerah yang tidak bisa mereduksi limpasan yang disebabkan perubahan tata guna lahan dan drainase eksisting yang sudah tidak bisa menampung. Perhitungan dimensi sumur resapan disesuaikan dengan lahan yang ada lalu dimensi sumur resapan akan dibagi debit limpasan untuk mengetahui berapa jumlah sumur yang akan dibuat. Selain itu menghitung elevasi ketinggian genangan sebelum dan setelah adanya sumur resapan.

Kata Kunci : Curah hujan, Limpasan permukaan, Debit rancangan, Sumur resapan

Pendahuluan

Air adalah sumber kehidupan manusia yang harus dijaga kelestariannya. Namun, permasalahan air adalah permasalahan yang tidak kunjung usai. Segala bentuk permasalahannya serta sistemnya patut dijadikan permasalahan utama dalam kehidupan perkotaan, khususnya sistem drainase perkotaan. Banyak yang menjadi permasalahan dan kendala dalam sistem drainase perkotaan. Mulai dari sampah, sungai tercemar, pembuangan limbah di saluran drainase, hingga banjir. Selain itu faktor pertambahan penduduk juga ikut memberikan kontribusi dalam permasalahan sistem drainase di perkotaan.

Pertumbuhan kota yang bertambah tiap tahun menyebabkan perubahan tata guna lahan yang dulunya ruang terbuka hijau menjadi kawasan yang kedap air. Salah satu dampaknya adalah meningkatnya aliran permukaan langsung dan menurunnya kuantitas air yang meresap ke dalam tanah, sehingga terjadi banjir pada musim hujan dan ancaman kekeringan pada musim kemarau.

Adapun hasil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

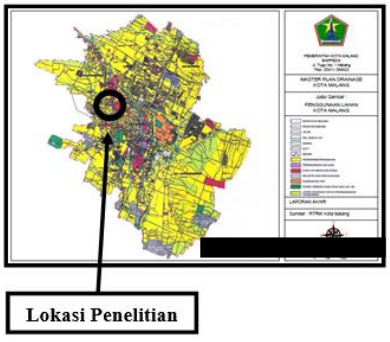
1. Untuk mengetahui jumlah reduksi limpasan permukaan akibat adanya sumur resapan.
2. Mengetahui kapasitas volume sumur resapan dalam mengurangi limpasan permukaan.
3. Mengetahui waktu resap yang paling cepat dari hasil uji sampel tanah yang sesuai untuk sumur resapan sebagai resapan air.
4. Mengetahui jumlah sumur yang dibutuhkan untuk mengurangi limpasan permukaan.

Metode

Lokasi Penelitian

Daerah studi berada dalam wilayah Kotamadya Malang. Secara geografis Kota Malang terletak pada koordinat 112°06’ – 112°07’ Bujur Timur dan 7°06’ – 8°02’

Terdapat genangan yang sulit teratasi di tiga jalan di suatu kawasan pemukiman yaitu di Jalan Bantaran Terusan II, Jalan Bantaran IV, dan Jalan Bantaran V, ketiga daerah ini berada di Kelurahan Tulusrejo Kecamatan Lowokwaru Kota Malang.



 ISSN 2987-677X

Pengumpulan Data Penelitian

Setelah mengetahui kondisi daerah studi, maka dilakukan pengumpulan data-data dari instansi yang terkait sebagai sumber data untuk keperluan studi ini. Data-data yang diperlukan dalam studi ini adalah :

Data Curah Hujan

Data curah hujan yang diperoleh adalah data hujan 10 tahun terakhir yaitu mulai tahun 2013 sampai tahun 2022.Data curah hujan diperlukan dalam perhitungan debit rancangan. Stasiun hujan yang digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan dalam penelitian ini adalah Stasiun hujan Laboratorium Hidrologi Jurusan Teknik Pengairan karena letak dan luas daerah pengaruh paling besar terhadap lokasi penelitian ini.

Data dan Denah Kawasan

Data dan denah kawasan diperlukan untuk mengetahui kondisi genangan air yang terjadi di kawasan serta untuk mengetahui pengaruh dari luas atap dan ruas jalan dalam penentuan limpasan permukaan.Hal ini dilakukan berdasarkan pengamatan langsung di lapangan sesuai dengan kondisi nyata, dilakukan juga pengukuran luas daerah dengan pengamatan peta kontur dengan skala 1:25.000.

Permeabilitas Tanah

Permeabilitas tanah diperlukan untuk mengetahui kemampuan tanah untuk meloloskan air.Data permeabilitas tanah didapatkan dengan cara pengambilan sampel tanah di lokasi sumur injeksi. Sampel tanah diujikan di Laboratorium Mekanika Tanah.

Data Penduduk

Jumlah penduduk pada daerah studi pada tahun saat perencanaan dimulai dan pada tahun-tahun yang akan datang harus diperhitungkan untuk menghitung kebutuhan air tiap penduduk. Dari kebutuhan air tiap penduduk dapat diketahui jumlah air kotor (buangan) akibat rumah tangga.

Hasil Kerja

Intensitas Hujan

Perhitungan intensitas hujan kala ulang 5 tahun sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24}\left(\frac{24}{tc}\right)^{m}$$

$$I = \frac{112{,}332}{24}\left(\frac{24}{4}\right)^{0{,}667}$$

I = 15,463 mm/jam

Luas Area

Menghitung debit rancangan menggunakan rumus rasional dibutuhkan data luas area yang akan ditinjau.

Tabel.1 Luas AreaP

Peruntukan	Luas (m²)
Perumahan	110339
Jalan Aspal	23025
Taman	768
Total	134132

Sumber: Hasil Perhitungan

Koefisien Pengaliran

Tiap kapling rumah rata-rata 85% berupa bangunan dan 15% berupa halaman. Jalan rata-rata terdiri dari 90% aspal dan 10% bahu jalan berupa tanah.

Besaran C (koefisien limpasan)

- Bangunan rumah = 0,90
- Halaman rumah = 0,30
- Aspal = 0,95
- Bahu jalan = 0,4
- Taman = 0,2

Contoh perhitungan Besaran C gabungan adalah sebagai berikut.

Luas Perumahan = 110339 m²

85% adalah bangunan dan 15% adalah halaman rumah

Luas bangunan=110339 x 85% = 93788 m²

Luas halaman = 110339 x 15% = 16551 m²

Luas bangunan x Koefisien limpasan = 93788 x 0,90 = 84409

Luas halaman x Koefisien limpasan = 16551 x 0,30 = 4965

$$Cm = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i.C_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i}$$

Jadi C (koefisien limpasan) gabungan adalah.

C gabungan = 110136 / 134132 = 0,821

Pertumbuhan Penduduk

 ISSN 2987-677X

Proyeksi jumlah penduduk menggunakan cara perhitungan laju pertumbuhan geometri (Geometric Rate of Growth), pertumbuhan eksponensial (Eksponential Rate of Growth) dan metode aritmatika (Arithmetic Rate of Growth). Berikut akan dibahas pertumbuhan jumlah penduduk beserta persentase pertambahan penduduk di Kelurahan Tulusrejo, Kecamatan Lowokwaru.

Jumlah penduduk Kelurahan Tulusrejo tahun 2020 adalah 9852 jiwa (dispendukcapil, Kepadatan Penduduk Kota Malang Tahun 2020)

Pertumbuhan penduduk r=1,84%=0,0186

Nilai e = 2,718

Ramalan laju pertumbuhan Geometris adalah sebagai berikut :

$Pn = Po (1 + r)^n$

$P_2 = 9852 (1 + 0,0186)^2$

Pn = 10221 jiwa

Ramalan laju pertumbuhan Eksponensial adalah sebagai berikut :

$Pn = Po.e^{r.n}$

$Pn = 9852 . 2,718^{0,0186.10}$

Pn = 11866 jiwa

Pada perhitungan debit air buangan penduduk pertumbuhan jumlah penduduk yang digunakan adalah pertumbuhan penduduk eksponensial dengan rasio pertumbuhan penduduk Kota Malang ± 2% sesuai dengan standar perhitungan yang digunakan Biro Pusat Statistik Kota Malang. Jumlah penduduk tahun 2020

(Pn) = 52536 jiwa

Debit Air Kotor

Perhitungan air buangan tiap penduduk didapat dari:

$Q_{ak} = \frac{P_n.q}{A}$

$Q_{ak} = \frac{52536.176}{1,3413}$

$Q_{ak} = 0,68935$ l/dt/m³

Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase Eksisting

Luas (A) = Dengan Pengukuran di lapangan didapat

h= 0,45 b=0,4 T=0,44

A = (h . b) + ((T - b) / 2) . h)

A = (0,45 . 0,4) + ((0,44 - 0,4) / 2) .). 0,45)

A = 0,0,189 m²

Keliling basah (P) = b + $2y\sqrt{1+z^2}$

P = 0,3 + $2.0,45\sqrt{1+0,044^2}$

P = 1,301

Jari-jari hidrolik (R) = $\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$

R = $\frac{(0,4+0,044.0,45)0,45}{0,4+2.0,45\sqrt{1+0,044^2}}$

R = 0,323

Dengan s = 0,00033 n = 0,015

Kecepatan (V) = $\frac{1}{n}.R^{2/3}.s^{1/2}$

V = $\frac{1}{0,015}.0,323^{2/3}.0,00033^{1/2}$

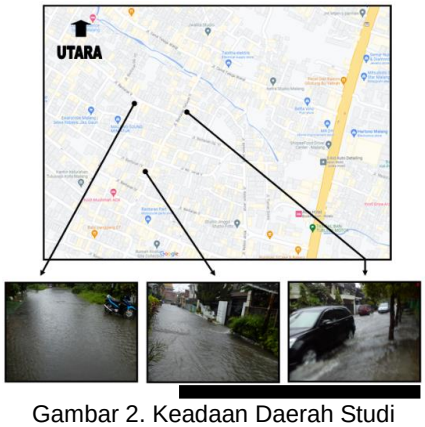
V = 0,573 m/s

Debit (Q) = A . V

Q = 0,189 . 0,573

Q = 0,108 m³/s

Perhitungan Debit Banjir dengan Metode Rasional



Gambar 2. Keadaan Daerah Studi

$Q_{genangan} = (Q_{air\ kotor} + Q_{air\ hujan}) - Q_{eksisting}$

Q_{hujan} = 0,278. C. I. A

$Q_{air\ kotor}$ = Pn.q/A

$Q_{eksisting}$= A . V

 ISSN 2987-677X

C = 0,821

I = 28,083 mm/jam

A = 0,147 km²

Q_{hujan} = 0,278. C. I. A

Q_{hujan} = 0,278. 0,821. 15,463. 0,0147

Q_{hujan} = 0,0945 m³/detik

Perhitungan buangan air kotor penduduk

m³/s $Q_{air\ kotor}$ = Pn.q/A

$Q_{air\ kotor}$ = 52,536 . 176 / 0,13413

$Q_{air\ kotor}$ = 0,68935 l/dt/m³

Buangan air penduduk per jalan

$Q_{air\ kotor}$ = Luas / Luas total . Q per km²

$Q_{air\ kotor}$ = 0,00284 / 0,134132 . 0,07178

$Q_{air\ kotor}$ = 0,01522 (m³/dt)

Perhitungan debit tampungan saluran eksisting

$Q_{eksisting}$ = A . V

$Q_{eksisting}$ = 0,189 . 0,573

$Q_{eksisting}$ = 0,108

Perhitungan banjir keadaan saluran eksisting

$Q_{genangan}$ = (Q_{hujan}+$Q_{air\ kotor}$) - $Q_{eksisting}$

$Q_{genangan}$ = (0,0945+0,0152) - 0,108

$Q_{genangan}$ = 0,0125

Permeabilitas tanah

Pengujian menentukan nilai koefisien permeabilitas tanah (K) dilakukan di laboratorium mekanika tanah jurusan sipil fakultas teknik. Menggunakan metode *Falling Head Permeameter* memakai sampel jenis tanah yang diambil langsung pada lokasi studi, pencatatan data dilakukan setiap hari dalam kurun waktu enam hari.

Perhitungan nilai koefisien permeabilitas tanah :

Tinggi air pertama (h1) = 53

Tinggi air kedua (h2) = 51,9

Panjang contoh tanah (L) = 10 cm

Diameter tanah (D) = 6 cm

Luas contoh tanah (A) = $^1/_4$. π. D²

= $^1/_4$. 3,14 . 6² = 28,26 cm²

Luas pipa (a) = 0,25 . π . 1,7² = 2,268 cm²

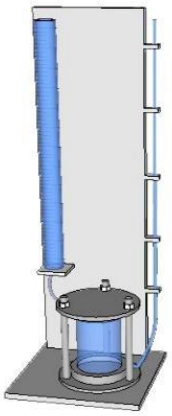
Waktu (t) = 86400 detik (24 jam)

Maka :

$$K = \frac{a.L}{A}.\frac{2,3}{(t_2-t_1)}.\log\frac{h_1}{h_2}$$

$$K = \frac{2,268x10}{28,26}.\frac{2,3}{(86400-0)}.\log\frac{53,6}{52,38}$$

K = 2,14x10^{-3} cm/detik



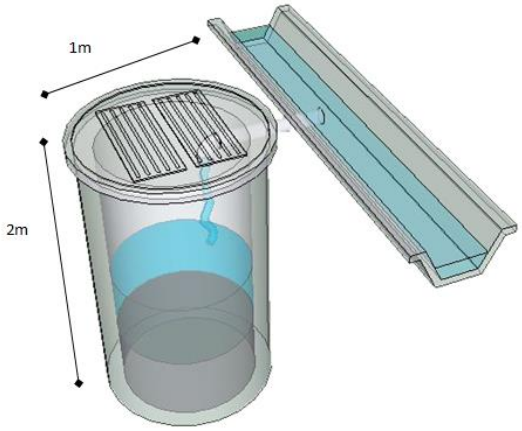
Gambar.3 Alat uji permeabilitas



Gambar.4 Sampel

Perhitungan Sumur Resapan

Konsep awal sumur resapan yaitu sebagai pengganti tanah resapan air hujan yang mengalami perkerasan yang menyebabkan air hujan yang jatuh tidak dapat langsung meresap ke dalam tanah. Untuk mereduksi limpasan yang terjadi di sekitar saluran drainase, maka sumur resapan dibangun di sekitar saluran drainase di wilayah yang termasuk dalam daerah tangkapan air saluran tersebut. Konstruksi sumur direncanakan kedalaman sumur resapan 200 cm dengan diameter 100 cm.



Gambar.5 Desain sumur resapan

 ISSN 2987-677X

Menghitung kapasitas sumur resapan

Maka : V_{sumur} = $^1/_4$. π. D^2. H

V_{sumur} = $^1/_4$. π. 1^2. 2

V_{sumur} = 1,570 m^3

Menghitung debit resap

Maka :

$Q_{resap\ sumur}$ = F. K. H

$Q_{resap\ sumur}$ = 2. 1. 3,84.10^{-5}. 2

$Q_{resap\ sumur}$ = 0,000154 m^3/detik

Menghitung debit sumur

Maka : $$Q_{sumur} = \frac{F.K.H}{1 - e^{\left(\frac{F.K.T}{\pi.R^2}\right)}}$$

$$Q_{sumur} = \frac{F.K.H}{1 - e^{\left(-\frac{F.K.T}{\pi.R^2}\right)}}$$

$$Q_{sumur} = \frac{2.0,0000384.2}{1 - 2,718^{\left(-\frac{2.0,0000384.14400}{3,14.0,5^2}\right)}}$$

$$Q_{sumur} = 0,00039 \quad m^3/detik$$

Menghitung waktu pengisian sumur dan waktu resap

Maka : t_{sumur} = V_{sumur} / Q_{sumur}

t_{sumur} = 1,570 / 0,00039

t_{sumur} = 4009,625 detik

Maka : t_{resap} = V_{sumur} / $Q_{resap\ sumur}$

t_{resap} = 1,570 / 0,000154

t_{resap} = 10221,354 detik

Menghitung jumlah sumur yang dibutuhkan

Maka :n = $\frac{Qtotal}{Qsumur}$

n = $\frac{0,0125}{0,00039}$

n = 32,023 dibulatkan → 33 sumur

Menghitung volume reduksi genangan akibat limpasan

-> Sebelum adanya sumur resapan:

Maka : V = Q_{total}. t

V = 0,0125. 3600

V = 45,140 m^3

H = $\frac{V}{A}$

H = $\frac{45,140}{147,484}$

H = 3,061 m

-> Setelah adanya sumur resapan:

Contoh Perhitungan:

Data : $Q_{limpasan}$ = -0,000383 m^3

A = 147,484 m^2

Maka : V = $Q_{limpasan}$. t

V = -0,000383. 3600

V = -1,377 m^3 = 0 m^3 (tidak ada limpasan)

H = $\frac{V}{A}$

H = $\frac{-0,377}{147,484}$

H = -0,093 m = 0 m (tidak ada limpasan)

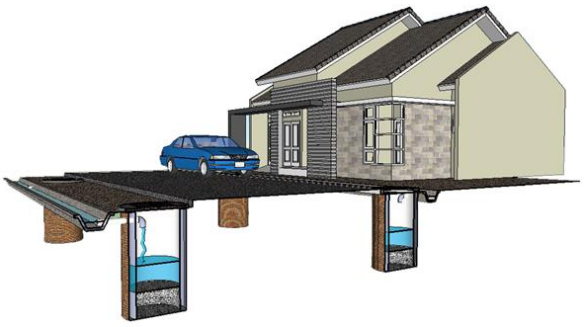
Reduksi Volume limpasan =

$V_{sebelum\ adanya\ sumur}$ – $V_{setelah\ adanya\ sumur}$

Reduksi Volume limpasan

= 45,140 - (-1,377)

Reduksi Volume limpasan = 46,517 m^3



Gambar.6 Penempatan Sumur Resapan

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan serta analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

 ISSN 2987-677X

1. Dari hasil analisis dan perhitungan Sumur Resapan dapat mengurangi limpasan permukaan di daerah lokasi penelitian, terdapat empat jalan yang tidak dapat menampung debit limpasan yaitu Pada lokasi Jalan Bantaran Terusan II terjadi volume reduksi limpasan sebesar 46,517m3, lokasi Jalan Bantaran IV terjadi volume reduksi limpasan sebesar 9,867 m3, lokasi Jalan Bantaran V terjadi volume reduksi limpasan sebesar 72,220 m3.
2. Berdasarkan peninjauan pada lokasi penelitian yang berada di daerah pemukiman padat penduduk, penentuan volume sumur resapan berdasarkan lebar sebagian besar bahu jalan di daerah tersebut maka ditentukan sumur berbentuk silinder berdiameter 1 m dan kedalaman 2 m dan dengan volume 1,570 m^3.
3. Uji sampel tanah di laboratorium mekanika tanah dengan menggunakan metode Falling Head, percobaan dilakukan selama enam hari dengan mengukur penurunan air setiap hari yang nanti hasilnya akan dirata-rata, maka nilai permeabilitas atau waktu resap yang didapat dari hasil perhitungan adalah 0,00384 cm/detik, dan tanah yang dipakai sampel uji yang diambil langsung dari lokasi penelitian tersebut termasuk jenis tanah berpasir halus.
4. Dari hasil perhitungan jumlah sumur dengan membagi antara debit yang dapat ditampung sumur dan debit limpasan yang akan ditampung oleh sumur maka dapat disimpulkan pada lokasi Jalan Bantaran Terusan II dibutuhkan sumur resapan sebanyak 33 buah, pada lokasi Jalan Bantaran IV dibutuhkan sumur resapan sebanyak 7 buah, lokasi Jalan Bantaran V dibutuhkan sumur resapan sebanyak 46 buah. Total sumur yang dibutuhkan adalah 86 buah sumur.
5. Dari hasil perhitungan debit limpasan pada kondisi eksisting di daerah penelitian sebagian besar dapat ditampung oleh saluran drainase, hanya limpasan terdapat pada lokasi Jalan Bantaran Terusan II sebesar 0,0125 m^3/detik, lokasi Jalan Bantaran IV sebesar 0,0024 m^3/detik, lokasi Jalan Bendungan Bantaran V sebesar 0,0177 m^3/detik.

Ucapan Terima kasih

Terima Kasih kepada Bapak dan Ibu tingkat Esselon di lingkup Dinas PU Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur

Terimakasih dengan Bapak dan Ibu Dosen Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Referensi

Anonim. 2002. *Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan untuk Lahan Pekarangan*. Jakarta : SK SNI 03-2453-2002 Puslitbang Jalan. Balitbang PU

Anonim. 1991. *Spesifikasi Sumur Resapan Air Hujan untuk Lahan Pekarangan*. Jakarta: SK SNI 03-2459-1991 Puslitbang Jalan. Balitbang PU

Anonim. 2006. *Laporan Akhir Master Plan Drainase Kota Malang*. Malang : Kota Malang.

Anonim 2011. *Buku Praktikum Mekanika Tanah*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil. Malang.

Suhardjono, 2013. *Naskah Buku Ajar Drainase Perkotaan. Malang*. Universitas Brawijaya.

Montarcih Lily. 2009. *Hidrologi Teknik Terapan*. Malang: Citra.

Kusnaedi, 2000 . *Sumur Resapan Untuk Pemukiman Perkotaan dan Pedesaan*. Jakarta : PT. Penebar Swadaya.

Harto, Sri. 1993. *Analisis Hidrologi*, Jakarta: Erlangga.

Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid I*, Bandung: Nova.

Sosrodarsono, S., Takeda, K., 2003. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Suripin, 2003. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Yogyakarta : Penerbit Andi

Soemarto CD. 1995. *Hidrologi teknik*. Jakarta : Penerbit Erlangga.

Universitas Brawijaya, Fakultas Teknik. 2008. *Panduan Penulisan Skripsi*. UPT Penerbitan Fakultas Teknik. Malang.

ISSN 2987-677X

Rekayasa Pengendalian Banjir Sub DAS Bengawan Jero di Kabupaten Lamongan

Fauzy Nasruddin, Arif Wahyu Kristianto, M.Dimas Noor Syamsuddin, Siswanto

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ fauzy.nasruddin@gmail.com

✉ arifpusdajatim@gmail.com

✉ dimasnos21@gmail.com

✉ sysco.ceo@gmail.com

Banjir pada system DAS Bengawan Jero (Kali Blawi, Leideng Wedung, Oxbow Plalangan, dan Oxbow Bonsari) selain diakibatkan oleh curah hujan juga topografi yang merepresentasikan daerah cekungan (depresi) terhadap Sungai Utama (Bengawan Solo).

Upaya mengurangi dampak banjir dilakukan melakukan perhitungan ulang debit banjir menggunakan pemodelan 2 dimensi dan analisa numerik terhadap kapasitas tampungan dan optimasi infrastruktur yang ada pada Sungai Blawi.

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan, upaya normalisasi, optimasi pola operasi bukaan pintu air dan peningkatan kapasitas pompa banjir dapat mengurangi luas genangan sebesar 38.55%.

Kata kunci: Banjir, Optimasi, Pompa Banjir

PENDAHULUAN

Pengendalian banjir di Kabupaten Lamongan khususnya wilayah Bengawan Jero pun sangat penting untuk dilakukan, mengingat seringnya terjadi banjir di 6 wilayah kecamatan yang terendam rata-rata selama 4 (empat) bulan setiap tahunnya dengan nilai kerugian sangat besar. Kondisi ini telah terjadi sebelum zaman penjajahan Belanda (abad XVIII) dan belum sepenuhnya teratasi sampai dengan saat ini.

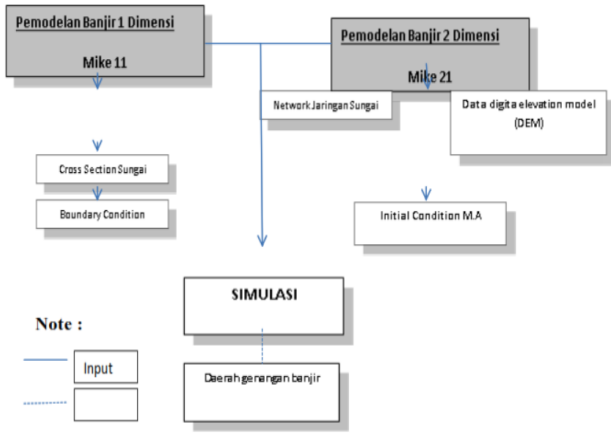
Tahun 2016, selain pompa pengendali banjir permanen di Sluis Kuro Kec. Karangbinangun, Pemerintah Kabupaten Lamongan juga telah menempatkan pompa *mobile* dengan kapasitas 1.000 /liter/detik di Sluis Melik, Dusun Melik, Desa Canditunggal, Kec. Kalitengah. Pompa pengendali banjir ini bisa membantu mempercepat pembuangan genangan banjir langsung ke Sungai Bengawan Solo yang seharusnya mengalir ke muara/Laut Jawa melalui pintu pembuangan di Kali Mireng dan Kali Tambak Ombo di Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik, namun kondisi tersebut masih belum cukup untuk mengatasi banjir di Wilayah Bengawan Jero. Sehubungan dengan hal tersebut, maka dalam rangka upaya mempercepat pengurangan tinggi genangan dan lama genangan banjir di wilayah Bengawan Jero Kab. Lamongan maka diperlukan melaksanakan Rekayasa Pengendalian Banjir Sub DAS Bengawan Jero di Kabupaten Lamongan

METODE

Potensi banjir diperoleh dari analisis data curah hujan dengan berbagai kala Ulang dalam bentuk hidrograf banjir dimodelkan dengan bantuan program perangkat lunak Mike Flood .Untuk mengetahui potensi lokasi dan tinggi luapan pada alur sungai. Analisis hidrologi dilakukan untuk menentukan syarat batas hulu dalam pemodelan yang dalam hal ini berupa hidrograf banjir. Dari data hujan harian yang diperoleh melalui BMKG, dilakukan perhitungan untuk memperoleh hujan rata-rata DAS dengan menggunakan metode polygon Thiessen. Kemudian dilakukan analisis frekuensi untuk memperkirakan curah hujan rancangan dengan berbagai kala ulang, dimana sebelumnya dilakukan uji distribusi konsistensi data hujan untuk mengetahui penyimpangan data hujan. Mengingat dilokasi tinjauan tidak terdapat pencatatan debit, maka debit banjir dihitung dengan alihragam dari pengolahan data frekuensi curah hujan menjadi debit dengan menggunakan metode hidrograf satuan sintetik Nakayasu.

Analisis hidraulika dilakukan untuk mengetahui profil muka air di sungai baik dalam kondisi eksisting maupun pada kondisi dengan retarding basin. Analisis hidraulika dilakukan dengan menyimulasi aliran di sungai menggunakan model matematik dengan bantuan program Mike Flood,dimana sebelumnya dilakukan input data yaitu data debit banjir dengan kala ulang sebagai syarat batas hulu, data geometri dan bangunan serta data pasang surut sebagai syarat batas hilir. Setelah input data, dilakukan kalibrasi untuk menyesuaikan model dengan keadaan di lapangan, sehingga dapat mendekati kondisi yang sebenarnya (kondisi eksisting) tanpa kolam retensi. Model yang telah dikalibrasi kemudian di simulasi kembali dengan menambahkan kolam retensi, sehingga dapat diketahui perbedaan elevasi atau profil muka air sebelum (kondisi eksisting) dan setelah ada kolam retensi. Simulasi hidraulik 1D/2D dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Mike Flood. Simulasi 1D di Sungai dilakukan dengan menggunakan modul Mike 11.Simulasi 2D di area floodplain dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Mike 21. Modul Mike 11 & Mike 21 diintegrasikan dengan modul Mike flood, sehingga simulasi 1D di sungai dan 2D di lahan terintegrasi. Dengan demikian kedua model running bersamaan dan interaksi pengaruh dari kedua model dapat update tiap time step pemodelan. Dengan mengkombinasikan kedua modul pemodelan maka user dapat menggunakan keistimewaan yang ada pada masing - masing aplikasi sehingga dihasilkan model yang terbaik dari kedua aplikasi tersebut. Untuk lebih jelasnya berikut ini skema tahapan pemodelan daerah genangan banjir dengan menggunakan program Mike Flood dijelaskan pada diagram *Flowchart* berikut :

 ISSN 2987-677X



Gambar 1 Skema Tahapan Permodelan Banjir dan Genangan

HASIL KERJA

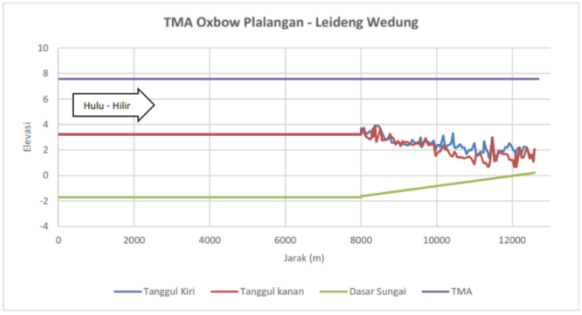
PENGENDALIAN BANJIR DENGAN NORMALISASI SUNGAI

Adanya normalisasi di Kali Blawi, Leideng Wedung, Oxbow Plalangan, dan Oxbow Bonsari akan meningkatkan kapasitas tampungan banjir di saluran tersebut. Kapasitas tampungan setelah adanya normalisasi dapat dihitung seperti pada tabel 1 Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa kapasitas tampungan saluran setelah normalisasi meningkat menjadi 5.86 juta m (sebelum memanfaatkan Oxbow Plalangan dan Oxbow Bonsari). Namun jika mengingat kapasitas inflow banjir yang masuk, dimana volume banjir Q2th saja sudah mencapai 20,15 juta m3 dari yang awalnya hanya 1.27 juta m3, maka dapat dilihat
bahwa normalisasi yang dilakukan masih belum cukup untuk mengatasi permasalahan banjir yang ada.

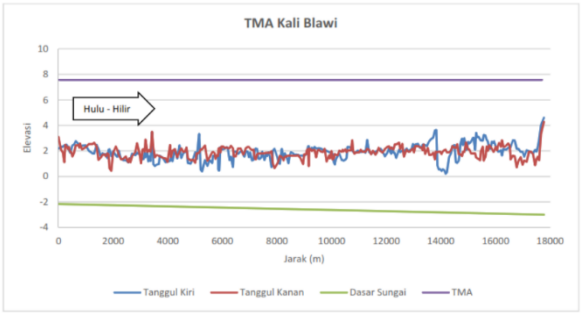
Tabel 1 Perhitungan Volume Tampungan Setelah Normalisasi

Sungai	Lebar dasar	Lebar atas	Lebar rata2	Tinggi	panjang Sungai	Luas atas m2	Volume m3
Blawi	12.58	29.43	21.00525	4.23	17771	373277.53	1578963.95
Ledeng	1.7304	16	8.8652	1.742	4845	42956.27	74829.82
Plalangan	96.12	115.728	105.924	4.902	4049	428852.38	2102234.37
Kebonsari	96.12	115.728	105.924	4.902	4049	428852.38	2102234.37
					Total	1273938.56	5858262.51

Dari hasil analisis numerik menggunakan MIKE 11 dengan skenario simulasi seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, diketahui bahwa pada saat terjadi banjir dengan kala ulang 2 tahun, tinggi muka air maksimum yang terjadi di Kali Blawi, Leideng Wedung, Oxbow Plalangan, dan Oxbow Bonsari mencapai elevasi +7.58 (catatan: model yang digunakan belum memperhitungkan pengaruh limpasan air ke dataran banjir, sehingga muka air terus diperhitungkan naik). Tinggi muka air hasil simulasi numerik dengan MIKE 11 .Muka air banjir yang jauh lebih tinggi dari elevasi tebing sungai mengindikasikan bahwa daerah tersebut mengalami banjir.
Dari hasil simulasi ini dapat disimpulkan bahwa normalisasi di Kali Blawi, Leideng Wedung, Oxbow Plalangan, dan Oxbow Bonsari sesuai dengan skenario diatas masih belum dapat mengatasi permasalahan banjir yang ada di Bengawan Jero. Oleh karena itu, pada tahap selanjutnya perlu dilakukan simulasi optimasi fungsi pintu pengendali banjir Sluice Kuro sebagai outlet dengan mengatur pola operasinya berdasarkan beda tinggi muka air di Kali Blawi dan Bengawan Solo.



Gambar 1 Grafik Profil Memanjang Tinggi Muka Air di Oxbow Plalangan – L. Wedung pada debit Banjir Rencana Q2th



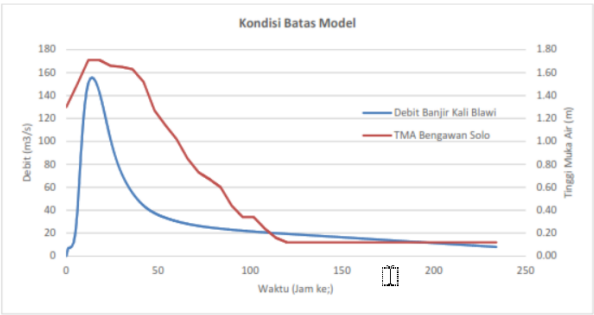
Gambar 2 Grafik Profil Memanjang Tinggi Muka Air di Kali Blawi pada debit Banjir Rencana Q2th

NORMALISASI DAN OPTIMASI PINTU BANJIR

Untuk mengetahui efektifitas pengaruh optimasi pintu banjir di Keer Kuro dan Sluice Kuro terhadap pengurangan banjir di Kali Blawi, dalam simulasi dicoba beberapa alternatif operasi pintu sebagai berikut:

a. Pengoperasian pintu Sluice Kuro dengan lebar bukaan pintu sebesar 12 m (pintu eksisting)
b. Pengoperasian Pintu Sluice Kuro dengan modifikasi penambahan lebar bukaan pintu menjadi 20 m
c. Pengoperasian Pintu Sluice Kuro dengan modifikasi penambahan lebar bukaan pintu menjadi 30 m

Pada simulasi, kondisi batas hulu model menggunakan hidrograf debit banjir rancangan kala ulang 2 tahun, sedangkan kondisi batas hilir menggunakan hidrograf tinggi muka air Bengawan Solo di Pos Kuro dari Tanggal 6 Maret 2015 s.d. 11 Maret 2015. Grafik kondisi batas yang digunakan dapat dilihat pada.



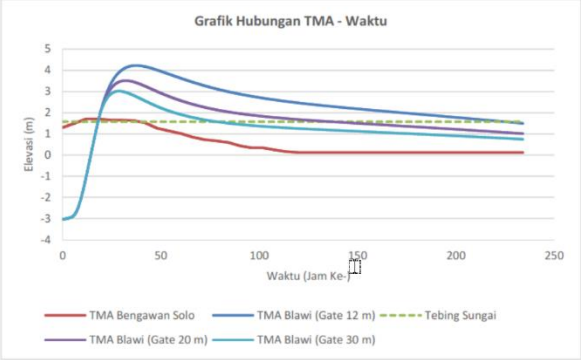
Gambar 3 Kondisi Batas Model

Hasil simulasi untuk masing-masing alternatif operasi pintu menggunakan Model Neraca Air ditunjukkan pada tabel berikut :

 ISSN 2987-677X

Tabel 2 Hasil Simulasi Optimasi Pintu Air dengan Model Neraca Air

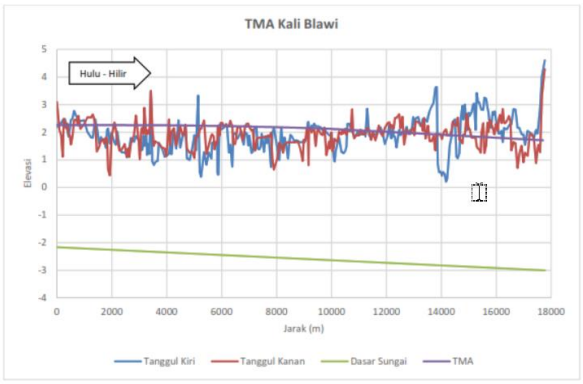
Gate Widht	Max Gate Capacity	Inflow Volume	Gate Duration		Gate Volume	Flood Duration		Flood Volume
(m)	(m3/s)	(m3)	(hours)	(days)	(m3)	(hours)	(days)	(m3)
12.00	52.09	25808520.00	215.17	8.97	20041930.45	207.33	8.64	5766589.55
20.00	65.60	25808520.00	215.17	8.97	20659671.83	119.33	4.97	5148848.17
30.00	77.73	25808520.00	215.17	8.97	20996756.55	60.58	2.52	4811763.45



Gambar 5 Perbandingan Tinggi Muka Air pada Berbagai Alternatif Bukaan Pintu

Berdasarkan model neraca air diketahui bahwa banjir tetap terjadi, baik untuk lebar bukaan pintu 12 m, 20 m, dan 30 m.Walaupun dengan semakin besar bukaan pintunya, maka kapasitas outflow akan semakin meningkat dan durasi banjir yang terjadi akan semakin berkurang, namun peningkatan lebar bukaan pintu yang terlalu besar akan membutuhkan usaha dan biaya yang terlalu besar, serta tidak sebanding dengan hasil yang diperoleh (peningkatan kapasitas outflow tidak terlalu besar). Mengingat bahwa lebar rata-rata Kali Blawi adalah 20 m,serta dengan adanya keterbatasan lahan untuk pelebaran pintu, maka modifikasi pelebaran pintu Sluice Kuro hingga 20 m menjadi salah satu alternatif yang paling memungkinkan dalam usaha pengendalian banjir di Kali Blawi.

Hasil simulasi dengan Mike 11 untuk alternatif modifikasi bukaan pintu Sluice Kuro menjadi 20 m. Dari gambar profil memanjang muka air dapat diketahui bahwa dengan pengoperasian pintu Sluice Kuro yang lebarnya sudah ditambah menjadi menjadi 20 m, masih terdapat wilayah yang mengalami banjir, terutama di ruas Leideng Wedung dan Kali Blawi bagian hulu dengan elevasi muka air mencapai elevasi +2.207.Dengan adanya pengoperasian Sluice Kuro, waktu genangan yang terjadi mengalami penurunan hingga menjadi hanya sekitar 48 jam.



Gambar 4 P Profil Memanjang Muka Air di Kali Blawi pada debit Banjir Rencana Q2th

NORMALISASI, OPTIMASI PINTU BANJIR, DAN PENINGKATAN KAPASITAS POMPA

Simulasi ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik hidraulik yang terjadi di Kali Blawi dengan adanya normalisasi, optimasi pintu banjir di Kuro, serta peningkatan kapasitas pompa banjir di Stasiun Kuro dan Melik. Skenario simulasi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Normalisasi Kali Blawi dilakukan dengan mengubah kemiringan dasar sungai menjadi 1:13600, dengan dasar sungai di hulu dan hilir masing-masing berada pada elevasi 1.75 dan -3.00, sedangkan kemiringan tebing sungai menjadi 1:2.
b. Normalisasi Leideng Wedung dilakukan dengan mengubah kemiringan dasar sungai menjadi 1:2500, dengan dasar sungai di hulu dan hilir masing-masing berada pada elevasi 0.21 dan -1.62, sedangkan kemiringan tebing sungai menjadi 1:2.
c. Normalisasi Oxbow Plalangan dan Oxbow Bonsari dilakukan dengan mendalamkan dasar oxbow hingga elevasi -1.75.
d. Oxbow Plalangan dan Bonsari koneksikan dengan Leideng Wedung menggunakan pintu air/ gorong-gorong.
e. Modifikasi pelebaran pintu pengendali banjir Sluice Kuro menjadi 20m yang dioperasikan dengan pola operasi sebagai berikut: pintu dibuka apabila muka air di Kali Blawi 40 cm lebih tinggi dari muka air di Bengawan Solo, dan pintu ditutup apabila muka air di Kali Blawi 20 cm lebih tinggi dari muka air di Bengawan Solo.
f. Penambahan kapasitas Pompa banjir di Stasiun Kuro dan Melik, dari yang kapasitas awalnya masing-masing 4,5 m/s, sehingga kapasitas total pemompaan menjadi sebesar 20 m3/s dan 2,5 m3/s menjadi masing-masing 10 m3/s. Peningkatan kapasitas pompa sebesar ini dirasa tidak akan terlalu membebani pengelola sungai baik dari segi pengoperasian maupun perawatannya.
g. Tidak ada aliran air di Kali Blawi yang dialirkan ke Kali Corong

Untuk mengetahui efektifitas pengaruh optimasi pompa terhadap pengurangan banjir di Kali Blawi, dalam simulasi dicoba beberapa alternatif operasi pompa sebagai berikut:

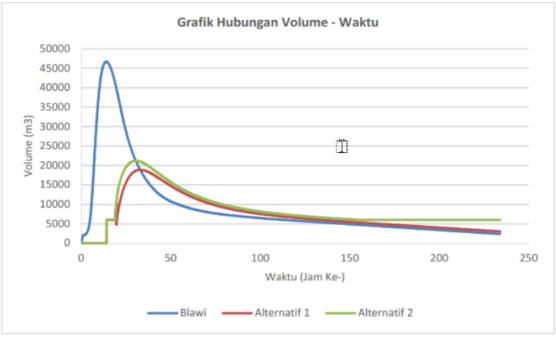
a. Pompa dioperasikan selama tinggi muka air di Bengawan Solo lebih tinggi dari muka air di Kali Blawi, dan dimatikan ketika pintu Sluice Kuro dibuka.
b. Pompa dioperasikan selama tinggi muka air di Bengawan Solo lebih tinggi dari muka air di Kali Blawi, dan tetap dioperasikan bersamaan dengan pintu Sluice Kuro dibuka.

Hasil simulasi untuk masing-masing alternatif operasi pompa menggunakan Model Neraca Air ditunjukkan. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa pengoperasian pompa menggunakan alternatif 1 memiliki efek yang tidak signifikan terhadap pengurangan debit banjir. Operasi pompa dengan alternatif 1 hanya memberi pengaruh terhadap peningkatan kapasitas volume outflow dari pompa sebesar 384 ribu m3. Sedangkan hasil simulasi operasi pompa alternatif 2 memberikan hasil yang lebih baik dimana kapasitas volume *outflow* dari pompa meningkat hingga 15.82 juta m3, sehingga hanya menyisakan volume banjir sebesar 1.71 juta m3.

 ISSN 2987-677X

Tabel 3 Hasil Simulasi Optimasi Pintu Air dengan Model Neraca Air

No	Gate Widht	Max Gate Capacity	Pump Capacity	Inflow Volume	Gate Volume	Pump Duration		Pump Volume	Flood Duration		Flood Volume
	(m)	(m3/s)	(m3/s)	(m3)	(m3)	(hours)	(days)	(m3)	(hours)	(days)	(m3)
1	20.00	62.99	20.00	25808520.00	20275673.25	5.33	0.22	384000.00	118.67	4.94	5148846.75
2	20.00	50.70	20.00	25808520.00	8274112.30	219.75	9.16	15822000.00	47.92	2.00	1712407.70

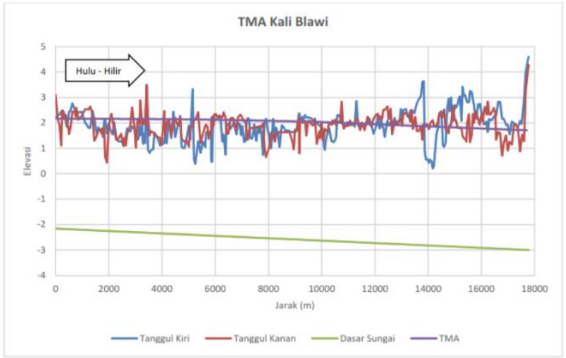


Gambar 6 Perbandingan Volume Outflow pada Berbagai Alternatif Operasi Pompa



Gambar 7 Perbandingan Muka Air Kali Blawi pada Berbagai Alternatif Operasi Pompa

Hasil simulasi numerik dengan Mike 11 untuk operasi pompa alternatif 2. Dari gambar profil memanjang muka air dapat diketahui bahwa dengan adanya pengoperasian pintu Sluice Kuro yang lebarnya sudah ditambah menjadi menjadi 20 m, serta didukung dengan operasi pompa di Stasiun Kuro dan Melik sebesar 20 m/s, masih terdapat wilayah yang mengalami banjir, terutama di ruas Leideng Wedung dan Kali Blawi bagian hulu dengan elevasi muka air masih pada elevasi +2.105.Dengan adanya pengoperasian Sluice Kuro dan penambahan kapasitas pompa, waktu genangan yang terjadi mengalami penurunan hingga menjadi hanya sekitar 36 Jam.

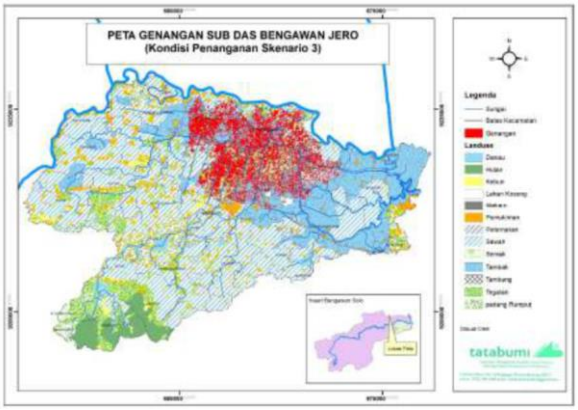


Gambar 8 Profil Memanjang Muka Air di Kali Blawi pada debit Banjir Rencana Q2th

KESIMPULAN

Hasil simulasi genangan banjir paling signifikan adalah dengan menggunakan scenario 3 yakni dengan Normalisasi Sungai, Pengoperasian Pintu, dan Peningkatan Kapasitas Pompa Banjir Adapun hasil simulasi genangan banjir setelah adanya penanganan dengan Skenario 3 ditunjukkan pada gambar 9.

Dari hasil simulasi diketahui bahwa dengan normalisasi Kali Blawi, Leideng Wedung, Oxbow Plalangan, dan Oxbow Bonsari, ditambah dengan pengoperasian pintu Sluice Kuro yang lebarnya sudah ditambah menjadi menjadi 20 m, serta didukung dengan operasi pompa di Stasiun Kuro dan Melik sebesar 20 m/s, dapat mengurangi luas genangan banjir yang terjadi di Sub DAS Bengawan Jero. Jika sebelum dilakukan penangan, luas genangan banjir yang terjadi sebesar 13132.60 Ha, maka dengan adanya penanganan luas genangan banjir berkurang menjadi 8069.64 Ha(luas genangan banjir berkurang sebesar 38.55% dibandingkan dengan kondisi eksisting).



Gambar 9 Peta Genangan Banjir pada Q2th Kondisi Penanganan Skenario 3

Tabel 4 Luas Genangan Banjir Hasil Simulasi Model

Tataguna Lahan	Luas Genangan			
	Eksisting		Penanganan Skenario 3	
	(Ha)	(Km²)	(Ha)	(Km²)
Tambak	7081.43	70.81	4009.24	40.09
Sawah	3591.90	35.92	1584.83	15.85
padang Rumput	1959.32	19.59	2117.17	21.17
Lahan Kosong	64.34	0.64	12.56	0.13
Makam	2.26	0.02	1.56	0.02
Pemukiman	303.39	3.03	219.04	2.19
Semak	7.27	0.07	6.14	0.06
Kebun	84.29	0.84	87.35	0.87
Tegalan	38.40	0.38	31.76	0.32
Jumlah	**13132.60**	**131.33**	**8069.64**	**80.70**

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Bapak dan Ibu tingkat Esselon di lingkup Dinas PU Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur

Terimakasih dengan Bapak dan Ibu Dosen Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

ISSN 2987-677X

Referensi

Anonim, 2009.Studi Mitigasi Penanganan Bahaya Banjir Pekerjaan Pembangunan Pengendalian Banjir Dan Sedimen Sungai Batang kuranji Balai Wilayah Sungai V Sumatera Barat,Padang 2014

Deviana,Aninda, dkk.2014. Kajian Pemodelan Spasial Banjir Untuk Mendukung Kebijakan Sempadan Sungai Dan Tata Ruang Wilayah, Jurnal. Institut Teknologi Bandung, 2014

Aryadi, N.M, 2011. Kajian Alternatif Pengendalian Banjir di Tukad Mati, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Pande Surya dinata I. Gede, dkk, 2012 Rencana Pengendalian Banjir Tukat Mati Dengan Retarding Basin, Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan HATHI, Bandung, 2012

Kodoatie, R. dan Sugiyanto, 2002. Banjir, Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan. Pustaka Pelajar, Yogyakarta.

Kodoatie, R. , 2013. Rekayasa Dan Manajemen Banjir Kota, Penerbit Andi. Yogyakarta. Linsley R.K dan Franszini J.B. 1986. Teknik Sumber daya Air. Terjemahan, Penerbit

Erlangga, Jakarta. Sebastian, L., 2008. Pendekatan Pencegahan dan Penanggulangan Banjir. Dinamika Teknik Sipil. Fakultas Teknik Universitas Palembang. Vol.8 No.02 Juli 2008 hal.162-169. Palembang.

Wahyudi, J., 2009. Kajian Penanganan Banjir Pada DAS Sekanak Kota Palembang). Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

DHI Software (2014).MIKE 11 User Manual and Tutorial.DHI Software (2014) .MIKE View User Manual.

Gilles D. and M. Moore (2010) 'Review of Hydraulic Flood Modeling Software used in belgium, The Netherlands, and the United Kingdom', Int. Perspectives in Water Resource Management, IIHR, Hydroscience & Engineering University of Iowa

ISSN 2987-677X

Rancang Bangun Media Pembelajaran K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) *Berbasis Augmented Reality*

Hasti Hasanati Marfuah[1] Aditya Wahana[2] Suratno Lourentius[1]

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

[2] Program Studi Informatika, Universitas PGRI Yogyakarta

✉ psppi.hasti.h.22@ukwms.ac.id

Perkembangan teknologi yang semakin pesat mampu mendukung terciptanya inovasi-inovasi baru yang bisa diterapkan dalam pembelajaran. Salah satu inovasi revolusioner dalam dunia TI adalah *Augmented Reality* (AR). AR adalah teknologi yang menggabungkan benda maya ke dalam sebuah lingkungan nyata tiga dimensi dan menampilkannya dalam waktu nyata. AR sangat bisa dimanfaatkan untuk pembuatan media pembelajaran agar peserta didik bersemangat dalam proses pembelajaran. Pemanfaatan bisa dilakukan untuk pendidikan formal maupun non formal. Tujuan jangka pendek penelitian adalah membuat media pembelajaran berbasis aplikasi smartphone dengan memanfaatkan teknologi AR untuk pembelajaran K3, sedangkan tujuan jangka panjang yaitu pemanfaatan teknologi AR sebagai media pembelajaran pendidikan nonformal yang sudah berjalan di masyarakat dengan memanfaatkan smartphone. Metode penelitian yang digunakan adalah *Microsoft Solution Framework* (MSF) dengan metode pengembangan sistem *waterfall* dan metode *Object Oriented Development* (OOD) untuk metode pendekatannya. Tahapan pada penelitian ini antara lain identifikasi masalah, perencanaan awal, desain dan perancangan, uji coba dan implementasi. Produk hasil penelitian ini adalah kartu marker yang telah disematkan teknologi AR.

Kata kunci: Augmented Reality, Media Pembelajaran, K3

Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang semakin pesat mampu mendukung terciptanya inovasi-inovasi baru yang bisa diterapkan dalam pembelajaran. Dengan adanya teknologi informasi, mahasiswa menjadi lebih antusias dalam belajar, namun masih belum banyak Dosen yang memanfaatkan TI sebagai metode pembelajarannya. Hal tersebut terjadi karena pengajar mengalami kesulitan dalam pembuatan media pembelajaran berbasis TI. Salah satu inovasi revolusioner dalam dunia TI adalah *Augmented Reality*.

Augmented Reality (AR) adalah teknologi yang menggabungkan benda maya ke dalam sebuah lingkungan nyata tiga dimensi dan menampilkannya dalam waktu nyata. Tidak seperti realitas maya yang sepenuhnya menggantikan kenyataan, AR hanya sekedar menambahkan atau melengkapi kenyataan. AR memungkinkan penggunanya untuk dapat berinteraksi secara real-time terhadap sistem. AR merupakan teknologi yang sedang naik daun dikarenakan tampilannya yang menarik. Teknologi AR sangat sesuai untuk dimanfaatkan sebagai media pembelajaran yang lebih mengedepankan visual dan suara.

Pengetahuan mengenai K3 biasanya diajarkan dengan metode yang konvensional seperti misalnya di kampus dengan bimbingan dosen. Namun pengetahuan yang disampaikan oleh dosen kepada mahasiswa, tidak sepenuhnya diterima dan dimengerti. Permasalahan yang sering terjadi adalah kebanyakan dosen hanya menggunakan buku sebagai panduan dan menjelaskan secara ringkas, sehingga mahasiswa merasa jenuh dengan pendidikan yang disampaikan oleh dosen dan menimbulkan kurangnya minat belajar bagi mahasiswa. Oleh karena itu perlu adanya suatu strategi pembelajaran yang dapat menarik minat mahasiswa untuk dapat lebih tertarik belajar tentang K3. Dimana sebaiknya pembelajaran K3 dikenalkan dengan berbagai metode dan pembelajaran akan terasa lebih menyenangkan dan mudah dipahami oleh mahasiswa. Dan diharapkan tidak saja mahasiswa yang dapat menggunakannya, akan tetapi semua kalangan juga bisa memahaminya.

Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) difilosofikan sebagai suatu pemikiran dan upaya untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmani maupun rohani tenaga kerja pada khususnya dan manusia pada umumnya, hasil karya dan budayanya menuju masyarakat makmur dan sejahtera. Sedangkan pengertian secara keilmuan adalah suatu ilmu pengetahuan dan penerapannya dalam usaha mencegah kemungkinan terjadinya kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Kesehatan dan Keselamatan (K3) tidak dapat dipisahkan dengan proses produksi baik jasa maupun industri. Istilah lainnya adalah ergonomi yang merupakan keilmuan dan aplikasinya dalam hal sistem dan desain kerja, keserasian manusia dan pekerjaannya, pencegahan kelelahan guna tercapainya pelaksanaan

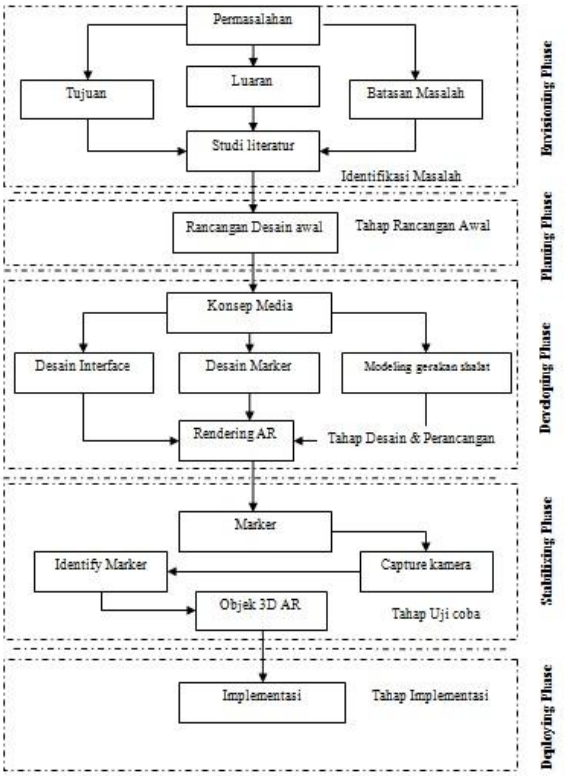
 ISSN 2987-677X

Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah metode *Microsoft Solution Framework* (MSF) adalah metode perancangan dan pengembangan aplikasi yang diperkenalkan oleh sebuah vendor *software* besar yaitu *Microsoft Corporation*. Prinsip-prinsip metode pengembangan perangkat lunak dengan metodologi MSF memiliki perencanaan berbasis *milestone* (model *waterfall*) dan memberikan hasil yang dapat diprediksi (model *spiral/iterative*) disertai umpan balik dan kreativitas dari tm pengembang dan harus berurutan. Sedangkan metode pendekatan sistem yang digunakan adalah *Object Oriented Development* (OOD) yaitu pengembangan perangkat lunak/aplikasi berdasarkan abstraksi objek yang ada di dunia nyata, dimana dalam metode ini biasanya menggunakan alat bantu yaitu UML (*Unified Modeling Language*). Untuk menghasilkan aplikasi pembelajaran K3 sesuai dengan kebutuhan *end user* dilakukan beberapa tahapan sesuai dengan metode MSF, antara lain:

a. *Envisioning Phase* (Identifikasi Masalah)
   Tahapan dimana tujuan, manfaat dan ruang lingkup dari aplikasi ditetapkan secara tertulis. Tujuan penelitian ini adalah memanfaatkan teknologi baru kedalam bidang Pendidikan khususnya penerapan teknologi pada metode pembelajaran, mengembangan bahan ajar multimedia, mengemas media pembelajaran agar lebih menarik, memanfaatkan teknologi AR pada aplikasi pembelajaran K3.
b. *Planning Phase* (Perencanaan)
   Tahapan dimana aplikasi yang akan dibuat dimodelkan, dirancang, dan direncanakan sesuai dengan tujuan dan manfaat yang ingin dicapai dalam bentuk *draft*. Pada penelitian ini selain dilakukan perancangan aplikasi/interfacenya juga harus merancang marker, selain itu juga merancang pemodelan K3.
c. *Developing Phase* (Pengembangan desain dan Rancangan)
   Tahapan dimana *draft* tersebut direalisasikan dalam bentuk produk aplikasi. Pada penelitian ini aplikasi yang akan dibuat adalah kartu yang berisi marker dari K3.
d. *Phase* (Uji coba)
   Tahapan dimana produk aplikasi tersebut diuji coba dalam berbagai kondisi untuk menemukan kekurangan yang ada. Pada tahapan ini aplikasi akan diuji cobakan pada Dosen dalam pembelajaran K3, untuk mengetahui kekurangan dari aplikasi.
e. *Deploying Phase* (Implementasi)
   Tahapan dimana produk aplikasi tersebut digunakan oleh konsumen untuk mendapatkan kritik dan saran serta kemungkinan langkah pengembangan selanjutnya.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar:



Gambar 1 Tahapan Penelitian

Sedangkan untuk metode analisis datanya adalah sebagai berikut :

a. Analisa terhadap marker
   Analisa terhadap marker dilakukan untuk menguji marker yang telah didesain apakah sesuai dengan objek 3D yang diinginkan atau sebaliknya serta menganalisis perbandingan hasil antara marker yang berwarna hitam putih dan marker yang berwarna-warni. Pada penelitian ini, analisa terhadap marker akan dilakukan pada semua bidang gambar K3 yang dibuat.
b. Analisa terhadap cahaya
   Cahaya termasuk faktor yang paling mempengaruhi pendeteksian marker. Cahaya yang terlalu terang dapat memberikan efek silau pada penanda sehingga kamera *smartphone* sulit untuk menangkap tanda yang akan ditampilkan. Pada analisa terhadap cahaya ini, untuk mendapatkan hasil tampilan objek yang baik akan diuji coba menggunakan *smartphone* dalam kondisi gelap, terang, dalam ruangan dan luar ruangan.
c. Analisa terhadap sudut dan jarak
   Analisa terhadap sudut kemiringan dan resultan jarak letak kamera terhadap penanda atau marker untuk mendapatkan pendeteksian penanda atau marker yang baik posisi kamera pada ketinggian tetap yaitu 20 cm dan sudut kemiringan 45º, 60º dan 90º.

Hasil Kerja

Hasil yang dicapai dalam penelitian ini adalah media pembelajaran K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) berbasis *Augmented Reality*. Media pembelajaran tersebut dapat difungsikan dengan cara dipasang pada *smartphone* dengan sistem operasi minimal Android Oreo 8.1. Media pembelajaran yang dibuat dikemas dalam bentuk APK atau

 ISSN 2987-677X

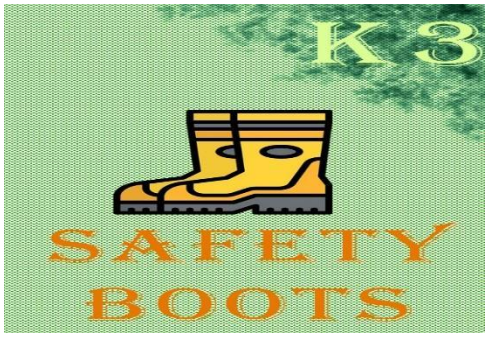
Android Package dan kartu marker. Berikut adalah desain kartu marker untuk media pembelajaran K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) berbasis *augmented reality*.



Gambar 2 Contoh Desain Kartu Marker K3



Gambar 3 Desain kartu marker safety **gloves**



Gambar 4 Desain kartu safety boots



Gambar 5 Desain kartu marker safety helmet



Gambar 6 Desain kartu marker safety googles

Cara pemasangan aplikasi ini adalah sebagai berikut:

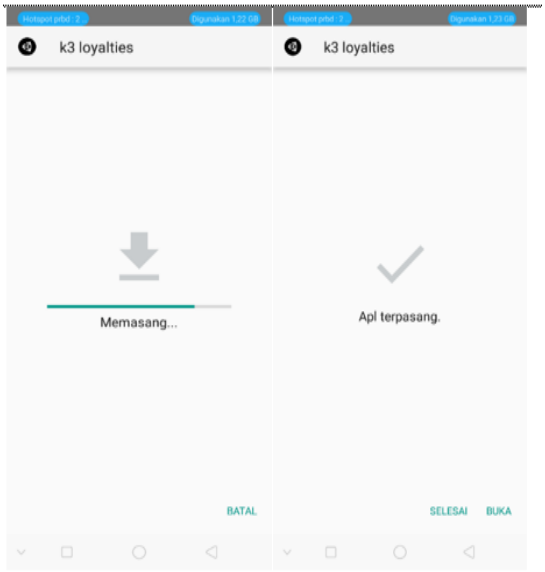
1. Unduh paket aplikasi di tautan yang sudah disediakan.
2. Pasang aplikasi pada *smartphone* yang sudah disiapkan



Gambar 7 Memasang aplikasi yang telah diunduh

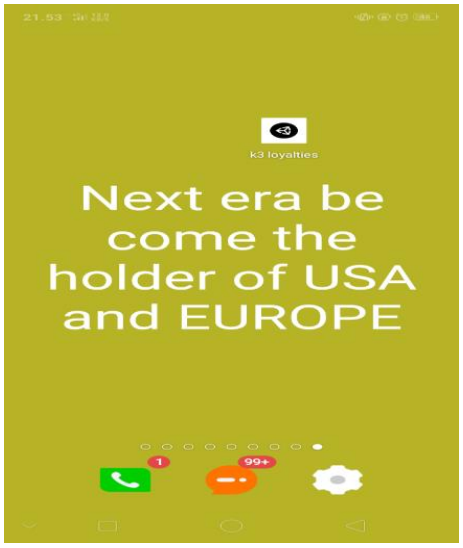
3. Tunggu hingga proses pemasangan selesai

 ISSN 2987-677X



Gambar 8 Proses pemasangan aplikasi

4. Setelah proses pemasangan selesai maka akan muncul ikon aplikasi seperti pada gambar dibawah ini.



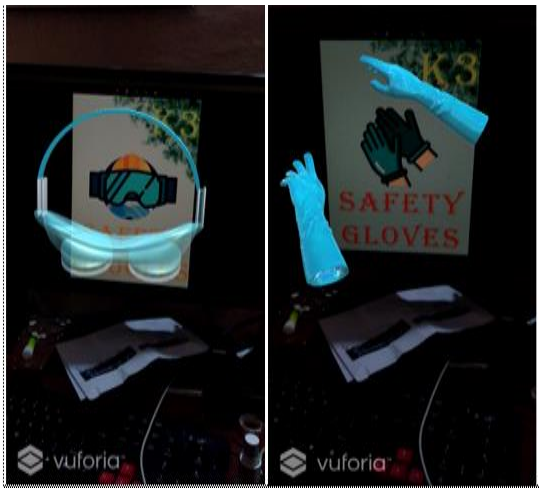
Gambar 9 Tampilan ikon aplikasi setelah proses pemasangan selesai

5. Setelah selesai memasang aplikasi, cara untuk menggunakan aplikasi tersebut cukup mudah, tekan ikon aplikasi dengan cara diketuk sekali. Maka akan muncul peringatan seperti dibawah ini:



Gambar 10 Tampilan peringatan saat ikon aplikasi diketuk

6. Ketuk "*allow*" untuk mengizinkan aplikasi menggunakan fasilitas kamera *smartphone*. Jika aplikasi sudah terbuka selanjutnya sorot kamera *smartphone* ke arah *marker* yang sudah dicetak. Berikut adalah tampilan aplikasi saat digunakan :



Gambar 12 Tampilan aplikasi saat digunakan

Perangkat keras yang dibutuhkan untuk membuat aplikasi media pembelajaran K3 ini adalah :

1. PC Intel core i3-4150 3,3 ghz
2. Ram 16GB
3. VGA Intel HD 5500, NVIdia 2GB GTX 960
4. HDD 1TB
5. Mouse Logitech
6. Keyboard M-tech
7. Samsung Monitor 24 inch
8. Veikk A15 Pen Tablet

Sedangkan perangkat lunak yang dibutuhkan untuk membuat aplikasi media pembelajaran K3 ini antara lain :

1. Unity Hub
2. Unity3d 2018

 ISSN 2987-677X

3. Photoshop CC 2018
4. Blender 3d
5. Adobe Illustrator cc 2017
6. Google Crome
7. OS Windows 10
8. Visual Studio Community 2019
9. Vuforia Sdk
10. Android Studio

Kesimpulan

Rancang bangun media pembelajaran K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) dapat difungsikan dengan cara dipasang pada *smartphone* dengan sistem operasi minimal Android Oreo 8.1. Media pembelajaran yang dibuat dikemas dalam bentuk APK atau *Android Package* dan kartu marker.

Ucapan Terima kasih

Badan Riset & Inovasi Nasional (BRIN) yang telah memberikan bantuan pendanaan sehingga kegiatan penelitian ini dapat terlaksana dengan baik, dan memberikan manfaat bagi masyarakat khususnya bagi Fakultas Sains dan Teknologi UPY sebagai tempat dalam melakukan penelitian.

Referensi

Adam Jerusalem, M. 2010. *Modul Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

Arsyad,Azhar. 2013. *Media Pembelajaran*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.

Furht, B. 2011. *Handbook of Augmented Reality*. Springer. New York.

Pramono, Andy. 2913. *Media Pendukung Pembelajaran Rumah Adat Indonesia Menggunakan Augmented Reality*. Jurnal ELTEK Politeknik Negeri Malang

R. T. Azuma. 1997. *A Survey Of Augmented Reality*. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, vol. 6, no. 4, pp. 355-385

Ummam, Choirul. 2013. *Implementasi Teknologi* Augmented *Reality Dalam Mempelajari Huruf Alphabetic Untuk Anak-anak*. STMIK Amikom Yogyakarta.

Wahana, A, Hasti Hasanati. 2019. *Rancang Bangun Media* Pembelajaran *Sholat 5 Waktu Berbasis Augmented Reality*. Jurnal TRANSFORMASI STMIK Bina Patria.

Wardani, Setia. 2016. *Pemanfaatan Teknologi Augmented* Reality *(AR) Untuk Pengenalan Aksara Jawa Pada Anak.* Jurnal Dinamika Informatika Universitas PGRI Yogyakarta.

 ISSN 2987-677X

Konektivitas Zona Pendidikan (PPI Madiun), Zona Wisata Madiun (Pecel Land) Dan Jalur Eksisting Jalur Kereta Api Lintas Selatan Jawa

Adya Aghastya, Ary Putra Iswanto

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ adya@ppi.ac.id,

✉ aryputra@ppi.ac.id

Konektivitas jalur kereta api kampus PPI Madiun menuju zona wisata pecel land dan jalur eksisting lintas selatan merupakan target utama pemerintah kota madiun. Tujuan penelitian ini untuk merencanakan trase, mengetahui kondisi lingkungan sepanjang jalur perencanaan, merencanakan geometri, jumlah komponen dan juga galian serta timbunan sepanjang jalur rencana. Proses metodologi pengumpulan data meliputi data primer dan data sekunder, sedangkan metodologi pengolahan data meliputi pengumpulan data kontur dengan software infraworks dilanjutkan diolah menggunakan civil 3d untuk menganalisis serta menggambar geometric serta jumlah data tanah galian dan timbunan.

Berdasarkan hasil perencanaan didapatkan dua alternative trase dengan panjang alternative 1 (3+725 kilometer) dan alternative 2 (4+305.39 kilometer). Kecepatan operasi 110 km/jam, klasifikasi kelas jalan rel I, dan terdapat 6 lengkung untuk alternative 1 dan 5 lengkung untuk alternative 2. Serta jumlah galian dan timbunan untuk alternative 1 fill sebesar 131444 m3 dan cut sebesar 25449 m3, sedangkan alternative 2 fill sebesar 248446 m3 dan cut sebesar 14050 m3.

Kata kunci: AutoCad Civil 3D Kereta api, Infraworks Kereta Api, Geometri Jalur Kereta Api ppi madiun, Trase Kereta ppi madiun

Pendahuluan

Pada tanggal 18 Oktober 2019 melalui madiun pos Pemerintah Kota Madiun berencana membangun tempat wisata berupa miniatur Kota Madiun bernama Pecel Land. Pecel Land ini akan dibangun di lahan seluas 15 hektar di samping Kampus Akademi Perkeretaapian Indonesia (API) Madiun atau Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun saat ini. Wali Kota Madiun, Maidi, menyampaikan saat ini pemkot sedang gencar membangun infrastruktur dan menata Kota Madiun. Salah satu prioritas pembangunan yaitu objek wisata Pecel Land. Lokasi wisata ini mengambil konsep miniatur Kota Madiun. Pecel Land ini nantinya berisi beragam produk andalan Kota Madiun. Salah satunya pecel. Di lahan seluas 15 hektar itu, akan ada kawasan hutan yang ditanami pohon turi dan tanaman lain yang berkaitan dengan pecel. Pada forum penelitian yang diadakan oleh Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun pada tahun 2020 di Sun Hotel, walikota madiun (maidi) mengutarakan keinginannya untuk menggabungkan antara PPI madiun dengan pecel land yang nantinya juga tergabung dengan jalur eksisting jalur kereta api lintas selatan.

Metode

Penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu tahap pengumpulan data dan tahap analisis data.

1. Pengumpulan Data
   a. Data Primer: Kontur Tanah dan observasi kondisi lapangan.
   b. Data Sekunder: Data RTRW Kota Madiun, Peta Topografi, Fungsi Lahan, Jaringan Jalan, dan Data Geologi yang digunakan sebagai dasar pembuatan desain trase jalur kereta api(Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2012).
2. Analisis Data
   a. Merencanakan trase secara garis besar dengan memadukan pengolahan data RTRW,
   b. Survei pada beberapa titik yang telah ditentukan sesuai untuk mengetahui kondisi eksisting pada lokasi rencana trase,
   c. Analisis Peta Topografi menggunakan perangkat lunak *Infraworks* dan *AutoCad Civil 3D*,
   d. Perencanaan dan perhitungan geometri jalur kereta api, meliputi: alinyemen horizontal, alinyemen vertikal, kelandaian, struktur jalan rel, kecepatan maksimal, klasifikasi jalan rel, dan perhitungan volume galian dan timbunan.
   e. Penggambaran struktur dan drainase jalur kereta api menggunakan *AutoCad Civil 3D*,
   f. Pembuatan detail potongan per section,
   g. Pembuatan animasi jalur kereta api untuk memvisualisasikan jalur kereta api dengan kondisi lapangan,
   h. Penentuan alternative trase terbaik dengan kriteria penilain 1 (satu) untuk yang terbaik dan 2 (dua) untuk yang kurang baik pada tiap parameter penilaian.

Hasil Kerja

Geometri Jalan Rel

 ISSN 2987-677X

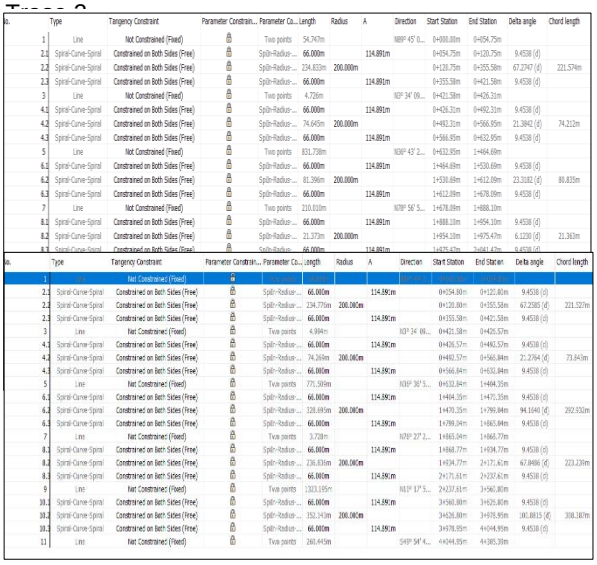
Alternative rencana trase dibagi menjadi dua, alternative trase satu sepanjang (3+725 kilometer) dan alternative dua (4+305 kilometer).



Gambar SEQ Gambar * ARABIC 1 Alternative

Pada alinyemen horizontal trase alternative satu diperoleh jumlah lengkung sebanyak 6 buah, sedangkan pada alternative dua diperoleh jumlah lengkung sebanyak 5 buah. Dikarenakan keterbatasan wilayah radius lengkung menggunakan batas minimum sebesar 200 m. semuanya menggunakan lengkung peralihan guna efisiensi lahan (Rosyidi, 2013).

Tabel SEQ Tabel * ARABIC 2 Alinyemen Horizontal Trase 2



Pada alinyemen vertical trase alternative satu terdapat kemiringan naik sebesar 0.05 % dan turun sebesar -0.13%.

Tabel 3 Alinyemen Vertikal 1

Station	Elevation	Grade Percent (%)
0+000	70.455 m	
0+100	70.502 m	0.05%
…….		
2+100	71.233 m	
2+200	71.105 m	-0.13%

Pada alinyemen vertikal trase alternative dua terdapat kemiringan naik sebesar 0.02% dan turun sebesar -0.07%.

Tabel 4 Alinyemen Vertikal 2

Station	Elevation	Grade Percent (%)
0+000	70.315 m	
0+100	70.336 m	0.02%
…….		
2+100	70.648 m	
2+200	70.573 m	-0.07%

Alinyemen vertikal dari kedua trase masih tergolong diperbolehkan, dikarenakan tidak melebihi batas maksimum kemiringan lintas datar yaitu 10‰ atau 1% (Kementerian Perhubungan, 2012)

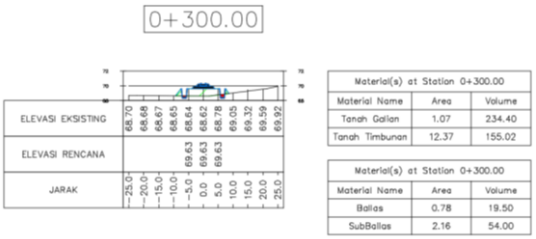
Komponen Jalur

Tabel 5 Perhitungan Komponen

Komponen	Satuan	Trase 1 (3.73km)	Trase 2 (4.3 km)
Bantalan (Jarak = 0.6 m)			
Jumlah Bantalan	Buah	6218	7176
Penambat (4 Penambat /bantalan)			
Jumlah Penambat	Buah	24872	28704
Rel (@25 meter)			
Jumlah Rel	Buah	150	173
Drainase (@1.2 meter)			
Total Drainase	Buah	3109	3588

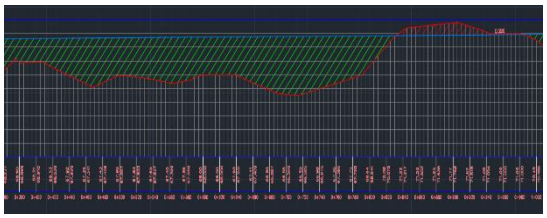
Pada Tabel 5 terlihat bahwa alternative trase 2 membutuhkan lebih banyak komponen jalan rel sekitar 15.4% daripada kebutuhan komponen pada trase 1.

Cross Section dan Long Section



Gambar SEQ Gambar * ARABIC 2 Detail Cross Section

Terlihat gambar cross section perpotongan 25 meter di



setiap jalur yang telah dibuat dengan keterangan yang dibutuhkan. Gambar tersebut menunjukkan sta 0+300 dibutuhkan penimbunan tanah (ground fill) dengan volume total 55.01 m3, volume balas 19.50 m3, volume sub balas 54.00 m3, dan dapat dilihat elevasi rencana dan elevasi eksisting jalur.

Pada gambar 3 terdapat stasiun PPI Madiun yang berada pada km 00+380 serta perpotongan kontur yang ada di gambar dengan keterangan cut atau galian dengan warna hijau, fill atau timbunan dengan warna merah, alinyemen horizontal, alinyemen vertikal, dan superelevation

Animasi

 ISSN 2987-677X







Gambar SEQ Gambar * ARABIC 4 Visual

Pada gambar 4 terdapat visual dari software Infraworks. Pada software infraworks terlihat sangat detail adapun tiga gambar tersebut meliputi Kampus PPI Madiun, Pecel Land, dan Stasiun Madiun. Di software Infraworks terlihat city building atau bangunan kota yang dapat dilihat dengan jelas untuk memperindah hasil dari perencanaan.

Klasifikasi Peringkat Trase

Setelah semua aspek dihitung, hasil tersebut dimasukkan ke dalam tabel perbandingan antara alternative trase 1 dan alternative trase 2 sehingga dapat dihasilkan trase yang terbaik dalam perancangan geometri jalur kereta api.

Tabel 6 Peringkat Pemilihan Trase

No	Penggunaan Lahan	Luasan Lahan bagian 1 (m^2)		Ranking	
		Trase 1	**Trase 2**	**Trase 1**	**Trase 2**
1	Sawah	25000	37550	1	2
2	Pemukiman Masyarakat	8250	5500	2	1
3	Tempat Pemakaman Umum	-	-	-	-
4	Perkebunan	-	-	-	-
5	Sungai	2	2	1	1
6	Perlintasan sebidang	6	2	2	1
7	Jumlah lengkung	6	5	2	1
8	Cut (galian)	25449	14050	2	1
9	Fill (timbunan)	131444	248446	1	2
				11	9

Dari hasil klasifikasi ranking pemilihan trase jalur kereta api, dipilihlah satu yang akan digunakan dalam perancangan geometri jalur kereta api kampus ppi madiun - pecel land - jalur eksisting selatan jawa. Trase terbaik dipilih berdasarkan multi parameter analisis(PT.KAI, 1986), dimana didapat alternatif terbaik adalah trase dua dengan poin 9 atau poin yang lebih kecil.

Kesimpulan

1. Kondisi lahan trase alternative satu 75,18 % lahan berupa persawahan dan 24,81% berupa pemukiman penduduk sedangkan trase alternative dua 87.22 % lahan berupa persawahan dan 12,77% berupa pemukiman penduduk,
2. Trase alternative satu diperoleh jumlah lengkung sebanyak 6 buah, sedangkan pada alternative dua diperoleh jumlah lengkung sebanyak 5 buah. Dikarenakan keterbatasan wilayah radius lengkung menggunakan batas minimum sebesar 200 m,
3. Alinyemen vertikal trase satu tertinggi yaitu 0.13% dan trase 2 yaitu 0.07% masih tergolong diperbolehkan, dikarenakan tidak melebihi batas maksimum kemiringan lintas datar yaitu 10‰ atau 1% (PM No. 60 tahun 2012),
4. Penggambaran *cross section* dan *long section* menggunakan *software AutoCad Civil 3D* peneliti mencoba menampilkan hitungan luas dari satu potongan melintang serta volume diantara dua penampang melintang dengan perpotongan setiap 25 m sehingga diharapkan dapat memperoleh volume tanah yang mendekati dengan kondisi di lapangan,
5. Pada perhitungan didapatkan bahwa alternative trase 2 membutuhkan lebih banyak komponen jalan rel sekitar 15.4% daripada kebutuhan komponen pada trase 1,
6. Perhitungan volume galian, timbunan, balas, dan subbalas menggunakan software AutoCad Civil 3D peneliti memperoleh perhitungan jumlah galian dan timbunan untuk alternative 1 fill sebesar 131444 m^3 dan cut sebesar 25449 m^3, sedangkan alternative 2 fill sebesar 248446 m^3 dan cut sebesar 14050 m^3. Dari perhitungan tersebut pembangunan yang akan direncanakan membutuhkan banyak tanah yang akan ditimbun
7. Usulan alternatif trase terbaik terpilih berdasarkan tabel peringkat pemilihan trase dengan nilai paling kecil adalah trase alternative 2 dengan 9 poin

Ucapan Terima kasih

Saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada rekan-rekan semua yang telah berperan penting dalam menyukseskan proyek penulis saya. Tanpa dukungan dan bantuan dari rekan-rekan semua, proyek ini tidak akan bisa terwujud dengan baik.

Tidak lupa juga, saya ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada PPI Madiun yang telah memberikan dukungan

 ISSN 2987-677X

dan dana untuk proyek ini. Tanpa bantuan dari PPI Madiun, proyek ini tidak akan dapat terlaksana.

Sekali lagi, saya ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus dan mendalam kepada rekan-rekan semua. Semoga kita dapat terus bekerja sama dengan baik di masa depan.

Referensi

Kementerian Perhubungan. (2012). PM No. 60 Tahun 2012. *PM. 60 Tahun 2012*, 1–57.

Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2012). Peraturan Menteri Perhubungan No. 11 Tahun 2012 Tentang Tata Cara Penetapan Trase Jalur Kereta Api. *Kemenhub RI*.

Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (1986). *Peraturan Dinas No 10 tentang Perencanaan Konstruksi Jalan Rel*. 1–62.

Rosyidi, S. A. P. (2013). Rekayasa Jalan Kereta Api. In *Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*.

ISSN 2987-677X

Surface Mount Technology in Printed Circuit Board Assembly: Advantages, Problems, and Its Prevention.

Andro Nicus Sutanto

Engineer Profession Study Program, Widya Mandala Catholic University Surabaya

✉ andronicus.sutanto@gmail.com

Surface Mount Technology (SMT) is a significant step in printed circuit board (PCB) assembly, making it a powerful yet complex process that requires careful consideration of all factors. In this study, each step of the SMT process is described in detail, along with any potential problems and solutions. The author's own experiment, experience, and the viewpoint of an expert all served as the foundation for this study. To bolster the research, certain data from books and scholarly articles is also included. Cleaning the PCB, inserting it into the magazine, printing and inspecting the solder paste, placing the components, reflow soldering, automated optical inspection, visual inspection, and finally the QC check are the primary steps in SMT A proper setup might result in fewer defective items being produced, which increases yield rate.

Keywords: Surface Mount Technology, Printed Circuit Board Assembly

Introduction

In today's world, electronic devices are used worldwide. Everyone has at least one device to support their life. Take the example of a singer. He or she will need to have a microphone. The core item of the microphone is a printed circuit board (PCB) that is assembled with all the components to make it functional.

A process to mount electronic components into PCB is called PCB assembly. There are 2 assembly processes, Surface Mount Technology (SMT) and Through Hole Technology (THT) (Ho, 2006).

Nowadays, SMT is the most used process since it is an automated process with a high output rate. Despite being a powerful process, there are numerous factors that must be taken into account to produce a decent result. Different configurations can affect the quality of the products being made.

To understand the SMT process better, this research will describe each step, as well as potential problems that may arise and how to address them.

Methods

One of the main methods of this research is the author's prior experimentation and personal experience. The other method is to get experience from senior colleagues and some experts in the PCB assembly field. To complement the research, some data was also gathered from books and academic articles. All the information is validated through the experiment and the result of the daily processes.

Results and Discussions

PCB Cleaning

PCB cleaning is the first step needed before the SMT process starts. To ensure that there are no foreign items or oils still inside the PCB, it must be thoroughly cleaned. A sticky lint roller is used to clean the PCB. This tool can absorb all the foreign materials in the PCB. When the PCB is not clean, the solder can't be formed perfectly in the PCB and component. For example, a tiny piece of wire can cause a solder bridge between 2 pins and result in a function fail.

PCB insertion

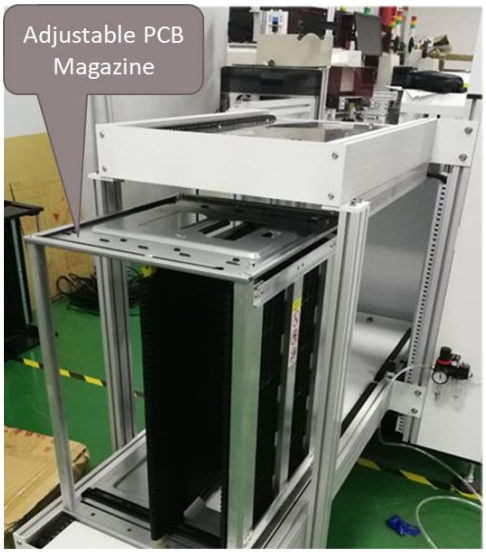


Figure 1 PCB Magazine

After the cleaning process, the PCB needs to be inserted into the machine to be processed. This operation can be performed by the operator. They need to insert the PCB into the machine one by one. However, this will cause a very low efficiency and output rate. To eliminate this problem, a magazine is used to feed the PCB into the machine. The magazine can be adjusted depending on the size of the PCB, so the company doesn't need to buy a lot of magazines for every PCB. The operator only needs to put the PCB into the magazines, adjust it based on the PCB size, and the machine will automatically process it. The magazine will only feed the PCB, it can't detect if the PCB direction is wrong, so the

 ISSN 2987-677X

operator must make sure that they inserted the PCB in a uniform direction.

Solder Paste Printing (SPP)

SPP is a process to print the solder into the PCB. SPP is the most challenging and important step in the SMT process. To ensure printing quality, many factors need to be controlled, such as stencil design, squeegee type, printing configuration, support pin setup, and type of solder being used.

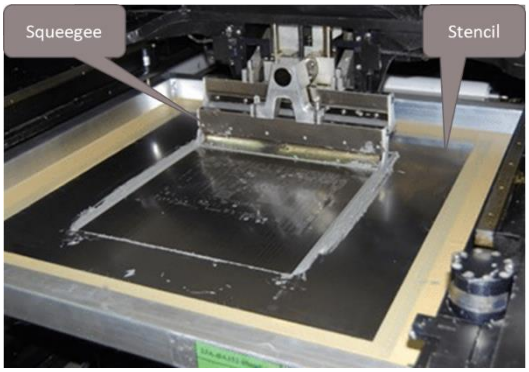


Figure 2 Stencil and squeegee

Stencil design is important for solder deposition efficiency. By using a stencil, the solder can be deposited at once. Without a stencil, the operator will need to print the solder into the PCB manually. The design of the stencil will also affect the soldering quality. The main issues caused by poor stencil design are solder bridge and insufficient solder. If the stencil opening is too close from one pad to another, the solder bridge will be formed. The smaller the stencil opening, the thinner the stencil thickness must be. There is a rule of thumb that says the stencil thickness must be 1.66 times smaller than the smallest opening size. For example, the opening of the stencil is 0.2x0.4mm, the value of the rule of thumb is 0.2/1.66 = 0.12mm, this means that the stencil thickness must be less than 0.12mm (i.e., 0.1mm or 0.08mm). If the stencil thickness is 0.15mm, there is a big chance that the solder amount is very few (i.e., insufficient solder).

Different types of squeegees also need to be considered during SPP. When there is more than 1 thickness in the same stencil, a rubber (soft) squeegee must be used to prevent an insufficient solder in some location. Meanwhile, when there is only 1 thickness in the stencil, the hard squeegee can be used.

Printing configurations consist of printing speed, printing angle, printing pressure, etc. Different configuration of all the above aspects will lead to a different solder volume deposition. The lower the printing pressure, the more solder is deposited (Rusdi, 2019). The faster the squeegee speed, the lower the solder volume. The lower the printing angle, the higher the contact area resulting in more solder deposited (Rusdi, 2018).

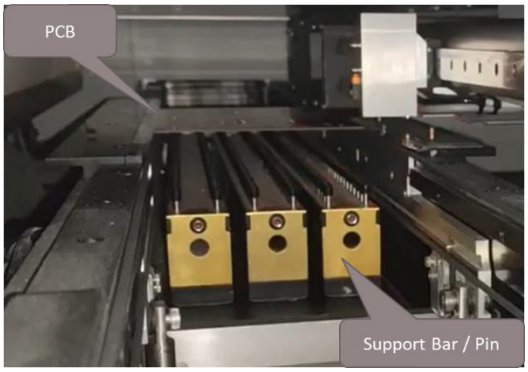


Figure 3 Support pin

The placement of the support pin is another factor that needs to be taken into account. During the SPP process, a support pin is used to hold the PCB's bottom side in place. Without this support pin, the PCB is easy to break due to the pressure of the squeegee. Depending on the PCB design, a variety of support pin types are available. Since there is no component on the bottom side, a flat support bar can be utilized when processing the first side of the PCB. Then, in order to protect the components on the bottom side, a support pin must be used for the second side. Each pin must be correctly positioned in the PCB's open space. The PCB won't flat with the stencil if the pin setup is wrong, which results in an uneven amount of solder being deposited into the PCB.

Solder paste type	Solder ball size (µm)
Type 1	150-75
Type 2	75–45
Type 3	45–25
Type 4	38–20
Type 5	25–10
Type 6	15–5
Type 7	11–2
Type 8	8-2

Table 1 Solder ball types and sizes

During SPP, it's also important to think about the type of solder paste being used. According to the sizes of the solder balls, there are currently 8 different types of solder in use (J-STD-005A, 2012). The particle size of solder paste type 1 is 150-75 µm, while for type 8 the size is 8–2 µm. The smaller the component produced, the bigger the type of solder type used. Nowadays, due to the size of the components, companies will prefer to use solder paste type 4 (ball size 38–20 µm) or type 5 (ball size 25–10 µm). There is a rule of thumb that says the smallest opening of the stencil must be able to accommodate 5 solder balls. The reason is because the solder touching the stencil wall will remain there due to the roughness of the wall, so only 3 solder balls will be released to the PCB. For instance, if the stencil opening is 0.2x0.4mm (200x400 µm), the maximum solder ball size that can be used is 40 µm (200 µm: 5). Meaning, solder ball type 4 (ball size 38–20 µm) can be used, since the biggest ball size is 38 µm which is lower than 40 µm. For this case, if solder type 3 is used and the solder ball is always the biggest size (45 µm), there will be only 4 balls can be placed in the stencil and only 2 balls can be released to the PCB.

 ISSN 2987-677X

Solder Paste Inspection (SPI)

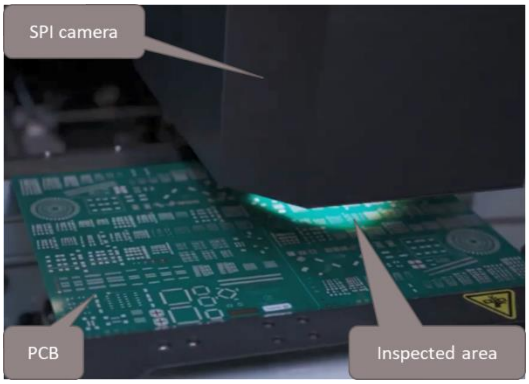


Figure 4 Solder Paste Inspection

Since the SPP process is complex, it is necessary to make sure that the solder volume conforms with the standard. Thus, inspection is needed before proceeding to the next process. Here, the SPI machine is used to automatically check every soldered location. The SPI machine can identify issues like solder bridging, insufficient solder, and solder overflow, as well as the solder area, height, and volume. Without this SPI process, it is impossible to monitor and control the printed result. The operator can adjust the SPP machine as necessary based on the outcome of the SPI process. When the SPI shows some error, the operator needs to check and confirm whether the problem is real or just a false alarm. They must do a special control, starting by marking the PCB, finish the process then inspect the PCB to make sure that the issue is eliminated during the subsequent processes. For example, when the SPI result shows insufficient solder in the ball grid array (BGA) component, after the reflow, the solder joint might be ok because the BGA already has a solder ball under the components. In this case, they can resume production and ignore the error.

Pick and Place (P&P)

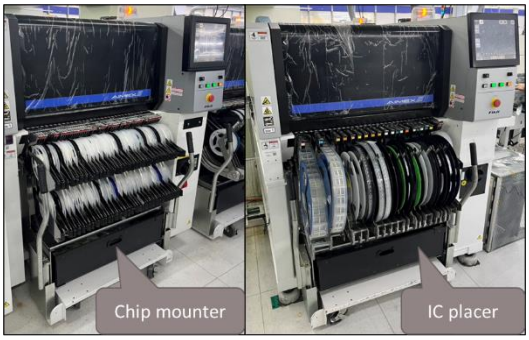


Figure 5 Chip mounter and IC placer

After validating the solder quality, the next step is to assemble all the electronics components into the PCB. This P&P process is automatic and done by machine at high speed. This machine can accommodate a lot of components at once. There are 2 types of machines used during the process, called chip mounter and IC placer. Components with chip sizes, like resistors, capacitors, and inductors, are typically mounted using chip mounters. Unlike chip mounters, IC placers are used for larger components like large integrated circuits, connectors, and shield fences. All the components in chip mounter will be processed first before the IC placer, because if the big component mounted first, the small component nearby will be difficult to place, it may cause damage to the machine and component.

The main issues during the P&P process are usually the component packaging. Some components are in loose packaging, so the machine can't pick it up. In this case, the operator needs to manually mount the component and resulting in poor efficiency and quality risk. There are some types of packaging suitable for the P&P machine, that is tape & reel, tray, and tube. Tray can be inserted directly into the machine, but tube or tape & reel must be processed differently. There will be an extra equipment needed, called a feeder.

Reflow soldering

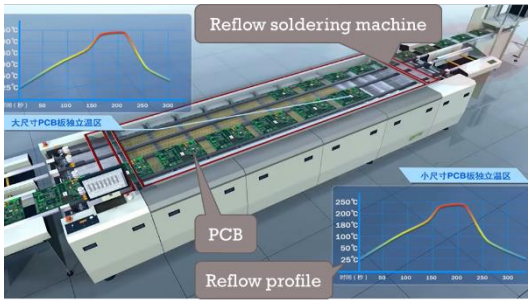


Figure 6 Reflow soldering machine

From the beginning, the solder is still in a paste form, so there is no solder joint formed between the PCB and the component. For this reason, reflow soldering is required. This process will melt the solder paste and form a solder joint to attach the components into the PCB. There are several steps during the process, that is preheat, soak, reflow, and cooling (Teja, 2022). To ensure that the PCB and component receive enough heat and are prepared for a high temperature in the following step, it is crucial to perform the preheating step. The temperature must increase slowly to prevent thermal shock. After preheating, the board will be steadily heated at the soaking temperature. This step is used to balance the temperature in all locations before reflow and activate the flux. After the flux is active and the temperature is balanced, the reflow temperature will form a solder joint between the PCB and the components. The reflow temperature will vary depending on the type of solder used; for instance, the melting point of SnAgCu solder is roughly 217°C, while that of SnPb solder is roughly 183°C. After the reflow process is finished, the board will be cooled off before it can be released to production. The cooling process must be slow to prevent damage to the board.

 ISSN 2987-677X

Automated Optical Inspection (AOI)

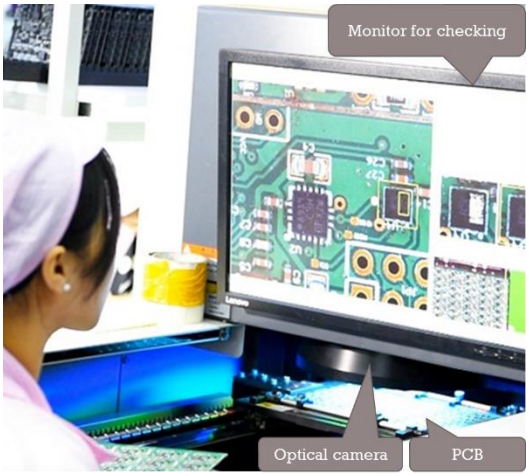


Figure 7 Automated Optical Inspection

The reflow process is encapsulated and cannot be seen from outside, so whatever happened inside can't be controlled especially if the setup is not correct. To prevent any issues after the reflow process, AOI is needed. The AOI machine will automatically scan the PCB and check some details, such as soldering defects (e.g., solder bridging, insufficient solder, tombstone), component issues (e.g., missing, shifted, wrong polarity), and component body marking. Although the process is automatic, the operator must still verify that all machine judgments are accurate. Since some PCBs are quite large, checking them takes some time, and occasionally an operator will overlook a detail and simply allow a problematic PCB to pass inspection. In this case, the operator must be trained to make sure they check every detail.

Visual inspection and QC checking.

Despite the fact that AOI is a powerful process, the machine can only see the top side of the PCB, and some areas of the PCB cannot be seen clearly from the top side. In this regard, a visual inspection is also required to ensure that the PCB gets 100% inspection. Visual inspection is usually used to check components that are under another big component (e.g., shield fence, big transformer). The inspector will focus on the area that cannot be checked by the AOI so that they can reduce the checking time. After the inspection is finished, the QC will mark the board as pass, and the SMT process is finished.

Conclusions

In the modern world, SMT has become a major process in PCB assembly industry. A good SMT process can be achieved through a good composition of all aspects, such as clean PCB, use of PCB magazines, well designed stencil, fine-tuned printing setup, thorough SPI, suitable component packaging design, appropriate reflow soldering temperature, and last but not least, a careful visual inspection and QC checking.

Although there are no perfect configurations in this world, at least with continuous adjustment and improvement, the yield rate can be increased and the quantity of defective goods can be decreased. Thus, the effort to continue to develop must be owned by every individual who is engaged in this field.

Acknowledgment

All glory and honor belongs to the Lord, Jesus Christ, who gave me the strength to complete this research..

I would like to thank the Engineer Profession Study Program of Widya Mandala Catholic University Surabaya for the opportunity to conduct this research.

I am so grateful for my wife who give me support for creating this research. Thank you for the time and patience given to me.

Finally, I would like to thank my company Top Union Electronics Corp for teaching me such valuable information about the SMT process and PCB assembly.

References

Ho, W., & Ji, P. (2006). Optimal Production Planning for PCB Assembly. Springer Science & Business Media.

Requirements for Soldering Pastes (English Language), J-STD-005A. (2012).

Rusdi, M. S., Abdullah, M. Z., Aziz, M. Z. a. A., Abdullah, M. Z., Bakar, A. A., Samad, M. A., Rethinasamy, P., Veerasamy, S., & Khor, C. Y. (2018). Numerical Investigation on the Effect of Squeegee Angle during Stencil Printing Process. Journal of Physics, 1082, 012057. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1082/1/012057

Rusdi, M. S., Abdullah, M. Z., Chellvarajoo, S., Aziz, M. Z. a. A., Rethinasamy, P., Veerasamy, S., & Santhanasamy, D. G. (2019). Stencil printing process performance on various aperture size and optimization for lead-free solder paste. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 102(9–12), 3369–3379. https://doi.org/10.1007/s00170-019-03423-9

Teja, R. (2022). What is Reflow Soldering? The Complete Guide. ElectronicsHub. https://www.electronicshub.org/reflow-soldering/

ISSN 2987-677X

Comparative Study Model of Time Efficiency in Boarding and Disembarking a Plane.

Kuncoro Kohar

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ multiversescience@gmail.com

The plane boarding and disembarking process are experienced everyday by millions of passengers around the world. It is crucial to decrease the time. These tedious processes take to minimise delays for passengers and maximize profits for the airline. Hence, many airports employ a specific method to speed up this process, arranging their passengers in various ways to minimize long queues or conflict while boarding. From analyzing various studies, it has been concluded that one of the most time-consuming activities in plane boarding is storing luggage in overhead bins before they can move forward to their seats. The model in calculating the total boarding and disembarking consists of a passenger generator which generates a unique index for each passenger, a stowage time index to calculate the time needed for luggage according to Weibull distribution and a seat shifting index to estimate the time taken when a seat is blocked by occupied passengers. By section and by seat method is found to be effective but still causes traffic. It was ultimately concluded that the combined method, the Steffen-" by section", is the most effective, as it takes into account passengers traveling in groups and lets fewer passengers enter, eventually reducing total time.

Keywords: boarding, disembarking, plane, model, passengers, Weibull, seat, method, process, Steffen, sensitivity, analysis, time, index, diagram, aircraft.

Introduction

Arguably two of the most tedious tasks plaguing aircraft travel are boarding and disembarking from a plane. One of the biggest issues with these processes is that they are primarily controlled by human behavior, and where humans are involved, there are many areas where errors can occur. Many factors have to be considered in both boarding and disembarking, as they can accumulate and ultimately speed up or slow down the process. All these more minute variables combined can lead to larger flight delays down the road, especially when repeated over multiple flights. In a world where time is money, it is key for all airlines to make this process as fast as possible to prevent these delays, both for maximizing their efficiency and for the satisfaction of their passengers.

Methodology

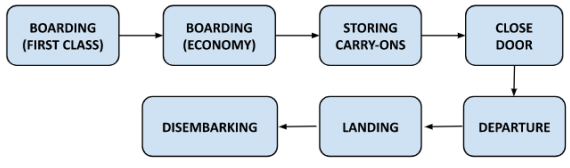


Figure 1. Process Diagram of An Aircraft

Before passengers enter the plane, several procedures need to be done. As passengers register themselves during the check-in process, they drop their baggage and do a screening check. Dangerous and prohibited objects are not allowed onboard whereas carry-on bags and liquids have a limit. Once they go over the limit, it is mandatory to discard some items. The airport staff will verify the passenger's ticket and passport. Passengers may proceed to the boarding lounge.

While the passengers wait for the gate to open, the airplane crew refuels disembarks previous passengers and cleans the plane. The crew will have a briefing amongst themselves to discuss any necessary information regarding the flight. Passengers will be divided into business or first class and economy class. First and the business class has the privilege to board first, followed by the economy class. After every passenger has stowed their luggage, the crew will close the doors and depart.

Assumption and Justification

Assumption 1: Each person brings at least one carry-on bag. Most airlines have one carry-on-bag limit with a maximum of 20kg per bag. Bringing more than one carry-on will result in a fine.

Assumption 2: Business and First-class board first, followed by the economy class. According to official airline websites, business seats and first-class seats tend to board first before the remaining economy seats. This allows them to be able to enter the plane without any queueing and without disrupting any established boarding procedures that the economy class will follow.

Assumption 3: There are no platinum passes. No passengers have premium or platinum passes. This means all passengers will have a fixed seating position as stated in their boarding pass.

Assumption 4: Half of the people flying travel solo. Based on traveling statistics, around 50% of people fly solo and the percentage of people has been increasing. Solo fliers are

 ISSN 2987-677X

often frequent fliers, meaning that they make up a large amount of passengers boarding planes.

Assumption 5: No one goes to the restroom during the boarding/disembarking process. This is to prevent any already-boarded passengers from disrupting the flow of the established structured boarding method.

Assumption 6: The weight and size of passengers do not affect the speed. There are lots of people of different sizes on any flight. Therefore, on average, the speed remains constant regardless of size.

Assumption 7: Passengers do not change their seats. Passengers will stay in their chosen seats or the seats that had been decided for them in their tickets.

Assumption and Justification

The list of variable nomenclatures along with their respective descriptions used in the making of the model are all compiled into the table below.

Table 1. Nomenclature Index

Nomenclature	Description
t_i^l	time to stow i^{th} luggage
i	luggage number
k	shape parameter
λ	scale parameter
m	expected minimum stowage time
c	stowage time multiplier
t_s	time taken to seat shift (s)
n_s	number of seat shift
s	target seating position
y_i	i^{th} passenger distance-time graph
p_i	i^{th} passenger order
x	independent variable
r_i	i^{th} passenger row
T	total delay time
n_l	amount of luggage
τ	sum of all luggage stowing time

Model

Stowing Time Index

Stowing the luggage is the most time-consuming part of the boarding process as it obstructs the path of passengers, especially in such narrow aisles. The time needed to stow luggage in the overhead compartment varies depending on how filled the compartment is. Thus, to mimic the additional time that is needed to adjust luggage, a cumulative Weibull distribution method is used. This is because the versatility of a Weibull distribution allows it to be adjusted to different distribution shapes and sizes as needed.

$$t_i^l = m + (1 - e^{-(l_i/\lambda)^k}) \times c, \quad x > 0$$

t_i^l = time to stow i^{th} luggage
l_i = luggage number
k = shape parameter
λ = scale parameter
m = expected minimum stowage time
c = stowage time multiplier

The minimum stowage time needed to be 5 seconds when empty and 25 seconds when it is filled. The variable c acts as a multiplier so that the time taken to stow luggage is close to the expected time taken when the overhead compartment is full. The following graph represents the distribution for the stowing time when the shape parameter = 4 (to represent a normal distribution), scale parameter = 120, expected minimum stowage time = 5, stowage time multiplier = 20

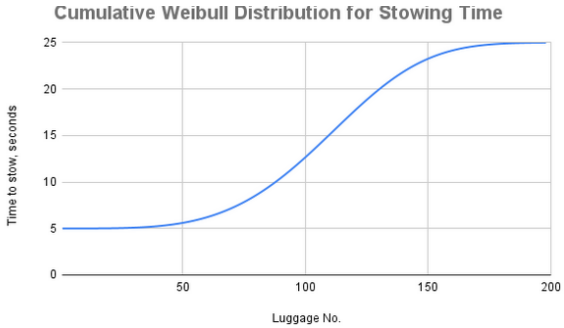


Figure 2. Cumulative Weibull Distribution for Stowing Time

The cumulative Weibull graph is used to simulate the increasing amount of time to store each luggage as the overhead compartment is getting filled. The time needed gradually increases starting when about 25% of luggage has been stowed and slowly decreases when 75% is stowed, ultimately taking 25 seconds in the end.

Seat Shift Time Index

The time taken to shift through seats depends on whether the seat of a passenger is blocked by occupied adjoining seats. For instance, narrow-body aircraft seat arrangements can have multiple scenarios of seat shuffling on its 3+3 seat configuration.

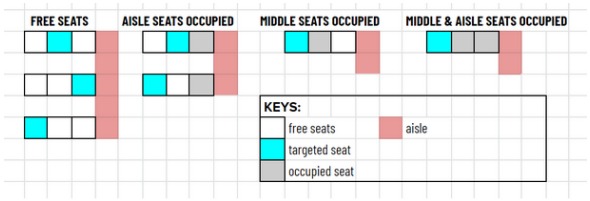


Figure 3. All Different Scenarios of Seat Shifting

According to Figure 3, free seats do not require any seat-shifting action as the passenger is not obstructed when going to their seat. Occupied aisle seats and middle seats require a seat shift of one person for the passenger to reach their seat. Lastly, occupied aisle and middle seats require two people to shift for the passenger to pass, consuming twice as much time. This variable will be deterministic with the assumption that it takes 0.5 seconds to move across a seat. Thus the time needed depends on the scenarios as follows:

$$t_s = \frac{1}{2}(n_s^2 + n_s + s), \quad n_s \geq 0$$

ts = time is taken to seat shift (s)
ns = number of seat shift
s = target seating position
(1 = aisle, 2 = middle, 3 = window)

Table 2. Seat-Shifting for Narrow Body Model

 ISSN 2987-677X

No.	Narrow-body Seat Position			Seat Shifting Time, s
	Window	Middle	Aisle	
1	O			1.5
2	O	X		3.5
3	O		X	2.5
4	O	X	X	4.5
5		O		1
6		O	X	2
7			O	0.5

O = Target seat
X = Occupied

Table 2 shows the time needed for every seat-shifting scenario possible in a narrow-body aircraft model. The 'O' represents the target seat which is the seat a passenger is going to move towards from the aisle. This can be hindered by obstructing passengers, 'X', that have already occupied the seat, further adding to the time needed to arrive at the target seat.

Passenger Flow Model

The passenger flow model will simulate the flow of passengers in the cabin through a distance-time graph. For the sake of simplicity, the model will assume the passenger's arrival rate and speed to be constant and uniform one aisle per second. A random seat position generator developed in Python will generate a unique seat index for each passenger, where for every passenger a seat row and column are given. An algorithm will then sort these passengers' queue orders based on the types of boarding methods used. The arrival rate for a passenger is considered deterministic with the estimation that they arrive once every second. Given the points above, the formula for each passenger's distance-time graph can be shown as follows:

$$y_i = x - p_i, \qquad 0 < y_i \leq r_i$$

y_i = ith passenger distance-time graph
p_i = ith passenger order
x = independent variable
r_i = ith passenger row

After reaching the destination, the distance-time graph will become stationary to indicate the delay for stowing time and seat-shifting. The total time taken for this delay is formulated in the following equation.

$$T = t_i^l + t_s$$

T = Total delay time

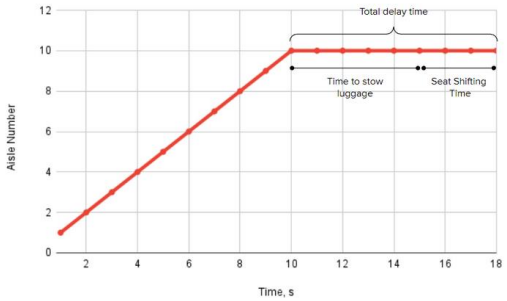


Figure 4. Example for a Single Passenger Distance-time Graph

Figure 4, shows an example of the distance-time graph where an aisle becomes a distance unit for a single passenger that sits in aisle 10. The passenger would spend time stationary to stow their luggage first before shifting towards their seat. In total, the passenger took 18 seconds to get to their destination with the addition of time to stow luggage and time required for seat shifting.

Methods Boarding

There are two main methods used for boarding that airlines regularly implement: unstructured and structured boarding. Unstructured boarding is completely randomized, allowing people to come and sit at their designated seats on their own time. Structured boarding, on the other hand, gives certain seats certain orders and passengers will have to enter their seats in order as well.

Unstructured Boarding

Unstructured boarding is randomized, allowing passengers to come and board as they please. The main advantage of this is that there is less preparation and fewer resources needed as passengers enter as they arrive. However, the randomness of this method may cause long queues that are hard to predict, possibly causing long flight delays over some time.

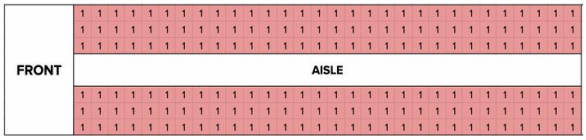


Figure 5. Unstructured boarding

Regardless of this, multiple studies such as those written by Jaehn and Neumann (2014), Ferrari and Nagel (2005), and Bauer et al., (2007) have shown that random seating arrangements are typically faster than a good number of other structured boarding arrangements. Despite the possibility of queues, the random arrangement can sometimes work in one's favour as it will increase the chance of passengers stowing their luggage at the same time or splitting one queue into two.

Structured Boarding

Structured boarding methods give certain orders to the plane seats, and passengers enter and seat themselves based on their seat location. Structured boarding methods are all designed to minimize queues and maximize efficiency. The disadvantages of structured boarding are that there is no guarantee that all passengers will follow the instructions and errors can become more consequential as they may disrupt the previously established method. It may also take more time and resources on behalf of the airline and there is no guarantee that all structured boarding methods will be as effective in practice as it was on paper. There are many ways one can arrange a structured boarding method. This paper explores methods typically used by airplanes that have been tested and analyzed in multiple studies by mathematicians, such as Steffen.

Steffen Method

The Steffen method is widely considered the "perfect" method to board planes. The reason for this is that it is a combination of the back-to-front method and the outside-in method, where passengers enter in alternating rows starting from those seated in the back to those seated at the front. The window seats fill up first followed by the middle and aisle seats.

 ISSN 2987-677X



Figure 6. Steffen Method

All of these factors combined to make a boarding method that truly minimizes queues and maximizes the number of people that board at a time, thus ensuring the fastest boarding time. The problem with this method is that every person has to be lined up appropriately based on their seats as opposed to entering the plane based on their group. Compared to other methods, lining people up based on over 200 individual seats will take a long time even if everyone is cooperative. However, due to the way humans behave, it is a statistical certainty that there will be people who get impatient, do not follow the order, or come in late, messing up the line. Alongside that, this method still contains the problem of separating groups of individuals and families.

Modified Method

From the pre-existing studies, it has been deduced that bags tend to be the biggest cause of slow boarding time. Steiner and Philipp (2009), Marelli et al. (1998), and Steffen (2008) provide data from both simulations and observations that minimizing stowing time is key in speeding up the boarding process. Therefore, the modified model has to minimize the number of people from the same row that enter to prevent queues for storing bags. Likewise, the method has to maximize the number of people that enter from different rows so more people can store their bags and board at once. The Steffen and outside-in methods work to fix this issue but at the cost of separating groups of people who are flying together. Back-to-front methods are not very good at tackling this issue, but it fares better as opposed to the Steffen method in terms of keeping groups of people together and cutting the number of sections passengers are divided into, reducing confusion and room for error. When approaching the creation of our model, there were 4 things to keep in mind:

1. Reduce the number of sections people are divided into
2. Reduce the number of people from the same row boarding together
3. Increase the number of people from different rows boarding together
4. Allow groups of people to board together



Figure 7. Steffen-Section Method

This first method is the Steffen-Section method, a combination of the Steffen and section methods. Each plane will be divided into 3 sections: the rear, middle, and front seats. Similar to the Steffen method, one row is skipped to increase space for passengers to board. However, they will all board per section. Instead of arranging the seating arrangements from the window to the aisle, the entire section 1 first wave will enter at once from farthest to closest so they can board faster. The flaw in the Steffen method is that people aren't able to line up properly and there will be miscalculations between who enters first, so letting them in at once will let the people sort it out themselves. There is enough space to shuffle through seats because every row is skipped. In total, it will reduce the time for passengers to board.

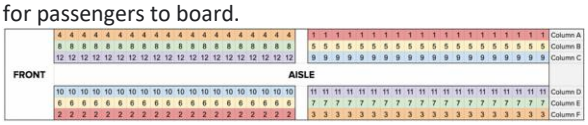


Figure 8. Grouped-Outside In

This method primarily focuses on finding a way to reduce the number of groups people are split into and increase the number of people that can board at once. By combining the outside-in and back-to-front methods, passengers seated in the back enter first, specifically those with window seats and are on the left side of the aisle. This is followed by window seat passengers on the right of the aisle. The process is repeated for passengers who are seated in the middle and aisle seats.

Moreover, each of these people will be further split into multiple groups. For example, each column seen in the image below is split into two sections, one in the back and the other in the front. It can be seen that the sections alternate, with Section 1 being on the left-hand side of the aisle and Section 2 on the right-hand side. This is because, according to USA Today, planes can tilt and become uneven when there is unequal weight distribution. This method allows an even distribution of weight on the entire plane. Those in section 1 will enter first, but it will immediately be followed up by those in section 2 without waiting. With this method, even if two people both sit in column A, there may never need to queue as one may sit in section 1 while the other sits in section 2.



Figure 9. Grouped-Outside Out

Structured disembarking is the airline deciding the order of disembarking to theoretically cause less traffic in the aisles and let passengers exit easily. Different disembarking methods are similar to the boarding methods, sorting passengers into groups to decide when they will disembark. Most of the time, the boarding process used is reversed from the disembarking process.

The optimal one would be the grouped inside-out method, the reverse of the grouped outside-in boarding method. Those in the aisle seats would exit first, followed by the middle seat and window seats. In the image below, passengers of sections 1 and 2 will stand up and pick up their luggage. All will exit the plane before passengers of sections 3 and 4 are allowed to stand up and pick up their luggage so no queues are formed. This is performed until all passengers have disembarked.

Application and Results

To find the total boarding time, the variables given by the passenger generator and implement in the formulas mentioned. The results for each passenger are then added together and hence it can be used to find the total boarding time after each of the passenger distance-time graphs as seen in Figure 4 were collectively put into a single graph, ultimately acquiring the total boarding time for every method.

 ISSN 2987-677X

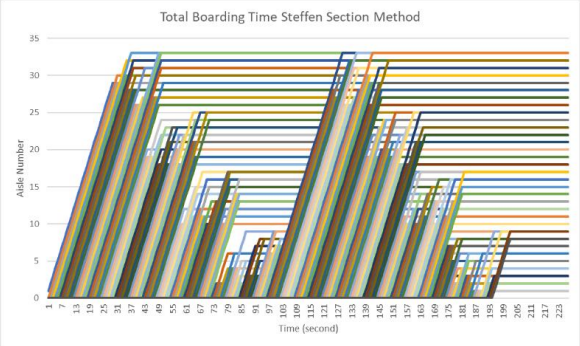


Figure 10. Total Boarding Time Steffen Section Method

The most optimal boarding method is our Steffen-section method which has a total boarding time of **226 seconds** or **3 minutes and 46 seconds** with 100% passenger capacity. An important limitation to keep in mind is the interference of passenger flow through time-taking activities such as luggage stowing and seat shifting is not included as it is assumed that passengers can squeeze through other stationary passengers. This will result in queues being non-existent inside the airplane. The model is designed to specifically estimate the time is taken solely based on the passenger walk time, stowage time, and seat shifting time.

Conclusions

Boarding and disembarking are one of the more tedious parts of our flights, and airports have attempted to tackle that problem for decades. In determining a boarding and disembarking method that was efficient, reasonable to implement, and adaptable to different airplane models, a model was constructed using the Weibull distribution method and a passenger flow model. By calculating the time taken to board with different methods, we constructed our methods per the results.

Although the model proposed is not perfect, we were successful in identifying ideal boarding methods through the mathematical model as well as analyzing the factors that affect the rate at which passengers board and disembark. The best boarding method would be the Steffen-section method due to the row-structured process and fewer groups of passengers need to be divided. Meanwhile, the best disembarking solution would be the grouped inside-out because those who are closer to the aisle would disembark first.

References

Burgueño Salas, Erick. “Air Travel in the U.S. - Pieces of Luggage Usually Checked by Trip Purpose 2017.” *Statista*, 5 Aug. 2021, www.statista.com/statistics/863006/air-travel-us-pieces-of-luggage-usually-checked/. Accessed 13 Mar. 2022.

CGP Grey. “The Better Boarding Method Airlines Won’t Use.” Www.youtube.com, 5 Feb. 2019, www.youtube.com/watch?v=oAHbLRjF0vo&t=78s. Accessed 13 Mar. 2022.

Coppens, Jessica, et al. “Improving Airplane Boarding Time: A Review, a Field Study and an Experiment with a New Way of Hand Luggage Stowing.” International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace, vol. 5, no. 2, 2018, 10.15394/ijaaa.2018.1200. Accessed 13 Mar. 2022.

Deshmukh, Gaurav. “A Simulation Framework to Analyze Airplane Boarding Methods.” Medium, 6 Jan. 2020, towardsdatascience.com/a-simulation-framework-to-analyze-airplane-boarding-methods-410def726350?gi=a692ad425714. Accessed 13 Mar. 2022.

Ferrari, Pieric, and Kai Nagel. “Robustness of Efficient Passenger Boarding Strategies for Airplanes.” Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, vol. 1915, no. 1, Jan. 2005, pp. 44–54, 10.1177/0361198105191500106. Accessed 13 Mar. 2022.

Hiemstra-Van Mastrigt, Suzanne, et al. “Identifying Bottlenecks and Designing Ideas and Solutions for Improving Aircraft Passengers’ Experience during Boarding and Disembarking.” Applied Ergonomics, vol. 77, May 2019, pp. 16–21, 10.1016/j.apergo.2018.12.016. Accessed 13 Mar. 2022.

Jaehn, Florian, and Simone Neumann. “Airplane Boarding.” European Journal of Operational Research, vol. 244, no. 2, July 2015, pp. 339–359, 10.1016/j.ejor.2014.12.008. Accessed 13 Mar. 2022.

Kierzkowski, Artur, and Tomasz Kisiel. “The Human Factor in the Passenger Boarding Process at the Airport.” Procedia Engineering, vol. 187, 2017, pp. 348–355, 10.1016/j.proeng.2017.04.385.

Qiang, Sheng-Jie, et al. “Reducing Airplane Boarding Time by Accounting for Passengers’ Individual Properties: A Simulation Based on Cellular Automaton.” Journal of Air Transport Management, vol. 40, Aug. 2014, pp. 42–47, 10.1016/j.jairtraman.2014.05.007. Accessed 13 Mar. 2022.

“What Happens in First Class?” Travel Tips - USA Today, traveltips.usatoday.com/happens-first-class-24501.html. Accessed 13 Mar. 2022.

ISSN 2987-677X

Desain Pemanfaatan Bahan Peledak *Expired* dan *Failure* Menggunakan Metode *Sloping* dan *Molding* Berperspektif FAST dan HIRADC

Nunik Endah Sulistiyawatiwono

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ nunikendahh@gmail.com

Bahan peledak berasal dari sumber daya alam yang awalnya hanya sebuah material atau senyawa biasa yang mana manusia belum mengetahui unsur,fungsi dan akibat yang ditimbulkan, dengan berjalannya waktu manusia melakukan penelitian ketika melihat reaksi yang timbul dari akibat reduksi kimia secara alamiah, hal tersebut berkembanglah penelitian sebagai suatu penyempurnaan produk peledak dari masa ke masa sesuai fungsi dan manfaat untuk kepentingan perkembangan suatu wilayah atau negara. Kejahatan internasional sudah menjadi ancaman bagi negara di seluruh dunia. Perkembangan teknologi dan arus informasi mengakibatkan tatanan kehidupan baru dalam berbagai dimensi. Peredaran senjata atau bahan peledak konvensional yang telah dibuat oleh produsen senjata banyak diminati oleh banyak negara termasuk bangsa Indonesia sebagai alat yang dipakai dan digunakan oleh TNI untuk mempertahankan keamanan serta menjaga wilayah kedaulatan Negara Kesatuan Republik Indonesia. Mengadopsi dari permasalah tersebut maka dapat dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap bahan peledak yang *expired* / *failure* untuk dimanfaatkan kembali fungsinya. Pemusnahan yang dilakukan selama ini menimbulkan risiko baik bagi lingkungan maupun makhluk hidup, pemanfaatan bahan peledak dengan metode *sloping* dan *molding* yang telah didesain dengan mempertimbangkan FAST dan HIRADC diharapkan memberikan solusi untuk meminimalisir risiko baik bagi lingkungan.

Kata kunci: sloping, molding, fast, hiradc

Pendahuluan

Senjata konvensional adalah senjata pemusnah massal [1] mengakibatkan kerusakan dan kematian massal seperti senjata nuklir, senjata biologi, dan senjata kimia. Salah satu dari senjata konvensional tersebut yang paling berbahaya dalam peperangan dan konflik [2]. Dampak dari penyebaran senjata konvensional mulai dirasakan dan sangat meresahkan pasca perang dan konflik terjadi. Hal ini dikarenakan pengalihfungsian lahan bekas area peperangan yang seringkali diubah oleh masyarakat sipil menjadi pemukiman yang baru. Akibat bahan peledak yang masih tersisa dan sengaja ditinggalkan oleh tentara pada masa lalu, banyak temuan bahan peledak atau senjata yang masih aktif dan dapat menimbulkan reaksi ledakkan, jika tidak dilakukan secara hati-hati telah dilaporkan oleh masyarakat kepada pihak terkait untuk mengevakuasi temuan tersebut. Faktor yang menyebabkan kegiatan kejahatan transnasional marak terjadi adalah antara lain perkembangan globalisasi, pergerakan manusia atau migrasi, serta perkembangan teknologi, informasi, komunikasi, dan transportasi yang sangat pesat serta keadaan ekonomi dan politik yang Untuk mengatasi kejahatan, transnasional tersebut karena kejahatan transnasional tidak hanya melibatkan satu negara, melainkan melibatkan lebih dari satu negara yang memiliki aturan dan regulasi yang berbeda-beda dalam menangani suatu kasus kejahatan transnasional. Kegiatan ini juga membutuhkan kerjasama yang erat antara berbagai organisasi seperti polisi, bea cukai, lembaga perlindungan perbatasan dan jasa peraturan [7]. Peredaran senjata atau bahan peledak konvensional yang telah dibuat oleh produsen senjata banyak diminati oleh banyak negara termasuk bangsa Indonesia sebagai alat yang dipakai dan digunakan oleh Tentara Nasional Indonesia (TNI) untuk mempertahankan keamanan serta menjaga wilayah kedaulatan Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) [8]. Pada senjata strategis yang digunakan akan ada masa fase *expired* atau kadaluarsa sebagai bentuk optimalisasi fungsi dan kegunaan yang telah dibuat, belum juga terjadi kerusakan pada yang tidak bisa digunakan sebagai solusi yang digunakan saat ini yaitu dengan cara peledakan, penyumuran, pembuangan di laut lepas, dan pelarutan dengan senyawa kimia, dari solusi yang dilakukan tidak sedikit dampak negatif atau kerugian baik bagi lingkungan tempat dilakukannya pemusnahan maupun personal, mengadopsi dari permasalah tersebut maka dapat dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap senjata atau bahan peledak yang telah rusak atau *expired* untuk dimanfaatkan kembali fungsinya [9]. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk mengurai bahan peledak yang tidak bisa digunakan dan dipakai yang disebabkan oleh faktor teknis maupun non teknis sehingga dengan menggunakan metode yang diteliti mempermudah pemanfaatan kembali bahan peledak yang sebelumnya tidak

 ISSN 2987-677X

bisa digunakan menjadi dapat digunakan tanpa mengubah fungsi dari bahan peledak tersebut. dengan tetap mempertimbangkan desain FAST (*Function Analysis System Technique*) dan mempertimbangkan *Hazard Identification Risk Assessment and Determining Control* (HIRADC) sebagai bentuk risk assessment atau identifikasi bahaya yang bertujuan untuk mengetahui penerapan manajemen risiko, pengendalian risiko dan aspek K3L (Kesehatan dan Keselamatan Kerja Lapangan) [10].

Metode

Metode yang digunakan untuk pemanfaatan bahan peledak yang telah *expired* dan *failure* dengan menggunakan *sloping* dan *molding*. Langkah pertama yang dilakukan adalah mensloping amunisi yang akan dimanfaatkan dengan cara hal ini dilakukan untuk mempermudah pengeluaran bahan peledak yang berada didalam amunisi dalam hal ini memakai tipe ranjau KB M-26 selanjutnya letakkan amunisi pada sudut kemiringan 30º sampai 45º hal ini dimaksudkan untuk memudahkan mengeluarkan isi bahan peledak dari amunisi. Sebelum melaksanakan kegiatan *sloping* harus dipastikan bahwa amunisi sudah dalam kondisi aman setelah selesai *disassembly*, pada saat posisi amunisi berada pada sudut yang telah ditentukan maka kegiatan *sloping* siap untuk dilakukan. Setelah bahan peledak keluar dari *casing* amunisi untuk dilakukan penjemuran sebagai upaya menghilangkan kadar air yang terkandung didalam bahan peledak. Ketika Bahan peledak kering laksanakan *granding* untuk menghancurkan bahan peledak yang telah kering untuk dijadikan *powder* yang selanjutnya dilaksanakan untuk *melting* (pemanasan) untuk dapat melakukan pencetakan (*molding*) dengan penerapan sistem fungsi analisis teknik yang digunakan dan langkah-langkah penerapan HIRADC didalam pelaksanaan pemanfaatan bahan peledak.

Hasil Kerja

Subjudul 1

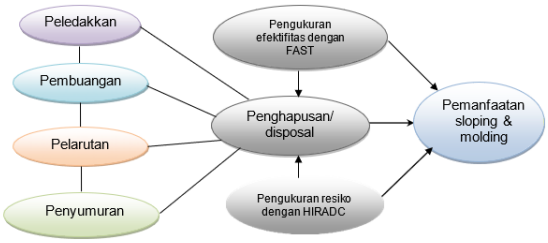
Pemanfaatan bahan peledak yang telah dilakukan selama ini digunakan untuk penghancuran penemuan amunisi yang tidak layak pakai dengan menggunakan detonator elektrik untuk menghancurkan amunisi tersebut.

Subjudul 2

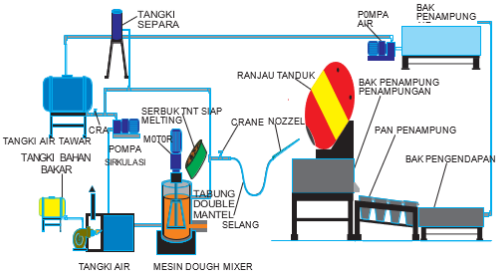
Dengan pemanfaatan bahan peledak dapat meminimalisir risiko ledakkan mandiri yang disebabkan oleh amunisi yang mengalami kerusakan atau yang telah mengalami expired yang disebabkan oleh faktor yang disengaja maupun tidak dikarenakan sistem yang ada di dalam amunisi tidak berkerja dengan baik.

Subjudul 3

Dengan memakai analisis sistem fungsi teknik memudahkan dalam melaksanakan penguraian pemanfaatan bahan peledak secara aman sehingga hasil yang dilakukan berjalan secara optimal dan sesuai dengan rencana yang telah dilakukan dengan minimum *cost* dan *risk* baik personil maupun materiil.



Gambar 1. Konsep Pemanfaatan Amunisi



Gambar 2. Alur Proses *Sloping* dan *Molding*

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada Desain Pemanfaatan Bahan Peledak *Expired* dan *Failure* Menggunakan Metode *Sloping* dan *Molding* Berperspektif FAST dan HIRADC dapat disimpulkan: Setiap amunisi yang telah memasuki masa *expired* atau mengalami kerusakan pada fungsi atau *body* (*failure*) harus sesegera mungkin dilakukan disposal atau pemusnahan dengan cara yang aman untuk menghindari reaksi kimia, radiasi yang ditimbulkan oleh amunisi serta efek negatif yang ditimbulkan oleh amunisi serta bahaya yang ditimbulkan dapat berakibat fatal baik untuk personal dan lingkungan. Dalam proses disposal amunisi tidak semua dapat dilakukan pemanfaatannya dikarenakan kandungan isi dari setiap amunisi dan sistem kerja (keamanan) tidak sama/berbeda. Pelaksanaan pemanfaatan bahan peledak ini memerlukan komponen pendukung secara detail dan akurat serta personil yang profesional yang berkompeten. Perlu adanya analisis secara cermat pada sistem teknik dan penerapan pelaksanaan disposal untuk menghindari kegagalan dalam proses disposal. Metode yang diterapkan pada penelitian pemanfaatan ini adalah sebagai upaya untuk memberikan solusi terhadap permasalahan pemusnahan atau disposal bahan peledak dan pencemaran lingkungan. Metode yang digunakan pada pemanfaatan ini untuk mempermudah dalam melakukan disposal atau pemusnahan Pada pelaksanaan pemanfaatan bahan peledak harus dapat menghitung antisipasi dalam mengidentifikasi bahaya dan dapat menilai tingkat risiko dari suatu pekerjaan yang ada sehingga akan mendapatkan gambaran terhadap prioritas pekerjaan mana dulu yang dapat dikendalikan bahayanya.

Ucapan Terima kasih

 ISSN 2987-677X

Puji syukur prosiding seminar keinsinyuran telah terlaksana dengan baik dan lancar tanpa hambatan apapun, ucapkan terima kasih yang bisa diucapkan penulis kepada :

1. Tuhan YME, Allah SWT atas ridho & rahmatnya hingga penulis dapat melakukannya dengan lancar & sukses.
2. Kepala Arsenal Kolonel Laut (E) Danny Hottler B, untuk support secara penuh untuk mendukung penelitian penulis.
3. Dosen Pembimbing di UKWM DR.Ir.Ivan Gunawan, ST, MMT., CSCM., IPM. ASEAN Eng. Untuk bimbingannya.
4. Ir. Lusia Permata Sari Hartani, ST., MT,. ClOMP,. IPM,. ASEAN Eng untuk dukungannya sebagai dosen pembimbing.
5. Keluarga kecilku Papa Handoko Irawan, mas Habibi dan Kakak Lea untuk support terbesarnya.

Referensi

Ahmed, M.F., Malik, A.Q. and Hussain, A., 2016. Thermal and Morphological Analysis of TNT and RDX Recovered From Unserviceable Composition B Explosive for Re-Utilization. *J. Chem. Soc. Pak*, *38*(04), p.623.

Bai, X., Nian, S., Feng, L., Ruan, Q., Luo, X., Wu, M. and Yan, Z., 2019. Identification of novel variants in MYO15A, OTOF, and RDX with hearing loss by next-generation sequencing. *Molecular Genetics & Genomic Medicine*, *7*(8), p.e808.

Balart, R., Garcia-Sanoguera, D., Quiles-Carrillo, L., Montanes, N. and Torres-Giner, S., 2019. Kinetic analysis of the thermal degradation of recycled acrylonitrile-butadiene-styrene by non-isothermal thermogravimetry. *Polymers*, *11*(2), p.281.

Bobić, N., Terzić, S., Dimić, M., Simić, D., Nikolić, J. and Drmanić, S., 2016. Verification of the Explosive Quality of TH-5. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, *41*(1), pp.120-125.

Choi, J.S., Koduru, J.R., Lingamdinne, L.P., Yang, J.K. and Chang, Y.Y., 2018. Effective adsorptive removal of 2, 4, 6-trinitrotoluene and hexahydro-1, 3, 5-trinitro-1, 3, 5-triazine by pseudographitic carbon: kinetics, equilibrium and thermodynamics. *Environmental Chemistry*, *15*(2), pp.100-112.

Hausrat, T.J., Muhia, M., Gerrow, K., Thomas, P., Hirdes, W., Tsukita, S., Heisler, F.F., Herich, L., Dubroqua, S., Breiden, P. and Feldon, J., 2015. Radixin regulates synaptic GABAA receptor density and is essential for reversal learning and short-term memory. *Nature communications*, *6*(1), p.6872.

Kalsi, A., Celin, S.M., Bhanot, P., Sahai, S. and Sharma, J.G., 2021. A novel egg shell-based bio formulation for remediation of RDX (hexahydro-1, 3, 5-trinitro-1, 3, 5-triazine) contaminated soil. *Journal of hazardous materials*, *401*, p.123346.

Li, J., Zhou, Q., Li, M., Liu, Y. and Song, Q., 2021. Monodisperse amino-modified nanosized zero-valent iron for selective and recyclable removal of TNT: Synthesis, characterization, and removal mechanism. *Journal of Environmental Sciences*, *103*, pp.69-79.

Liu, B., Wang, W., Wang, J., Zhang, Y., Xu, K. and Zhao, F., 2019. Preparation and catalytic activities of cufe 2 o 4 nanoparticles assembled with graphene oxide for rdx thermal decomposition. *Journal of Nanoparticle Research*, *21*, pp.1-9.

Ma, X.L., Chen, S.S., Chen, K., Li, L.J., Zhao, J.J., Yang, X.B., Shang, F.Q., Lv, X.J. and Shu, Q.H., 2020, March. A novel energetic composite with a special sandwich microstructure: RDX/expanded graphite intercalation composite. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1507, No. 2, p. 022013). IOP Publishing.

PLANT, H.A.A. and KINGSPORT, T., 2018. ENVIRONMENTAL ASSESSMENT FOR RDX AND IMX CAPACITY EXPANSION AT.

Qiao, Y., Zhao, H., Shen, Y., Li, L., Rao, Z., Shao, G. and Lei, Y., 2023. Recycling of graphite anode from spent lithium-ion batteries: Advances and perspectives. *EcoMat*, p.e12321.

Schmelling, D.C. and Gray, K.A., 1995. Photocatalytic transformation and mineralization of 2, 4, 6-trinitrotoluene (TNT) in TiO2 slurries. *Water Research*, *29*(12), pp.2651-2662.

Smock, L.A., Stoneburner, D.L. and Clark, J.R., 1976. The toxic effects of trinitrotoluene (TNT) and its primary degradation products on two species of algae and the fathead minnow. *Water Research*, *10*(6), pp.537-543.

Sollier, Arnaud, Philippe Hébert, and Roland Letremy. "Chemical reaction zone measurements in pressed trinitrotoluene (TNT) and comparison with triaminotrinitrobenzene (TATB)." *Journal of Applied Physics* 131.5 (2022): 055902.

Sollier, Arnaud, Philippe Hébert, and Roland Letremy. "Chemical reaction zone measurements in pressed trinitrotoluene (TNT) and comparison with triaminotrinitrobenzene (TATB)." *Journal of Applied Physics* 131.5 (2022): 055902.

Sun, R., Huo, X., Lu, H., Feng, S., Wang, D. and Liu, H., 2018. Recyclable fluorescent paper sensor for visual detection of nitroaromatic explosives. *Sensors and Actuators B: Chemical*, *265*, pp.476-487.

Terzić, S.L.A.V.I.C.A., Simić, D.M., Anđelić, U.R.O.Š., Petrović, S.I.N.I.Š.A. and Simić, D.A.N.K.A., 2014, October. Explosive Properties and Processing Possibilities of Recycled Trinitrotoluene. In *6th International*

 ISSN 2987-677X

Scientific Conference on defensive technologies-OTEH.

Wang, X., Wang, Z., Zhang, M., Jiang, X., Wang, Y., Lv, J., He, G. and Sun, Z., 2017. Three-dimensional hierarchical anatase@ rutile TiO2 nanotree array films decorated by silver nanoparticles as ultrasensitive recyclable surface-enhanced Raman scattering substrates. *Journal of Alloys and Compounds*, *725*, pp.1166-1174.

Wilkinson, P.J., Weaver, M.C., Kister, G. and Gill, P.P., 2022. Styrene-Ethylene/Butylene-Styrene (SEBS) Block Copolymer Binder for Solid Propellants. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, *47*(1), p.e202100142.

Yang, Z., Ding, L., Wu, P., Liu, Y., Nie, F. and Huang, F., 2015. Fabrication of RDX, HMX and CL-20 based microcapsules via in situ polymerization of melamine–formaldehyde resins with reduced sensitivity. *Chemical Engineering Journal*, *268*, pp.60-66.

Zhao, Y., Zhao, F.Q., Xu, S.Y. and Ju, X.H., 2020. Molecular reaction dynamics simulation of thermal decomposition for aluminiferous RDX composites. *Computational Materials Science*, *177*, p.109556.

Zhang, Z., Wang, G., Wang, Z., Zhang, Y., Ge, Z. and Luo, Y., 2015. Synthesis and characterization of novel energetic thermoplastic elastomers based on glycidyl azide polymer (GAP) with bonding functions. *Polymer Bulletin*, *72*, pp.1835-1847.

[24] Zhu, T.T., Cheng, Z.H., Yu, S.S., Li, W.W., Liu, D.F. and Yu, H.Q., 2022. Unexpected role of electron-transfer hub in direct degradation of pollutants by exoelectrogenic bacteria. *Environmental Microbiology*, *24*(4), pp.1838-1848.

Zhao, J. and Ke, G.Y., 2017. Incorporating inventory risks in location-routing models for explosive waste management. *International Journal of Production Economics*, *193*, pp.123-136.

ISSN 2987-677X

Estimasi Usia Layan Rel dan Rencana Pergantian Rel Pada Wilayah DAOP 4 Semarang

Wahyu Tamtomo Adi, Adya Aghastya, Yusril Ahmad Rizkiawan

[1] Prodi D3 Teknologi Bangunan dan Jalur Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

✉ tamtomo@ppi.ac.id

Penentuan umur layan rel merupakan hal yang penting untuk dilakukan untuk perencanaan perawatan. Penelitian ini mencoba menghitung usia layan rel dan rencana pergantian rel berdasarkan rumus perhitungan keausan rel dengan metode dari AREA. Perhitungan menggunakan data GAPEKA 2021 untuk menghitung rangkaian kereta api yang melintas pada tiap resort dan data material jalan rel seperti panjang lintasan, jumlah lengkung serta radius lengkung. Hasil evaluasi usia layan jalan rel pada lokasi ini menunjukkan variasi pada masing-masing resort antara 22 sampai dengan 45 tahun. Pemeriksaan terhadap data penggantian rel menghasilkan penggantian yang paling kritis pada Tahun 2035 pada resort Weleri, lebih lanjut pemeriksaan kondisi keausan pada lokasi lengkung yang kritis pada resort tersebut menunjukkan nilai keausan yang masih dalam toleransi.

Kata kunci: rel, keausan, usia layan, perawatan

Pendahuluan

Jalan rel yang merupakan jalur kereta api merupakan sebuah konstruksi dalam satu kesatuan yang dapat terbuat dari beton, baja, maupun bahan konstruksi lain di atas atau di bawah tanah (Peraturan Menteri Nomor 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api, 2012). Jalan rel terdiri dari komponen jalan rel, yaitu: rel, bantalan, alat penambat, balas, subbalas, dan subgrade. Usia layan jalan rel biasa diukur berdasarkan nilai keausan rel yang terjadi, dengan bertambahnya beban lalu lintas kereta umur rel juga perlu mempertimbangkan faktor kelelahan (Rosyidi, 2015).
Beberapa penelitian telah membahas mengenai usia layan berdasarkan keausan jalan rel. Metode yang dapat digunakan untuk perhitungan usia layan jalan rel adalah dari AREA maupun dari PERJANA menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda untuk operasi kereta jarak jauh (Adi, 2019). Agak berbeda dengan hasil tersebut, studi kasus pada kereta commuter antara Stasiun Duri dan Tangerang menunjukkan selisih lima tahun, dengan rata-rata metode AREA menghasilkan usia layan 5 tahun lebih tinggi daripada metode AREA. Berbagai penelitian lain juga membahas mengenai keausan jalan rel, dengan menitikberatkan pada peningkatan ketahanan rel dengan berbagai metode (Wirawan et al., 2021) (Aghastya et al., 2023) dan dengan pelumasan (Wijaya et al., 2021).
Perhitungan usia layan jalan rel berdasarkan kondisi keausan penting dilakukan untuk memastikan bahwa jalan rel tetap aman dan dapat dioperasikan dengan baik. Jalan rel dan komponennya yang telah digunakan untuk waktu yang lama dan terkena beban yang berulang dapat mengalami keausan yang dapat membahayakan operasi kereta api. Perhitungan umur rel pada suatu daerah operasi dipengaruhi oleh tonase, panjang jalur rel, jenis rel, dan lengkung . Passing tonnage ini dapat berbeda-beda setiap tahun dengan adanya perbedaan GAPEKA yang dapat berubah setiap tahun sesuai dengan kebutuhan operasi kereta api.
Dengan memperhitungkan usia layan jalan rel berdasarkan kondisi keausan, waktu perbaikan dan penggantian rel dapat diprediksi untuk memastikan keselamatan pengguna jalan rel. Perhitungan ini juga dapat membantu untuk merencanakan jadwal pemeliharaan jalan rel yang tepat, sehingga biaya perawatan dapat dikelola dengan efisien dan pengoperasian jalan rel dapat berjalan lancar.
Tulisan ini bermaksud untuk menambah referensi di bidang usia layan jalan rel berdasarkan keausan dengan tinjauan lokasi pada Daerah Operasi Kereta Api (DAOP) 4 Semarang untuk menentukan prioritas pergantian rel resort Jalan rel DAOP 4 Semarang.

Metode

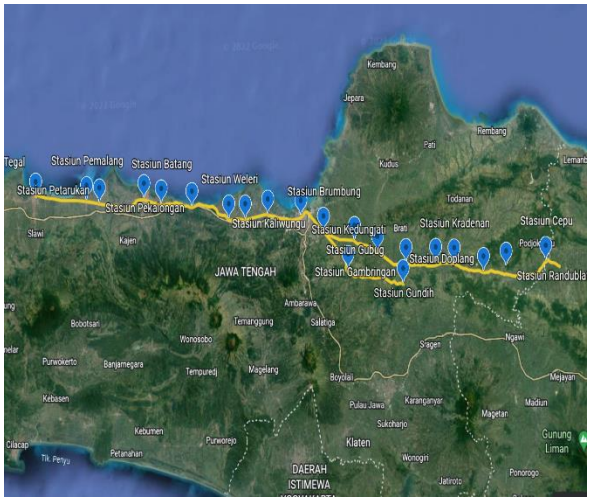
Penelitian ini mengumpulkan data primer berupa Data Primer observasi di lapangan terhadap kondisi keausan pada rel pada lokasi DAOP 4 Semarang, wawancara dilakukan untuk memvalidasi lokasi titik kritis. Data sekunder didapat dari data panjang rel lurus dan lengkung setiap resort, data radius lengkung serta Grafik perjalanan kereta api (GAPEKA) Tahun 2021. Analisis data dilakukan dengan cara Identifikasi karakteristik jalan rel pada lokasi studi, identifikasi rangkaian dan beban rangkaian kereta yang melintas, perhitungan beban rangkaian tonase tiap resort, perhitungan usia layan umur rel dengan Metode dari AREA, sampai dengan penentuan prioritas pergantian rel pada tiap resort.

Hasil Estimasi Umur Layan Rel

Identifikasi Jalan Rel

Lokasi DAOP 4 Semarang pada Gambar 1 berikut. memiliki 21 Resort, yang terdiri dari resort Tegal, Pemalang, Petarukan, Pekalongan, Batang, Kuripan, Weleri, Kalibodri, Kaliwungu, Semarang Poncol, Brumbung, Gubug, Karangjati, Gambringan, Panunggalan, Kradenan, Doplang, Randublatung, Cepu, Kedungjati, Gundih.

 ISSN 2987-677X



Gambar 1 Wilayah DAOP 4 Semarang

Perhitungan Beban Lintas Tahunan (Passing Tonnage)

Perhitungan Beban Lintas Tahunan dilakukan dengan menjumlahkan total beban pada masing-masing petak jalur dikalikan dengan koefisien untuk jenis kereta yang menghasilkan nilai dalam juta ton/tahun (Rosyidi, 2015). Beban lintas tahunan dihitung menggunakan Rumus sebagai berikut:

T = 360 x S x TE.....(1)

TE = Tp + (Kb x Tb) + (K1 x T1).....(2)

Keterangan:

T = Kapasitas angkut lintas (ton/tahun),

TE = Tonase ekivalen (ton/hari),

Tp = Tonase penumpang dan kereta harian,

Tb = Tonase barang dan gerbong harian.

Perhitungan dilakukan berdasarkan beban rangkaian kereta api yang telah diketahui melintasi DAOP 4 sesuai GAPEKA yang dihitung sesuai dengan susunan atau stamformasinya. Satu rangkaian kereta api biasanya terdiri dari beberapa kereta atau gerbong, dengan penggerak, baik penggerak sendiri maupun penggerak berupa lokomotif. Perhitungan beban dilakukan untuk beban lokomotif, beban rangkaian kereta penumpang, dan rangkaian beban gerbong barang yang menghasilkan nilai Tp, Tb dan T1. Hasil perhitungan dalam juta ton/tahun sebagaimana pada tabel 1 berikut. .

Tabel 1 Beban Lintas Tahunan seluruh Resort DAOP 4 Semarang

Resort	Parameter Daya Angkut Lintas								Kelas
	Tp (ton/hari)	Kb	Tb (ton/hari)	K1	T1 (ton/hari)	S	TE (ton/hari)	T (10^6 ton/tahun)	
Tegal	22.425	1,5	31.92	1,4	6.799	1,1	79.824	31,610	I
Pemalang	22.425	1,5	31.92	1,4	6.799	1,1	79.824	31,610	I
Petarukan	22.425	1,5	31.92	1,4	6.799	1,1	79.824	31,610	I
Pekalongan	22.425	1,5	31.92	1,4	6.799	1,1	79.824	31,610	I
Batang	22.425	1,5	31.92	1,4	6.799	1,1	79.824	31,610	I
Kuripan	22.425	1,5	31.92	1,4	6.799	1,1	79.824	31,610	I
Weleri	22.425	1,5	31.92	1,4	6.799	1,1	79.824	31,610	I
Kalibodri	22.425	1,5	31.92	1,4	6.799	1,1	79.824	31,610	I
Kaliwungu	22.425	1,5	31.92	1,4	6.799	1,1	79.824	31,610	I
Semarang Poncol	24.233	1,5	31.92	1,4	7.119	1,1	82.08	32,503	I
Brumbung	16.255	1,5	30.24	1,4	5.351	1,1	69.106	27,366	I
Gubug	11.91	1,5	24.528	1,4	3.881	1,1	54.135	21,437	I
Karangjati	11.91	1,5	24.528	1,4	3.881	1,1	54.135	21,437	I
Gambringan	11.91	1,5	24.528	1,4	3.881	1,1	54.135	21,437	I
Panunggalan	11.442	1,5	24.528	1,4	3.725	1,1	53.449	21,116	I
Kradenan	11.442	1,5	24.528	1,4	3.725	1,1	53.449	21,116	I
Doplang	11.442	1,5	24.528	1,4	3.725	1,1	53.449	21,116	I
Randublatung	11.442	1,5	24.528	1,4	3.725	1,1	53.449	21,116	I
Cepu	11.442	1,5	24.528	1,4	3.725	1,1	53.449	21,116	I
Kedungjati	4.345	1,5	5.712	1,4	1.47	1,1	14.971	5,928	III
Gundih	4.345	1,5	5.712	1,4	1.47	1,1	14.971	5,928	III

 ISSN 2987-677X

Metode Perhitungan Usia Layan Rel

Perhitungan umur layan rel dipengaruhi oleh jenis rel, kondisi kelengkungan rel, dan beban lintasnya. Banyaknya rel yang diganti merupakan panjang keseluruhan rel berdasarkan umur layan relnya. Umur layan rel berdasarkan keausan didapat dengan menggunakan persamaan AREA (Rosyidi, 2015), yang ditunjukkan oleh Rumus (3)

$T = K\,W\,D^{0,565}$.....(3)

Dengan:

T = Umur rel (MGT)
W = Berat rel (lb/yd) dimana 1 lb/yd = 0,496 kg/m,
K = konstanta kondisi rel
Jalan baru = 0,938
Rel > 123RE = 0,9810
CWR = 1,3544-13930
Rel dengan silikon tinggi = 1, 4210-1,4616T
Tidak ada data lain= 0,545

Konstanta kondisi geometrik rel menggunakan perbandingan nilai K terhadap jalan lurus berdasarkan radius lengkung tabel berikut:

Tabel 2 Tabel Hubungan antara jari-jari lengkung jalan rel terhadap nilai K (Hay, 1982)

Jari-jari lengkung	Perbandingan dengan umur jalan lurus	
	Tanpa Pelumasan	Dengan Pelumasan
0 – 3500	1	1
3500-1165	0.87	1
1165-700	0.74	0.88
700-500	0.61	0.73
500-390	0.49	0.7
390-320	0.38	0.62
320-270	0.3	0.55
270-230	0.22	0.48
230-200	0.16	0.44
200-185	0.12	0.4
<185	0.1	0.37

Umur rel hasil dari perhitungan Rumus (3) adalah umur rel dalam satuan mgt (million gross ton). Agar didapat umur rel dalam satuan tahun, maka digunakan Rumus (2).

Ur = T/D.....(4)

Dimana :

Ur = Umur rel (tahun)
T = Umur rel (MGT)
D = Passing Tonnage (mgt/year),
1 MGT = 0.909 ton

Tabel 3 Tabel Penghitungan nilai konstanta (K) pada resort Semarang Poncol

Lengkung	Radius Lengkung (m)	Panjang Lengkung km	Kt	K
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(3)x(4)x 0.938
K1	2500	0,041	0.87	0,033
K2	2500	0,041	0.87	0,033
K3	10000	0,009	1	0,008
K4	1000	0,568	0.74	0,394
K5	1000	0,591	0.74	0,410
K6	2500	0,029	0.87	0,024
K7	2500	0,028	0.87	0,023
K8	5000	0,036	1	0,034
K9	2000	0,085	0.87	0,069
K10	5000	0,06	1	0,056
K11	2700	0,04	0.87	0,033
K12	2500	0,028	0.87	0,023
K13	2500	0,02	0.87	0,016
K14	2500	0,025	0.87	0,020
K15	2500	0,02	0.87	0,016
K16	2500	0,028	0.87	0,023
K17	2500	0,026	0.87	0,021
K18	600	0,05	0.61	0,029
K19	1000	0,403	0.74	0,280
K20	3000	0,007	0.87	0,006
K21	1000	0,403	0.74	0,280
K22	3000	0,007	0.87	0,006
K23	600	0,05	0.61	0,029
K24	600	0,051	0.61	0,029
K25	1500	0,044	0,87	0,036
K26	2500	0,032	0.87	0,026
K27	1000	0,034	0.74	0,024
K28	1000	0,04	0.74	0,028
K29	250	0,05	0.22	0,010
K30	250	0,092	0.22	0,019
K31	250	0,096	0.22	0,020
K32	250	0,096	0.22	0,020
K33	300	0,059	0.3	0,017
K34	2000	0,07	0.87	0,057
K35	300	0,036	0.3	0,010
K36	300	0,057	0.3	0,016
K37	200	0,194	0.16	0,029
K38	400	0,188	0.49	0,086
K39	1200	0,07	0,87	0,057
K40	600	0,114	0.61	0,065
K41	500	0,111	0.61	0,064

 ISSN 2987-677X

Lengkung	Radius Lengkung (m)	Panjang Lengkung km	Kt	K
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(3)x(4)x 0.938
K42	1000	0,136	0.74	0,094
K43	500	0,387	0.61	0,221
K44	2000	0,07	0.87	0,057
K45	2000	0,07	0.87	0,057
K46	600	0,114	0.61	0,065
K47	1000	0,136	0.74	0,094
K48	2000	0,06	0.87	0,049
K49	2000	0,0705	0.87	0,058
K50	LURUS	21.625	1	20,284
TOTAL				**23,460**
Nilai K = Total nilai K/Panjang lintasan				

Nilai total perhitungan yang terdiri dari panjang, radius,dan konstanta kemudian digunakan untuk mencari umur rel berdasarkan daya angkut lintas (juta ton)

Nilai K = $\frac{23,460}{26,700\ km}$ = 0,879

Hasil nilai penghitungan konstanta (K) kemudian digunakan untuk mencari umur rel yang diukur dengan beban lintas tahunan dengan satuan Juta ton.

T = 0,879 x 108,871 x $35,756^{0,565}$

T = 721,782 juta ton

Hasil perhitungan menunjukan bahwa Resort Semarang Poncol akan mencapai akhir umur layan rel ketika beban lintas tahunan yang dialaminya mencapai 721,782 juta ton. Jika jenis rel dan beban lintas per tahunnya tidak mengalami perubahan, maka umur rel dapat dihitung dalam satuan tahun dengan menggunakan Rumus (4)

Ur = $\frac{T}{D}$

Ur = $\frac{(721,782\ juta\ ton)}{32,503\ tonase/tahun)}$

Ur = 22,21 ≈ 22 $tahun$.

Resort Semarang Poncol akan mengalami kerusakan total secara aus dalam waktu 22 tahun, dan pada umur ke-22 semua batang sudah harus dalam kondisi terganti karena rel sudah mencapai masa akhir layannya. Tabel 3 berikut menunjukkan hasil perhitungan usia layan rel pada Daop 4 Semarang.

Tabel 3 Hasil Perhitungan Usia Layan Rel Daop 4 Semarang

Resort	Panjang/ (m)	K (lengkung)	W (lb/yd) Konversi dari rel	D (MGT/tahun) tonase	D' (10^6 ton/tahun) konversi tonase	T(MGT) Beban kerusakan	U (tahun)
Tegal	33.98	0,863	108,871	34,774	31,61	697.7854286	22,07
Pemalang	34	0,934	108,871	34,774	31,61	754.9647889	23,88
Petarukan	32	0,928	108,871	34,774	31,61	750.2302814	23,73
Pekalongan	36.4	0,884	108,871	34,774	31,61	714.8751884	22,62
Batang	33.4	0,883	108,871	34,774	31,61	713.8538396	22,58
Kuripan	32	0,804	108,871	34,774	31,61	649.988777	20,56
Weleri	32	0,803	108,871	34,774	31,61	649.7145518	20,55
Kalibodri	32	0,897	108,871	34,774	31,61	724.9399425	22,93
Kaliwungu	28.8	0,838	108,871	34,774	31,61	677.2055391	21,42
Semarang Poncol	26.7	0,879	108,871	35,756	32,503	721.7826794	22,21
Brumbung	33.013	0,925	108,871	30,105	27,366	689.5191758	25,20
Gubug	32	0,911	108,871	23,583	21,437	591.2212029	27,58
Karangjati	34	0,930	108,871	23,583	21,437	603.5155698	28,15
Gambringan	28.203	0,880	108,871	23,583	21,437	571.6450372	26,67
Panunggalan	30	0,901	108,871	23,229	21,116	579.7789354	27,46
Kradenan	32	0,867	108,871	23,229	21,116	558.2236259	26,44
Doplang	30	0,896	108,871	23,229	21,116	577.0906372	27,33
Randublatung	31	0,894	108,871	23,229	21,116	575.3030678	27,24

 ISSN 2987-677X

Resort	Panjang/ (m)	K (lengkung)	W (lb/yd) Konversi dari rel	D (MGT/tahun) tonase	D' (10^6 ton/tahun) konversi tonase	T(MGT) Beban kerusakan	U (tahun)
Cepu	30.6	0,861	108,871	23,229	21,116	554.0653633	26,24
Kedungjati	27.503	0,873	108,871	6,521	5,928	274.2377708	46,26
Gundih	35.7	0,804	108,871	6,521	5,928	252.4498763	42,59

Tabel 4 menunjukkan usia layan yang terkecil terdapat pada Resort Weleri dengan usia 20,55 tahun karena resort tersebut mempunyai nilai Konstanta geometri K yang kecil dengan beban lintas yang besar. Umumnya usia layan rel pada jalur lurus dapat mencapai 40 tahun (Fajar, 2023), namun beban lintas yang lebih besar dan kondisi geometri dengan lengkung yang kecil dapat memperpendek usia layan rel.

Prioritas Penggantian Rel

Untuk menguji kesesuaian hasil perhitungan dengan data dilapangan dilakukan penelusuran data penggantian rel, hasil wawancara menunjukkan rel pada Resort Weleri telah diganti pada tahun 2014, sehingga perkiraan masa layan akan berakhir pada tahun 2035.
Penentuan prioritas pergantian rel suatu resort diklarifikasi dengan uji keausan rel pada titik-titik kritis yang diambil pada lengkung dibawah radius 500 di resort Weleri. Batasan untuk keausan adalah Keausan rel maksimum yang diizinkan diukur pada dua arah yaitu pada sumbu vertikal (a) dan pada arah 450 dari sumbu vertikal (e) dengan toleransi untuk R54 e max 15mm dan a max 12 mm.

Tabel 4 Penentuan Prioritas Penggantian Rel

Lengkung	Rata-rata (a) (mm)	rata-rata (e) (mm)	Total (mm)	Prioritas
K20 (KM 45+456/45+585)	1,2	5,5	6,7	1
K6 KM 38+341/38+470)	1,1	5,1	6,2	2
K22 (KM45+658/ 45+750)	1,4	4,3	5,7	3

Hasil pemeriksaan sebagaimana pada Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai keausan saat ini masih berada pada toleransi. Namun demikian, pemantauan berkesinambungan dengan berbagai alat ukur untuk mempertahankan kondisi rel dan meningkatkan usia layan jalan rel (Popović et al., 2014).

Kesimpulan

Hasil evaluasi usia layan jalan rel pada lokasi ini menunjukkan variasi pada masing-masing resort antara 22 sampai dengan 45 tahun. Pemeriksaan terhadap data penggantian rel menghasilkan penggantian yang paling kritis pada Tahun 2035 pada resort Weleri, lebih lanjut pemeriksaan kondisi keausan pada lokasi lengkung yang kritis pada resort tersebut menunjukkan nilai keausan yang masih dalam toleransi.

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

Adi, W. T. (2019). Kajian Umur Jalan Rel Berdasarkan Keausan dengan Metode dari AREA dan Perjana. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia (Indonesian Railway Journal)*, *3*(2). https://doi.org/10.37367/jpi.v3i2.84

Aghastya, A., Wahjono, H. B., Wirawan, W. A., Atmaja, D. S., Rachman, N. F., & Adi, W. T. (2023). The effect of heating surface treatment by oxy-acetylene gas on the microstructure and hardness of the UIC R42 rail. *AIP Conference Proceedings*, *2592*(1).

Fajar, G. (2023). *Analisa Umur Jalan Rel Berdasarkan Keasuan dengan Persamaan Empiris AREA dan PERJANA (Studi Kasus Koridor Sta. Tangerang–Sta. Duri)*. UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA.

Peraturan Menteri Nomor 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api, PM. 60 Tahun 2012 1 (2012).

Popović, Z., Lazarević, L., Brajović, L. J., & Gladović, P. (2014). Managing rail service life. *Metalurgija*, *53*(4), 721–724.

Rosyidi, S. A. P. (2015). Rekayasa Jalan Kereta Api, Tinjauan Struktur Jalan Rel. *Yogyakarta: LP3M UMY*.

Wijaya, A., Rozaq, F., & Atmaja, D. S. (2021). Pembuatan prototype alat pelumas flens roda otomatis pada kereta api. *PPI Madiun*, *November*, 4–6.

Wirawan, W. A., Cundoko, T. A., Wahjono, H. B., & Rozaq, F. (2021). Rancang Bangun Prototipe Surface Treatmen Untuk Meningkatkan Ketahanan Pada Permukaan Jalan Rel Kereta Api. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia*, *V*, 1–9.

ISSN 2987-677X

Metode Pembongkaran Pier dan Abutment Jembatan Mengger Existing DK 140+500

Aditya Dandy Firatama

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ adityadandi11@gmail.com

Jembatan merupakan suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyilang sungai/saliran air, lembah atau menyilang jalan lain yang tidak sama tinggi permukaannya (Supriyadi & Muntohar, 2007). Lokasi jembatan pada penelitian ini berada di jalan tol Purbaleunyi DK 140+500 Bandung Kidul, Kota Bandung. Jembatan Mengger ini sebelumnya sudah dibangun dan kokoh, dikarenakan pembangunan Kereta Cepat Jakarta-Bandung yang melintasi di Jembatan Mengger harus dibongkar dan direlokasikan. Proses pembongkaran Pier dan Abutment jembatan Mengger *existing* dilakukan dengan cara mekanis. Adapun komponen jembatan yang akan dibongkar meliputi 1 buah Pier dan 2 buah Abutment. Peralatan yang digunakan adalah *Excavator breaker*, *Ring lock*, *Rubber cone*, *Movable Concrete Barrier* (MCB), Lampu *rotary*, Lampu selang, Bender potong besi, *Dumptruck*, Bor tangan diameter 4 cm. Material yang digunakan untuk *chemical* beton adalah *Worth Mortar Expansive Agent*.

Kata kunci: Jembatan, Metode Mekanis, Pembongkaran, Peralatan dan Material.

Pendahuluan

Latar Belakang

Bandung salah satu kota Proyek Strategis Nasional pada Proyek Kereta Cepat Jakarta-Bandung. Proyek kereta cepat ini membentang di sepanjang jalur tol Purbaleunyi dan pada pelaksanaannya mengakibatkan banyak jembatan lama harus dibongkar dan direlokasikan salah satunya yaitu Jembatan Mengger dikarenakan beroperasi di jalur kereta cepat Jakarta-Bandung. Jembatan Mengger lama membentang diantara Kota Bandung dan Kabupaten Bandung yang melintang diatas Tol Purbaleunyi DK 140+500. Jembatan mempunyai arti penting bagi setiap orang. Jembatan merupakan suatu sistem transportasi untuk tiga hal (Supriadi, B., 2014), yaitu sistem pengontrol kapasistas dari sistem, mempunyai biaya tertinggi per mil dari sistem, dan jika jembatan runtuh maka sistem akan runtuh.

Jembatan tersebut merupakan akses jalan alternatif penyebrangan bagi masyarakat setempat untuk melaksanakan kegiatan sehari-hari. Untuk menunjang akses jalan tersebut maka jembatan akan direlokasikan dan dibangun jembatan baru, sebelum pelaksanaan pembangunan jembatan baru maka jembatan lama harus dibongkar dengan metode dinamis, hal ini dikarenakan pembongkaran jembatan lama berada di jalan Tol Purbaleunyi.

Gambaran Umum Proyek

Proyek yang menjadi studi kasus dalam penulisan karya ilmiah ini adalah proyek pembongkaran jembatan Mengger existing yang melintas di atas jalan tol Purbaleunyi DK 140+500 Kecamatan Bandung Kidul, Kota Bandung . Pada pelaksanaannya, proyek tersebut meliputi pembongkaran 1 buah Pier dan 2 buah Abutment.

a. Kondisi Lingkungan
   Kondisi lingkungan di sekitar lokasi proyek merupakan daerah pemukiman warga dan perkotaan. Di sebelah jembatan terdapat jalan tol Purbaleunyi arah Jakarta dan Bandung.
b. Kondisi Lalu Lintas

Selama proses pengerjaan proyek pembongkaran Pier dan Abutment jembatan Mengger existing tersebut arus lalu lintas tol tidak dihentikan tetap berjalan sebagaimana biasanya.



Gambar 1 Pekerjaan Pembongkaran Pier dan Abutment

Metode

Lokasi Penelitian

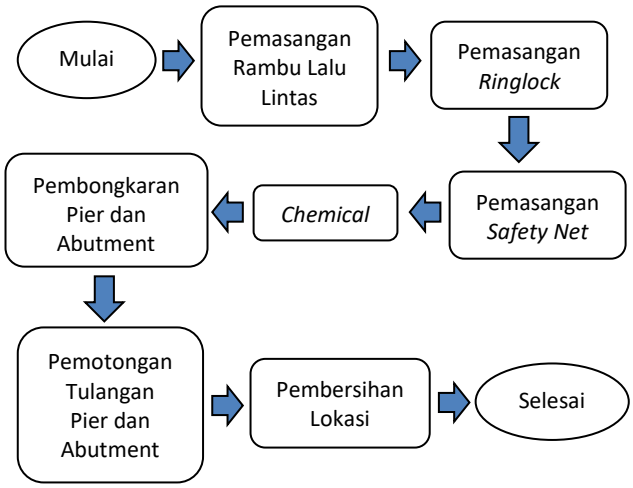
Penelitian ini dilakukan dengan mengambil lokasi pada pembongkaran Jembatan Mengger Existing DK 140+500 di Kota Bandung Jawa Barat yang dilaksanakan pada bulan Januari 2022.



Gambar 2 Lokasi Pekerjaan
Sumber : Peta *Google Earth* 2023

 ISSN 2987-677X

Bagan Alir Penelitian



Gambar 3 Bagan Alir Penelitian

Hasil Kerja

Alat dan Material Pekerjaan

Untuk pelaksanaan pembongkaran Pier jembatan di lapangan, maka diperlukan alat dan material yang cukup memadai dan dalam keadaan baik (tidak rusak). Sehingga bisa dimanfaatkan secara maksimal dalam pekerjaan. Alat dan material yang digunakan dalam proses pembongkaran Pier jembatan *existing* adalah sebagai berikut :

a. *Excavator breaker*
b. *Ringlock*
   - Horizontal ukuran 2 m
   - Vertikal 1,5 m
   - *Catwalk*
   - Tangga
c. *Safety net*
d. *Rubber Cone*
e. *Movable concrete barrier* (MCB)
f. Lampu *rotary*
g. Lampu selang
h. Multiplek
i. Bender potong besi
j. *Dump truck*
k. *Wurth Mortar Expansive Agent*
l. Bor Tangan diameter 4 cm
m. Karung

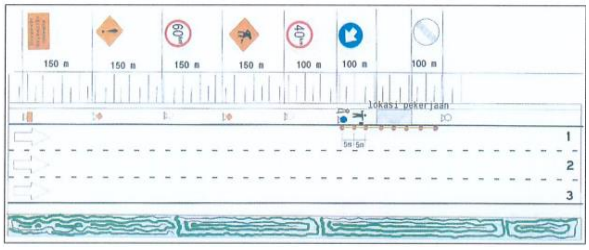
Manajemen Lalu Lintas

Manajemen lalu lintas merupakan strategi pengaturan lalu lintas terhadap pengawasan unit pekerjaan yang sedang dilaksanakan. Terlebih, dilakukan pula pengambilan tindakan untuk mengendalikan kondisi pada lalu lintas yang ada, agar pekerjaan pembongkaran struktur Pier jembatan *existing* tetap berjalan tanpa mengganggu arus lalu lintas di sekitarnya. Sebelum melaksanakan manajemen lalu lintas, terlebih dahulu harus dilakukan koordinasi kepada pihak yang berwenang di jalan, seperti Kepolisian, Kementerian Perhubungan, maupun PT Jasa Marga.

Dalam pekerjaan manajemen lalu lintas, terdapat beberapa alat pendukung diantaranya rambu-rambu lalu lintas yang telah disesuaikan dengan standar PERMENHUB No.13 tahun 2014. Selain itu pekerjaan manajemen lalu lintas menggunakan lampu selang atau LED yang berwarna putih, juga *rotary light* atau lampu yang berwarna kuning. Perambuan pekerjaan median di jalan tol dapat dilihat pada gambar 4 dan Perambuan pekerjaan *abutment* pada gambar 5



Gambar 4 Perambuan Untuk Lokasi Kerja di Median



Gambar 5 Perambuan Untuk Lokasi Kerja di Bahu Jalan

Peringatan perambuan yang digunakan di pekerjaan pembongkaran Pier dan *Abutment* jembatan *existing* adalah:

a. Peringatan kurangi kecepatan sekarang
b. Peringatan tanda seru
c. Peringatan pekerjaan di jalan
d. Peringatan larangan kecepatan kendaraan lebih dari 60 km perjam.
e. Peringatan larangan mendahului kendaraan lain yang berjalan di depan.
f. Peringatan penyempitan di kanan jalan.
g. Peringatan larangan kecepatan kendaraan lebih dari 40 Km per jam.
h. Peringatan lajur atau bagian jalan yang wajib dilewati.
i. Peringatan batas akhir seluruh larangan yang dinyatakan oleh satu atau lebih rambu larangan.

Material *Chemical* Pier dan Abutment

Material *chemical* yang digunakan adalah *Wurth Mortar Expansive Agent.* Material ini memiliki radius destruktif 20-30cm dengan spesifikasi general sebagai berikut :

Tabel 1 Spesifikasi General *Wurth Mortar Expansive Agent*

No	Bahan	Presentase
1	Calcium Oxide	92,01%
No	Bahan	Presentase
2	Ferric Oxide	2,23%
3	Silicon Dioxide	1,63%
4	Magnesium Oxide	1,59%
5	Sodium Oxide	1,4%

Tabel 2 Rasio Campuran Powder dengan Air

Rasio Pencampuran	
Powder	5 kg
Water	1,5 liter

 ISSN 2987-677X

Pekerjaan Pemasangan *Ringlock*

Pekerjaan pemasangan *ring lock* dilakukan dengan langkah-langkah kerja sebagai berikut :

1. Menentukan letak *ringlock* atau mengatur jarak *main frame ringlock.*
2. Memasang *base plat* atau *jack base* di atas landasan yang stabil.
3. Menyetel kerangka *main frame*.
4. Memasang *cross brace* pada dua sisi agar elemen perancah dapat berdiri dengan tegak dan tidak goyang.
5. Menyusun *frame vertical* berikutnya sampai ketinggian *ringlock* dianggap cukup, gunakan jack dan *u-head* untuk mengatur ketinggiannya.
6. Ketinggian perancah diatur disesuaikan dengan desain dan kondisi yang telah direncanakan.

Pekerjaan Pemasangan *Safety Net*

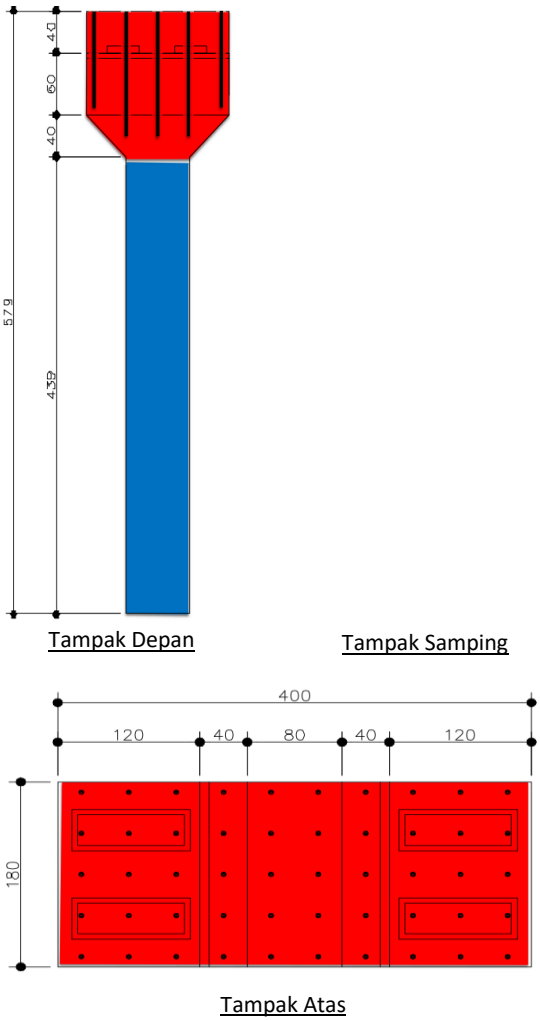
Safety net berfungsi untuk menahan pekerja dan bongkaran beton yang jatuh dari ketinggian tertentu. Jaring ini juga memiliki sifat yang lentur, kuat dan juga elastis dapat menahan material dengan mudah. Bahkan dalam bobot tertentu bisa ditahan oleh *safety net* ini. Tentunya jaring ini tidak akan mudah sobek atau rusak pada saat digunakan. Pekerjaan pemasangan *safety net* dilakukan dengan langkah-langkah kerja sebagai berikut :

1. Siapkan alat dan bahan diantaranya :
   - Jaring atau *safety net*
   - Gunting
   - Tali
   - Meteran
2. Pasang jaring dari sisi ujung kiri *ringlock* sampai menutupi keseluruhan *ringlock*.
3. Ikat jaring dengan tali disetiap tiang *ringlock* agar kuat dan cek tali apakah sudah cukup kuat untuk menahan tiupan angin dan benda jatuh.
4. Pastikan jaring tidak sobek atau tidak rusak.
5. Lakukan pemeriksaan jaring secara rutin.

Pekerjaan *Chemical* Pier

Pekerjaan *chemical* Pier dilakukan apabila *ringlock* dan *safety net* diarea Pier sudah terpasang. Pekerjaan *chemical* Pier dilakukan dengan langkah-langkah kerja sebagai berikut :

1. Marking titik pada *Pier* yang akan dibor sesuai dengan rencana (Gambar 6)
2. Pengeboran titik pada Pier yang akan di injeksi material *chemical* sesuai dengan *stage* yang sudah direncanakan.
3. Untuk proses pengeboran pada *Pier* digunakan alat bor dengan diameter 4cm, kedalaman 50 cm s/d 120 cm dan spasi antar lubang 40cm.
4. Setelah selesai di bor pada Pier sesuai kedalaman rencana 50 s/d 120 cm dilakukan injeksi material *chemical* 1 *bag* mortar *expansive agent* dicampurkan dengan 1,5 liter air di dalam wadah.
5. Tuangkan ke dalam lubang dengan persentase 75% dari kedalaman lubang.
6. Tunggu sekitar 4-5 jam hingga terjadi keretakan pada beton pada Pier.



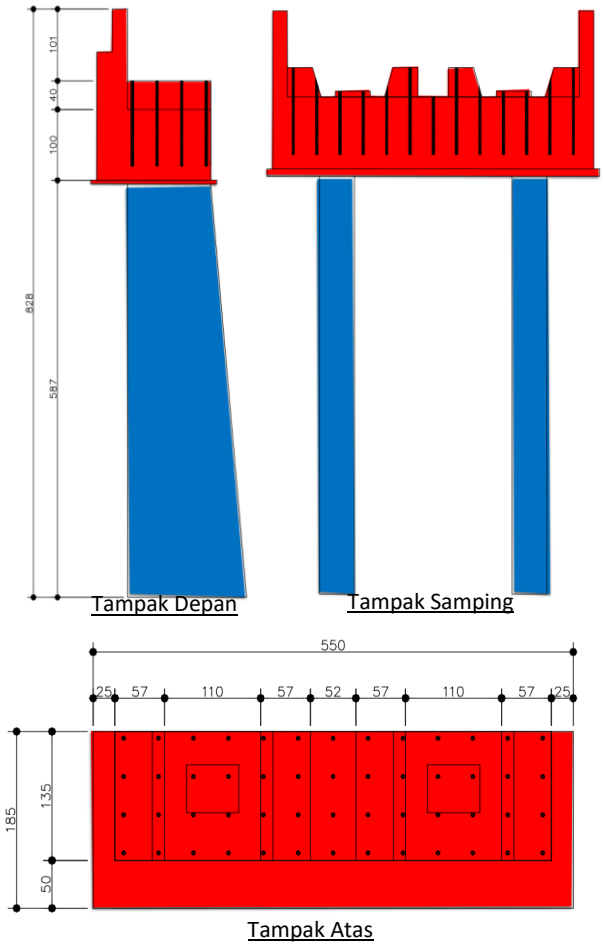
Gambar 6 Marking Titik Pengeboran Pada Pier

Pekerjaan *Chemical* Abutment

Pekerjaan *chemical* Abutment dilakukan dengan langkah-langkah kerja sebagai berikut :

1. Marking titik pada Abutment yang akan dibor sesuai dengan rencana (Gambar 7)
2. Pengeboran titik pada *Abutment* yang akan di injeksi material *chemical* sesuai dengan *stage* yang sudah direncanakan.
3. Untuk proses pengeboran pada Abutment digunakan alat bor dengan diameter 4cm, kedalaman 50 cm s/d 120 cm dan spasi antar lubang 40cm.
4. Setelah selesai di bor pada *Abutment* sesuai kedalaman rencana 50 s/d 120 cm dilakukan injeksi material *chemical* 1 *bag* mortar *expansive agent* dicampurkan dengan 1,5 liter air di dalam wadah.
5. Tuangkan ke dalam lubang dengan persentase 75% dari kedalaman lubang.
6. Tunggu sekitar 4-5 jam hingga terjadi keretakan pada beton.

 ISSN 2987-677X



Gambar 7 Marking Titik Pengeboran Pada Abutment

Pekerjaan Pembobokan Pier

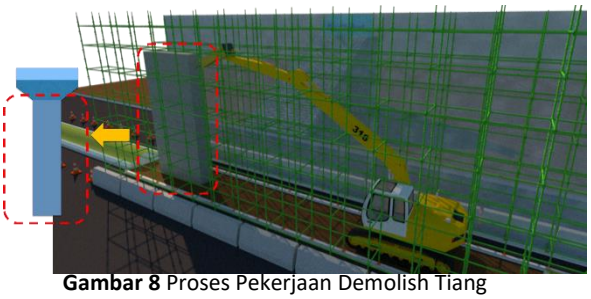
Pekerjaan pembobokan Pier terdiri dari 2 bagian yaitu Pier Head dan tiang dilakukan setelah beton sudah *crack* dengan waktu tunggu sekitar 4-5 jam, pastikan alat *breaker* sudah siap digunakan.

1. Pekerjaan *demolish* Pierhead dilakukan dengan langkah-langkah kerja sebagai berikut:
   a. *Demolish Pierhead* dilakukan menggunakan *breaker* PC-200 hingga tulangan utama terekspos.
   b. Setelah itu dilakukan pemotongan besi tulangan *Pier Head*.
   c. Hasil pemotongan besi dan bongkahan beton diangkut ke menggunakan *dump truck*, kemudian disimpan di tempat yang sudah ditentukan.



Gambar 5 Proses Pekerjaan *Demolish* Pierhead

2. Pekerjaan *demolish* tiang dilakukan tanpa menggunakan injeksi *chemical*. Pekerjaan dilakukan dengan langkah-langkah kerja sebagai berikut:
   a. Beton kolom di *demolish* menggunakan *breaker* PC-200 hingga 20 cm dibawah elevasi aspal.
   b. Dilakukan pemotongan besi tulangan kolom.
   c. Hasil pemotongan besi dan bongkahan beton diangkut menggunakan *dump truck*, kemudian disimpan di tempat yang sudah ditentukan.
   d. Pembersihan lokasi pekerjaan.

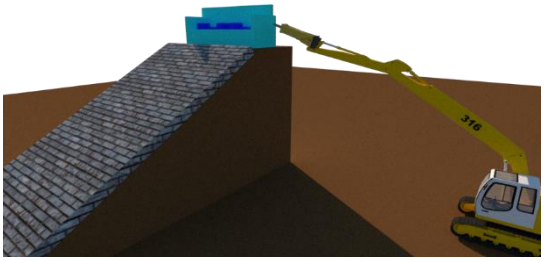


Gambar 8 Proses Pekerjaan Demolish Tiang

Pekerjaan Pembobokan *Abutment*

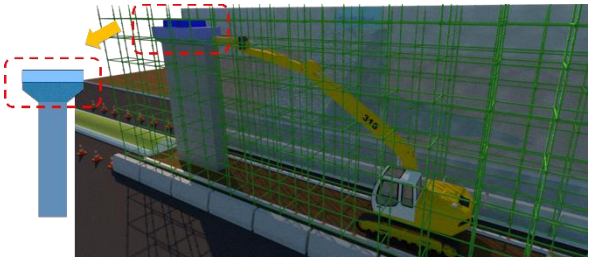
Pekerjaan pembobokan *Abutment* dilakukan dengan langkah-langkah kerja sebagai berikut:

a. Pastikan beton sudah *crack* dengan waktu tunggu sekitar 4-5 jam, pastikan alat *breaker* sudah siap digunakan.
b. *Demolish* dilakukan pada bagian atas *abutment* menggunakan *breaker* PC-200 hingga tulangan utama terekspos



Gambar 9 Proses Pekerjaan Bagian Atas Abutment

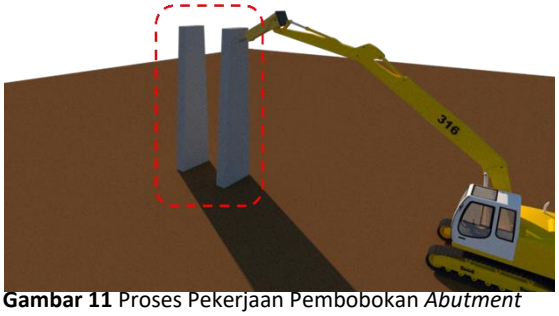
c. Setelah itu dilakukan pemotongan besi tulangan bagian atas abutment
d. Setelah beton dan tulangan bagian atas abutment telah di *demolish* dilakukan penggalian *embankment* yang menutupi tiang penyangga *Abutment* dengan menggunakan *excavator*.



Gambar 10 Proses Pekerjaan Galian *Embankment*

 ISSN 2987-677X

e. Pekerjaan pembobokan tiang *abutment* dilakukan menggunakan *breaker* PC-200 hingga 20 cm dibawah elevasi aspal kemudian dilakukan pemotongan besi tulangan kolom.



Gambar 11 Proses Pekerjaan Pembobokan *Abutment*

f. Hasil pemotongan besi dan bongkahan beton abutment diangkut menggunakan *dump truck*, kemudian disimpan di tempat yang sudah ditentukan.
g. Pembersihan lokasi pekerjaan.

Kesimpulan

Dari uraian diatas untuk pelaksanaan pembongkaran Pier dan Abutment jembatan Mengger Existing DK 140+500 dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pembongkaran *Pier* dan *Abutment* jembatan Mengger *existing* diakibatkan pekerjaan *trase* Kereta Cepat Jakarta-Bandung yang melintas diatas jembatan.
2. Pembongkaran Pier dan Abutment jembatan Mengger existing menggunakan metode mekanis berupa pemanfaatan peralatan dan material yang telah efektif berhasil membongkar bagian *Pier* dan *Abutment* jembatan.
3. Peralatan yang digunakan untuk pembongkaran *Pier* dan *Abutment* jembatan Mengger *existing* adalah *Excavator breaker*, *Ring lock*, *Rubber cone*, *Movable concrete barrier* (MCB), Lampu *rotary*, Lampu selang, *Bender* potong besi, *Dump truck*, Bor tangan diameter 4 cm.
4. Material *chemical* beton yang digunakan untuk untuk pembongkaran *Pier* dan *Abutment* jembatan Mengger existing adalah adalah *Worth Mortar Expansive Agent*.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih kepada Ibu Ir. Lusia Permata Sari Hartani, ST., Meng., CIOMP., IPM., ASEAN Eng. selaku dosen Pendamping yang memberikan arahan dan motivasi serta terimakasih kepada Bapak Dr. Ir. Ivan Gunawan, ST., MMT., CSCM., IPM., ASEAN Eng. yang selalu memotivasi, semangat dan memberikan arahan selama menempuh studi Profesi Insinyur di Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Ucapan terimakasih juga kepada Pimpinan dan rekan-rekan PT. Asri Karya Lestari pada proyek pembongkaran jembatan Mengger existing. Ucapan terimakasih kepada orang tua dan keluarga yang selalu support dan memberikan semangat selama pembuatan karya ilmiah ini.

Referensi

Bangun Pasaribu, Jupriah Sarifah, Darlina Tanjung. 2018. Metode Kerja Penggantian Jembatan Jalan Kereta Api Antara Padang – Tabing-Duku Lintas Teluk Bayur – Sawahlunto, Buletin Utama Teknik, 13(3): 224-227.

Dokumen Standar Traffic Management Rev. 00 Tahun 2019. Jakarta: PT. WIKA PDD - Proyek HSR.

Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 13 tahun 2014 tentang Rambu Lalu Lintas. Jakarta: Menteri Perhubungan Republik Indonesia.

Supriyadi, B. 2014. Jembatan. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Supriyadi dan Muntohar, 2007. JEMBATAN (Edisi Ke-IV), Beta Offset, Yogyakarta.

Surya Adinata, 2019. Metode Manual Pada Pembongkaran Jembatan Rangka Baja Roboh, E- Journals Universitas Islam Kuantan Singingi, 1(1): 89-98.

ISSN 2987-677X

Desain dan Pembuatan Alat Bantu Pelepasan dan Pemasangan *Gear Coupling* Traksi Motor Tipe DKOBZ 0610-41 Pada Sarana LRT Sumatera Selatan

Dadang Sanjaya Atmaja, Rian Bagus Mahendra, Seto Jati Kusuma

Program Studi Teknologi Mekanika Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

✉dadang@ppi.ac.id
✉bagus.tmp20203118@taruna.ppi.ac.id
✉jati.tmp20203123@taruna.ppi.ac.id

Traksi motor adalah peralatan pengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik melalui sistem pengaturan untuk menggerakkan *bogie* yang diteruskan ke roda. Ketika dilakukan perawatan, traksi motor dibuka *cover* dan *gear coupling* agar dapat diperbaiki komponen didalamnya. Perawatan ini dilakukan rutin 4 tahunan serta saat terjadi kerusakan. Pelepasan *gear coupling* pada traksi motor tipe DKOBZ 0610-41 harus menggunakan alat bantu berupa jig sederhana menggunakan sistem ulir. Sedangkan untuk pemasangan *gear coupling* harus menggunakan jig dan dongkrak hidrolik agar *gear coupling* dapat masuk ke dalam *bearing* yang terdapat pada traksi motor. Alat bantu pelepasan dan pemasangan gear coupling merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk membantu proses pelepasan dan pemasangan gear coupling dengan tenaga hidrolik. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini dimulai dari studi literatur, perancangan dan perhitungan, proses pembuatan alat diakhiri dengan pengujian alat. Desain gambar teknik dilakukan dengan modeling pada software solidworks. Pengujian yang dilakukan pada alat bantu pelepasan dan pemasangan Gear Coupling Traksi Motor Tipe DKOBZ 0610-41 pada Sarana LRT Sumatera Selatan untuk proses pelepasan gear coupling dapat dilakukan dengan 3 orang dengan rata-rata waktu pelepasan adalah 3 menit, sedangkan untuk pemasangan gear coupling dapat dilakukan oleh 3 orang dengan rata-rata waktu pemasangan adalah 5 menit.

Kata kunci: *Gear coupling*, traksi motor, hidrolik, desain, manufaktur, lrt Sumatra Selatan

Pendahuluan

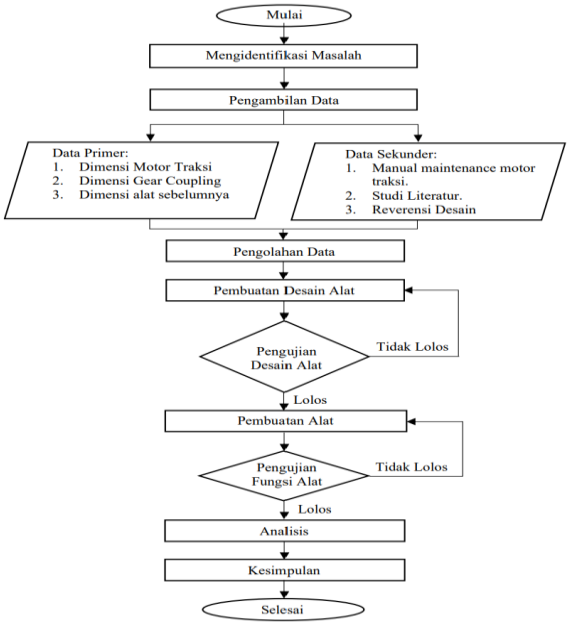
Perawatan sarana adalah kegiatan yang dilakukan untuk mempertahankan keandalan sarana perkeretaapian agar tetap laik operasi. Dalam pelaksanaannya, Depo LRT Sumatera Selatan melakukan perawatan sarana LRT secara preventif dan korektif. Salah satu perawatan yang dilakukan adalah perawatan traksi motor. Traksi motor adalah peralatan pengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik melalui sistem pengaturan untuk menggerakkan *bogie* yang diteruskan ke roda. Pada sarana LRT Sumatera Selatan motor traksi yang digunakan adalah tipe DKOBZ 0610-41 yang diproduksi oleh VEM Sachsenwerk GmbH dengan output daya sebesar 130 KW/motor, tegangan 430-1100V, arus 228-360A. Ketika dilakukan perawatan, traksi motor dibuka *cover* dan *gear coupling* agar dapat diganti komponen didalamnya, Perawatan ini dilakukan rutin 4 tahunan serta saat terjadi kerusakan.

Sementara itu, untuk pelepasan *gear coupling* pada traksi motor tipe DKOBZ 0610-41 menggunakan alat bantu berupa jig sederhana menggunakan sistem ulir. Sedangkan untuk pemasangan *gear coupling* menggunakan jig dan dongkrak hidrolik agar *gear coupling* dapat masuk ke dalam *bearing* yang terdapat pada traksi motor. Dalam proses ini diperlukan tiga orang pekerja yang bertugas sebagai pemompa hidrolik, pengarah hidrolik, dan penekan jig agar alat dapat bekerja dengan baik. Untuk pemasangan *gear coupling* memerlukan waktu 8 sampai 9 menit pada satu traksi motor. Untuk mempersingkat waktu pekerjaan serta memperhatikan faktor keselamatan, dan efisiensi dari fungsi penggunaan alat pelepasan dan pemasangan yang masih terpisah, diperlukan sebuah inovasi alat pelepasan dan pemasangan *gear coupling* untuk traksi motor tipe DKOBZ 0610-41.

Metode Penelitian

Dibutuhkannya diagram alir dalam melakukan pembuatan alat yang bertujuan untuk mengetahui langkah kerja yang akan dilaksanakan, berikut ini adalah diagram alir yang diaplikasikan pada saat melakukan penelitian:

 ISSN 2987-677X



Gambar 1.1 Diagram alir

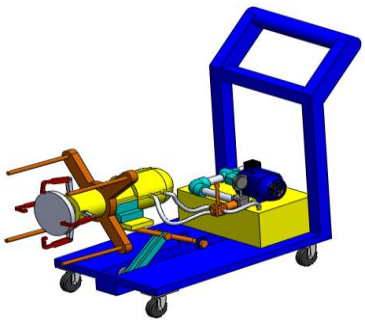
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023)

Hasil Kerja

Perencanaan dan Desain

Diawali dengan pengumpulan data untuk mencari informasi dan referensi sebagai pendukung untuk mencapai tujuan kajian. Selanjutnya dilakukan pembuatan desain dengan tahap sebagai berikut:

1. Pembuatan desain menggunakan aplikasi solidworks. *Solidworks* merupakan program rancangan bangun yang digunakan untuk mengerjakan desain produk 3D.
2. Menentukan perancangan konstruksi frame pelepasan dengan membuat *tracker* yang dipasang pada sisi hidrolik menggunakan *software solidworks*.
3. Menentukan perancangan konstruksi frame pemasang dengan membuat rangka penahan serta mata pendorong yang dipasang pada hidrolik menggunakan *software solidworks*.
4. Menentukan perancangan rangka bawah untuk tempat komponen alat.



Gambar 1.2 Desain Alat

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023)

Kebutuhan Komponen dan Peralatan

Alat yang akan dibuat membutuhkan komponen penyusun untuk memenuhi kebutuhan fungsi, Adapun komponen penyusun alat antara lain:

1. Silinder Hidrolik
2. Motor Listrik 3 fasa
3. Besi Ulir
4. Plat besi galvanis
5. Pressure gauge
6. Selang Hidrolik
7. Besi Hollow, Assental, Plat
8. Socket 3 phasa
9. Pompa Hidrolik
10. Tangki Hidrolik
11. Oli Hidrolik
12. Control Valve

Dalam proses pembuatan alat dibutuhkan beberapa peralatan pendukung, antara lain:

1. Peralatan desain berupa Laptop dan software Solidworks 2016.
2. Peralatan Pengelasan
3. Peralatan Pemesinan
4. Peralatan Penggerindaan
5. Peralatan Pengukuran
6. Peralatan Pengecatan

Pembuatan dan Perakitan

Dalam Pembuatan alat meliputi proses penggerindaan, pengelasan, proses pemesinan bor, proses finishing, dan proses perakitan, berikut merupakan proses pembuatan:

1. Persiapan produksi
   Persiapan meliputi material/bahan dan peralatan yang akan digunakan. Material/bahan dan peralatan tersebut digunakan untuk menunjang dari setiap proses pembuatan alat tersebut.
2. Proses Pemesinan
   Dalam proses pembuatan alat, penulis menggunakan beberapa proses pemesinan yang diperlukan untuk membuat alat bantu pemasangan *friction wedge* pada *bogie ride control* dengan sistem hidrolik ini. Proses permesinan yang digunakan diantaranya:
   a. Proses Pemotongan Material
   b. Proses Penggerindaan
   c. Proses Pengelasan
   d. Proses Pengeboran
3. Perakitan Komponen
   Setelah semua komponen utama telah selesai dibuat dan sudah tersedia, selanjutnya dilakukan perakitan untuk memastikan agar komponen dapat sesuai antara komponen yang satu dengan yang lainnya dan memastikan sudah sesuai dengan desain dan ukuran perencanaan desain alat. Proses perakitan yang digunakan yaitu sambungan las dan sambungan baut. Sambungan las untuk sambungan tetap dan sambungan baut untuk sambungan tidak tetap. Sambungan las dilakukan pada proses pembuatan konstruksi bawah, konstruksi atas, dan pemasangan roda. Sedangkan sambungan baut atau sambungan tidak tetap dilakukan pada perakitan komponen utama lainnya.

 ISSN 2987-677X



Gambar 1.2 Proses Pengelasan
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023)

Langkah - langkah penggunaan alat

Agar alat dapat bekerja dengan baik berikut merupakan langkah - langkah penggunaan alat ketika proses pelepasan :

1. Letakkan alat bantu didepan traksi motor.
2. Sambungkan *socket* pada stop kontak yang tersedia.
3. Atur ketinggian alat bantu menggunakan peninggi ulir sejajar dengan traksi motor.
4. Pasang *oil* jack pada traksi motor
5. Pasang dan masukkan tracker pelepas
6. Atur silinder dan tekan agar tracker dapat terpasang.
7. Nyalakan *switch* ON
8. Lepas gear coupling dengan menekan *switch* ke arah kanan sehingga silinder hidrolik menekan maju dan mendorong *gear coupling* agar terlepas dari traksi motor bersamaan dengan menekan *oil* jack untuk melumasi sela-sela antara *gear coupling* dengan bearing traksi motor
9. Tekan hingga pressure gauge menunjukkan tekanan sebesar 1000-1500 psi
10. *Gear Coupling* Terlepas

Sedangkan untuk langkah - langkah penggunaan alat ketika proses pemasangan adalah sebagai berikut

1. Letakkan alat bantu didepan traksi motor.
2. Sambungkan *socket* pada stop kontak yang tersedia.
3. Atur ketinggian alat bantu menggunakan peninggi ulir sejajar dengan traksi motor.
4. Pasang *oil* jack pada traksi motor.
5. Pasang dan masukkan *Gear Coupling* pada traksi motor.
6. Atur silinder dan pasang ulir pengikat pada traksi motor dan alat bantu, serta beri penampang pada ujung piston silinder
7. Nyalakan *switch* ON.
8. Pasang *gear coupling* dengan menekan switch ke arah kanan sehingga silinder hidrolik menekan maju dan mendorong *gear coupling* agar terpasang pada bearing bersamaan dengan menekan *oil* jack untuk melumasi sela-sela antara *gear coupling* dengan *bearing* traksi motor.
9. Tekan hingga *pressure* gauge menunjukkan tekanan sebesar 1700-2200 Psi.
10. *Gear Coupling* terpasang

Pengujian

Pengujian yang dilakukan pada Alat Bantu Pelepasan dan Pemasangan *Gear Coupling* Pada Traksi Motor yaitu uji fungsi alat yang dilakukan dengan eksperimen atau percobaan langsung ketika alat sudah selesai dibuat dan siap untuk dioperasikan. Pengujian alat tersebut yang dapat dilakukan antara lain:

1. Fungsi Kinerja Alat dan Komponen
   Ketika dilakukan pengujian, alat bantu pelepasan dan pemasangan gear coupling dapat berfungsi dengan baik, pada saat dilakukan pelepasan *gear coupling*, pressure gauge menunjukkan tekanan sebesar 1000-1500 Psi, ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 1.3 Proses Pelepasan Gear Coupling
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023)

Dan pada saat dilakukan pemasangan tekanan yang dihasilkan sebesar 1700-2200 Psi, ditunjukan pada gambar berikut:



Gambar 1.4 Proses Pemasangan Gear Coupling
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023)

Dari pengujian yang dilakukan, alat dapat bekerja dengan baik tanpa adanya kerusakan dengan tekanan dibawah 3000 psi, hal ini sesuai dengan perencanaan desain awal.

2. Waktu Pengoperasian dan operator
   Pengujian waktu dilakukan saat alat dioperasikan mulai dari persiapan penggunaan alat, proses pelepasan, hingga proses pemasangan *Gear Coupling* pada Traksi Motor selesai dilakukan.

Tabel 1.1 Waktu Pelepasan gear Coupling

 ISSN 2987-677X

No	Nama	Pengujian	Hasil	
			Waktu	Tenaga
1	Alat Baru	1	2-3 menit	3 orang
		2	2-3 menit	3 orang
		3	2-3 menit	3 orang
		4	2-3 menit	3 orang
2	Alat lama	1	4-5 menit	3 orang
		2	4-5 menit	3 orang
		3	4-5 menit	3 orang
		4	4-5 menit	3 orang

Perhitungan lama waktu pengujian dengan menggunakan alat baru adalah sebagai berikut:

Rata - rata waktu baru = $\frac{Jumlah\ total\ waktu}{Banyak\ data}$

Rata - rata waktu baru = $\frac{3+3+3+3}{4}$

Rata - rata waktu baru = 3 menit

Sedangkan untuk perhitungan lama waktu pengujian dengan menggunakan alat lama adalah sebagai berikut:

Rata - rata waktu lama = $\frac{Jumlah\ total\ waktu}{Banyak\ data}$

Rata - rata waktu lama = $\frac{5+5+5+5}{4}$

Rata - rata waktu lama = 5 menit

Dari data hasil pengujian alat bantu pelepasan *gear coupling* pada traksi motor maka dapat dilihat bahwa dari keempat pengujian tersebut dihasilkan oleh penggunaan alat bantu baru dapat dilakukan oleh 3 orang dengan rata-rata waktu pelepasan adalah 3 menit, sedangkan penggunaan alat bantu lama dapat dilakukan oleh 3 orang dengan rata-rata waktu pelepasan adalah 5 menit.

Tabel 1.2 Waktu Pemasangan gear Coupling

No	Nama	Pengujian	Hasil	
			Waktu	Tenaga
1	Alat Baru	1	4-5 menit	3 orang
		2	4-5 menit	3 orang
		3	4-5 menit	3 orang
		4	4-5 menit	3 orang
2	Alat lama	1	8-9 menit	5 orang
		2	8-9 menit	5 orang
		3	8-9 menit	5 orang
		4	8-9 menit	5 orang

Perhitungan lama waktu pengujian dengan menggunakan alat baru adalah sebagai berikut:

Rata - rata waktu baru = $\frac{Jumlah\ total\ waktu}{Banyak\ data}$

Rata - rata waktu baru = $\frac{5+5+5+5}{4}$

Rata - rata waktu baru = 5 Menit

Sedangkan untuk perhitungan lama waktu pengujian dengan menggunakan alat lama adalah sebagai berikut:

Rata - rata waktu baru = $\frac{Jumlah\ total\ waktu}{Banyak\ data}$

Rata - rata waktu lama = $\frac{9+9+9+9}{4}$

Rata - rata waktu lama = 9 Menit

Dari data hasil pengujian alat bantu pelepasan gear coupling pada traksi motor maka dapat dilihat bahwa dari keempat pengujian tersebut dihasilkan oleh penggunaan alat bantu baru dapat dilakukan oleh 3 orang rata-rata dengan waktu pelepasan adalah 5 menit, sedangkan penggunaan alat bantu lama dapat dilakukan oleh 5 orang dengan rata-rata waktu pelepasan adalah 5 menit.

Kesimpulan

Rancang bangun konstruksi pembuatan alat bantu pelepasan dan pemasangan *gear coupling* traksi motor tipe DKOBZ 0610-41 sudah sesuai dengan desain dan berfungsi dengan baik. Hasil hasil pengujian alat ini secara aktual dapat mengurangi waktu pengerjaan serta menggunakan tenaga yang lebih sedikit. Kualitas bahan yang dipakai pada komponen-komponen alat bantu pelepasan dan pemasangan *gear coupling* traksi motor tipe DKOBZ 0610-41 sesuai dengan perencanaan sehingga hasil dapat maksimal.

1. Pengujian pelepasan *gear coupling* dapat dilakukan oleh 3 orang dengan rata-rata waktu pelepasan adalah 3 menit, sedangkan penggunaan alat bantu lama dapat dilakukan oleh 3 orang dengan rata-rata waktu pelepasan adalah 5 menit, jadi terdapat efisiensi waktu pelepasan hingga 40%.
2. Pengujian pemasangan *gear coupling* dapat dilakukan oleh 3 orang dengan rata-rata waktu pelepasan adalah 5 menit, sedangkan penggunaan alat bantu lama dapat dilakukan oleh 5 orang dengan rata-rata waktu pelepasan adalah 9 menit, jadi terdapat efisiensi waktu pemasangan sebesar 44%.

Ucapan Terima kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang turut membantu dalam proses pembuatan penelitian ini. Dikhususkan kepada orang tua dan keluarga, pihak Balai Kereta Api Ringan Sumatera Selatan, Pihak Depo LRT Sumatera Selatan, Pihak IMSS Depo LRT Sumatera Selatan yang selalu mendampingi dalam segala proses penelitian ini.

Referensi

Achmadi. (2022). Mesin gerinda. Pengelasan.Net. https://www.pengelasan.net/mesin-gerinda/

Admin. (2022). Kenali berbagai jenis besi plat serta fungsinya. Smsperkasa.Com. https://www.smsperkasa.com/blog/jenis-besi-plat

Bagaskara, R. C., & Angge, I. C. (2020). Teknik finishing pada kerajinan cor logam slamet hariyanto di desa bejijong, trowulan, mojokerto. Jurnal Seni Rupa, 8(2).

Bumiteknik. (2020). Apakah mesin las listrik itu? Bumi.Info. https://www.bumi.info/mesin-las-listrik/#:~:text=Mesin las listrik adalah suatu,pengelasan agar dapat di sambungkan.

 ISSN 2987-677X

Djamiko, R. D. (2008). Modul teori pengelasan logam. Universitas Negeri Yogyakarta.

Erick, Y. (2021). Pengertian finishing: contoh, fungsi, tujuan, proses, macam material. Stella Maris College. https://stellamariscollege.org/finishing/

Film, A. (2015). Pemeliharaan traksi motor. Citra-Teknologi.Com. https://citra-teknologi.blogspot.com/2015/01/pemeliharaan-traksi-motor.html

Groove, & P, M. (2019). Macam-macam teknik penggerindaan. Https://Teknikmesinmanufaktur.Blogspot.Com. https://teknikmesinmanufaktur.blogspot.com/2019/10/macam-macam-teknik-penggerindaan.html

Groover, M. P. (2015). Teknologi manufaktur. Teknikmesinmanufaktur.Blogspot.Com. https://teknikmesinmanufaktur.blogspot.com/2015/01/manufaktur.html

Hydro, M. (2020). Apa itu sistem hidrolik? intip pengertian dan cara kerjanya. Hydraulichose.Id.

Industri, K. J. (2023). Sistem hidrolik dan komponennya. Krakataujasaindustri.Com. https://www.krakataujasaindustri.com/info-media/artikel/sistem-hidrolik-dan-komponennya

INKA. (2015). Mengenal istilah bogie pada kereta api (bag.1). Inka.Co.Id. https://www.inka.co.id/berita/58#:~:text=10 March 2015&text=BOGIE adalah suatu konstruksi yang,rangka dasar dari badan kereta.

Kereta Api Industri, P. (2018). *Manual produk light rail transit (LRT) palembang*. PT. INDUSTRI KERETA API (Persero).

Klik, C. (2022). Bagian-bagian mesin bor (drilling machine). Cilacapklik.Com. https://cilacapklik.com/2022/02/bagian-bagian-mesin-bor-drilling-machine.html

KPSSteel. (2019). Mari cari tahu seluk beluk besi assental untuk konstruksi. Kpssteel.Com2. https://kpssteel.com/besi-as/seluk-beluk-besi-assental/

KPSSteel. (2020). Mengenal kegunaan plat besi untuk konstruksi bangunan. Kpssteel.Com. https://kpssteel.com/besi-plat/mengenal-kegunaan-plat-besi-konstruksi-bangunan/

Megasealjakarta.com. (2022). Pengertian dan fungsi kopling/ coupling. Https://Www.Megasealjakarta.Com. https://www.megasealjakarta.com/pengertian-dan-fungsi-kopling-coupling/

Nasrudin, A. (2022). Proses manufaktur: definisi, contoh dan jenis. Cerdas.Co. https://cerdasco.com/proses-manufaktur/

Prihatin, J. Y., Kustanto, H., & Pambudi, S. (2018). Kajian dongkrak hidrolik botol kapasitas 2 ton terhadap pengaruh variasi posisi pemasangan manometer, sae oli dan jarak langkah pemompaan. Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer, 9(1). https://doi.org/10.24176/simet.v9i1.2024

Tempur, T. (2018). Materi lengkap pengertian mesin drilliing (bor). Https://Tekniktempur.Blogspot.Com. https://tekniktempur.blogspot.com/2018/09/materi-lengkap-pengertian-mesin.html

Ula, S., & Trisnawan. (2016). Perancangan dan pembuatan alat press hidrolik untuk mengambil minyak dari buah nyamplung (calophyllum inophyllum l). Al Jazari Journal of Mechanical Engineering, 1(1).

Usman, & Muhtadin. (2019). Desain, perancangan dan uji alat press hydraulic dengan kondisi tekanan 300 kg/m2 untuk menghasilkan minyak kelapa. Jurnal Ristech (Jurnal Riset, Sains Dan Teknologi), 1(1). http://jurnal.abulyatama.ac.id/index.php/ristech/article/download/346/310#:~:text=Prinsip kerja mesin press ini,dalam silinder yang lebih besar.

VEM. (2018). *Solution in transport engineering*. Vem-Group.Com. https://www.vem-group.com/fileadmin/content/pdf/Download/Broschüren/Flyer_VEM-Sachsenwerk/VEM-product-range-transport-engineering_en.pdf.

Wadi, P. (2015). Alat penyangga tengah otomatis pada sepeda motor dengan menggunakan system hidrolik. Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana, 04(1). https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results

Yudha, Y. (2022). Mesin las listrik. Www.Niagamas.Com. https://www.niagamas.com/company-profile/mesin-las-listrik/

 ISSN 2987-677X

Unplanned Downtime pada Mesin Corrugator Peters di PT Tjiwi Kimia Tbk.

Candra Kurniawan

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ iecan@yahoo.com

PT. Tjiwi Kimia Tbk., is a company that produces *corrugated* carton boxes. Each type of carton box produced has a different type of *flute* and wall combination. Specifications carton boxes produced by PT. Tjiwi Kimia Tbk adjusts to customer requests (*job orders*). The main raw material for making corrugated carton boxes is paper rolls with two different types of paper, kraft paper and medium paper. *Unplanned downtime* occurs when there is an unexpected downtime or failure of equipment or processes. *Unplanned downtime* not only causes costly delays in maintenance, production schedules, and order delivery. *Unplanned downtime* is most likely to occur during processes such as startup, shutdown, and *maintenance* periods, but can also occur during normal operations. Avoiding or reducing unplanned downtime will *benefit* the company financially.

Kata kunci: Corrugated, Flute, job order, Unplanned downtime, maintenance, benefit.

Pendahuluan

PT Tjiwi Kimia Tbk., merupakan perusahaan yang memproduksi *corrugated carton box* (kardus). Setiap jenis *carton box* yang diproduksi memiliki tipe *flute* (gelombang) dan kombinasi *wall* yang berbeda. Spesifikasi dan jumlah *carton box* yang diproduksi oleh PT Tjiwi Kimia Tbk menyesuaikan dengan permintaan pelanggan (*job order*). Bahan baku utama pembuatan *corrugated carton box* adalah kertas gelondongan dengan dua jenis kertas yang berbeda yaitu kertas *kraft* dan kertas *medium*.

Proses produksi sebuah carton box dimulai dari proses *corrugating*. Proses *corrugating* adalah proses penggabungan kertas *kraft* bagian atas (*top liner*), kertas gelombang (*kertas medium*) dan kertas *kraft* bagian bawah (*bottom liner*) dengan menggunakan lem. *Output* dari proses *corrugating* adalah *corrugated sheet*. Setelah melalui proses *corrugating*, setelah melalui proses *corrugating*, *corrugated sheet* langsung dibawa ke mesin *flexo* untuk proses *printing*, pada umumnya kardus yang biasa hanya menggunakan *glue* bisa langsung dikirim ke customer tetapi ada proses yang satu lagi namanya *converting*, Dimana proses *converting* ini adalah penyambungan tepi *sheet* atau proses *joint*. Proses *joint* ada 2 macam yaitu pengeleman dan *stitching*. Setelah itu melalui proses *joint* langsung ke mesin *strapping* untuk diikat. *Carton box* yang sudah diikat dapat dikirim ke konsumen atau diletakkan di gudang.

Unplanned downtime (UDT) yang tidak direncanakan terjadi ketika ada penghentian atau kegagalan peralatan atau proses yang tidak terduga. *Unplanned downtime* (UDT) tidak hanya menyebabkan penundaan yang mahal dalam pemeliharaan, jadwal produksi, dan pengiriman pesanan. *Unplanned downtime* (UDT) yang tidak direncanakan kemungkinan besar terjadi selama proses seperti pengaktifan, penghentian, dan periode pemeliharaan, tetapi juga dapat terjadi selama operasi normal.

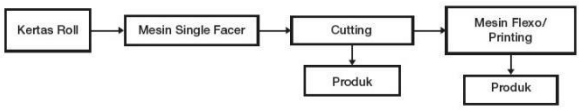
Salah satu cara yang paling hemat biaya dan efisien untuk mengurangi *unplanned downtime* (UDT) adalah dengan smenggunakan pemeliharaan prediktif dan analitik preskriptif. Pemeliharaan prediktif dan analitik preskriptif memungkinkan organisasi untuk mendahului peristiwa seperti kegagalan peralatan dan mengubah *unplanned downtime* (UDT) yang tidak direncanakan menjadi *planned downtime*. Menghindari atau mengurangi *downtime* yang tidak direncanakan akan menguntungkan perusahaan secara finansial.

Metode

Kertas karton (*corrugated paper*) menjadi bagian penting dalam dunia industri misalnya sebagai kotak pembungkus (kotak kardus) produk makanan atau minuman.

Proses *corrugated paper* akan menghasilkan kertas yang bersifat keras dan kaku, namun masih tetap ringan. Meskipun bahan mentah dari kertas jadi, risiko kebakaran bisa terjadi di pabrik ini baik dari proses produksi ataupun dari tata kelola pabrik dan gudang.

Corrugated paper berasal dari tiga lapis kertas karton atau kertas kraft yang disatukan melalui lines mesin yang disebut corrugators. Proses produksi secara umum dapat digambarkan sebagai berikut:



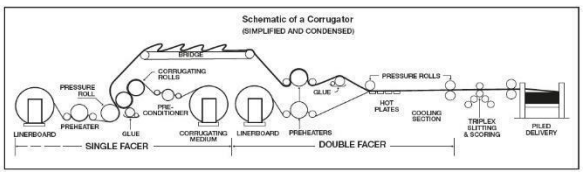
Gambar 1. Diagram Produksi

1. Proses *Single Wall*

Raw material terdiri dari gulungan kertas karton atau kertas kraft yang sudah jadi, sehingga dalam pabrik *corrugated paper* umumnya tidak membuat bahan kertas dari awal. Proses pembuatan *sheet single wall* diperlukan tiga kertas *roll* besar. Satu untuk dibentuk menjadi *corrugating medium*

 ISSN 2987-677X

dan dua roll lainnya sebagai *liner*. Lapisan board bagian atas biasanya dinamakan *single face linerboard* dan lapisan bawah biasa disebut *double face linerboard*.

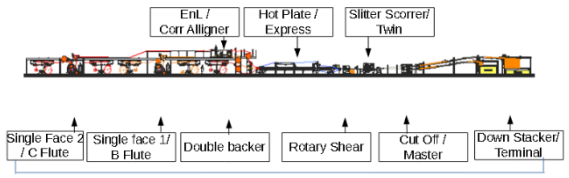


Gambar 2. Corrugator Schematic

Proses pembuatan *corrugated sheet single wall* diawali dengan proses melembutkan kertas medium dengan uap (*steam*) dalam sebuah pre conditioner kemudian dibentuk menjadi gelombang atau flute dengan cara menekan diantara dua corrugating roll. *Corrugating roll* adalah roll yang terbuat dari logam yang sangat keras dengan bentuk permukaan bergerigi seperti *flute*. Setelah ditekan diantara dua *corrugating roll* tersebut kertas *medium* berubah bentuknya menjadi *flute*. Kemudian pada puncak-puncak gelombang diberi lapisan *glue* yang terbuat dari bahan dasar tapioka. *Flute* yang sudah diberi glue kemudian ditempelkan pada *linerboard* dan di pres dengan *press roll* menjadi sebuah *'single face'*. Sebelum ditempelkan dengan *flute* kertas *liner* terlebih dahulu dipanaskan dengan *pre-heater*. Selanjutnya *single face* tersebut bergerak ke atas ke jembatan menuju ke *unit double facer.*

Pada seksi berikutnya dari mesin *corrugator* yang biasanya disebut *double backer* atau *double facer*, lapisan *linerboard* kedua ditambahkan. Lapisan ini sebelumnya juga dipanaskan dengan *pre-heater* dan *glue* diberikan pada puncak *flute* bagian luar yang akan menempel dengan lapisan *liner* kedua tersebut. Agar *single face* yang ditempelkan dengan *linerboard* kedua ini bisa menempel dengan sempurna maka ditambahkan panas pada *hot plate*.

Dari *heating plate* selanjutnya *sheet* mengalami proses pendinginan dan berjalan menuju ke *unit slitter* untuk dibelah menjadi beberapa lajur dan diberi *creasing* sesuai kebutuhan. Selanjutnya dipotong panjang di *unit speed cut* sesuai ukuran yang diinginkan.



Gambar 3. Mesin Corrugator

2. Proses *Converting*.

Setelah proses pembuatan sheet selesai dengan hasil produksi berupa lembaran karton (*corrugated board/corrugated sheet*) selanjutnya barang tersebut dikirim kebagian *converting* untuk diproses lebih lanjut. Proses *converting* sebagaimana dimaksud diatas terdiri dari:

- Pemberian Cetakan (*printing*),
- Pembuatan *Slotter* dan Lidah *Box*
- Pembuatan *Creasing* vertikal
- *Folding* (melipat)
- Penyambungan (*stitching/gluing*).

Proses cetak, pemotongan *slotter* dan lidah *box* serta pemberian *creasing vertikal* dalam pabrik besar dilakukan di mesin *Flexo*, tetapi di pabrik *mini box* atau *home industry* bisa menggunakan cetak sablon dan pemotongan slotter manual. Setelah proses cetakan sampai *creasing* vertikal dengan hasil seperti gambar diatas selanjutnya karton *box* setengah jadi tersebut diproses di mesin *folder/gluer* atau mesin *stitching* untuk melanjutkan proses *folding* dan penyambungan. Proses cetakan sampai dengan penyambungan bisa dilakukan sekaligus dalam satu mesin *Flexo* yang disebut *Flexo In-line* dan biasanya menggunakan sambungan *glue* (lem). Pada mesin Flexo off-line proses printing sampai proses *creasing* vertikal dilakukan di mesin *Flexo* dan proses folding (melipat) dan proses penyambungan (*stitching/gluing*) di mesin *Stitching*.

3. Proses *Finishing.*

Sebenarnya setelah step *stitching/gluing* proses pembuatan karton sudah selesai, tinggal diikat per *bundle* dengan jumlah *pcs/bundle* sesuai permintaan pelanggan selanjutnya di-stafel masuk gudang. Tetapi ada beberapa *customer* yang mensyaratkan perlakuan khusus sebelum barang dikirim, misalnya minta dibungkus, minta dikirim pakai pallet dsb. Oleh karena itu sebelum dimasukkan ke gudang barang jadi, *box* yang sudah di ikat (di *bundling*) akan dilakukan proses *finishing* sesuai permintaan customer.

Untuk metode yang digunakan membandingkan data dengan sesama mesin *corrugator* yang dimiliki *corrugator* lalu menggunakan cara klasifikasi data terdahulu terjadi di mesin mana saja mencari *root cause* analisisnya kemudian metode pareto dengan menggunakan data dari SAP yang terdahulu sehingga dapat digunakan untuk menganalisa masalah yang terjadi di mesin *corrugator*.

Banyak perusahaan menerapkan Prinsip Pareto dalam merencanakan strategi atau bahkan memperbaiki masalah yang sedang dihadapi dalam bisnis. Sebagai contoh, menunda 20% tugas penting ternyata dapat membuat bisnis terdampak sebesar 80%. Sebaliknya, dengan melakukan 20% hal paling penting, bisnis perusahaan bisa berkembang sebesar 80%.

Dengan menerapkan Prinsip Pareto, perusahaan dapat meningkatkan produktivitas. Prinsip ini akan membantu perusahaan fokus pada area yang membutuhkan sumber daya dan upaya demi mencapai efisiensi. Artinya, perusahaan hanya perlu fokus pada 20% aspek penting sehingga dapat memberikan 80% hasil yang diharapkan.

Perusahaan yang memahami prinsip ini akan lebih ketat dalam mengelola sumber daya serta lebih bijak dalam menyingkirkan hal yang tidak penting. Selain membuang waktu, keputusan yang tidak berdasarkan Prinsip Pareto adalah biasanya kurang bernilai untuk jangka panjang.

Keuntungan perusahaan akan meningkat jika dapat fokus pada area yang paling potensial. Melalui Prinsip Pareto, perusahaan bisa mengidentifikasi dan menentukan area bisnis yang digarap. Pemilik usaha juga dapat mengetahui titik yang harus difokuskan akan mendorong tingkat profitabilitas.

Tiap perusahaan pasti diperhadapkan pada masalah tertentu. Prinsip Pareto akan membantu pemilik usaha untuk mengidentifikasi masalah tersebut. Sebagai contoh,

 ISSN 2987-677X

ketika sebuah tim tidak produktif atau sering terjadi *human error*, perusahaan bisa menemukan 20% alasan tidak produktif.

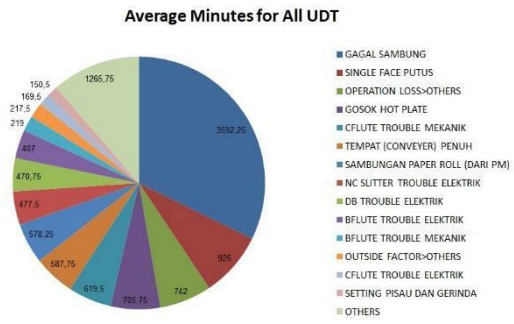
Selanjutnya, perusahaan bisa menentukan masalah yang diprioritaskan untuk segera selesai agar berdampak positif pada 80% hasil terbaik. Bukan hanya itu, strategi ini memungkinkan perusahaan menggunakan pendekatan yang paling tepat sehingga masalah diselesaikan secepat mungkin.

Keunggulan diagram Pareto adalah lebih mudah untuk dibaca karena memadukan metode diagram batang dan garis ataupun pie. Selain itu, Anda pun dapat lebih mudah mengidentifikasi masalah yang terjadi dalam perusahaan. Dengan diagram Pareto, solusi yang tepat untuk masalah yang terjadi juga bisa ditentukan. Hasilnya pun bisa dinilai lebih akurat.

Dalam setiap bisnis, risiko terjadinya masalah yang menyebabkan kerugian memang merupakan hal yang wajar. Kendati demikian, bukan berarti anda tidak dapat mencegah dan memanajemen risiko tersebut. Anda bisa mengantisipasi dan menganalisis risiko untuk meminimalisir kerugian menggunakan strategi yang tepat. Salah satunya adalah dengan *fishbone* diagram. Diagram yang satu ini merupakan salah satu metode dalam RCA *Analysis* (analisis akar permasalahan). Tujuannya tentu adalah untuk menganalisis risiko sejak dini, sehingga perusahaan dapat menyusun strategi bisnis yang tepat untuk mencegah terjadinya kerugian.

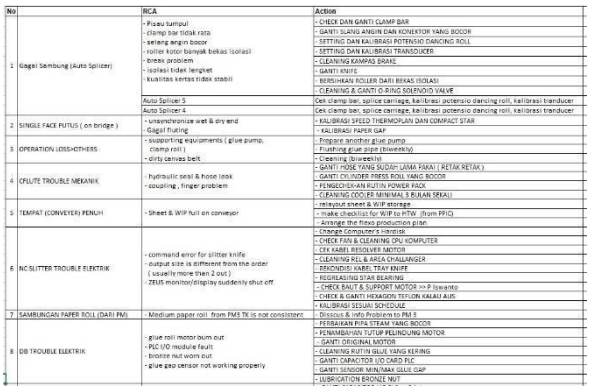
Hasil Kerja

Berdasarkan data -data dari bulan sebelumnya telah ditemukan beberapa masalah pada mesin *corrugator* seperti :



Gambar 4 Daftar masalah mesin Corrugator

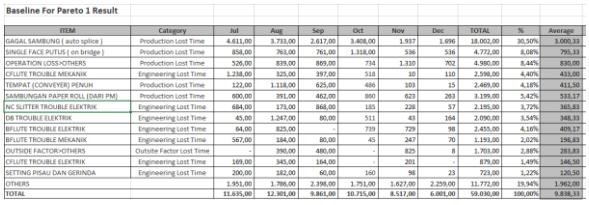
Masalah gagal sambung adalah masalah yang paling sering terjadi di mesin *auto splicer* karena satu *line corrugator* memiliki 5 mesin *auto splicer*, sedangkan masalah single face putus ada 2 mesin B *Flute* dan C *Flute*, *Single face* juga sering terjadi disebabkan oleh mesin dan juga oleh bahan baku (kertas). Gosok *hotplate* ini termasuk *unplanned down time* yang tidak bisa dihindari karena jika lemnya tersangkut di *hotplate* maka mesin *corrugator* harus *stop*.



No		RCA	Action
1	Gagal Sambung (Auto Splicer)	- Pisau tumpul - clamp bar tidak rata - selang angin bocor - roller karet banyak bekas isolasi - break problem - isolasi tidak lengket - kualitas kertas tidak stabil	- CHECK DAN GANTI CLAMP BAR - GANTI SLANG ANGIN DAN KONEKTOR YANG BOCOR - SETTING DAN KALIBRASI POTENSIO DANCING ROLL - SETTING DAN KALIBRASI TRANSDUCER - CLEANING KAMPAS BRAKE - GANTI KNIFE - BERSIHKAN ROLLER DARI BEKAS ISOLASI - CLEANING & GANTI O-RING SOLENOID VALVE
		Auto Splicer 5	Cek clamp bar, splice carriage, kalibrasi potensio dancing roll, kalibrasi trandducer
		Auto Splicer 4	Cek clamp bar, splice carriage, kalibrasi potensio dancing roll, kalibrasi trandducer
2	SINGLE FACE PUTUS (on bridge)	- unsynchronize wet & dry end - Gagal fluting	- KALIBRASI SPEED THERMOPLAN DAN COMPACT STAR - KALIBRASI PAPER GAP
3	OPERATION LOSS>OTHERS	- supporting equipments (glue pump, clamp roll) - dirty canvas belt	- Prepare another glue pump - Flushing glue pipe (Biweekly) - Cleaning (Biweekly)
4	CFLUTE TROUBLE MEKANIK	- hydraulic seal & hose leak - coupling , finger problem	- GANTI HOSE YANG SUDAH LAMA PAKAI (RETAK RETAK) - GANTI CYLINDER PRESS ROLL YANG BOCOR - PENGECHEK-AN RUTIN POWER PACK - CLEANING COOLER MINIMAL 6 BULAN SEKALI
5	TEMPAT (CONVEYER) PENUH	- Sheet & WIP full on conveyor	- minyout sheet & WIP storage - make checklist for WIP to HTW (from PPIC) - Arrange the flexo production plan
6	NC SLITTER TROUBLE ELEKTRIK	- command error for slitter knife - output size is different from the order (usuaelly more then 2 out) - ZEUS monitor/display suddenly shut off	- Change Computer's Harddisk - CHECK FAN & CLEANING CPU KOMPUTER - CEK KABEL RESOLVER MOTOR - CLEANING KE L & AREA CHALLANGER - REKONDISI KABEL TRAY KNIFE - REGREASING STAR BEARING - CHECK BAUT & SUPPORT MOTOR >> P Iswanto - CHECK & GANTI HEXAGON TEFLON KALAU AUS.
7	SAMBUNGAN PAPER ROLL (DARI PM)	- Medium paper roll from PM3 TK is not consistent	- KALIBRASI SESUAI SCHEDULE - Discuss & info Problem to PM 3
8	DB TROUBLE ELEKTRIK	- glue roll motor burn out - PLC I/O module fault - bronze nut worn out - glue gap censor not working properly	- PERBAIKAN PIPA STEAM YANG BOCOR - PENAMBAHAN TUTUP PELINDUNG MOTOR - GANTI ORIGINAL MOTOR - CLEANING RUTIN GLUE YANG KERING - GANTI CAPACITOR I/O CARD PLC - GANTI SENSOR MIN/MAX GLUE GAP - LUBRICATION BRONZE NUT

Gambar 5. Daftar masalah mesin beserta Root Cause Analysis

Berdasarkan masalah yang ada kita analisa dan urai satu per satu dan kita minta waktu untuk melakukan perbaikan terlebih dahulu. Setelah itu kita check per item dengan menggunakan metode data yang kita punyai dari SAP berdasarkan data tersebut kita melakukan baseline untuk semua masalah diatas satuan yang digunakan adalah satuan menit

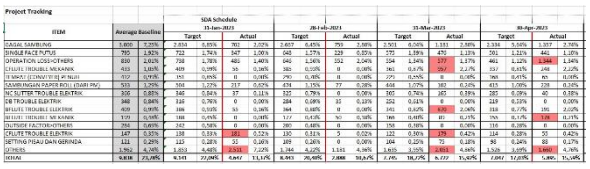


Baseline For Pareto 1 Result

ITEM	Category	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	TOTAL	%	Average
GAGAL SAMBUNG (auto splice)	Production Lost Time	4.611,00	3.733,00	2.617,00	3.408,00	1.937	1.696	18.002,00	30,50%	3.000,33
SINGLE FACE PUTUS (on bridge)	Production Lost Time	858,00	763,00	761,00	1.318,00	536	536	4.772,00	8,08%	795,33
OPERATION LOSS>OTHERS	Production Lost Time	526,00	839,00	869,00	734	1.310	702	4.980,00	8,44%	830,00
CFLUTE TROUBLE MEKANIK	Engineering Lost Time	1.238,00	325,00	397,00	518	10	110	2.598,00	4,40%	433,00
TEMPAT (CONVEYER) PENUH	Production Lost Time	122,00	1.118,00	625,00	486	103	15	2.469,00	4,18%	411,50
SAMBUNGAN PAPER ROLL (DARI PM)	Production Lost Time	600,00	391,00	462,00	860	623	263	3.199,00	5,42%	533,17
NC SLITTER TROUBLE ELEKTRIK	Engineering Lost Time	684,00	173,00	868,00	185	228	57	2.195,00	3,72%	365,83
DB TROUBLE ELEKTRIK	Engineering Lost Time	43,00	1.247,00	80,00	511	43	164	2.090,00	3,54%	348,33
BFLUTE TROUBLE ELEKTRIK	Engineering Lost Time	84,00	825,00	-	739	729	98	2.455,00	4,16%	409,17
BFLUTE TROUBLE MEKANIK	Engineering Lost Time	567,00	184,00	80,00	45	247	70	1.193,00	2,02%	198,83
OUTSIDE FACTOR>OTHERS	Outsite Factor Lost Time	-	390,00	480,00	-	825	8	1.703,00	2,88%	283,83
CFLUTE TROUBLE ELEKTRIK	Engineering Lost Time	169,00	345,00	164,00	-	201	-	879,00	1,49%	146,50
SETTING PISAU DAN GERINDA	Engineering Lost Time	200,00	182,00	60,00	160	98	23	723,00	1,22%	120,50
OTHERS		1.951,00	1.786,00	2.398,00	1.751,00	1.627,00	2.259,00	11.772,00	19,94%	1.962,00
TOTAL		11.635,00	12.301,00	9.861,00	10.715,00	8.517,00	6.001,00	59.030,00	100,00%	9.838,33

Gambar 6. Baseline data tahun sebelumnya.

Berdasarkan baseline tersebut maka muncullah target per bulan dengan pengurangan 30% dari rata-rata waktu untuk masalah yang sering muncul dan kita dengan menggunakan *multiplier* 1.1 maka didapatkan target per bulan yang harus dipenuhi untuk masalah *unplanned downtime* ini.



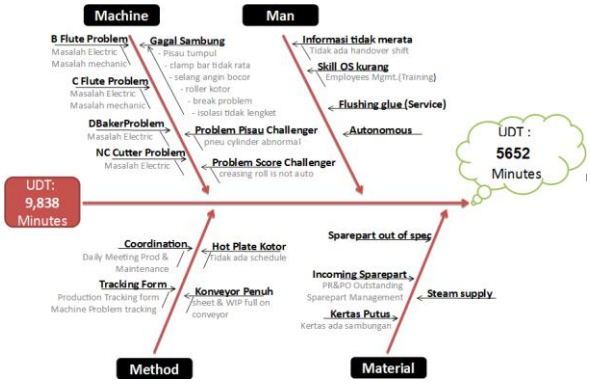
Project Tracking

ITEM	Average Baseline	SDA Schedule 15-Jan-2023			28-Feb-2023		15-Mar-2023		30-Apr-2023	
		Target		Actual	Target	Actual	Target	Actual	Target	Actual
GAGAL SAMBUNG	1.000	7,25%	2.834	6,85%	701	1,02%	2.607	6,85%	750	1,08%	2.503	6,00%	1.181	2,98%	2.134	5,58%	1.377	2,76%
SINGLE FACE PUTUS	795	1,92%	722	1,74%	347	1,00%	640	1,57%	329	0,85%	575	1,38%	470	1,18%	501	1,31%	441	1,10%
OPERATION LOSS>OTHERS	830	2,01%	738	1,78%	480	1,40%	645	1,58%	392	2,04%	554	1,34%	377	1,37%	461	1,21%	1.344	1,34%
CFLUTE TROUBLE MEKANIK	433	1,05%	409	0,99%	35	0,10%	365	0,89%	8	0,08%	361	0,87%	267	2,27%	157	0,41%	248	2,22%
TEMPAT (CONVEYER) PENUH	412	0,99%	152	0,36%	11	0,08%	290	0,71%	11	0,08%	279	0,68%	98	0,81%	99	0,41%	85	0,08%
SAMBUNGAN PAPER ROLL (DARI PM)	533	1,29%	566	1,37%	217	0,62%	474	1,15%	77	0,38%	468	1,07%	383	0,26%	615	1,68%	228	0,14%
NC SLITTER TROUBLE ELEKTRIK	300	0,88%	346	0,84%	37	0,11%	325	0,79%	0	0,00%	365	0,76%	165	0,38%	285	0,09%	40	0,38%
DB TROUBLE ELEKTRIK	348	0,84%	338	0,78%	0	0,00%	284	0,68%	32	0,10%	255	0,61%	8	0,00%	218	0,10%	0	0,00%
BFLUTE TROUBLE ELEKTRIK	409	0,99%	386	0,93%	93	0,26%	364	0,88%	0	0,00%	341	0,82%	370	2,04%	318	0,77%	191	2,00%
BFLUTE TROUBLE MEKANIK	199	0,48%	188	0,45%	0	0,00%	177	0,43%	50	0,38%	166	0,40%	80	0,21%	153	0,37%	128	0,21%
OUTSIDE FACTOR>OTHERS	284	0,69%	242	0,58%	0	0,00%	280	0,68%	0	0,00%	150	0,36%	8	0,00%	116	0,28%	0	0,00%
CFLUTE TROUBLE ELEKTRIK	147	0,35%	138	0,33%	181	0,52%	130	0,31%	5	0,02%	122	0,30%	179	0,42%	114	0,28%	50	0,42%
SETTING PISAU DAN GERINDA	111	0,29%	122	0,28%	50	0,36%	109	0,26%	0	0,00%	104	0,25%	72	0,18%	98	0,24%	88	0,17%
OTHERS	1.951	4,70%	1.853	4,48%	2.531	7,22%	1.744	4,22%	1.191	4,96%	1.615	3,93%	1.451	4,66%	1.526	3,69%	1.661	4,76%
TOTAL	9.818	23,68%	9.141	22,04%	4.647	13,17%	8.043	20,68%	2.888	10,62%	7.995	18,72%	5.222	15,62%	7.097	17,03%	5.895	15,14%

Gambar 7. Data bulan Januari - April

Dari data Bulan Januari beberapa item tidak memenuhi target dalam menit dan ini disebabkan oleh beberapa faktor mesin yang melebihi dari target 138 menit tetapi aktualnya 181 menit. Bulan Februari sangat bagus sehingga dapat terpenuhi semuanya Bulan Maret dan April juga ada yang tidak terpenuhi seperti C *Flute Trouble* mekanik, B *Flute trouble* elektrik, setting pisau dan gerinda.

 ISSN 2987-677X



Gambar 8. Fish Bone Analysis

Disini dijelaskan bahwa kerusakan mesin itu tidak hanya dari faktor mesin bisa jadi dari faktor orang ataupun metode dan bisa juga disebabkan oleh material. Kita juga dapat mengklasifikasikan bahwa dari metode bisa saja *hotplatenya* kotor dan tidak ada *schedule* perawatan, dan koordinasi antara *maintenance* dan produksi. Jika tempat penuh berarti metodenya salah kita tidak hanya memproduksi karton tetapi juga kita menjual *sheet*, atau kita mengeluarkan hanya untuk mesin flexo tidak dibagi rata.

Benefit Reliazation Based on Target Achievement

Target	Baseline	UoM	Formula	January'23	February'23	March'23	April'23	May'23	June'23	July'23	Agustus'23
Baseline Loss Time UDT	9.838	Minute	A	9.838	9.838	9.838	9.838	9.838	9.838	9.838	9.838
Target UDT	4.186,44	Minute	B	9.141	8.443	7.745	7.047	6.350	5.652	5.652	5.652
Reduced DT		Hour	C=(A-B)/60	12	23	35	47	58	70	70	70
Ton/Minute	0,13	Ton/Min	D	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Ton/Hour	7,65	Ton/Hour	E=60*D	7,65	7,65	7,65	7,65	7,65	7,65	7,65	7,65
Total Tonase		Ton	F=C*E	89	178	267	356	445	534	534	534
Fixed Cost	43,81	USD/Ton	G	44	44	44	44	44	44	44	44
Benefit		USD	H=F*G	$ 3.896	$ 7.792	$ 11.688	$ 15.584	$ 19.480	$ 23.376	$ 23.375	$ 23.375

Benefit Reliazation Based on Actual Achievement

Target	Baseline	UoM	Formula	January'23	February'23	March'23	April'23	May'23	June'23	July'23	Agustus'23
Baseline Loss Time UDT	9.838	Minute	A	9.838	9.838	9.838	9.838	9.838	9.838	9.838	9.838
Actual UDT	4.186,44	Minute	B	4.647	2.888	6.722	5.895	0	0	0	0
Reduced DT		Hour	C=(A-B)/60	87	116	52	66	164	164	164	164
Ton/Minute	0,13	Ton/Min	D	0,14	0,14	0,14	0,12	0,12	0,13	0,13	0,12
Ton/Jam	7,65	Ton/Hour	E=60*D	8,60	8,26	8,13	7,44	7,44	7,76	7,95	7,40
Total Tonase		Ton	F=C*E	744	957	422	489	1221	1273	1303	1213
Fixed Cost	43,81	USD/Ton	G	44	44	44	44	44	44	44	44
Benefit		USD	H=F*G	$ 32.610	$ 41.939	$ 18.496	$ 21.437				

Gambar 9. Tabel Benefit Realization

Berdasarkan data yang didapatkan maka jika seandainya unplanned downtime tidak sering terjadi maka speed mesin yang memproduksi semakin bertambah sehingga benefit yang dihasilkan dari perusahaan juga bertambah.

Kesimpulan

Berdasarkan data diatas bahwa penulis dapat menyimpulkan *unplanned downtime* (UDT) bukan hanya dari segi produksi saja melainkan dari segi mesin, orang, metode, dan material. Banyak faktor yang menyebabkan unplanned downtime terjadi. Tindakan perawatan corrective dan prediktif dapat mengubah *unplanned downtime* menjadi *planned downtime*. Jika terjadi *unplanned downtime* pun tidak sebanyak tahun sebelumnya sehingga hasil produksi meningkat dan keuntungan perusahaan semakin banyak bisa dilihat di *table benefit*.

Saran yang dapat diberikan perawatan terhadap mesin mesin dilakukan bergantian supaya tidak terjadi *unplanned downtime* terlalu lama. Jadi jika terjadi masalah di *single facer* 1 sedangkan kita bisa menjalankan single facer 2 ini tidak termasuk di *unplanned downtime* (UDT)

Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Bapak Alvin (Group APP Serang), Bapak Hendra Siswanto (Mill Head Tjiwi Kimia), Bapak Ratno, Bapak Solikin, Bapak Iswanto, Bapak Dimas Hamdan yang berperan penting yang membantu menyusun dalam proyek penulis. Ucapan terimakasih juga dapat ditujukan kepada PT. Tjiwi Kimia Tbk.,

Referensi

Ansori, N., dan Mustajib, M. Imron. 2013 Sistem Perawatan Terpadu, Yogyakarta: Graha Ilmu.

Assauri, S. 1993. Manajemen Produksi dan Operasi. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi UI.

Dhillon, B. 2006 Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers, CRC Press.

Lyonnet, P., Maintenance Planning Mathematic and Methods, Capman & Hall. London

ISSN 2987-677X

Pengukuran Kinerja Sistem Irigasi pada Daerah Irigasi Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur dengan Aplikasi EPAKSI

Ahmad Efendi, Dian Puspita Sari, Arwendra Ananta Praya, Wahyu Hendri Purwanti

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ fendywre01@gmail.com, dianpus.dps@gmail.com, arwendra.ap@gmail.com, wahyu.hendri2105@gmail.com

Untuk mengetahui kinerja sistem irigasi dari suatu daerah irigasi secara efektif dan efisien serta berkelanjutan maka diperlukan penilaian Indeks Kinerja Sistem Irigasi dengan aplikasi EPAKSI. Dalam studi ini telah dilaksanakan survey EPAKSI pada 158 Daerah Irigasi (D.I.) Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur dengan total luas layanan irigasi 149.988 ha. Hasil penilaian tersebut nantinya akan dijadikan sebagai rekomendasi Dinas PU Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur dalam penanganan aset jaringan irigasi berdasarkan kondisi, fungsi, tingkat urgenitas dan prioritas penanganan. Dari hasil studi, didapatkan kinerja sistem irigasi dalam kondisi jelek sebanyak 22 D.I. seluas 20.749 ha, kondisi kurang sebanyak 116 D.I. seluas 107.205 ha, kondisi baik sebanyak 17 D.I. seluas 16.875 ha dan kondisi sangat baik sebanyak 3 D.I. seluas 5.159 ha. Dengan demikian rekomendasi penanganan yang tepat pada daerah irigasi tersebut melalui rehabilitasi sebanyak 20 D.I. seluas 19.062 ha, pemeliharaan berkala sebanyak 111 D.I. seluas 96.250 ha, dan melalui O&P rutin sebanyak 27 D.I. seluas 34.676 ha.

Kata kunci: Indeks Kinerja Sistem Irigasi, EPAKSI, Pengelolaan Aset Irigasi, Daerah Irigasi

Pendahuluan

Pembangunan pada sektor pertanian dewasa ini diarahkan untuk menuju pertanian yang efisien dan tangguh, mengingat upaya peningkatan produksi beras untuk mencukupi kebutuhan pangan bagi penduduk yang jumlahnya terus meningkat selalu menjadi prioritas utama dalam pembangunan pertanian di Indonesia (Suwarno, 2010). Dengan demikian, tuntutan terhadap kinerja irigasi yang lebih baik semakin meningkat untuk mendukung peningkatan produksi pertanian dalam rangka mewujudkan ketahanan pangan nasional dan kesejahteraan masyarakat, khususnya petani (Angguniko & Hidayah, 2017).

Untuk itu air, sumber-sumber air beserta bangunan-bangunan pengairan harus dilindungi serta diamankan, dipertahankan dan dijaga kelestariannya, supaya dapat memenuhi fungsinya, sehingga pengelolaan air dari hulu *(upstream)* sampai hilir *(downstream)* memerlukan sarana dan prasarana yang memadai, termasuk untuk irigasi dapat dilaksanakan secara maksimal dan optimal. Prasarana irigasi tersebut antara lain dapat berupa: bendungan, bendung, saluran primer, saluran sekunder, bangunan bagi, bangunan bagi sadap, bangunan sadap, bangunan pelengkap, jaringan irigasi tersier dan bangunan lainnya. Semua fasilitas dimaksud harus dikelola secara baik dan benar guna menjamin terlaksananya fungsi sistem irigasi sesuai dengan umur layanan rencana.

Pengelolaan aset irigasi yang terencana dan sistematis hendaknya diperkuat dengan penilaian Indeks Kinerja Sistem Irigasi (IKSI) secara berkesinambungan. Kedua hal ini saling terkait satu terhadap yang lainnya. Sebagai contoh dengan rusaknya salah satu bagian dari aset irigasi akan mempengaruhi kinerja sistem yang ada serta berdampak pada menurunya efisiensi dan efektifitas pengelolaan sistem irigasi pada suatu Daerah Irigasi (D.I.).

Pengelolaan aset irigasi dan penilaian kinerja sistem irigasi dilaksanakan oleh masing-masing pihak sesuai kewenangannya. Kewenangan kegiatan pengembangan dan pengelolaan sistem irigasi terbagi menjadi kewenangan pusat, kewenangan daerah provinsi, dan kewenangan daerah Kabupaten/Kota (Pemerintah Republik Indonesia, 2014). Sejauh ini kedua kegiatan dimaksud dilakukan secara terpisah oleh unit teknis di Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS)/Balai Wilayah Sungai (BWS) untuk D.I. Kewenangan Pemerintah Pusat, Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air (DPU SDA) Provinsi untuk D.I. Kewenangan Pemerintah Provinsi, dan DPU SDA Kabupaten/Kota untuk D.I. Kewenangan Pemerintah Kabupaten/Kota mulai dari bangunan utama hingga jaringan irigasi utama (jaringan primer dan jaringan sekunder).

Dengan mempertimbangkan efisiensi dan efektifitas hasil dari kegiatan pengelolaan aset irigasi dan penilaian kinerja sistem irigasi, dimana pelaksanaan pengelolaan aset irigasi dan penilaian kinerja sistem irigasi yang sebelumnya dilakukan secara terpisah. Dengan demikian, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat mengembangkan aplikasi EPAKSI (Elektronik Pengelolaan Aset dan Kinerja Sistem Irigasi) yang diharapkan pelaksanaannya dapat dilakukan secara serempak dengan menggunakan petunjuk pelaksanaan (Juklak), petunjuk teknis (Juknis) serta sistem aplikasi yang berbasis android dan web.

Adapun penggunaan aplikasi dalam hal ini aplikasi Android merupakan sebuah pendekatan terkini yang mengedepankan efisiensi dan efektifitas pelaksanaan yang pro terhadap pengurangan penggunaan lembar kerja lapangan *(paperless)*. Pendekatan ini mendukung terlaksananya sistem data *base* keirigasian yang lebih baik dan tepat sasaran pemanfaatannya.

 ISSN 2987-677X

Studi ini dilakukan pada 158 D.I. Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur yaitu 157 D.I. Permukaan dan 1 D.I. Pompa dengan total luas layanan irigasi 149.988 ha yang tersebar dari Kabupaten Ngawi sampai Kabupaten Banyuwangi. Untuk mengetahui kinerja sistem irigasi dari daerah irigasi tersebut secara efektif dan efisien serta berkelanjutan maka diperlukan penilaian Indeks Kinerja Sistem Irigasi dengan aplikasi EPAKSI. Hasil penilaian tersebut nantinya akan dijadikan sebagai rekomendasi Dinas PU Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur dalam penanganan aset jaringan irigasi berdasarkan kondisi, fungsi, tingkat urgenitas dan prioritas penanganan.

Metodologi

Lokasi Studi

Studi dilakukan pada 158 D.I. Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur yang tersebar di kabupaten/kota pada Tabel 1.

Tabel 1. Lokasi Studi

No.	Lokasi D.I.	Jumlah D.I.	Luas (ha)
1.	Kab. Ngawi	8	11.740
2.	Kab. Ponorogo	5	6.656
3.	Kab. Madiun	5	7.141
4.	Lintas Kab. Ngawi & Kab. Magetan	7	4.727
5.	Lintas Kab. Ngawi & Kab. Madiun	1	1.554
6.	Lintas Kab. Magetan & Kab. Ponorogo	2	284
7.	Lintas Kab. Madiun & Kab. Magetan	1	745
8.	Lintas Kab. Magetan & Kab. Ponorogo	1	54
9.	Lintas Kab. Madiun & Kota Madiun	7	4.198
10.	Kab. Bojonegoro	3	4.224
11.	Kab. Tuban	4	6.518
12.	Kab. Lamongan	5	6.878
13.	Lintas Kab. Lamongan & Kab. Tuban	1	2.143
14.	Lintas Kab. Lamongan & Kab. Gresik	2	3.867
15.	Kab. Nganjuk	2	2.681
16.	Kab. Kediri	2	2.723
17.	Kab. Jombang	2	2.994
18.	Lintas Kab. Jombang & Kab. Kediri	1	445
19.	Lintas Kab. Kediri & Kota Kediri	9	1.653
20.	Lintas Kab. Trenggalek & Kab. Tulungagung	3	5.423
21.	Kab. Tulungagung	1	1.378
22.	Kab. Blitar	1	1.763
23.	Lintas Kab. Blitar & Kab. Tulungagung	1	165
25.	Lintas Kab. Blitar & Kab. Kediri	1	461
26.	Lintas Kab. Blitar & Kota Blitar	10	522
27.	Lintas Kab. Malang & Kota Malang	18	4.041
28.	Lintas Kab. Malang & Kota Batu	2	739
29.	Kab. Mojokerto	1	1.055
30.	Lintas Kab. Mojokerto & Kab. Jombang	4	1.080
31.	Lintas Kab. Mojokerto & Kota Mojokerto	4	3.690
32.	Kab. Bangkalan	2	2.892
33.	Kab. Sampang	1	1.799
34.	Kab. Pamekasan	1	2.462
35.	Kab. Sumenep	1	1.424
36.	Kab. Pasuruan	5	6.447
37.	Lintas Kab. Pasuruan & Kota Pasuruan	4	4.035
38.	Kab. Probolinggo	4	6.302
39.	Lintas Kab. Probolinggo & Kota Probolinggo	5	7.231
40.	Kab. Lumajang	8	13.769
41.	Kab. Jember	2	2.573
42.	Kab. Bondowoso	1	2.184
43.	Kab. Situbondo	3	4.333
44.	Kab. Banyuwangi	2	1.470
45.	Lintas Kab. Bondowoso & Kab. Jember	4	802
46.	Lintas Kab. Bondowoso & Kab. Situbondo	1	777
	Lintas Kab. Situbondo & Kab. Banyuwangi		
	Total	158	149.988

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015

Pengumpulan Data

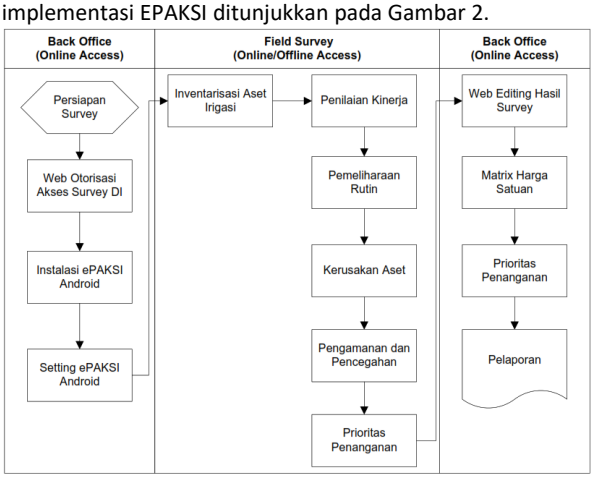
Data-data yang dapat dikumpulkan untuk melakukan analisis atau perhitungan dalam studi ini adalah sebagai berikut: (1) data jenis, kondisi dan fungsi aset irigasi; (2) data pemenuhan kebutuhan air irigasi, realisasi luas tanam, produktivitas padi; (3) data sarana penunjang irigasi (peralatan OP, transportasi, peralatan kantor, alat komunikasi); (4) data organisasi personalia; (5) data buku D.I./manual OP, peta D.I., peta skema irigasi, gambar desain; (6) data Himpunan Petani Pemakai Air (HIPPA/GHIPPA/IHIPPA). Data tersebut didapatkan melalui survei dan penelusuran lapangan serta melalui Bidang Irigasi dan UPT PSDA WS di Lingkungan Dinas PU Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur.

Implementasi EPAKSI

Pelaksanaan penilaian kinerja sistem irigasi dilaksanakan dengan menggunakan sistem aplikasi Android EPAKSI yang berbasis Web. Maksud dari pengelolaan aset irigasi adalah sebagai acuan bagi pemilik kewenangan daerah irigasi baik pemerintah pusat, pemerintah provinsi maupun pemerintah kabupaten/kota, masyarakat petani, dan pengelola jaringan irigasi lainnya dalam melaksanakan pengelolaan aset irigasi dengan tujuan pelaksanaan pengelolaannya terlaksana secara efektif dan efisien serta berkelanjutan (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015). Pelaksanaan pengelolaan aset irigasi dilakukan dengan mengintegrasikan perangkat lunak berbasis *web, real time* dan mudah penggunaannya di lapangan.

Salah satu pendekatan dari aplikasi yang digunakan adalah teknologi berbasis peta dari google terkait peta dasar serta penggunaan LiDAR sebagai input dalam penggunaan peta dasar irigasi. Kombinasi antara teknologi LiDAR dan *ground survey* diharapkan dapat memberi hasil yang cepat dan akurat dalam sistem Pengelolaan Aset Irigasi. Teknologi LiDAR dapat memberi informasi yang detail mengenai skema jaringan irigasi, data topografi, serta penggunaan lahan sekitar jaringan irigasi.

Sedangkan metode *ground survey* akan digunakan sebagai alat untuk mengetahui profil aset jaringan irigasi dan guna mengidentifikasi serta menginventarisasi tingkat kerusakan bangunan secara detail. Proses *ground survey* akan didukung dengan penggunaan Aplikasi Android yang bersifat offline atau online, sehingga data dari lapangan dapat dikirimkan secara cepat ke server PAI dan dapat digunakan sebagai perencanaan irigasi selanjutnya. Skenario implementasi EPAKSI ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skenario Implementasi EPAKSI

Rekomendasi Penanganan Aset Jaringan irigasi

Pengajuan dana untuk keperluan pengelolaan jaringan irigasi dari tahun ke tahun tidak selalu terpenuhi sesuai dengan kebutuhan. Oleh karena itu jenis penanganan dan prioritas perbaikan perlu dibuat berdasarkan atas data: luas

 ISSN 2987-677X

daerah irigasi, luas layanan terpengaruh kerusakan aset, kondisi fisik jaringan irigasi dan fungsi fisik jaringan irigasi.

Kondisi aset jaringan irigasi sebagai berikut:

- Kondisi baik : tingkat kerusakan 0% - 10%
- Kondisi rusak ringan : tingkat kerusakan > 10% - 20%
- Kondisi rusak sedang : tingkat kerusakan > 20% - 40%
- Kondisi rusak berat : tingkat kerusakan > 40% - 80%
- Kondisi rusak berat : tingkat kerusakan > 80%

Sedangkan fungsi aset jaringan irigasi sebagai berikut:

- Fungsi baik : tingkat penurunan fungsi 0% - 10%
- Fungsi kurang : tingkat penurunan fungsi > 10% - 20%
- Fungsi sedang : tingkat penurunan fungsi > 20% - 40%
- Fungsi buruk : tingkat penurunan fungsi > 40% - 80%
- Tidak berfungsi : tingkat penurunan fungsi > 80%

Rekomendasi penanganan aset jaringan irigasi berdasarkan kondisi, fungsi, tingkat urgenitas serta prioritas penanganan dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Rekomendasi Penanganan Aset Jaringan Irigasi

No.	Kondisi Aset Jaringan Irigasi	Fungsi Aset Jaringan Irigasi	Bobot (%)	Rekomendasi Penanganan
1.	Baik	Baik	0 – 10	Pemeliharaan rutin
2.	Rusak Ringan	Kurang	> 10 – 20	Pemeliharaan berkala bersifat perawatan
3.	Rusak Sedang	Sedang	> 20 – 40	Pemeliharaan berkala bersifat perbaikan
4.	Rusak Berat	Buruk atau Jelek	> 20 – 80	Pemeliharaan berkala bersifat perbaikan berat atau rehabilitasi
5.	Rusak Total	Tidak Berfungsi	> 80	Rehabilitasi atau pembaruan aset

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015

Komponen Penilaian Kinerja Sistem Irigasi

Pendekatan yang dipakai dalam pelaksanaan penilaian kinerja sistem irigasi utama ada 6 (enam) parameter yang dimonitor dan dievaluasi dengan bobot penilaian sebagai berikut:

1. Prasarana fisik : 45%
   terdiri dari:
   - Bangunan utama : 13%
   - Saluran pembawa : 10%
   - Bangunan pada saluran pembawa : 9%
   - Saluran pembuang dan bangunannya : 4%
   - Jalan masuk/inspeksi : 4%
   - Kantor, perumahan dan gudang : 5%
2. Produktivitas tanam : 15%
   terdiri dari:
   - Pemenuhan kebutuhan air (faktor K) : 9%
   - Realisasi luas tanam : 4%
   - Produktivitas padi : 2%
3. Sarana penunjang : 10%
   terdiri dari:
   - Peralatan O&P : 4%
   - Transportasi : 2%
   - Alat-alat kantor ranting/pengamat/UPTD : 2%
   - Alat komunikasi : 2%
4. Organisasi personalia : 15%
   terdiri dari:
   - Organisasi O&P yang telah disusun : 5%
   - Personalia : 10%
5. Dokumentasi : 5%
   terdiri dari:
   - Buku data D.I. : 2%
   - Peta dan gambar-gambar : 3%
6. HIPPA/GHIPPA/IHIPPA : 10%
   terdiri dari:
   - GHIPPA/IHIPPA sudah berbadan hukum : 1,5%
   - Kondisi kelembagaan GHIPPA/IHIPPA : 0,5%
   - Rapat HIPPA/GHIPPA/IHIPPA dengan UPTD : 2%
   - GHIPPA/IHIPPA aktif mengikuti survei J.I. : 1%
   - Partisipasi HIPPA dalam perbaikan jaringan irigasi utama : 2%
   - Iuran HIPPA untuk partisipasi perbaikan J.I. : 2%
   - Partisipasi HIPPA dalam perenc. tata tanam dan alokasi air : 1%

Dalam penentuan indikator penilaian dibagi dalam beberapa kelompok kondisi sebagai berikut:

1. Kondisi Prasarana Fisik ada 4 indikator terdiri:
   - Baik sekali > 90-100% atau tingkat kerusakan 0% - 10%
   - Baik > 80% - 90% atau tingkat kerusakan > 10% - 20%
   - Sedang > 60% - 80% atau tingkat kerusakan > 20% - 40%
   - Jelek < 60% atau tingkat kerusakan > 40%
2. Kondisi non fisik (produktivitas tanaman, sarana penunjang, organisasi personalia, dokumentasi dan GHIPPA/IHIPPA) ada 4 indikator yang terdiri dari:
   - Baik sekali : > 90% - 100%
   - Baik : > 80% - 90%
   - Sedang : > 60% - 80%
   - Jelek : < 60%

Indeks kinerja sistem irigasi utama ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Indeks Kinerja Sistem Irigasi Utama

No.	Komponen	Maksimum (%)	Minimum (%)	Optimum
1.	Prasarana fisik	45	25	35
2.	Produktivitas tanam	15	10	12,5
3.	Sarana penunjang	10	5	7,5
4.	Organisasi personalia	15	7,5	10
5.	Dokumentasi	5	2,5	5
6.	GHIPPA/IHIPPA	10	5	7,5
	Jumlah	100	55	77,5

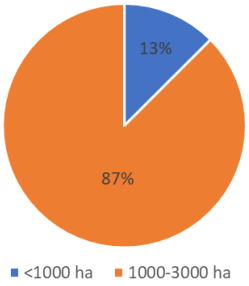
Berdasarkan hasil penilaian kinerja sistem irigasi utama dihasilkan Indeks kinerja dengan nilai:

- 80 - 100 : kinerja sangat baik
- 70 - < 80 : kinerja baik
- 55 - < 70 : kinerja kurang dan perlu perhatian
- < 55 : kinerja jelek dan perlu perhatian

Hasil dan Pembahasan

Analisis Kondisi Prasarana Fisik Jaringan Irigasi

Pemerintah daerah provinsi mempunyai wewenang dan tanggungjawab melakukan pengembangan dan pengelolaan sistem irigasi primer dan sekunder pada daerah irigasi yang luasnya 1000 ha - 3000 ha, dan daerah irigasi lintas daerah kabupaten/kota (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015). Gambar 3 menunjukkan persentase perbandingan luas D.I. Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur berdasarkan luasan dibawah 1000 ha dan luasan antara 1000 ha - 3000 ha.

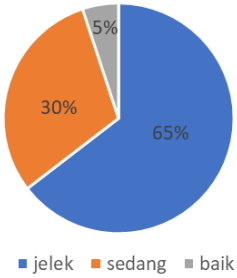


Gambar 3. Persentase Luas D.I. Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur

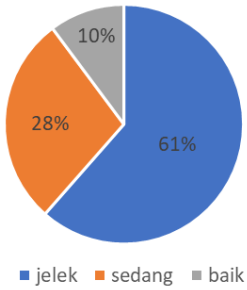
ISSN 2987-677X

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bahwa luas Daerah Irigasi Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur dengan luas 1000 – 3000 ha lebih dominan dibandingkan dengan luas D.I. dibawah 1000 ha. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengaruh kinerja jaringan irigasi utama lebih dominan dari kinerja jaringan irigasi tersier dengan perbandingan 80% bobot jaringan irigasi utama dan 20% bobot jaringan irigasi tersier.

Dari 6 (enam) parameter yang berpengaruh terhadap penilaian kinerja sistem irigasi, parameter kondisi prasarana fisik mempunyai bobot 45%. Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi prasarana fisik berperan besar terhadap penentuan rekomendasi penanganan suatu daerah irigasi. Gambar 4 menunjukkan kondisi prasarana fisik Daerah Irigasi Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur berdasarkan jumlah D.I., sedangkan Gambar 5 menunjukkan kondisi prasarana fisik Daerah Irigasi Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur berdasarkan luas D.I.



Gambar 4. kondisi Prasarana Fisik Daerah Irigasi Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Jumlah D.I.

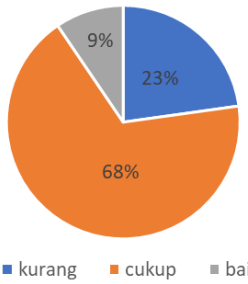


Gambar 5. kondisi Prasarana Fisik Daerah Irigasi Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Luas D.I.

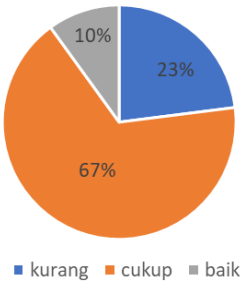
Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan bahwa kondisi prasarana fisik jaringan irigasi dalam kondisi jelek sebanyak 102 D.I. seluas 92.227 ha, kondisi sedang sebanyak 48 D.I. seluas 42.459 ha dan kondisi baik sebanyak 8 D.I. seluas 15.302 ha. Hal tersebut menunjukkan bahwa Daerah Irigasi Kewenangan Provinsi Jawa Timur kondisi jaringan irigasinya dominan jelek.

Analisis Kondisi Non Fisik Daerah Irigasi

Selain dipengaruhi oleh kondisi prasarana fisik, penilaian kinerja sistem irigasi juga dipengaruhi oleh kondisi non fisik yang terdiri dari produktivitas tanam (bobot 15%), sarana penunjang (bobot 10%), organisasi personalia (bobot 15%), dokumentasi (bobot 5%) dan Himpunan Petani Pemakai Air (bobot 10%). Gambar 6 menunjukkan kondisi non fisik Daerah Irigasi Kewenangan Provinsi Jawa Timur yang sudah disurvey EPAKSI.



Gambar 6. kondisi Non Fisik Daerah Irigasi Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Jumlah D.I.

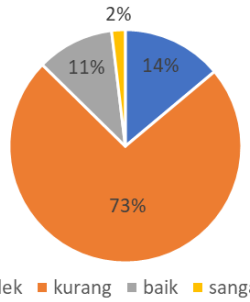


Gambar 7. kondisi Non Fisik Daerah Irigasi Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Luas D.I.

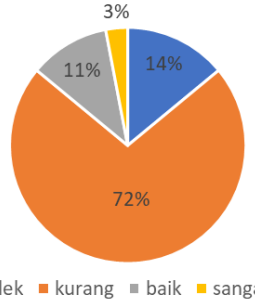
Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan bahwa kondisi non fisik daerah irigasi dalam kondisi kurang sebanyak 36 D.I. seluas 34.933 ha, kondisi cukup sebanyak 107 D.I. seluas 100.882 ha dan kondisi baik sebanyak 15 D.I. seluas 14.173 ha. Hal tersebut menunjukkan bahwa Daerah Irigasi Kewenangan Provinsi Jawa Timur kondisi non fisiknya dominan cukup.

Analisis Indeks Kinerja Sistem Irigasi (IKSI)

Indeks kinerja sistem irigasi berdasarkan hasil analisa kondisi prasarana fisik dan kondisi non fisik (produktivitas tanaman, sarana penunjang, organisasi personalia, dokumentasi dan GHIPPA/IHIPPA) yang hasilnya disajikan pada Gambar 8 dan Gambar 9.

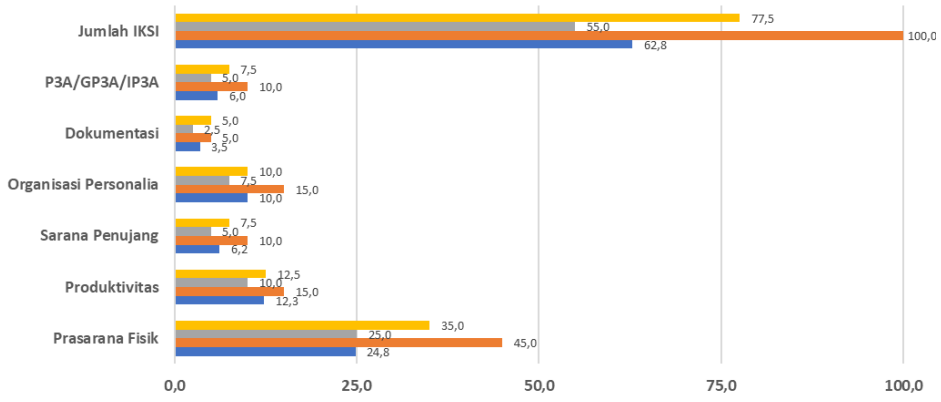


Gambar 8. Indeks Kinerja Sistem Irigasi Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Jumlah D.I.



Gambar 9. Indeks Kinerja Sistem Irigasi Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Luas D.I.

 ISSN 2987-677X



	Prasarana Fisik	Produktivitas	Sarana Penujang	Organisasi Personalia	Dokumentasi	P3A/GP3A/IP3A	Jumlah IKSI
Optimum	35,0	12,5	7,5	10,0	5,0	7,5	77,5
Min	25,0	10,0	5,0	7,5	2,5	5,0	55,0
Maks	45,0	15,0	10,0	15,0	5,0	10,0	100,0
Yang Ada	24,8	12,3	6,2	10,0	3,5	6,0	62,8

Gambar 10. Nilai Rata-rata Kondisi Fisik, Kondisi Non Fisik dan IKSI Daerah Irigasi Kewenangan Provinsi Jawa Timur

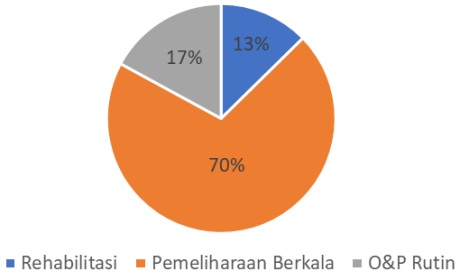
Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan bahwa kinerja sistem irigasi dalam kondisi jelek sebanyak 22 D.I. seluas 20.749 ha, kondisi kurang sebanyak 116 D.I. seluas 107.205 ha, kondisi baik sebanyak 17 D.I. seluas 16.875 ha dan kondisi sangat baik sebanyak 3 D.I. seluas 5.159 ha. Hal tersebut menunjukkan bahwa Daerah Irigasi Kewenangan Provinsi Jawa Timur kinerja sistem irigasinya dominan kurang. Sedangkan nilai rata-rata kondisi prasarana fisik, kondisi non fisik dan IKSI Daerah Irigasi Kewenangan Provinsi Jawa Timur disajikan pada Gambar 10.

Rekomendasi Penanganan Daerah Irigasi

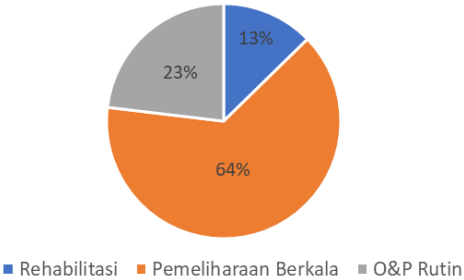
Rekomendasi penanganan suatu daerah irigasi berdasarkan nilai indeks kinerja sistem irigasi dan kondisi prasarana fisik/kondisi kerusakan jaringan irigasi. Dengan demikian, rekomendasi penanganan daerah irigasi diurutkan berdasarkan skala prioritas dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Penanganan dengan rehabilitasi jika:
   Nilai IKSI < 55% dan kondisi kerusakan jaringan irigasi > 40%.
2. Penanganan dengan pemeliharaan berkala jika:
   - Nilai IKSI 55% - < 70 dan kondisi kerusakan jaringan irigasi > 40%.
   - Nilai IKSI 70% - < 80 dan kondisi kerusakan jaringan irigasi > 40%.
   - Nilai IKSI < 55% dan kondisi kerusakan jaringan irigasi > 20% - 40%.
   - Nilai IKSI ≥ 55% dan kondisi kerusakan jaringan irigasi > 20% - 40% maka rekomendasinya adalah kegiatan pemeliharaan berkala.
3. Penanganan dengan O&P rutin jika:
   - Nilai IKSI > 80% dan kondisi kerusakan jaringan irigasi > 40%.
   - Nilai IKSI < 55% dan kondisi kerusakan jaringan irigasi ≤ 20%.
   - Nilai IKSI ≥ 55% dan kondisi kerusakan jaringan irigasi ≤ 20%.

Gambar 12 menunjukkan rekomendasi penanganan Daerah Irigasi Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur berdasarkan jumlah D.I., sedangkan Gambar 13 menunjukkan rekomendasi penanganan Daerah Irigasi Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur berdasarkan luas D.I. Hal tersebut menunjukkan bahwa rekomendasi penanganan Daerah Irigasi Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur melalui rehabilitasi sebanyak 20 D.I. seluas 19.062 ha, pemeliharaan berkala sebanyak 111 D.I. seluas 96.250 ha, dan melalui O&P rutin sebanyak 27 D.I. seluas 34.676 ha.



Gambar 12. Rekomendasi Penanganan Daerah Irigasi Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Jumlah D.I.



Gambar 13. Rekomendasi Penanganan Daerah Irigasi Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Luas D.I.

Kesimpulan

Dari 158 D.I. Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur dengan total luas layanan irigasi 149.988 ha yang

 ISSN 2987-677X

telah dilakukan penilaian Indeks Kinerja Sistem Irigasi melalui aplikasi EPAKSI didapatkan kinerja sistem irigasi dalam kondisi jelek sebanyak 22 D.I. seluas 20.749 ha, kondisi kurang sebanyak 116 D.I. seluas 107.205 ha, kondisi baik sebanyak 17 D.I. seluas 16.875 ha dan kondisi sangat baik sebanyak 3 D.I. seluas 5.159 ha. Dengan demikian rekomendasi penanganan yang tepat pada daerah irigasi tersebut melalui rehabilitasi sebanyak 20 D.I. seluas 19.062 ha, pemeliharaan berkala sebanyak 111 D.I. seluas 96.250 ha, dan melalui O&P rutin sebanyak 27 D.I. seluas 34.676 ha.

Keterbatasan dana APBD Provinsi Jawa Timur dan dana APBN melalui Dana Alokasi Khusus (DAK) bidang irigasi untuk melakukan perbaikan sarana fisik jaringan irigasi khususnya, pada Daerah Irigasi Kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur baik melalui kegiatan rehabilitasi, pemeliharaan berkala dan O&P rutin kurang optimal. Untuk itu perlu memperhatikan tingkat urgenitas dan skala prioritas dalam penanganan perbaikan jaringan irigasi, mengoptimalkan petugas O&P jaringan irigasi serta mengoptimalkan keterlibatan HIPPA/GHIPPA/IHIPPA yang ada dalam pelaksanaan O&P irigasi baik di jaringan irigasi utama maupun jaringan irigasi tersier.

Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dinas PU Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur yang telah memfasilitasi Pendidikan Program Profesi Insinyur di Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Kemudian juga untuk pihak yang telah membantu dalam pengumpulan data khususnya Bidang Irigasi dan UPT PSDA WS di Lingkungan Dinas PU Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur sehingga bisa dilakukan analisa dan menghasilkan karya tulis ilmiah ini.

Referensi

Angguniko, B. Y., & Hidayah, S. (2017). Rancangan unit pengelola irigasi modern di Indonesia. Jurnal Irigasi, 12(1), 23–36.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 12/Prt/M/2015 Tentang Eksploitasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi. Jakarta, Indonesia.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 14/Prt/M/2015 Tentang Kriteria dan Penetapan Status Daerah Irigasi. Jakarta, Indonesia.

Pemerintah Republik Indonesia. (2014). Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 Tentang Pemerintah Daerah. Jakarta, Indonesia.

Suwarno, S. (2010). Meningkatkan produksi padi menuju ketahanan pangan yang lestari. Jurnal Pangan, 19(3), 233–243. https://doi.org/10.33964/jp.v19i3.150.

 ISSN 2987-677X

Penerapan Inovasi Sistem Pembelajaran Pelatihan Bagi Aparatur Sipil Negara (ASN) Kementerian Perhubungan Berbasis *E-Learning*

AGUS HARIYANTO

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

✉ kaptenjurek@gmail.com

Aparatur Sipil Negara (ASN) dilingkungan Kementerian Perhubungan sesuai dengan amanat Undang – undang Republik Indonesia nomor 5 tahun 2014 harus mendapatkan sedikitnya 20 jam pelajaran per tahun untuk meningkatkan pengetahunan dan kompetensinya dalam pekerjaannya. Para ASN di Kementerian Perhubungan tersebar diseluruh Indonesia sehingga diperlukan media pembelajaran yang dapat menjangkau secara cepat, mudah dan murah yaitu aplikasi pembelajaran berbasiskan teknologi informasi E-*Learning*.Penerapan innovasi pembelajaran bagi ASN berbasiskan teknologi informasi E-*Learning* sangat diperlukan sehingga penulis mulai menyusun rencana pengembangan aplikasi E-Learning yang di maksud dengan menggunakan metode dan *theory* pengembangan *software*, membangun aplikasi E-*learning* serta teori tentang bagaimana membangun sebuah sistem yang berorientasi kepada pengguna. Tujuan dari penerapan aplikasi ini terbagi menjadi 3 (tiga) yaitu jangka pendek, jangka menengah dan jangka Panjang. Berdasarkan hasil survei secara jangka pendek aplikasi prototype E-learning mendapatkan respon yang positif oleh para responden atau user. Namun kedepan perlu selalu dilakukan pengembangan, perbaikan dan penata kerjaan yang lebih baik dan professional secara *software* atau *hardware*.

Kata kunci: Diklat ASN, Elearning, Kompetensi

Pendahuluan

Untuk menjadi seorang ASN yang mampu melayani masyarakat dibutuhkan birokrasi yang bersih, profesional, melayani dan sejahtera. Semua itu dapat dicapai salah satunya apabila seorang ASN dibekali tentang ilmu pengetahuan serta kompetensi yang mumpuni. Dalam hal ini Undang – undang nomor 5 tahun 2014 tentang Aparatur Sipil Negara pasal 70 mengatakan bahwa Setiap ASN memiliki hak dan kesempatan untuk mengembangkan kompetensi (UU_RI_5, 2014). Dan dipertegas juga dalam Peraturan Pemerintah nomor 11 tahun 2017 tentang Manajemen Pegawai Negeri Sipil pasal 203 bahwa dalam rangka pemenuhan kebutuhan kompetensi ASN harus memenuhi standar kompetensi jabatan dan rencana pengembangan karir dan lebih lanjut untuk pengembangan kompetensi seorang ASN harus mendapatkannya paling sedikit 20 jam pelajaran per tahun(PP_RI_11, 2017). Namun kenyataan dilapangan untuk memenuhi amanat dari Peraturan Pemerintah tersebut sampai sekarang sangat sulit diwujudkan. Menurut data statistik tahun 2016 jumlah ASN pada Kementerian Perhubungan adalah 29.682 orang namun output jumlah lulusan peserta diklat ASN hanya 11.059 orang atau hanya sekitar 37,25% saja yang terjangkau. Jika dilihat dari sudut pandang pengajar atau widyaiswara justru dari tahun 2012 sampai dengan 2016 terjadi penurunan dari 25 orang menjadi 17 orang(Laporan_Statistik_Kemenhub, 2016). Kendala dan permasalahan muncul antara lain disebabkan karena pendidikan dan pelatihan dengan metode klasikal menyebabkan seorang ASN harus meninggalkan tugas pokok dan fungsi utamanya di kantor; biaya yang mahal baik dari transport, akomodasi, biaya hidup dan lain sebagainya. Permasalahan ini juga terjadi pada ASN di Kementerian Perhubungan.

Pusat Pengembangan SDM Aparatur Perhubungan (PPSDMAP) adalah institusi pemerintah dibawah Kementerian Perhubungan Republik Indonesia dan koordinasi eselon 1 Badan Pengembangan SDM Perhubungan yang memiliki tugas pokok adalah melaksanakan pendidikan dan pelatihan manajemen sumber daya manusia aparatur perhubungan. Melihat permasalahan yang muncul tersebut, maka PPSDMAP perlu melakukan langkah strategi baru yaitu dengan mengubah pola pendidikan dan pelatihan yang lama (system klasikal) dengan sistem pembelajaran jarak jauh berbasis web online atau biasa disebut dengan system E-Learning. Sistem pembelajaran E-learning khusus untuk aparatur sipil negara ini juga didukung dalam Peraturan Lembaga Administrasi Negara Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2018 tentang pedoman penyelenggaraan pengembangan kompetensi ASN melalui E-learning (PerLAN RI, 2018). Perkembangan dunia pendidikan telah mengalami kemajuan terutama dibidang teknologi sehingga sistem pendidikan lama pada kasus tertentu sudah tidak efektif, efisien dan fleksibel karena terbentur terbatasnya ruang dan waktu mengingat jumlah ASN

 ISSN 2987-677X

terutama di Kementerian Perhubungan yang banyak dan tersebar diseluruh wilayah Nusantara.

Dari latar belakang masalah tersebut maka Pusat Pengembangan SDM Aparatur Perhubungan perlu menerapkan sistem pembelajaran E-learning dimana karakteristik keunggulan dengan sistem ini adalah pengiriman materi pembelajaran melalui media audio visual, e-mail, diskusi online jarak jauh, dapat diakses kapan dan dimana saja, materi dapat secara mudah diulang-ulang dan didokumentasikan. Sistem E-learning adalah inovasi pembelajaran yang sangat dibutuhkan saat ini serta diharapkan akan sukses saat diimplementasikan. Bahkan menurut data statistik pada situs (Potensi bisnis online melalui internet (boc.web.id) mengatakan bahwa dari total populasi penduduk Indonesia yang 265,4 juta sekitar 50% nya adalah pengguna internet aktif dan sekitar 67% nya adalah pengguna smartphone. Dari data tersebut artinya penerapan E-learning jika dikelola dengan baik dan profesional besar kemungkinan akan sukses,sehingga kebutuhan untuk memenuhi target pembekalan kompetensi ASN dan minimal 20 jam pelajaran per tahun sesuai amanat Peraturan Pemerintah nomor 11 tahun 2017 dapat tercapai.

Harapan besar agar ASN dilingkungan Kementerian Perhubungan memiliki ilmu pengetahuan dan kompetensi tinggi sehingga dapat memberikan pelayanan yang terbaik kepada masyarakat bisa terwujud. Memang di Indonesia ASN dilingkungan Kementerian Perhubungan banyak yang tersebar bahkan di daerah yang terpencil sehingga akan sangat susah jika mengakses internet namun hal ini akan dapat diatasi dengan cara menggunakan sistem Classical dan “blended Learning” serta melakukan clustering dengan mencoba mendekatkan perwakilan lembaga pendidikan dan pelatihan untuk ASN di setiap wilayah Indonesia baik Indonesia timur, tengah atau barat.

Metode

Dalam penerapan penerapan inovasi sistem pembelajaran pelatihan bagi aparatur sipil negara (asn) kementerian perhubungan berbasis e-learning ini menggunakan metode Software Development Life Cycle (SDLC) yaitu:



Gambar 1. Software Development Life Cycle (Gurung et al., 2020)

a) Requirement Analysis (Perencanaan dan Penyiapan Bahan).
Perencanaan dan penyiapan bahan adalah tahapan pertama dengan cara melakukan identifikasi permasalahan saat ini kemudian dilakukan penelitian lebih dalam dengan cara melakukan pengumpulan data dilanjutkan dengan Analisis situasi serta penyusunan rencana tindak lanjut.

b) Design (Menyusun Design dan Prototyping).
Setelah melakukan penyusunan rencana kemudian dilakukan desain aplikasi berdasarkan analisa data sehingga menghasilkan sebuah desain awal program aplikasi (Prototyping) untuk siap dilakukan penerapan dan ujicoba.

c) Implementation (Penerapan dan Ujicoba).
Aplikasi prototyping mulai diterapkan secara bertahap di lapangan kemudian dilakukan Analisa hasil implementasi. Penerapan dilakukan secara bertahap mulai dari skala kecil, menengah hingga besar untuk mendapatkan tanggapan atau respon dari user atas aplikasi yang sedang diterapkan.

d) Testing (Pengujian).
Tanggapan dari para user pada tahapan pengujian dikumpulkan kemudian dilakukan evaluasi dilanjutkan dengan menganalisa dari setiap tanggapan para user untuk menemukan “bug” atau error pada saat pengujian.

e) Evolution (Perbaikan).
Hasil dari “bug” atau error yang ditemukan pada saat pengujian kemudian dilakukan perbaikan untuk memastikan tidak ada kesalahan logika, algoritma atau system coding yang digunakan.

Tujuan

Tujuan utama penulis mengambil tema terkait dengan Inovasi pelayanan pembelajaran E-learning pada Pusat Pengembangan SDM Aparatur Perhubungan ada 3 bagian, yaitu jangka pendek, jangka menengah dan jangka panjang.

a. Jangka Pendek

Aplikasi E-Learning ini dikembangkan dalam jangka pendek memiliki tujuan antara lain :

1. Sebagai prototype sekaligus pilot project untuk pengembangan E-Learning pada Pusat Pengembangan SDM Aparatur Perhubungan yang lebih komprehensif.
2. Prototype Aplikasi E-Learning ini akan lebih fokus tentang bagaimana mendesain Aplikasi E-Learning serta Bahan Ajar Online yang lebih User Oriented (Murray, 2006).

 ISSN 2987-677X

3. Pengenalan dan sosialisasi tentang bagaimana pemanfaatan E-Learning kepada pengajar, widyaiswara dan calon peserta.
4. Bahan masukan dari seluruh stakeholder untuk pengembangan Aplikasi E-Learning kedepan lebih baik.

b. Jangka Menengah.

Aplikasi E-Learning ini dikembangkan dalam jangka menengah memiliki tujuan antara lain:

1. Pengembangan aplikasi E-Learning dengan modul lebih bervariasi ,konten bertambah banyak serta interaktif.
2. Staff pengajar dan widyaiswara mampu menyusun bahan ajar E-Learning mulai dari yang sederhana hingga kompleks.
3. Seluruh staff pengajar dan widyaiswara mulai terbiasa dan merasakan nilai lebih dari penggunaan Aplikasi E-Learning.
4. Peserta diklat aparatur terbiasa dan cepat beradaptasi dengan pembelajaran sistem E-Learning.
5. Terbentuknya susunan Tim pengelola manajemen dan administrasi E-Learning yang lebih profesional dan terstruktur (Murray, 2006).
6. Kebutuhan untuk memenuhi target pembekalan kompetensi PNS minimal 20 jam per tahun dapat tercapai.

c. Jangka Panjang.

Aplikasi E-Learning ini dikembangkan dalam jangka panjang memiliki tujuan antara lain:

1. Aplikasi E-Learning mulai diterapkan, diadopsi dan dikolaborasikan dengan pendidikan baik diluar atau didalam lingkungan Kementerian Perhubungan.
2. Target pemenuhan kebutuhan pendidikan dan pelatihan bagi aparatur di Kementerian Perhubungan sesuai amanat PP 11 tahun 2017 dapat tercapai atau bahkan melebihi.

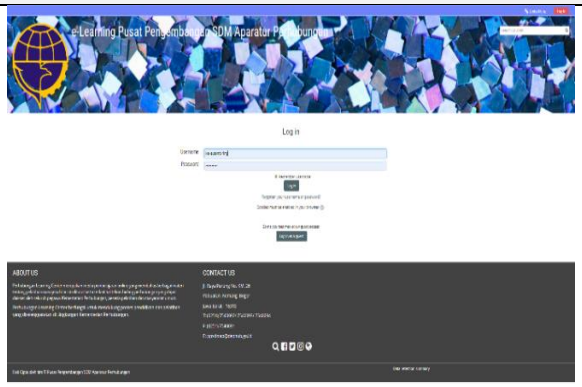
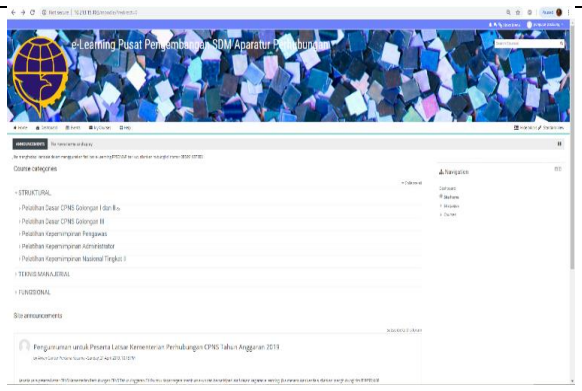
Hasil Kerja

1. Ruang Lingkup.

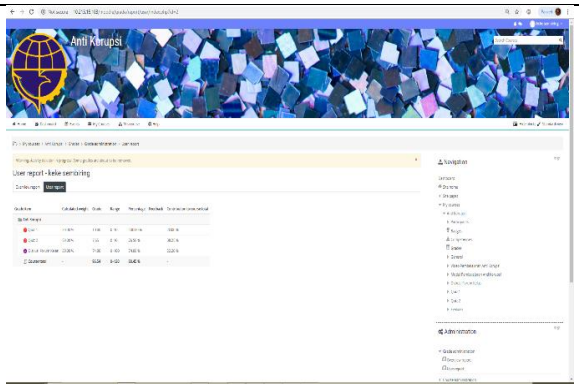
Jangkauan ruang lingkup pada proyek perubahan ini adalah berfokus pada bagaimana mendesain dan membuat Aplikasi E-Learning serta bahan ajar online yang lebih User Oriented yang pada akhirnya nanti bisa dijadikan sebagai prototype bagi Pusat Pengembangan SDM Aparatur Perhubungan untuk dikembangkan menjadi lebih komprehensif (Echeverri, n.d.).

2. Prototype Aplikasi

Tabel 1.

***Capture* Aplikasi**	**Penjelasan**
	Berikut adalah halaman depan atau login. Halaman login ini digunakan untuk akses materi bagi user atau siswa diklat sedangkan untuk tambah, edit atau hapus materi adalah *login* untuk para instruktur atau *administrator*.
	Halaman materi adalah untuk mengakses program diklat apa saja yang saat ini sedang berlangsung dan materi hanya dapat di akses oleh *user* sesuai dengan hak ases materi yang telah ditentukan oleh *administrator*.

 ISSN 2987-677X

	Sedang berikut adalah contoh halaman laporan. Halaman ini adalah berisi tentang capain atau progress yang telah dilakukan oleh para *user* dalam mengakses aplikasi E-learning dimaksud.

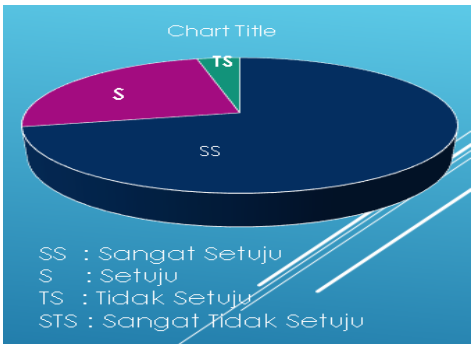
3. Survey hasil responden terhadap implementasi Aplikasi.

Aplikasi prototyping E-Learning dilakukan pengujian terhadap para peserta diklat kurang lebih sekitar 100 orang (skala kecil) dan Sebagian besar para responden sangat setuju jika aplikasi E-Learning bisa diterapkan dalam proses pembelajaran peserta diklat untuk para aparatur sipil negara terutama di lingkungan kementerian perhubungan.

DATA RESPONDEN TERKAIT IMPLEMENTASI E-LEARNING
PUSAT PENGEMBANGAN SDM APARATUR PERHUBUNGAN

NO	PERTANYAAN		SS	S	TS	STS	Total
1	Keterbatasan anggaran, sarpras, tenaga pengajar serta PNS yang tersebar diseluruh Indonesia menyebabkan kewajiban PNS untuk mendapatkan diklat kompetensi sebanyak 20 JP per tahun (PP 11 Tahun 2017) sulit terpenuhi, apakah E-learning bisa menjadi solusi?	Pertanyaan 1	26	12	0	0	38
2	Menurut anda apakah saat ini Pusbang SDM Aparatur Perhubungan sudah sangat memerlukan penerapan pembelajaran dengan sistem jarak jauh (E-Learning)?	Pertanyaan 2	24	13	1	0	38
3	Menurut saya Aplikasi E-learning yang baik adalah aplikasi yang hanya menyediakan Informasi ataupun berita yang bermanfaat secara langsung buat pengguna (user) tidak terlalu banyak berita yang berkaitan dengan capaian atau foto kegiatan dari penyelenggara	Pertanyaan 3	23	15	0	0	38
4	Menurut saya Aplikasi E-learning yang baik adalah aplikasi yang mudah diakses kapan dan dimana saja baik Mobil Phone ataupun Internet Dekstop serta akses cepat?	Pertanyaan 4	25	10	3	0	38
5	Menurut saya Aplikasi E-learning yang baik adalah tidak perlu mewah tapi cukup sederhana, ringan, hemat penggunaan memory namun fokus pada menu dan fitur yang penting saja sehingga lebih cepat diakses oleh perangkat mobile phone atau internet dekstop?	Pertanyaan 5	25	12	1	0	38
6	Menurut saya aplikasi E-learning yang baik adalah aplikasi yang juga menyediakan fitur pengguna untuk berinteraksi secara langsung dengan Administrator, Pengajar ataupun sesama pengguna baik itu lewat fitur Chatting, Sosial Media atau E-mail?	Pertanyaan 6	29	9	0	0	38
7	Menurut saya aplikasi E-learning yang baik adalah aplikasi yang juga menyediakan fitur keamanan yang tidak mudah untuk dilakukan pembobolan password serta "user name" serta data pribadi pengguna tersimpan dan terenkripsi di database dengan baik	Pertanyaan 7	27	9	2	0	38
8	Menurut saya aplikasi E-learning yang baik adalah Aplikasi yang bisa memberikan instruksi serta navigasi yang mudah dipahami bagi pengguna dan semua kalangan baik tua ataupun muda?	Pertanyaan 8	30	7	1	0	38
9	Menurut saya aplikasi E-learning yang baik adalah Aplikasi yang bisa memberikan instruksi serta navigasi yang mudah dipahami bagi pengguna dan semua kalangan baik tua ataupun muda?	Pertanyaan 9	31	6	1	0	38
10	Menurut saya aplikasi E-learning yang baik adalah Aplikasi yang juga menyediakan menu yang memfasilitasi pengguna untuk melakukan evaluasi secara berkala dan implementasi Aplikasi E-Learning?	Pertanyaan 10	28	8	2	0	38
11	Menurut saya aplikasi E-learning yang baik adalah Aplikasi yang tidak terlalu banyak penggunaan tulisan namun lebih banyak penggunaan Icon, gratis atau animasi?	Pertanyaan 11	29	5	4	0	38
12	Menurut saya membuat Bahan pembelajaran dengan sistem Clasical dan non Clasical itu berbeda?	Pertanyaan 12	24	13	1	0	38
13	Membuat bahan pembelajaran dengan sistem E-learning lebih memerlukan teknik atau strategi bebeda dengan sistem pembelajaran clasical	Pertanyaan 13	32	4	2	0	38
14	Menurut saya penting bagi peserta diklat disampaikan terlebih dulu terkait dengan tujuan pembelajaran, Tema apa saja yang akan dibahas beserta dengan ringkasannya	Pertanyaan 14	29	7	2	0	38
15	Menurut saya membuat bahan pembelajaran E-learning harus lebih banyak fokus ke gambar, audio, vidio serta animasi bukan ke tulisan	Pertanyaan 15	29	8	1	0	38
16	Menurut saya sangat penting menyediakan bahan ajar atau sistem pembelajaran E-learning yang memudahkan antara pengajar dan peserta saling berinteraksi	Pertanyaan 16	25	11	2	0	38

Tabel 2: Data Responden Implementasi E-Learning di PPSDMAP Bogor



Grafik 1. Data hasil survey responden

Kesimpulan dan Saran

Pada saat ini teknologi informasi memegang peranan penting bahkan pada masa pandemic covid mulai awal tahun 2020 sampai sekarang teknologi informasi bisa dijadikan sebagai media untuk mendeliver sebuah nilai tanpa kita harus melakukan kontak langsung secara offline. Dari hasil penelitian terkait penerapan Inovasi sistem pembelajaran penulis menyampaikan beberapa kesimpulan dan saran antara lain:

1. Sebagian besar seluruh responden menanggapi positif atas rencana penerapan sistem pembelajaran untuk ASN di lingkungan Kementerian Perhubungan menggunakan Aplikasi E-Learning.
2. Penerapan teknologi pembelajaran E-Learning dirasakan lebih murah dan cepat menjangkau ASN di Kementerian Perhubungan di seluruh Indonesia sehingga kebutuhan untuk peningkatan ilmu dan kompetensi dapat tersampaikan.
3. Diperlukan evaluasi dan pengembangan agar aplikasi selalu mengikuti perkembangan kebutuhan para user sehingga aplikasi lebih ramah pengguna dan mudah dioperasikan.
4. Diperlukan sebuah tim atau unit khusus yang menangani Aplikasi E-Learning mulai dari perencanaan, pengembang, perawat baik software atau hardware serta tim khusus content yang siap untuk membuat aplikasi E-learning memenuhi kebutuhan para penggunanya.

Ucapan Terima kasih

Puji syukur, Alhamdulillah penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala Rahmat dan hidayahnya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan. Penulis menyadari bahwa banyak para pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini sebagai dasar untuk pengesahan untuk mendapatkan gelar profesi insinyur dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Keluarga, isteri dan anak tercinta yang selalu mendukung baik secara jasmani dan rohani.
2. Direktur dan civitas akademika Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun.
3. Rekan kerja di Bagian Administrasi Akademik dan Ketarunaan Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun.

 ISSN 2987-677X

4. Seluruh pimpinan, rekan kerja dan staff yang tidak bisa sebutkan satu persatu.

Referensi

Echeverri, P. (n.d.). Organizational Development and Cultural Change : Managing Customer Oriented Services According to service research , the nature of service operations thus makes many.

Gurung, G., Shah, R., & Jaiswal, D. P. (2020). Software Development Life Cycle Models-A Comparative Study. International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology, March, 30–37. https://doi.org/10.32628/cseit206410

Laporan_Statistik_Kemenhub. (2016). Statistik Perhubungan 2016. Kementerian Perhubungan.

Murray, M. (2006). The Basics of Effective e-Learning Project Management. The ELearning Guild 2006 Annual Gathering & ELearning Producer Conference, 5. https://www.elearningguild.com/pdf/19/gac06_-_111_-_murray.pdf

PerLAN RI. (2018). Peraturan Lembaga Administrasi Negara Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2018 Tentang Pedoman Penyelenggaraan Pengembangan Kompetensi Pegawai Negeri Sipil Melalui E-Learning. Republik Indonesia, 1111.

PP_RI_11. (2017). Peraturan Pemerintah No 11 Tahun 2017 Tentang Manajemen Pegawai Negeri Sipil. Republik Indonesia.

UU_RI_5. (2014). UU 5 tahun 2014 tentang Aparatur Sipil Negara. Republik Indonesia.

ISSN 2987-677X

Perencanaan IPAL Terintegrasi dan Jaringan Perpipaan Air Limbah Kawasan Industri Batang

Erdi Fardian
Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ erdiits@gmail.com

KIT Batang direncanakan akan dibangun IPAL Terintegrasi untuk mengolah air limbah domestik dan hasil dari proses produksi industri serta jaringan air limbah untuk cakupan area 450 Ha. Air limbah dalam proses ini akan mengalami dua kali pengolahan, yaitu Air olahan dari MBBR-Aerob ini kemudian dialirkan ke unit selanjutnya yaitu pada Unit BOD Removal dan Unit NH_3 Removal. Air olahan dari MBBR kemudian akan dialirkan ke unit selanjutnya yaitu Unit Secondary Clarifier. Air olahan akan dialirkan ke Unit Chlorination dan kemudian menuju Unit Kolam Pantau dan selanjutnya mengalir menuju Lagoon sebagai tempat penampungan terakhir dan selanjutnya dialirkan ke sungai dengan kualitas effluent sesuai dengan ketentuan yang berlaku yaitu Perda Jawa Tengah No.5/2012 tentang Baku Mutu Air Limbah. Slurry dari *Unit Secondary Clarifier* akan mengalir menuju Unit *Sludge Transfer* Basin dan dipompakan menuju Unit *Sludge Holding Tank*. Dari Unit *Sludge Holding Tank*, slurry dipompakan menuju Unit Screw Press, yang sebelumnya dilakukan thickening terlebih dahulu. *Cake sludge* dari Unit *Screw Press* dipindahkan dengan *conveyor* menuju Unit *Dry Storage*. Pada kondisi emergency, slurry dari Unit *Sludge Transfer* Basin dipompakan menuju Unit *Sludge Drying Bed* (SDB).

Kata kunci: IPAL, BOD, COD, , Aerobik, Anaerobik, MBBR, Se

Pendahuluan

Kawasan Industri Terpadu Batang akan dibangun di Kecamatan Gringsing, Kabupaten Batang, Jawa Tengah, dengan luas wilayah total sebesar 4.300 Ha. KIT Batang akan dibagi menjadi 3 klaster pembangunan, yaitu Klaster 1 seluas 3.100 Ha; Klaster 2 seluas 800 Ha; dan Klaster 3 seluas 400 Ha. Kemudian khusus untuk klaster 1 akan dibagi lagi menjadi 2 tahap pengembangan, dimana tahap pertama luas wilayahnya sebesar 450 Ha dan tahap kedua sebesar 2.650 Ha (*Pembangunan Kawasan Industri Terpadu Batang*, n.d.). Sesuai dengan Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia No. 40 Tahun 2016, dimana setiap kawasan industri harus memiliki sistem pengelolaan air limbah, di KIT Batang direncanakan akan dibangun IPAL Terintegrasi untuk mengolah air limbah domestik dan hasil dari proses produksi industri serta jaringan air limbah untuk cakupan area 450 Ha (Tahap 1 Klaster 1).

a. Maksud

Untuk memberikan garis besar umum dan sebagai dasar untuk pengembangan spesifikasi desain fungsional untuk IPAL Terintegrasi, Jaringan Perpipaan dan Bangunan Sarana Prasarana Pendukung.

b. Tujuan

Sebagai suatu sistem kesatuan antara Jaringan perpipaan Air Limbah, IPAL Terintegrasi dan Bangunan Sarana Prasarana Pendukung.

Metode

Dalam melakukan metode pembangunan ini dilakukan dengan cara melakukan Pengolahan Awal (pretreatment) terlebih dahulu sebelum dilanjutkan kedalam IPAL KITB terpusat. Berdasarkan perancangan awal ditentukan parameter inlet air limbah industri yang akan diolah adalah sebagai berikut :

a. Inlet

Berdasarkan perancangan awal ditentukan parameter inlet air limbah industri yang akan diolah adalah sebagai berikut :

Debit maksimum 18.000 m3/hari

BOD 1.000 mg/L	TSS 400 mg/L
COD 1.200 mg/L	NH3 40 mg/L
pH 5,5-8	Temperatur 38 C

IPAL KIT Batang memiliki desain kapasitas pengolahan air limbah sebesar 18.000 m3/hari dengan minimum pengolahan satu modul dengan debit inlet 4.500 m3/hari. Kualitas IPAL KIT Batang berdasarkan Perda Jawa Tengah No 5 Tahun 2012 seperti di bawah ini :

b. Effluent

Kualitas IPAL KIT Batang berdasarkan Perda Jawa Tengah No 5 Tahun 2012 seperti di bawah ini :

BOD 50 mg/L	TSS 150 mg/L
COD 100 mg/L	NH3 20 mg/L
pH 6-9	Temperatur 38 C

Rangkaian Unit Pengolahan IPAL telah dikembangkan untuk memastikan kemudahan pengoperasian dan perawatan. Selain itu juga direncanakan untuk

 ISSN 2987-677X

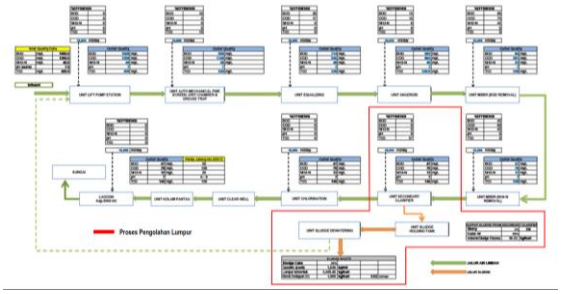
mengurangi risiko yang mungkin timbul selama commissioning berlangsung. Ketentuan desain juga meliputi aliran bypass untuk mengatur aliran saat IPAL beroperasi pada beban yang rendah maupun tinggi.

c. Perhitungan *Mass Balance*

Perhitungan *mass balance* untuk limbah melibatkan pencatatan dan analisis jumlah massa yang masuk dan keluar dari sistem pengolahan limbah (*Balancing* & *Reconciliation*, 2009). Hal ini membantu untuk memahami sejauh mana limbah telah diolah dan apakah proses pengolahan limbah berjalan dengan efisien. Perhitungan *mass balance* limbah umumnya melibatkan beberapa langkah sebagai berikut:

- Identifikasi komponen limbah: Identifikasi jenis limbah dan komponen-komponen utamanya, seperti padatan terlarut, padatan tersuspensi, bahan organik, atau zat-zat kimia tertentu yang perlu dipantau.
- Pencatatan aliran masuk: Catat jumlah limbah yang masuk ke sistem pengolahan, baik itu dalam satuan volume (misalnya liter) atau massa (misalnya kilogram).
- Analisis limbah: Lakukan analisis komposisi limbah untuk mengetahui konsentrasi komponen-komponen utamanya. Hasil analisis ini dapat digunakan untuk menghitung jumlah massa setiap komponen dalam limbah.
- Pencatatan aliran keluar: Catat jumlah limbah yang keluar dari sistem pengolahan, baik itu dalam satuan volume atau massa. Pencatatan ini meliputi limbah yang telah diolah dan juga limbah yang tidak terolah.
- Perhitungan mass balance: Hitung total massa setiap komponen limbah yang masuk dan keluar dari sistem. Dengan membandingkan jumlah massa masuk dengan jumlah massa keluar, Anda dapat mengevaluasi sejauh mana proses pengolahan limbah efektif (Spal et al., 2014).

Perhitungan *mass balance* limbah merupakan alat yang berguna untuk mengidentifikasi masalah potensial dalam sistem pengolahan limbah dan mencari solusi yang tepat. Dengan memantau dan menganalisis aliran massa, Anda dapat meningkatkan efisiensi pengolahan limbah dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (*33484120-Waste-Water-Treatment-Plant-Design-WPCF-and-ASCE.Pdf*, n.d.)



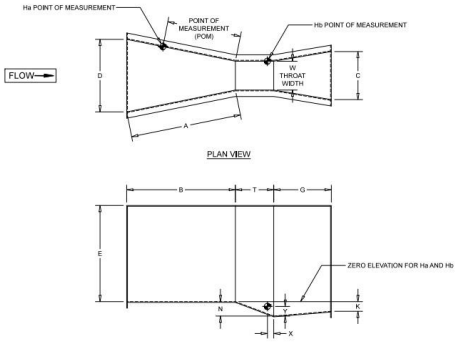
Gambar 1 Mass Balance

d. Sistem Pengolahan

Dalam melakukan pengolahan limbah terpusat dengan Teknologi MBBR (*Moving Bed Biofilm Reactor*), salah satu keuntungan penting dari reaktor biofilm lapisan bergerak adalah bahwa fraksi pengisi biofilm pembawa dalam reaktor mungkin tunduk pada preferensi (Rusten et al., 2006). dilakukan dengan beberapa tahapan-tahapan :

- Unit Bangunan *Pretreatment*

Jaringan perpipaan air limbah akan mengalirkan air limbah industri yang sudah tercampur dengan air limbah domestik menuju *Automatic Bar Screen* untuk dilakukan proses penyaringan partikel-partikel berukuran besar, lalu kemudian menuju Parshall Flume untuk diukur debitnya dan kemudian menuju Unit Lift Pump Station secara gravitasi. Dari Unit *Lift Pump Station* dipompa ke Unit *Mechanical Fine Screen* ,*Grit Chamber* & *Grease Trap* untuk disaring kembali partikel pasir dan lemak. Selanjutnya air limbah dialirkan secara gravitasi ke Unit *Equalizing*. Unit tersebut berfungsi menyetarakan aliran dan menyetarakan kualitas yang dilengkapi *Surface* Aerator untuk mencegah pengendapan, kemudian dipompakan menuju Unit Anaerob yang juga dilengkapi dengan perangkat pengaduk yaitu *Hyperboloid Mixer*.



Gambar 2 Dimensi Parshall Flume

- Unit Bangunan Pengolahan Biologis

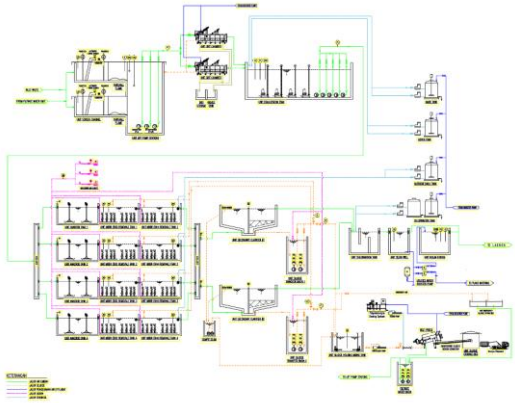
Dari Unit Anaerob , air limbah akan mengalir secara gravitasi ke pengolahan tahap biologis dengan kombinasi proses nitrifikasi menggunakan sistem *Hi-Rate Moving Bed Bio Reactor*-Aerob. Air limbah dalam proses ini akan mengalami dua kali pengolahan, yaitu pada Unit BOD Removal dan Unit NH3 *Removal*. Air olahan dari MBBR kemudian dialirkan ke unit selanjutnya yaitu Unit *Secondary Clarifier*. Air olahan akan dialirkan ke Unit Chlorination dan kemudian menuju Unit Kolam Pantau dan selanjutnya mengalir menuju Lagoon sebagai tempat penampungan terakhir dan selanjutnya dialirkan ke sungai dengan kualitas effluent sesuai dengan ketentuan yang berlaku yaitu Perda Jawa Tengah No.5/2012 tentang Baku Mutu Air Limbah.

- Unit Bangunan Pengolahan Lumpur

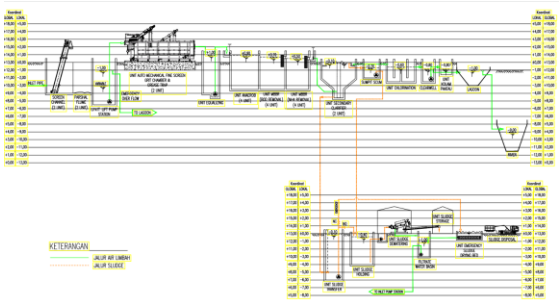
Slurry dari Unit Secondary Clarifier akan mengalir menuju Unit Sludge Transfer Basin dan dipompakan menuju Unit *Sludge Holding Tank*. Dari Unit *Sludge Holding Tank*, *slurry* dipompakan menuju Unit *Screw Press*, yang

 ISSN 2987-677X

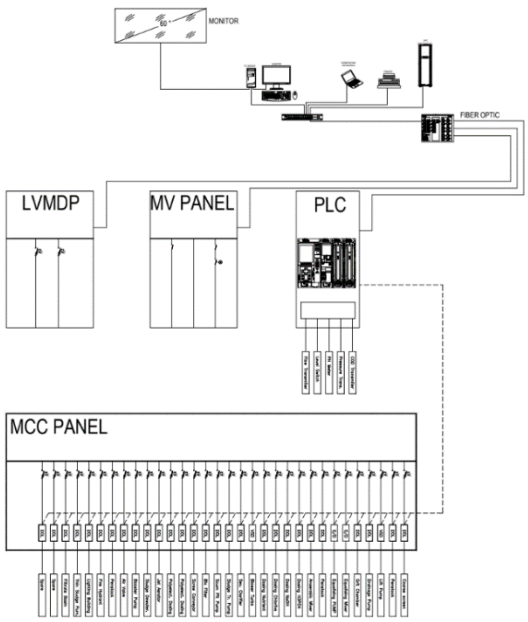
sebelumnya dilakukan thickening terlebih dahulu. *Cake sludge* dari Unit *Screw Press* dipindahkan dengan *conveyor* menuju Unit *Dry Storage*. Pada kondisi *emergency*, *slurry* dari Unit *Sludge Transfer* Basin dipompakan menuju Unit Sludge Drying Bed (SDB).



Gambar 3 Proses Flow Diagram



Gambar 4 Profil Hidrolis



Gambar 5 Scada Block diagram



Gambar 6 Media MBBR

Hasil

Teknologi MBR merupakan suatu sistem pengolahan air limbah yang mengaplikasikan penggunaan membran yang terendam di dalam bioreaktor. Proses yang terjadi di dalam *bioreactor* mirip dengan lumpur aktif konvensional (Adiana et al., 2018).

Beberapa pengolahan limbah di unit treatment terdiri dari :

Tabel 1 Pengolahan IPAL

1. Unit Pre Treatment IPAL	
Automatic Bar Screen	Alat ini berfungsi menyaring sampah atau kotoran yang terbawa dalam air limbah agar sampah tersebut tidak mengganggu peralatan yang digunakan pada proses selanjutnya terutama *Lift Pump* (Name et al., 2014)
Parshall Flume	Alat ini berfungsi mengukur debit maksimum air limbah yang masuk menggunakan alat ukur debit *ultrasonic* (Percobaan & Teori, 1920)
Lift Pump Station	Bangunan tersebut berisi *Lift Pump* dan *Drainage Pump. Lift Pump* berfungsi untuk memompa air limbah dari *lift pump station* menuju bangunan pengolahan selanjutnya. Sedangkan *Drainage Pump* memiliki fungsi untuk pengurasan Unit *Lift Pump* dan digunakan pada saat kondisi debit air limbah yang sangat minim (*Facilities*, 2008)

 ISSN 2987-677X

Unit Mechanical Fine Screen, Grit Chamber & Auto Grease Trap	Ketiga alat tersebut akan menjadi satu kesatuan alat. Mechanical Fine Screen merupakan tanki stainless steel dengan segala peralatan yang diperlukan untuk melakukan penyaringan sampah halus yang masih lolos dari Automatic Bar Screen. Grit Chamber atau yang biasa disebut sebagai perangkap pasir (sand trap) merupakan unit pengolahan yang didesain untuk menyaring/ memfilter *solid material* dari air limbah. *Grease Trap* berfungsi untuk menangkap / memisahkan minyak dan lemak yang terdapat dalam air limbah (*Facilities*, 2008)
Unit Equalizing	Unit *Equalizing* merupakan pengolahan yang berfungsi untuk mendistribusikan aliran air limbah secara merata, termasuk debit dan kualitas, serta diharapkan mampu mengatasi fluktuasi aliran sehingga debit dan kualitas air limbah tetap konstan (Hamid et al., 2014)
Unit Anaerobic	Proses *Anaerobic* merupakan proses penguraian bahan organik kompleks oleh aktivitas bakteri *anaerobic* tanpa adanya oksigen (Limbah et al., 1996)
2. Unit Pengolahan Biologis IPAL	
Sistem Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)	Merupakan suatu teknologi pengolahan air limbah dengan menggunakan *media bio carrier* yang tersuspensi dan bergerak dalam air limbah dengan sistem aerasi untuk menurunkan kadar BOD, COD dan ammonia (Bjornberg, n.d.)
Peralatan Aerasi	Proses pendistribusian udara dari Blower dan disalurkan melalui diffuser.
Unit Secondary Clarifier	Unit Secondary Clarifier berfungsi untuk memisahkan padatan yang tercampur dalam air. Pengurangan TSS menjadi bagian paling utama dalam unit tersebut. *Filtrate* hasil pemisahan akan menuju Unit Pengolahan Lanjutan IPAL.
3. Unit Pengolahan Lumpur	
Unit Secondary Clarifier	Unit *Secondary Clarifier* berfungsi untuk memisahkan padatan yang tercampur dalam air. Material endapan (lumpur) akan diproses pada unit selanjutnya (Hasan, 2011)
Unit Sludge Holding Basin	Unit *Sludge Holding* Basin berfungsi untuk menampung lumpur dari Unit Secondary Clarifier dan dilengkapi dengan Submersible Aerator untuk mencegah bau yang disebabkan kondisi septik (*Treatment*, 2014)
Unit Dewatering (Thin Sludge Pump, Polymer Preparation, Screw Press, Screw Conveyor)	Unit Dewatering berfungsi untuk mengurangi kadar air dalam lumpur sehingga outputnya menjadi 18-20% DS (Canziani, n.d.)
Sludge Storage	*Sludge Storage* berfungsi sebagai tempat penampungan lumpur yang telah dikurangi kadar airnya di Unit Dewatering (Plants & Ujang, 2005)
Emergency Sludge Drying Bed	Jalur *emergency* apabila terjadi kerusakan pada Unit Dewatering atau sedang dalam tahap perawatan terhadap unit tersebut, *Emergency Sludge Drying Bed* dapat berfungsi untuk

 ISSN 2987-677X

	menampung lumpur yang dipompakan dari *Sludge Transfer* Basin sesuai kapasitasnya (*Resources*, 2005)
Filtrate Water Basin	Berfungsi sebagai tempat tampungan air hasil *overflow* dari Unit *Sludge Holding Tank*, air hasil perasan Unit *Screw Press*, air hasil tirisan dari bangunan *Sludge Storage* dan *Emergency Sludge Drying Bed* (Mill, n.d.)
.4. Unit Pengolahan Lanjutan IPAL	
Unit Chlorination	Berfungsi menambahkan klorin sebagai desinfektan membunuh parasit,bakteri, dan virus yang masih terkandung dalam air (*Training*, n.d.)
Deodorizing System	Berfungsi menghilangkan bau tidak sedap pada proses pengolahan air limbah (*No Title*, 2009)
Unit Clear Well	Berfungsi sebagai tempat penampungan air untuk supply sistem *Booster Pump* kepada unit-unit sistem yang membutuhkan (*No Title*, 2005)
Unit Kolam Pantau	Berfungsi sebagai kolam pengukuran hasil *effluent* dari sistem pengolahan (Design, n.d.)
Lagoon	Berfungsi sebagai tempat penampungan hasil pengolahan sebelum dialirkan menuju sungai (Rich, n.d.)

Dari perhitungan dan pengamatan didapatkan bahwa :

- Pada Unit *Pretreatment* didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 2 Efisiensi Removal Unit Mechanical Fine Screen, Grit Chamber & Auto Grease

	Influen			Effluent	
Parameter	Konsentrasi	Beban	Removal	Konsentrasi	Beban
	mg/l	kg/hari	%	mg/l	kg/hari
BOD	1.000	18.000	10	900	16.200
COD	1.200	21.600	5	1.140	20.520
NH3-N	40	720	-	40	720
TSS	400	7.200	15	340	6.120
pH	7	-	-	7	-

Tabel 3 Efisiensi Removal Unit Equalizing

	Influen			Effluent	
Parameter	Konsentrasi	Beban	Removal	Konsentrasi	Beban
	mg/l	kg/hari	%	mg/l	kg/hari
BOD	900	16.200	20	714	12.852
COD	1.140	20.520	17	946	17.032
NH3-N	40	720	-	40	720
TSS	340	6.120	-	340	6.120
pH	7	-	-	7	-

Tabel 4 Efisiensi Removal Unit Anaerobic

	Influen			Effluent	
Parameter	Konsentrasi	Beban	Removal	Konsentrasi	Beban
	mg/l	kg/hari	%	mg/l	kg/hari
BOD	714	12.852	15	602	10.834
COD	946	17.032	15	804	14.477
NH3-N	40	720	-	40	720
TSS	340	6.120	-	340	6.120
pH	7	-	-	7	-

- Pada Pengolahan Biologis didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 5 Efisiensi Unit BOD Removal

	Influen			Effluent	
Parameter	Konsentrasi	Beban	Removal	Konsentrasi	Beban
	mg/l	kg/hari	%	mg/l	kg/hari
BOD	602	10.834	86	84	1.517
COD	804	14.477	75	201	3.619
NH3-N	40	720	45	22	387
TSS	340	6.120	-	340	6.120
pH	7	-	-	7	-

Tabel 6. Efisiensi Unit NH3 Removal

	Influen			Effluent	
Parameter	Konsentrasi	Beban	Removal	Konsentrasi	Beban
	mg/l	kg/hari	%	mg/l	kg/hari
BOD	84	1.517	45	47	843
COD	201	3.619	60	78	1.397
NH3-N	22	387	40	12	214
TSS	340	6.120	-	340	6.120
pH	7	-	-	7	-



Gambar 7 IPAL Batang

Kesimpulan

Jaringan perpipaan air limbah akan mengalirkan air limbah industri yang sudah tercampur dengan air limbah domestik menuju Automatic Bar Screen untuk dilakukan proses penyaringan partikel-partikel berukuran besar, lalu kemudian menuju Parshall Flume untuk diukur debitnya dan kemudian menuju Unit Lift Pump Station secara gravitasi. Dari Unit Lift Pump Station dipompa ke Unit Complete Grease & Grit Trap untuk disaring kembali partikel pasir dan lemak. Selanjutnya air limbah dialirkan

 ISSN 2987-677X

secara gravitasi ke Unit Equalizing. Unit tersebut berfungsi menyetarakan aliran dan menyetarakan kualitas yang dilengkapi Surface Aerator untuk mencegah pengendapan dan kemudian dipompakan menuju Unit Anaerob yang juga dilengkapi dengan perangkat pengaduk yaitu Hyperboloid Mixer. Dari Unit Anaerob , air limbah akan mengalir secara gravitasi ke pengolahan tahap biologis dengan kombinasi proses nitrifikasi menggunakan sistem Hi-Rate Moving Bed Bio Reactor-Aerob.

Air limbah dalam proses ini akan mengalami dua kali pengolahan, yaitu Air olahan dari MBBR-Aerob ini kemudian dialirkan ke unit selanjutnya yaitu pada Unit BOD Removal dan Unit NH3 Removal. Air olahan dari MBBR kemudian akan dialirkan ke unit selanjutnya yaitu Unit Secondary Clarifier. Air olahan akan dialirkan ke Unit Chlorination dan kemudian menuju Unit Kolam Pantau dan selanjutnya mengalir menuju Lagoon sebagai tempat penampungan terakhir dan selanjutnya dialirkan ke sungai dengan kualitas effluent sesuai dengan ketentuan yang berlaku yaitu Perda Jawa Tengah No.5/2012 tentang Baku Mutu Air Limbah. Slurry dari Unit Secondary Clarifier akan mengalir menuju Unit Sludge Transfer Basin dan dipompakan menuju Unit Sludge Holding Tank. Dari Unit Sludge Holding Tank, slurry dipompakan menuju Unit Screw Press, yang sebelumnya dilakukan thickening terlebih dahulu. Cake sludge dari Unit Screw Press dipindahkan dengan conveyor menuju Unit Dry Storage. Pada kondisi emergency, slurry dari Unit Sludge Transfer Basin dipompakan menuju Unit Sludge Drying Bed (SDB).

Ucapan Terima Kasih

Dalam kesempatan ini, perkenankan penulis mengucapkan banyak terima kasih yang tak terhingga dari lubuk hati yang paling dalam, kepada :

1. Ibu Dra. Ir. Adriana Anteng Anggorowati, M.Si., IPU selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dengan penuh keikhlasan dan kesabaran dalam memberikan bimbingan dan dukungan dalam penyusunan Prosiding ini
2. Ibu Ir. Lusia Permata Sari Hartanti, S.T., M.Eng., IPM, selaku PIC Program PII Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya Indonesia yang telah meluangkan waktu dengan penuh keikhlasan dan kesabaran dalam memberikan bimbingan dan dukungan dalam penyusunan Prosiding ini
3. Ibu Dr. Ir. Suratno Lourentius, MS., IPM, selaku pengarah dan penguji wawancara pertama program PPI Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya Indonesia yang telah meluangkan waktu dengan penuh keikhlasan dan kesabaran dalam memberikan bimbingan dan dukungan dalam penyusunan Prosiding ini
4. Istri (Oci Novrita Sari, SE) dan anak-anak tercinta (Syane Arsifa dan Adendra Rafisqy) yang selalu memberikan dukungan penuh dalam menyelesaikan prosiding ini
5. Keluarga Besar Aminuddin Notodipura dan keluarga besar Nanang yang selalu memberikan doa, kasih sayang dan dukungan dalam penyusunan prosiding ini.

Referensi

33484120-Waste-Water-Treatment-Plant-Design-WPCF-and-ASCE.pdf. (n.d.).

Adiana, R., Hidayat, R., Yusuf, I. A., & Taufiq, A. (2018). *UPAYA OPTIMASI KINERJA MELALUI BASIC DESIGN REVITALISASI PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) CISIRUNG , BANDUNG SELATAN THE EFFORT OF PERFORMANCE OPTIMIZATION WITH BASIC DESIGN OF REVITALIZATION FOR TREATMENT INSTALATION OF WASTE WATER CISIRUNG , SOUTH BANDUNG*. 47–60.

Balancing, M., & Reconciliation, D. (2009). *Mass Balancing and Data Reconciliation*.

Bjornberg, C. (n.d.). *Moving Bed Biofilm Reactor MBBR for Nitrification / Denitrification By*.

Canziani, R. (n.d.). *Mechanical dewatering of sewage sludge*.

Design, D. E. (n.d.). *Standar operasional dan pemeliharaan ipal 1.* 1–12.

Facilities, S. (2008). *WATER AGENCIES ' STANDARDS Design Guidelines for Water and Sewer Facilities*.

Hamid, A., Lingkungan, J. T., Teknik, F., Teknologi, I., Nopember, S., Arief, J., & Hakim, R. (2014). *Perbandingan Desain Ipal Proses Attached Growth Anaerobic Filter dengan Suspended Growth Anaerobic Baffled Reactor untuk Pusat Pertokoan di Kota Surabaya*. *3*(2), 2–5.

Hasan, A. F. (2011). *3- Secondary Clarifier Secondary Clarifier Secondary Clarifier Selection of Tank Shape*. 1–15.

Limbah, P., Metode, M., & Aktif, L. (1996). *Lumpur aktif Presentation Transcript*. 1–14.

Mill, T. (n.d.). *Visy Pulp & Paper Tumut Mill*. 1–74.

Name, C., Name, C., & Code, S. Z. (2014). *(S A N M A T E O , C A)* (Vol. 9678).

No Title. (2005).

No Title. (2009).

Pembangunan Kawasan Industri Terpadu Batang. (n.d.).

Percobaan, A. T., & Teori, C. (1920). *Percobaan 8 : Parshall Flume (Pengukuran Debit dengan Parshall Flume)*. *1*, 1–12.

Plants, C., & Ujang, P. Z. (2005). *Activated Sludge System*

 ISSN 2987-677X

Terminology. *September*, 1–50.

Resources, N. (2005). *Technology : Sludge Drying Bed*.

Rich, L. G. (n.d.). *Aerated lagoon technology*.

Rusten, B., Eikebrokk, B., Ulgenes, Y., & Lygren, E. (2006). *Design and operations of the Kaldnes moving bed biofilm reactors*. *34*(5), 322–331. https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.04.002

Spal, P., Prandon, K., Karangasri, P., & Karangtengah, K. (2014). *Perencanaan SPAL dan IPAL Komunal di Kabupaten Ngawi (Studi Kasus Perumahan Karangtengah Prandon, Perumahan Karangasri dan Kelurahan Karangtengah)*. *3*(2).

Training, S. (n.d.). *Study Training Program*.

Treatment, S. (2014). *Environmental Engineering ::: Sludge Treatment Environmental Engineering ::: Sludge Treatment Page 2 of 9*. 1–9.

 ISSN 2987-677X

Penerapan TPM untuk Efektifitas Mesin dengan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) Sebagai Alat Ukur di PT XYZ

Vincendy Constantinus J K

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ johanpanda35@gmail.com

Persaingan dalam industri makanan tidak hanya berasal dari dalam negri saja, namun juga dengan industri asing. Kebutuhan dan keinginan konsumen terhadap makanan praktis ini membuat permintaan akan produk tersebut meningkat dan hal tersebut membuka peluang bagi industri makanan untuk dapat memperluas dan meningkatkan penjualan. Agar kinerja mesin produksi tetap dalam keadaan yang optimal, perlu dilakukan pemeliharaan yang optimal, seperti pemeliharaan pencegahan dan korektif yang terkontrol, memadukan pemeliharaan mesin dengan bagian terkait dalam lini produksi dan berkaitan dengan peningkatan hasil produksi. Diperlukan langkah-langkah untuk mendukung peningkatan kinerja mesin dengan penerapan Total Productive Maintenance (TPM). Tujuan dari Total Productive Maintenance adalah untuk mengurangi bahkan menghilangkan losses dari Operation Equipment yang bertujuan untuk memastikan bahwa Overall Equipment Efficiency (OEE) maksimal. Hasil perhitungan rata-rata OEE dalam penelitian ini adalah 55.86% yang di hadapi PT XYZ dalam penerapan efektifitas mesin adalah pemeliharaan mesin agar terjadwal dan tidak membuat jadwal produksi menjadi terhambat karena kerusakan mesin.

Kata kunci:

Pendahuluan

Pasar bebas telah dimulai pada tahun 2003 di kawasan Asia Tenggara, dan Indonesia merupakan salah satu negara dalam kawasan tersebut. Ikut serta Indonesia dalam pasar bebas ini menyebabkan Industri manufaktur mau tidak mau mengikuti keinginan pasar untuk dapat bersaing. Selain industri manufaktur, salah satu industri yang tumbuh dan berkembang di Indonesia adalah industri makanan khususnya biskuit. Persaingan dalam industri makanan tidak hanya berasal dari dalam negri saja, namun juga dengan industri asing. Banyak produk biskuit impor, baik dari China,Thailand, Malaysia dan negara-negara lainnya.

Biskuit merupakan salah satu makanan yang banyak digemari oleh kalangan masyarakat. Biskuit memiliki berbagai macam bentuk, rasa, jenis, dan praktis, yang membuat konsumen memilih biskuit. Selain itu biskuit dapat dikonsumsi oleh berbagai segmen usia, mulai dari anak-anak, remaja, pemuda,

hingga orang tua sehingga menjadi daya tarik untuk dikonsumsi.

Kebutuhan dan keinginan konsumen terhadap makanan praktis ini membuat permintaan akan produk tersebut meningkat, dan hal tersebut membuka peluang bagi industri makanan untuk dapat memperluas dan meningkatkan penjualan. Untuk dapat bersaing dengan perusahaan makanan lainnya PT XYZ ingin meningkatkan kinerja dalam lini produksi. Peningkatan lini produksi berkaitan dengan peningkatan perawatan mesin dan kontrol kualitas untuk mengimbangi perubahan pasar yang sangat cepat dan banyaknya permintaan. Oleh karena itu meningkatkan peranan maintenance/perawatan mesin dan peralatan yang komplek serta adaptasi teknologi mengakibatkan biaya produksi yang lebih.

Perusahaan harus dapat beroperasi secara efektif dan efesien untuk menekan biaya produksi yang dikeluarkan. Perlu adanya perhatian mengenai produk cacat, biaya pemeliharaan yang besar, pengeluaran yang berlebihan,dan sebagaianya.Hal yang dapat dilakukan oleh perusahaan adalah penerapan pemeliharaan mesin dengan baik yang memungkinkan perusahaan mengurangi pemborosan- pemborosan karena adanya produk cacat, kelambatan dan kemacetan mesin serta gangguan peralatan produksi lainnya. Agar kinerja mesin produksi tetap dalam keadaan yang optimal, perlu dilakukan pemeliharaan yang optimal, seperti pemeliharaan pencegahan dan korektif yang terkontrol, memadukan pemeliharaan mesin dengan bagian terkait dalam lini produksi dan berkaitan dengan peningkatan hasil produksi. Diperlukan langkah- langkah untuk mendukung

 ISSN 2987-677X

peningkatan kinerja mesin dengan penerapan Total Productive Maintenance (TPM) yang sejalan dengan meningkatkan Overall Effectiveness Equipment (OEE).

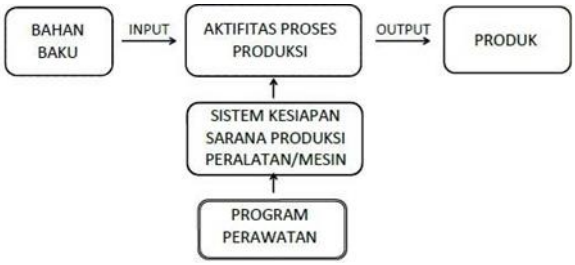
Landasan Teori

2.1 Sistem Pemeliharaan Mesin

Sistem pemeliharaan mesin adalah kegiatan yang dilakukan secara berulang dengan tujuan untuk menjaga kondisi fasilitas produksi sehingga dapat digunakan sesuai dengan fungsi dan kinerjanya secara efektif. (Mahfud, 2017) Pemeliharaan juga dapat didefinisikan sebagai kombinasi dari berbagai aktivitas dengan tujuan menjaga maupun memperbaiki sampai kondisi tersebut dapat diterima. Di Indonesia, telah ada modifikasi istilah pemeliharaan yaitu teroteknologi, modifikasi ini dilakukan oleh Kementrian Teknologi pada bulan April 1970. Teroteknologi sendiri memiliki arti kombinasi dari manajemen, keuangan, perekayasaan, dan juga aktivitas lain yang dapat diterapkan pada aset fisik, hal ini dilakukan untuk mendapatkan biaya yang ekonomis.

Perusahaan membutuhkan suatu system memiliki kemampuan untuk mendukung suatu tujuan bersama untuk memperoleh laba. Pemeliharaan hal terpenting dan memiliki cost yang sama besar dengan biaya operasi. Konsep pemeliharaan dan operasi tidak berdiri sendiri melainkan lebih dikenal dengan isntilah O&M(Operation and maintenance). Pemeliharaan hanya merupakan pendukung dari operasi, apabila pemeliharaan tidak baik maka pengoperasian akan gagal.

Grafik sederhana management pemeliharaan :



Gambar 1. Grafik management pemeliharaan

2.1.1 Fungsi Management Pemeliharaan

1. Penyimpanan bahan baku :
   Fungsi management pemeliharaan yang bermanfaat untuk memilih barang yang akan disimpan
2. Mengoptimalkan perawatan peralatan kerja
   Dengan perawatan yang baik berupa pelumasan, pembersihan alat kerja agar peralatan menjadi tahan lama
3. Mengoptimalkan energi yang digunakan :
   Penghematan energi diperlukan untuk memisahkan peralatan mana saja yang tidak terlalu dibutuhkan pada proses industri.
4. Meminimalkan biaya
   Salah satu perencanaan untuk melihat biaya produksi. Dengan mengetahui biaya produksi yang di keluarkan maka perusahaan dapat menghemat pengeluaran dan dapat mengalokasikan ke biaya perawatan dari mesin atau peralatan kerja.
5. Memaksimalkan sumber daya yang ada
   Suatu perencanaan untuk dapat mengoptimalkan secara maksimal sumber daya yang ada. Contoh sumber daya alam seperti air yang biasa dari PDAM menjadi galian tanah untuk mendapatkan sumber air, sumber daya manusia yang biasa memakai 10(sepuluh) tenaga kerja di maksimalkan menjadi 5(lima) tenaga kerja agar dapat menghemat biaya operasional.

2.1.2 Jenis Pemeliharaan

Menurut Pane (2017) pemeliharaan mesin dibagi menjadi beberapa klasifikasi yaitu :

1. Planned Maintenane, merupakan tindakan pemeliharaan yang telah direncanakan terlebih dahulu. Planned Maintenance terbagi menjadi 2 yaitu :

a) Preventive Maintenance merupakan tindakan pemeliharaan yang didasarkan atas periode waktu yang meliputi, inspeksi harian, service, pembersihan harian, dsb. Preventive maintenance dilakukan secara berkala tanpa Menunggu mesin atau peralatan rusak dan di desain untuk meningkatkan keandalan dari suatu mesin. Terdapa tiga alasan dilakukan preventive maintenance yaitu :
   - Menghindari terjadinya kerusakan.
   - Mendekteksi awal terjadinya kerusakan.
   - Menemukan kerusakan yang tersembunyi.

   Terdapat beberapa keuntungan menerapkan preventive maintenance antara lain :
   - Mengurangi terjadinya downtime dan perbaikan.
   - Meningkatkan umur penggunaan dari suatu peralatan.
   - Dapat meningkatkan kualitas dari produk.

Preventive maintenance terbagi atas 2 pemeliharaan yaitu :

- pemeliharaan berkala (periodic maintenance)
  pemeliharaan berkala adalah pemeliharaan yang terjadwal dalam melakukan pembersihan mesin, pengecekan dilakukan dengan memberi minyak pelumas pada mesin dan pergantian suku cadang berkala untuk mencegah kerusakan mesin.
- Pemeliharaan prediktif (predictive maintenance)

 ISSN 2987-677X

Pemeliharaan prediktif adalah perawatan yang dilakukan untuk mencegah kerusakan mesin secara total. Pemeliharaan ini akan menjadwal kapan kerusakan part-part atau komponen tertentu pada mesin dengan melakukan analisa/perhitungan pergantingan part-part atau komponen.

a) Condition based Maintenance merupakan kegiatan pemeliharaan dengan menggunakan peralatan untuk melihat perubahan kondisi dari peralatan, tujuan dari kegiatan ini adalah memprediksi awal penetapan interval waktu pemeliharaan.

1. Unplanned Maintenance merupakan tindakan pemeliharaan yang tidak direncanakan. Kegiatan ini terbagi atas 2, yaitu:

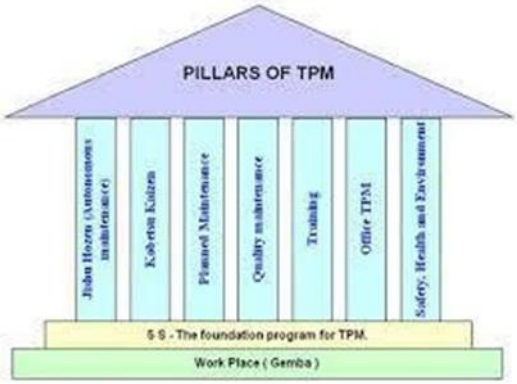
a) Corrective Maintenance, adalah tindakan perbaikan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi mesin agar mencapai standar yang telah ditetapkan. Pada umumnya kegiatan pemeliharaan ini tidak terjadwal, karena dilakukan setelah komponen mengalami kerusakan.

b) Breakdown Maintenance, adalah tindakan pemeliharaan yang dilakukan ketika peralatan tersebut rusak. Cara ini dilakukan ketika efek failure tidak bersifat signifikan terhadap produksi.

2.2 Total Productive Maintenance (TPM)

2.2.1 Pengertian TPM

TPM merupakan program pengembangan pemeliharaan dasar yang melibatkan sumber daya manusia, jika diimplementasikan akan berkaitan dengan peningkatan kualitas, serta mengurangi biaya dan produktivitas, selain itu dapat menekan biaya. Dalam pengertian lain TPM merupakan suatu proses untuk memaksimalkan produktivitas dan peralatan dalam masa pakainya (Nakajima, 1988). Down Time sebagai pemeliharaan dijadwalkan dalam bagian waktu produksi dan dalam beberapa hal, dan sebagai suatu bagian yang saling berkaitan dalam proses produksi. Tujuannya adalah untuk menjaga keadaan darurat dan meminimaliskan pemeliharaan yang tidak terjadwal (Nakajima, 1988). TPM memiliki delapan bagian yang dikenal dengan delapan pilar yang terdiri dari :



Gambar 2. Delapan pilar total productive maintenance (TPM) (Priyanta, 2008)

1. Focussed improvement(Kobetsu Kaizen) : melakukan perbaikan yang berkelanjutan walau sekecil apapun perbaikan tersebut.
2. Planned Maintenance: fokus meningkatkan Availability dari mesin dan peralatan dan mengurangi kerusakan mesin.
3. Edukasi dan Pelatihan: membentuk formasi karyawan yang memiliki skill dan menguasai teknik untuk melakukan autonomous maintenance.
4. Autonomous Maintenance (Jishu Hozen): artinya adalah melakukan perawatan terhadap mesin yang dipakai. Terdapat tujuh langkah dan aktifitas yang dilakukan pada Jisshu Hozen.
5. Quality Maintenance (Hinshitsu Hozen): Quality maintenance adalah pengaturan mesin yang memperkecil kemungkinan terjadi cacat berulang kali. Hal ini dilakukan untuk memastikan tercapainya target zero defect.
6. Office TPM: bagaimana membuat aktifitas kantor yang efisien dan menghilangkan kerugian yang mungkin terjadi.
7. Safety, Hygene & Environment (SHE): adalah aktifitas untuk menciptakan area kerja yang aman dan sehat, dimana sangat kecil kemungkinan terjadi kecelakaan. Temukan dan perbaiki area rawan kecelakan untuk memastikan keselamatan sekaligus memelihara kesehatan lingkungan.
8. Tools Management: untuk meningkatkan ketersediaan equipment dengan mengurangi tools resetting time (waktu pengaturan ulang alat-alat) untuk mengurangi biaya pemeliharaan peralatan dan memperpanjang usia pakai peralatan.

2.2.2 Tujuan TPM

Tujuan dari Total Productive Maintenance adalah untuk mengurangi bahkan menghilangkan losses dari Operation Equipment yang bertujuan untuk memastikan bahwa Overall Equipment Efficiency (OEE) maksimal. Pencapaian ini dibutuhkan tanggung jawab dari masing-masing departemen, dalam hal ini diutamakan lini produksi. Semua departemen berdampak kepada utilization dalam menangani peralatan. Selain itu tujuan dari TPM adalah untuk meningkatkan produktivitas pada perlengkapan atau peralatan produksi dengan investasi atau biaya perawatan yang seperlunya, sehingga mencegah terjadinya 6 kerugian besar yaitu (Roberts, 1997) :

1. Breakdown (Kerugian yang diakibatkan oleh kerusakan Mesin maupun peralatan produksi)
2. Setup and adjustments, Merupakan kerugian yang terjadi dari persiapan ulang peralatan dan perlengkapan kerja.

 ISSN 2987-677X

3. Small Stops, Kerugian yang terjadi akibat gangguan yang berpengaruh pada mesin, sehingga mesin tidak dapat beroperasi secara optimal.
4. Slow Running, Kerugian yang terjadi karena mesin berjalan secara lambat atau tidak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan.
5. Statup Defect, Merupakan kerugian yang diakibatkan dari cacat/kerusakan saat startup (saat awal mesin beroperasi).
6. Production Defect, Kerugian yang dihasilkan dari banyaknya produk cacat dari suatu produksi.

2.3 OEE (Overall Equipment Effectiveness)

Overall Equipment Effectiveness merupakan metrik yang berfokus pada efektifitas suatu operasi produksi yang dijalankan. Setiap perusahaan mengharapkan mesin dalam produksi dapat bekerja secara efektif dan maksimal, sehingga tidak ada waktu yang terbuang, namun kenyataannya yang diharapkan tidak mudah untuk dicapai. Maka dari itu dibutuhkan pengukuran terhadap Overall Equipment Effectiveness, penentuan nilai-nilai OEE yang ideal menurut Nakajima (1989) yang diikuti oleh Patri Jonsson (1999), nilai yang ideal untuk industry manufaktur adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Nilai Ideal Perhitungan OEE
(Seiichi Nakajima, 1989)

Deskripsi	Nilai
Availability	>90%
Performance	>95%
Quality	>99%
OEE	>85%

Tujuan dari OEE adalah sebagai alat ukur performa dari sebuah system maintenance, dengan OEE dapat diketahui efesiensi sebuah produksi, ketersediaan dari peralatan atau mesin yang dibutuhkan, dan qualitas mesin atau peralatan yang berkaitan dengan output yang dihasilkan. Availability, Performance Efficiency, dan Quality Efficiency adalah tiga elemen produktifitas, yang dapat dilihat pada rumus dibawah ini :

OEE = *Avalability x Performance x Quality*

1. Availability : Ketersediaan mesin atau peralatan dan merupakan perbandingan antara waktu operasi (Operation Time) terhadap waktu persiapan (Loading Time) dari suatu mesin atau peralatan, dapat dihitung sebagai berikut :

$$\frac{Available\ Time - Down\ Time}{Available\ Time} \times 100\%$$

Loading Time adalah waktu yang tersedia per hari maupun per bulan dikurangi dengan waktu downtime mesin direncanakan (planned downtime).

Loading Time =
Total Availability x Planned Downtime

2. Performance Efficiency : Merupakan tolak ukur efesiensi dari kinerja mesin yang menjalankan proses produksi. Performance Efficiency adalah hasil perkalian dari operating speed rate (kecepatan dari suatu produksi) dengan net operating speed yang berguna untuk menghitung penurunan kecepatan produksi. Terdapat tiga factor dalam perhitungan ini yaitu :
a) Ideal cycle time (waktu siklus ideal/waktu standar).
b) Processed amount (Jumlah produk yang diproses).
c) Operation time (waktu proses mesin). Maka performance efficiency dapat dihitung sebagai berikut :

$$\frac{Operating\ Speed\ Rate}{Net\ Operating\ Rate} \times 100\%$$

$$Operating\ Speed\ Rate : \frac{Ideal\ Cycle\ Time}{Actual\ Cycle\ Time}$$

$$Net\ Operating\ Rate : \frac{Actual\ Processing\ Time}{Operation\ Time}$$

Performance efficiency dapat dihitung sebagai berikut:

Perfomance efficiency = Net operating x Operating cycle time

$$\frac{Processed\ Amount\ x\ Actual\ Cycle\ time}{Operation\ Time} x \frac{Ideal\ Cycle\ Time}{Actual\ Cycle\ Time}$$

3. Quality efficiency Quality efficiency : Merupakan perbandingan jumlah produk yang baik terhadap jumlah produk yang diproses. Quality efficiency merupakan hasil perhitungan dengan faktor Processed amount, Defect amount.

$$\frac{A.Producted - A.Deffect - A.Reprocessed}{Operation\ Time - Performance\ Lasses} x100\%$$

$$\text{Rate of Quality Efficiency} = \frac{Jumlah\ Produk\ Baik}{Jumlah\ Produk\ Kotor} \times 100\%$$

Metode Penelitian

Secara rinci, dalam lingkup PT XYZ Meningkatkan Efisiensi Mesin Menggunakan OEE Sebagai Alat Ukur, tujuan dari kajian yang berjudul Rekomendasi Implementasi TPM ini adalah:

1. Mengetahui dan menganalisis tingkat pemeliharaan mesin saat ini tingkat efisiensi yang dilakukan.
2. Melalui perhitungan dan analisis enam kerugian besar, temukan berbagai faktor yang mempengaruhi OEE dan tangani.
3. Temukan akar penyebab sebenarnya dari masalah line masing-masing.

 ISSN 2987-677X

4. Sebagai arahan manajemen, mengarahkan seluruh organisasi di PT XYZ untuk meningkatkan OEE dengan menerapkan TPM untuk bersaing, bertahan, dan tumbuh.

3.1 Variabel Penelitian

Menurut Sugiyono (2007,p.33), hubungan antara suatu variabel dengan variabel lain dalam suatu penelitian dapat dibedakan menjadi:

1. Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi variabel lain. Variabel bebas penelitian ini adalah tingkat ketersediaan, tingkat kinerja dan tingkat kualitas.
2. Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel lain (variabel bebas). Variabel dependen dalam penelitian ini adalah efektivitas peralatan secara keseluruhan (OEE).

3.2 Perumusan Masalah dan Identifikasi Tujuan Penelitian

Tahap penelitian selanjutnya adalah identifikasi masalah. Solusi alternatif untuk masalah yang dihadapi kemudian diidentifikasi untuk penyelidikan. Pertanyaan yang akan dibahas adalah bagaimana meningkatkan efisiensi mesin. Hal ini dilakukan dengan mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kegagalan mesin dan memberikan rekomendasi sebagai langkah awal penerapan TPM di PT XYZ.

Setelah merumuskan pertanyaan, tahap penelitian selanjutnya adalah menentukan pernyataan tujuan penelitian.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Menurut Tika (2006, p.57), data penelitian yang dikumpulkan meliputi data primer dan data sekunder. Metode yang digunakan dalam proses pengumpulan data penelitian adalah sebagai berikut:

1. Metode pengumpulan data melalui produksi, engineering (pemeliharaan), quality assurance dan laporan PPIC.
2. Pengamatan atau observasi untuk mendapatkan data terkait downtime mesin yang rusak, konfigurasi, kekosongan yang terjadi dan berbagai hal lainnya yang berkaitan dengan peralatan/mesin yang digunakan dalam proses produksi. Kajian dilakukan dengan mengamati dan mempelajari secara langsung keadaan mesin-mesin yang ada di lokasi penelitian dengan parameter yang tersedia.
3. Dalam studi ini, manajer operasi, teknik/pemeliharaan, penjaminan mutu, dan PPIC diwawancarai untuk mendapatkan data primer dan detail lainnya tentang praktik implementasi program pemeliharaan.

3.4 Pemrosesan dan Analisis Data

Langkah-langkah pengolahan dan analisis data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan efisiensi keseluruhan peralatan

Hasil pengolahan data digunakan untuk menganalisis efisiensi penggunaan mesin produksi dan mencari solusi permasalahan antara lain :

1. Perhitungan dan analisis OEE
2. Mengusulkan solusi untuk masalah berdasarkan hasil tinjauan literatur dan pengobatan dan analisis data.

Berdasarkan hasil analisis dan deskripsi metrik Overall Equipment Effectiveness (OEE), dapat ditarik beberapa kesimpulan. Setelah menarik beberapa kesimpulan, baru dapat membuat beberapa saran.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1 Pengumpulan Data

PT.XYZ adalah PT yang berkecimpung dalam bidang makanan khususnya biskuit. Dalam penelitian ini dilakukan pengumpulan data primer secara observasi. Data-data yang dikumpulkan berkaitan dengan proses produksi dalam 1 line, dan jumlah produksi yang dihasilkan dalam 1 line.

4.1.1 Data-data Berkaitan dengan Mesin

Mesin yang digunakan adalah 1 line dengan kapasitas 576-1728 kg/jam, hal ini disebut Unit per Hour(UPH). Mesin beroperasi selama 1 shift 6 jam dan juga dapat beroperasi 3 shift atau 24 jam, dan selama 6 hari. Berikut adalah lamanya waktu kerja mesin yang diinginkan, dengan lamanya kerja mesin actual yang terjadi saat produksi:

Tabel 2. Data produksi per hari

 ISSN 2987-677X

No	Waktu Kerja Mesin (Jam)	Waktu Actual Produksi (Jam)	Ideal Cycle Time (Menit/KG)
1	19,17	20,13	0,03
2	17,50	18,40	0,03
3	12,50	13,99	0,03
4	6,25	5,52	0,03
5	5,42	5,00	0,03
6	3,33	5,06	0,03
7	6,67	7,05	0,03
8	8,75	9,71	0,03
9	8,75	7,68	0,03
10	8,75	7,76	0,03
11	12,50	10,95	0,03
12	2,08	2,46	0,03
13	8,75	8,46	0,03
14	8,75	4,97	0,03
15	10,42	12,49	0,03
16	13,04	13,23	0,03
17	10,27	10,15	0,03
18	14,38	19,97	0,03
19	17,24	13,51	0,03
20	9,93	11,18	0,03
21	16,63	16,56	0,03
22	17,08	17,22	0,03
23	9,82	10,07	0,03
24	9,47	15,12	0,03
25	13,78	17,52	0,03
26	12,63	12,49	0,03
27	16,54	13,29	0,03
28	12,92	12,28	0,03
29	18,26	15,45	0,03

4.1.2 Data yang berkaitan dengan proses produksi

Data waktu yang diperlukan untuk menalisi efisiensi peralatan/mesin terkait produksi yaitu waktu yang dibutuhkan untuk kegagaln peralatan/mesin dari periode 1 bulan, waktu yang dibutuhkan untuk set up dan perubahan setting.

Berbagai factor yang menyebabkan terhentinya mesin pada 3 mesin mixing adalah :

1. Mechanical failure (MBD), yaitu ketika bagian mekanik motor gagal diperbaiki. Ini biasanya terjadi karena mesin tidak berfungsi saat sedang bekerja.
2. Electrical failure (EBD), yaitu waktu yang dihabiskan untuk perbaikan akibat kegagalan komponen kelistrikan mesin.
3. Set up adalah sekumpulan parameter proses yang digunakan untuk menghidupkan mesin saat shift start atau setelah reset mesin. Hal ini untuk memastikan bahwa spesifikasi produk pelanggan terpenuhi. Setelah set up selesai, mesin dapat bekerja secara normal.
4. Change Over, yaitu waktu yang diperlukan untuk mengubah dari satu spesifikasi produk ke spesifikasi produk lainnya.
5. Persiapan & Quality Control, yaitu persiapan box, material, pallet, dll sebelum dimulainya pekerjaan, dan kontrol kualitas adonan dari batch pertama mixing yang diproduksi.

Selain waktu mesin, data yang dikumpulkan adalah hasil produksi yang baik dan hasil produksi yang tidak dapat digunakan akibat produk tidak sesuai dengan standard yang diinginkan.

Tabel 3. Data proses produksi

No	Qty Planning	Qty Actual (Berat Bersih/KG)	Qty Broken	Total QTY Actual (KG)	Breakdown (Jam)	Setup (Jam)
1	33120,0	21960,0	720,2	22680,2	6,0	1
2	30240,0	22609,2	543,6	23152,8	4,0	1
3	21600,0	14573,4	1832,4	16405,8	3,5	1
4	10800,0	8416,5	255,0	8671,5	0,0	0,5
5	9360,0	7700,0	72,1	7772,1	0,0	0,5
6	5760,0	7700,0	172,1	7872,1	0,0	0,5
7	11520,0	6296,3	702,3	6998,6	2,0	1
8	15120,0	11340,3	258,8	11599,1	2,0	1
9	15120,0	11471,0	66,2	11537,2	0,0	1
10	15120,0	12171,5	366,3	12537,8	0,0	0,5
11	21600,0	16963,8	227,9	17191,7	0,0	1
12	3600,0	2293,6	228,8	2522,4	0,5	0,5
13	15118,8	11682,4	340,9	12023,3	1,0	0,5
14	15120,0	1427,9	250,2	1678,1	2,5	1,5
15	18000,0	13433,5	372,5	13806,0	3,5	1
16	22531,3	18645,0	762,9	19407,9	1,0	1
17	17738,8	14323,0	1491,4	15814,4	0,0	1
18	24853,8	21045,0	1362,0	22407,0	6,5	0,5
19	29790,0	20148,0	600,2	20748,2	0,0	1,5
20	17157,5	17721,0	738,5	18459,5	0,0	0,5
21	28735,0	18665,0	443,2	19108,2	4,0	1,5
22	29521,3	18722,0	1534,4	20256,4	4,0	1,5
23	16965,0	15608,0	932,7	16540,7	0,0	0,5
24	16372,5	19222,0	862,3	20084,3	3,0	0,5
25	23815,0	16289,0	1023,7	17312,7	6,5	1
26	21820,0	11536,0	546,8	12082,8	4,0	1,5
27	28580,0	16171,0	747,3	16918,3	2,0	1,5
28	22322,5	13864,0	1299,6	15163,6	2,0	1,5
29	31561,3	18153,0	763,7	18916,7	3,0	1,5

4.1.3 Data Planned Downtime

Data Selanjutnya adalah Planned Downtime, dimana adanya waktu yang digunakan atau disediakan untuk perawatan mesin, hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya kerusakan mesin saat produksi berlangsung.

Tabel 4. Data Planned Downtime

No	Planned Downtime (Jam)
1	1
2	2
3	2
4	1
5	1
6	1
7	1
8	2
9	2
10	2
11	2
12	1
13	2,5
14	1
15	3
16	1

 ISSN 2987-677X

17	1
18	2
19	2,5
20	1
21	2,5
22	2
23	1
24	1
25	2,5
26	2
27	2
28	1
29	2,5

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Perhitungan Availability

Availability adalah ketersediaan mesin atau suatu rasio operation time yang dimana dari waktu ke waktu terdapat loading time pada prosesnya dan merupakan salah satu bagian dari perhitungan OEE, menurut Wireman (2004) rumus untuk menghitung nilai availability adalah sebagai berikut :

$$\frac{Available\ Time - Down\ Time}{Available\ Time} \times 100\%$$

Untuk melakukan perhitungan Availability pertama perlu diketahui loading time dan downtime. Untuk mengetahui nilai loading Time didapat dari Waktu kerja mesin dikurang dengan Planned Downtime. Setelah itu nilai downtime didapat dari penjumlahan antara waktu breakdown dan set up mesin.

$$Avaibilitv = \frac{Loading\ Time - Planned\ Downtime}{Loading\ Time} x\ 100\%$$

$$Avaibility = \frac{18.17\ jam - 1\ jam}{18.17}\ x\ 100\% = 94{,}50\%$$

Dari perhitungan diatas didapatkan hasil nilai availability mesin produksi Line 1 yaitu 94,50%. Setelah itu dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus yang sama untuk mendapatkan nilai availability dan hasilnya bisa dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 5. Data perhitungan availability

No	Planned Downtime (Jam)	Loading Time (Jam)	Availability (%)
1	1	18.17	94.50%
2	2	15.50	87.10%
3	2	10.50	80.95%
4	1	5.25	80.95%
5	1	4.42	77.36%
6	1	2.33	57.14%
7	1	5.67	82.35%
8	2	6.75	70.37%
9	2	6.75	70.37%
10	2	6.75	70.37%
11	2	10.50	80.95%
12	1	1.08	7.69%
13	2.5	6.25	60.00%
14	1	7.75	87.10%
15	3	7.42	59.55%
16	1	12.04	91.69%
17	1	9.27	89.21%
18	2	12.38	83.85%
19	2.5	14.74	83.04%
20	1	8.93	88.80%
21	2.5	14.13	82.31%
22	2	15.08	86.74%
23	1	8.82	88.66%
24	1	8.47	88.20%
25	2.5	11.28	77.84%
26	2	10.63	81.18%
27	2	14.54	86.24%
28	1	11.92	91.61%
29	2.5	15.76	84.14%

4.2.2 Perhitungan performance

Performance merupakan hasil waktu yang didapat dari kuantitas produk yang dihasilkan dengan waktu idealnya terhadap waktu yang tersedia dalam melakukan proses produksi (Wireman, 2004). Menurut Hermanto (2016)

$$Performance = \frac{Processed\ Amount\ x\ Ideal\ Cycle\ Time}{Operation\ Time}\ x\ 100\%$$

Processed amount atau disebut juga dengan jumlah produksi kotor, nilai ini didapat dari run time dibagi dengan ideal cycle time. Nilai run time sendiri didapat dari Waktu Kerja Mesin dikurang dengan total downtime. Pada PT XYZ ideal cycle time untuk ditentukan yaitu 0,03 jam. Berikut contoh perhitungan Performance :

$$Performance = \frac{22680.2\ kg - 0.03\ jam}{20.13 x 60 menit} x100\% = 65{,}22\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka didapatkan persentase nilai performance mesin produksi Line yaitu 65,22%. Setelah itu kita lakukan perhitungan dengan menggunakan rumus yang sama untuk mendapatkan nilai performance, dan hasilnya sebagai berikut :

Tabel 6. Data perhitungan performance

No	Total QTY Actual (KG)	Waktu Actual Produksi (Jam)	Ideal Cycle Time (Menit/KG)	Performance (%)
1	22680.2	20.13	0.03	65.22%
2	23152.8	18.40	0.03	72.82%
3	16405.8	13.99	0.03	67.84%
4	8671.5	5.52	0.03	90.94%
5	7772.1	5.00	0.03	90.00%
6	7872.1	5.06	0.03	90.11%
7	6998.6	7.05	0.03	57.45%
8	11599.1	9.71	0.03	69.11%
9	11537.2	7.68	0.03	86.97%
10	12537.8	7.76	0.03	93.55%

 ISSN 2987-677X

11	17191.7	10.95	0.03	90.87%
12	2522.4	2.46	0.03	59.35%
13	12023.3	8.46	0.03	82.27%
14	1678.1	4.97	0.03	19.54%
15	13806.0	12.49	0.03	63.97%
16	19407.9	13.23	0.03	84.88%
17	15814.4	10.15	0.03	90.15%
18	22407.0	19.97	0.03	64.94%
19	20748.2	13.51	0.03	88.89%
20	18459.5	11.18	0.03	95.53%
21	19108.2	16.56	0.03	66.78%
22	20256.4	17.22	0.03	68.06%
23	16540.7	10.07	0.03	95.04%
24	20084.3	15.12	0.03	76.86%
25	17312.7	17.52	0.03	57.19%
26	12082.8	12.49	0.03	55.97%
27	16918.3	13.29	0.03	73.67%
28	15163.6	12.28	0.03	71.49%
29	18916.7	15.45	0.03	70.87%

4.2.3 Perhitungan Quality

Rate of quality product adalah rasio dari jumlah produk yang lebih baik terhadap jumlah total produk yang diproses. Rumus untuk menghitung nilai quality adalah sebagai berikut :

$$\frac{Jumlah\ Produk\ Baik}{Jumlah\ Produk\ Kotor} \times 100\%$$

Untuk mendapatkan nilai persentase dari quality seperti diatas didapat dari total quantity actual / berat kotor dikurangi dengan broken/hasil produksi yang tidak sesuai standart yang nanti akan didapatkan hasil produksi bersih. Kemudian untuk mendapatkan nilai quality nilai jumlah produksi bersih tinggal dibagi dengan jumlah produksi kotor. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai quality :

$$Quality = \frac{21960\ kg}{22680.2\ kg} x100\% = 96{,}82\%$$

Dari perhitungan diatas maka kita mendapatkan nilai quality mesin produksi yaitu 96,82%. Setelah itu kita dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan rumus yang sama untuk mendapatkan nilai quality dan hasilnya sebagai berikut :

Tabel 7. Data perhitungan Quality

No	Total QTY Actual (KG)	Qty Broken	Berat Bersih (KG)	Quality (%)
1	22680.2	720.20	21,960.00	96.82%
2	23152.8	543.60	22,609.15	97.65%
3	16405.8	1,832.40	14,573.38	88.83%
4	8671.5	255.00	8,416.51	97.06%
5	7772.1	72.10	7,699.97	99.07%
6	7872.1	172.10	7,699.97	97.81%
7	6998.6	702.30	6,296.26	89.97%
8	11599.1	258.80	11,340.29	97.77%
9	11537.2	66.20	11,471.04	99.43%
10	12537.8	366.30	12,171.46	97.08%
11	17191.7	227.90	16,963.78	98.67%
12	2522.4	228.80	2,293.63	90.93%
13	12023.3	340.90	11,682.43	97.16%
14	1678.1	250.20	1,427.90	85.09%
15	13806.0	372.50	13,433.47	97.30%
16	19407.9	762.93	18,645.00	96.07%
17	15814.4	1,491.37	14,323.00	90.57%
18	22407.0	1,361.95	21,045.00	93.92%
19	20748.2	600.18	20,148.00	97.11%
20	18459.5	738.47	17,721.00	96.00%
21	19108.2	443.18	18,665.00	97.68%
22	20256.4	1,534.44	18,722.00	92.42%
23	16540.7	932.74	15,608.00	94.36%
24	20084.3	862.25	19,222.00	95.71%
25	17312.7	1,023.71	16,289.00	94.09%
26	12082.8	546.79	11,536.00	95.47%
27	16918.3	747.34	16,171.00	95.58%
28	15163.6	1,299.64	13,864.00	91.43%
29	18916.7	763.65	18,153.00	95.96%

4.2.4 Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Setelah mendapatkan nilai dari avaibility, performance, dan Quality maka Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai OEE. Menurut Wireman (2004) rumus untuk mencari nilai persentase dari OEE (overall equipment effectiveness) dirumuskan sebagai berikut :

OEE = Availability x Performance x Quality Dari rumus diatas didapatkan untuk nilai

OEE pada PT XYZ adalah sebagai berikut :

OEE = 94,50% X 65,22% X 96,82% = 59,67%

Perhitungan diatas maka kita mendapatkan nilai persentase OEE mesin produksi yaitu 59,67% Setelah itu kita dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan rumus yang sama untuk mendapatkan nilai OEE :

Tabel 8. Data perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE)

No	Availability (%)	Performance (%)	Quality (%)	OEE (%)
1	94.50%	65.22%	96.82%	59.67%
2	87.10%	72.82%	97.65%	61.94%
3	80.95%	67.84%	88.83%	48.79%
4	80.95%	90.94%	97.06%	71.45%
5	77.36%	90.00%	99.07%	68.97%
6	57.14%	90.11%	97.81%	50.37%
7	82.35%	57.45%	89.97%	42.56%
8	70.37%	69.11%	97.77%	47.55%
9	70.37%	86.97%	99.43%	60.85%
10	70.37%	93.55%	97.08%	63.91%
11	80.95%	90.87%	98.67%	72.58%
12	7.69%	59.35%	90.93%	4.15%
13	60.00%	82.27%	97.16%	47.96%
14	87.10%	19.54%	85.09%	14.48%

 ISSN 2987-677X

15	59.55%	63.97%	97.30%	37.07%
16	91.69%	84.88%	96.07%	74.77%
17	89.21%	90.15%	90.57%	72.84%
18	83.85%	64.94%	93.92%	51.14%
19	83.04%	88.89%	97.11%	71.68%
20	88.80%	95.53%	96.00%	81.44%
21	82.31%	66.78%	97.68%	53.69%
22	86.74%	68.06%	92.42%	54.57%
23	88.66%	95.04%	94.36%	79.51%
24	88.20%	76.86%	95.71%	64.88%
25	77.84%	57.19%	94.09%	41.88%
26	81.18%	55.97%	95.47%	43.38%
27	86.24%	73.67%	95.58%	60.73%
28	91.61%	71.49%	91.43%	59.88%
29	84.14%	70.87%	95.96%	57.22%

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, berikut ini merupakan kesimpulan yang diambil yaitu :

1. Perhitungan tingkat efektifitas mesin dengan menggunakan metode Overall Equidment Effectiveness (OEE) di PT XYZ pada proses produksi dalam 1 line, yang dapat dilihat dalam hariannya menghasilkan nilai rata-rata sebesar 55.86% hal tersebut di pengaruhi oleh rata- rata availability rate 78.28%, performance rate 74.49%, dan quality rate 95.07%.
2. Pada PT XYZ dibagian line 1 pada produksi dapat menerapkan proses Total Productive Maintenance (TPM) untuk meningkatkan produktivitas yang dimiliki perusahaan agar dapat menerapkan program tersebut.

Saran

1. Dari penelitian ini sebaiknya data yang dikumpulkan sebaiknya lebih banyak dari rentang waktu yang dikumpulkan untuk lebih mendapatkan hasil yang lebih akurat.
2. Untuk penelitian lebih lanjut dengan menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE), perlu dilakukan dengan etode lebih lanjut untuk Rekomendasi perbaikan maintenance.

Referensi

BAKERY)". Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

https://www.aeroengineering.co.id/2021/04/maintenance-management-manajemen-pemeliharaan/

Mahfud, E. M. (2017). Perancangan Sistem Pemeliharaan Pada Mesin Tenun Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)(Studi Kasus: PT Kesono Indonesia). Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya

Nadia Cynthia Dewi,"ANALISIS PENERAPAN TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM) DENGAN PERHITUNGAN OVERALL EQUIPMENT EFECTIVENESS (OEE) DAN SIX BIG LOSSES MESIN CAVITEC PT. ESSENTRA SURABAYA" Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Nakajima, S, (1988). Introduction to TPM . Cambridge: Productivity Press, Inc.

Pane. (2017). Perencanaan Preventive Maintenance pada mesin chiller dengan metode reliability centered maintenance pada PT. MULTIMAS NABATI ASAHA KUALA TANJUNG. Falkultas Teknik Universitas medan. Medan.

Pratama Lasendra Duta. (2018). "ANALISIS PENERAPAN TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE DENGAN MENGGUNKAKAN OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) DAN SIX BIG LOSES SEBAGAI REKOMENDASI PERBAIKAN MAINTENANCE pada CV.ARSILA

Priyanta, Dwi dkk. 2008. "Implementasi Total Productive Maintenance dengan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Untuk Menentukan Maintenance Strategy pada Mesin Tube Mill 303 (Studi Kasus PT. Spindo Unit III)". Journal Department of Marine Engineering Sepuluh Nopember Institute of Technology. Surabaya.

Roberts, J. (1997). Total productive Maintenance (TPM) The Technology Interface. Texas: A&M University.

Sugiyono. (2007). Metode peneltitian Bisnis. Bandug : Alfabeta, CV.

Tika, M.P. (2006). Metodologi Riset Bisnis. Jakarta : Bumi Akasa, PT.

 ISSN 2987-677X

Pengoptimalan Proses Bisnis Beras di UD. Hasil Bumi Kediri

Mohamad Fauzin Abdulloh ,

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ fauzinabd@gmail.com ,

Penyuplai beras memainkan peran penting dalam industri makanan, terutama dalam memenuhi kebutuhan pangan masyarakat. Penyuplai beras memainkan peran penting dalam industri makanan, terutama dalam memenuhi kebutuhan pangan masyarakat. BPI dengan peran strategi dari rekomendasi dengan menyediakan minimal 1 set PC dan akses jaringan internet jika tenaga kerja telah mendapatkan ilmu dari kegiatan training. Pembuatan database yang dapat menekan biaya yaitu menggunakan microsoft office, dengan produk Ms. Asses. Penggunaan produk microsoft sangat berperan penting.

Kata kunci: beras; BPI; penyuplai

Pendahuluan

Indonesia dengan wilayahnya yang luas dan penduduknya yang sangat besar memerlukan kebutuhan pangan yang sangat besar pula. Sumber pangan beras bagi masyarakat Indonesia merupakan kebutuhan primer dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari yang tidak bisa tergantikan.

Penyuplai beras memainkan peran penting dalam industri makanan, terutama dalam memenuhi kebutuhan pangan masyarakat (Nurrochmat et al. 2020; Pratomo 2021; Syreyshchikova et al. 2020). Namun, bisnis penyuplai beras sering mengalami tantangan dalam hal efisiensi dan efektivitas proses bisnis. Kondisi saat ini adalah proses pengadaan beras yang memiliki proses bisnis tidak efisien dari aspek waktu (Darma et al. 2021; Mu'Adzah *and* Immawan 2021; Pradita *and* Ongkunaruk 2019). Oleh sebab itu, perlunya mengurangi aktivitas yang kurang penting di UD. Hasil Bumi.

Penelitian ini bertujuan untuk pengoptimalkan proses bisnis beras di UD. Hasil Bumi Kediri. Penelitian ini untuk memberikan efisiensi waktu yang tepat.

Metode

Desain penelitian menggunakan kualitatif dengan metode BPI (Afif *and* Prasetyo 2021). Metode BPI menggunakan langkah identifikasi proses bisnis beseta fungsi bisnis serta aktivitas dari tiap divisi yang terlibat, kemudian dikelompokkan yaitu aktivitas utama dan aktivitas pendukung dengan analisa *value chain* (Rushanti, Rohayati, and Aisha 2017). Lanjut pada pemodelan proses bisnis beserta deskripsinya dan diagram proses. Membuat task *process* disetiap proses bisnis (Casebolt, Jbara, and Dori 2020; Ibrahim et al. 2019; Pradnyana and Listartha 2021). Melakukan evaluasi proses bisnis menggunakan 5- *Whys*, membuat rancangan perbaikan proses bisnis dan strategi rekomendasi proses bisnis.

Hasil Kerja

1. Identifikasi Organisasi

Tahap identifikasi organisasi yaitu terkait uraian mengenai lokasi penelitian. Identifikasi organisasi ini sebagai langkah mendukung pemodelan rekomendasi proses bisnis yang dilakukan pada UD. Hasil Bumi. Identifikasi organisasi menjelaskan tentang tujuan, misi dan visi yang dibangun untuk mencapai tahap UD. Hasil Bumi yang berdaya saing.

Tujuan organiasi mencangkup:

1. Kebijakan mutu, pengembangan penyuplai dan penjaminan mutu produk beras.
2. Pengelolaan produk beras, pengendalian, monitoring dan evaluasi kinerja.
3. Melaksanakan pengawasan dan audit terhadap kegiatan pengelolaan finansial dan manajemen dari pihak yang terikat di UD. Hasil Bumi.
4. *Monitoring* lanjut dan memberikan saran perbaikan proses bisnis yang lebih bersaing.
5. Melaksanakan tugas yang diberikan atasan sesuai dengan bidang masing – masing dengan penuh tanggung jawab.
6. Melaksanakan pengendalian mutu dari waktu ke waktu untuk memberikan produk beras yang sesuai dengan target pengguna.
7. Melaksanakan budaya kerja yang disiplin dan memahami peran kerjasama itu sangat penting.
8. Loyalitas terhadap pengguna produk dan mampu menerima masukan berupa kritik dan saran yang bersifat membangun.
9. Konsisten dalam estimasi waktu pengiriman produk beras ke pengguna sesuai dengan jadwal.
10. Konsisten dalam menangani masalah – masalah pengaduan pengguna, jika terdapat hal yang tidak sesuai.

Misi organisasi yaitu :

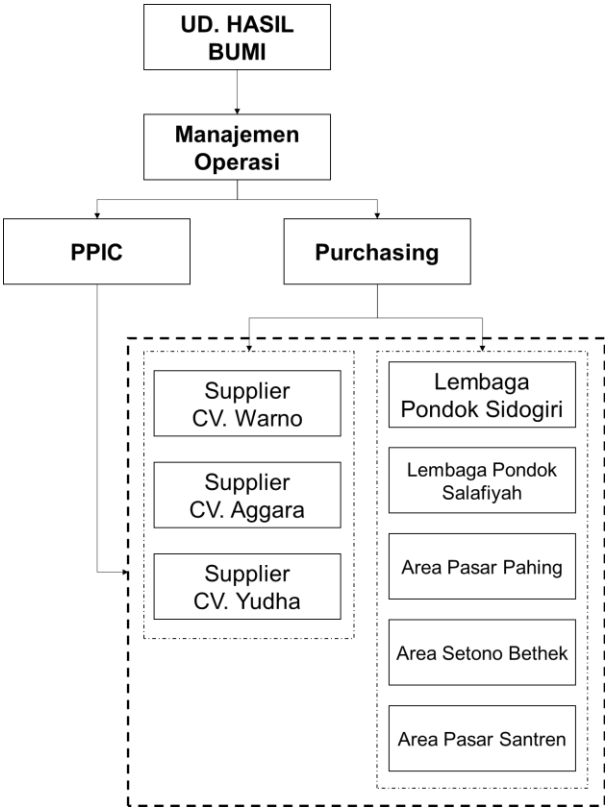
1. Mengendalikan mutu produk beras untuk memenuhi standar kualitas.
2. Menyelenggatakan mutu tata kelola rantai pasok untuk menjamin mutu layanan.

 ISSN 2987-677X

Visi organisasi yaitu:

Menjadi badan yang mampu menjamin mutu produk beras yang sesuai dengan standar ekspor dan impor serta unggul dalam menangani mutu pangan

2. Peran Stakeholder



Gambar 4. 1 Struktur Pengguna

Keterangan:
_____hubungan direksi
---------- hubungan kordinasi dan monitoring
-.-.-.-.-.- hubungan pengguna

Berdasarkan gambar 4.2, dinyatakan bahwa terdapat hubungan direksi, hubungan koordinasi dan monitoring serta hubungan pengguna. Dari ketiga hubungan ini, digunakan sebagai struktur penggunaan produk beras dengan purchasing sebagai penyedia produk beras dan konsumen sebagai pengguna produk beras.

Tabel 1. Peran Stakeholder

No.	Pihak	Tugas
1	Pemilik UD. Hasil Bumi	Bertanggung jawab atas terselenggaranya kegiatan rantai pasok, pengendalian mutu dan parameter kinerja pihak yang terlibat
2	Manajemen Operasi	Bertanggung jawab atas PPIC dan *Purchasing* terkait mutu, rantai pasok dan kinerja
3	PPIC	Bertanggung jawab atas estimasi perencanaan kapasitas produk beras yang sudah masuk cek kendali mutu
4	Purchasing	Bertanggung jawab atas kegiatan pembelian dari penyuplai dengan penetapan kriteria mutu yang diberikan oleh pihak PPIC

3. Proses Bisnis Utama

Tabel 2. Proses Bisnis Utama

Kriteria	**Subkriteria**	**Proses Bisnis**
Mutu	Beras tidak remuk	Proses produksi beras
	Tidak mengandung menir sesuai spesifikasi	
	Kondisi mesin padi sangat handal	
Harga	Penawaran dengan supplier	
	Teknik pembayaran	
	Konsistensi harga	
Pengiriman	Sesuai estimasi waktu yang dijadwalkan	Proses produksi beras
	Kualitas layanan semakin baik	
	Respon layanan pengiriman cepat	
Garansi	Pengembalian beras sesuai prosedur	
	Garansi sesuai dengan kerjasama diawal	
	Menjamin mutu yang berkualitas	
Komunikasi	Prosedur pengaduan	
	Manajemen dan organisasi perusahaan	
	Komunikasi baik dengan rekan kerjasama	
Perilaku	Netto sesuai informasi	
	Keutaman mutu dan garansi	
	Menjaga loyalitas pengguna	

Berdasarkan tabel proses bisnis utama, dinyatakan bahwa kriteria mutu, harga, pengiriman, garansi, komunikasi dan perilaku bersama dengan masing – masing subkriteria menunjukkan memiliki proses bisnis. Proses bisnis penerimaan produk beras, pembelian produk beras dan penyerahaan produk beras.

4. Pemodelan Bisnis Sedang Berjalan

Pemodelan proses bisnis yang sedang berjalan untuk memudahkan dalam memahami pemodelan bisnis. Fungsi pemodelan juga sebagai langkah mendefinisikan waktu disetiap aktivitas. Proses bisnis pada Proses Produksi Beras yang sedang berjalan sebagai berikut:

 ISSN 2987-677X

Tabel 3. Nama Proses Bisnis

Nama proses bisnis	Proses produksi beras
Aktor	Manajemen Operasi, Purchasing dan PPIC
Deskripsi	Rangkaian kegiatan untuk proses produksi beras

Tabel 4. Task Process Bisnis

No.	Task	Waktu	Dokumen	Aktor	Jenis Task
1	Penugasan produksi	5 menit		Manajemen operasi	Manual task
2	Mendata jumlah produksi	10 menit		PPIC	Manual task
3	Cek kapasitas produksi	5 menit	Dokumen kapasitas produksi	Manajemen operasi	Manual task
4	Verifikasi	3 menit		PPIC	Manual task
5	*Material handling* gabah ke area produksi	60 menit		PPIC	Manual task
6	Penataan di area produksi	15 menit		PPIC	Manual task
7	Cek kapasitas gabah	10 menit		Manajer operasi	Manual task
8	Persetujuan kapasitas	5 menit		PPIC	Manual task
9	Lembar persetujuan kapasitas produksi	5 menit	Lembar persetujuan	PPIC	Manual task
10	Menyiapkan packing di mesin penggiling	10 menit		PPIC	Manual task
11	Inspeksi persiapan produksi	5 menit	Kesiapan material dan mesin penggiling	Manajemen operasi	Manual task
12	Simpan berkas Kesiapan material dan mesin penggiling dalam logbook	5 menit	Kesiapan material dan mesin penggiling	PPIC	User task
13	Aktivitas proses produksi	60 menit		PPIC	Manual task
14	Inspeksi mutu beras yang dihasilkan	60 menit		PPIC	Manual task
15	Packing beras	60 menit		PPIC	Manual task
16	*Material handling* ke gudang	60 menit		PPIC	Manual task
17	Mendata jumlah produk beras yang telah *packing*	30 menit	Dokumen jumlah produk beras	PPIC	Manual task
18	Simpan data di *logbook*	5 menit	dokumen	PPIC	User task
Total Waktu (menit)		413 menit			

5. Evaluasi Proses Bisnis dengan 5-*Whys*

Evaluasi proses bisnis dengan 5- Whys untuk mencari akar masalah dari proses bisnis proses produksi produk beras. Fungsi penerapann evaluasi proses bisnis untuk memberikan komunikasi sebanyak 5 kali hingga menemukan akar masalah. Evaluasi proses bisnis produksi produk beras. Dari 18 aktivitas proses bisnis, sesuai dengan brainstorming dengan pemilik UD. Hasil Bumi, Manajer Operasional, PPIC dan *Purchasing* menyatakan bahwa aktivitas (*task*) yang darurat sebagai berikut:

Tabel 5. Evaluasi 5- Whys

Masalah	Waktu	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4

 ISSN 2987-677X

	(menit)				
Inspeksi persiapan produksi	Poin 11 (5 menit)	jadwal inspeksi dan perawatan yang telah disahkan	dilaksanakan secara intensif	Budaya kerja belum diterapkan	Birokrasi yang belum menganut good governance

Tabel 6. Kategori Streamling

Nama Proses Bisnis	Capaian Whys	Jenis *Streamling*
Proses bisnis Kualitas Proses Produksi Produk Beras	Belum pernah dilakukan pelatihan terkait sistem informasi	*upgrading*
	Laporan tahunan sebagai bukti fisik menjaga mutu kepada ke konsumen	*upgrading*
Proses bisnis Kualitas Proses Produksi Produk Beras	Konsistensi tingkatan mutu produk beras untuk konsumen	*Supplier Partnerships*
	Birokrasi yang belum menganut good governance	*Standardization*

Berdasarkan hasil kategori streamling, dinyatakan pada kategori upgrading sebagai efektifitas penggunaan fasilitas tetapi dapat meningkatkan performa lebih baik. Supplier partnertships sebagai langkah komunikasi dan hubungan kerja yang lebih baik, antara UD. Hasil Bumi dengan penyuplai dan UD. Hasil Bumi dengan konsumen. Sedangkan Standardization sebagai langkah untuk membuat konsep yang lebih baik, dari aspek standar perusahaan maupun standar aktivitas yang akan dilakukan saat kerja dan saat berada di lingkungan kerja.

Kesimpulan

Perancangan perbaikan proses bisnis dalam meningkatkan kualitas proses produksi di UD. Hasil Bumi menggunakan Business Process Improvement dengan peran strategi dari rekomendasi dengan menyediakan minimal 1 set PC dan akses jaringan internet jika tenaga kerja telah mendapatkan ilmu dari kegiatan training. Pembuatan database yang dapat menekan biaya yaitu menggunakan microsoft office, dengan produk Ms. Asses. Penggunaan produk microsoft sangat berperan penting.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih kepada UD. Hasil Bumi yang telah menjadi lokasi penelitian dan Universitas Katolik Widya Mandala sebagai tempat kami melakukan publikasi.

Referensi

Bibliography

Afif, Arkan Muhammad, and Aries Heru Prasetyo. 2021. "Standarisasi Dan Perbaikan Proses Bisnis Dengan Pendekatan Business Process Improvement Pada Viseworks Studio." *Journal of Emerging Business Management and Entrepreneurship Studies* 1(1): 211–25.

Casebolt, Jason M., Ahmad Jbara, and Dov Dori. 2020. "Business Process Improvement Using Object-Process Methodology." *Systems Engineering* 23(1): 36–48.

Darma, R, H Y Sastra, Arhami, and F Erwan. 2021. "Nutmeg Oil Production Process Analysis Using Business Process Improvement-a Case Study." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1082(1): 012005.

Ibrahim, Maha Syed, Aamer Hanif, Faheem Qaisar Jamal, and Ali Ahsan. 2019. "Towards Successful Business Process Improvement – An Extension of Change Acceleration Process Model." *PLoS ONE* 14(11): 1–20.

Mu'Adzah, and Taufiq Immawan. 2021. "Business Process Improvement in Brown Sugar Industry in Kudus Regency." *Journal of Physics: Conference Series* 1764(1): 0–7.

Nurrochmat, N. A. et al. 2020. "Financial Analysis of Coffee from Agroforest Managed by Women Farmers Group in Tanggamus Lampung." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 528(1).

Pradita, S. P., and P. Ongkunaruk. 2019. "Business Process Analysis and Improvement for a Third Party Logistics Provider in Indonesian Cold Chain Logistics." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 526(1).

Pradnyana, I. M.A., and I. M.E. Listartha. 2021. "Business Process Improvement Design of Complaints on Technical Information System Problems Using The Business Process Improvement Method." *Journal of Physics: Conference Series* 1810(1).

Pratomo, Fitral. 2021. "Streamlining Proses Bisnis Penyiapan Press Release Inflasi." *Infotek : Jurnal Informatika dan Teknologi* 4(2): 125–30.

Rushanti, Silvi, Yati Rohayati, and Atya Aisha. 2017. "Perbaikan Proses Bisnis Penyusunan Rencana Kerja DISKOPERINDAG Menggunakan Metode Business Process Improvement Berdasarkan PERMENDAGRI Nomor 54 Tahun 2010 Serta Klausul 7.3 ISO

 ISSN 2987-677X

9001:2008." *JATI UNIK : Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*.

Syreyshchikova, Nelli V., Danil Yu Pimenov, Tadeusz Mikolajczyk, and Liviu Moldovan. 2020. "Automation of Production Activities of an Industrial Enterprise Based on the ERP System." *Procedia Manufacturing* 46(2019): 525–32. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.03.075.

 ISSN 2987-677X

Prospek Profesi Insinyur dalam Bidang Marketing Engineering

Didien Kurniawan

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Pemasaran atau *marketing* memiliki peran yang sangat penting dalam suatu dunia bisnis. Untuk menghadapi permasalahan persaingan yang dihadapi para Insinyur lokal saat ini, perlu dilakukannya perubahan, terutama dalam sistem pendidikan di perguruan tinggi yang diharapkan dapat memperkuat *hard skill* dan juga *soft skill* dalam bidang *marketing engineering* dari calon insinyur kedepannya agar insinyur-insinyur kita yang baru akan muncul nanti dan mampu bersaing dengan baik, dalam bidang *marketing* pada umumnya bahkan sanggup mendominasi di lapangan pekerjaan yang tersedia. Adapun metode yang digunakan oleh penulis dalam memasarkan produk dengan cara aktivitas dan proses menciptakan, mengkomunikasikan, menyampaikan, dan mempertukarkan tawaran yang bernilai bagi pelanggan, klien, mitra dan masyarakat umum. Dan pemasaran dimulai dengan pemenuhan kebutuhan manusia yang kemudian bertumbuh menjadi keinginan manusia.

Kata kunci: *marketing, engineering*

Pendahuluan

Pemasaran atau *marketing* memiliki peran yang sangat penting dalam suatu dunia bisnis. Reputasi dari sebuah brand akan meningkat dan kita akan mendapatkan omset yang sangat besar ketika kita menerapkan marketing dengan baik.

Marketing itu sendiri didefinisikan sebagai strategi bisnis yang mengacu pada kegiatan yang dilakukan oleh perusahaan untuk mempromosikan pembelian atau penjualan produk. Ada beberapa hal yang mencakup tentang *marketing* yaitu salah satunya adalah periklanan, penjualan, dan pengiriman produk kepada konsumen maupun mitra kerja lainnya.

Engineering adalah ilmu keteknikan yang muncul dalam kehidupan untuk memudahkan pekerjaan manusia untuk mengolah sesuatu. Adapun marketing engineering bertugas melakukan *controling* alat pada proses kerja atau produksi, keselamatan kerja, mengelola material pendukung. Dalam hal ini, penulis menjelaskan bahwa kegiatan marketing engineering yang sudah dilakukan dan sedang dijalani adalah menjual produk material peredam suara, peredam panas yang bergerak dibidang isolation dan beberapa material pendukung.

Metode

Adapun metode yang digunakan oleh penulis dalam memasarkan produk dengan cara aktivitas dan proses menciptakan, mengkomunikasikan, menyampaikan, dan mempertukarkan tawaran yang bernilai bagi pelanggan, klien, mitra dan masyarakat umum. Dan pemasaran dimulai dengan pemenuhan kebutuhan manusia yang kemudian bertumbuh menjadi keinginan manusia.

Hasil Kerja

1. Fungsi dan Manfaat Marketing Engineering

Untuk fungsi dari marketing engineering sendiri adalah untuk menghubungkan sebuah brand dengan calon konsumen. Dan agar dapat terhubung dengan baik, tentunya di dalam marketing engineering harus terdapat proses identifikasi seperti kebutuhan calon pelanggan serta bagaimana cara perusahaan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan tersebut.

Manfaat dari marketing engineering dalam bisnis sangatlah banyak contohnya yaitu :

- Untuk membantu target pasar dalam memahami produk dan layanan yang sedang kita tawarkan.
- Memberikan nilai tambah terhadap produk dan layanan yang kita punya.
- Sarana untuk melakukan branding
- Dapat membangun hubungan baik dengan target pasar.
- Bisa meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap produk dan layanan yang kita punya.
- Bisa menargetkan target pasar secara spesifik.
- Berguna untuk meningkatkan jumlah transaksi atau pembelian.

2. Psikologi Marketing Engineering

Jenis marketing yang pertama yang bisa kita terapkan dalam bisnis adalah jenis marketing engineering psikologi.

Jenis ini bertujuan untuk memahami memotivasi emosional target pasar dalam mempertimbangkan sebuah produk, singkatnya psikologi marketing engineering merupakan jenis marketing yang

 ISSN 2987-677X

memanfaatkan psikologi dan cara konsumen berpikir sehingga mereka menentukan serta memutuskan untuk melakukan pembelian.

3. Prospek Karir di Bidang Marketing Engineering

Semua bisnis tentunya membutuhkan marketing. Hal ini berarti menjadi seorang marketer menjadi salah satu karir yang yang dibutuhkan di bidang marketing engineering. Hal ini sangat berkesinambungan dengan memperkuat untuk jenjang profesi insinyur.

Kesimpulan

Untuk menghadapi permasalahan persaingan yang dihadapi para Insinyur lokal saat ini, perlu dilakukannya perubahan, terutama dalam sistem pendidikan di perguruan tinggi yang diharapkan dapat memperkuat hard skill dan juga soft skill dalam bidang *marketing engineering* dari calon insinyur kedepannya agar insinyur- insinyur kita yang baru akan muncul nanti dan mampu bersaing dengan baik, dalam bidang marketing pada umumnya bahkan sanggup mendominasi di lapangan pekerjaan yang tersedia.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Ibu Diah Asri Segala Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, bimbingan dan kasih karunia-Nya yang dilimpahkan kepada penulis, sehingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan makalah yang berjudul " Prospek Profesi Insinyur Dalam Bidang Marketing Engineering'. tepat pada waktunya.
Dalam menyusun makalah ini, penulis tidak luput dari berbagai kesulitan dan hambatan, namun atas bantuan dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya penulisan makalah ini dapat terselesaikan.
Untuk itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah membantu serta mendukung penulis dalam menyusun dan menyelesaikan makalah ini, yaitu kepada :

1. Ibu Prof.Ir.Felycia Edi Soetaredjo,S.T,.M.Phil,.Ph,D,.IPU,. ASEAN Eng. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
2. Bapak Dr.Ir.Ivan Gunawan, S.T,.M.MT,.CSCM,.IPM,.ASEAN Eng, selaku Ketua Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
3. Bapak Ir. Rasional Sitepu, M.Eng,.IPU, selaku Dosen Pembimbing Profesi Insinyur Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, yang telah banyak menyediakan waktu, tenaga, pemikiran dalam membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan makalah ini.
4. Bapak Ir. Andrew Joewono,S.T,.M.T,.IPU,. ASEAN Eng, selaku Dosen Teknik Elektro Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
5. Terima Kasih kepada keluarga yang banyak memberikan dukungan baik secara moril, materiil, spiritual kepada penulis selama kuliah hingga menyelesaikan makalah ini.

Referensi

Maxwell, J. C. (2013). How succesful People Lead. Surabaya: PT Menuju Insan Cemerlang.

Putra, A. (2011). The Power of Gerobak. Jogjakarta: Cakrawala.

T.Kyosaki, R. (2011). Rich dad poor dad. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Budiman, D. (2011). Tulisan Inspirasi pagi untuk sales. Jakarta: Raih Asa Sukses.

Diredja, T. G. (2012). Chairil Tanjung Si Anak Singkong. Jakarta: PT Kompas Media Nusantara.

Rangkuti, F. (2009). Strategi promosi yang kreatif. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Waringin, T. D. (2005). Financial Revolotion. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Waringin, T. D. (2010). Marketing Revolotion. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Budiman, D. (2011). Tulisan Inspirasi pagi untuk sales. Jakarta: Raih Asa Sukses.

Diredja, T. G. (2012). Chairil Tanjung Si Anak Singkong. Jakarta: PT Kompas Media Nusantara.

Rangkuti, F. (2009). Strategi promosi yang kreatif. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Waringin, T. D. (2005). Financial Revolution. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Waringin, T. D. (2005). Financial Revolution. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Waringin, T. D. (2010). Marketing Revolution. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Budiman, D. (2011). Tulisan Inspirasi pagi untuk sales. Jakarta: Raih Asa Sukses.

Diredja, T. G. (2012). Chairil Tanjung Si Anak Singkong. Jakarta: PT Kompas Media Nusantara.

Rangkuti, F. (2009). Strategi promosi yang kreatif. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

ISSN 2987-677X

Waringin, T. D. (2005). Financial Revolution. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Waringin, T. D. (2005). Financial Revolution. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Waringin, T. D. (2010). Marketing Revolution. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.