



PROFESI INSINYUR
Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

PROSIDING

SEMINAR PROFESI KEINSINYURAN
SURABAYA, 10 DESEMBER 2022



Seminar Praktik Keinsinyuran I 2022 - Teknologi Maju Untuk Mendukung Sustainable Development Goal



Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

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

ISSN 2987-677X



9 772987 677001

PROSIDING

Seminar Praktik Keinsinyuran I
Teknologi Maju Untuk Mendukung Sustainable
Development Goal



PROSIDING SEMINAR PRAKTIK KEINSINYURAN I TEMA

“TEKNOLOGI MAJU UNTUK Mendukung Sustainable Development Goal”

PENANGGUNG JAWAB

Ketua Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widy Mandala Surabaya
Dr. Ir. Ivan Gunawan, S.T., M.MT., CSCM., IPM., ASEAN Eng.

TIM EDITOR

Dra. Ir. Adriana Anteng Anggorowati, M.Si., IPU
Ir. Rasional Sitepu, M.Eng., IPU., ASEAN Eng.
Dr. Ir. Suratno Lourentius, MS., IPM.

TIM REVIEWER

Ir. Lusia Permata Sari Hartanti, S.T., M.Eng., CIOMP., IPM., ASEAN Eng.
Ir. Andrew Joewono, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.
Ir. Hadi Santosa, M.M., IPM.

KEYNOTE SPEAKER

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

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:
Ir. Rasional Sitepu, M.Eng., IPU., ASEAN Eng.
Dra. Ir. Adriana Anteng Anggorowati, M.Si., IPU
Dr. Ir. Suratno Lourentius, MS., IPM.

No. ISSN
2987-677X

Penyelenggara

Program Studi Profesi Insinyur Universitas Katolik Widy Mandala Surabaya
Surabaya, 10 Desember 2022

Copyright 2022

Universitas Katolik Widy Mandala Surabaya



PRAKATA TIM EDITOR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa. Prosiding yang berisi makalah-makalah yang dipresentasikan dalam Seminar Praktik Keinsinyuran I dengan Tema: Teknologi Maju Untuk Mendukung Sustainable Development Goal 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 materil selama proses editing prosiding Seminar Praktik Keinsinyuran hingga prosiding dapat diterbitkan. Kami juga mohon maaf apa apabila banyak kekurangan dalam editing Seminar Praktik Keinsinyuran ini.

Surabaya, 9 Januari 2023.

TIM EDITOR



SAMBUTAN KETUA PANITIA

Kami mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memperkuat keinsinyuran kita pada Seminar Praktik Keinsinyuran I yang bertema: “TEKNOLOGI MAJU UNTUK MENDUKUNG 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 dari praktik keinsinyuran kita. Dengan bangga, kami menghadirkan keynote speaker yang sudah tidak diragukan lagi rekan jejak keinsinyurannya Ir. Hartono Pranjoto, M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng. Beliau akan memberikan gambaran teknologi masa depan berbasis Microchip.

Pada kesempatan ini, kami menyampaikan terima kasih kepada Dekan Fakultas Teknik beserta jajarannya yang telah memberikan dukungan penuh bagi terselenggaranya Seminar Praktik Keinsinyuran I ini. Kami juga berterima kasih kepada keynote speaker, para pemakalah, seluruh panitia yang telah membantu dan berpartisipasi untuk kesuksesan pelaksanaan Seminar Praktik Keinsinyuran I ini. Terima kasih sebesar-besarnya kepada seluruh peserta seminar dan yang telah menyisihkan waktunya yang berharga untuk berpartisipasi dalam seminar ini. Atas nama panitia, kami menyampaikan permohonan maaf atas kekurangannya dalam pelaksanaan seminar ini. Selamat berseminar.

Surabaya, 10 Desember 2022

Ketua Panitia



DAFTAR ISI

DEWAN REDAKSI	i
PRAKATA TIM EDITOR	ii
SAMBUTAN KETUA PANITIA	iii
DAFTAR ISI	iv
Peran Animasi Dalam Proyek Master Plan dan DED Kawasan Wisata Boven Digoel	1-3
Studi Kasus Mengurangi Kesalahan Pembelian Sparepart di PT. XYZ Menggunakan Diagram Pareto dan Tindakan Korektifnya	4-7
Pengembangan Produk Tableware Bermotif Batik Kawung Bagi Industri Keramik Naruna	8-12
Evaluasi Distribusi Suhu pada Proses Sterilisasi Produk Minuman	13-14
Perbandingan Material Bata Merah dan Bata Ringan dalam Pembangunan Gedung Rawat Inap Extension RSU Kaliwates.....	15-17
Pengembangan Vegan dan Gluten Free Cookies	18-23
Pergerakan Massa Batuan, dengan Menggunakan Alat Monitoring Convergence Meter pada Deep Ore Zone di PT. Freeport Indonesia.....	24-26
Pedoman Pemeriksaan Kontrak Rancang Bangun.....	27-31
Audit Keselamatan Jalan (Studi Kasus Jalan Meliling, Samsam, Kabupaten Tabanan).....	32-35
Penilaian Kondisi Jalan Menggunakan Metode Bina Marga dan Pavement Condition Index (PCI) di Jalan Tendean, Kota Tabanan, Bali.....	36-40
Adjust Photometric (Sensor Pembacaan) Alat Kimia Klinik Otomatis.....	41-43
Penerapan Teknologi Pengolahan Limbah Dengan Sistem Bioreaktor Unggun Tetap Aerobik Menggunakan Media Biofilm Pada Limbah Cair Proses Flavoring.....	44-47
Pemilihan Trase Reaktivasi Jalur Kereta Api Lintas Stasiun Probolinggo – Stasiun Pelabuhan Probolinggo.....	48-52
Analisis Bangkitan dan Sebaran Perjalanan antar Stasiun Sebagai Dampak Perpanjangan Relasi KRI Solobalapan–Kutoarjo.....	53-58
Precautions for Jakarta-Bandung High-Speed Rail Infrastructure Project Cooperation: Construction at Night and in Storm.....	59-61
Perencanaan Komponen Jalan Rel Jalur Kereta Api Lintas Madiun-Dolopo.....	62-66
Evaluasi Kondisi Kerusakan Bangunan Sabo dan Gunung Merapi.....	67-70
Perbaikan Proses dan Material Untuk Produk Terstandar pada Industri Kecil Menengah (IKM) Cor Aluminium Asnawi Kota Yogyakarta.....	71-75



Assessment of the Vulnerability of Campus Buildings from Earthquakes Disaster Based on Android Applications.....	76-81
Optimasi Proses Powder Coating Melalui Rancang Bangun Oven dengan Sumber Panas Gas LPG.....	82-84
Otomatisasi Regulasi Tekanan Steam dengan PID Pressure Control Valve pada Proses Industri.....	85-88
Analisis Pengaruh Pengembalian Kondensat ke <i>Boiler</i> Terhadap Konsumsi Bahan Bakar <i>Boiler</i>	89-91
Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar dan Lereng Timbunan Reklamasi Menggunakan Metode Pre Loading.....	92-95
Desain Kursi Kuliah Inovatif dan Ergonomis dengan Pendekatan Antropometri.....	96-100
Pengaruh Stretching Melalui Media Tiktok Untuk Kecepatan Respon Kerja Pegawai dan Mengurangi Resiko Musculoskeletal Disorders.....	101-104
Strategi Peningkatan Jumlah Penjualan Kripik Usus Ayam pada Usaha Kecil Mikro.....	105-107
Evaluasi Pekerjaan Cut And Fill pada Proyek Kendal Aquagri.....	108-110
Perancangan Informasi Online Perpustakaan di STIKES Maharani Malang.....	111-113
Pengaruh Ergonomi dalam Pembelajaran Menunjang Profesionalisme Guru di Era Global.....	114-118



Peran Animasi dalam Proyek Master Plan dan DED Kawasan Wisata Boven Digoel

Ivan Fachrul Marsa¹ Andronikus Rimba²

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
✉ ivan_archi09@yahoo.com

² Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
✉ andronikusarchi@gmail.com

Pariwisata merupakan salah satu sub sektor ekonomi yang cukup mendapat perhatian dalam upaya meningkatkan perekonomian daerah yang dinilai mampu menyejahterakan kehidupan masyarakat. Pembangunan pariwisata tidak terlepas dari pengelolaan sumber daya alam, sumber daya manusia, dan sumber daya penunjang lainnya, serta keterlibatan dan peran serta stakeholders dan sub sektor ekonomi lainnya untuk mendukung keberhasilan suatu pembangunan pariwisata. Pembangunan pariwisata tidak terlepas dari peran dan penggunaan teknologi dalam mempresentasikan hasil karya desain dalam bentuk animasi untuk mendukung promosi keberhasilan suatu perencanaan pembangunan pariwisata. Pemakaian *software* Lumion mulai dikembangkan di beberapa negara. Dengan melihat fenomena ini, dapat dianalisis beberapa faktor yang mempengaruhi minimnya penggunaan *software* animasi di proyek skala Kawasan.

Kata kunci: Pariwisata, Lumion, Animasi Proyek Arsitektur

Pendahuluan

Pariwisata merupakan salah satu sub sektor ekonomi yang cukup mendapat perhatian dalam upaya meningkatkan perekonomian daerah yang dinilai mampu menyejahterakan kehidupan masyarakat. Pembangunan pariwisata tidak terlepas dari pengelolaan sumber daya alam, sumber daya manusia, dan sumber daya penunjang lainnya, serta keterlibatan dan peran serta *stakeholders* dan sub sektor ekonomi lainnya untuk mendukung keberhasilan suatu pembangunan pariwisata.

Kabupaten Boven Digoel merupakan bagian dari Provinsi Papua Selatan adalah daerah yang berpotensi dengan berbagai keanekaragaman sumber daya pariwisata, meliputi alam dan budaya serta pengembangan ekowisata. Wisata alam muncul sebagai salah satu objek wisata yang menyatakan wisata hutan, wisata pemancingan, wisata budaya, wisata edukasi dan wisata flora dan fauna dengan keindahan alam.

Pembangunan yang dilakukan suatu daerah harus memperhatikan potensi yang dimiliki oleh daerah, sehingga kebijakan yang dibuat oleh pemerintah daerah harus mengacu kepada potensi yang dimiliki dan peluang pengembangannya, baik di sub sektor pariwisata maupun sektor kebudayaan atau lintas sektoral. Terkait dengan hal tersebut, setiap daerah hendaknya dapat mengenali potensi dan kekuatannya serta mengembangkannya menjadi komoditas unggulan daerahnya berdasarkan potensi spesifik lokasi kearah yang lebih baik agar potensi yang dikembangkan tersebut mampu menjadi penggerak utama pembangunan ekonomi.

Pembangunan pariwisata tidak terlepas dari peran dan penggunaan teknologi dalam mempresentasikan hasil karya desain dalam bentuk animasi untuk mendukung promosi keberhasilan suatu perencanaan pembangunan pariwisata.

Penggunaan *software* di dalam bidang kearsitekturan banyak memberikan kontribusi yang berarti di dalam perencanaan Master Plan Kawasan. Namun demikian pada sisi yang lain terdapat fenomena yang menarik, yaitu penggunaan program Lumion tidak sefamiliar pada penggunaan *software* perencanaan arsitektur lainnya (Bob dan Brown, 2005).

Sebagai contoh, pemakaian *software Lumion* mulai dikembangkan di beberapa negara. Dengan melihat fenomena ini, dapat dianalisis beberapa faktor yang mempengaruhi minimnya penggunaan *software* animasi di proyek skala Kawasan.

Metode

Proyek ini menggunakan metode dengan pendekatan yang berlandaskan pada penggunaan *software lumion*. Pendekatan dilakukan untuk mencapai tujuan proyek ini, maka akan digunakan suatu pencapaian presentasi proyek yang menerapkan strategi penerapan objektif. Proyek ini mengambil data langsung atau dengan melakukan observasi dari hasil perencanaan detail *engineering design* yang telah dilakukan di awal proyek. Metode yang digunakan dalam proyek ini adalah metode penelitian Tindakan, dimana metode yang satu ini memiliki tujuan untuk menguji dan mengembangkan sesuatu serta untuk menemukan dan menciptakan Tindakan baru sehingga jika Tindakan tersebut diterapkan dalam proyek, maka dapat membantu proses kerja menjadi lebih mudah, cepat, dan memberikan hasil berkualitas.

Hasil Kerja

Presentasi Lebih Cepat

Lebih banyak waktu untuk dihabiskan pada desain, lebih sedikit pada proses *rendering*. Lumion memungkinkan alur kerja dan kecepatan *rendering* dari pada kebanyakan program *rendering* atau visualisasi lainnya. Didapatkan hasil

menakutkan yang ideal untuk presentasi proyek, pengembangan desain, pemasaran arsitektur khususnya pada proyek Kawasan Wisata Boven Digoel.

Konteks Lengkap

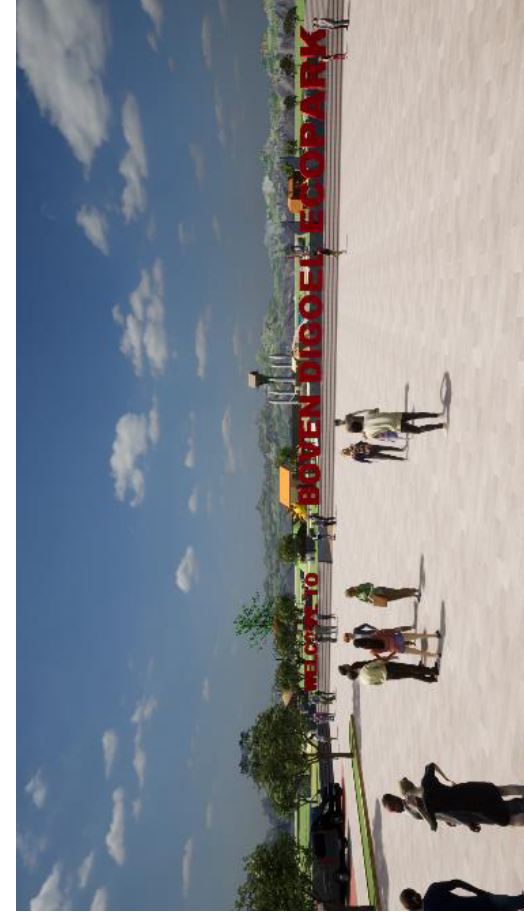
Perangkat lunak visualisasi *Lumion* sangat cocok dengan alur kerja proyek arsitektur sekarang ini. Selain merampingkan *rendering* proyek juga menemukan bahwa dengan menggunakan *software* ini dapat menyelesaikan lebih banyak proyek khusus pada proyek Kawasan wisata Boven Digoel. Dalam beberapa tahun ini pergerakan teknologi visualisasi sangat cepat. Maka dari itu, penggunaan teknologi dalam mempresentasikan hasil karya desain dalam bentuk animasi untuk mendukung promosi keberhasilan suatu perencanaan Kawasan (Peter, 2005).

Ceklist Pertimbangan *Lumion*

Tabel 1. Ceklist pertimbangan memilih *software lumion*
Ceklist Pertimbangan

Lingkup Kerja Operasi	System	-	Windows 7, 10 dan 11
Kemudahan Penggunaan		-	Menu bantuan
		-	Kelengkapan dokumentasi
		-	Kecepatan kerja
Aktifitas / Kegiatan		-	Jumlah maksimum kegiatan yang di mungkinkan dalam satu proyek
		-	Kemampuan mendesain dalam jadwal yang sangat padat
		-	Jumlah maksimum hubungan unit desain dalam satu proyek
Deteksi Kesalahan		-	Bagaimana kemudahan melihat dan mencetak laporan
		-	Apabila ada pengulangan dapat dianalisa kembali
		-	Dapat mengidentifikasi setiap desain yang error
Sumber Daya		-	Terdapat banyak layout
		-	Terdapat banyak komponen pelengkap dalam pembuatannya
		-	Memaksimalkan penggunaan material
		-	Terdapat banyak perintah otomatis yang simple
Keluaran		-	Rendering 3D dengan berbagai tampilan
		-	Rendering vidio animasi dengan lebih realistis
		-	Virtual Reality
		-	Argument Reality
		-	360 Vidio
Proyek		-	Dapat menangani berbagai macam proyek mulai dari bangunan tunggal sampai

	Kawasan	
-	Terdapat berbagai karakter dan indentifikasi pada proyek	
-	Proyek interior maupun exterior	



Gambar 1. Contoh Gambar Proyek 1



Gambar 2. Contoh Gambar Proyek 2



Gambar 3. Contoh Gambar Proyek 3



Gambar 4. Contoh Gambar Proyek 4



Gambar 5. Contoh Gambar Proyek 5



Gambar 6. Contoh Gambar Proyek 6



Gambar 7. Contoh Gambar Proyek 7

Kesimpulan

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berlakunya globalisasi diberbagai bidang termasuk dunia perencanaan sehingga tidak terhindarkan pemakaian perangkat lunak ini (*Lumion*)
2. Akan banyaknya kontrak proyek yang menyaratkan pengelolaan proyek dengan aplikasi program animasi *Lumion*
3. Proyek-proyek berskala besar dengan aktivitas-aktivitas yang banyak sangat tidak mungkin dapat dikendalikan secara manual untuk itu mendapatkan hasil yang optimum diperlukan presentasi secara virtual animasi
4. Secara perlahan-lahan lingkungan pendidikan, maupun lembaga pelatihan mulai memasukkan program aplikasi Lumion dalam pelajarannya
5. Tentu saja nantinya akan terjadi keluaran (*output*) lebih besar daripada masukan (*input*) sehingga

otomatis aplikasi perangkat lunak *lumion* akan menjadi keniscayaan.

Ucapan Terimakasih

Akhir kata, diharapkan nantinya akan menjadi persyaratan dalam perencanaan proyek arsitektur, sehingga dimungkinkan pemakaian yang luas untuk kemajuan dibidang dunia perencanaan dan konstruksi di Indonesia.

Ucapan terimakasih kepada Developer: Act-3D B.V. Selaku pengembang *Software Lumion* yang telah membuat pekerjaan presenasi proyek lebih mudah. juga sangat berterimakasih kepada Pemerintah kabupaten Boven Digoel khususnya Dinas Pariwisata, Pemuda dan Olahraga selaku Pemberi Pekerjaan Master Plan Kawasan Wisata dan terimakasih kepada PT. Pangripta Wanua Konsulindo selaku perusahaan penanggung jawab proyek yang telah mempercayai kami untuk Mengelola proyek tersebut menjadi hasil akhir proyek dalam bentuk Presentasi animasi visual.

Referensi

Martens, B. dan Brown, A. (2005). *Computer Aided Architectural Design Future 2005*. Springer.
Szalabaj, P. (2005). *Contemporary Architecture and the Digital Design Process*. Architectural Press.



Studi Kasus Mengurangi Kesalahan Pembelian Sparepart di PT XYZ Menggunakan Diagram Pareto dan Tindakan Korektifnya

Helen Stevanes

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ stevaneshelen@gmail.com

Kesalahan pembelian sparepart adalah hal yang sering terjadi dalam industri manufaktur. Kesalahan pembelian mengakibatkan kerugian bagi perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor penyebab terjadinya kesalahan pembelian sparepart dan mencari solusi untuk meminimalkan kesalahan tersebut. Jenis penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif yang diperoleh dengan cara wawancara dan observasi di lapangan, kemudian diolah menggunakan diagram pareto. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kesalahan pembelian sparepart terbanyak disebabkan oleh miss komunikasi, salah ukur, produk sudah diskontinu, dan informasi spek yang tidak lengkap. Berdasarkan analisis diagram pareto, kasus kesalahan terbanyak disebabkan oleh kurang terampilnya tenaga kerja pada perusahaan tersebut. Untuk mengatasi masalah tersebut tindakan korektif yang dapat dilakukan adalah melatih tenaga kerja yang ada, jika tidak dapat dilatih maka harus mengganti dengan tenaga kerja yang lebih kompeten di bidangnya. Sebelum melakukan rekrutmen karyawan, perusahaan harus melakukan seleksi untuk mendapatkan karyawan yang kompeten di bidangnya.

Kata kunci: Kesalahan Pembelian, Sparepart, Diagram Pareto, Tindakan Korektif

Pendahuluan

PT XYZ adalah perusahaan manufaktur industri kopi di daerah Gresik, yang memiliki beberapa merk kopi. Kopi tersebut dipasarkan di Dumai. Perusahaan ini berdiri tahun 1971. Saat ini perusahaan ini dipimpin oleh generasi kedua, masih dalam fase peralihan kepemimpinan, sehingga terjadi perubahan sistem manajemen (Moleong, 2007). Di PT XYZ sering terjadi kesalahan pembelian barang, namun yang saya soroti adalah pembelian sparepart mesin yang berkaitan dengan proses produksi, perawatan mesin, dan perawatan aset perusahaan. Kesalahan pembelian sparepart mesin di PT XYZ sering terjadi dan menyebabkan kerugian bagi perusahaan karena *spare part* yang salah spesifikasinya tersebut tidak dapat digunakan. Selain itu kesalahan membeli *sparepart* menghambat efektivitas kerja staff *purchasing* dan teknik karena harus bolak-balik menukarkan barang, dan *lead time* kedatangan barang menjadi lebih lama. Kesalahan pembelian ini sering terjadi, sehingga perlu dilakukan analisis penyebab terjadinya kesalahan untuk menemukan solusi untuk mengurangi kesalahan tersebut. Untuk melakukan suatu perbaikan, kita perlu mengidentifikasi akar penyebab masalah, jika kita sudah mengetahui akar penyebabnya, maka suatu permasalahan akan mudah diselesaikan (Gunawan & Tannady, 2016).

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan analisis kualitatif dengan diagram pareto. Metode diagram pareto adalah salah satu dari tujuh alat dasar untuk mengendalikan kualitas. Prinsip pareto disebut juga dengan prinsip 80-20

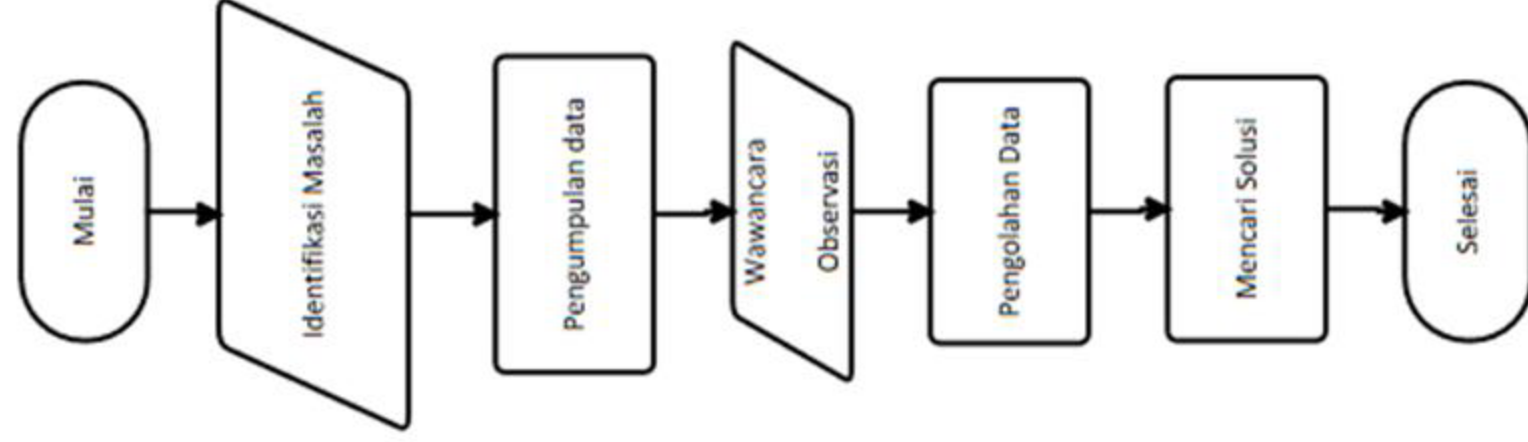
yaitu dengan mengatasi 20% masalah, maka akan meningkatkan 80% hasil kerja.

Penulis melakukan wawancara dengan beberapa departemen terkait yaitu departemen HCS (*Human Capital Services*) dan departemen teknik selaku user (orang yang mengajukan permintaan barang termasuk sparepart mesin) dan beberapa vendor sparepart mesin untuk menemukan akar permasalahan sekaligus mencari solusi untuk permasalahan yang terjadi.

Metode

Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi serta merumuskan masalah yang terjadi di PT XYZ, Kemudian penulis menyusun pertanyaan untuk melakukan wawancara serta mengelola hasil wawancara tersebut menggunakan diagram pareto (Fernandez, 1996). Setelah itu mencari solusi untuk menyelesaikan masalah tersebut.

Prosedur pengambilan data dapat dilihat di diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Hasil Kerja

Pengumpulan data sparepart yang salah beli dan penyebabnya

Kesalahan membeli sparepart adalah hal yang umum terjadi di suatu perusahaan. Banyak faktor yang membuat kesalahan pembelian terjadi. Untuk mengurangi faktor-faktor kesalahan tersebut suatu perusahaan wajib melakukan perbaikan. Perbaikan kinerja dapat dilakukan dengan berfokus menyelesaikan masalah satu persatu secara fokus. Dengan menggunakan prinsip pareto 80-20 perusahaan dapat meningkatkan efektifitas dengan mengatasi permasalahan pembelian sparepart yang frekuensinya kesalahannya paling tinggi. Hal ini penulis lakukan dengan tujuan mengurangi biaya pengeluaran akibat kesalahan beli sparepart, terutama sparepart yang tidak bisa ditukarkan yang akhirnya tidak terpakai di gudang atau menyebabkan staf purchasing harus kembali lagi ke toko untuk menukarkan barang yang salah beli, dimana hal tersebut memperpanjang waktu lead time dan down time serta pemborosan waktu dan biaya transportasi. Untuk mendapatkan fakta yang akurat, maka penulis melakukan observasi lapangan dan wawancara langsung kepada departemen gudang teknik, departemen HCS dan

departemen purchasing. Kemudian fakta-fakta tersebut disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Sparepart yang salah dan penyebab salah beli

No	Nama sparepart yang salah beli	Penyebab salah beli
1	O'Ring ukuran 2 X 18	Teknisi salah ukur (tenaga kerja kurang terampil)
2	Paku rivet	Bagian gudang tidak menginfokan harus beli merk tertentu. (spek tidak jelas)
3	Kawat las	Toko salah memberi barang yang dipesan adalah kawat las stainless tapi yang diberikan untuk mengelas besi, akhirnya barang harus ditukarkan (kesalahan vendor)
4	Plat huruf untuk kode sachet	User tidak memberi contoh barang dan ukuran yang jelas (spek tidak jelas)
5	Repair kit rem atas forklift EP	Teknisi salah mengidentifikasi part mesin yang rusak dan tidak mau bertanggung jawab, malah melimpahkan kesalahan pada departemen purchasing. Kesalahan membeli part tersebut karena forklift merk EP diproduksi di china, umumnya juga sudah sudah lama, sehingga ada sparepartnya harus disubstitusi dengan merk lain, dengan ukuran dan spesifikasi yang sama. Kesulitan tersebut bertambah parah dengan <i>nameplate</i> sparepart mesin yang hilang (memudar). Teknisi menggantikan pembelian sparepart 100% pada staff purchasing. Sehingga cocok tidaknya sparepart yang harus bertanggung jawab jika ada kesalahan adalah staf purchasing. Dari pihak staff purchasing meminta pendapat teknisi, tetapi teknisi juga tidak bisa memutuskan barang mana yang sesuai. Kemampuan teknisi dalam hal forklift masih sangat kurang. (tenaga kerja kurang terampil)
6	Selang <i>flexible</i> tahan panas 1"	Teknisi tidak mengukur OD pipa yang akan dimasukkan ke selang <i>flexible</i> , hanya mengira-ngira. (tenaga kerja kurang terampil)
7	<i>Pressure gauge</i> 2,5"	Vendor salah memberi barang yang tidak ada tulisan minus (-) ada skala <i>pressure gauge</i> , padahal sudah dijelaskan secara detail bahwa skalanya harus minus. (kesalahan vendor)
8	Baut untuk rak	Baut salah warna, padahal sudah dipasang satu box, user baru komplain bahwa bautnya salah warna. User tidak memiliki spek yang jelas saat memberikan permintaan barang. (spek tidak jelas)



9	Cetak PCB	Kesalahan karena teknisi menggambar pola PCB di <i>mirror</i> , padahal oleh pencetaknya sudah di <i>mirror</i> , sehingga posisi kanan dan kiri komponen yang di pasang terbalik. (miskomunikasi)			Salah beli karena salah pilih bengkel untuk membuat end seal sesuai gambar teknik yang sudah diserahkan sebagai pedoman. Kendala yang dialami vendor adalah gigi end seal tidak bisa rata, bagus, dan mulus. Untungnya vendor bertanggung jawab melakukan revisi sampai sesuai dengan standar yang diminta PT.XYZ. Salah memilih vendor ini terjadi karena permintaan end seal ini urgent. Penulis sudah meminta penawaran harga dan estimasi pengerjaan kepada beberapa vendor. Tetapi yang berani memastikan end seal selesai tepat waktu dan harganya paling murah diantara vendor yang lain adalah CV Aulia Raya. Tetapi setelah barang jadi, hasilnya tidak sesuai standar. (kesalahan vendor)
10	Tombol panel mesin	Tombol panel mesin salah warna, user tidak mau. Penyebabnya kurang komunikasi antara staff purchasing dan user. (miskomunikasi) Switch panel mesin dianggap salah beli oleh manajer teknik. Padahal merk, kode dan tipenya sama. Perbedaananya hanya di warna dan ukuran tombol putarnya saja. Sudah saya tanyakan ke vendor authorized distributor moeller eaton, bahwa sejak dulu, moeller eaton bentuk saklarnya hitam. Tombol panel mesin PT XYZ warnanya merah dan lebih tebal, dengan merk yang sama. Ternyata barang tersebut adalah bawaan dari mesin, sehingga memiliki sedikit perbedaan dengan barang yang beredar di pasaran. Teknisi di lapangan tidak ada komplain dengan perbedaan tombol putar, setelah di pasang pun tidak terjadi masalah pada panel dan mesin. Yang permasalahan adalah manajer teknik, yang lain tidak ada masalah. (tenaga kerja kurang kompeten)	14	End Seal mesin packaging	Salah beli karena vendor salah memberi barang. Barang yang diberikan tidak sesuai dengan angka yang tertera pada sparepart eksisting. (kesalahan vendor)
11	Switch panel mesin merk moeller eaton	Dianggap salah beli, karena gliserin dipisah, tidak diisikan langsung ke dalam pressure gaugennya. Staff purchasing disuruh mengembalikan nya ke vendor. Setelah ditelusuri mereka bilang tidak punya alat untuk mengisi pressure gauge dengan gliserin. Manajer teknik berpendapat bahwa cara mengisinya harus menggunakan alat di suntik. Barang tersebut tidak jadi dikembalikan, karena penulis mengisi sendiri pressure gauge dengan gliserin tanpa alat, hanya perlu membuka tutup karet dan menuang glycerine kedalam pressure gauge, kemudian ditutup kembali. Dari kasus ini dapat disimpulkan bahwa manajer teknik tidak mengerti. (tenaga kerja kurang kompeten)	15	Kapasitor	Salah karena ukuran konektornya berbeda. Kesalahan tersebut terjadi karena connectornya tidak diukur oleh vendor, padahal saat beli kami purchasing staff sudah membawakan contoh. Untungnya boleh ditukarkan. (kesalahan vendor)
12	Pressure Gauge 2,5"	Dianggap salah beli, karena gliserin dipisah, tidak diisikan langsung ke dalam pressure gaugennya. Staff purchasing disuruh mengembalikannya ke vendor. Setelah ditelusuri mereka bilang tidak punya alat untuk mengisi pressure gauge dengan gliserin. Manajer teknik berpendapat bahwa cara mengisinya harus menggunakan alat di suntik. Barang tersebut tidak jadi dikembalikan, karena penulis mengisi sendiri pressure gauge dengan gliserin tanpa alat, hanya perlu membuka tutup karet dan menuang glycerine kedalam pressure gauge, kemudian ditutup kembali. Dari kasus ini dapat disimpulkan bahwa manajer teknik tidak mengerti. (tenaga kerja kurang kompeten)	16	Charger Timbangan	Gudang tidak memberi info staff purchasing bahwa paku beton yang ada di klem kabel harus yang warna putih, bukan hitam dan harus merk tertentu (miskomunikasi)
13	Prestone radiator coolant	Salah beli warna yang diminta adalah warna hijau tapi barang yang datang berwarna merah. Barang tersebut ditolak. Hal ini terjadi karena miss komunikasi dalam tim purchasing yang membuat PO dan yang pergi membeli barang (miss komunikasi).	17	Klem kabel	Berkali kali dikembalikan ke bengkel yang membuat untuk di revisi, karena ada bagian yang kurang menurut user, ternyata user salah memberi ukuran pada gambar teknik yang sudah di desain (tenaga kerja kurang kompeten)
			18	End seal kemasan 35 gram	Vendor salah memberi barang, padahal sudah diberi nameplate (kesalahan vendor)
			19	Filter udara forklift	User tidak tahu type seal yang cocok untuk hand palet, sehingga melakukan trial and error beberapa tipe seal dan bahan. (tenaga kerja kurang kompeten)
			20	Seal Hand pallet	

Hasil observasi ini kemudian dikelompokkan berdasarkan penyebab terjadinya kesalahan menggunakan diagram pareto untuk mengetahui penyebab kesalahan pembelian yang frekuensinya lebih tinggi dan harus diselesaikan terlebih dahulu.

Pengolahan data menggunakan tabel dan diagram

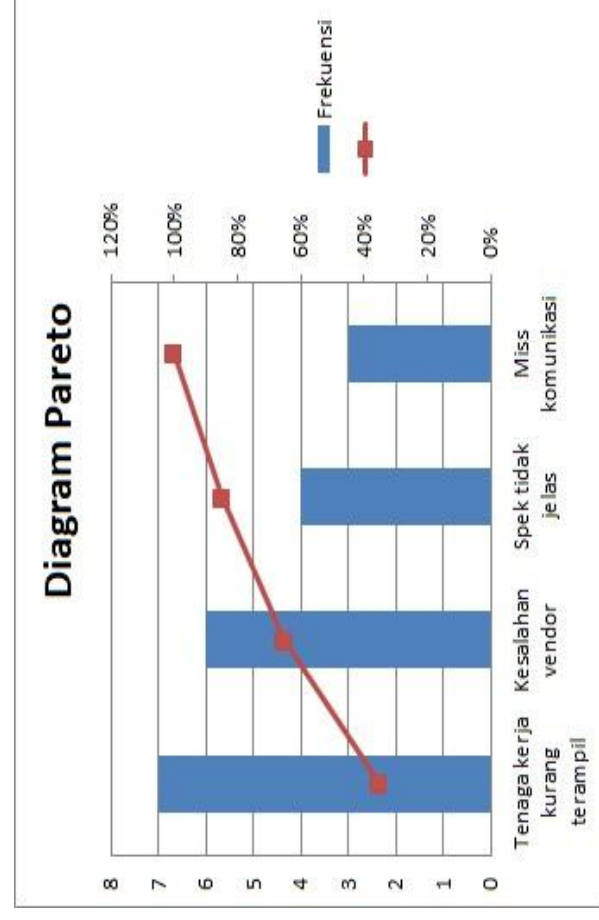
Penulis telah melakukan wawancara dan survei lapangan lalu membuat tabel sparepart yang salah beli dan penyebab salah beli (Tabel 1). Kemudian dari data tersebut penulis mengolah lagi Tabel 1 menjadi tabel yang lebih sederhana untuk mendefinisikan permasalahan penyebab salah beli pada Tabel 2.



Tabel 2. Pengolahan data dari tabel1

Penyebab Kesalahan	Frekuensi	Persentase
Tenaga kerja kurang terampil	7	35%
Kesalahan vendor	6	30%
Spek tidak jelas	4	20%
Miskomunikasi	3	15%

Berikutnya, Tabel 2 diolah menjadi diagram pareto dan didapat hasil pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Pareto

Kesimpulan

Dari data analisis tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa penyebab kesalahan pembelian sparepart yang paling banyak adalah tenaga kerja yang kurang terampil yaitu teknisi. Kesalahan tersebut karena teknisi salah ukur, kurang teliti, kurang pengetahuan dan pengalaman dibidang tertentu, serta kurang update info dan desain sparepart terbaru.

Untuk memperbaiki keadaan tersebut, tenaga kerja harus diberikan pelatihan agar lebih terampil. Jika tidak dapat dilatih dengan baik, terpaksa harus mengganti tenaga kerja tersebut dengan tenaga kerja lain yang lebih kompeten dibidangnya, yang mau belajar terus menerus dan mengupdate info mengenai teknologi terbaru secara mandiri maupun dibimbing oleh orang yang sudah expert di bidangnya.

Divisi HCS juga harus berhati-hati dalam menyeleksi tenaga kerja yang akan direkrut dengan cara melakukan beberapa tes saat merekrut untuk memastikan kompetensi calon karyawan. Dapat juga dilihat berdasarkan pengalaman kerja, prestasi yang telah diraih di tempat bekerja sebelumnya.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT XYZ, teman teman tim *purchasing*, teman teman dari divisi HCS, divisi gudang teknik, teknisi, serta user di PT XYZ. yang telah mendukung proses penelitian ini sehingga berjalan dengan baik.

Referensi

Moleong, L. J. (2007). Metode Penelitian Kualitatif. Bandung: Remaja Rosdakarya.

Gunawan, C.V., & Tannady, H. (2016). Analisis Kinerja Proses dan Identifikasi Cacat Dominan pada Pembuatan Bag dengan Metode Statistical Proses Control. Jurnal Teknik Industri Vol.XI, No 1, Januari 2016

Fernandez, Ricardo R (1996). Total Quality in Purchasing & Supplier Management. (Edi Nugroho, terjemahan). Jakarta: Pustaka



Pengembangan Produk Tableware Bermotif Batik Kawung bagi Industri Keramik Naruna

**Paulus Wisnu Anggoro^{1,2}, Tonny Yuniarto^{1,2},
Baju Bawono^{1,2}, Raka Audrick Badeswara²**

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

² Program Studi Teknik Industri, Departemen Teknik Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

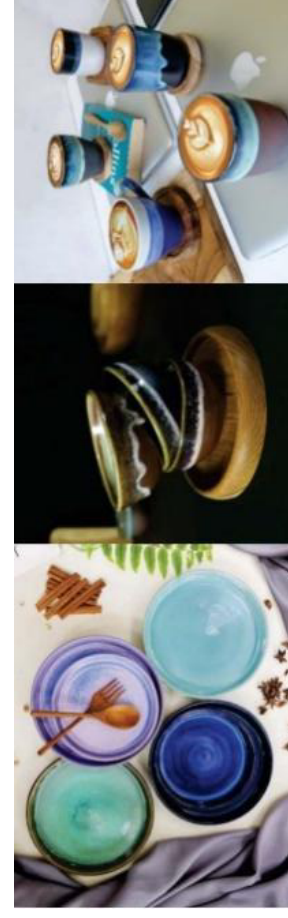
✉ wisnu.anggoro@uajy.ac.id

Batik Kawung adalah salah satu motif batik yang paling populer di Indonesia dan menggambarkan karakter asli budaya Indonesia dari buah pohon aren dan bentuk hewan Rhynchophorus. Motif ini dapat ditampilkan sebagai ornamen yang menarik dan artistik ketika ditempelkan pada permukaan produk keramik. Penampakan ornamen batik ini dapat meningkatkan nilai jual produk keramik tersebut. Solusi praktis untuk mendapatkan ornamen produk ini tidak lagi menggunakan teknologi handmade seperti yang biasa dilakukan oleh Naruna Keramik Studio, namun menggunakan aplikasi teknologi computer aided reverse engineering system (CARE System). Dalam penelitian ini, desain virtual dan manufaktur (VDM) berdasarkan teknologi Perangkat Lunak artistik ArtCAM Pro 2015, Autodesk PowerShape, dan PowerMill digunakan untuk menghasilkan motif batik kawung dari format .JPG menjadi Gambar model 2.5D dengan format .STL. Dengan bantuan software tersebut, motif batik melekat pada permukaan piring polos untuk menjadi piring dengan motif batik Kawung menggunakan metode pembungkus. Studi ini berhasil mendapatkan satu set desain dan produk keramik piring bermotif emboss yang presisi, akurat dan dapat diproduksi massal di industri keramik lokal Indonesia. Hasil akhir menunjukkan bahwa simulasi mesin virtual yang dihasilkan menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan tepat, presisi, akurat, dan dapat langsung diolah manufaktur nyata pada mesin router CNC.

Kata kunci: Batik Kawung, CARE System, CNC Router, Piring Keramik Emboss

Pendahuluan

Pengembangan desain produk keramik tableware bermotif Batik Kawung ini merupakan salah satu kegiatan kolaborasi riset bersama antara penulis dengan industri keramik lokal di Indonesia yang telah dibangun sejak 2018 sampai dengan saat ini. Kegiatan ini sebenarnya adalah upaya penulis memecahkan masalah desain dan manufaktur produk keramik emboss yang presisi, akurat dan dapat diproduksi massal di industri keramik.



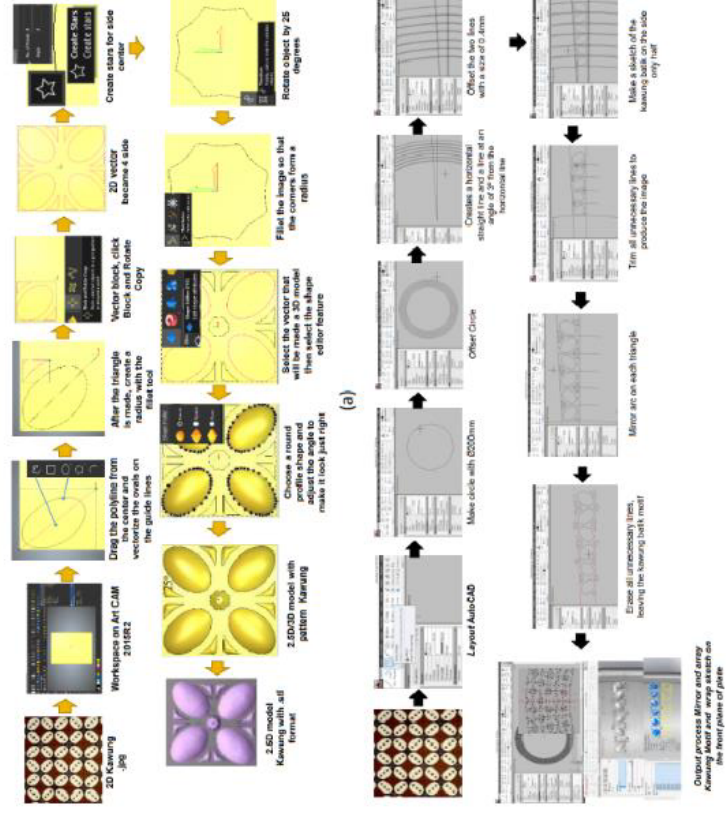
Gambar 1. Produk Naruna

Keramik atau kramos adalah suatu bentuk produk dari tanah liat yang telah mengalami proses pembakaran. Keramik tableware merupakan aksesoris dalam industri food and beverage dan banyak dijumpai di hotel, restoran, perumahan elit, museum, dan cafe. *Tableware* adalah semua peralatan makan yang dapat ditaruh di atas meja seperti: piring, gelas, saucer, sauce dish, mangkok, teko, cangkir, sendok, dan garpu. Nilai jual keramik akan menjadi tinggi bila diberikan hiasan berupa ornamen dengan kontur relief dan warna unik serta berkarakter yang menghiasi dinding atau permukaan tableware. Ornamen ini didesain

sesuai sejarah atau perkembangan zaman. Ciri khas dasar ornamen batik Indonesia umumnya berbentuk geometric, flora dan alam. Kebutuhan keramik tableware dengan ornamen unik, presisi, akurat dan dalam jumlah besar sangat tidak mungkin dihasilkan oleh beberapa industri keramik di Indonesia yang sampai saat ini masih tergantung pada kemampuan ahli seni rupa (handmade). Kondisi ini juga terjadi pada PT Gyan Kreatif Indonesia dan Naruna Ceramic Studio saat memenuhi permintaan pihak konsumen akan produk keramik bermotif, unik berwarna, dan berciri khas. Dalam konteks desain produk manufaktur modern penggunaan teknologi desain berbasis *computer aided design* (CAD) merupakan syarat mutlak untuk mendapatkan produk keramik yang berkualitas, presisi, akurat dan tepat. CAD dalam proses desain keramik, digunakan engineer untuk membangkitkan gambar sketch 2 Dimensi atau gambar foto dalam format .jpg secara cepat, tepat dan presisi menjadi 3 Dimensi seperti yang diinginkan pelanggan. Oleh karena itu, desain yang dibantu dengan peralatan komputer akan memainkan peran penting dalam fabrikasi dan komersialisasi seni keramik modern dalam industri keramik Indonesia ke depan. Namun dalam konsep seni keramik tradisional tahapan ini benar-benar sangat bergantung pada ide kreatif dan inovatif dari tangan terampil desainer itu sendiri dan seringkali membutuhkan waktu yang sangat lama ketika akan mewujudkan produk baru sesuai keinginan pelanggan.

Dalam konteks desain produk manufaktur modern menurut Jin Gui Yao (2017); Ai hong Wang dkk. (2014); Onchea (2013) and Anggoro, dkk. (2015; 2019; 2021; 2022)

parang, batik parang rusak barong dan kawung. Batik Kawung paling banyak digunakan karena motif batik ini sederhana, namun memiliki nilai filosofis yang tinggi. Tahap pembangkitan motif Kawung pada CAD menggunakan 2 type software CAD disajikan pada Gambar 4).



Gambar 4. Tahap pembangkitan motif Kawung dari .JPG menjadi gambar 2.5D model: a. ArtCAM, b. AutoCAD dan Solidworks

Pemilihan referensi motif batik kawung tersebut didasarkan pada tingkat kerumitan dan kedetailan yang tidak terlalu tinggi dibandingkan dengan motif batik lainnya. Tujuannya adalah untuk memudahkan ketika proses machining produk tersebut. Setelah didapatkan motif batik yang akan digunakan, kemudian dilakukan proses perancangan motif batik menggunakan software AutoCAD 2014. Penulis merancang motif disesuaikan dengan ukuran piring yang akan dibuat yaitu 27 cm, 22 cm, dan 18 cm. Masing – masing ukuran piring menggunakan desain dengan ukuran yang berbeda-beda.

Pemilihan Jenis Piring

PT. Gyan Kreatif Indonesia memproduksi berbagai jenis piring (*dining plate tableware*) keramik dengan berbagai ukuran. Piring keramik yang diproduksi oleh PT. Gyan Kreatif Indonesia menggunakan standar jenis piring dari eropa. Dilansir dari laman Kopinadmin (2019) terdapat 6 jenis *dining plate tableware* dengan fungsi dan ukuran masing – masing, diantaranya ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis, Ukuran, dan Fungsi Piring

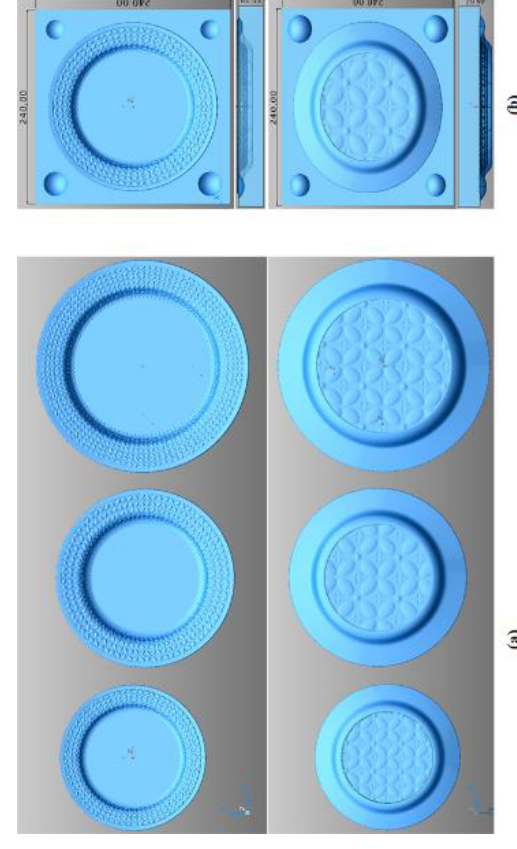
No	Jenis Piring	Ukuran	Fungsi
1	Dinner Plate	27 cm	Hidangan utama
2	Dessert Plate	18 cm	Makanan penutup (<i>Snack, dessert</i>)
3	Bread and Butter Plate	15 cm	Roti, mentega

4	Soup Plate/Bowl	-	Makanan berkuah (Sup)
5	Salad Bowl	22 – 20 cm	Salad
6	Appetizer Plate	≥ 17 cm	Makanan pembuka

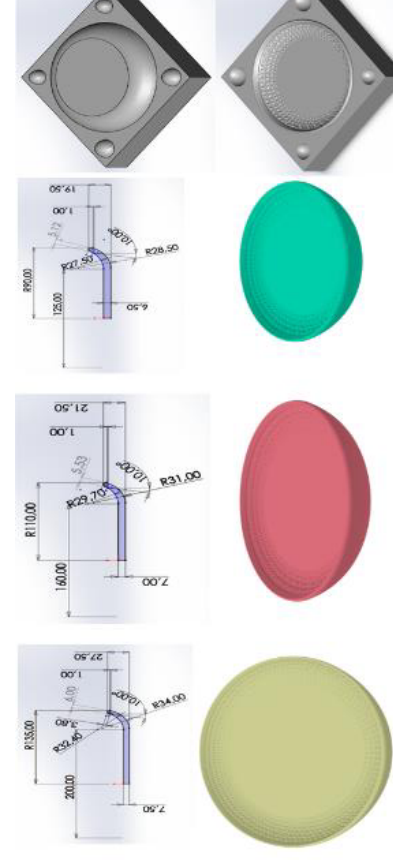
Pada studi ini, akan dirancang 3 buah jenis piring dengan ukuran dan fungsi yang berbeda. PT. Gyan Kreatif Indonesia dan Tim Riset Kedai Reka beserta peneliti sekuat untuk membuat *dining plate* (ukuran 27cm), *appetizer plate* (ukuran 22cm), dan *dessert plate* (ukuran 18cm). Dalam diskusi tersebut disepakati bahwa ketiga jenis piring tersebut cukup untuk memenuhi standar di restoran dan acara lainnya. Impian dari pada PT. Gyan Kreatif Indonesia adalah untuk dapat memadukan budaya Indonesia dengan piring –piring yang berstandar Eropa dan Amerika.

3D CAD model desain

Hasil desain pada gambar 4 kemudian di import ke CAD untuk ditempelkan pada permukaan piring dining plate menggunakan proses *wrapping*. Dua jenis CAD (ArtCAM dengan PowerShape untuk Gambar 5 serta AutoCAD dengan Solidworks untuk Gambar 6) digunakan dalam studi ini untuk memperlihatkan bahwa terdapat kesamaan bentuk, geometri dan prosedur dalam tahapan desain piring berbasis CAD sehingga pada akhirnya dapat diterapkan oleh industri keramik local di Indonesia yang akan beralih ke teknologi modern dalam proses desain cetakan tableware.



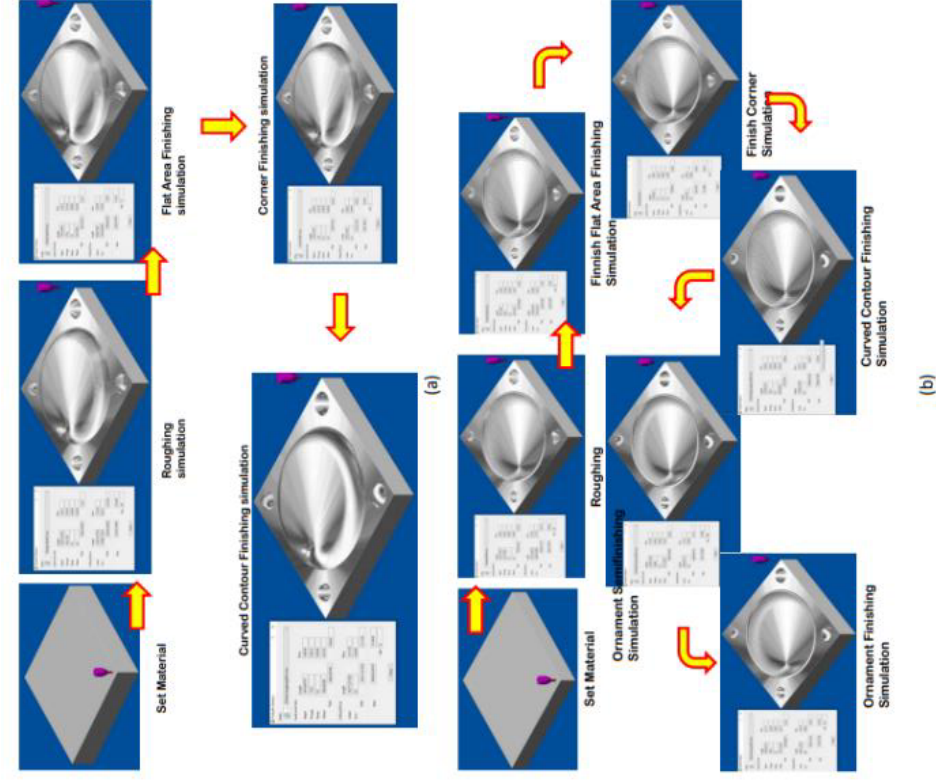
Gambar 5. 3D model piring *tableware* motif Kawung: (a) desain dining plate , (b) desain master core dan cavity



Gambar 6. 3D model gambar desain piring, master core dan cavity piring *couple tableware* motif Kawung

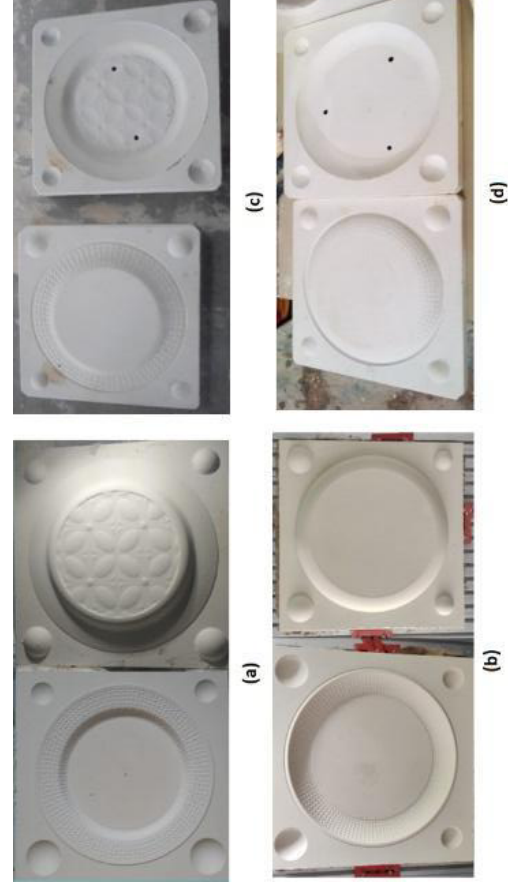
Virtual Desain and manufaktur Piring

Gambar desain master core & cavity dari kedua jenis piring yang ada pada Gambar 4 dan Gambar 5 selanjutnya diimport ke software CAM untuk dilakukan proses optimasi virtual machining menggunakan software PowerMill. Aktivitas ini dilakukan oleh penulis untuk mendapatkan strategi pemesianan dan NC code yang optimal secara virtual machining yang kemudian dapat dilihat hasilnya secara simulasi seperti yang disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Virtual machining piring couple menggunakan CAM PowerMill: a. simulasi core; b. simulasi cavity

Proses manufaktur master core & cavity untuk kedua jenis piring ini dikerjakan menggunakan mesin CNC router berdasarkan NC Code yang diperoleh dari proses optimasi CAM pada Gambar 7. Hasil simulasi ini juga pernah dikerjakan oleh peneliti sebelumnya [Wang et al, 2014; Yao, 2017; Anggoro et al, 2018; Anggoro et al, 2019; Anggoro et al, 2021a; Anggoro et al, 2021b; Anggoro et al, 2022; Oncea et al, 2013; Othman, 2014] dengan hasil sempurna. Hasil dari mesin CNC router berupa master produk cetakan core & cavity (Gambar 8a dan Gambar 8b) untuk kedua jenis piring yang kemudian dalam proses fabrikasi di Naruna dilanjutkan dengan proses pembuatan *mold cetakan piring* (Gambar 8c dan Gambar 8d) menggunakan teknik plaster dengan material gypsum. Dari mold cetakan piring inilah kemudian dilakukan proses fabrikasi (Gambar 9) secara detail oleh Tim Fabrikasi Naruna dari tahap *casting material clay cair ke mold* cetakan piring sampai pembakaran di kiln sebanyak dua kali pada temperatur 1000 sd 1200° C sampai didapatkan satu set dining plate dan piring couple bermotif batik kawung (Figure 8).



Gambar 8. Produk cetakan piring berbahan gypsum: (a) master cetakan dining plate dari CNC router; (b) master cetakan piring couple dari CNC router; (c) mold cetakan dining plate; (d) mold cetakan piring couple



Gambar 9. Fabrikasi piring keramik tableware bermotif batik Kawung di Naruna

Hasil akhir dari studi ini adalah berupa produk piring dining set dan piring couple yang hasilnya dapat disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Piring dining plate dan clay piring couple

Kesimpulan

Study pengembangan desain produk keramik bermotif batik Kawung berbasis teknologi CARE System ini sukses dikerjakan oleh penulis dengan menghasilkan luaran berupa gambar desain piring dining plate dan piring couple diameter 18, 22 dan 27 cm yang dilanjutkan dalam proses manufaktur pembuatan master produk core & cavity piring menggunakan mesin CNC router. Hasil manufaktur master core & cavity ini selanjutnya juga berhasil dikerjakan dengan sangat baik oleh industri keramik



local Naruna menjadi produk piring dining plate dan piring couple yang siap dipasarkan.

Penelitian kedepan akan lebih dititik beratkan pada pengembangan desain tableware lain seperti bowl, mug, teko set bermotif batik or budaya Indonesia.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Bapak Roy Suryo Prabowo, S.Si dan Bapak Oka Dwi Wahyu, ST selaku owner, Direktur dan Kepala R&D PT Gyan Kreatif Indonesia dan Naruna Ceramic Studio yang telah membantu peneliti dari tahap ide sampai produk keramik jadi. Kemendikbud Ristek Dikti melalui PMO Matching Fund Kedai Reka Tahun 2021-2022 yang telah memberikan dukungan dana sepenuhnya dalam pengembangan desain produk keramik ini. Grant Number: 157/E5/PG.02.00.PT/2022 (30 Mei 2022) dan 1989.4/LL5-INT/ PG.02.00/2022/168/LPPM-Pen/Eks.; PKS nomor: 164/E1/KS.06.02/2022 dan Nomor: 114/Eks/PKS.MF/VII/2022.

Referensi

- Ai-hong Wang, Shi-tao Sai, Ya-ming Liu. (2014). The High Computer Technology Application Study about the Daily-Use Ceramic Products Design. IERI Procedia, 10, 184 – 189.
- Anggoro PW, Bawono B, Sujatmiko I. (2015). Reverse engineering technology in redesign process ceramics: application for CNN plate. Procedia Manufacturing. 4, 521 – 527.
- Anggoro P.W., Tauviquirrahman M., Jamari J., Bayuseno A.P., Wibowo J., Saputro Y.D. (2019). Optimal design ang fabrication of shoe last for ankle foot orthotics for patients with diabetes. International Journal of Manufacturing, Material and Mechanical Engineering. Volume 9-issue 2- April June 2019
- Anggoro, P. W., Krisnayuda, M. B., Yuniarto, T., Bawono, B., Suharyanti, Y., Felasari, S., Setyohadi, D. B., Widymanarka, O. K. W., Bayuseno, A. P. (2022). Virtual Design and Machining of Core and Cavity for Fabrication of Dining Plate Tableware with Kawung Batik Pattern, Cogent Engineering, 9(1), 1 – 15, <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2084985>
- Anggoro, P. W., Tauviquirrahman, M., Jamari, J., Bayuseno, A. P., Bawono, B., Avelina, M. M. (2018). Computer-aided Reverse Engineering System in The Design and Production of Orthotic Insole Shoes for Patients with Diabetes, Cogent Engineering, 5(1), 1 – 20, <https://doi.org/10.1080/23311916.2018.1470916.0>
- Anggoro, P. W., Wijaya, T. A. R., Yuniarto, T., Bayuseno, A. P., Jamari, J., Tauviquirrahman, M., Setyohadi, D. B. (2021). Reverse Engineering from 3D Mesh to Ceramic Product in The Form of Miranda Kerr Tea for One Teapot in PT. Doulton Indonesia, Cogent Engineering, 8(1), 1 – 20, <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1981522>
- Anggoro, P. W., Yuniarto, T., Tauviquirrahman, M., Jamari, J., Bayuseno, A. P., Purwanto, A. B., Widymanarka, O. K. W. (2021). Puzzle Islamic Floral Patterns Product Tiles for Wall and Ceiling to Decorate of Al Huda Mosque Indonesia – Design, Manufacturing, and Fabrication, Lecture Notes in Mechanical Engineering, pp. 549 – 562.
- Badan Standardisasi Nasional, 2018, SNI 7275: 2018 Keramik Berglasir – Tableware – Alat Makan dan Minum, Jakarta.
- Jin Gui Yao (2017). Application of Computer Aided Design in Ceramic Art Design. 2017 International Oancea, G., Ivan, N. V., & Pescaru, R. (2013). Computer aided reverse engineering system used for customized products. Annals of MTeM for 2013 & Proceedings of the 11th International MTeM Conference Published by MTeM 2013, Cluj-Napoca, Romania, Editor N. Bâlc. THE 11th INTERNATIONAL MTeM CONFERENCE, 17th –19th OCTOBER 2013. Pp 181–186.
- Othman, H.I. (2012). Role of computer aided design and computer aided manufacturing technology in prosthetic implant restorations. International Journal of Dental Clinics, 4(4), 22-34. ISSN: 0975-8437.
- Rini, A., S.. (2019). SNI Tableware diperbarui, <https://kemenperin.go.id/artikel/20226/SNI-Tableware-Diperbarui>, diakses pada 8 Juni 2022.
- Santoki, K. J. (2018). Computer Aided Manufacturing (CAM), Department of Mechanical Engineering, Darshan Institute of Engineering & Technology, Rajkot, https://doi.org/10.1007/978-3-642-70272-3_2Anggoro, dkk. (2015; 2019; 2021; 2022)
- Wang, A, Sai, S., Liu, Y. (2014). The High Computer Technology Application Study about the Daily-Use Ceramic Products Design. Jingdezhen Ceramic Institute, Jingdezhen Jiangxi 333001. China.



Evaluasi Distribusi Suhu pada Proses Sterilisasi Produk Minuman

William Kusnanto¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ Kusnanto.william@gmail.com

Ketahanan pangan merupakan sebuah aspek yang harus diperhatikan dewasa ini, salah satu cara untuk meningkatkan ketahanan pangan adalah dengan memproses sebuah produk pangan dengan proses yang baik dan benar. Salah satu proses yang sudah kuno dan ada sejak dahulu adalah proses termal. salah satu aspek yang harus diperhatikan dalam proses termal adalah distribusi panas. distribusi panas merupakan fondasi dari proses sterilisasi suatu produk pangan. proses pengujian dan evaluasi dari distribusi panas adalah memberikan perlakuan kapasitas maksimal pada retort dengan asumsi jika terjadi kemungkinan terburuk saat proses dilakukan. faktor penting yang harus diperhatikan saat distribusi adalah bentuk kemasan, instalasi retort dan juga waktu proses. secara garis besar hasil pengujian distribusi di PT X berjalan dengan baik.

Kata kunci: Ketahanan Pangan, Distribusi Panas, Sterilisasi

Pendahuluan

Dewasa ini ketahanan pangan sudah menjadi sebuah topik yang selalu disampaikan dan disebarluaskan ke khalayak umum dalam rangka menstabilkan permintaan dan supply. maka dari itu dibutuhkan semua proses atau metode pengolahan yang bisa meningkatkan ketahanan pangan.

Teknologi proses termal sudah menjadi salah satu inti dalam proses pengolahan dan pengawetan pangan. Teknologi proses termal sendiri sudah dilakukan sejak 1841 oleh Nicolas Appert dalam proses pengolahan makanan kaleng. Suhu proses merupakan faktor penting dalam proses pengolahan yang berdampak terhadap fisikokimia, organoleptik dan keamanan pangan (Hariyadi, 2018). Salah satu aspek yang harus diperhatikan suatu proses pangan yang berkaitan dengan suhu proses adalah mengenai distribusi suhu dalam sebuah proses mencapai kestabilan dan kekonsistenan suatu proses pengolahan (Richardson, 2001).

Berdasarkan Peraturan Kepala Badan POM RI nomor 24 tahun 2016, pangan steril komersial didefinisikan sebagai pangan yang berasam rendah yang dikemas secara hermetis, disterilisasi komersial dan disimpan pada suhu ruang. "Produk steril komersial dapat berupa pangan steril komersial yang disterilisasi setelah dikemas maupun yang diolah dengan proses aseptis.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja retort yang digunakan di PT X khususnya mengenai distribusi temperatur di seluruh geometri (ruang dalam) retort yang menggunakan Botol Kaca 200 x 605 sebagai kemasan. Evaluasi distribusi suhu penting dilakukan untuk memastikan proses sterilisasi yang tepat, terutama untuk memastikan proses pemanasan yang homogen pada retort telah tercapai.

Metode

Metode yang digunakan untuk pengamatan penelitian distribusi panas ini adalah memberikan kapasitas maksimal pada retort yang digunakan dengan asumsi jika terjadi kemungkinan terburuk saat proses dilakukan.

Studi distribusi temperatur dilakukan seolah-olah jadwal proses berada pada kapasitas penuh, jumlah maksimum keranjang yang terisi penuh dengan wadah (ukuran terkecil yang digunakan di pabrik), suhu awal produk minimum, tekanan header uap minimum, dan pengaturan parameter sterilisasi lainnya (suhu dan tekanan) tetap konstan seperti yang biasa dilakukan. Prosedur atau praktik operasi yang biasa dilakukan juga diamati dan dievaluasi, terutama untuk memastikan praktik prosedur sterilisasi yang konsisten dan aman.

Hasil Kerja

Hasil studi distribusi temperatur untuk Retort No.2 yang diuji menggunakan Botol Kaca ukuran 200 x 605 sebagai wadah *ballast* Trial No.1 dan Trial No.2 yang dilakukan di pabrik PT X ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2 masing-masing.



Kesimpulan

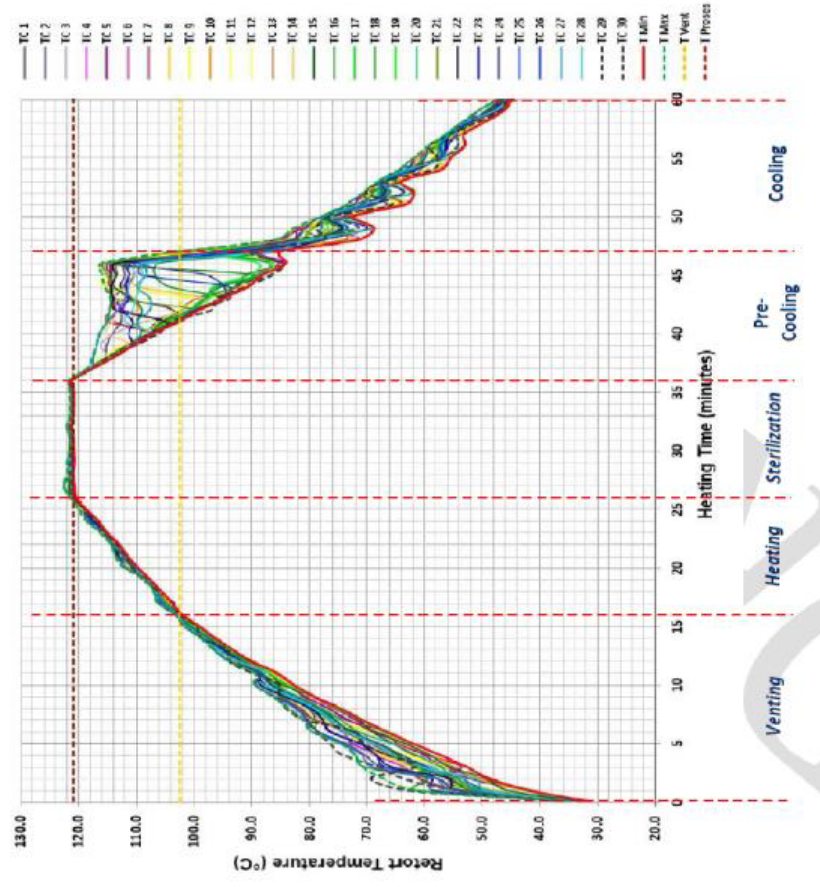
Pada kondisi percobaan untuk mensimulasikan kemungkinan kondisi terburuk selama pemrosesan Botol Kaca 200 x 605, Retort yang diuji di PT X memiliki kinerja yang baik kinerja dan properti distribusi suhu saat menggunakan program retort seperti yang direncanakan

Ucapan Terimakasih

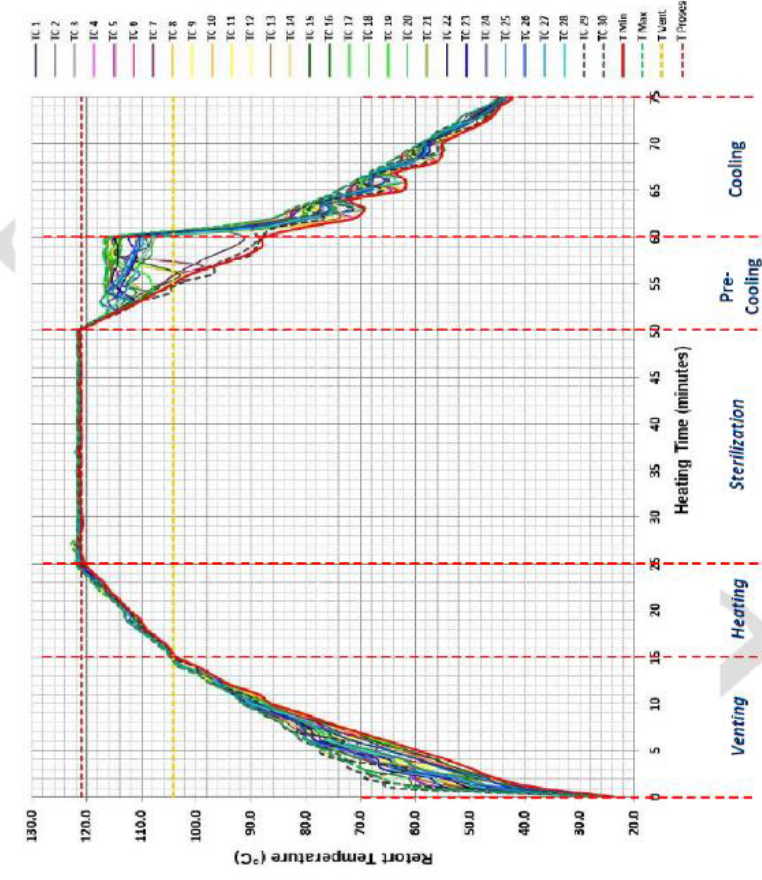
Ucapan terimakasih ditujukan kepada orang-orang berperan penting yang membantu dalam proyek penulis. Ucapan terimakasih juga dapat ditujukan kepada instansi yang mendanai proyek penulis.

Referensi

- Hariyadi, P. (2018). Teknologi Proses Termal Untuk Industri Pangan. Media Pangan Indonesia.
- Richardson, P Ed. (2001). Thermal Technologies in Food Processing. CRC Press: Woodhead Publishing Limited.



Gambar 1. Distribusi temperature pada trial 1



Gambar 2. Distribusi temperature pada trial 2

Uji distribusi panas dalam media pemanas adalah tahap pertama dalam studi penetrasi panas. Namun, Uji distribusi panas yang seragam di seluruh proses belum tentu memastikan proses tersebut aman. Karena suhu yang seragam tidak menjamin perpindahan panas yang seragam. Karena itu, keseragaman suhu adalah dasar proses yang harus dicapai. selain itu ada hal lain yang harus diperhatikan yaitu tentang jebakan udara saat proses. salah satu proses yang bisa dilakukan untuk meminimalisir adanya jebakan udara adalah menambah panjang periode pembuangan udara di awal proses (*venting*) (Richardson, 2019; Hariyadi, 2018). Jika mengacu pada Gambar 1 dan 2 pada saat awal proses dimana suhu di awal proses tidak seragam seiring dengan peningkatan suhu dan lama waktu proses menunjukkan grafik yang semakin menyempit dan stabil. Selain itu faktor instalasi mesin dan bentuk kemasan akan berpengaruh terhadap keseragam proses distribusi panas.



Perbandingan Material Bata Merah dan Bata Ringan dalam Pembangunan Gedung Rawat Inap Extension RSU Kaliwates

Sandi Agung E.N¹, Suratno Lourentius¹, Hartono Pranjoto¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ aen.sandi@gmail.com

Material bata merupakan salah satu material arsitektur yang sangat dominan digunakan sebagai fungsi partisi dalam proyek pembangunan suatu Gedung. Dengan berkembangnya teknologi konstruksi, kini terdapat pilihan material bata ringan yang diproduksi secara fabrikasi dengan metode mengisikan udara kedalam beton secara "kimiaawi" Autoclaved Aerated Concrete (AAC).

Dalam pekerjaan suatu proyek tentu telah tertuang di dalam kontrak perihal komitmen mutu, waktu dan biaya, hal tersebut menjadi tujuan untuk membandingkan material bata merah yang diproduksi konvensional/ handmade dengan bata Ringan yang diproduksi oleh pabrikan untuk mengetahui keunggulan material tersebut dari aspek mutu, waktu dan biaya.

Dengan melakukan Survey Primer & Sekunder, Observasi dan Analisa komparatif, didapati kedua material tersebut memiliki keunggulan dan kekurangan. Instalasi bata merah memiliki keunggulan kekedapan suara dan harga satuan per meter yang lebih terjangkau sedangkan bata ringan memiliki keunggulan karakteristik mutu, waktu pekerjaan lebih efisien dan stok material yang lebih terjangkau.

Kata kunci: Bata Ringan, Bata Merah, Mutu, Waktu, Biaya

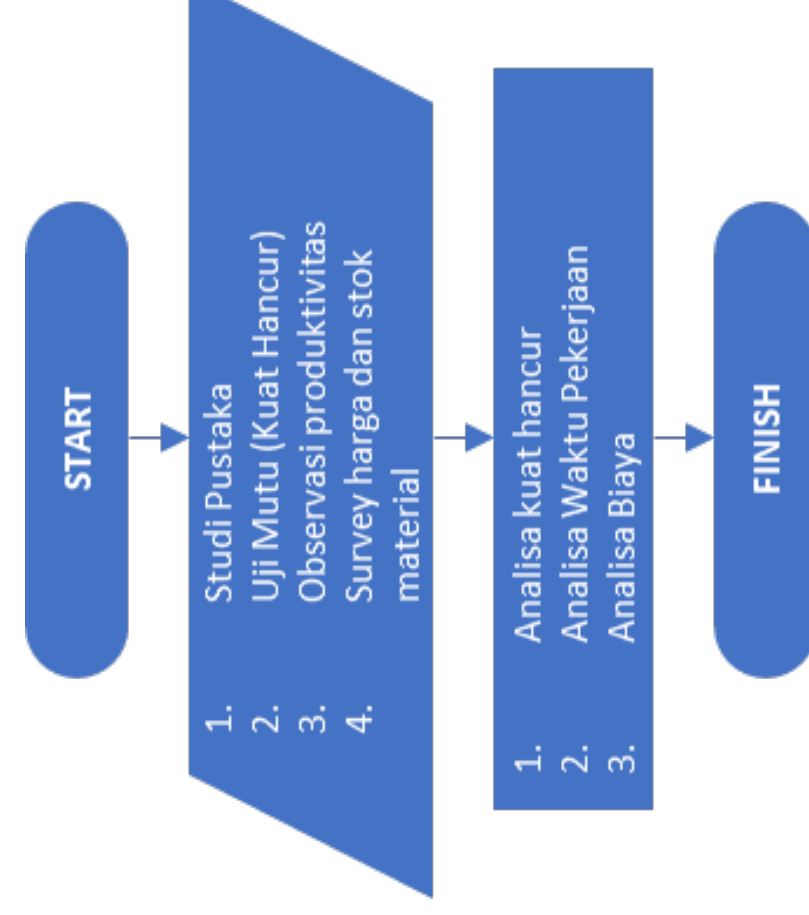
Pendahuluan

Kemajuan teknologi menjadikan usaha konstruksi kini memanfaatkan inovasi dengan tujuan untuk lebih mengoptimalkan hasil pekerjaan. Kepraktisan metode pelaksanaan serta instalasi material menjadi pilihan sebagai upaya untuk mempercepat waktu pekerjaan dengan tetap mempertimbangkan aspek mutu dan biaya (Tedja, 2014).

Dinding merupakan fungsi yang selalu ada dalam utilitas konstruksi Rumah maupun Gedung bertingkat tinggi. Material dinding umumnya menggunakan bata merah yang dalam produksinya menggunakan metode konvensional (handmade) yang terbuat dari tanah liat kemudian dikeringkan oleh sinar matahari. Saat ini telah tersedia material dinding bata ringan yang diproduksi oleh teknologi pabrik dengan menggunakan metode AAC dimana pengeringan menggunakan mesin Autoclave (Arruna, 2014). Hal ini menjadi latar belakang penelitian, untuk membandingkan bata merah dan bata ringan dengan tujuan mengetahui keunggulan dan kekurangan dari aspek mutu, waktu dan biaya kedua material tersebut. Penelitian dilakukan dengan menganalisa data-data primer dan sekunder dari bata merah dan bata ringan untuk membandingkan karakteristik kedua material tersebut yang bertujuan untuk memperoleh hasil material dinding yang lebih baik dari aspek mutu, waktu dan biaya.

Metode

Metode yang digunakan dalam penulisan karya ilmiah ini dapat terinformasikan pada diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

1. Studi pustaka, yaitu untuk mendapatkan data dan informasi yang diperlukan dalam penulisan karya ilmiah. Data yang didapatkan berupa data sifat material secara detail serta perbandingannya dengan material lainnya
2. Analisa data Primer yaitu uji kuat tekan di laboratorium material bata ringan dan bata merah masing-masing 5 sampel yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik



kuat tekan kedua material tersebut.

3. Observasi produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan bata merah dan bata ringan.
4. Survey harga dan stok material bata merah dan bata ringan.
5. Analisa Komparasi Mutu, Waktu dan Biaya material bata merah dan bata ringan.

Hasil Kerja

Ruang lingkup penelitian Bata merah berdasarkan data-data bata ringan diperoleh dengan pengamatan produktivitas pekerja pada proyek Gedung Rawat Inap Extension RSU Kaliwates Jember. Hasil perbandingan bata merah dan bata ringan adalah sebagai berikut:

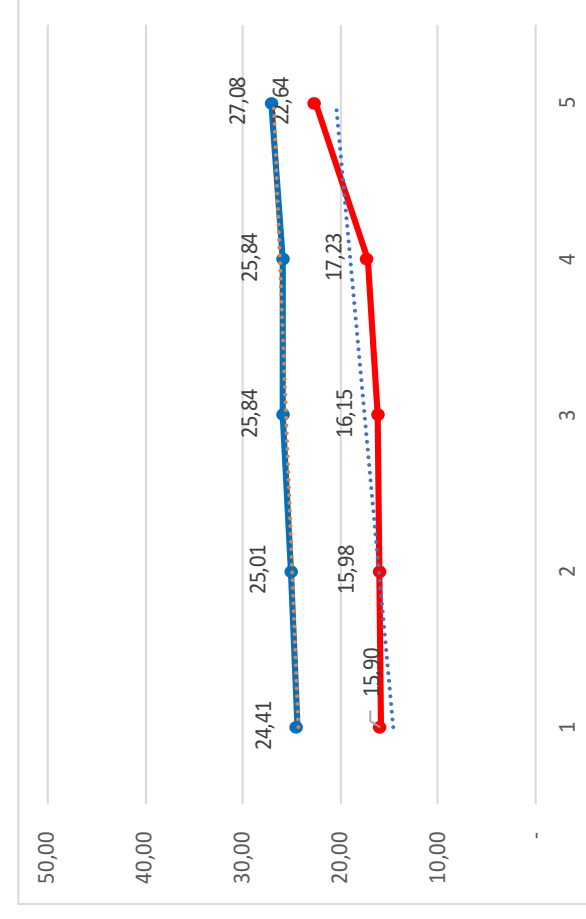
Hasil Perbandingan Mutu

Mutu material dinding diketahui dari pengujian kuat tekan untuk mengetahui mutu karakteristik bata merah lokal kabupaten Jember dan bata ringan AAC menggunakan merk Falcon dengan masing-masing 5 sample material. Dari hasil uji laboratorium maka didapat hasil sesuai pada table di bawah ini

Kuat Hancur (kg/cm ²)	Sample					Rerata
	1	2	3	4	5	
Bata Merah	15,90	15,98	16,15	17,23	22,64	16,01
Bata Ringan	24,41	25,01	25,84	25,84	27,08	25,64

Dari Tabel 1 di atas diketahui nilai karakteristik mutu kuat hancur bata ringan 25,64 Kg/cm² atau 45% lebih unggul bila dibandingkan bata merah dengan nilai kuat tekan 17,58 Kg/cm².

Bila ditinjau dari analisa perubahan bata ringan memiliki nilai 24,94% selisih 7,94% lebih rendah bila dibandingkan dengan bata merah senilai 17,00%, hal ini menunjukkan bahwa kestabilan karakteristik mutu bata ringan lebih stabil dibanding bata merah



Gambar 2. Komparasi kuat hancur bata merah perbandingan bata ringan

Dari Gambar 2 diketahui secara karakteristik bata ringan lebih konsisten dibandingkan bata merah, hal ini sangat dipengaruhi oleh kestabilan dalam proporsi bahan pendukung material dan kestabilan proses pengeringan.

Hasil Perbandingan Waktu

Perbandingan waktu pekerjaan bata merah dan bata ringan dilakukan dengan melakukan observasi produktivitas pekerjaan dinding pada proyek Gedung rawat inap *extension* RSU Kaliwates Jember, hasil komparasi waktu pada *table* di bawah ini :

Tabel 2. Hasil Produktivitas Bata Merah

Jenis Man Power	Jumlah Man Power	Waktu (jam)	Luasan (m ²)	Produktivitas (m ² /jam)	Produktivitas O/(m ² (jam) Koef. O/H (8 jam)	
Pekerja	2	10	8,4	0,84	2,3810	0,2976
Tukang	1	10	8,4	0,84	1,1905	0,1488

Dari Tabel 2 didapat produktivitas bata merah per jam adalah 0,84m²

Tabel 3. Hasil Produktivitas Bata Merah

Jenis Man Power	Jumlah Man Power	Waktu (jam)	Luasan (m ²)	Produktivitas (m ² /jam)	Produktivitas O/(m ² (jam) Koef. O/H (8 jam)	
Pekerja	1	40	62,4	1,56	0,6410	0,0801
Tukang	1	40	62,4	1,56	0,6410	0,0801

Dari Tabel 3 didapat produktivitas bata ringan per jam adalah 1,56 m²

Tabel 4. Perbandingan waktu pelaksanaan bata merah dan bata ringan

Jenis Man Power	Bata Merah		Bata Ringan	
	Produktivitas	Koef. O/H	Kebutuhan per m ²	Koef. O/H
Pekerja Tukang batu	0,840	0,298	1,560	0,080
		0,149		0,080

Dari tabel 4 diketahui waktu pelaksanaan material dengan satuan per hari bata ringan diperoleh nilai 1,56 m² selisih 0,88 m² atau lebih cepat 2,32 kali bila dibandingkan bata merah dengan nilai 0,67 m²

Hasil Komparasi Biaya

Komparasi biaya diestimasikan Bata merah dengan SNI 6897:2008 sedangkan Bata ringan menggunakan metode observasi. Hasil komparasi harga dapat diketahui pada Tabel 5.



Tabel 5. Analisa harga satuan pekerjaan per m2 Bata Merah

Kebutuhan	Satuan	Indeks	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Upah				
Pekerja	O/H	0,298	80.000,00	23.809,52
Tukang batu	O/H	0,149	90.000,00	13.392,86
Kepala tukang	O/H		100.000,00	-
Mandor	O/H		115.000,00	-
Subtotal A				37.202,38
Material				
Bata Merah	Bh	72,000	550,00	39.600,00
Portland Cement	Kg	2,000	13.000,00	26.000,00
Pasir Pasang	m3	0,038	150.000,00	5.700,00
Subtotal B				71.300,00
Alat Bantu				
Alat Bantu	Ls	1,000	5.000,00	5.000,00
Subtotal C				5.000,00
TOTAL A+B+C				113.502,38

Tabel 6. Analisa harga satuan pekerjaan per m2 Bata Ringan

Kebutuhan	Satuan	Indeks	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Upah				
Pekerja	O/H	0,080	80.000,00	6.410,26
Tukang batu	O/H	0,080	90.000,00	7.211,54
Kepala tukang	O/H	0,008	100.000,00	801,28
Mandor	O/H	0,012	115.000,00	1.382,21
Subtotal A				15.805,29
Material				
Bata Ringan Ex Falcon	Bh	13,750	9.800,00	134.750,00
Perekat Bata Ringan	Sak	0,105	150.000,00	15.750,00
Subtotal B				150.500,00
Alat Bantu				
Alat Bantu	Ls	1,000	5.000,00	5.000,00
Subtotal C				5.000,00
TOTAL A+B+C				171.305,29

Dari Tabel 5 dan 6 diketahui harga per m2 material bata ringan Rp171.305,- dengan selisih Rp57.802,- atau lebih mahal dari bata merah senilai Rp113.502,-

Kesimpulan

Dari uraian pendahuluan latar belakang masalah serta yang metode penelitian yang bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara bata merah dengan bata ringan dari aspek mutu, waktu dan biaya untuk konstruksi dinding, maka dapat mengerucut kesimpulan sebagai berikut.

Ditinjau dari aspek mutu diketahui nilai karakteristik mutu kuat hancur bata ringan 25,64 Kg/cm² atau 45% lebih unggul bila dibandingkan bata merah dengan nilai kuat tekan 17,58 Kg/cm².

Ditinjau dari aspek waktu diketahui waktu pelaksanaan material dengan satuan per hari bata ringan diperoleh nilai 1,56 m² selisih 0,88 m² atau lebih cepat 2,32 kali bila dibandingkan bata merah dengan nilai 0,67m²

Ditinjau dari aspek biaya diketahui harga per m2 material dengan satuan per hari bata ringan diperoleh nilai Rp171.305,- dengan selisih Rp 57.802,- atau lebih mahal dari bata merah senilai Rp 113.502,-

Dari sebagaimana di atas dapat disimpulkan bahwa bata ringan lebih unggul dibandingkan bata merah bila ditinjau dari aspek mutu dan waktu pekerjaan, sedangkan aspek biaya bata merah lebih unggul dibandingkan bata ringan

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada :

1. DR.Ir. Suratno Lourentius, M.S.,IPM. selaku dosen Dosen Pembimbing
2. Ir. Hartono Pranjoto, M.Sc., Ph.D., IPU. dosen Dosen Pembimbing
3. Dr.Ir Ivan Gunawan, S.T., M.MT., IPM., CSCM selaku Ketua Program Studi Profesi Insinyur
4. Drg. Donny Koeswoyo selaku Plt Direktur PT Rolas Nusantara Medika
5. Drg Bambang Satriadi, M.Si Selaku Vice President PT Rolas Nusantara Medika
6. Dr Zunita Ahmadah K.D., M.Kes selaku SEVP PT Rolas Nusantara Medika
7. CV Pena Konsultan Konsultan
8. PT Citra Mandiri Cipta

Referensi

- Arruan, Arthur. (2014). Analisis Koefisien Harga Satuan Tenaga Kerja di Lapangan Dengan Membandingkan Analisis Sni Dan Analisa Bow pada Pembesian dan Bekisting Kolom, Manado.
- Tedja, Michael (2014). Perbandingan Metode Konstruksi Dinding Bata Merah Dengan Dinding Bata Ringan, Jakarta Barat.



Pengembangan Vegan dan Gluten Free Cookies

Monica Hartono¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ monicahartono.fnb@gmail.com

Cookies Vegan dan Gluten Free merupakan inovasi produk Cookies yang terbuat dari tepung non terigu dan menggunakan produk non hewani dan turunannya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui rangkaian proses yang perlu dilakukan dalam pengembangan inovasi produk Cookies, mengetahui formulasi dasar, mengetahui tingkat kesukaan produk Cookies vegan dan gluten free melalui uji hedonik sesuai dengan sifat sensori yang telah ditentukan dan mengetahui hasil daya terima produk Cookies vegan dan gluten free. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan tahapan pertama adalah penentuan formulasi dan tahap berikutnya adalah uji sensori dan hedonic. Atribut sensori yang menjadi acuan oleh panelis meliputi bentuk, rasa, tekstur, aroma, warna, kerenyahan dan tampilan secara keseluruhan. Berdasarkan pengolahan data dan hasil uji penerimaan yang telah dilakukan oleh 5 panel pencicip perseorangan (individual expert) dan uji sensori hedonik yang dilakukan pada 35 panel tidak terlatih (untrained panel) didapatkan bahwa produk Cookies vegan dan gluten free berbahan dasar tepung almond disukai baik dari segi bentuk, rasa, tekstur, aroma, warna, kerenyahan dan tampilan secara keseluruhan dan sangat diterima secara positif sebagai inovasi produk Cookies

Kata kunci: Cookies, Vegan, Gluten Free, Daya Terima, Inovasi Produk

Pendahuluan

Cookies merupakan jenis kue kering yang mudah dijumpai dan disukai baik anak-anak maupun orang dewasa, rata-rata konsumsi kue kering di Indonesia adalah 0,40 kg/kapita/tahun (Rosmisari, 2006). Cookies merupakan alternatif makanan selingan yang cukup dikenal dan digemari oleh masyarakat. Berdasarkan dari SNI 01-2973-1992 dalam Anni Faridah dkk (2008:496) "Cookies merupakan salah satu jenis biskuit yang dibuat dari adonan lunak, berkadar lemak tinggi, relatif renyah bila dipatahkan dan penampang potongannya bertekstur padat". Dibandingkan dengan produk bakery lainnya, Cookies memiliki karakteristik yang menarik yaitu berkualitas, umur simpan Panjang, mudah didapatkan bahan bakunya, mudah diproduksi dan mudah di konsumsi. (Bala, 2015).

Bahan baku utama Cookies yang umumnya ada di masyarakat adalah berbahan dasar tepung terigu. Tepung terigu memiliki komposisi protein yang unik sehingga mampu membentuk suatu massa lengket dan elastis ketika bereaksi dengan air, dimana protein tersebut dikenal sebagai gluten.

Produk bebas gluten merupakan produk pangan yang bebas dari protein jenis gluten, dimana Gluten merupakan kompleks protein yang tidak larut dalam air dan berfungsi sebagai pembentuk struktur kerangka produk. Konsumsi produk pangan yang terdapat gluten menyebabkan timbulnya gangguan atau penyakit pada Sebagian manusia yang berhubungan dengan konsumsi gluten, dan lazim disebut *gluten related disorder*.

Gangguan akibat gluten yang paling terkenal adalah alergi gandum dan *Celiac Disease*. Menurut Dahlia (2004), permasalahan Kesehatan akibat konsumsi gluten ini juga seringkali dihubungkan dengan penyakit lainnya seperti diabetes, lupus, kanker ataupun penyakit lainnya. Konsumsi tepung terigu di Indonesia terus mengalami peningkatan sejalan dengan tumbuhnya daya konsumsi mie instan, roti, Cookies.

Secara nasional, kebutuhan tepung terigu sudah berada di taraf yang tinggi, pada tahun 2016 Indonesia berada pada peringkat 16 diantara negara konsumsi tepung terigu dunia dengan volume konsumsi sebesar 9.300 metrik ton. Ketersediaan kebutuhan gandum yang hampir sepenuhnya impor ini akan mengakibatkan hal yang tidak baik jika tidak dikendalikan (Yanuarti, 2016). Masalah impor gandum yang terus mengalami peningkatan sejalan juga dengan masyarakat yang tidak dapat mengkonsumsi gluten sehingga diperlukan pemanfaatan sumber pangan lokal. Jenis produk yang berasal dari terigu diantaranya *bakery*, biskuit, mie dan Cookies.

Cookies dalam proses pembuatannya tidak membutuhkan gluten yang terlalu banyak, sehingga dapat dikembangkan dengan menggunakan substitusi tepung terigu dan tepung non terigu. Beberapa pilihan makanan bebas gluten sebagai pengganti gandum termasuk kacang antara lain: beras, ketan, sorghum, singkong, kacang tanah, kacang kedelai, jagung dan almond (Dahlia, 2014).

Almond banyak digunakan dalam produk pangan dengan tujuan untuk meningkatkan dan tekstur dan juga memperbaiki komposisi gizi agar lebih menyehatkan

(Astawan, 2009). Tepung almond adalah bahan makanan yang rendah karbohidrat, kaya akan vitamin, mineral, lemak dan juga terdapat protein lebih tinggi dan lebih kaya nutrisi daripada tepung terigu ataupun tepung bebas gluten. Pembuatan tepung almond dengan cara menggiling seluruh untuk konsistensi yang diinginkan tanpa menambahkan bahan-bahan lainnya. Tepung almond dapat digunakan sebagai pengganti tepung terigu dalam berbagai metode aplikasi dalam masakan dan kue (Donatella, 2013).

Menjadi seorang Vegan adalah sebuah pilihan untuk tidak mengonsumsi produk hewani seperti susu sapi, telur maupun produk olahan lanjutan seperti keju dan butter. Salah satu alasan seseorang menjadi vegan/vegetarian adalah alasan kesehatan selain agama. Bahan pengganti untuk *butter* adalah margarine yang berasal dari nabati. Dengan digantinya beberapa bahan baku akan mengakibatkan hasil *Cookies* akan berbeda daripada *Cookies* pada umumnya. Penambahan hidrokolloid seperti xanthan gum pada *Cookies gluten free* tertulis dapat menurunkan elastisitas gluten (Lazaridou, 2007).

Metode

Metode penelitian yang digunakan oleh penulis pada penelitian ini adalah metode penelitian eksperimen yang termasuk kedalam penelitian kuantitatif. "Metode penelitian eksperimen dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk menari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi terkendali" (Sugiyono, 2014)

Jenis desain eksperimen merupakan *true experiment*, sehingga validitas internal (kualitas pelaksanaan rancangan penelitian) dapat menjadi tinggi. Dalam penelitian ini penulis akan melakukan eksperimen pembuatan inovasi produk *Cookies* vegan dan gluten free. Tahap pertama penelitian yaitu dengan melakukan eksperimen pengembangan produk yang dimulai dengan serangkaian uji coba untuk mendapatkan formula standar *Cookies* vegan dan *gluten free*, tahap kedua adalah dengan pengumpulan data melalui uji hedonik (kesukaan). Uji ini terdiri dari daya terima 5 skala likert, skor 1 = sangat tidak suka, 2 = tidak suka, 3 = agak suka, 4 = suka, 5 = sangat suka. *Sample Cookies* akan dinilai oleh panelis pencicip perorangan (*individual expert*) sebanyak 5 orang yang merupakan *chef* ahli dalam bidang pastry dan panelis tidak terlatih (*untrained panel*) sebanyak 35 orang. Setelah dilakukan uji data terima, penulis akan melakukan pengolahan data untuk menentukan apakah produk *Cookies* vegan dan *gluten free* ini dapat diterima atau tidak.

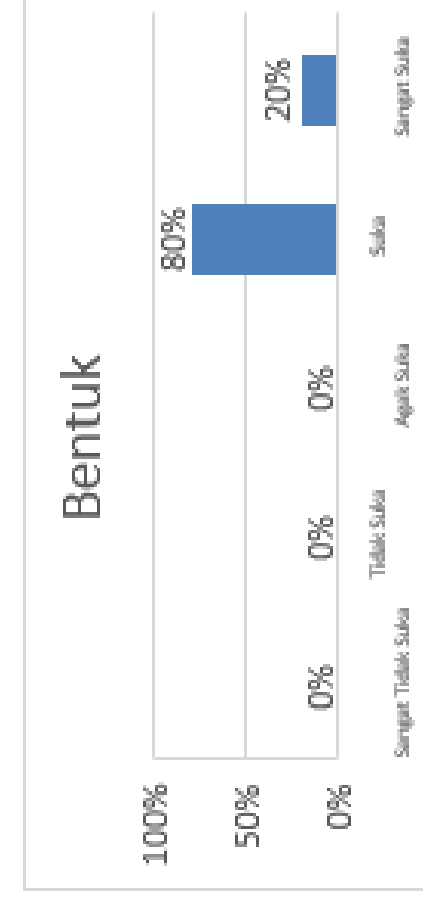
Hasil Kerja

Formulasi Standar Cookies Vegan dan Gluten Free

Formulasi dibuat dengan mengumpulkan 10 resep *Cookies* Vegan (*Dairy Free, Egg Free, Butter Free*), i dan kemudian dilakukan beberapa kali percobaan sehingga mampu menghasilkan produk *Cookies* yang memiliki karakteristik yang dapat diterima dari segi penampilan, rasa, tekstur dan aroma.

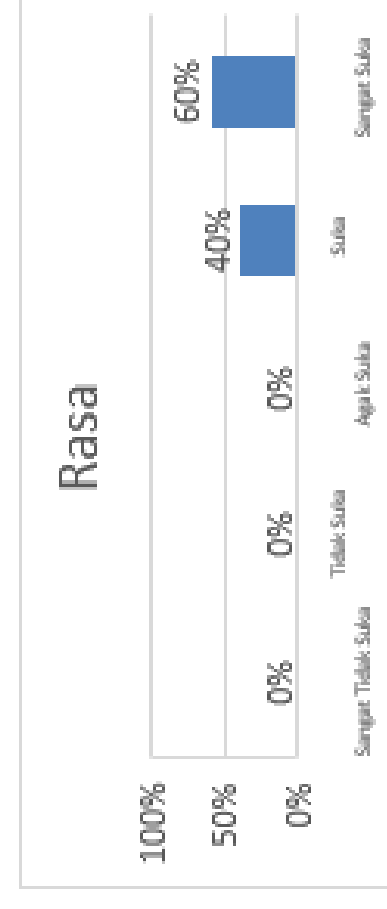
Hasil Uji Tingkat Kesukaan oleh Panel Pencicip Perorangan (Individual Expert)

Uji organoleptik dilakukan pada 5 panelis yang bekerja sebagai *Pastry and Bakery Chef* yang memahami dengan benar karakteristik *Cookies* dengan baik. Panelis menyatakan tingkat kesukaannya berdasarkan 7 kriteria yaitu bentuk, rasa, tekstur, aroma, warna, kerenyahan dan kesan keseluruhan. Hasil yang didapat melalui penilaian oleh panelis pencicip perorangan (*Individual Expert*) adalah sebagai berikut:



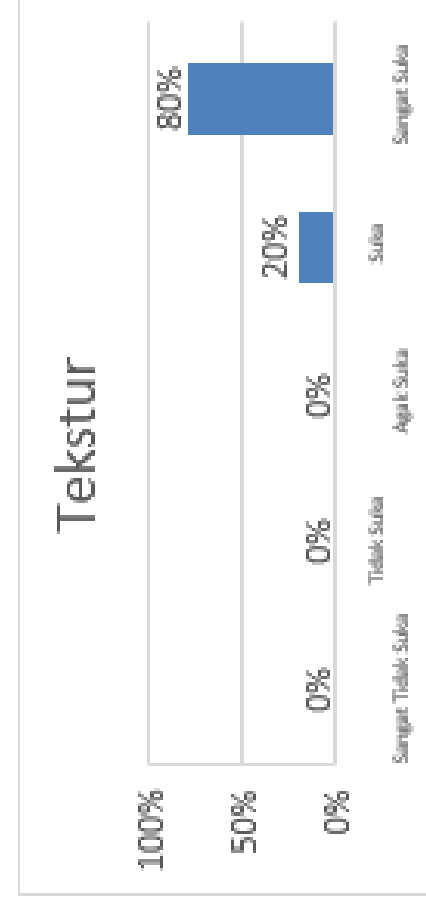
Gambar 1. Chart hasil uji sensori hedonik dalam segi bentuk produk *Cookies* vegan dan *gluten free*
Sumber: Data diolah 2022

Pada hasil pengolahan data uji sensori hedonik produk *Cookies* Vegan dan *Gluten Free* dalam segi bentuk dari 4 panelis pencicip perorangan (*individual expert*) menyatakan sangat suka sebanyak 25% dan suka sebanyak 75%, dan untuk agak suka; tidak suka dan sangat tidak suka adalah 0% yang berarti tidak ada panelis pencicip perorangan (*individual expert*) yang merasa agak suka; tidak suka ataupun sangat tidak suka. Secara keseluruhan panelis pencicip perorangan (*individual expert*) paling dominan memilih suka pada bentuk *Cookies* vegan dan *gluten free*.



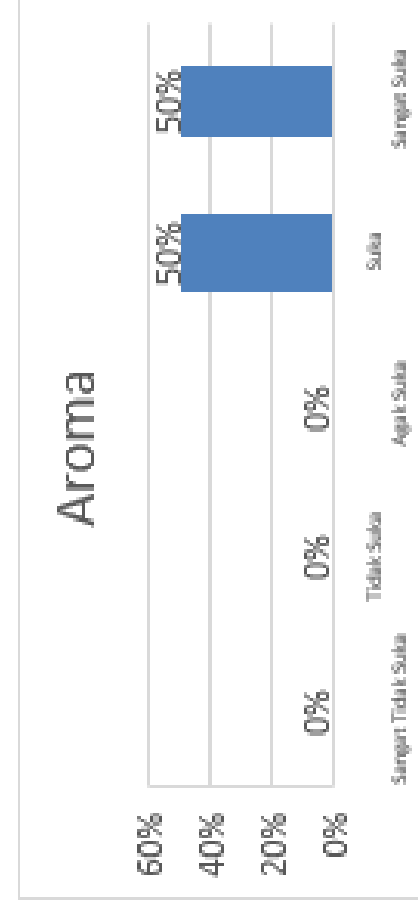
Gambar 2. Chart hasil uji sensori hedonik dalam segi rasa produk *Cookies* vegan dan *gluten free*
Sumber: Data diolah 2022

Pada hasil pengolahan data uji sensori hedonik produk *Cookies* Vegan dan *Gluten Free* dalam segi rasa dari 5 panelis pencicip perorangan (*individual expert*) menyatakan sangat suka sebanyak 60% dan suka sebanyak 40%, dan untuk agak suka; tidak suka dan sangat tidak suka adalah 0% yang berarti tidak ada panelis pencicip perorangan (*individual expert*) yang merasa agak suka; tidak suka ataupun sangat tidak suka. Secara keseluruhan panelis pencicip perorangan (*individual expert*) paling dominan memilih sangat suka pada rasa *Cookies* vegan dan *gluten free*.



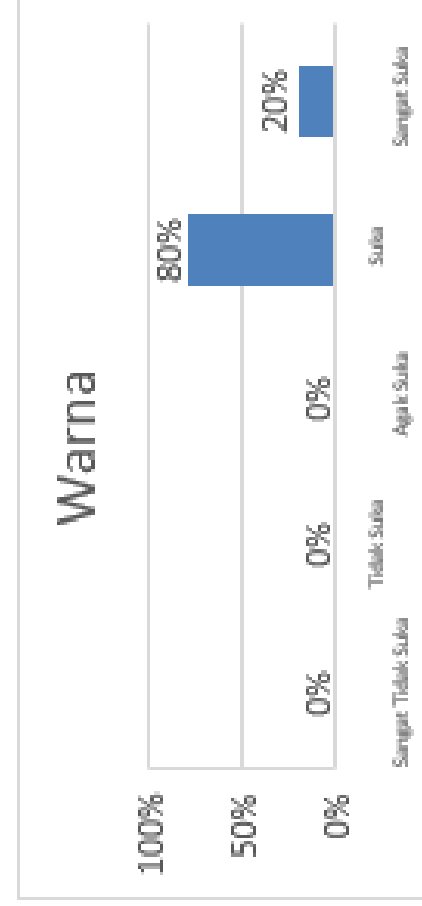
Gambar 3. Chart hasil uji sensori hedonik dalam segi tekstur produk *Cookies vegan* dan *gluten free*
Sumber: Data diolah 2022

Pada hasil pengolahan data uji sensori hedonik produk *Cookies Vegan* dan *Gluten Free* dalam segi tekstur dari 5 panel pencicip perorangan (*individual expert*) menyatakan sangat suka sebanyak 25% dan suka sebanyak 75%, dan untuk agak suka;tidak suka dan sangat tidak suka adalah 0% yang berarti tidak ada panel pencicip perorangan (*individual expert*) yang merasa agak suka; tidak suka ataupun sangat tidak suka. Secara keseluruhan panel pencicip perorangan (*individual expert*) paling dominan memilih sangat suka pada tekstur *Cookies vegan* dan *gluten free*.



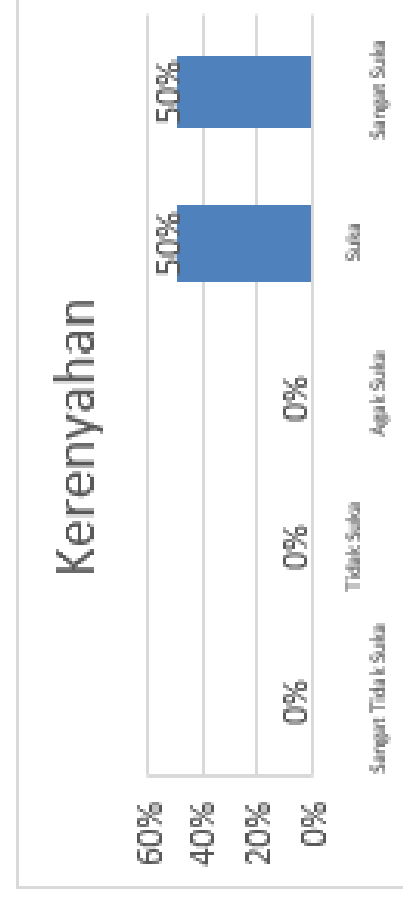
Gambar 4. Chart hasil uji sensori hedonik dalam segi aroma produk *Cookies vegan* dan *gluten free*
Sumber: Data diolah 2022

Pada hasil pengolahan data uji sensori hedonik produk *Cookies Vegan* dan *Gluten Free* dalam segi aroma dari 5 panel pencicip perorangan (*individual expert*) menyatakan sangat suka sebanyak 50% dan suka sebanyak 50%, dan untuk agak suka;tidak suka dan sangat tidak suka adalah 0% yang berarti tidak ada panel pencicip perorangan (*individual expert*) yang merasa agak suka; tidak suka ataupun sangat tidak suka. Secara keseluruhan panel pencicip perorangan (*individual expert*) seimbang dalam memilih sangat suka dan suka pada tekstur *Cookies vegan* dan *gluten free*.



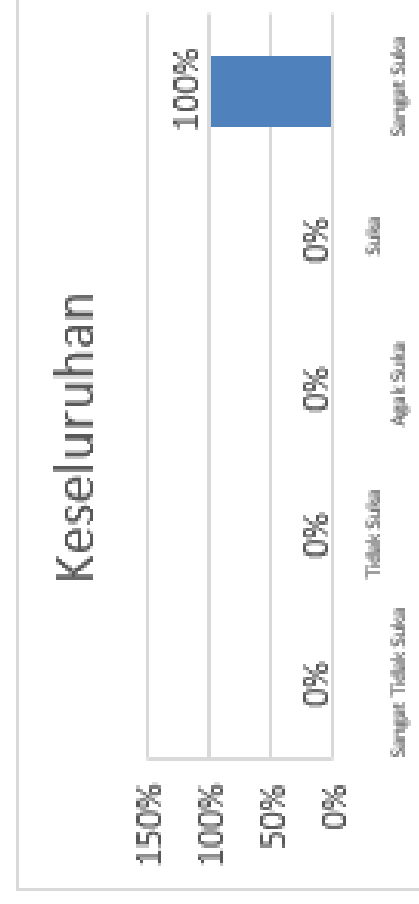
Gambar 5. Chart hasil uji sensori hedonik dalam segi warna produk *Cookies vegan* dan *gluten free*
Sumber: Data diolah 2022

Pada hasil pengolahan data uji sensori hedonik produk *Cookies Vegan* dan *Gluten Free* dalam segi warna dari 5 panel pencicip perorangan (*individual expert*) menyatakan sangat suka sebanyak 80% dan suka sebanyak 20%, dan untuk agak suka;tidak suka dan sangat tidak suka adalah 0% yang berarti tidak ada panel pencicip perorangan (*individual expert*) yang merasa agak suka; tidak suka ataupun sangat tidak suka. Secara keseluruhan panel pencicip perorangan (*individual expert*) paling dominan memilih suka pada warna *Cookies vegan* dan *gluten free*.



Gambar 6. Chart hasil uji sensori hedonik dalam segi kerenyahan produk *Cookies vegan* dan *gluten free*
Sumber: Data diolah 2022

Pada hasil pengolahan data uji sensori hedonik produk *Cookies Vegan* dan *Gluten Free* dalam segi kerenyahan dari 5 panel pencicip perorangan (*individual expert*) menyatakan sangat suka sebanyak 50% dan suka sebanyak 50%, dan untuk agak suka;tidak suka dan sangat tidak suka adalah 0% yang berarti tidak ada panel pencicip perorangan (*individual expert*) yang merasa agak suka; tidak suka ataupun sangat tidak suka. Secara keseluruhan panel pencicip perorangan (*individual expert*) seimbang dalam memilih sangat suka dan suka pada kerenyahan *Cookies vegan* dan *gluten free*.

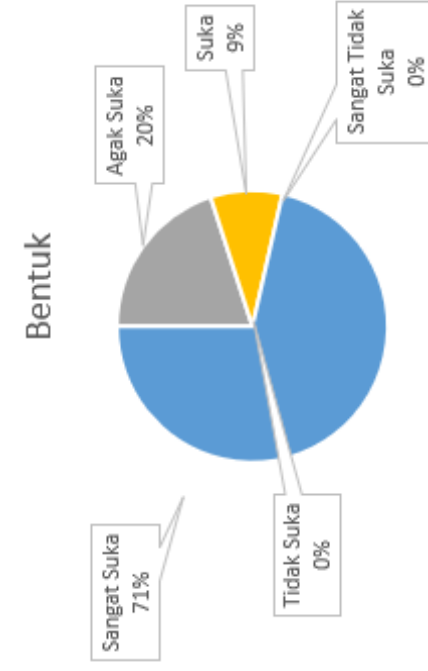


Gambar 7. Chart hasil uji sensori hedonik dalam segi penampilan keseluruhan produk *Cookies vegan* dan *gluten free*
Sumber: Data diolah 2022

Pada hasil pengolahan data uji sensori hedonik produk *Cookies Vegan* dan *Gluten Free* dalam segi penampilan keseluruhan dari 5 panel pencicip perorangan (*individual expert*) menyatakan sangat suka sebanyak 0% dan suka sebanyak 100%, dan untuk agak suka;tidak suka dan sangat tidak suka adalah 0% yang berarti tidak ada panel pencicip perorangan (*individual expert*) yang merasa agak suka; tidak suka ataupun sangat tidak suka. Secara keseluruhan panel pencicip perorangan (*individual expert*) paling dominan memilih sangat suka pada penampilan keseluruhan *Cookies vegan* dan *gluten free*.

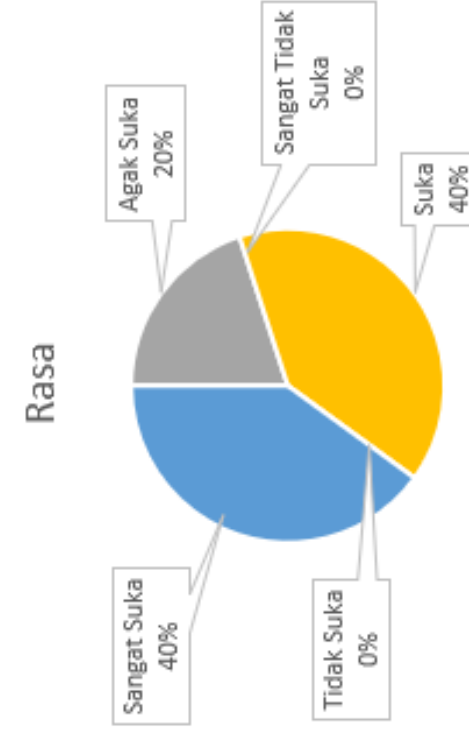
Hasil Uji Tingkat Kesukaan oleh Panel Tidak Terlatih (*Untrained Panel*)

Uji hedonik dilakukan pada 35 panelis tidak terlatih (*untrained panel*) dengan cara membagikan *sample Cookies Vegan dan Gluten Free*. Panelis menyatakan tingkat kesukaannya berdasarkan 7 kriteria yaitu bentuk, rasa, tekstur, aroma, warna, kerenyahan dan kesan keseluruhan. Hasil uji hedonik pada produk *Cookies Vegan dan Gluten Free* adalah sebagai berikut.



Gambar 8. Chart hasil uji sensori hedonik dalam segi bentuk produk *Cookies vegan dan gluten free*
Sumber: Data diolah 2022

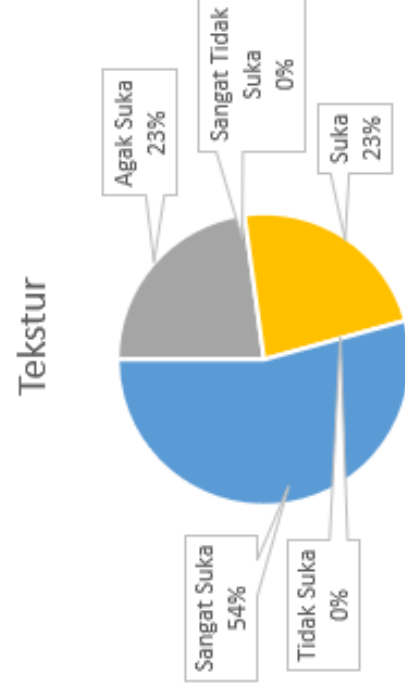
Pada hasil pengolahan data uji sensori hedonik produk *Cookies Vegan dan Gluten Free* dalam segi bentuk dari 35 panelis tidak terlatih (*untrained panel*) menyatakan sangat suka sebanyak 71%; suka sebanyak 20%, dan agak suka 9% dan untuk tidak suka dan sangat tidak suka adalah 0% yang berarti tidak ada panelis tidak terlatih (*untrained panel*) yang merasa agak suka; tidak suka ataupun sangat tidak suka. Secara keseluruhan panelis tidak terlatih (*untrained panel*) paling dominan memilih sangat suka pada bentuk *Cookies vegan dan gluten free*.



Gambar 9. Chart hasil uji sensori hedonik dalam segi rasa produk *Cookies vegan dan gluten free*
Sumber: Data diolah 2022

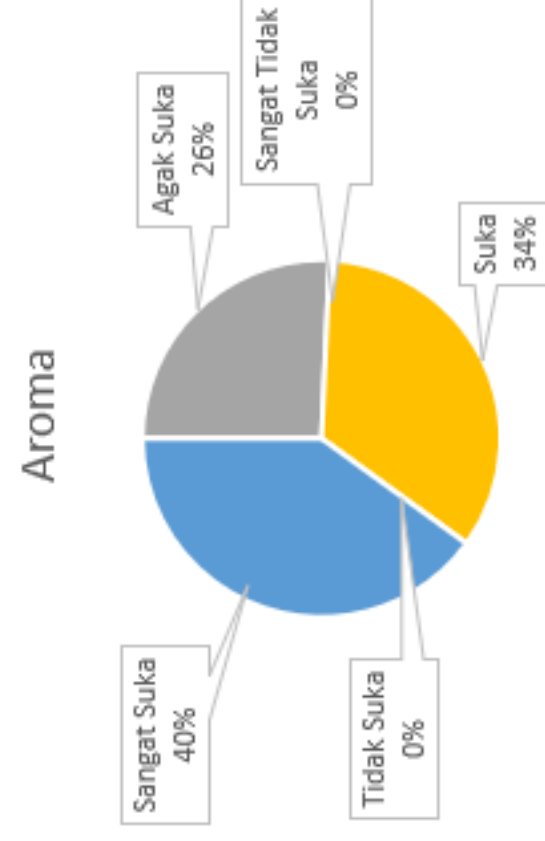
Pada hasil pengolahan data uji sensori hedonik produk *Cookies Vegan dan Gluten Free* dalam segi rasa dari 35 panelis tidak terlatih (*untrained panel*) menyatakan sangat suka sebanyak 40%; suka sebanyak 40%, dan agak suka 20% dan untuk tidak suka dan sangat tidak suka adalah 0% yang berarti tidak ada panelis tidak terlatih (*untrained panel*) yang merasa agak suka; tidak suka ataupun sangat tidak suka. Secara keseluruhan panelis tidak terlatih (*untrained panel*)

paling dominan memilih sangat suka pada rasa *Cookies vegan dan gluten free*.



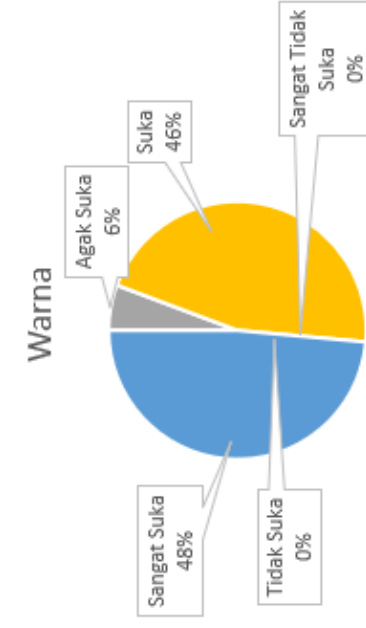
Gambar 10. Chart hasil uji sensori hedonik dalam segi tekstur produk *Cookies vegan dan gluten free*
Sumber: Data diolah 2022

Pada hasil pengolahan data uji sensori hedonik produk *Cookies Vegan dan Gluten Free* dalam segi tekstur dari 35 panelis tidak terlatih (*untrained panel*) menyatakan sangat suka sebanyak 54%; suka sebanyak 23%, dan agak suka 23% dan untuk tidak suka dan sangat tidak suka adalah 0% yang berarti tidak ada panelis tidak terlatih (*untrained panel*) yang merasa agak suka; tidak suka ataupun sangat tidak suka. Secara keseluruhan panelis tidak terlatih (*untrained panel*) paling dominan memilih sangat suka pada tekstur *Cookies vegan dan gluten free*.



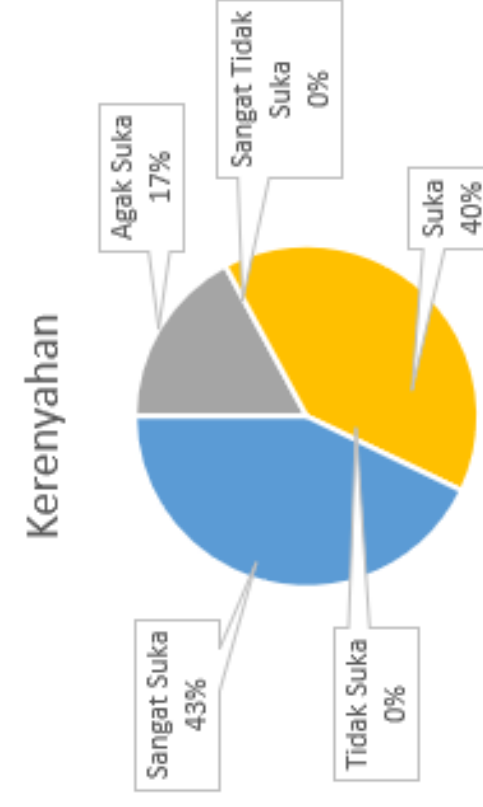
Gambar 11. Chart hasil uji sensori hedonik dalam segi aroma produk *Cookies vegan dan gluten free*
Sumber: Data diolah 2022

Pada hasil pengolahan data uji sensori hedonik produk *Cookies Vegan dan Gluten Free* dalam segi aroma dari 35 panelis tidak terlatih (*untrained panel*) menyatakan sangat suka sebanyak 40%; suka sebanyak 34%, dan agak suka 26% dan untuk tidak suka dan sangat tidak suka adalah 0% yang berarti tidak ada panelis tidak terlatih (*untrained panel*) yang merasa agak suka; tidak suka ataupun sangat tidak suka. Secara keseluruhan panelis tidak terlatih (*untrained panel*) paling dominan memilih sangat suka pada aroma *Cookies vegan dan gluten free*.



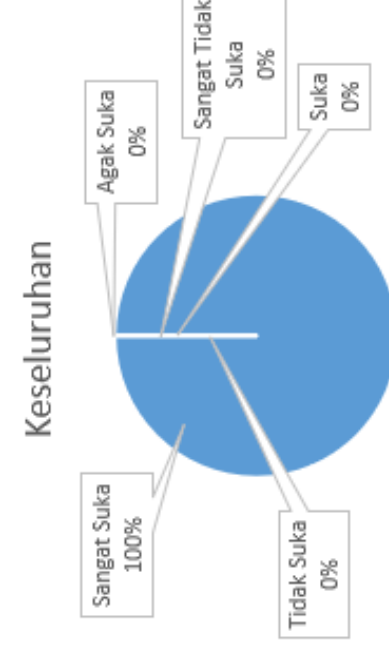
Gambar 12. Chart hasil uji sensori hedonik dalam segi warna produk *Cookies vegan* dan *gluten free*
Sumber: Data diolah 2022

Pada hasil pengolahan data uji sensori hedonik produk *Cookies Vegan* dan *Gluten Free* dalam segi warna dari 35 panelis tidak terlatih (*untrained panel*) menyatakan sangat suka sebanyak 48%; suka sebanyak 46%, dan agak suka 6% dan untuk tidak suka dan sangat tidak suka adalah 0% yang berarti tidak ada panelis tidak terlatih (*untrained panel*) yang merasa agak suka; tidak suka ataupun sangat tidak suka. Secara keseluruhan panelis tidak terlatih (*untrained panel*) paling dominan memilih sangat suka pada warna *Cookies vegan* dan *gluten free*.



Gambar 13. Chart hasil uji sensori hedonik dalam segi kerenyahan produk *Cookies vegan* dan *gluten free*
Sumber: Data diolah 2022

Pada hasil pengolahan data uji sensori hedonik produk *Cookies Vegan* dan *Gluten Free* dalam segi kerenyahan dari 35 panelis tidak terlatih (*untrained panel*) menyatakan sangat suka sebanyak 43%; suka sebanyak 40%, dan agak suka 17% dan untuk tidak suka dan sangat tidak suka adalah 0% yang berarti tidak ada panelis tidak terlatih (*untrained panel*) yang merasa agak suka; tidak suka ataupun sangat tidak suka. Secara keseluruhan panelis tidak terlatih (*untrained panel*) paling dominan memilih sangat suka pada aroma *Cookies vegan* dan *gluten free*.



Gambar 14. Chart hasil uji sensori hedonik dalam segi penampilan keseluruhan produk *Cookies vegan* dan *gluten free*
Sumber: Data diolah 2022

Pada hasil pengolahan data uji sensori hedonik produk *Cookies Vegan* dan *Gluten Free* dalam segi penampilan keseluruhan dari 35 panelis tidak terlatih (*untrained panel*) menyatakan sangat suka sebanyak 100% dan untuk suka, agak suka, tidak suka dan sangat tidak suka adalah 0% yang berarti tidak ada panelis tidak terlatih (*untrained panel*) yang merasa agak suka; tidak suka ataupun sangat tidak suka. Secara keseluruhan panelis tidak terlatih (*untrained panel*) paling dominan memilih sangat suka pada penampilan keseluruhan *Cookies vegan* dan *gluten free*.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa *Cookies Vegan* dan *Gluten Free* yang umumnya *Cookies* akan terbuat dengan tepung terigu, butter, telur dan adanya penambahan susu sapi, maka penulis menggunakan tepung almond, *margarine*, dan tanpa menggunakan susu sapi maupun telur. Berdasarkan hasil uji penerimaan yang telah dilakukan oleh 5 panel pencicip perorangan (*individual expert*) dan uji sensori hedonik yang dilakukan kepada 35 panelis tidak terlatih (*untrained panel*) didapatkan bahwa 100% produk *Cookies Vegan* dan *Gluten Free* ini disukai dan dapat diterima secara positif baik dari segi bentuk, rasa, tekstur, aroma, warna, kerenyahan dan tampilan keseluruhan yang diujikan. Selama proses penelitian berlangsung, penulis mendapatkan beberapa temuan yang dapat dijadikan sebagai acuan untuk merekomendasikan hal-hal di bawah ini:

1. Perlu dikaji kembali mengenai komposisi tepung almond secara kimiawi melalui studi literatur maupun uji coba agar dapat terlihat kemungkinan reaksi perubahan warna dan tekstur pada tepung Almond.
2. Sebaiknya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penambahan bahan *toping* seperti coklat atau bahan lain sebagai dekorasi *Cookies* dalam hal daya tahan atau daya simpan produk.

Referensi

- Anni Faridah. (2008). Patiseri Jilid 2 untuk SM. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional



- Astawan, Made. (2009). Sehat dengan Hidangan Kacang dan Biji-bijian. Edisi Pertama. Penebar Swadaya Depok.
- Bala, A., Gul, K., dan Riar, C.S (2015). Functional and sensorial properties of Cookies prepared from wheat flour supplemented with cassava and water chestnut flours. Cogent Food Agriculture, 1:1019815
- Dahlia, Lies. 2014. Hidup Sehat Tanpa Gluten Edisi Pertama. Elex Media Komputindo. Jakarta
- Donatella, Giordano. (2013). The Gluten Free Diet Quick Start Guide: Six Steps to Gluten Free Living. Independent Publishing Platform: New York
- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., dan Billaderis, C.G. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten free formulation. Journal of Food Engineering, 79(3): 1033-1047.
- Rosmisari, A. (2006). Tepung Jagung Komposit, Pembuatan dan Pengolahannya. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pasca Panen Pengembangan Pertanian. BPPPT: Bogor
- Yanuarti, Astri Ridha S.P. (2016). Profil Komoditas Barang Kebutuhan Pokok dan Barang Penting Komoditas Tepung Terigu.



Pergerakan Massa Batuan, dengan Menggunakan Alat Monitoring *Convergence* *Meter* pada *Deep Ore Zone* di PT Freeport Indonesia

Stanlay Maarthin Reyviliino Ginzel¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ reyzinzel@gmail.com

Sistem Penambangan yang diterapkan di tambang bawah tanah DOZ (*Deep Ore Zone*) Pada PT. Freeport Indonesia adalah Metode *Block Caving*. Terkait dengan metode *block caving*, Diperlukan Unit monitoring, Untuk menjaga daya dukung batuan/tanah. Unit Monitoring tersebut adalah *Convergence Meter*. *Convergence meter* ini digunakan oleh Engineer *Geotechnical* Untuk monitoring maupun pengolahan dan analisa data pada pergerakan batuan/tanah.

Kata kunci: *Convergence Meter*, *Geotechnical*, *Block Caving*, *Deep Ore Zone*

Pendahuluan

Sistem penambangan yang diterapkan di tambang bawah tanah *DOZ (Deep Ore Zone)* di PT Freeport Indonesia adalah Metode *Block Caving* dengan membuat daerah awal ambrukkan atau *Undercut* sehingga nantinya akan terjadi perambatan ambrukkan pada badan bijih sebagai akibat dari beban badan bijih itu sendiri. Terkait dengan Metode *Block Caving*, diperlukan Unit Monitoring untuk menjaga Daya Dukung Batuan atau tanah yang berada pada lokasi tersebut. Unit monitoring tersebut adalah *Convergence Meter* (Mealey, 1999).

Metode

Metode yang digunakan yaitu, Investigasi Visual di lokasi dengan kondisi aktual lapangan, kemudian dengan Pengukuran maupun mencatat setiap adanya Informasi dari lokasi tersebut. Untuk mendapat Informasi tambahan dilakukan metode diskusi atau wawancara dari Senior *Geotechnical* yang sebagai narasumber yang bertugas pada *Tunnel* Produksi *DOZ*.

Investigasi Monitoring *Convergence*

Investigasi Visual

Investigasi Visual di sini bertujuan untuk mendapatkan pengamatan secara langsung atau kondisi aktual dari lokasi pengamatan. Kemudian merekam atau mencatat hasil pengamatan dan pengukuran dengan Unit *Convergence meter*.

Perlu dilakukan hal ini, dikarenakan banyaknya aktivitas yang terjadi Pada *Tunnel* Produksi *DOZ* ini, misalnya aktivitas *Blasting* (*Peledakan*), dan *Mucking* (*Pemuatan*) Material dengan menggunakan Alat Berat. Hasil Dari Pengamatan ini merupakan Informasi primer yang akan menjadi dasar monitoring pergerakan batuan.

Geotechnical Investigasi

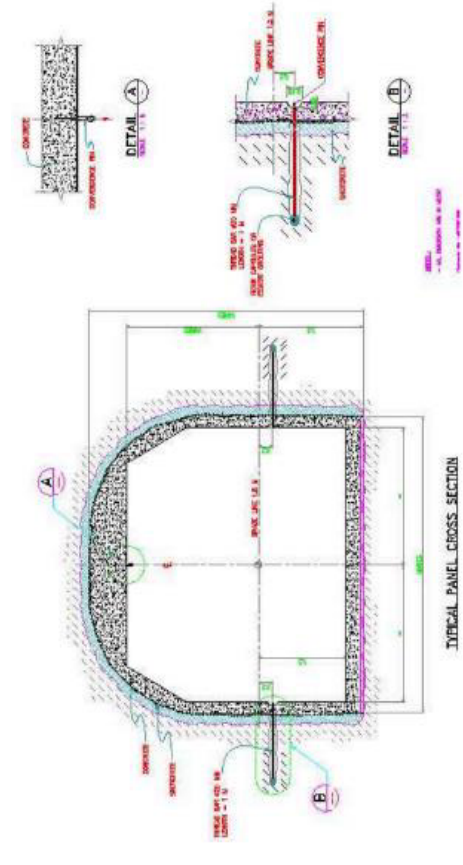
Geotechnical Investigasi ini termasuk dalam bagian *Soil* Investigasi, yang merupakan pengamatan daya dukung tanah atau batuan, baik di permukaan tanah maupun di bawah permukaan tanah. Dalam *geotechnical* investigasi ini juga menggunakan Unit *Convergence Meter* untuk mengukur pergerakan pada *Tunnel*/Produksi pada lokasi *DOZ* di PT Freeport Indonesia.

Hasil Investigasi *Convergence* & Pembahasan



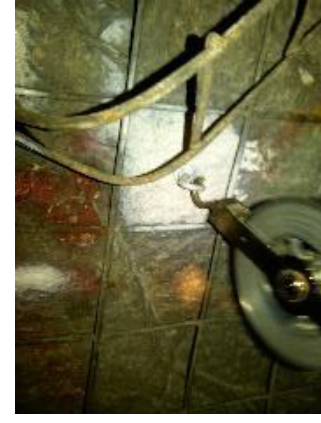
Gambar 1. Tunnel Produksi *DOZ*
(Doc. UG. Geotech & Hydrology)

Kondisi aktual pada Tunnel Produksi *DOZ* (lihat Gambar 1), pada lokasi pengamatan yang dilakukan. Selain Investigasi Visual & *Geotechnical* Investigasi, akan dilakukan Pengukuran *convergence meter* untuk mendapat data dan informasi yang lebih akurat dalam kegiatan monitoring.



Gambar 2. Instalasi Pin Convergence Meter
(Doc. Eman Widijanto)

Sebelum pengukuran, dilakukan instalasi Pin Convergence meter pada dinding kanan dan dinding kiri (lihat Gambar 2 dan Gambar 5). Pin ini ditanamkan secara horizontal pada bagian kanan dan kiri. Untuk gambar Visual Pin, dapat dilihat Gambar 3. setelah instalasi pin, kemudian dilakukan Pengukuran Dengan Convergence meter.

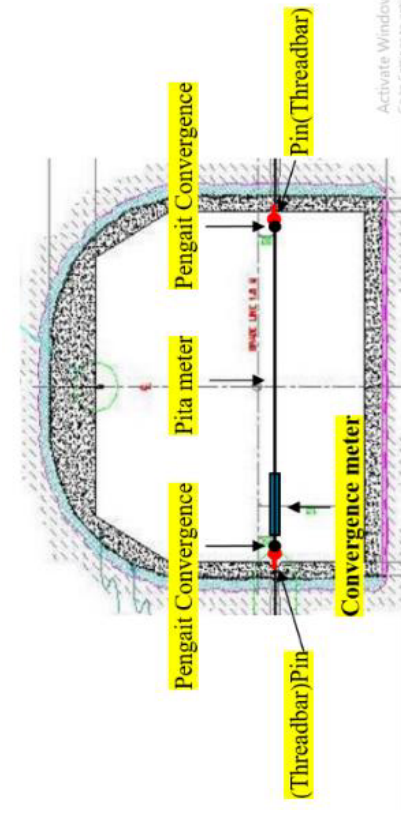


Gambar 3. Pin Convergence Meter



Gambar 4. Pembacaan Satuan Coverage Meter (Kiri) & Milimeter (Kanan)

Setelah dilakukan Instalasi Pin, maka akan dilakukan Pengukuran. Untuk penggunaan Unit convergence meter, di setiap bagian ujung kanan dan kiri dikaitkan pada Pin, seperti pada Gambar 3. Kemudian dikunci/disertakan pada bagian tengah Convergence meter. Untuk Sistem pembacaan dari Convergence meter ini dari satuan meter dan milimeter (Gambar 4).



Gambar 5. Visualisasi instalasi Pin Convergence Meter (Doc. Eman Widijanto)

Gambar 5 dan Gambar 6, merupakan penjelasan secara visual penggunaan Unit Convergence meter yang dilakukan Oleh Crew/Geotech Engineer pada Tunnel Produksi di DOZ. Untuk Aktivitas pengukuran Convergence meter ini dilakukan per hari, agar dapat mengetahui pergerakan pada batuan/tanah yang secara signifikan. Selain itu, dalam Tunnel produksi ini ada beberapa aktivitas, seperti Blasting (Peledakan) dan Mucking (Pemuatan) material, sehingga diperlukan Disiplin K3 yang Tinggi dikarenakan Kondisi yang terbatas pada area pengukuran (Gambar 6).



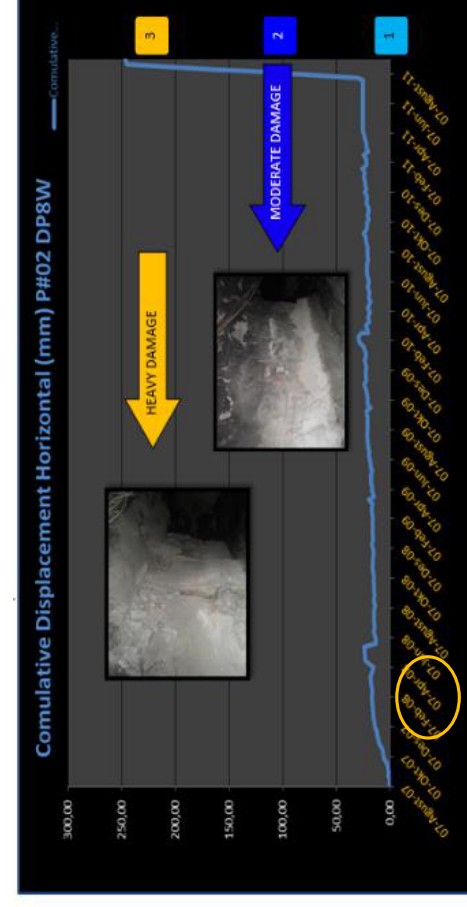
Gambar 6. Aktivitas Pengukuran yang dilakukan Oleh Crew Geotech Engineer

Pengukuran tersebut dicatat (lihat Gambar 7) oleh Crew/Geotech Engineer dan kemudian dianalisa, sebagai monitoring pergerakan pada Tunnel tersebut.

Located : Panel 2 Draw Point 8W

DD/MY	Cumulative Displacement Horizontal (mm)
07-Agust-07	0,00
14-Agust-07	1,02
21-Agust-07	0,52
28-Agust-07	1,70
04-Sep-07	1,62
11-Sep-07	2,18
18-Sep-07	2,58
25-Sep-07	3,82
02-Okt-07	5,86
09-Okt-07	6,12

Gambar 7. Hasil Pembacaan Convergence Meter



Gambar 8. Grafik Pergerakan Comulative

Kemudian data hasil monitoring tersebut dapat dibuat grafik cumulative. Untuk mendapat nilai grafik yang signifikan, dapat dilihat dengan jangka waktu yang cukup lama, kurang lebih sekitar 30 hari bahkan lebih. Misalnya pada (Gambar



8). Grafik, dari tanggal 07 April 2008 sampai 07 Juni 2008, terdapat pergerakan yang signifikan. Selain Grafik yang signifikan.

Meminimalkan Resiko yang terjadi pada Engineer Geotech.
- Dan Membutuhkan Waktu yang Cukup lama dalam Proses Monitoringsnya.

Pada grafik tersebut ditampilkan kondisi kerusakan (*Damage*) melalui gambar visual yang diperoleh dari *Engineer Geotechnical* dan juga untuk keterangan dari visual tersebut dapat diklasifikasikan *Damage* yang terjadi pada tunnel tersebut. Untuk Klasifikasi *Damage* dikategorikan dari *Normal Condition*, *Moderate* (Gambar 9), *Heavy* (Gambar 10) sampai *Complete Closure* (Gambar 11).



Gambar 9. Moderate Damage
(Doc. UG Geotech & Hydrology)



Gambar 10. Heavy Damage
(Doc. UG Geotech & Hydrology)



Gambar 11. Complete Closure
(Doc. UG Geotech & Hydrology)

Kesimpulan

- + Monitoring menggunakan *Convergence meter* mudah digunakan dan pemasangannya selain itu biaya atau juga murah.
- Kemudian kekurangan dari *Convergence meter* tidak dapat dilakukan dengan monitoring jarak jauh, untuk

Ucapan Terimakasih

Terimakasih Kepada Bapak Ir. Eman Widijanto, *General Superintendent*, Bapak Herbert Banda, *Superintendent Underground Geotechnical Big Gossan*, Bapak Widyo Yudanto, *General Superintendent Underground Geotechnical & Hydrology*, Bapak Ungul Barito, S.T, *Superintendent Underground Hydrology*, Bapak Jogi Samosir, S.T, *Chief Engineer*, dan Bapak Surya Perdana Nugraha, S.T, *Engineer Geotechnical & Hydrology Underground* PT.Freeport Indonesia yang telah membantu dan membimbing penulis selama pelaksanaan Apprentice dan Penelitian di PT.Freeport Indonesia.

Referensi

Mealey, G. A. (1999). *DOZ_ESZ Expansion Feasibility Study-May 2004* dan *PTFI General Induction* PT. Freeport Indonesia.



Pedoman Pemeriksaan Kontrak Rancang Bangun

Galih Sukodriatmo¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ galih5665@gmail.com

Kontrak Rancang Bangun (*Design and Build*) adalah jenis penyelenggaraan proyek dimana pekerjaan perancangan dan pelaksanaan dilakukan secara terintegrasi oleh penyedia jasa (konsultan dan kontraktor). Jenis kontrak ini memiliki keunggulan daripada kontrak konvensional karena waktu koordinasi dan pelaksanaan menjadi lebih cepat.

Adanya keunggulan terkait waktu koordinasi dan pelaksanaan tersebut menyebabkan pemilik pekerjaan banyak menerapkan metode Kontrak Rancang Bangun pada proyek yang ditangani.

Perbedaan karakteristik antara kontrak konvensional dan Kontrak Rancang Bangun menyebabkan adanya perbedaan cara memeriksa kontrak tersebut, sehingga perlu disusun suatu pedoman pemeriksaan kontrak rancang bangun.

Kata kunci: Rancang Bangun, konvensional, pedoman, proyek

Pendahuluan

Sistem Penyelenggaraan Proyek atau *Project Delivery System* (PDS) adalah suatu sistem di mana suatu proyek diorganisir dari konsep dasar yang diberikan pemilik proyek (*owner*) hingga terwujud menjadi bangunan fisik yang diharapkan. Sistem ini berfungsi sebagai kerangka kerja bagi orang-orang dan organisasi yang terlibat dalam proyek.

Jenis-jenis Sistem Penyelenggaraan Proyek antara lain Swakelola, Tradisional / Konvensional / *Design-Bid-Build*, Rancang Bangun (*Design and Build*), dan *Engineering Procurement Construction* (EPC).

Jenis penyelenggaraan proyek yang paling umum dan paling dikenal di Indonesia saat ini adalah Tradisional / Konvensional/ *Design-Bid-Build*. Jenis penyelenggaraan proyek ini paling banyak diaplikasikan di dunia konstruksi karena kejelasan peran-peran yang dipegang oleh masing-masing pihak yang terlibat. Pembagian tugasnya sederhana yaitu pengguna jasa menugaskan ke penyedia jasa untuk melaksanakan suatu pekerjaan saja. Perencanaan untuk pekerjaan tersebut sudah dibuat sebelumnya oleh pihak lain sehingga pihak pelaksana hanya tinggal melaksanakan sesuai kontrak. Keleluasaan dalam perubahan desain dan pekerjaan pada metode *Design-Bid-Build* berdampak pada pembengkakan biaya, kerja ulang, kerja tambah dan penyelesaian pekerjaan yang kerap tidak tepat waktu. Bahkan, pada beberapa kasus dapat menyebabkan hubungan kerja di antara pengguna jasa dan penyedia jasa menjadi tidak kondusif sehingga mengurangi efisiensi penyelesaian pekerjaan.

Rancang Bangun (*Design and Build*) adalah jenis penyelenggaraan proyek dimana pekerjaan perancangan dan pelaksanaan dilakukan secara terintegrasi oleh penyedia jasa (konsultan dan kontraktor). Keuntungan dari metode ini adalah percepatan waktu penyelesaian proyek secara signifikan karena proses perancangan dan

pelaksanaan sudah terintegrasi. Biasanya proses pelaksanaan bahkan sudah dimulai tanpa harus menunggu proses perancangan secara keseluruhan selesai terlebih dahulu (*overlap*).

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) sebagai penyelenggara pekerjaan infrastruktur telah melakukan sosialisasi penerapan metode *Design and Build* atau proyek terintegrasi rancang bangun. Metode tersebut dinilai lebih efisien dari sisi waktu dan biaya daripada metode konvensional *Design Bid and Build*. Menurut Pasal 15 ayat (2) Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi, Rancang Bangun atau *Design and Build* merupakan salah satu layanan usaha yang dapat diberikan oleh Pekerjaan Konstruksi Terintegrasi. Menurut Pasal 12 Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2017, Pekerjaan Konstruksi Terintegrasi tersebut merupakan salah satu jenis usaha Jasa Konstruksi. Jasa konstruksi merupakan layanan jasa konsultansi konstruksi dan pekerjaan konstruksi.

Pekerjaan Konstruksi Terintegrasi merupakan gabungan antara Pekerjaan Konstruksi dan jasa Konsultansi Konstruksi. Yang dimaksud dengan Pekerjaan Konstruksi adalah keseluruhan atau sebagian kegiatan yang meliputi pengkajian, perencanaan, perancangan, pengawasan, dan manajemen penyelenggaraan konstruksi suatu bangunan. Sedangkan Konsultansi Konstruksi adalah layanan keseluruhan atau sebagian kegiatan yang meliputi pengkajian, perencanaan, perancangan, pengawasan, dan manajemen penyelenggaraan konstruksi suatu bangunan. Pekerjaan Konstruksi Rancang Bangun (*Design and Build*) menunjukkan integrasi penyediaan jasa antara Pekerjaan Konstruksi dengan Konsultansi Konstruksi, tetapi tidak mencakup proses pengadaan.

Peraturan yang mengatur tentang kontrak terintegrasi rancang dan bangun di Indonesia adalah Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 1 Tahun 2020 tentang Standar dan Pedoman Pengadaan Pekerjaan



Konstruksi Terintegrasi Rancang Bangun Melalui Penyedia. Peraturan tersebut mencantumkan definisi terkait Rancang dan Bangun (*Design and Build*), yaitu seluruh pekerjaan yang berhubungan dengan pembangunan suatu bangunan, yang Penyediannya memiliki satu kesatuan tanggung jawab perancangan dan pelaksanaan konstruksi. Sedangkan Kontrak Rancang dan Bangun (*Design and Build*) adalah perjanjian tertulis antara Pengguna Anggaran, Kuasa Pengguna Anggaran, atau Pejabat Pembuat Komitmen dan Penyedia berdasarkan pada Penawaran Harga Lumsom dan pembayarannya dapat berbentuk lumsom atau gabungan lumsom dan harga satuan.

Kriteria pekerjaan Rancang dan Bangun (*Design and Build*) sebagai berikut:

1. Pekerjaan kompleks, yaitu pekerjaan yang memenuhi kriteria mempunyai risiko tinggi, memerlukan teknologi tinggi, menggunakan peralatan yang didesain khusus, memiliki kesulitan untuk didefinisikan secara teknis terkait cara memenuhi kebutuhan dan tujuan pengadaan, dan memiliki kondisi ketidakpastian (*unforeseen condition*) yang tinggi.
2. Pekerjaan mendasak, yaitu pekerjaan yang memenuhi kriteria secara ekonomi dan sosial memberikan nilai manfaat lebih kepada masyarakat, segera dimanfaatkan, dan pekerjaan perancangan dan pekerjaan konstruksi tidak cukup waktu untuk dilaksanakan secara terpisah.

Pada era awal tahun 1980-an perbedaan fungsi dan tanggung jawab antara perencana, kontraktor, dan konsultan Manajemen Konstruksi / pengawasan sangat kentara, bahkan seakan telah menjadi “dikotomi” diantara ketiganya. Pada masa itu umumnya perusahaan konstruksi memposisikan diri menjadi salah satu dari tiga fungsi tersebut dan kontrak pekerjaannya dikenal dengan istilah *Design-Bid-Build*. Selanjutnya, sejalan dengan bertambahnya kebutuhan dan berjalannya waktu mulai muncul Kontraktor yang menyediakan jasa perencanaan *Design and Build*. Layanan *Design and Build* akan memotong jalur birokrasi dan komunikasi antara perencana dengan pelaksana, sehingga menghemat waktu dan biaya. Kontrak Pekerjaan Konstruksi Terintegrasi Rancang dan Bangun (*Design and Build*) dibuat secara tertulis antara Pejabat Pembuat Komitmen dan Penyedia.

Di wilayah Provinsi DKI Jakarta, beberapa proyek telah menggunakan proyek rancang bangun. Dalam rangka percepatan pembangunan dan peningkatan efisiensi dan efektivitas serta menghindari stagnasi penyelenggaraan tugas pemerintahan, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta melaksanakan Kontrak Pengadaan Pekerjaan Terintegrasi berupa Kontrak Rancang Bangun (*Design and Build*) yang nilai kegiatannya lebih dari Rp100.000.000,00 (seratus miliar rupiah) per paket kegiatan, antara lain untuk pembangunan *flyover*, *underpass*, gedung sekolah, gedung rumah sakit, gedung puskesmas, pusat pelatihan olahraga pelajar, gedung olahraga, rumah susun, gedung area pacuan kuda, lintas rel terpadu, dan kegiatan pembangunan lainnya.

Dengan banyak digunakannya Kontrak Pengadaan Pekerjaan Terintegrasi berupa Kontrak Rancang Bangun (*Design and Build*) yang mempunyai kriteria dan persyaratan tertentu, maka perlu disusun langkah pemeriksaan / audit terkait

Pekerjaan konstruksi Terintegrasi Rancang Bangun (*Design and Build*) berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku, kriteria, dan persyaratan Pekerjaan Terintegrasi Rancang Bangun (*Design and Build*).

Metode

Pemeriksaan yang akan melakukan audit terhadap pekerjaan konstruksi dengan skema kontrak Rancang Bangun perlu memahami dengan jelas mengenai perbedaan antara kontrak konstruksi konvensional dengan kontrak konstruksi Rancang Bangun. Secara garis besar, perbedaan karakteristik antara kontrak konstruksi konvensional dengan kontrak konstruksi Rancang Bangun tersaji di dalam tabel berikut:

Tabel 1. Perbedaan Kontrak Konvensional dengan Kontrak Rancang Bangun

No.	Konvensional	Rancang Bangun
1.	Adanya masa perencanaan dan masa pelaksanaan yang terpisah, sehingga memerlukan waktu yang lebih panjang.	Masa perencanaan termasuk dalam masa pelaksanaan.
2.	Perhitungan desain berupa perencanaan, dengan mengambil sampel/kondisi kemudian dijadikan sama/seragam.	Perhitungan desain dapat segera disesuaikan dengan kondisi lapangan.
3.	Desain arsitektur dari bangunan belum tentu sesuai dengan kondisi pada saat pelaksanaan.	Desain arsitektur dari bangunan dapat segera diterapkan di lapangan.
4.	Perhitungan volume (untuk pembayaran) adalah hasil nyata di lapangan yang dinyatakan dalam dimensi (panjang, lebar, tinggi).	Perhitungan volume didasarkan atas output (pondasi, lantai, bangunan, dan sebagainya).
5.	Akan terjadi pekerjaan tambah kurang, yang memerlukan administrasi pekerjaan.	Tidak ada pekerjaan tambah kurang, semua menjadi risiko kontraktor.
6.	Semua pekerjaan yang belum ada di dalam Daftar Kuantitas dan Harga tetapi dibutuhkan di lapangan, akan dapat ditagihkan pada pembayaran.	Semua pekerjaan yang ada dalam lingkup pekerjaan menjadi tanggung jawab kontraktor.
7.	Dimungkinkan terjadi penambahan atau pengurangan nilai kontrak.	Nilai kontrak tetap.
8.	Dimungkinkan terjadi eskalasi harga (untuk proyek lebih dari 1,5 tahun).	Tidak ada eskalasi.
9.	Nilai HPS bisa tidak sama dengan pagu anggaran.	HPS sama dengan pagu anggaran.

Terkait perbedaan tersebut, perlu adanya perubahan paradigma, teknik, dan program audit kontrak rancang bangun yang berbeda dengan kontrak konvensional. Di dalam pelaksanaan kontrak rancang bangun, auditor perlu melakukan pemeriksaan terhadap dokumen yang mendukung di setiap tahapan pelaksanaan kontrak konstruksi rancang bangun. Dokumen yang menjadi objek pemeriksaan auditor antara lain:

1. Ketentuan Penggunaan Jasa (*Employer's Requirement*);
2. *Basic Design Criteria*, yang merupakan dasar penyusunan Ketentuan Penggunaan Jasa;
3. Kerangka Acuan Kerja (KAK) Penyedia dan Konsultan Manajemen Konstruksi yang disusun oleh PA/KPA;



4. Dokumen Pemilihan Penyedia dan Dokumen Seleksi Konsultan Manajemen Konstruksi yang disusun oleh Pokja Pemilihan;
5. Dokumen Penawaran dari Penyedia dan Konsultan Manajemen Konstruksi;
6. *Detail Engineering Design (DED)* yang dibuat pada tahapan perencanaan oleh Penyedia dan disetujui oleh Konsultan Manajemen Konstruksi di dalam pelaksanaannya;
7. *As Built Drawing* yang diserahkan oleh Penyedia kepada Pejabat Pembuat Komitmen pada saat Serah Terima Pertama; dan
8. Surat Perjanjian antara Penyedia dengan Sub Penyedia dan antara Konsultan Manajemen Konstruksi dengan Subkonsultan.

Metode yang digunakan dalam penyusunan pedoman ini adalah pengalaman penulis sebagai auditor eksternal pemerintahan dalam melakukan pemeriksaan atas kontrak rancang bangun pada beberapa proyek pekerjaan sebagai berikut:

1. Pembangunan Flyover Kuningan Sisi Selatan, STS Permata Hijau, Underpass Mampang – Kuningan, Fly Over Pancoran, Simpang Tidak Sebidang Cipinang Lontar, Underpass Matraman – Salemba, Underpass Kartini, dan Flyover Cakung
2. Pembangunan Simpang Tidak Sebidang Bintaro Permai - Rel KA;
3. Pekerjaan Rehabilitasi Total Gedung Sekolah Paket 1 Jakarta Pusat dan Jakarta Utara, Rehabilitasi Total Gedung Sekolah Paket II Jakarta Selatan, Rehabilitasi Total Gedung Sekolah Paket III Jakarta Barat, Rehabilitasi Total Gedung Sekolah Paket IV Jakarta Timur 1, dan Rehabilitasi Total Gedung Sekolah Paket 5 Jakarta Timur II dan Kepulauan Seribu;
4. Pembangunan dan Rehabilitasi Total Gedung Puskesmas di Provinsi DKI Jakarta;
5. Pekerjaan Pembangunan Rumah Susun Lokasi Binaan (Lokbin) Rawa Buaya Tower 3, Tower 4 dan Tower 5;
6. Pembangunan Rumah Susun Balai Latihan Kerja (BLK) Pasar Rebo;
7. Pembangunan Rumah Susun Kelurahan Pengadegan;
8. Pengembangan Rumah Sakit Umum Daerah Cengkareng, Pengadaan Konstruksi Gedung RSKD Duren Sawit, dan Pembangunan Gedung 16 Lantai Blok A BLUD RS Kojja;
9. Pekerjaan Utama Proyek LRT Jakarta – Koridor 1 (Fase 1) Kelapa Gading – Velodrome – Paket P102;
10. Pembangunan Jakarta International Equestrian Park;
11. Pembangunan Jakarta International Velodrome;
12. Revitalisasi Kawasan Pusat Pelatihan Olahraga Pelajar Ragunan; dan

Pembangunan Gedung IT Bumi Sliipi.

Berdasarkan pengalaman tersebut, penulis mengembangkan dan/atau memodifikasi langkah pemeriksaan atas kontrak metode *Design-Bid-Build* menjadi langkah pemeriksaan kontrak *Design and Build* untuk menilai kesesuaian kontrak dengan ketentuan yang berlaku pada tahapan perencanaan kontrak, tahap pengadaan, tahap pelaksanaan, sampai dengan tahapan pemeliharaan pekerjaan.

Ketentuan yang dijadikan acuan sebagai kriteria pemeriksaan pada tulisan ini adalah:

1. Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi;
2. Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 2021 tentang Perubahan Atas Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2020 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi;
3. Peraturan Presiden Nomor 12 Tahun 2021 tentang Perubahan Atas Peraturan Presiden Nomor 16 Tahun 2018 tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah;
4. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 1 Tahun 2020 tentang Standar dan Pedoman Pengadaan Pekerjaan Konstruksi Terintegrasi Rancang Bangun Melalui Penyedia; dan
5. Persyaratan Umum Kontrak Untuk Instalasi dan Rancang Bangun Bagi Pekerjaan Elektrikal dan Mekanikal, dan Bagi Pekerjaan Bangunan dan Enjiniring-Desain oleh Kontraktor, yang merupakan terjemahan dari *FIDIC Conditions of Contract for Plant, Design-Build (Yellow Book)*.

Hasil Analisis

Titik Rawan Kontrak Rancang Bangun (*Design and Build*)

Dalam melakukan audit terhadap pelaksanaan Pengadaan Konstruksi dengan skema rancang bangun, auditor perlu mempertimbangkan titik rawan selama proses rancang bangun tersebut, antara lain:

1. Ketidaktepatan dalam Penyusunan Pengguna Jasa (*Employer's Requirement*);
2. Penyusunan Basic Design Criteria yang selalu berubah-ubah
3. Kualifikasi Tim Teknis yang dibentuk oleh PA / KPA sangat diragukan;
4. Kualifikasi Konsultan Manajemen Konstruksi (MK) baik secara personil maupun Badan Usaha sangat diragukan;
5. Kualifikasi Penyedia Pelaksanaan Konstruksi baik secara personil maupun Badan Usaha sangat diragukan;
6. Kualifikasi Sub kontraktor dan/atau Subkonsultan baik secara personil maupun Badan Usaha sangat diragukan;
7. Klausul-klausul kontrak yang tidak jelas;
8. Ruang lingkup pekerjaan yang disubkontrakkan maupun disubkonsultankan tidak jelas;
9. Mekanisme kendali mutu antara Penyedia Pelaksana Konstruksi dengan Subkontraktor maupun antara Konsultan Manajemen Konstruksi dengan Subkonsultan tidak jelas;
10. Pejabat Pembuat Komitmen tidak melakukan manajemen kontrak;
11. *Review Design* yang tidak mengacu kepada Ketentuan Pengguna Jasa (*Employer's Requirement*); dan
12. Jadwal atau *schedule* yang meleset (*missed milestones and schedule slippage*) namun tidak ditindaklanjuti oleh Pejabat Pembuat Komitmen.



Pemeriksaan Kontrak Rancang Bangun (*Design and Build*)

Berdasarkan hasil analisis dan pengalaman penulis dengan mengkombinasikan antara langkah pemeriksaan kontrak *Design-Bid-Build*, pengalaman pemeriksaan di lapangan, literatur, dan kriteria pemeriksaan, diperoleh langkah-langkah pemeriksaan kontrak Rancang Bangun (*Design and Build*) atas setiap tahapan pengadaan barang/jasa, sebagai berikut:

1. Pemeriksaan pada tahap perencanaan:
 - a. Periksa ada tidaknya dokumen *Basic Design Criteria*, dokumen Ketentuan Pengguna Jasa (*Employer's Requirement*), dokumen *Request For Information* (RFI);
 - b. Periksa apakah KAK telah disusun sesuai dengan kebutuhan pemilik proyek, dan telah mengadopsi unsur-unsur yang ada di dokumen *Basic Design Criteria*, dokumen Ketentuan Pengguna Jasa (*Employer's Requirement*), dokumen *Request For Information* (RFI);
 - c. Periksa apakah persyaratan terkait bangunan telah terpenuhi, misalnya Ijin Mendirikan Bangunan, Sertifikat Laik Fungsi, Kesesuaian dengan Ketetapan Rencana Kota, dan lain-lain.
2. Pemeriksaan pada tahap penganggaran:
 - a. Lakukan analisis komponen harga pembentuk pagu anggaran. Untuk kontrak rancang bangun, seharusnya pagu anggaran terbentuk dari harga bangunan per m² dikalikan m² luasan, dengan rincian:
 - 1) Harga bangunan per m² diperoleh dari survey harga oleh Pejabat Pembuat Komitmen. Survey dilakukan atas bangunan sejenis dan/atau bangunan di sekitar objek yang akan dibangun. Apabila harga pagu diperoleh dari rincian analisis harga (contohnya seperti di aplikasi *e-budgeting*) atau dokumen *Engineer Estimate* dan sejenisnya maka hal tersebut tidak sesuai prinsip kontrak rancang bangun, dimana pada saat perencanaan belum ada gambar rencana, volume, dan harga satuan yang akan dilaksanakan;
 - 2) m² luasan merupakan luas area lahan yang akan dibangun berdasarkan perhitungan riil, sesuai dengan ketentuan KAK, KRK, KDB, dan KLB. Luas area yang ditenderkan dan dilaksanakan harus sama dengan luas area pada saat perencanaan;
 - b. Apabila kontrak dilaksanakan lebih dari satu tahun anggaran (kontrak tahun jamak), pastikan apakah anggaran yang disediakan setiap tahunnya telah sesuai target yang harus dicapai.
3. Pemeriksaan pada tahap tender
 - a. Lakukan analisis atas pemasukan seluruh penawaran penyedia jasa, apakah ada indikasi persekongkolan atau tidak;
 - b. Lakukan pengujian atas seluruh dokumen penawaran penyedia jasa terhadap persyaratan yang ada di Dokumen Tender maupun KAK. Lakukan penilaian ulang apabila ada persyaratan yang tidak sesuai dengan ketentuan. Dari hasil penilaian ulang tersebut, lakukan konfirmasi dengan panitia

pengadaan untuk menyimpulkan apakah pemenang tender yang dimaksud seharusnya menang atau tidak.

4. Pemeriksaan pada tahap pelaksanaan
 - a. Lakukan pengukuran apakah luasan pekerjaan yang dilaksanakan sama dengan luasan pada dokumen perencanaan dan dokumen tender;
 - b. Lakukan pengukuran apakah ketentuan-ketentuan yang dipersyaratkan pada KAK telah dilaksanakan di lapangan. Misalnya terkait jumlah dan ukuran ruangan, spesifikasi bahan, jumlah material tertentu, dan lain-lain;
 - c. Dapatkan RAB *Final Account* dan Gambar *As Built Drawing* yang dibuat oleh Penyedia Jasa dan telah di-approve oleh Konsultan Manajemen Konstruksi. Lakukan pengujian kesesuaian antara RAB *Final Account* dan Gambar *As Built Drawing*. Apabila terdapat perbedaan, lakukan konfirmasi dengan penyedia jasa apakah ada perubahan antara gambar rencana dan gambar *As Built Drawing*.
 - d. Dapatkan laporan harian, mingguan, bulanan. Lakukan analisis untuk menilai apakah penyajian angka persentase kurva S rencana dan kurva S realisasi telah dilakukan berdasarkan milestone yang akurat. Apakah ada deviasi yang terjadi, dan apakah deviasi tersebut termasuk kontrak kritis. Apabila termasuk, apakah penyedia jasa telah dikenakan sanksi teguran dan/atau surat peringatan dan/atau *Show Cause Meeting* (SCM);
 - e. Periksa apakah kemajuan pekerjaan yang diajukan untuk pencairan termin pembayaran telah sesuai dengan kemajuan pekerjaan riil yang dilaporkan pada laporan harian/mingguan/bulanan;
 - f. Dapatkan informasi terkait struktur organisasi proyek, personil di lapangan, dan peralatan di lapangan. Bandingkan informasi tersebut, dengan informasi yang ada di KAK dan Dokumen Penawaran Penyedia Jasa. Apabila terdapat perbedaan, lakukan konfirmasi ke penyedia jasa. Apakah terdapat perbedaan, lakukan konfirmasi ke pemilik proyek, apakah yang bersangkutan telah menerima laporan perubahan tersebut dari penyedia jasa dan telah memberikan persetujuan atas perubahan tersebut;
 - g. Dapatkan informasi terkait daftar subkontraktor yang digunakan oleh Penyedia Jasa. Bandingkan informasi tersebut, dengan informasi yang ada di KAK dan Dokumen Penawaran Penyedia Jasa. Apabila terdapat perbedaan, lakukan konfirmasi ke pemilik proyek, apakah yang bersangkutan telah menerima laporan perubahan tersebut dari penyedia jasa dan telah memberikan persetujuan atas perubahan tersebut. Pastikan bahwa pekerjaan yang disubkontrakkan telah sesuai dengan yang dipersyaratkan pada KAK dan bukan merupakan pekerjaan utama;
 - h. Dapatkan Berita Acara Serah Terima Pertama Pekerjaan. Periksa apakah ada keterlambatan penyelesaian pekerjaan, dan apabila ada, apakah atas keterlambatan tersebut telah dikenakan sanksi denda keterlambatan.
5. Pemeriksaan pada tahap pemeliharaan
Pastikan bahwa pekerjaan yang dilaksanakan pada saat pemeliharaan bukan merupakan pekerjaan utama yang seharusnya dilaksanakan pada saat pemeliharaan.



Berdasarkan pengalaman penulis, terdapat penyedia jasa yang pada saat pemeliharaan melaksanakan pekerjaan utama. Atas hal tersebut, perlu ditelusuri kembali apakah ada keterlambatan penyelesaian pekerjaan yang terjadi, dan apakah atas keterlambatan tersebut telah dikenakan sanksi denda keterlambatan.

Kesimpulan

Kontrak *Design-Bid-Build* memiliki karakteristik yang berbeda dengan Kontrak *Design and Build*. Kontrak *Design and Build* akan memotong jalur birokrasi dan komunikasi antara perencana dengan pelaksana, sehingga menghemat waktu dan biaya. Karena jenis kontraknya Lumsom dan/atau gabungan (Lumsom dan *unit price*), tidak ada gambar DED di awal, tidak ada *Engineer Estimate* di awal, maka titik rawan audit lebih banyak berada pada proses perencanaan dan penganggaran. Auditor perlu memastikan apakah output yang dihasilkan telah sama dengan ketentuan di dalam kontrak dan terlebih lagi sesuai dengan Ketentuan Pengguna Jasa (*Employer's Requirement*). Adapun persepsi ke depannya yang perlu dibangun oleh auditor terkait pemeriksaan kontrak rancang bangun antara lain bahwa kegiatan perencanaan dan perancangan merupakan tahapan yang tidak terpisahkan dari kegiatan pembangunan fisik, review desain pasti akan terjadi, penyusunan Ketentuan Pengguna jasa adalah faktor utama yang terpenting, nilai kontrak lumsom yang mengikat adalah total harga kontrak, dan dokumentasi proyek yang memadai.

Ucapan Terimakasih

Dalam penerbitan jurnal ini, proses penelaahan dan penerbitan jurnal melibatkan para pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Ivan Gunawan, S.T., M.MT., IPM., CSCM.;
2. Ir. Rasional Sitepu, M.Eng., IPU., ASEAN Eng.;
3. Ir. Andrew Joewono, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.;
4. Ir. Hartono Pranjoto, M.Sc., Ph.D., IPU.;
5. Dra. Ir. Adriana Anteng Anggorowati, M.Si., IPU.;
6. Dr. Ir. Suratno Lourentius, M.S., IPM.;
7. Ir. Lusia Permata Sari Hartanti, S.T., M.Eng., IPM.;
8. Ir. L.M. Hadi Santosa, M.M., IPM..

Referensi

- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi. Jakarta: Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 2021 tentang Perubahan Atas Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2020 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi. Jakarta: Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Peraturan Presiden Nomor 12 Tahun 2021 tentang Perubahan Atas Peraturan Presiden Nomor 16 Tahun 2018 tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah. Jakarta: Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 1 Tahun 2020 tentang Standar dan Pedoman Pengadaan Pekerjaan Konstruksi Terintegrasi Rancang Bangun Melalui Penyedia.

Jakarta: Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia.

Persyaratan Umum Kontrak Untuk Instalasi dan Rancang Bangun Bagi Pekerjaan Elektrikal dan Mekanikal, dan Bagi Pekerjaan Bangunan dan Enjiniring-Desain oleh Kontraktor, Terjemahan dari FIDIC Conditions of Contract for Plant, Design-Build (Yellow Book). 2015. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Horem, Riad dan Samudra Gunadharna. (2018). Petunjuk Teknis Pekerjaan Terintegrasi Rancang dan Bangun (Design and Build) Serta Pedoman Auditya. Jakarta. Mardani Mulya Cemerlang.

Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia. Tanpa tahun. Modul 1 Peraturan Perundangan dan Kebijakan. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.



Audit Keselamatan Jalan (Studi Kasus Jalan Meliling, Samsam, Kabupaten Tabanan)

Putu Eka Suartawan

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ putu.eka@poltradabali.ac.id

Kecelakaan lalulintas merupakan salah satu penyebab kematian terbesar nomor 3 di dunia. Salah satu daerah yang memiliki tingkat kerawanan kecelakaan yang tinggi adalah di Kecamatan Kerambitan, Tabanan yaitu pada ruas Jalan Meliling. Kurun waktu 3 tahun terakhir terdapat 22 kecelakaan di jalan tersebut sehingga menjadi *black spot* daerah rawan kecelakaan di Kabupaten Tabanan. Untuk mengetahui penyebab serta langkah mengatasi kecelakaan tersebut maka diperlukan audit keselamatan jalan. Audit keselamatan jalan ini dibuat dengan metode survei secara langsung di lapangan berupa survei inventarisasi, volume lalu lintas, kerusakan jalan, penggunaan helm, penggunaan sabuk keselamatan, serta survei pejalan kaki. Hasil dari survei ini dapat disimpulkan bahwa penyebab daerah tersebut rawan terjadi kecelakaan adalah dari segi manusia yang kurang patuh terhadap aturan lalu lintas, geometri jalan berupa tanjakan curam, jalan yang berlubang, adanya kerusakan pada rambu, serta volume lalu lintas yang didominasi kendaraan berat.

Kata kunci: DRK, black spot, kecelakaan lalu lintas, audit keselamatan jalan

Pendahuluan

Menurut data dari WHO, kecelakaan lalu lintas menjadi penyebab kematian terbesar nomor 3 di Indonesia. Langkah utama yang perlu dilakukan untuk menanggulangi risiko kecelakaan lalu lintas adalah dengan menentukan dan menganalisis ruas jalan rawan kecelakaan (*black link*) dan titik rawan kecelakaan (*black spot*) lalu lintas.

Kabupaten Tabanan merupakan daerah yang memiliki tingkat kerawanan kecelakaan yang tinggi, salah satu kecamatan di kabupaten Tabanan yang mempunyai daerah rawan kecelakaan tinggi, yaitu kecamatan Kerambitan karena daerah tersebut terletak di jalur pelabuhan menuju Jawa. Salah satu jalan yang memiliki potensi kecelakaan tinggi adalah Jalan Meliling. Kecelakaan ini sering melibatkan sepeda motor, truk, mobil pribadi dan tronton. Untuk mengatasi persoalan tersebut perlu adanya audit keselamatan jalan di daerah Tabanan.

Menurut data sekunder yang didapat dari Polres Tabanan, selama tiga tahun berturut-turut jumlah kecelakaan yang tercatat adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Jumlah Kejadian Kecelakaan di Jalan Meliling

Tahun	Jumlah Kejadian
2019	8
2020	2
2021	12
Total	22

Jumlah tersebut belum semuanya, dikarenakan ada beberapa kejadian yang tidak dilaporkan kepada pihak Kepolisian diakibatkan alasan tertentu.

Audit Keselamatan Jalan adalah pemeriksaan terhadap aspek keselamatan prasarana Lalu Lintas dan Angkutan Jalan untuk mengidentifikasi potensi kecelakaan (Kompetensi

Audit Keselamatan Jalan, 2015). Ini merupakan salah satu cara untuk mengantisipasi terjadinya kecelakaan lalu lintas.

Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan melakukan praktik lapangan atau survei secara langsung di lokasi rawan kecelakaan. Adapun lokasi yang dipilih berdasarkan atas data sekunder yang didapat dari RSUD Tabanan serta dari Polres Tabanan, sehingga didapat DRK di Jalan Meliling, Tabanan. Survei yang dilakukan untuk menganalisis DRK (Daerah Rawan Kecelakaan) ini adalah: survei inventarisasi jalan, survei kerusakan jalan, survei volume lalu lintas, survei penggunaan helm dan sabuk keselamatan, survei kecepatan titik (*spot speed*), survei pejalan kaki

Hasil Kerja

Survei Inventarisasi

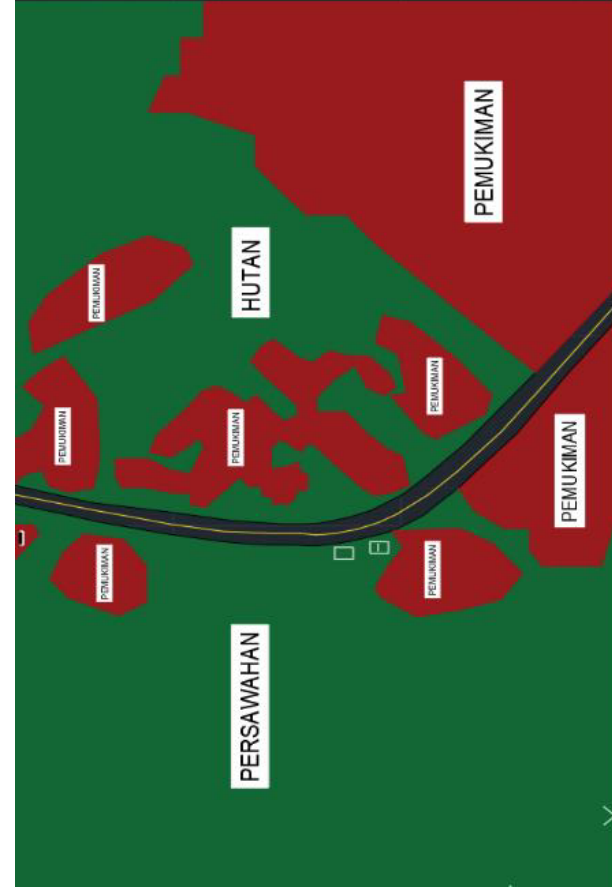


Gambar 1. Ruas Jalan Meliling



Survei Inventarisasi dilakukan untuk mengetahui kondisi dari ruas jalan berupa panjang dan lebar seluruh jalan yang ada dalam wilayah survei serta semua fasilitas yang ada di jalan. Inventarisasi jalan perlu dibuat agar dihasilkan penanganan prasarana jalan yang tepat sasaran, efektif dan terus menerus, baik mengenai kondisi struktural maupun fungsi dari prasarana jalan tersebut (Hadli, 2019).

Selanjutnya, hasil dari survei inventarisasi ini juga akan digambarkan melalui autocad untuk memudahkan melihat visualisasi dari tampak atas ruas jalan ini.



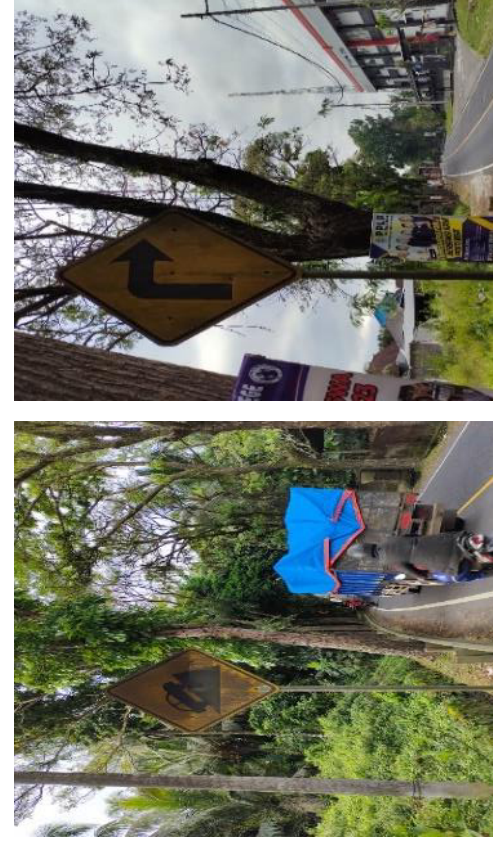
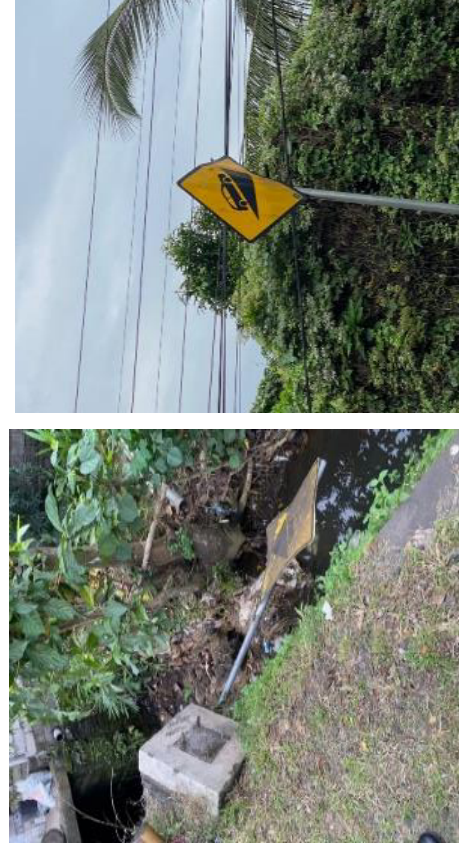
Gambar 2. Visualisasi Ruas Jalan Meliling

Dari survei inventarisasi yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa ruas jalan Meliling merupakan jalan nasional dengan tipe jalan 2/2 UD, lebar jalan total 6,2 m, di sepanjang jalan terdapat banyak kerusakan seperti jalan berlubang, terdapat tambalan pada badan jalan mengakibatkan kendaraan yang melintas harus menghindari bagian jalan tersebut sehingga mempersempit lebar efektif ruas jalan. Selain itu, kondisi jalan yang rusak ini berpotensi menyebabkan kecelakaan tunggal bagi pengemudi yang nekat melintasinya. Kondisi geometri Jalan Meliling itu sendiri berupa alinyemen vertikal yang cukup tajam serta tata guna lahan di sekitar tempat berupa hutan.

Lalu dari segi fasilitas jalan, seperti rambu dan marka didapatkan hasil bahwa kondisi marka masih baik namun untuk rambu ada beberapa yang sudah rusak serta tidak terlihat jelas karena kurangnya pemeliharaan.



Gambar 3. Kondisi Marka di Ruas Jalan Meliling



Gambar 4. Kondisi Rambu di Ruas Jalan Meliling
Survei Volume Lalu Lintas (Traffic Counting)

Survei *traffic counting* atau survei pencacahan lalu lintas dilaksanakan untuk mengetahui volume lalu lintas, kinerja ruas jalan (DPU, 2005), serta digunakan dalam penentuan sampel survei kecepatan segmen. Selain untuk penentuan sampel survei kecepatan, dalam pelaksanaan survei daerah rawan kecelakaan, survei ini juga dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kepadatan lalu lintas pada ruas jalan berdasarkan volume lalu lintas terklasifikasi

Tabel 2. Hasil Survei Volume Lalu Lintas

Waktu	MC	LV	HV
07.00-08.00	2115	532	232
07.15-08.15	1976	584	336
07.30-08.30	1870	643	297
07.45-08.45	1647	634	274
08.00-09.00	1365	663	274

Berdasarkan hasil dari survei volume lalu lintas yang dilakukan selama 2 jam pada jam-jam sibuk, didapatkan bahwa pada ruas Jalan Meliling volume lalu lintas yang melintas di sana sangat ramai dan didominasi oleh sepeda motor (MC).

Survei Kerusakan Jalan

Analisis dalam survei ini menggunakan metode Bina Marga dengan meninjau volume lalu lintas serta kerusakan yang terjadi di lapangan (Prasetiawan & Utamy, 2021).



Urutan Prioritas (UP)	Tindakan yang diambil
0-3	Program Peningkatan
4-6	Program Pemeliharaan Berkala
>7	Program Pemeliharaan Rutin

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1990

Gambar 5. Urutan Prioritas Kerusakan Jalan

Survei Kerusakan Jalan dilakukan untuk mengetahui kondisi kerusakan dari ruas jalan yang akan disurvei serta dapat menganalisis jenis dari kerusakan jalan yang terjadi. Kemudian survei kerusakan jalan dimaksudkan untuk menentukan penanganan dari kerusakan yang terjadi di ruas jalan.

Berdasarkan survei volume lalu lintas, lalu lintas harian rata-rata tertinggi ada pada pukul 07.30-07.45 Wita sebesar 547 smp/jam. Maka urutan prioritas ruas jalan ini termasuk pada kelas jalan 4 dengan penggolongan kelas untuk pemeliharaan ruas jalan.

Tabel 3. Hasil Survei Kerusakan Jalan

Jenis Kerusakan	Angka Jenis Kerusakan	Angka Luas Kerusakan	Angka Kedalaman	Angka Kerusakan
Refleksi	2	2	0	2
Retak Kulit Buaya	5	1	0	5
Retak Susut	2	2	0	2
Tambalan	0	0	0	0
TOTAL				9

Nilai Kondisi jalan dengan total angka kerusakan 9 termasuk ke dalam range 7-9, maka nilai kondisi jalan adalah 3

$$\begin{aligned} \text{Nilai Prioritas} &= 17 - (\text{Kelas LHR} + \text{Nilai Kondisi Jalan}) \\ &= 17 - (4+3) \\ &= 10 \end{aligned}$$

Dengan urutan prioritas 10, maka nilai tersebut termasuk ke dalam golongan urutan prioritas ≥ 7 . Pada golongan ini maka jalan-jalan tersebut dimasukkan ke dalam program pemeliharaan rutin.

Survei Spot Speed

Survei *spot speed* merupakan pengukuran kecepatan kendaraan yang melaju di ruas tersebut dengan *Speed Gun*. *Speed gun* merupakan perangkat yang digunakan dalam penegakan hukum dan penelitian masalah lalu lintas (Vilella, 2013). Dari hasil survei didapatkan sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Survei Spot Speed

KECEPATAN RATA-RATA BLACK SPOT JALAN MELILING					
MC		LV		HV	
Klasifikasi Kendaraan	Rata-Rata	Klasifikasi Kendaraan	Kecepatan (km/h)	Klasifikasi Kendaraan	Kec. (km/h)
Sepeda Motor	39.07	Angkot	0	Bus Sedang	40.25
		Pick Up	30.13	Bus Besar	38.29
		Mobil	41.06	Truk Sedang	36.53
				Truk Besar	39.58
Rata-Rata Kecepatan MC	39.07	Rata-Rata Kecepatan LV	23.73	Rata-Rata Kecepatan HV	38.66
Kecepatan Rata-Rata					33.82

Berdasarkan data di atas dapat disimpulkan bahwa kecepatan rata-rata pada ruas Jalan Meliling adalah 33.82 km/jam yang merupakan gabungan dari rata-rata kecepatan MC yaitu 39.07 km/jam, LV sebesar 23.73 km/jam, dan kecepatan rata-rata HV sebesar 38.66 km/jam. Kecepatan rata-rata HV pada daerah tersebut termasuk tinggi bahkan lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan rata-rata LV.

Survei Pengguna Helm

Maksud dilakukannya survei pengguna helm (SNI) adalah mengidentifikasi penyebab kecelakaan sepeda motor sering menimbulkan luka berat bahkan kematian. Hal ini terkait dengan tingginya tingkat kecelakaan yang menyebabkan luka berat bahkan kematian yang disebabkan karena tidak menggunakan pelindung kepala.

Tabel 5. Hasil Survei Pengguna Helm

Time series	A	B	% C
07.00-08.00	2115	73	3%
07.15-08.15	1976	56	3%
07.30-08.30	1870	58	3%
07.45-08.45	1647	51	3%
08.00-09.00	1365	52	4%

Ket:

A = Volume pengendara sepeda motor (total)

B = Volume yang tidak menggunakan helm (sni)

C = Persentase jumlah yang tidak menggunakan helm terhadap total sm (% melanggar)

Berdasarkan tabel jumlah pengemudi yang melanggar lalu lintas dengan tidak memakai helm, paling banyak 52 pengendara atau sekitar 4% apabila dibandingkan dengan total jumlah sepeda motor yang lewat. Ini menunjukkan bahwa di sekitar lokasi masih saja ada yang melanggar lalu lintas dengan tidak memakai helm saat berkendara.



Survei Pengguna Sabuk Keselamatan

Maksud dari dilaksanakannya survei pengguna sabuk keselamatan adalah untuk mengetahui tingginya disiplin masyarakat menggunakan sabuk keselamatan dalam mengendarai kendaraan baik mobil pribadi dan angkutan, seperti truk dalam meningkatkan keselamatan berkendara.

Tabel 6. Hasil Survei Pengguna Sabuk Keselamatan

NO	TIME SERIES	A	B	% C
1	07.00-08.00	635	376	59%
2	07.15-08.15	666	358	54%
3	07.30-08.30	704	366	52%
4	07.45-08.45	694	326	47%
5	08.00-09.00	696	314	45%

Ket:

A: Volume Truk dan Mobil

B: Volume Yang Tidak Menggunakan Sabuk Keselamatan

C: Persentase Jumlah Yang Tidak Menggunakan Sabuk Keselamatan

Dari hasil survei yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa rata-rata pengendara yang melewati Jalan Meliling ini hampir setengahnya tidak menggunakan sabuk keselamatan. Padahal penggunaan sabuk keselamatan sangat penting untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan jika mengalami kecelakaan lalu lintas.

Survei Pejalan Kaki

Survei pejalan kaki pada pedestrian di ruas jalan dilakukan untuk mengetahui kondisi nyata yang ada dari banyaknya pejalan kaki pada pedestrian di ruas jalan. Survei pejalan kaki dimaksudkan untuk mengidentifikasi pengaruh pejalan kaki terhadap ruas jalan yang ada.

Tabel 7. Hasil Survei Pejalan Kaki

Waktu Survei	Tidak Menggunakan Trotoar	Menggunakan Trotoar
16.00-16.15	9	0
16.15-16.30	2	0
16.30-16.45	4	0
16.45-17.00	1	0
17.00-17.15	3	0
17.15-17.30	3	0
17.30-17.45	4	0
17.45-18.00	7	0
Total	33	0

Berdasarkan hasil survei pejalan kaki menyusuri, didapatkan bahwa banyak pejalan kaki yang tidak menggunakan trotoar saat berjalan kaki.

Kesimpulan

Dari analisis yang dilakukan berdasarkan hasil survei inventarisasi, volume lalu lintas, kerusakan jalan, penggunaan helm, penggunaan sabuk keselamatan, serta survei pejalan kaki akan didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Terdapat kerusakan jalan pada segmen tertentu yang berpotensi menyebabkan kecelakaan
2. volume lalu lintas yang melintasi ruas Jalan Meliling ini sangat ramai mengingat ruas jalan ini merupakan jalan nasional
3. Lalu lintas yang melintasi ruas jalan ini didominasi oleh sepeda motor kemudian disusul oleh kendaraan jenis HV (*High Vehicle*) seperti truk. Sehingga tidak jarang, kecelakaan terjadi melibatkan truk. Hal ini diperparah dengan geometri jalan ini berupa alinyemen vertikal dengan tanjakan yang cukup curam
4. Kondisi perlengkapan jalan terutama rambu banyak yang rusak
5. Pengguna jalan seperti pejalan kaki dan pengemudi kendaraan masih banyak yang melanggar aturan lalu lintas seperti tidak memakai helm, berjalan kaki tidak menggunakan trotoar, maupun tidak menggunakan sabuk pengaman.

Referensi

- DPU. (2005). Modul Rekayasa Lalu Lintas. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Hadli, P. (2019). Survei Dan Inventarisasi Jalan Di Kabupaten Kuantan Singingi. *Inönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 20(4), 1689–1699.
- Kompetensi Audit Keselamatan Jalan, Pub. L. No. SK.2345/Kp.108/DRJD/2015, Direktorat Jenderal Perhubungan Darat (2015).
- Prasetiawan, J., & Utamy, R. (2021). Analisa Tingkat Kerusakan Jalan Dengan Metode Bina Marga dan Alternatif Penanganannya. *Jurnal Handasah*, 9–13.
- Villela, Lucia maria aversa. (2013). Bab 3 Metode Penelitian. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 14–28.



Penilaian Kondisi Jalan Menggunakan Metode Bina Marga dan Pavement Condition Index (PCI) di Jalan Tendean, Kota Tabanan, Bali

Dwi Wahyu Hidayat¹ **Suratno Lourentius²**
Andrew Joewono²

¹ Program Studi Manajemen Transportasi Jalan, Politeknik
Transportasi Darat Bali

² Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ dwi.wahyu@poltradabali.ac.id

Kerusakan jalan menyebabkan dampak buruk yang besar khususnya bagi pengguna jalan contohnya perjalanan yang lama, kemacetan, kecelakaan, dan lain-lain. Untuk mengurangi kerugian akibat kerusakan jalan maka diadakannya penelitian ini dengan tujuan untuk mempelajari dan mengetahui dari jenis kerusakan, nilai kondisi perkerasan ruas jalan, dan juga solusi penanganan kerusakan yang terjadi pada ruas Jalan Tendean.

Pengamatan mengenai kondisi permukaan di Jalan Tendean dilakukan dengan melakukan survei dan pengolahan data hasil survei dengan menggunakan metode (PCI) atau yang sering kita kenal sebagai Pavement Condition Index dan Bina Marga.

Perhitungan metode Bina Marga ini menghasilkan volume kendaraan terbesar 7691,3 smp/hari yang masuk dalam kategori kelas jalan 6 dan total penentuan angka kerusakan jalan sebesar 11 dan masuk dalam kategori bernilai 4, dapat dikatakan ruas jalan tersebut memerlukan pemeliharaan secara teratur. Dari hasil perhitungan dengan metode PCI ini, didapatkan hasil nilai PCI pada jalan Tendean adalah 81,25 dan termasuk kedalam klasifikasi baik jika dilihat dari nilai tersebut. Dalam hal ini, diperlukan pemeliharaan jalan yang rutin oleh dinas, yang dimana jika ditemukan jalan yang rusak dapat segera untuk diperbaiki dengan metode-metode yang sesuai dengan kerusakan jalannya

Kata kunci: Bina Marga, PCI, Kerusakan Jalan, Pemeliharaan

Pendahuluan

Kabupaten Tabanan merupakan salah satu sentral produksi tanaman pangan di Provinsi Bali. Jumlah produksi tanaman pangan Kabupaten Tabanan adalah yang terbesar di Provinsi Bali. Dalam pembahasan tanaman pangan, pertanian tanaman pangan dikelompokkan ke dalam empat kelompok, yaitu padi, palawija, sayur-sayuran, dan buah-buahan. Luas panen di Kabupaten Tabanan mengalami peningkatan sebesar 6,36 persen menjadi 43.215 Ha. Namun jika ditinjau dari sisi jumlah produksinya, jumlah produksi padi sawah di Kabupaten Tabanan mengalami penurunan sebesar 3,65 persen. Hal ini disebabkan adanya hama tikus dan saluran irigasi masih diperbaiki menyebabkan sawah kekurangan air. Disisi lain jumlah produksi tanaman palawija nilainya bervariasi, sebagian ada yang mengalami peningkatan, namun ada pula yang jumlah produksinya mengalami penurunan. Tanaman palawija yang jumlah produksinya mengalami peningkatan antara lain ketela pohon, ubi jalar, dan kacang hijau, sedangkan yang mengalami penurunan adalah jagung, kacang tanah, dan kedelai. Jumlah produksi sayur-sayuran di Kabupaten Tabanan adalah sejumlah 772.156 ton. Secara umum, produksi sayur-sayuran di Kabupaten Tabanan masih didominasi oleh komoditi kubis,

yaitu sebesar 197.059 ton (25,52 %). Produksi buah-buahan di Kabupaten Tabanan berjumlah 103.307 ton, dimana sebagian besar produksi buah-buahan masih didominasi oleh komoditi pisang, yaitu sebesar 60.901 ton (58,95 %) dengan nilai produksi sebesar Rp 16.005.287.000,- (Tabanan Kab, 2022).

Dengan demikian salah satu jalur alternatif yang sering dilewati oleh masyarakat kabupaten tabanan yaitu jalan Tendean. Jalur ini menghubungkan kota tabanan dengan kecamatan-kecamatan yang ada di kabupaten tabanan, khususnya Kecamatan Marga dan Kecamatan baturiti. Jalan tendean biasanya dipilih oleh masyarakat untuk berbagai aktivitas, khususnya aktivitas kegiatan perekonomian. Salah satu kegiatan perekonomian adalah pendistribusian hasil-hasil pertanian dan perkebunan yang dibutuhkan oleh masyarakat. Hasil-hasil perkebunan dan pertanian yang dihasilkan di kabupaten tabanan khususnya kecamatan Marga dan Kecamatan Baturiti antara lain yaitu beras, sayur-sayuran, buah-buahan.

Dengan demikian untuk pendistribusian hasil pertanian dan perkebunan dari kecamatan marga dan kecamatan baturiti ke kota tabanan, jalur yang sering digunakan adalah jalan tendean, dimana jalan ini salah satu jalan alternatif yang

digunakan masyarakat dalam kegiatan tersebut. Perkembangan pertambahan volume kendaraan bermotor baik roda dua, roda empat maupun lebih semakin meningkat terutama di Kabupaten Tabanan. Jalan di wilayah Kabupaten Tabanan memiliki banyak jalan alternatif yang menghubungkan kota Tabanan dan kecamatan-kecamatan di kabupaten tabanan, jalan raya di Kabupaten Tabanan memiliki arti yang strategis bagi pengembangan jaringan jalan logistic secara khusus di Kabupaten Tabanan dan juga bagi perkembangan jaringan jalan dalam skala regional, hal ini dikarenakan ruas jalan alternatif di Kabupaten Tabanan merupakan jalan utama transportasi darat yang menghubungkan berbagai kecamatan di sekitarnya.

Jalan yang rusak sering diperbuat oleh perilaku dari pengguna jalan, perencanaan, pelaksanaan yang buruk, dan pemeliharaan yang buruk. Secara garis besar, hambatan jalan menciptakan kondisi dimana suatu susunan dan kegunaan jalan tidak dapat lagi mengatasi lalu lintas secara optimal. Kondisi lalu lintas dan kendaraan yang melewati ruas jalan memiliki dampak yang besar terhadap desain sipil dan desain perkerasan yang dihasilkan. Adapun maksud dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kerusakan serta menilai kondisi dari ruas jalan. Penelitian ini menggunakan metode Bina Marga yang dimana saat melaksanakan survei, identifikasi jenis dan kerusakan dijadikan sebagai acuan atau pedoman dalam penilaian perkerasan suatu ruas jalan. (Edi Surahman 2017).

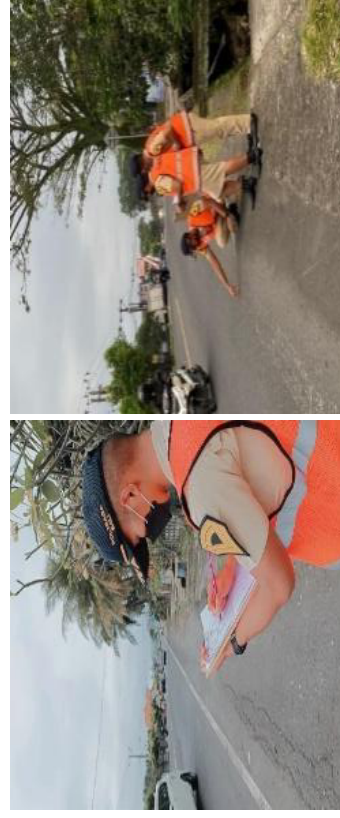
Suatu pengamatan tentang bagaimana kondisi permukaan jalan dan bagian jalan lainnya sangat diperlukan untuk dapat mengetahui kondisi permukaan jalan yang mengalami kerusakan. Pengamatan awal terhadap kondisi permukaan jalan tersebut yaitu dengan melakukan survei secara visual dengan cara melihat dan menganalisis kerusakan pada permukaan jalan berdasarkan jenis dan tingkat kerusakan untuk digunakan sebagai dasar dalam melakukan kegiatan pemeliharaan dan perbaikan (Edi Surahman 2017.) Berdasarkan uraian di atas, perlu adanya penelitian tentang penilaian kondisi jalan yang terjadi di Ruas Tendean yang menghubungkan kota Tabanan dengan kecamatan Marga dan Baturiti.

Metode

Metode Penelitian yaitu dengan pengambilan data primer dengan melaksanakan survei pengambilan data kerusakan jalan langsung di lapangan dan data sekunder dengan pengambilan data melalui website. Untuk Analisa data kerusakan jalan menggunakan metode Bina Marga dan PCI (*Pavement Condition Index*).

Hasil Kerja

Lokasi Penelitian Penelitian yang dilaksanakan di Jalan Tendean Kediri Tabanan.



Gambar 1. Pengambilan Data Kerusakan Jalan

Data Lalu Lintas

Pengumpulan data dilaksanakan pada hari Senin, Selasa, dan Minggu kurang lebih 12 jam. Masing-masing lajur dihitung dan ditotalkan sehingga mendapatkan jumlah volume lalu lintas.

Tabel 1. Jumlah Kendaraan Ji Tendean Kediri Tabanan

Hari	Golongan Kendaraan			Volume (smp/jam)
	LV (ken/jam)	HV (ken/jam)	MC (ken/jam)	
Senin	2296	107	10120	7495,1
Selasa	2472	116	10139	7691,3
Minggu	1580	110	5188	4317
Total	6348	333	25447	19503,4

Sumber : Data yang diolah 2022

Metode Bina Marga

Penetapan nilai dari keadaan jalan menyatakan tingkat kerusakan perkerasan terdapat di jenis dan total rasio ruas jalan yang diteliti. Direktorat Jenderal Bina Marga (1990) membuat penetapan nilai kondisi jalan keadaan semua jenis kerusakan berdasarkan rasio luas yang rusak pada tabel berikut

Tabel 2. Penentuan Angka Kondisi Perkerasan Berdasarkan

1. Retak-retak (Cracking)	2. Alur		3. Tambalan dan Lubang	
	Angka	Kedalaman (mm)	Angka	Luas (m ²)
Tipe Kulit Buaya	5	> 20 mm	7	> 30%
Acak	4	11 - 20 mm	5	20 - 30%
Melintang Memanjang	3	6 - 10 mm	3	10 - 20%
Tidak ada	1	0 - 5 mm	1	< 10%
Lebar > 2 mm	3	Tidak ada	0	
1 - 2 mm	2	Jenis Disintegrat	4	> 5/100 m ²
< 1 mm	1	Pelepasan Butir	3	2 - 5/100 m ²
Tidak ada	0	Rough	2	0 - 2/100 m ²
Luas Kerusakan > 30%	3	Fatty Close Texture	1	Tidak ada
10% - 30%	2		0	
< 10%	1			
Tidak ada	0			

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 1990

Hasil dari jenis kerusakan selanjutnya ditotal dan mendapatkan penilaian dari kondisi jalan yang terdapat pada tabel berikut



Tabel 3. Nilai Kondisi Jalan Berdasarkan Total

Total Kerusakan	Nilai Kondisi Jalan
26 – 29	9
22 – 25	8
19 – 21	7
16 – 18	6
13 – 15	5
10 – 12	4
7 – 9	3
4 – 6	2
0 – 3	1

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 1990

Data kerusakan ruas jalan Tendea tercantum pada tabel di bawah ini

Tabel 4. Penentuan Rasio Kerusakan Jl Tendea Kediri

No	Jenis Kerusakan	Rasio Jalan Rusak (M ²)	Rasio Jalan Total (M ²)	Persentase Kerusakan dari Luas Kerusakan Jalan Total	Persentase Kerusakan dari Luas Jalan Total
1	Refleksi	13,24	6480	2,45%	0,20%
2	Retak Pinggir	16,18	6480	2,99%	0,25%
3	Retak Buaya	345,62	6480	63,95%	5,33%
4	Retak Susut	128,07	6480	23,70%	1,98%
5	Lubang	0	6480	0,00%	0,00%
6	Retak Selip	33,73	6480	6,24%	0,52%
7	Tambalan	0	6480	0,00%	0,00%
8	Retak Sambungan	3,62	6480	0,67%	0,06%
	Total	540,46		100,00%	8%

Sumber : Data yang diolah 2022

Dari tabel di atas jenis kerusakan sebagian besar adalah retak. Survei dilaksanakan untuk mengukur panjang, dan lebar tergantung dari jenis kerusakan yang terjadi pada ruas jalan tersebut.

Dari tabel 6 terlihat bahwa kerusakan yang utama adalah retak kulit buaya seluas 345,62 m² (5,33%), diikuti retak susut sebesar 128,07 m² (1,98%). Hasil penentuan angka kerusakan per bagian tercantum dalam Tabel 5 berikut.

Setelah semua telah diketahui, selanjutnya mengacu pada rumus, dapat ditentukan dengan cara berikut:

Urutan Prioritas, UP= 17 – (Kelas LHR + Nilai Kondisi Jalan)

$$= 17 - (6 + 4)$$

$$= 7$$

Jika hasil yang diterima adalah 7, maka nilainya berada pada kategori prioritas >7 sesuai dengan tabel di bawah. Dalam kategori ini, jalan masuk dalam kategori pemeliharaan rutin.

Tabel 5. Penentuan Angka Kerusakan Metode Bina Marga

Jenis Kerusakan	Angka Untuk Kerusakan		Angka Untuk Kerusakan Kedalaman		Angka Kerusakan
	Jenis Kerusakan	Rasio Kerusakan	Angka Untuk Kerusakan	Angka Untuk Kerusakan	
Retak Kulit Buaya	5	3	0	5	5
Retak Pinggir	1	1	1	1	1
Retak Susut	1	2	0	2	2
Retak Refleksi	1	1	0	1	1
Retak Selip	1	1	0	1	1
Retak Sambungan	1	1	1	1	1
Tambalan	0	0	0	0	0
Lubang	0	0	0	0	0
	Total Angka Kerusakan				11

Sumber : Data yang diolah 2022

Tabel 6. Tindakan pada Urutan Prioritas

Urutan Prioritas (UP)	Tindakan yang diambil
0 – 3	Program Peningkatan
4 – 6	Program Pemeliharaan Berkala
> 7	Program Pemeliharaan Rutin

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1990

Metode Pavement Condition Index (PCI)

Dalam melaksanakan penilaian kondisi perkerasan dilakukan dalam beberapa tahap pekerjaan. Tahap awal adalah dengan mengevaluasi jenis-jenis kerusakan yang terjadi sesuai tingkat kerusakannya (severity level). Yaitu dengan cara mengukur panjang, luas dan kedalaman terhadap tiap-tiap kerusakan. Kemudian pada tahap berikutnya perlu dihitung nilai density, deduct value, total deduct value, corrected deduct value, sehingga kemudian akan didapat nilai PCI yang merupakan acuan dalam penilaian kondisi perkerasan jalan (Edi Surahman, 2017).

Pavement Condition Index (PCI) adalah sistem penilaian kondisi perkerasan jalan berdasarkan jenis, tingkat dan luas kerusakan yang terjadi, dan dapat digunakan sebagai acuan dalam usaha pemeliharaan. Nilai PCI ini memiliki rentang 0(nol) sampai 100 (seratus) dengan kriteria sempurna (excellent), sangat baik (very good), baik(good), sedang (fair), jelek (poor), sangat jelek (very poor), dan gagal (failed) (Agus Suswandi dkk.,2008).

Pada penelitian ini terdapat beberapa data yang kami peroleh antara lain: Data panjang, lebar, luas, kedalaman dan tingkat kerusakan pada masing-masing jenis jalan. Dalam merekapitulasi data kerusakan jalan dari luas jalan Tendea, kami membuat data dengan jarak 200 meter dan dapat dilihat pada gambar di bawah, yang dimana pada tahap berikutnya pengolahan data akan disajikan dalam pengolahan dengan metode (PCI).

Tabel 7. Data Luas Kerusakan Jalan

Segmen	STA	Jenis Kerusakan m^2			
		Retak Buaya (Alligator Cracking)	Retak Melintang atau Memanjang (Long and Trans Cracking)	Reflection (Reflection Cracking)	Reflection (Reflection Cracking)
1	0+000 s/d 0+200	99,8476	58,8559	2,3194	2,3194
2	0+200 s/d 0+400	12,3458	3,36	4,095	4,095
3	0+400 s/d 0+600	83,245	51,68	5,78	5,78
4	0+600 s/d 0+800	71,465	90,6025	20,1625	5

Sumber Data yang diolah 2022

Tabel 8. Nilai Deduct Value tiap jenis dan tingkat kerusakan

Segmen	STA	Jenis Kerusakan m^2											
		Retak Buaya (Alligator Cracking)			Retak Melintang atau Memanjang (Long and Trans Cracking)			Reflection (Reflection Cracking)			Reflection (Reflection Cracking)		
		L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H
1	0+000 s/d 0+200	4	1	2	0	4	8	0	1	3	0	1	3
2	0+200 s/d 0+400	3	1	1	0	2	7	0	1	2	0	1	2
3	0+400 s/d 0+600	6	1	2	0	0	6	0	1	2	0	1	2
4	0+600 s/d 0+800	3	1	1	0	0	6	0	1	2	0	1	2

Sumber : data yang diolah 2022
Nilai TDV = 186

Tabel 9. Nilai PCI setiap segmen jalan

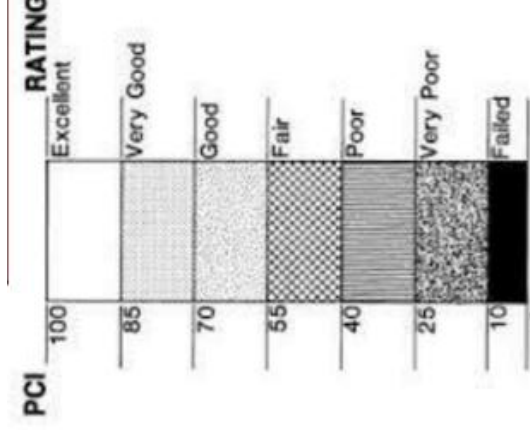
Segmen	STA	TDV	CDV	PCI
1	0+000 s/d 0+200	53	22	78
2	0+200 s/d 0+400	45	17	83

3	0+400 s/d 0+600	54	23	77
4	0+600 s/d 0+800	36	13	87
Total PCI				325

Sumber : Data yang diolah 2022

Dari tabel di atas, skor PCI secara keseluruhan mencapai 325. Ini akan memberi Anda skor PCI rata-rata untuk Tendeen Highway. Jadi terlihat seperti ini:

$$PCI = (\text{Total Nilai PCI}) / (\text{Jumlah Segmen Jalan}) = 325 / 4 = 81,25$$



Gambar 2. Nilai Rating PCI

Berdasarkan hasil dari perhitungan tersebut, bisa didapatkan hasil dari nilai PCI pada jalan Tendeen, Tabanan yaitu 81,25. Dari hasil perhitungan PCI ini, jalan Tendeen Tabanan masih termasuk kedalam klasifikasi baik. Jika dilihat berdasarkan nilai PCI, maka jalan Tendeen, Tabanan ini termasuk dalam program pemeliharaan rutin.

Kesimpulan

Berdasarkan penjelasan yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kerusakan jalan yang utama di Jalan Tendeen Kediri Tabanan adalah retak.
2. Setelah melakukan penguraian menggunakan metode Bina Marga nilai urutan prioritas yang didapatkan sebesar 8, dengan merujuk pada tabel 1 termasuk kategori urutan prioritas >7
3. Penyelesaian dan perbaikan kerusakan jalan menggunakan metode Bina Marga yaitu program perawatan secara rutin dan teratur
4. Setelah memperoleh hasil dari analisa dan kondisi nilai jalan yang dihitung dengan metode Bina Marga dapat direkomendasikan dengan cara menambal parsial atau seluruh kedalaman, jika kerusakan itu ringan bisa diperbaiki dengan menggunakan larutan penutup (slurry seal). Namun jika kerusakan tersebut parah bisa diperbaiki dengan pembongkaran bagian yang rusak.
5. Evaluasi kerusakan jalan Tendeen, jenis kerusakan jalan tersebut adalah retak melintang atau membujur (longitudinal dan transversal crack), buaya retakan (Cleft (Air Mata Buaya) dan Refleksi (Air Mata Refleksi)). Survei dengan metode survei PCI di Jalan Tendeen Tabanan menghasilkan 81,25, yang masih termasuk jalan yang diklasifikasikan dengan baik. Dengan begitu, perawatan bisa dilakukan secara rutin.



Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Transportasi Darat Bali dan Para Taruna-Taruni tingkat III Prodi Manajemen Transportasi Jalan (MTJ) Kelas A.

Referensi

- Suswandi, Agus dkk.(2008). *Evaluasi Tingkat Kerusakan Jalan Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) Untuk Menunjang Pengambilan Keputusan (Studi Kasus: Jalan Lingkar Selatan, Yogyakarta)*. Forum Teknik Sipil No. XVII, Hal 935-946.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1990). *Tata Cara Penyusunan Program Pemeliharaan Jalan kota, No. 018/T/BNK/1990*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta, Indonesia.
- Surahman, Edi .(2017). *Evaluasi Tingkat Kerusakan Jalan Pada Berbagai Dasar Penentuan Perbaikan Jalan Pada Ruas Jalan Rimo-Singkil*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan.
- Tabanan Kab.(2022). Selayang Pandang. Tabanan, Bali. <https://tabanankab.go.id/home/mengenitabanan/selayang-pandang>.



Adjust Photometric (Sensor Pembacaan) Alat Kimia Klinik Otomatis

Benedictus Teja Brian Pahar¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ tejabrian@gmail.com

Pemeriksaan pada laboratorium kesehatan sangat penting bagi pasien yang ingin mengetahui kondisi tubuh. Pemeriksaan yang paling umum adalah pemeriksaan kimia klinik. Pemeriksaan kimia klinik dapat menentukan kadar kolesterol, gula, asam urat, creatinin, urea, yang terkandung dalam darah. Pemeriksaan-pemeriksaan tersebut sangatlah bergantung pada komponen pembacaan atau photometrik. Pada makalah ini akan dibahas tentang adjustment komponen pembacaan kimia klinik yang dapat mempengaruhi kestabilan dan keakuratan pembacaan sampel pasien.

Kata kunci: kimia klinik, photometrik, akurat.

Pendahuluan

Analisa kimia darah adalah salah satu pemeriksaan yang dapat dilakukan pada laboratorium Kesehatan untuk dapat mengetahui kondisi zat kimia yang terkandung dalam darah vena. Darah vena yang telah diambil kemudian disimpan pada tabung penyimpanan sampel darah yang mengandung gel separator yang dapat memisahkan antara serum dan sel darah setelah melalui proses centrifuge. Beberapa pemeriksaan kimia darah antara lain adalah kolesterol, gula darah, asam urat, kreatinin, urea, SGPT, SGOT, Triglyceride (Rosdarni, 2022).

Parameter-parameter tersebut sangat berpengaruh pada kondisi Kesehatan pasien. Kesalahan Analisa oleh dokter dengan mengacu pada hasil pemeriksaan kimia darah dapat menjadikan kesalahan terapi obat, yang berpengaruh pada kondisi Kesehatan pasien. Salah satu kesalahan Analisa kimia darah dapat terjadi karena sensor pembacaan unsur kimia dalam darah tidak dalam kondisi yang baik (Deddy, 2019).

Sensor pembacaan unsur kimia dalam darah menggunakan konsep penyerapan gelombang cahaya yang dihasilkan oleh sumber cahaya berupa lampu halogen. Sumber cahaya yang diserap oleh unsur kimia dalam darah memiliki karakteristik penyerapan panjang gelombang warna masing-masing. Maka sensor pembacaan unsur kimia darah terdiri dari beberapa filter cahaya yang difilter dengan menggunakan lensa dengan warna-warna tertentu agar cahaya yang difiltrasi sesuai dengan panjang gelombang yang diinginkan (Yayuk, 2017).

Metode

Metode yang digunakan adalah mengatur intensitas cahaya melalui potensiometer yang disesuaikan sehingga cahaya yang diterima oleh masing-masing filter akan diproses oleh mikrokontroler dan diubah menjadi nilai absorbansi (ABS).

Hasil Kerja

Pengerjaan Quality Control

Karakteristik instrumen atau alat kimia klinik auto dengan merk BIOTECNICA dengan tipe BT15i menggunakan intensitas cahaya penyerapan atau absorbansi (ABS) dengan

nilai sekitar +- 12000 Abs. Nilai tersebut adalah nilai perhitungan ADC dari sumber cahaya berupa lampu halogen. Pada filter cahaya yang telah diatur adalah panjang gelombang 340 nm, 380 nm, 405 nm, 436 nm, 700 nm, 510 nm, 546 nm, 578 nm, 630 nm, 480 nm. Dengan mengatur intensitas cahaya yang sama rata maka, hasil pembacaan unsur kimia dalam darah yang dibaca oleh optik melalui filter cahaya dapat mendekati keakuratan pembacaan. Keakuratan hasil pembacaan dapat dilihat dari hasil pengerjaan Quality Control dengan menggunakan serum khusus yang dibaca dan hasil pembacaan masuk pada rentang nilai yang sudah ditentukan oleh pabrik serum khusus tersebut.

Parameter	Value	Unit	Reference Range
UREA	31.5	mg/dL	27.1 - 45.1
SPOT	47.8	U/L	0.015
GLUCOSE	88.2	mg/dL	80.4 - 113
TRIGLYCERIDA	85.8	mg/dL	0.008
CREATININE	1.05	mg/dL	0.014
ALB	2.93	g/dL	0.860
CHOLESTEROL	84.0	mg/dL	0.019
LDL	6.220	mg/dL	0.023
HDL	9.484	mg/dL	0.009
LDL	32.4	mg/dL	0.220

Gambar 1. Hasil Quality Control

Landasan Teori

Pembacaan absorbansi cahaya yang diserap oleh unsur kimia yang terkandung dalam masing-masing parameter kimia darah. Penyerapan cahaya pada setiap reaksi kimia antara reagen dan serum darah menentukan panjang gelombang yang digunakan untuk membaca kepekatan warna yang dihasilkan.

Sebagai contoh parameter kolesterol merupakan parameter kimia darah yang berfungsi dalam pembentukan membran sel, sintesis hormon-hormon steroid, sintesis asam empedu. Pencampuran reagen kolesterol dengan serum akan menghasilkan perubahan warna menjadi warna ungu, tetapi perubahan warna tersebut akan semakin menjadi berwarna hijau ketika sudah melalui proses inkubasi. Sehingga pembacaan kolesterol menggunakan lensa filter berwarna hijau, dengan panjang gelombang 546 nm.

Kesalahan dalam adjust nilai absorbansi dari sumber cahaya yang di filter oleh lensa dapat berakibat fatal terhadap diagnosa sampel. Dapat mengakibatkan kesalahan terapi obat dan bisa berdampak pada kesehatan pasien. Untuk menjaga kestabilan dan keakuratan pembacaan kimia

darah, maka perlu adanya pemantauan nilai absorbansi yang terjadwal. Agar alat kimia klinik dapat membantu banyak orang dalam menentukan diagnosis kesehatan pada masyarakat yang berobat (Sacher, 2004).

Proses Adjustment

Gambar 3 menjelaskan hasil adjust gelombang cahaya pada filter. Kolom 1st channel adalah filter yang akan dibandingkan dengan filter kedua pada kolom 2nd channel. Perbandingan nilai dilakukan pada setiap filter yang ada pada photometrik. Macam-macam filter dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Penyesuaian nilai absorbansi yang terlihat pada **Gambar 3** adalah kurang lebih pada nilai 13000. Dengan cara memutar potentiometer yang ada pada photometrik. Potensiometer dapat dilihat pada **Gambar 4**.

Proses pembacaan nilai absorbansi dapat dilihat pada **Gambar 5**. Pemancaran sumber gelombang cahaya dari Lampu halogen pada lorong berbentuk kerucut dan menembakkan gelombang cahaya secara fokus pada kuvet pembacaan yang berisi air. Kuvet pembacaan terbuat dari bahan kaca. Dapat dilihat pada **Gambar 6**.

Pembiasan cahaya kuvet akan mengarah kebagian bawah kuvet. Gelombang cahaya yang dibiaskan melalui bagian bawah kuvet akan diterima oleh cermin, dan kemudian filter yang sedang di adjust akan menerima pantulan cahaya dari cermin dan intensitasnya akan dibaca oleh sensor optik. Hasil pembacaan dari sensor optik akan dikonversikan menjadi nilai absorbansi.



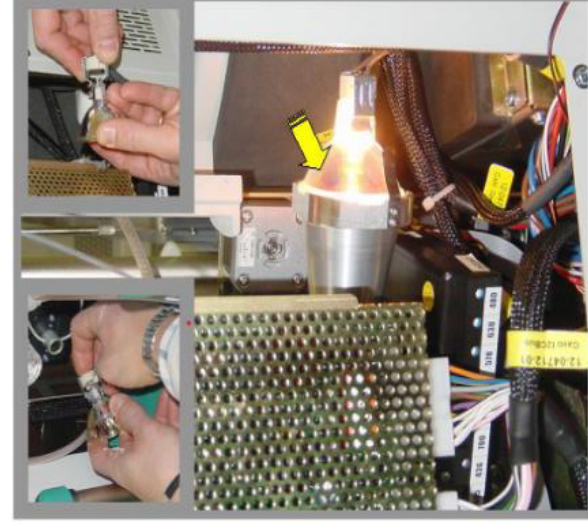
Gambar 2. Macam-macam filter

Cuvette	1st Channel	2nd Channel	ImABS Mono	ImABS Bicro
#01	13436	13240	-16	-1
#02	12924	12656	-2	-14
#03	12740	12504	-3	2
#04	13128	12919	-2	-9
#05	12977	12646	19	-16
#06	13169	12837	11	-14
#07	12762	12473	38	-12
#08	13042	12776	11	-6
#09	13105	12813	19	-12
#10	13102	12816	15	-12
#11	12859	12604	13	-2
#12	12966	12734	13	2
#13	12934	12728	29	-1
#14	12874	12639	4	2
#15	13175	12967	-27	2
#16	12579	12387	38	1
#17	13077	12878	-5	9
#18	13012	12808	8	8
#19	12874	12541	-5	-3
#20	13086	12975	-6	10
#21	13139	12948	-1	7
#22	12879	12832	12	15
#23	12717	12452	14	-1
#24	13102	13038	-8	11
#25	13216	13132	-18	8
#26	13368	13253	-27	8
#27	13315	13205	-14	6
#28	13223	13050	-41	2
#29	13430	13320	-22	5
#30	13317	13218	-19	7
#31	13153	12932	-19	8
#32	13084	12830	-2	-10

Gambar 3 .Hasil Adjust filter



Gambar 4. Lensa Filter



Gambar 5. Pembacaan Filter



Gambar 6. Kuvet Pembacaan

Kesimpulan

Dari hasil pekerjaan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai absorbansi filter perlu dipantau dalam waktu yang terjadwal, agar pemeriksaan dapat akurat dan tidak menimbulkan kesalahan terapi obat pada pasien.
2. Perlu ada tindakan adjustment terhadap filter photometrik ketika nilai absorbansi di bawah 13000.
3. Kestabilan nilai yang terbaca pada sensor dapat berpengaruh pada hasil pembacaan parameter kimia dalam darah.

Ucapan Terimakasih

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

1. Terima kasih pada PT. Setia Andalan Sukses, yang memberikan tanggung jawab dan kesempatan kepada penulis untuk melakukan pekerjaan ini,



2. Terima kasih kepada Rio selaku rekan kerja yang mensupport penulis dalam menuliskan makalah ini. Semoga tulisan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi masyarakat, terutama bagi pengguna alat kimia klinik otomatis.

enzimatik". Jurusan Analis Kesehatan Poltekkes Kemenkes Banjarmasin.

Deddy, M. M. S., 2009. Pengantar Ilmu Gizi. Alfabeta, Bandung.

Referensi

Rosdarni dkk. (2022). "Pemeriksaan kimia darah pada masyarakat pertambangan desa Wawatu kecamatan Moramo Utara". Program Studi D4 Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Ilmu Sains dan Teknologi, Universitas Mandala Waluya.

Sacher, R. A. and McPherson, R. A.. (2004). Tinjauan Klinis Hasil Pemeriksaan Laboratorium, edisi 11, Buku Kedokteran EGC, Jakarta.

Yayuk, Kustiningsih dkk. (2017). "Pengaruh variasi suhu awal reagen terhadap kadar glukosa darah metode



Penerapan Teknologi Pengolahan Limbah dengan Sistem Bioreaktor Unggun Tetap Aerobik menggunakan Media Biofilm pada Limbah Cair Proses Flavoring

Dimas Damar Adi Krisna

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

✉ psppti.dimas.d.22@ukwms.ac.id

Pencemaran air di Indonesia sudah masuk ke dalam kondisi serius, salah satu penyebabnya adalah limbah cair yang dihasilkan oleh industri manufaktur yang tidak melalui sistem pengolahan limbah standar terlebih dahulu. Pada percobaan ini dikaji penerapan teknologi pengolahan limbah dengan sistem mikrobiologi yakni sistem Bioreaktor Unggun Aerobik menggunakan media Biofilm dengan limbah cair dari proses flavoring yang menjadi objek percobaannya. Penggunaan Bioreaktor Unggun Aerobik menggunakan media Biofilm sebagai agen pengurai senyawa pencemar air limbah mampu mengurangi konsentrasi parameter mutu limbah cair yaitu COD (Chemical Oxygen Demand) dengan efisiensi sebesar 88,65%. Hal ini menginformasikan bahwa penerapan teknologi pengolahan limbah secara mikrobiologi dengan sistem bioreaktor Unggun Tetap Aerobik sangat potensial untuk diterapkan pada industri manufaktur.

Kata kunci: Air Limbah, Biofilm, Bioreaktor, Aerobik, COD

Pendahuluan

Salah satu teknologi pengolahan limbah cair yang terus berkembang hingga saat ini adalah Teknologi Biofilter. Biofilter adalah sebuah bioreaktor dengan prinsip penumbuhan mikroba yang dikembangkan pada media filter yang kemudian akan membentuk lapisan yang disebut Biofilm (attached growth).

Teknologi pengolahan limbah cair dengan metode biofilter mempunyai keunggulan dibanding metode lain karena: tidak memakan tempat, lokasi dengan air tanah tinggi, dan pengoperasiannya mudah karena menghasilkan lumpur yang lebih sedikit.

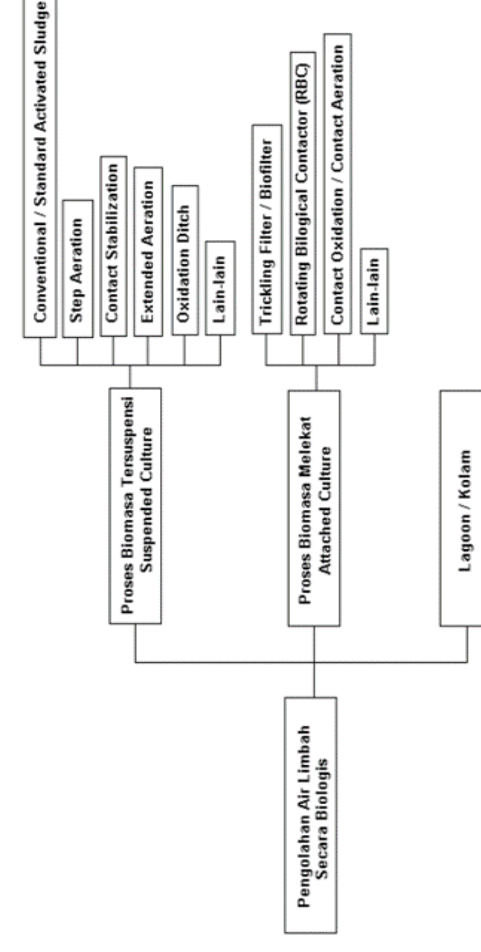
Berkaitan dengan permasalahan diatas, serta pentingnya peningkatan kinerja proses maupun pengelolaan sistem biofilter, maka perlu dilakukan studi untuk pengkajian penerapan biofilter pada limbah cair industri terutama efektivitasnya dalam penurunan COD untuk memenuhi penyusunan baku mutu air limbah.

Tinjauan Pustaka

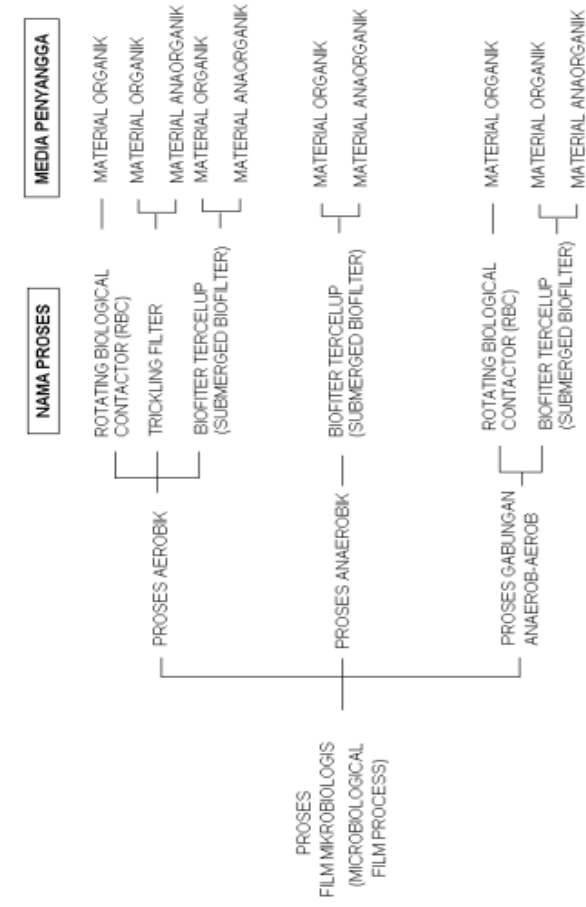
2.1. Teknologi pengolahan limbah cair dengan Biofilm

Proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilter (dengan media Biofilm) secara garis besar dapat diklasifikasikan seperti pada Gambar 1. Pada kondisi aerobik terjadi proses nitrifikasi yakni nitrogen ammonium diubah menjadi nitrat ($\text{NH}_4 \rightarrow \text{NO}_3$) dan pada kondisi anaerobik

terjadi proses denitrifikasi yakni nitrat yang terbentuk diubah menjadi gas nitrogen (NO_3N_2).



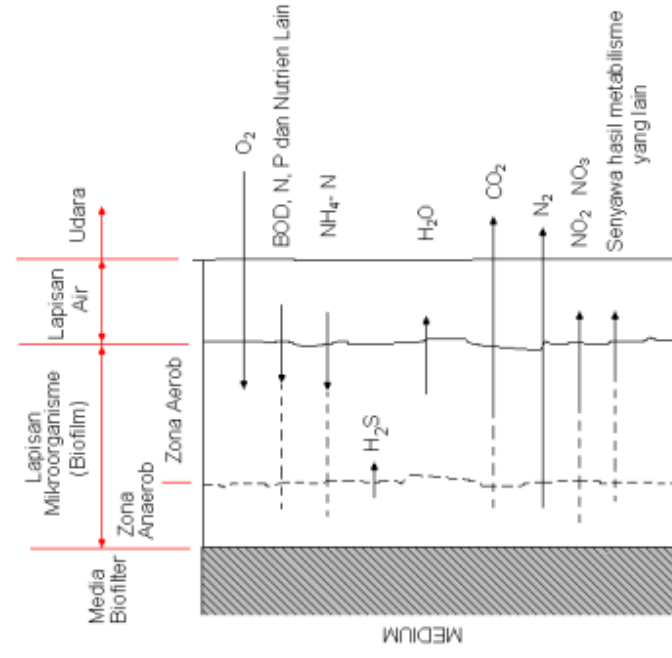
Gambar 1. Klasifikasi Cara Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Biofilm



Gambar 2. Klasifikasi cara pengolahan air limbah dengan proses film mikro-biologis (proses biofilm).

2.2. Prinsip Proses Sistem Biofilm

Mekanisme proses metabolisme di dalam sistem biofilm secara aerobik secara sederhana dapat diterangkan seperti pada Gambar 2. Gambar tersebut menunjukkan suatu sistem biofilm yang terdiri dari medium penyangga, lapisan biofilm yang melekat pada medium, lapisan air limbah dan lapisan udara yang terletak diluar [5]:



Gambar 3. Mekanisme Proses Metabolisme Di Dalam Proses Dengan Sistem Biofilm

Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut di dalam air limbah senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomasa. Suplai oksigen pada lapisan biofilm didapat dari blower udara atau pompa sirkulasi untuk jenis bioreaktor unggun tetap (Solichin, 2012).

2.3. Keunggulan Proses Biofilm

Pengolahan air limbah dengan proses biofilm mempunyai beberapa keunggulan antara lain (Solichin, 2012):

- Pengoperasiannya mudah Di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilm, tanpa dilakukan sirkulasi lumpur, tidak terjadi masalah "bulking!" seperti pada proses lumpur aktif (Activated Sludge Process). Oleh karena itu pengelolaannya sangat mudah.
- Lumpur yang dihasilkan sedikit Dibandingkan dengan proses lumpur aktif, lumpur yang dihasilkan pada proses biofilm relatif lebih kecil. Di dalam proses lumpur aktif antara 30 - 60 % dari BOD yang dihilangkan (removal BOD) diubah menjadi lumpur aktif (biomasa) sedangkan pada proses biofilm hanya sekitar 10- 30 %. Hal ini disebabkan karena pada proses biofilm rantai makanan lebih panjang dan melibatkan aktivitas mikroorganisme dengan orde yang lebih tinggi dibandingkan pada proses lumpur aktif.
- Dapat digunakan untuk pengolahan air limbah dengan konsentrasi rendah maupun konsentrasi tinggi. Oleh karena di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilm mikroorganisme atau mikroba melekat pada permukaan medium penyangga maka pengontrolan terhadap mikroorganisme atau mikroba lebih mudah. Proses biofilm tersebut cocok digunakan untuk mengolah air limbah dengan konsentrasi rendah maupun konsentrasi tinggi.
- Tahan terhadap fluktuasi jumlah air limbah maupun fluktuasi konsentrasi. Di dalam proses biofilter mikro-organisme melekat pada permukaan unggun mgdip akibatnya konsentrasi biomassa mikroorganisme per satuan volume relatif besar sehingga relatif tahan terhadap fluktuasi beban organik maupun fluktuasi beban hidrolitik.

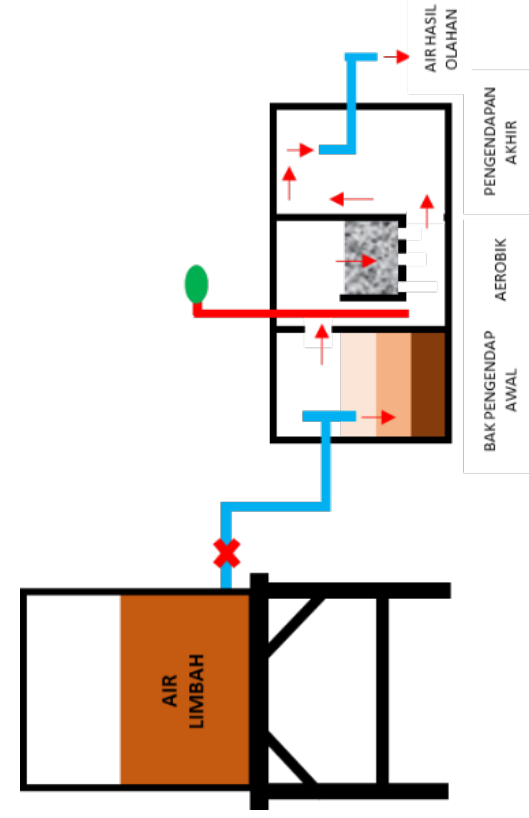
2.3. Bioreaktor Unggun Tetap

Reaktor dengan media tetap diperkenalkan oleh Young & Mc. Carty pada tahun 1967. Bioreaktor ini adalah reaktor yang terdiri dari tangki berisi bahan pembantu berupa bahan penyangga tetap. Struktur bioreaktor ini menyerupai saringan (filter) yang terdiri atas susunan atau tumpukan bahan penyangga yang disebut dengan media penyangga yang disusun baik secara teratur maupun acak di dalam suatu bejana (Titiresmi, 2006).

Metode

Percobaan ini menggunakan bioreaktor aerobik yang terdiri dari 3 area, yakni area pengendapan awal, aerobik dan pengendapan akhir. Limbah cair yang digunakan pada percobaan ini berasal dari air sisa pencucian silo flavouring industri makanan yang ditampung di dalam suatu tangki. selanjutnya dialirkan ke area pengendapan awal. Dari ruang pengendapan awal, limbah cair dialirkan ke area aerobik, yang terdiri dari biofilter dengan media pecahan keramik yang dialirkan dari atas ke bawah dan diaerasi dengan

menggunakan pompa udara. Cairan yang keluar dari biofilter aerobik selanjutnya menuju area pengendapan akhir yang mengalir dari bawah ke atas. Air yang keluar dari pengendapan akhir merupakan hasil akhir pengolahan limbah.



Gambar 4. Penampang Bioreaktor Unggun Tetap Aerobik untuk pengolahan air limbah yang digunakan untuk percobaan

Flow rate proses ini diatur agar waktu tinggal di dalam bioreaktor berlangsung selama tiga hari. Setelah proses berjalan satu minggu, muncul lapisan mikroorganisme pada permukaan media pada area aerobik yang disebut biofilm. Mikroorganisme ini akan menguraikan bahan pencemar organik di dalam limbah cair.

Waktu tinggal di dalam bioreaktor diubah menjadi dua hari setelah dua minggu berjalan, kemudian waktu tinggal di dalam bioreaktor diubah lagi menjadi satu hari, dan seterusnya waktu tinggal tetap satu hari hingga enam minggu berjalan. Sampling dan analisis contoh air baku mutu limbah dan air hasil pengolahan limbah dilakukan setelah minggu ke pertama hingga ke enam. Parameter kualitas air limbah yang diukur yakni COD (Chemical Oxygen Demand) [5].

Hasil

Setelah dilakukan percobaan, diperoleh hasil analisis mutu air limbah berikut ini:

Tabel 1. Hasil Analisa Konsentrasi COD Sebelum dan Sesudah Pengolahan

Minggu ke:	COD air masuk (mg/L)	COD air keluar (mg/L)	Efisiensi (%)	Catatan
1	748,8	211,05	71,81	waktu tinggal 3 hari
2	1350	95,88	93,61	
3	1108	133,25	87,97	waktu tinggal 2 hari
4	1201,45	98,41	91,81	
5	708,54	50,87	92,82	waktu tinggal 1 hari
6	404,1	45,83	88,65	

Pembahasan

5.1. Proses Pertumbuhan Mikroorganisme

Keberhasilan proses pertumbuhan ini ditandai dengan permukaan media yang berubah menjadi agak licin dan berlendir apabila dipegang. Pada penelitian ini, proses pertumbuhan mikroorganisme diamati selama 7 hari. Pada awal proses yaitu periode pengendapan dan penyaringan, belum terlihat perubahan pada tampilan fisik air limbah masuk, hal ini karena mikroorganisme yang terdapat di bioreaktor belum tumbuh optimal. Setelah sekitar satu minggu, lapisan tipis mulai muncul di permukaan media pecahan keramik. Dengan munculnya lapisan tipis yang merupakan mikroorganisme yang tumbuh tersebut maka proses penguraian bahan pencemar yang ada di dalam air limbah secara biologis juga sudah mulai berjalan. Hal ini secara fisik dapat dilihat dari air limpasan yang keluar dari area aerobik di bak aerasi. Sedangkan air hasil pengolahan limbah yang keluar sudah nampak jernih. Keberhasilan proses ini tergantung pada substrat, konsentrasi, media, operasi, dan kondisi lingkungan.

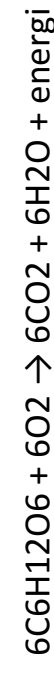
5.2. Faktor yang Mempengaruhi Proses Biofilter Secara Aerob

a. Suhu

Pada penelitian ini terdapat peningkatan suhu setelah melewati media biofilter, namun suhu masih berada dalam rentang normal, meskipun dilakukan pengulangan setiap hari namun suhu tetap stabil berada pada rentang 24,3 – 28,1°C. Temperatur optimum bakteri dalam proses aerob yaitu berkisar antara 5°C - 55°C (Solihin,2012), maka suhu yang didapat dari hasil pengukuran sudah masuk dalam suhu optimum untuk pertumbuhan bakteri aerob.

b. pH

pH mengalami penurunan setelah dilewatkan pada media biofilter, adanya perubahan pH dalam limbah cair disebabkan karena proses biologis yaitu fotosintesis dan respirasi. pH mengalami penurunan karena terjadi proses respirasi dimana mikroorganisme mengubah karbohidrat menjadi energi untuk menjalankan proses lainnya. Respirasi merupakan kebalikan dari proses fotosintesis (Titiresmi, 2006). Proses ini terjadi sepanjang waktu dan cenderung mengurangi pH karena CO₂ yang dihasilkan dengan reaksi sebagai berikut :



5.3. Penghilangan COD (Chemical Oxygen Demand)

Hasil analisis sampel dengan waktu tinggal tiga hari, setelah satu minggu berjalan konsentrasi COD air limbah yang masuk 748,8 mg/L turun menjadi 211,05 mg/L dengan efisiensi penghilangan 71,81%. Setelah dua minggu berjalan konsentrasi COD air limbah 1350 mg/L turun menjadi 95,88 mg/L dengan efisiensi penghilangan 93,61 %. Setelah dua minggu operasi, waktu tinggal air limbah di dalam reaktor



diubah menjadi dua hari, dan pada minggu ke tiga konsentrasi COD di dalam air limbah yang masuk adalah 1108 mg/L, dan konsentrasi COD di dalam air hasil pengolahan limbah turun menjadi 133,25 mg/L, dengan efisiensi penghilangan COD 87,97 %. Di minggu ke empat, konsentrasi COD air limbah yang masuk 1201,45 mg/L dan konsentrasi COD air hasil pengolahan limbah 98,41 mg/L, efisiensi penghilangan COD 91,81%. Setelah minggu ke empat waktu tinggal diubah menjadi satu hari. Setelah berjalan pada minggu ke lima, konsentrasi COD air limbah yang masuk 708,54 mg/L dan konsentrasi COD air olahan 50,87 mg/L, efisiensi penghilangan COD 92,82 %. Setelah proses berjalan hingga minggu ke enam, konsentrasi COD air limbah masuk 404,10 mg/L dan konsentrasi COD air olahan 45,83 mg/L, efisiensi penghilangan COD 88,65 %. Dari hasil tersebut dapat terlihat bahwa dengan sistem aerobik total waktu tinggal satu hari menunjukkan efisiensi penghilangan senyawa organik (COD) cukup besar dan relatif stabil.

Kesimpulan

Dari hasil percobaan ini, dengan menggunakan sistem bioreaktor unggul tetap proses aerobik dengan media biofilm dapat menurunkan COD sebesar efisiensi sebesar 88,65%. Proses pengolahan air limbah dengan sistem bioreaktor ini cukup stabil terhadap pengaruh fluktuasi beban organik yang cukup tinggi. Pengolahan air limbah dengan proses ini juga pengoperasiannya mudah dan dapat digunakan untuk unit yang kecil maupun besar.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada rekan-rekan di Departemen Produksi dan WTCP IPAL PT. ABC yang telah membantu dalam pelaksanaan percobaan di lapangan. Juga kepada rekan-rekan di Departemen R&D atas bantuan teknis salam pengujian parameter fisik percobaan ini. Ucapan terimakasih juga dapat ditujukan kepada PT. ABC yang memberi izin kepada penulis untuk melakukan percobaan ini.

Referensi

- Solihin, Muhammad. (2012). Proses Biofilter Tercelup Modul Pengelolaan Limbah Cair. Malang: Universitas Brawijaya.
- Titiresmi, Nida Sopia. (2006). Teknologi Biofilter Untuk Pengolahan Limbah Ammonia. Serpong: Balai Teknologi Lingkungan, BPPT.
- Solichin, Muhammad. (2012). Pengelolaan Limbah Cair Pengolahan Limbah dengan Proses Biofilm, Trickling Filter dan RCB. Malang: Universitas Brawijaya.



Pemilihan Trase Reaktivasi Jalur Kereta Api Lintas Stasiun Probolinggo – Stasiun Pelabuhan Probolinggo

Septiana Widi Astuti¹ **Nurul Fitria**² **Reno Mardiyansyah**³ **Wafiq Alamsyah Fahmi**⁴

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

² Program Studi Teknologi Mekanika Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

^{3,4} Program Studi Teknologi Bangunan dan Jalur Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

✉ septiana@ppi.ac.id.

Penelitian ini bertujuan menentukan trase reaktivasi jalur kereta api lintas Stasiun Probolinggo – Stasiun Pelabuhan Probolinggo berdasar beberapa aspek sesuai PM No. 11 Tahun 2012 tentang Tata Cara Penetapan Trase Jalur Kereta Api. Metode Pengumpulan Data Berupa Survei Data Primer dan data sekunder. Data primer meliputi survei trase eksisting jalur kereta api yang dilakukan foto setiap 50 m. Untuk data sekunder meliputi rencana tata ruang wilayah, peta jalur eksisting, dan berbagai peta dari PU SDA TARU. Metode yang digunakan adalah dengan membandingkan empat trase sesuai kriteria sehingga mendapatkan total skor terkecil. Data trase diolah dengan bantuan program QGis. Berdasarkan penilaian trase alternatif² merupakan trase terpilih untuk reaktivasi jalur kereta api lintas Stasiun Probolinggo – Stasiun Pelabuhan Probolinggo.

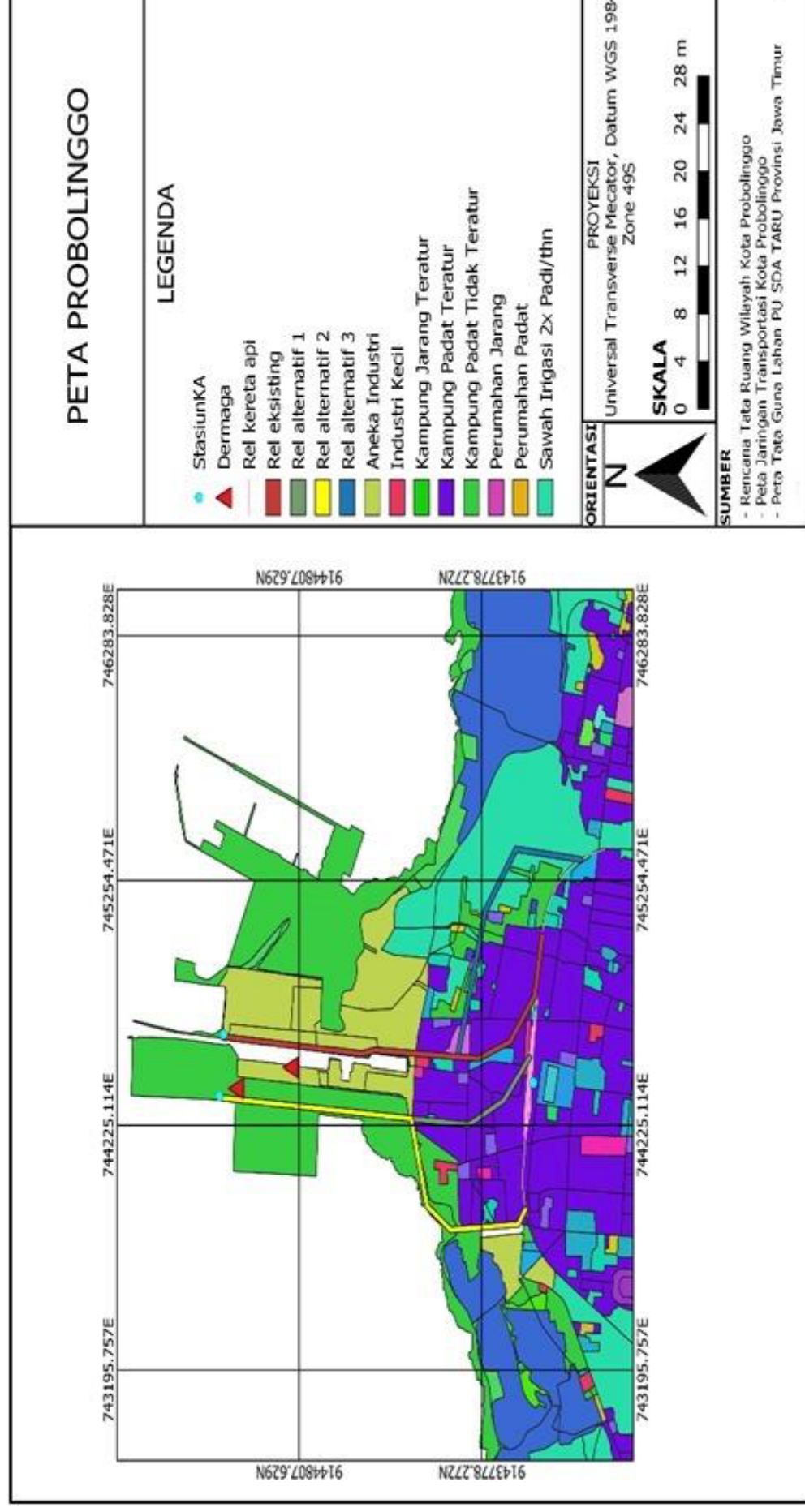
Kata kunci: reaktivasi, pemilihan trase, QGis

Pendahuluan

Pembangunan sektor industri pengolahan yang berorientasi ekspor semakin dikembangkan khususnya di Provinsi Jawa Timur. Hal ini tentu berimplikasi pada tuntutan peningkatan infrastruktur antara lain sarana transportasi. Pemerintah harus meningkatkan sarana transportasi untuk ekspor-impor barang di wilayah pantai bukan hanya kota Surabaya akan tetapi kota-kota pantai Utara yang memiliki pelabuhan dapat digunakan untuk pengiriman barang ekspor-impor, seperti Tuban, Gresik, Pasuruan dan Probolinggo (Sadewo & Surabaya, 2019). Pada era kolonial Belanda, Kota Probolinggo merupakan sebuah kota pesisir di Jawa Timur yang memiliki posisi yang sangat strategis bagi Belanda, karena menghadap ke Selat Madura. Lalu kota ini mulai dirancang dengan system *grid* dan menjadi kota perdagangan yang cukup penting, meskipun di masa lalu, Probolinggo relatif masih kurang dikenal jika dibandingkan dengan kota-kota lain seperti Gresik, Tuban atau Surabaya. Pada Jaman Tanam Paksa Belanda mulai mengembangkan lahan-lahan pertanian dan juga perkebunan di Probolinggo dan sekitarnya, termasuk di wilayah-wilayah Pasuruan, Lumajang, Jember, Bondowoso dan Situbondo. Dengan komoditas perdagangan unggulan yang dihasilkan antara lain: gula, tembakau dan kopi. Selanjutnya, pembangunan rel kereta api sebagai sarana transportasi dan juga untuk pengangkutan hasil bumi dari sekitar Probolinggo untuk kemudian dikapalkan ke Belanda. Prosesnya, dari kawasan perkebunan yang ada di bagian timur Jawa, hasil bumi diangkut dengan kendaraan lain menuju ke stasiun terdekat, untuk kemudian dibawa menuju stasiun Probolinggo. Di stasiun Probolinggo, komoditas itu kemudian dibongkar dan dimasukkan ke gudang-gudang yang sudah disiapkan Belanda. Jika komoditas sudah terkumpul dalam jumlah

yang diinginkan, kemudian diangkut menuju ke pelabuhan, untuk selanjutnya dimuat dalam kapal-kapal besar dengan berbagai tujuan ke berbagai belahan dunia, terutama untuk pasar Eropa dan sekitarnya (Probolinggo et al., n.d.). Akan tetapi untuk saat ini stasiun Pelabuhan Probolinggo sudah tidak aktif. Stasiun Probolinggo saat ini dipakai untuk transportasi manusia dan barang antar kota, tidak ada lagi angkutan barang dan komoditas seperti dulu jaman kolonial di mana komoditas diangkut dari dan ke pelabuhan Probolinggo.

Perencanaan pembangunan atau reaktivasi jalur transportasi kereta api (KA) dari Stasiun Probolinggo sampai Stasiun Pelabuhan Probolinggo untuk bongkar muat barang seperti batu bara maupun barang logistik lainnya. Program pembangunan jalur KA dari Stasiun Probolinggo sampai Stasiun Pelabuhan Probolinggo merupakan hal yang penting. Perkembangan industri di Pelabuhan Probolinggo akan lebih tepat jika didukung pengembangan angkutan kereta api. Selain tidak merusak jalan raya, kapasitas angkutnya juga lebih besar dan tidak membuat kemacetan baru. Moda transportasi kereta api lebih penting jika dibandingkan dengan pembuatan jalan tol yang dapat menyebabkan kemacetan baru di titik temu dengan jalan umum, namun juga dikeluhkan karena tidak membuka pintu bagi kegiatan sosial ekonomi masyarakat setempat. Kegiatan bongkar muat barang di Pelabuhan Probolinggo tergolong cukup signifikan dari tahun ke tahun. Rata-rata kunjungan kapal mencapai 25 kapal per bulan pada tahun 2016, kemudian meningkat menjadi 36 kapal per bulan pada tahun 2017 dengan persentase kenaikan 44%. Bongkar muat pada tahun 2016 sebesar 36.048 ton per meter kubik, kemudian meningkat pada tahun 2017 sebesar 137,7% yaitu 85.686 ton per meter kubik (wartabromo.com). Pelabuhan Probolinggo dinilai lebih bagus dibandingkan Pelabuhan



Gambar 1. Layout Peta Kota Probolinggo dan Trase Eksisting serta Trase Alternatif

Sumber: Analisis QGIS

Tanjung Perak dan Pelabuhan Tanjung Emas karena memiliki kedalaman mencapai 70 meter, sehingga bisa digunakan untuk kapal besar bersandar. Lokasi pelabuhan yang dekat dengan stasiun kereta juga menjadi keunggulan lain karena penyambungan rel tidak akan memakan biaya terlalu besar.

Konsep reaktivasi tidak perlu dilakukan secara total di semua bekas rel KA, karena fakta yang sekarang ada ruas rel KA yang sudah menjadi pemukiman dan pusat perdagangan dan tempat keramaian, sehingga jika dipaksakan harus memakai jalur di rel lama semua yang akan menimbulkan banyak masalah sosial. Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KP 2128 Tahun 2018 tentang Rencana Induk Perkeretaapian Nasional dijelaskan bahwa sasaran pengembangan jaringan dan layanan perkeretaapian yang ingin dicapai pada tahun 2030 salah satunya yaitu jaringan perkeretaapian nasional mencapai 10.524 km (tersebar di pulau Jawa/Bali, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua) termasuk jaringan kereta api kota/perkotaan sepanjang 3.755 km. Lintas Stasiun Probolinggo - Stasiun Pelabuhan Probolinggo masuk kedalam rencana Pengembangan Perkeretaapian Jawa Timur. Namun demikian kondisi lintas tersebut secara kasat mata sudah tidak layak ditinjau dari segi operasional maupun keselamatan. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengidentifikasi trase eksisting Stasiun Probolinggo – Stasiun Pelabuhan Probolinggo dan menentukan trase jalur kereta api Stasiun Probolinggo – Stasiun Pelabuhan Probolinggo sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan No. 11 Tahun 2012.

Metode

Penelitian ini berlokasi di Kota Probolinggo. Data primer berupa survey kondisi eksisting dan foto setiap 50 m. Untuk data sekunder berupa Rencana Induk Pengembangan Perkeretaapian, Rencana Tata Ruang Kota Probolinggo tahun 2009 - 2028, Peta jalur eksisting Kota Probolinggo, Peta penggunaan lahan, Peta jaringan jalan, dan peta rawan bencana dari PU SDA TARU.

Analisis dilakukan dengan metode perbandingan trase eksisting dan trase alternatif dengan aspek-aspek sesuai PM no. 11 tahun 2012. Program yang digunakan dalam menganalisis adalah QGIS 3.18 untuk mengolah data trase dan Google Earth untuk memperoleh data visual maupun untuk menyesuaikan titik koordinat yang telah diolah.

Hasil Kerja

Kondisi Trase Eksisting

Trase eksisting jalur kereta api lintas Stasiun Probolinggo – Stasiun Pelabuhan Probolinggo memiliki panjang trase 2,13 km dengan 5 lengkung. Kondisi Stasiun Pelabuhan Probolinggo sudah tidak tampak. Kondisi jalan rel telah beralih fungsi menjadi jalan raya dan kawasan pemukiman padat, sisa rel hampir di sepanjang trase masih tampak namun sudah tidak layak pakai. Diperoleh hasil kondisi survei hampir 85% telah beralih fungsi, 13% kondisi rusak, 2% kondisi baik.

Evaluasi Trase Baru

Penelitian ini menggunakan 3 Trase alternatif sebagai pembanding. Trase alternatif 1 memiliki panjang terpendek yaitu 1,85 km dengan 4 lengkung seperti Gambar 4. Trase alternatif 2 memiliki panjang 2,07 km dengan 6 lengkung, trase ini memutar melalui barat trase eksisting. Trase alternatif 3 memiliki jarak terpanjang yaitu 2,64 km dengan 7 lengkung, trase ini memutar melalui sebelah timur trase eksisting. Pengambilan trase memutar agar meminimalisir melalui wilayah pemukiman dan sebisa mungkin melalui wilayah persawahan. Trase alternatif menyambung dari trase aktif Stasiun Probolinggo hingga titik akhir Stasiun Pelabuhan Probolinggo. Daerah rencana trase baru rata-rata pemukiman,



karena mayoritas daerah reaktivasi merupakan wilayah pemukiman.

Perbandingan Trase

Pemilihan rute trase jalan kereta api yang akan dikembangkan didasarkan pada beberapa kriteria, dari segi teknis, ekonomi maupun lingkungan (Palayukan & Adisasmita, n.d.). Perbandingan trase diperlukan untuk menentukan trase yang layak digunakan dari 4 trase yang telah dipilih. Mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 11 tahun 2012, khususnya pada pembahasan teknisnya. Harus ada perbandingan untuk trase eksisting dan trase baru untuk dijadikan alternatif trase melalui beberapa aspek yang telah ditentukan meliputi aspek tata guna lahan, aspek teknis, aspek integrasi jalan, aspek aksesibilitas mobilitas, dan potensi angkutan. Agar diperoleh trase yang baik, serta untuk mendukung pembangunan yang lebih efisien dan terintegrasi.

1. Aspek Teknis

Aspek teknis reaktivasi jalur kereta api Stasiun Probolinggo – Stasiun Pelabuhan Probolinggo dengan panjang eksisting 2,13 km dengan jumlah tikungan 5. Trase alternatif 1 memiliki panjang trase terpendek yaitu 1,85 km dengan jumlah tikungan 3. Trase alternatif 2 memiliki panjang trase 2,07 km dengan jumlah tikungan 5, trase ini memutar melalui sebelah barat trase eksisting untuk menghindari kawasan pemukiman yang terlalu padat. Trase alternatif 3 memiliki trase terpanjang yaitu 2,64 km dengan jumlah tikungan 6, trase ini memutar melalui sebelah timur trase eksisting untuk menghindari kawasan pemukiman dan melalui kawasan persawahan. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana, indeks rawan bencana untuk Kota Probolinggo tergolong sedang dengan skor indeks rawan bencana 117,41 (Oleh et al., n.d.). Jenis konstruksi yang digunakan yaitu at grade, dan topografi Kota Probolinggo tergolong cukup datar memiliki permukaan tanah relatif datar dengan kelerengan antara 0-8%.

2. Aspek Integrasi Jaringan

Trase alternatif 1 dan 2 memiliki jarak ± 8 km untuk menuju Terminal Banyuwangga Probolinggo, sedangkan untuk trase eksisting dan trase alternatif 3 $\pm 8,5$ km. Jarak trase alternatif 1 dan 2 menuju wisata Pantai Dringu sejauh $\pm 6,1$ km, sedangkan untuk trase eksisting dan trase alternatif 3 sejauh $\pm 5,8$ km. Untuk wisata Museum Probolinggo keempat trase memiliki jarak sejauh $\pm 2,6$ km. Pelabuhan Probolinggo memiliki 2 dermaga yang sebagai tempat untuk bongkar muat barang. Jarak trase alternatif 1 dan 2 dari Dermaga Probolinggo A yang terletak di sebelah utara Pelabuhan Probolinggo sejauh ± 100 m, sedangkan trase eksisting dan trase alternatif 3 sejauh ± 2 km. Jarak trase alternatif 1 dan 2 dari Dermaga Probolinggo B yang terletak di sebelah timur Pelabuhan Probolinggo sejauh ± 500 m, sedangkan trase eksisting dan trase alternatif 3 sejauh $\pm 1,9$ km.

3. Aspek Aksesibilitas dan Mobilitas

Dalam transportasi, aspek aksesibilitas merupakan salah satu standar pelayanan minimum yang perlu diperhatikan, dimana salah satu sasaran kebijakan transportasi yaitu

meningkatkan aksesibilitas dan mobilitas pengguna jasa transportasi, Trase eksisting dan alternatif trase 1 sama melalui 5 jalan lokal, sedangkan alternatif trase 2 hanya melalui 3 jalan lokal, dan alternatif trase 3 melalui 4 jalan lokal. Untuk Kota Probolinggo pada segmen reaktivasi ini hanya melalui jalan lokal dan tidak terdapat sungai.

4. Aspek Tata Guna Lahan

Aspek tata guna lahan merupakan salah satu jenis risiko dengan kesulitan tertinggi pada masa sebelum pelaksanaan konstruksi. Karena pembebasan lahan sangat membutuhkan persetujuan banyak pihak dengan proses yang lama dan membutuhkan biaya penggantian lahan yang besar (Sutantiningrum et al., 2019). Perhitungan tata guna lahan atau kebutuhan lahan yang diperlukan untuk jalur kereta api menggunakan Qgis 3.18. Data sekunder yang menjadi dasar dari perhitungan adalah peta penggunaan lahan, peta jaringan jalan, peta rawan bencana dengan format shp. Peta berformat shp diperoleh dari PU SDA TARU Prov Jawa Timur dijadikan dasar perencanaan pemilihan alternatif trase. Sesuai Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 tahun 2012, membahas mengenai ketentuan ruang bangun dan ruang bebas kereta api, maka lebar kebutuhan lahan yang direncanakan adalah 12 meter kanan kiri dari as jalan rel. Setelah dilakukan analisis menggunakan Qgis 3.18 diperoleh kebutuhan lahan untuk trase eksisting pemukiman 2.448 Ha, industry 1.761 sedangkan persawahan tidak ada. Untuk trase alternatif 1 hanya membutuhkan 1.965 lahan pemukiman, sedangkan untuk trase alternatif 2 membutuhkan 2.345 ha berupa pemukiman. Trase alternatif 3 membutuhkan 1.885 ha berupa pemukiman, 2.009 Ha industry dan 1.791 area persawahan.

5. Aspek Potensi Angkutan

Reaktivasi jalan rel kereta api Stasiun Probolinggo – Stasiun Pelabuhan Probolinggo diharapkan akan meningkatkan jumlah angkutan umum dan barang kereta api sebagai salah satu moda transportasi umum dan angkutan barang untuk wilayah Jawa Timur. Data yang diperoleh dari Data Statistik Sektoral Kota Probolinggo Tahun 2019 terdapat 5.431 unit mobil angkutan yang merupakan kendaraan angkut barang wilayah Kota Probolinggo pada tahun 2018, jumlah tersebut tergolong cukup tinggi (Dinas Komunikasi dan Informatika, 2019). Adanya reaktivasi Stasiun Probolinggo – Stasiun Pelabuhan Probolinggo diharapkan akan menjadi salah satu alternatif moda transportasi khususnya angkutan barang wilayah Jawa Timur.

Rekapitulasi Perbandingan Trase

Penentuan alternatif trase terbaik menggunakan pemeringkatan pada masing-masing subbab kriteria (Mughni, 2018) dan kemudian diberi nilai sesuai dengan data yang diolah di QGIS 3.18. Alternatif trase terbaik yang memiliki nominal nilai paling kecil dari jumlah total penelitian setiap subbab kriteria. Hasil perbandingan pada tabel 1.

Hasil akhir rekapitulasi perbandingan empat trase pada kriteria aspek tata guna lahan trase eksisting memiliki nilai 11, trase alternatif 1 sejumlah 6, trase alternatif 2 sejumlah 8, dan trase alternatif 3 sejumlah 9. Kriteria aspek teknis



Tabel 1. Perbandingan Trase

No	Kriteria	Sub Kriteria	Trase Eksisting			Trase Alternatif 1			Trase Alternatif 2			Trase Alternatif 3		
			Data	Nilai		Data	Nilai		Data	Nilai		Data	Nilai	
1	Aspek Guna lahan	Tata Ruang	Kebutuhan Lahan	5,214 ha	3	4,542 ha	1	5,079 ha	2	6,452 ha	4			
			Luas Pemukiman	2,448 ha	4	1,965 ha	2	2,354 ha	3	1,885 ha	1			
			Pembebasan Lahan	1,761 ha	2	0 ha	1	0 ha	1	2,099 ha	3			
			Persawahan	0 ha	2	0 ha	2	0 ha	2	1,791 ha	1			
			Panjang Trase	2,13 km	3	1,85 km	1	2,07 km	2	2,64 km	4			
2	Aspek Teknis	Jenis Kontruksi	Jumlah Tikungan	5	2	3	1	5	2	6	3			
			Jembatan	-	1	-	1	-	1	-	1			
			Jenis Kontruksi	At grade	1	At grade	1	At grade	1	At grade	1			
			Topografi	Cukup Datar	1	Cukup Datar	1	Cukup Datar	1	Cukup Datar	1			
			Geologi/Bencana Gempa	Sedang	1	Sedang	1	Sedang	1	Sedang	1			
3	Aspek Integrasi Jaringan	Terminal	Probolinggo	Banyuwangga	± 8,5 km	2	± 8 km	1	± 8 km	1	± 8,5 km	2		
			Dermaga Probolinggo 1	Pelabuhan	± 2 km	2	± 0,1 km	1	± 0,1km	1	± 2 km	2		
			Dermaga Probolinggo 2	Pelabuhan	± 1,9 km	2	± 0,5 km	1	± 0,5 km	1	± 1,9 km	2		
			Melewati Jalan	Arteri	-	1	-	1	-	1	-	1		
			Melewati Sungai	Kolektor Lokal	-	1	-	1	-	1	-	1		
4	Aspek Aksesibilitas dan Mobilitas	Jarak ke tempat wisata	A	± 5,8 km	1	± 6,1 km	2	± 6,1 km	2	± 5,8 km	1			
			B	± 2,6 km	1	± 2,6 km	1	± 2,6 km	1	± 2,6 km	1			
			Potensi angkutan barang	5.431 unit	1	5.431 unit	1	5.431 unit	1	5.431 unit	1			
			TOTAL		35		25		27		34			

Kesimpulan

trase eksisting sejumlah 10, trase alternatif 1 sejumlah 6, trase alternatif 2 sejumlah 8, dan trase alternatif 3 sejumlah 11. Kriteria aspek integrasi jaringan alternatif trase 1 dan 2 memiliki jumlah yang sama yaitu 3, sedangkan untuk trase eksisting dan trase alternatif 3 sejumlah 6. Kriteria aspek aksesibilitas dan mobilitas untuk trase eksisting dan trase alternatif 1 memiliki nilai yang sama yaitu 6, sedangkan trase alternatif 2 sejumlah 4, dan trase alternatif 3 sejumlah 5. Kriteria aspek potensi angkutan alternatif trase 1 dan trase 2 memiliki jumlah yang sama yaitu 4, sedangkan trase eksisting dan trase alternatif 3 sejumlah 3. Jadi, total nilai dari beberapa aspek yang dianalisis yaitu 35 untuk trase eksisting, 25 untuk trase alternatif 1, 27 untuk trase alternatif 2, dan 34 untuk trase alternatif 3. Trase terpilih yaitu trase yang memiliki total nilai paling kecil, sehingga trase alternatif 1 merupakan trase terpilih untuk reaktivasi jalur kereta api Stasiun Probolinggo – Stasiun Pelabuhan Probolinggo.

Trase alternatif 1 memiliki keunggulan pada kebutuhan lahan yang hanya membutuhkan 4,542 Ha, dan pembebasan lahan membutuhkan 1,965 Ha. Kebutuhan lahan dan pembebasan lahan yang sedikit kemungkinan dampak sosial yang ditimbulkan juga lebih kecil. Kemudian dari aspek teknis, trase alternatif 1 ini hanya terdapat 4 jumlah tikungan dengan panjang trase juga paling pendek diantara trase yang lain yaitu 1,85 km sehingga dari perhitungan ekonomi kemungkinan trase alternatif ini juga membutuhkan dana paling sedikit dibandingkan trase eksisting maupun trase alternatif lainnya.

Hasil penelitian menunjukkan kondisi trase eksisting 85% beralih fungsi, 13% rusak, dan 2% dalam kondisi baik atau masih bisa difungsikan. Trase alternatif 1 menjadi alternatif trase terpilih yang meminimalisir melalui area pemukiman dan industri dengan total nilai analisis paling kecil yaitu 25. Sedangkan trase eksisting mendapatkan nilai analisis terbesar yaitu 35.

Penelitian ini terbatas pengembangan trase dengan membandingkan 3 trase alternatif, dengan mempertimbangkan aspek tata guna lahan, aspek teknis, aspek integrasi jaringan dan aspek aksesibilitas dan mobilitas serta potensi angkutan. Perlu dipertimbangkan aspek-aspek lainnya misalnya aspek sosial dan aspek finansial. Selain itu untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan perencanaan geometri jalan rel, jembatan, wesel, persinyalan, dan infrastruktur lainnya.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun yang mendanai penelitian ini dan kepada semua pihak yang sudah membantu proses penelitian.



Referensi

- Dinas Komunikasi dan Informatika. (2019). Data Statistik Sektor Kota Probolinggo Tahun 2019. 6(November 2019), 382.
- Mughni, M. H. A. (2018). Perencanaan Reaktivasi Jalan Rel Kereta Api Rute Yogyakarta – Parangtritis (Reactivation Planning of Road Rail Train Route Yogyakarta - Parangtritis). [Https://dspaceuii.ac.id](https://dspaceuii.ac.id).
- Oleh, D., Nasional, B., & Bencana, P. (n.d.). INDEKS RISIKO BENCANA INDONESIA Tahun 2020. Palayukan, R. O., & Adisasmita, S. A. (n.d.). (Studi Kasus : Tanah Grogot – Batulicin – Pelaihari). 146–154.
- Probolinggo, K., Panoptikon, D., Ir, J., & No, H. S. (n.d.). Pendahuluan Menurut sejarahnya , di era kolonial Dengan adanya Politik Tanam Paksa. 201, 93–100.
- Sadewo, F., & Surabaya, U. N. (2019). Respon Masyarakat Lokal terhadap Pembangunan di Jawa Timur • FX Sri Sadewo (Issue May).
- Sutantiningrum, K. H., Utomo, J., & Hatmoko, D. (2019). Opsi KPBU Proyek SPAM Regional Keburejo Provinsi Jawa Tengah: Pendekatan Manajemen Risiko. In Media Komunikasi Teknik Sipil (Vol. 25, Issue 1).



Analisis Bangkitan dan Sebaran Perjalanan antar Stasiun Sebagai Dampak Perpanjangan Relasi Krl Solobalapan-Kutoarjo

Nanda Ahda Imron^{1,2} Imaniar Yuliana¹ Arinda Leliana¹

¹ Program Studi Manajemen Transportasi Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

² Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ nanda@ppi.ac.id

psppi.nanda.a.22@ukwms.ac.id

Pendahuluan

Kota Yogyakarta dan sekitarnya telah menjadi wilayah aglomerasi dimana Kota Yogyakarta akan menjadi pusat tarikan dalam kegiatan (Kuncoro, 2006) dalam (Adi Nugroho & Malkhamah, 2018). Daerah ini memiliki luas berskala menengah dengan laju urbanisasi yang cukup pesat dipicu adanya intensitas aktivitas pendidikan, perdagangan dan jasa (Pramana, 2018). Penyediaan transportasi berskala besar dibutuhkan guna menunjang permintaan transportasi masyarakat di Yogyakarta (Nugraha et al., 2020). Transportasi sebagai urat nadi kegiatan ekonomi dapat meningkatkan pembangunan di berbagai sektor (Biro Komunikasi dan Informasi Publik, 2017). Tingginya pergerakan dipengaruhi interaksi sistem kegiatan dengan sistem jaringan sehingga menghasilkan sistem pergerakan (Tamin, 2000) sehingga mampu mengubah pemanfaatan tata guna lahan untuk mengetahui bentuk, karakter perjalanan, dan menentukan kebutuhan perjalanan (Miro, 2005).

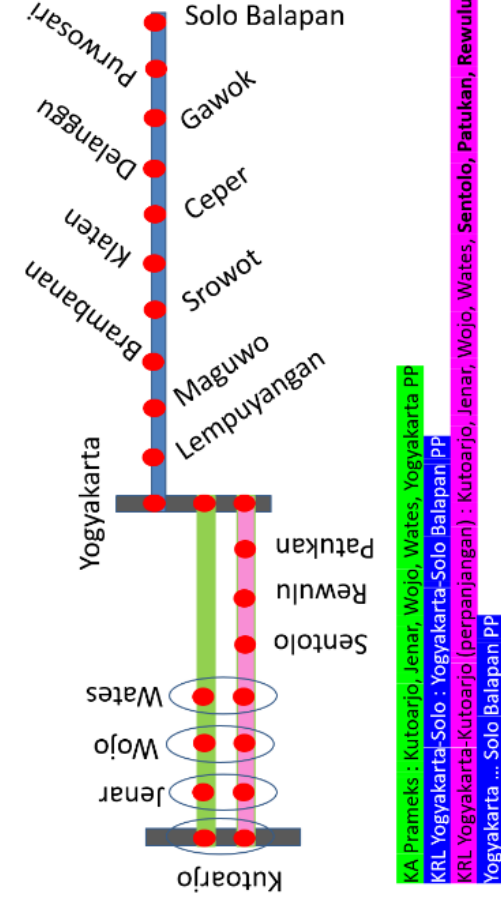
Pengembangan pelayanan dan penambahan jaringan relasi sesuai Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNas) 2030 menggunakan sistem elektrifikasi. Elektrifikasi adalah sumber energi penggerak kereta api menggunakan listrik dinilai lebih efisien dalam mendukung pengoperasian kereta api (BPPT, 2017). Keunggulan lain karena tidak membutuhkan lahan banyak, kapasitas penumpang besar, lebih ramah lingkungan, serta dapat meminimalisir gas emisi CO₂ (RIPNas, 2011). Proyek pembangunan elektrifikasi KRL Yogyakarta-Solo telah selesai dan mulai beroperasi sejak 10 Februari 2021 (Commuter, 2021). KRL mempermudah mobilisasi masyarakat yang ramah lingkungan dan efisiensi waktu lebih cepat 10 menit dibandingkan KA Prambanan Ekspres (Prameks)

Pemenuhan kebutuhan transportasi kereta di Yogyakarta mendorong peningkatan teknologi, efisiensi, dan sistem elektrifikasi ramah lingkungan berkapasitas angkut tinggi melalui perpanjangan relasi KRL Yogyakarta-Kutoarjo menggantikan Kereta Rel Diesel (KRD) Prameks. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui bangkitan dan sebaran perjalanan setiap stasiun sebagai dampak perpanjangan relasi serta prediksinya 5 tahun kedepan. Hasil peramalan perjalanan 5 tahun kedepan menggunakan metode SES diperoleh 294.623 orang/bulan untuk seluruh stasiun. Analisis sebaran perjalanan dengan Metode Detroit menghasilkan asal-tujuan perjalanan terbesar adalah Stasiun Yogyakarta ke Stasiun Solo Balapan 20.969 orang/bulan, Stasiun Solo Balapan ke Stasiun Yogyakarta 20.307 orang/bulan, Stasiun Yogyakarta ke Stasiun Kutoarjo 13.649 orang/bulan dan dari Stasiun Kutoarjo ke Stasiun Yogyakarta 12.093 orang/bulan

Kata kunci: Stasiun, Bangkitan, Sebaran, Forecasting, Detroit

(Prabowo, 2021). Tingginya minat masyarakat dijadikan dasar rencana perpanjangan rute KRL hingga Kutoarjo (Rusqiyati, 2021).

Pada saat KRL Solo-Yogya dioperasikan pada Februari 2021, secara bersamaan KRD Prameks digeser operasinya melayani lintas Kutoarjo-Yogya. Lintas Yogyakarta-Kutoarjo saat ini beroperasi KA Prameks dimana kedepannya akan digantikan KRL yang merupakan perpanjangan relasi dari KRL Solo-Yogya sesuai amanat KP 2128 Tahun 2018. Strategi peningkatan jaringan dan layanan KA melalui elektrifikasi lintas Kutorajo-Yogyakarta-Solo diharapkan mampu meningkatkan aksesibilitas, ekonomi wilayah, dan konektivitas perkotaan karena KA Prameks hanya berhenti di lima stasiun saja (Anwar, 2021).



Gambar 1. Lintas Solo Balapan-Kutoarjo

Dengan adanya ekstensifikasi elektrifikasi yang mendukung perpanjangan relasi KRL Solo-Yogya menjadi KRL Solo-Kutoarjo maka signifikan untuk diteliti bangkitan dan sebaran perjalanan antar stasiunnya pada kondisi eksisting maupun peramalannya kedepan.



Metode

Penelitian kuantitatif ini menggunakan data sekunder dan data primer. Data sekunder berupa data penumpang kereta api eksisting yang melayani lintas tersebut dan data kependudukan pada wilayah stasiun-stasiun penumpang “baru” (Stasiun patukan, Rewulu dan Sentolo). Data primer diambil dari survei *Home Interview* (HI) dan survei asal tujuan (AT) dengan proses sampling. Survei HI dilakukan di sekitar stasiun penumpang “baru” dengan radius 800m dari stasiun (ATR BPN, 2016) dan survei AT dilakukan di setiap stasiun penumpang.

Data primer kemudian ditransformasikan ke dalam matrik AT (MAT) eksisting antar stasiun yang di dalamnya terdapat bangkitan perjalanan (*trip generation*) yang terdiri dari produksi perjalanan (Pi) dan tarikan perjalanan (Aj) serta sebaran perjalanan (*trip distribution*) (Tij) eksisting (Miro, 2005).

Langkah selanjutnya adalah memprediksi bangkitan perjalanan ($\sum Pi'$ atau $\sum Aj'$) dengan menghitung $\sum Pi$ pada setiap stasiun pada rentang waktu pengoperasian KRL Solo-Yogya berbasis bulanan yaitu Februari 2021-Februari 2022 kemudian dilakukan pemodelan (data *time series*). Set data dalam penelitian ini menghasilkan model yang paling sesuai adalah *Single Exponential Smoothing* (SES) (Fahrudin & Sumitra, 2020). Pi' per stasiun didapat dengan memproporsikan $\sum Pi'$ hasil pemodelan terhadap Pi stasiun dan $\sum Pi$ stasiun.

Kemudian dilakukan prediksi sebaran perjalanan dengan model analogi, yakni dipilih model Detroit sehingga dihasilkan nilai sebaran perjalanan (asal-tujuan) yang baru pada setiap asal tujuan perjalanan berbasis stasiun (Miro, 2005).

Hasil Kerja

Analisis Bangkitan Perjalanan Stasiun Patukan, Rewulu dan Sentolo

Dari hasil survei HI berbasis sampel di sekitar stasiun dimaksud, diperoleh data bangkitan perjalanan (Pi dan Aj) pada Stasiun Patukan = 237 orang/hari, Stasiun Rewulu = 117 orang/hari dan Stasiun Sentolo = 114 orang/hari. Dengan $\sum Pi$ Stasiun Patukan, Rewulu dan Sentolo terhadap seluruh stasiun adalah 936 orang/hari. Seluruh stasiun sebagai tujuan perjalanan telah disampaikan kepada responden survei HI di sekitar 3 stasiun tersebut.

Tabel 1. MAT, Bangkitan Perjalanan Stasiun Patukan,

O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Pi
1												74	48	42					164
2											37	27	21						75
3											14	3	3						20
4											9	3	6						18
5											7	0	2						9
6											21	3	8						32
7											0	0	3						3
8											4	0	3						7
9											3	6	0						9
10											9	9	4						22
11											12	17	13						42
12	74	37	14	9	7	21	0	4	3	9	12	-	0	0	8	3	13	23	237
13	48	17	3	3	0	3	0	0	6	9	17	0	-	0	3	0	0	8	117
14	42	21	3	6	2	8	3	3	0	4	13	0	0	-	0	0	1	8	114
15											8	3	0						11
16											3	0	0						3
17											13	0	1						14
18											23	8	8						39
Aj	164	75	20	18	9	32	3	7	9	22	42	23	17	11	4	3	14	39	936

Rewulu dan Sentolo (Orang/hari)

Keterangan:

1.St. Solobalapan	7.St. Srowot	13.St. Rewulu
2.St. Purwosari	8.St. Brambanan	14.St. Sentolo
3.St. Gawok	9.St. Maguwo	15.St. Wates
4.St. Delanggu	10.St. Lempuyangan	16.St. Wojo
5.St. Cepher	11.St. Yogyakarta	17.St. Jenar
6.St. Klaten	12.St. Patukan	18.St. Kutoarjo

Bangkitan perjalanan (orang/hari) diekspansi agar menjadi orang/bulan dengan mengalikan dengan jumlah hari bulan Februari 2022 yaitu 28 pada setiap sel matriksnya sebagaimana tabel berikut.

Tabel 2. MAT, Bangkitan Perjalanan Stasiun Patukan, Rewulu dan Sentolo (Orang/bulan)

O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Pi
1												2072	1344	1176					4592
2											1036	476	588						2100
3											392	84	84						504
4											252	84	108						504
5											196	0	56						252
6											588	84	224						896
7											0	0	84						84
8											112	0	84						196
9											84	168	0						252
10											252	252	112						616
11											396	476	564						1176
12	2072	1036	392	252	196	588	0	159	119	558	477	0	0	0	224	84	364	644	6636
13	1344	476	84	84	0	84	0	0	168	252	476	0	0	0	84	0	0	224	3276
14	1176	588	84	108	56	224	84	119	0	159	516	0	0	0	0	0	0	28	3192
15											224	84	0						308
16											84	0	0						84
17											364	0	28						392
18											644	224	224						1092
Aj	4592	2100	560	504	252	896	84	196	252	616	1176	6036	3276	3192	308	84	392	1092	26208

Dari tabel diatas diketahui bahwa $\sum Pi$ dari ketiga stasiun tersebut adalah 26.208 orang/bulan yang terdiri dari diantaranya:

- Stasiun Patukan
Stasiun Patukan memiliki $Pi = 6.636$ orang/bulan dengan tujuan ke Stasiun Solo Balapan (2.072 orang/bulan), Stasiun Purwosari (1.036 orang/bulan), Stasiun Yogyakarta (477 orang/bulan), Stasiun Kutoarjo (224 orang/bulan) dst.
- Stasiun Rewulu
Stasiun Rewulu memiliki $Pi = 3.276$ orang/bulan dengan tujuan ke Stasiun Solo Balapan (1.344 orang/bulan), berikutnya adalah Stasiun Purwosari dan Stasiun Yogyakarta (476 orang/bulan), Stasiun Kutoarjo (644 orang/bulan) dst.
- Stasiun Sentolo



Stasiun Sentolo ini memiliki $P_i = 3.192$ orang/bulan dengan tujuan ke Stasiun Solo Balapan (1.176 orang/bulan), Stasiun Purwosari (588 orang/bulan), Stasiun Yogyakarta (516 orang/bulan), Stasiun Kutoarjo (224 orang/bulan) dst.

Analisis Bangkitan Perjalanan (eksisting)

Untuk membentuk data *time series* bangkitan perjalanan, maka dibutuhkan analisis bangkitan perjalanan pada *historical* data dimulai beroperasinya KRL Solo-Yogya dalam satuan orang/bulan.

Pada Februari 2022, analisis bangkitan perjalanan dilakukan dengan input hasil survei HI pada Stasiun patukan, Rewulu dan Sentolo (data AT sebagai output dari survei HI), data AT penumpang KRL dan data AT penumpang Prameks. Berdasarkan fakta bahwa layanan KRL dan Prameks masih “tersekat” di Stasiun Yogyakarta baik secara jadwal maupun pola perjalanan. Perjalanan menerus pada keduanya harus melakukan perpindahan moda di Stasiun Yogyakarta.

Saat KRL Solo-Yogya dioperasikan pada Februari 2021, secara bersamaan KR D Prameks digeser operasinya melayani lintas Kutoarjo-Yogya. Data input bangkitan perjalanan KRL didapat dari rekap *tap-in* dan *tap-out* sedangkan data input bangkitan perjalanan Prameks didapat dari rekap pembelian tiket. Jadi terdapat 3 MAT dalam satuan orang/bulan yaitu MAT Stasiun Patukan, Rewulu dan Sentolo, MAT KRL dan MAT Prameks. Untuk mendapat data bangkitan perjalanan, dijumlahkan setiap sel asal tujuan (Tij) pada ketiga MAT tersebut sehingga menghasilkan nilai P_i dan A_j yang lebih besar.

Tabel 3. MAT gabungan hasil survei HI, KRL dan Prameks (Eksisting) (orang/bulan)

OD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Pi
1	-	10.577	2.591	1.933	1.838	5.234	843	1.907	6.090	11.022	21.956	2.072	1.344	1.176	0	0	0	0	68.330
2	8.094	-	428	334	313	1.198	123	358	1.469	3.226	7.752	1.036	476	588	0	0	0	0	25.274
3	2.049	596	-	21	19	155	4	21	211	641	1.970	392	84	84	0	0	0	0	6.247
4	1.744	494	23	-	14	123	3	15	169	531	1.676	252	84	168	0	0	0	0	5.295
5	1.577	439	19	12	-	106	2	12	147	473	1.514	196	0	56	0	0	0	0	4.453
6	4.612	1.571	154	115	107	-	56	112	669	1.670	4.453	588	84	224	0	0	0	0	14.394
7	618	151	3	2	2	29	-	2	43	164	892	0	0	84	0	0	0	0	1.691
8	1.298	350	13	8	7	80	1	-	113	378	1.245	112	0	84	0	0	0	0	3.691
9	4.020	1.328	117	86	80	424	25	84	-	1.415	3.878	84	168	0	0	0	0	0	11.711
10	9.104	3.576	541	425	401	1.485	161	419	1.769	-	8.823	252	112	0	0	0	0	0	27.290
11	21.926	10.238	2.266	1.856	1.765	5.049	807	1.831	5.880	10.681	-	336	476	364	1.925	507	5.640	14.284	83.741
12	2.072	1.036	392	252	196	588	0	112	84	252	336	-	0	0	224	84	364	644	6.636
13	1.344	476	84	84	0	84	0	0	168	252	476	0	-	0	84	0	0	224	3.276
14	1.176	588	84	168	56	224	84	84	0	112	364	0	0	-	0	28	224	3.192	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.500
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	511
Aj	59.545	31.389	6.483	5.296	4.797	14.749	2.089	4.927	16.810	30.819	75.313	6.636	3.276	3.192	2.503	651	4.563	16.117	289.155

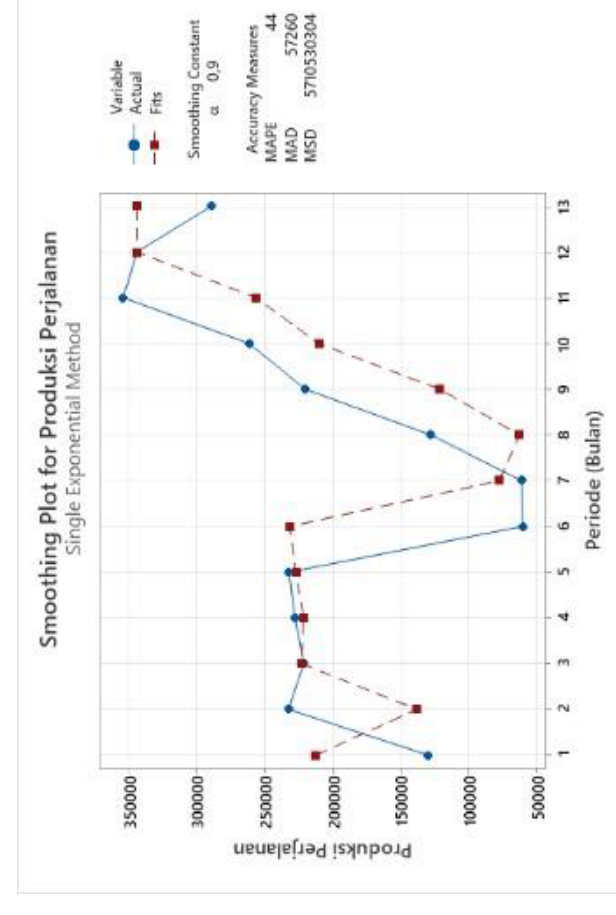
Dampak “tersekat” terbaca di dalam MAT diatas adalah perjalanan yang berasal dari Stasiun Solo Balapan s.d Stasiun Lempuyangan menuju ke Stasiun Wates s.d Stasiun Kutoarjo bernilai nol (0) atau tidak ada perjalanan. Sebaliknya, perjalanan yang berasal dari Stasiun Wates s.d Stasiun Kutoarjo menuju ke Stasiun Solo Balapan s.d Stasiun Lempuyangan juga bernilai nol (0) atau tidak ada perjalanan.

Dengan cara serupa kemudian dilakukan analisis bangkitan perjalanan untuk KR D Prameks dan KRL pada

bulan Februari 2021 s.d Januari 2022. Tentunya, tanpa melibatkan Stasiun Patukan, Rewulu dan Sentolo. Hasilnya, $\sum P_i$ pada bulan Februari s.d bulan Januari 2022 berturut-turut adalah 130.097, 232.712, 221.288, 227.905, 232.178, 60.969, 61.570, 128.149, 220.401, 261.524, 353.815, dan 343.813 orang/bulan.

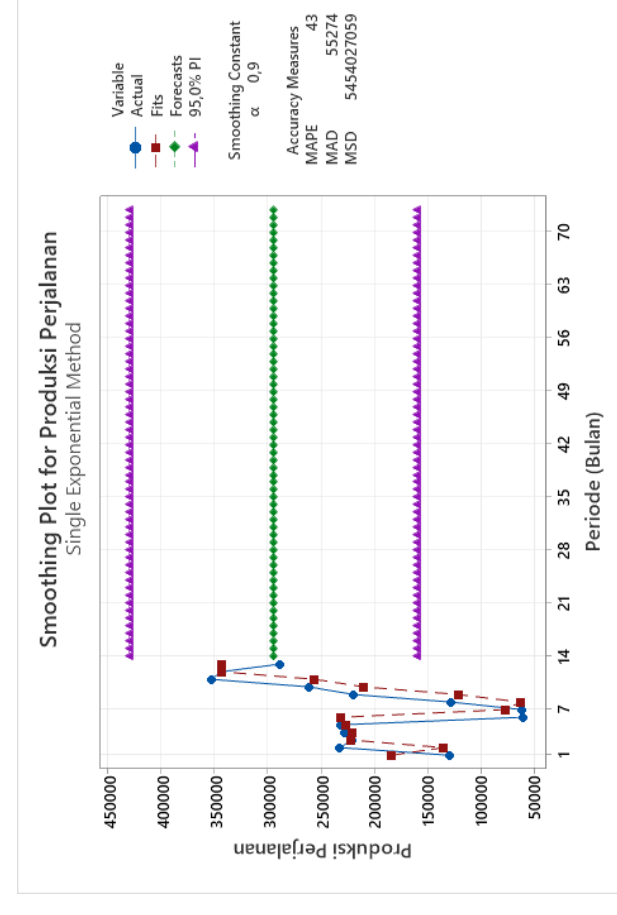
Peramalan Bangkitan Perjalanan

Peramalan bangkitan perjalanan dilakukan menggunakan metode Single Eksponensial Smoothing (SES), didapat nilai α terbaik 0,9 dari hasil perhitungan MAPE, MAD, MSD terkecil.



Gambar 2. SES Plot Produksi Perjalanan

Forecasting untuk 5 tahun kedepan (Februari 2027) akan meningkat menjadi 294.623 orang/hari. Grafik *forecasting* yang dihasilkan bersifat konstan dikarenakan dinamika fluktuasi yang signifikan pada *historical time series* data akibat adanya pembatasan perjalanan selama pandemi Covid-19 yang tentunya mempengaruhi hasil peramalan.



Gambar 3. Grafik *Forecasting*

Peramalan Sebaran Perjalanan

Terdapat beberapa tahapan dalam menentukan sebaran perjalanan.
1. Survei AT



Servei AT dilakukan kembali di setiap stasiun untuk menanyakan asal tujuan perjalanan penumpang dengan pengkondisian pemahaman ke penumpang bahwa KRL Solo-Yogya telah diperpanjang menjadi KRL Solo-Kutoarjo

a. Servei AT pada stasiun KRL eksisting
Servei di setiap stasiun pemberhentian KRL eksisting dilakukan guna mengukur asal tujuan perjalanan, utamanya untuk melihat ekspansi perjalanan penumpang ke lintas Yogya-Kutoarjo. Diambil sampel penumpang 1 hari kerja per stasiun dengan melakukan servei selama jam operasi KRL, dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 5. MAT Perjalanan antar stasiun KRL eksisting (orang/hari)

OD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	PI
1	-	0	0	0	1	12	3	2	6	20	103	12	15	17	22	9	25	77	324
2	0	-	0	1	0	8	4	3	7	16	84	14	7	13	12	9	10	60	248
3	0	0	-	0	1	5	0	3	5	11	57	9	11	12	19	2	2	21	185
4	0	0	0	-	0	2	0	2	0	47	3	3	2	5	2	1	3	24	90
5	0	0	0	0	-	0	0	0	2	4	21	3	5	5	7	1	1	10	80
6	0	0	0	0	0	-	0	0	0	5	11	37	9	11	12	19	2	2	118
7	0	0	0	0	0	0	-	0	0	1	4	0	1	4	0	0	0	13	42
8	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	5	4	1	3	5	0	1	17	67
9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	25	4	3	6	10	1	4	47	177
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	6	13	13	32	6	7	58	262
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	5	3	6	7	5	17	45	320
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Σ	294	132	22	31	16	81	16	19	34	72	361	61	65	88	124	36	71	401	1922

Kemudian MAT diatas dilakukan ekspansi data dari berbasis orang/hari menjadi orang/bulan dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 6. MAT Perjalanan antar stasiun KRL eksisting (orang/bulan)

OD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	PI
1	-	0	0	0	28	336	84	56	168	560	2884	336	420	476	616	352	700	2156	8072
2	0	-	0	28	0	224	112	84	168	448	2352	392	196	364	336	252	280	1680	6924
3	0	0	-	0	56	0	28	140	252	880	28	28	196	140	28	84	672	2712	
4	0	0	0	0	84	0	56	56	252	1316	84	84	56	140	56	28	840	3052	
5	0	0	0	0	0	0	0	56	112	588	84	140	140	196	28	28	532	2492	
6	0	0	0	0	0	0	0	140	224	308	1056	252	308	336	532	56	588	5180	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	28	112	0	28	112	0	0	0	364	1176	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	112	28	84	140	28	28	476	1876	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	700	112	84	168	280	28	112	1316	4956	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108	364	364	896	168	196	1624	7336		
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	84	168	196	140	476	1260	8900		
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
Σ	8232	3696	616	868	448	2268	448	532	952	2016	10108	1708	1764	2464	3472	1008	1988	11228	53816

b. Survei Servei AT pada stasiun Prameks eksisting
Survei di setiap stasiun pemberhentian Prameks eksisting dilakukan guna mengukur asal tujuan perjalanan, utamanya untuk melihat ekspansi perjalanan penumpang ke lintas Yogya-Solo. Diambil sampel penumpang 1 hari kerja per stasiun dengan melakukan servei selama jam operasi Prameks, kemudian perjalanan orang/hari (sampel) diekspansi menjadi orang/bulan, dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 8. MAT Perjalanan antar stasiun Prameks

OD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	PI	
1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	756	504	168	280	252	532	112	252	252	84	-	84	280	308	896	56	588	1232	6636	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	832	364	0	56	0	112	0	28	56	112	84	0	0	0	0	0	0	28	168	1820
15	336	112	0	0	56	0	0	28	108	56	0	0	0	0	0	0	0	0	84	840
16	1204	420	28	84	56	196	0	56	84	224	28	0	0	0	0	0	0	0	84	2484
17	1200	1316	84	252	112	476	56	224	224	364	588	112	140	112	252	28	28	0	528	
18	408	2716	280	672	420	1372	168	584	588	672	1064	280	420	1148	84	644	1588	17388		
Σ	7560	3696	616	868	448	2268	448	532	952	2016	10108	1708	1764	2464	3472	1008	1988	11228	53816	

eksisting (orang/bulan)

2. MAT gabungan KRL, Prameks dan hasil servei HI (perpanjangan lintas)

Langkah selanjutnya adalah menyusun MAT gabungan KRL, Prameks dan hasil servei HI dengan menjumlahkan setiap sel asal tujuan pada MAT antar stasiun KRL eksisting (orang/bulan), MAT antar stasiun Prameks eksisting (orang/bulan) dan MAT Stasiun Patukan, Rewulu dan Sentolo (Orang/bulan) dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 9. MAT gabungan hasil servei HI, KRL, Prameks perpanjangan lintas (orang/bulan)

OD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	PI
1	-	10657	2359	1933	1866	4570	927	1963	6248	11882	24840	1764	1652	616	252	700	2156	77403	
2	8004	-	428	362	313	1422	235	412	1665	3674	10104	1428	672	952	336	252	280	1680	32219
3	2161	624	-	21	19	211	4	49	351	893	2920	420	112	280	140	28	84	672	9012
4	1912	606	23	-	14	207	3	71	225	782	2992	336	168	224	140	56	28	580	8248
5	1997	579	47	12	-	106	2	12	203	585	2102	280	140	196	196	28	28	532	7045
6	5240	1925	210	283	125	-	36	252	893	1978	5489	840	392	560	532	56	588	19575	
7	1066	235	3	2	2	29	-	2	43	102	704	0	28	196	0	0	0	364	2866
8	1886	490	41	36	7	164	1	-	113	278	1385	224	28	168	140	0	28	476	5665
9	10812	4192	681	537	625	2099	245	447	1769	-	8823	420	616	476	896	168	196	1624	34626
10	25450	12384	2742	2523	2129	6197	1059	2223	6244	10821	-	560	840	840	3017	703	4704	16696	99337
11																			



Langkah kedua, menghitung Ei yang merupakan rasio P_i/P_j dan Ej yang merupakan rasio A_j/A_i . Misalkan pada Stasiun Solo Balapan, $E_i=63.276/77.403=0.817$ dan $E_j=58.978/72.144=0.817$. setelah seluruh nilai Ei ($\sum E_i$) dan Ej ($\sum E_j$) didapat, maka menghitung nilai E, dimana $E=(\sum E_i+\sum E_j)/\sum Stasiun$ (18). Sehingga didapat nilai $E=0.817$.

Langkah ketiga, memprediksi sebaran perjalanan (menghitung nilai sel asal tujuan (Tij') dengan metode Detroit. $Tij'=sel\ asal\ tujuan\ lama\ (Tij)*((E_i*E_j)/E)$. Sehingga, bisa dilanjutkan maka akan menghasilkan nilai P_i, A_j, E_i, E_j dan E yang baru.

Langkah keempat adalah mengulang Langkah ke-2 dan ke-3 sampai didapat E_i, E_j dan E dengan nilai 1 atau sangat mendekati 1, sebagaimana pada tabel di bawah.

Tabel 10. Hasil Iterasi ke-1 Matriks Keseluruhan

	09	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Ei
1	-	659	1025	1580	1526	4653	757	1666	5116	8469	20397	1442	13451	594	296	672	1793	6378	6378	1,000	
2	644	-	169	296	556	1142	192	1307	1363	3663	5266	1147	549	776	375	296	225	1373	5038	2438	1,000
3	1797	510	-	17	16	173	4	48	297	736	2412	343	92	229	114	23	69	549	5713	5713	1,000
4	1843	495	19	-	11	169	2	68	184	641	2446	275	137	183	114	46	23	458	4624	4624	1,000
5	1632	473	38	10	-	97	2	10	166	478	1719	229	114	160	160	23	23	435	5759	5759	1,000
6	4566	1851	172	231	110	-	29	296	759	1677	4487	687	320	458	425	46	46	481	16052	16052	1,000
7	875	195	3	2	1	24	-	2	35	157	575	1	23	160	1	1	1	296	5457	5457	1,000
8	1442	481	34	38	6	124	1	-	92	309	1133	183	23	137	114	1	23	309	4652	4652	1,000
9	4779	1544	142	185	111	530	44	69	-	1187	3743	160	296	137	229	23	92	1076	10522	10522	1,000
10	2069	3247	857	439	811	1716	280	365	1446	-	7213	343	594	389	732	137	160	1258	20397	20397	1,000
11	2069	1024	242	2067	1740	5666	866	1818	5154	8846	-	458	687	687	2466	575	3846	13649	8128	8128	1,000
12	1694	847	120	296	160	481	1	92	69	296	275	-	1	1	183	69	296	526	5457	5457	1,000
13	1099	389	69	1	69	1	69	1	137	296	389	1	-	1	1	69	1	183	2684	2684	1,000
14	961	481	69	137	46	183	69	69	1	92	296	1	1	-	1	1	23	183	2614	2614	1,000
15	664	296	1	46	1	92	1	23	46	92	1642	183	69	1	-	1	37	343	3538	3538	1,000
16	275	92	1	1	1	46	1	1	23	852	114	1	1	1	-	2	116	1258	1258	1,000	
17	864	343	23	69	46	160	1	1	46	69	3159	320	1	23	14	2	-	487	5747	5747	1,000
18	1030	1076	69	296	92	389	46	183	183	296	1290	483	296	275	412	76	443	-	1777	1777	1,000
19	8978	3092	604	589	464	1503	2218	4777	15003	27592	70761	7953	4467	4970	5825	1429	8884	24564	24564	1,000	
Ej	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Kesimpulan

- Keberadaan potensial *demand* di sekitar stasiun perpanjangan relasi Solobalapan-Kutoarjo adalah cukup besar. Stasiun Patukan, Stasiun Rewulu, dan Stasiun Sentolo masing-masing menghasilkan bangkitan perjalanan 6.636 orang/bulan, 3.726 orang/bulan dan 3.192 orang/bulan. Stasiun tujuan paling dominan sebagai tujuan adalah Stasiun Solobalapan dengan 4.592 orang/bulan, Stasiun Purwosari dengan 2.100 orang/bulan dan Stasiun Yogyakarta 1.176 orang/bulan.
- Hasil peramalan penumpang menggunakan metode SES didapatkan nilai *error* terkecil untuk MAPE, MAD dan MSD dengan nilai α 0,9. *Forecasting* 5 tahun kedepan untuk seluruh stasiun diperoleh 294.623 orang/bulan, dimana jumlah penumpang KRL Solobalapan-Kutoarjo meningkat sebesar 1,77%. Tentunya menjadi perhatian bahwa dinamika fluktuasi data perjalanan karena dampak pembatasan perjalanan di masa pandemi covid-19 berpengaruh terhadap hasil prediksi perjalanan.
- Analisis sebaran perjalanan rencana perpanjangan relasi KRL Solobalapan-Kutoarjo dengan Metode Analogi Detroit menghasilkan asal-tujuan perjalanan terbesar adalah Stasiun Yogyakarta ke Stasiun Solo Balapan 20.969 orang/bulan, Stasiun

Solo Balapan ke Stasiun Yogyakarta 20.307 orang/bulan, Stasiun Yogyakarta ke Stasiun Kutoarjo 13.649 orang/bulan dan dari Stasiun Kutoarjo ke Stasiun Yogyakarta 12.093 orang/bulan.

Ucapan Terimakasih

Rasa syukur dipanjatkan kehadiran Tuhan YME, serta ucapan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah mendukung penelitian ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.

Referensi

- Adi Nugroho, D., & Malkhamah, S. (2018). Jurnal Penelitian Transportasi Darat Manajemen Sistem Transportasi Perkotaan Yogyakarta.
- Anwar, I. C. (2021). Jadwal Prameks Oktober 2021: Jam Berangkat Datang Kereta 5 Stasiun. <https://tirto.id/jadwal-prameks-oktober-2021-jam-berangkat-datang-kereta-5-stasiun-gj5w>.
- Biro Komunikasi dan Informasi Publik. (2017). Transportasi Sebagai Pendukung Sasaran Pembangunan Nasional. <http://dephub.go.id/post/read/transportasi-sebagai-pendukung-sasaran-pembangunan-nasional>.
- BPPT. (2017). Rekomendasi Teknologi Transportasi. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Commuter, K. (2021). KRL Yogyakarta-Solo Mulai Beroperasi Penuh 10 Februari 2021. <https://www.krl.co.id/krl-yogyakarta-solo-mulai-beroperasi-penuh-10-februari-2021/>.
- Fahrudin, R., & Sumitra, I. D. (2020). Peramalan Inflasi Menggunakan Metode SARIMA dan Single Exponential Smoothing (Studi Kasus : Kota Bandung).
- Miro, F. (2005) Perencanaan Transportasi : Untuk Mahasiswa, Perencana, Dan Praktisi. Erlangga.
- Nasional, M. A. dan T. R. B. P. (2017). PM ATR BPN No. 16 Tahun 2017 tentang Pedoman Pengembangan Kawasan Berorientasi Transit.
- Nugraha, A., Purnomo, E. P., & Kasiwi, A. N. (2020). Kesiapan Kota Yogyakarta Dalam Pembangunan Transportasi Yang Berkelanjutan. Jurnal Ilmiah Ilmu Administrasi Negara.
- Perhubungan, K. (2011) Rencana Induk Perkeretaapian Nasional 2030. Kementerian Perhubungan Ditjen Perkeretaapian.
- Perhubungan, K. (2018). KP No. 2128 Tahun 2018 tentang Rencana Induk Perkeretaapian Nasional. Kementerian Perhubungan.
- Pramana, A. Y. E. (2018). Tingkat Aksesibilitas Transportasi Publik di Kota Yogyakarta. Reka Ruang.
- Prabowo, W. H. (2021). Resmikan KRL Yogya-Solo, Jokowi: Kereta ini Lebih Cepat dari Prameks.



<https://nasional.kompas.com/read/2021/03/01/11224481/resmikan-krl-yogya-solo-jokowi-kereta-ini-lebih-cepat-dari-prameks>.

Tamin, O. Z. (2000). Perencanaan & Pemodelan Transportasi (Edisi 2). Institut Teknologi Bandung.

UU No. 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian.



Precautions for Jakarta-Bandung High-Speed Rail Infrastructure: Construction at Night and in Storm

Wawan Riyanta

Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

✉ wawanriyanta@ppi.ac.id

The Jakarta-Bandung high-speed rail infrastructure project delays cause the financial burden in the form of interest during construction to swell KCIC had to improve project performance by carrying out construction at night and must improve strategies for dealing with Indonesian extreme weather. Before construction at night, strict inspection shall also be focused on lighting lamps. Construction personnel shall prepare flashlights, searchlights, all parts and components shall be carefully inspected in strict accordance with relevant regulations to ensure the normal operation of the equipment. During the flood season, the construction personnel of large-scale railway maintenance machinery shall strictly implement the measures for safe driving in the flood season issued by the Ministry of railways. the construction staff shall report the disaster and dangerous situation to the attendant of the nearest station through the train dispatching station in time. When large-scale railway maintenance machinery encounters strong wind, rainstorm, Blizzard and other difficulties or unknown conditions during construction and operation, it shall immediately stop construction and slow down, and timely report the situation to the station.

Keyword: KCIC, Construction, Railway, Maintenance



Figure 1. KCIC Girder Box Infrastructure Project

Introduction

The Jakarta-Bandung high-speed rail infrastructure development cooperation project also encountered many obstacles. Not even two years since 2020, the project has experienced a cost overrun from IDR 86.67 trillion to IDR 114.24 trillion. one of the reason because of the cost of funding or financing costs. Project delays cause the financial burden in the form of interest during construction to swell. KCIC had to improve project performance by carrying out construction at night. The high-speed rail project must improve strategies for dealing with Indonesian extreme weather. (Voi.id; 2022). Night time construction has been widely conducted in many construction scenarios, but it is also much riskier due to low lighting conditions and fatiguing

environments (Xiao Bo, 2021). Scheduling efficiency measures phase, a mathematical programming approach for optimizing and scheduling maintenance may be a very useful tool for National Railway Administrations for the maintenance operations management. (Heinicke; 2013)

The construction of large-scale railway maintenance machinery involves relevant units and departments such as train service, civil engineering works, electric service, power supply, locomotive and rolling stock. Therefore, before construction, the railway bureau shall organize and hold a construction coordination meeting to uniformly arrange specific matters such as construction cooperation, traffic organization and logistics support. (Jica Report Chapter 4: 2012)

A good and stable construction environment is conducive to ensuring the safe and smooth construction and improving the operation quality and efficiency. Since the construction of large-scale railway maintenance machinery is carried out in the "works occupation time" time, that is, in the state of line blockade, it is inevitable that there is only train gap time in a certain section at night to block the line (Zhangli, 2021). The Problem Space Search (PSS) meta-heuristic can be used for large scale problems to create quality timetables in which both train movements and scheduled track maintenance are simultaneously considered (Albrecht, 2013). Therefore, the construction of large-scale railway maintenance machinery at night is inevitable. In addition, if severe weather such as storm and snow is encountered during the construction process, it will also increase the construction difficulty and bring certain difficulties to the construction and coordination personnel. In order to ensure that large-scale railway maintenance machinery can complete the operation with quality, quantity and safety, it is necessary to strengthen the construction management at night and in storms

Research Method

Qualitative research is a research method to explore and understand the meaning that some individuals or groups of people think come from social or human problems (Creswell, 2013). Location of this study: Kereta Cepat Indonesia Cina (KCIC). Data collection strategy use Qualitative observation, Qualitative interview and Quality documents.

According to Miles and Huberman, 3 phase data analysis 1) Data Reduction, 2) Data Presentation and 3) Conclusion Drawing.

Conclusion Drawing Data Analysis



Figure 2. KCIC maintenance machinery equipped with generator and lighting group

Before Construction at Night

Before construction at night, in addition to inspecting all parts of large-scale railway maintenance machinery according to regulations, strict inspection shall also be focused on lighting lamps. Construction personnel shall prepare flashlights, searchlights, etc. Large railway maintenance machinery shall be equipped with generator and lighting group before construction at night, so as to provide emergency lighting in case of emergency. Before construction at night, the route investigators shall report the specific positions of bridges, tunnels, dangerous rocks, crossings, small radius curves and other special

sections in the construction section to the construction director clearly, and indicate them on the construction operation order so that all personnel can have a clear idea. Before the operation in flood season and at night, all parts and components shall be carefully inspected in strict accordance with relevant regulations to ensure the normal operation of the equipment. It is strictly prohibited to operate the equipment with defects.

During The Operation In Flood Season And At Night

During construction at night, in addition to requiring the track division to set door closing protection at both ends, an inspector shall be arranged 100 m in front of each vehicle so as to inform the crew take measures in time in case of obstacles such as magnetic heads, axle counters, infrared detectors or other emergencies

During the operation in flood season and at night, it is necessary to drive at the specified speed without interruption, keep an eye on the signal, and confirm the signal. If the signal display is incorrect or unclear, it will be regarded as a stop signal and stop immediately. At the same time, it is required to call and answer the station or the public works watch (Patrol) guard (call point) personnel according to the provisions of the joint control of vehicles, machines and workers. 8. During the flood season, the construction personnel of large-scale railway maintenance machinery shall strictly implement the measures for safe driving in the flood season issued by the Ministry of railways, and have a good idea of the "flood passing dangerous section", "flood control watch point", "crossing" and "key disease construction point" in the construction section.

During the construction and operation of large-scale railway maintenance machinery, the construction staff shall report the disaster and dangerous situation to the attendant of the nearest station through the train dispatching station in time.

Construction In Storm

When large-scale railway maintenance machinery encounters strong wind, rainstorm, Blizzard and other difficulties or unknown conditions during construction and operation, it shall immediately stop construction and slow down, and timely report the situation to the station. For the line that does not follow the slope, the maintenance personnel shall be notified to deal with the line, and the train release conditions shall be negotiated with the maintenance personnel. It is forbidden to put down the train blindly.



Figure 3. High-speed railway project steps up efforts to deal with extreme weather

The Equipment Management Bureau Security Management

The large-scale railway maintenance machinery entering the Equipment Management Bureau shall have the annual inspection certificate issued by the Transportation Bureau of the Ministry of railways. During construction, all safety regulations in railway technical management regulations, train operation organization rules, management rules for use of large-scale maintenance machinery and railway public work safety rules shall be strictly observed. The public works machinery section of the Construction Bureau, the construction cooperation unit of the Equipment Management Bureau shall refine the safety measures according to the specific construction projects, sections, times and seasons to ensure safety.

The arrangement of the construction blocking works occupation time and the opening speed of the line shall be in strict accordance with the relevant provisions of the regulations on construction safety management of railway business lines issued by the Ministry of railways. The public works machinery section of the construction bureau is responsible for the coupling and transportation of machinery, shunting, operation, construction, fire prevention, anti sliding, stay in the station, and the safety of the equipment and personnel of the unit. The equipment management bureau provides assistance for the security of the machinery station. The machinery section of the Construction Bureau shall be responsible for safety accidents caused by mechanical failure or improper operation during construction

The safety protection of large railway maintenance machinery is set by the machinery section of the Construction Bureau, and the equipment management bureau is responsible for the protection of both ends of the site. The Equipment Management Bureau shall be responsible for various safety works and responsibilities of cooperating with the unit during construction.

Conclusion

(1) Before construction at night, strict inspection shall also be focused on lighting lamps. Construction personnel shall prepare flashlights, searchlights, all parts and components shall be carefully inspected in strict accordance with relevant regulations to ensure the normal operation of the equipment. (2) During the flood season, the construction personnel of large-scale railway maintenance machinery shall strictly implement the measures for safe driving in the flood season issued by the Ministry of railways. the construction staff shall report the disaster and dangerous situation to the attendant of the nearest station through the train dispatching station in time. (3) When large-scale railway maintenance machinery encounters strong wind, rainstorm, Blizzard and other difficulties or unknown conditions during construction and operation, it shall immediately stop construction and slow down, and timely report the situation to the station. (4) The safety protection of large railway maintenance machinery is set by the machinery section of the Construction Bureau, and the equipment management bureau is responsible for the protection of both ends of the site.

Reference

- Albrecht AR, Panton DM, Lee DH. (2013). Rescheduling rail networks with maintenance disruptions using problem space search. *Comput Oper Res.*
- Creswell, J.W. (2013). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches.* 4th Edition, SAGE Publications, Inc., London.
- Heinicke F, Simroth A. (2013). Application of Simulated Annealing to Railway Routine Maintenance Scheduling. In: Proceedings of the 14th International Conference on Civil, Structure and Environmental Engineering Computers, Civil-Comp Press, Stirlingshire, UK, Paper 27. doi:10.4203/ccp.102.27.
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook (Third edition.)*. SAGE Publications, Inc.
- RIL 821.2007Z65. (2012). "Prüftechnische Anerkennung der Wirbel strom prüftechnik auf Schienen bearbeitung smaschinen" (Process of a technical inspection and approval for eddy current testing systems on rail maintenance machines), Directive of Deutsche Bahn AG.
- Xiao, Bo & Lin, Qiang & Chen, Yuan. (2021). A vision-based method for automatic tracking of construction machines at nighttime based on deep learning illumination enhancement. *Automation in Construction*.127. 103721 .10.1016/j.autcon.2021.103721.
- Zhangli. (2021). Line Maintenance Handout for Jakarta-Bandung High Speed Railway Training Program.



Perencanaan Komponen Jalan Rel Jalur Kereta Api Lintas Madiun-Dolopo

Muhammad Adib Kurniawan, Ahmad Ependi

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ adib@ppi.ac.id

Jalur Kereta Api lintas Madiun-Dolopo merupakan bagian dari jalur kereta api lintas Madiun-Slahung yang direncanakan akan mulai dibangun pada tahun 2025 hingga tahun 2030 (Yudha et al., 2020). Beberapa penelitian menyebutkan Jalur Kereta Api lintas Madiun-Dolopo direncanakan menggunakan kelas jalan rel V dan I, namun dalam penelitian tersebut belum dilakukan perencanaan terhadap komponen jalan rel yang digunakan seperti rel dan bantalan. Berdasarkan hasil analisa pada penelitian ini didapatkan profil rel R42 untuk kelas jalan V dapat digunakan sedangkan perencanaan untuk kelas jalan I dapat menggunakan profil rel R-54. Bantalan beton prategang yang direncanakan juga dapat digunakan pada masing-masing perencanaan kelas jalan rel V dan I.

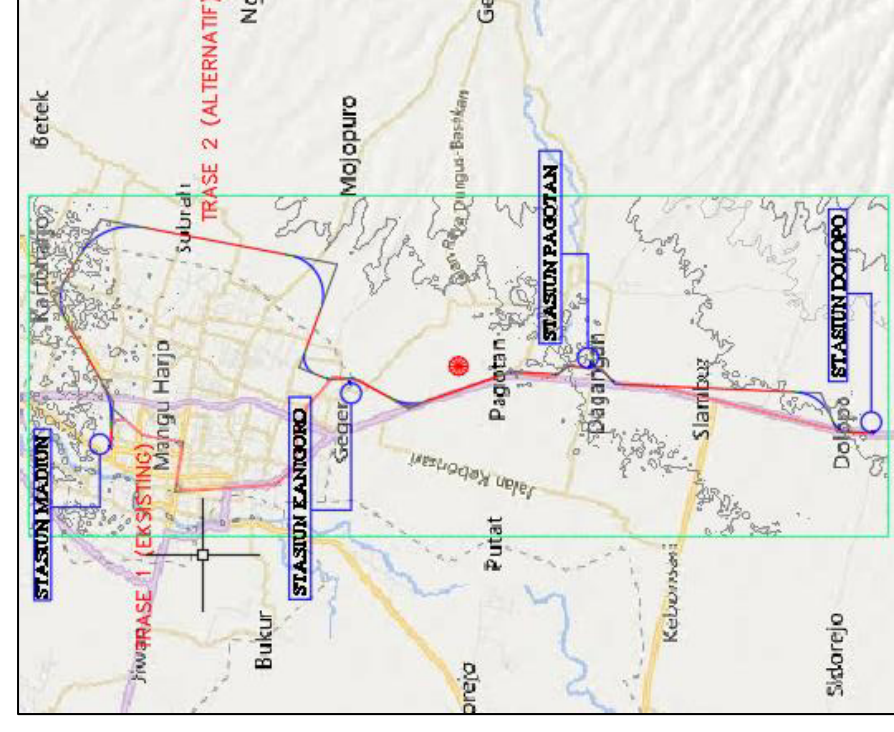
Kata kunci: Perencanaan, Komponen Jalan Rel

Pendahuluan

Melalui Rencana Induk Perkeretaapian Nasional revisi thn. 2018, Ditjen Perkeretaapian Kementerian Perhubungan menjelaskan salah satu tujuan pengembangan jaringan dan layanan perkeretaapian yang ingin dicapai pada tahun 2030 adalah pembangunan jalur kereta api nasional (tersebar meliputi Pulau Jawa, Bali, Sumatera, Sulawesi, Kalimantan dan Papua) mencapai 12.100 km (Astuti et al., 2021; Yudha et al., 2020).

Jalur Kereta Api lintas Madiun-Dolopo merupakan bagian dari jalur kereta api lintas Madiun-Slahung yang direncanakan akan mulai dibangun pada tahun 2025 hingga tahun 2030 (Yudha et al., 2020).

Penelitian sebelumnya telah dilakukan perencanaan pemilihan trase jalur kereta api Madiun-Dolopo dengan metode Fuzzy AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Penelitian ini diawali dengan melakukan survei pengukuran pada jalur eksisting dan perencanaan jalur alternatif, kemudian dari kedua jalur tersebut dilakukan pembuatan kuesioner pemilihan trase mana yang lebih tepat, kesimpulan penelitian ini adalah dipilihnya jalur alternatif yang tidak banyak melintasi pemukiman warga dan lebih terintegrasi dengan moda transportasi lain (Astuti et al., 2021). Selanjutnya pada penelitian lain terkait reaktivasi jalur kereta api eksisting Madiun-Slahung dibahas mengenai potensi pengembangan desa di Kecamatan Slahung, disebutkan bahwa kelas jalan jalur kereta api Madiun-Slahung merupakan kelas jalan V dengan kecepatan maksimum sarana yang melintas 80 km/jam, beban gandar maksimum 18 ton dan tipe rel yang digunakan tipe R42. Penelitian ini menghasilkan kesimpulan antara lain konsumsi energi biaya perjalanan menggunakan kereta api jauh lebih efektif, terdapat total 61% jalur kereta api dalam keadaan baik dan sisanya dalam kondisi kurang baik serta disimpulkan bahwa masyarakat Slahung membutuhkan moda transportasi yang efektif dalam segi biaya dan waktu sehingga karakteristik transportasi kereta api dapat diterima (Zulkarnain et al., 2017).



Gambar 1. Jalur/ Trase Kereta Api Lintas Madiun-Dolopo

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian mengenai perencanaan reaktivasi jalur kereta api lintas Madiun-Dolopo dengan fokus penelitian perencanaan geometri menggunakan *software* berbasis CAD 3D didapatkan hasil berdasarkan model *trase* yang telah dibuat dalam tiga dimensi dan dilakukan pemeringkatan, *trase* yang dipilih merupakan trase dengan panjang 23+230 kilometer dengan kecepatan operasi 110 km/jam serta klasifikasi kelas jalan rel I dan terdapat 15 lengkung horizontal pada lintas tersebut (Yudha et al., 2020).

Salah satu persyaratan teknis jalur kereta api adalah persyaratan komponen, persyaratan ini terdiri atas badan jalan, sub balas, balas, bantalan, alat penambat, rel dan wesel (Perhubungan et al., 2012). Persyaratan ini penting untuk dipenuhi agar jalur kereta api dapat dioperasikan. Oleh sebab itu diperlukan suatu perencanaan agar nantinya dalam proses reaktivasi dapat lebih efektif dari segi waktu, kekuatan dan biaya.



Berdasarkan latar belakang diatas dan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dimana penelitian mengenai rencana reaktivasi jalur kereta api lintas Madiun-Slahung ataupun Madiun-Dolopo hanya sebatas perencanaan geometri dan pemilihan trase, maka dalam penelitian ini akan dilakukan perencanaan komponen-komponen Jalan Rel dalam hal ini analisis penggunaan tipe rel dan jenis bantalan yang menjadi bagian penting dalam perencanaan jalur reaktivasi kereta api.

Metode

Penelitian diawali dengan studi literatur kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data-data penelitian dan 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 dibagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder, data primer meliputi kelas jalan rel, kecepatan rencana maksimum sarana dan beban gandar yang digunakan. Sedangkan data sekunder meliputi karakteristik jenis-jenis rel dan bantalan kereta api.

Metode analisis numerik akan digunakan sebagai metode utama untuk menentukan jenis rel dan bantalan yang nantinya akan digunakan. Pada penelitian (Zulkarnain et al., 2017) disebutkan bahwa jalur kereta api lintas Madiun-Slahung dimana didalamnya terdapat lintas Madiun-Dolopo merupakan kelas jalan rel V dengan kecepatan maksimum sarana 80 km/jam, beban gandar 18 ton. Kemudian pada penelitian (Yudha et al., 2020) disebutkan bahwa jalur kereta api lintas Madiun-Dolopo merupakan jalan rel kelas I sesuai klasifikasi yang ada pada (Perhubungan et al., 2012) dimana kecepatan operasi sarana 110 km/jam dengan beban gandar 18 ton. Berdasarkan kedua penelitian ini maka akan dilakukan analisa perencanaan komponen jalan rel berupa jenis rel dan jenis bantalan yang akan digunakan. Perencanaan jenis rel dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu:

a. Penentuan Gaya Vertikal

Gaya vertikal berasal dari gerbong, kereta, lokomotif dan gandar serta merupakan beban statik, kenyataan dilapang beban yang terjadi merupakan beban dinamis yang dipengaruhi oleh hambatan udara dan beban angin (faktor aerodinamik).

$$P_{statik} = \frac{\frac{W_{Lok}}{2}}{jumlah\ gandar} \dots\dots\dots (1)$$

$$V_r = 1.25 \times V_{max} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

Wlok = berat lokomotif

Pstatis = gaya roda statis

Vmaks =Kecepatan rencana maksimum

Untuk menghitung beban yang realistis maka dilakukan transformasi gaya statis ke gaya dinamik, sehingga digunakan persamaan berikut

$$P_d = I_d \cdot P_s \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

P_d = beban gaya dinamik rencana (kN/kg)
 P_s = beban roda statik sarana (kN/kg)
 I_d = faktor/ indeks beban dinamik dimensionless (>1)

Nilai Faktor/ indeks beban dinamik dapat didekati dengan persamaan *TALBOT* berikut.

$$I_d = 1 + 0.01 \frac{V_r}{1.609} - 5 \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

I_d = faktor/indeks beban dinamis

V_r = Kecepatan rencana 9km/jam)

b.

Penentuan pembebanan pada Rel

Konsep yang digunakan dalam pembebanan jalan rel adalah *Beam on Elastik Foundation* (BoEF) untuk menghitung tegangan komponen jalan rel yang dikembangkan oleh Winkler pada tahun 1867 (Mias et al., 2015)(Munawwarah & Herijanto, 2020)(Rosyidi, 2016).

Dumping factor (λ) dicari menggunakan persamaan berikut:

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{k}{4EI}} \dots\dots\dots (5)$$

Momen maksimum, defleksi dan gaya geser dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$M_a = \frac{P_d}{4\lambda} \dots\dots\dots (6)$$

$$Y_m = \frac{P_d}{2k} \dots\dots\dots (7)$$

$$F_m = k \times Y \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

λ = *dumping factor*

k = modulus jalan rel (kg/cm²)

E = modulus elastisitas jalan rel (kg/cm)

I = momen inersia rel

M_a = momen maksimum (kg.cm)

P_d = beban dinamis (kg)

Y_m = beban dinamis (kg)

F_m = gaya geser maksimum (kg/cm)

c. Tinjauan kekuatan rel

Pengecekan terhadap tegangan ijin rel

$$\sigma_{izin} = \frac{(MaxYb)}{I_x} \dots\dots\dots (9)$$

Dimana:

σ_{izin} = Tegangan Izin

M_a = Momen Maksimum

I_x = Momen Inersia Rel

Y_b = Jarak tepi bawah ke garis netral

Pengecekan terhadap tegangan dasar rel

$$S_{base} = \frac{M_a}{W_b} \dots\dots\dots (10)$$

Dimana:

$$S_{base} = \text{Tegangan Dasar}$$

Selanjutnya untuk menentukan jenis bantalan dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Penentuan pembebanan pada bantalan
- Pembebanan pada bantalan beton dihitung melalui persamaan berikut:

$$Q = 60\% \times P_d \dots\dots\dots(11)$$

Dimana:

Q = pembebanan pada bantalan (kg)

Pd = Beban Dinamis (kg)

Perhitungan modulus elastisitas pada bantalan beton pratekan blok tunggal, mengikuti persamaan berikut:

$$E = 6400 \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots(12)$$

Dimana:

E = Modulus elastisitas Beton

Fc' = Kuat Tekan Beton Prategang

- b. Analisa Dumping Faktor bawah rel & tengah bantalan

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{k}{4EI}} \dots\dots\dots(13)$$

Dimana:

λ = *dumping factor*

k = modulus jalan rel (kg/cm2)

E = modulus elastisitas beton (kg/cm)

I = momen inersia bantalan beton (a = bawah rel/ b tengah bantalan)

- c. Tinjauan Kekuatan Bantalan

Tinjauan terhadap momen di bawah rel dengan persamaan berikut:

$$M_{C/D} = \frac{Q}{4\lambda} \times \frac{1}{\sin \lambda L + \sinh \lambda L} \times [2 \cosh^2 \lambda a (\cos \cos 2 \lambda c + \cosh \cosh \lambda L) - 2 \cosh^2 \lambda a (\cos \cos 2 \lambda c + \cosh \cosh \lambda L) - \sinh \sinh 2 \lambda a (\sin 2 \lambda c + \sinh \lambda L) - \sin \sin 2 \lambda a (\sinh \sinh 2 \lambda c + \sin \sin \lambda L)] \dots\dots\dots(14)$$

Tinjauan terhadap momen di tengah bantalan dengan persamaan berikut:

$$M_0 = \frac{Q}{2\lambda} \times \frac{1}{\sinh \lambda L + \sin \lambda L} \times [\sinh \lambda c (\sin \sin \lambda c + \sin \sin \lambda (L - c)) - \sin \lambda c (\sinh \sinh \lambda c + \sinh \sinh \lambda (L - c)) - \cosh \lambda c \lambda (L - c) - \cos \lambda c \lambda (L - c)] \dots\dots\dots(15)$$

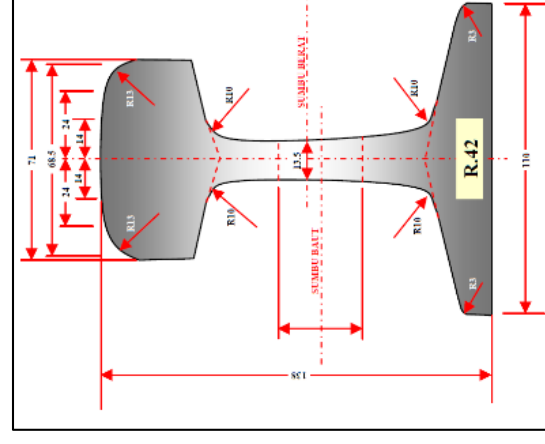
Hasil Kerja

Analisa Dimensi Profil Rel

Dimensi profil rel direncanakan untuk kelas jalan V dengan profil R42 dan kelas jalan I dengan profil rel R54.

- a. Analisa Profil Rel R42

Karakteristik Profil Rel R42 (Perhubungan et al., 2012):



Gambar 2. Profil rel R42

Modulus Elastisitas (E) = 2100000 kg/cm²
Momen Inersia Rel (Ix) = 1369 cm⁴
Jarak Tepi Bawah ke Garis Netral (Yb) = 68,5 mm
Modulus Elastisitas Jalan Rel (k) = 180 kg/cm²

Beban Dinamis Roda

Kecepatan maksimum sarana pada kelas jalan V adalah V_{maks} = 80 km/jam dan beban Gandar 18 ton (Perhubungan et al., 2012), oleh karena itu nilai kecepatan rencana V_{rencana} = 100 km/jam.

$$P_s = P_{maks} / 2$$

$$= 18000 / 2 = 9000 \text{ kg}$$

$$P_d = 13024,8291 \text{ kg}$$

Dumping Faktor dan Momen Maksimum

Analisa *Dumping* Faktor (λ) menggunakan persamaan 5 didapatkan hasil 0,01119, setelah *dumping* faktor didapatkan maka momen maksimum (Mm) dapat dicari menggunakan persamaan 6 dan direduksi 85% sehingga nilainya 247447,759 kg.cm

Pengecekan Kekuatan Profil Rel

Tegangan izin untuk rel R42 yang dipersyaratkan untuk kelas jalan V adalah tidak boleh lebih besar sama dengan 2000 kg/cm². Tegangan ijin rel (σ_{izin}) dicari dengan persamaan 9 didapatkan hasil 1238,143 kg/cm² < 2000 kg/cm² ...**O.K.**

Lebih lanjut untuk tegangan dasar pada kelas jalan V dipersyaratkan tidak boleh melebihi sama dengan 1343,5 kg/cm². Tegangan dasar rel (Sbase) diperoleh menggunakan persamaan 10 sebesar 1237,239 kg/cm² < 1343,5 kg/cm² ...**O.K.**

- b. Analisa Profil Rel R54



sedangkan momen tengah bantalan sebesar $M_o = -38871,165 \text{ kg.cm} < -93000 \text{ kg.cm}$, sehingga bantalan beton dapat digunakan.

- d. Nilai momen di bawah rel ($M_{C/D}$) untuk perencanaan kelas jalan I jalur kereta api lintas Madiun Dolopo sebesar $M_{C/D} = 78503,0439 \text{ kg.cm} < 150000 \text{ kg.cm}$, sedangkan momen tengah bantalan sebesar $M_o = -38871,165 \text{ kg.cm} < -93000 \text{ kg.cm}$, sehingga bantalan beton dapat digunakan.

Referensi

- Astuti, W. S., Kurniawan, M. A., & Aghastya, A. (2021). Technique and Technology of Land Transport in Construction AHP (Analytic Hierarchy Process) METHOD. 2010, 63–69. <https://doi.org/10.23968/2500-0055-2021-6-2-63-69>
- Mias, F., Rosyidi, S. A. P., & Muntohar, A. S. (2015). Analisis struktur jalan rel. *September*, 1–10.
- Munawwarah, C., & Herjanto, W. (2020). Perancangan Jalan Rel dan Geometri Trase dari Ponorogo - Slahung untuk Reaktivasi. 9(1), 0–5.
- Perhubungan, P. M., Indonesia, R., Teknis, P., & Kereta, J. (2012). Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor Pm. 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api (pp. 1–42). www.djpp.kemendikham.go.id
- Rosyidi, S. A. P. (2016). *Rekayasa Jalan Kereta Api Tinjauan Struktur Jalan Rel. LP3M dan Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*.
- Yudha, A. W., Aghastya, A., & Adi, W. T. (2020). Perencanaan Reaktivasi Jalur Kereta Api Lintas Madiun - Dolopo
Judul : Perencanaan Reaktivasi Jalur kereta api Kedungjati – Tuntang Menggunakan Google. 60, 23–24.
- Zulkarnain, A., Budi, H., & Priwardana, F. R. (2017). Pengembangan Potensi Desa di Kecamatan Slahung dengan Reaktivasi Jalur Eksisting Madiun-Slahung. 1(4), 41–50.



Evaluasi Kondisi Kerusakan Bangunan Sabo Dan Gunung Merapi

Cahyo Dita Saputro

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ cahyoditastmt@gmail.com

Gunung Merapi merupakan salah satu gunung berapi yang aktivitas erupsinya tergolong tinggi. Untuk mengantisipasi efek yang ditimbulkan dari erupsi yaitu berupa banjir lahar dingin maka dibangunlah bangunan pengendali lahar yang disebut dengan istilah Sabo Dam. Bangunan Sabo yang ada di Yogyakarta telah dibangun sejak tahun 1969. Jumlah Sabo dam yang tercatat hingga tahun 2015 adalah sejumlah 254 bangunan. Beberapa sungai yang dilalui lahar dingin akibat aktivitas Gunung Merapi yaitu Sungai Bebeng, Boyong, Gendol, dan Opak. Terdapat 98 bangunan Sabo dengan umur rata-rata bangunan yang telah lebih dari 30 tahun ini tentu berpengaruh terhadap fungsi dan kinerja bangunan tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan penilaian tingkat kerusakan bangunan Sabo yang ada untuk mengetahui kondisi aktual bangunan yang ada. Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi langsung ke lokasi dan wawancara kepada masyarakat sekitar. Diperoleh hasil evaluasi kerusakan bangunan sabo dam sebanyak 3 bangunan yang mengalami rusak berat, 4 bangunan rusak sedang, 18 bangunan rusak ringan, dan 74 bangunan dalam kondisi baik.

Kata kunci: Kerusakan, Lahar, Merapi, Sabo Dam

Pendahuluan

Aliran lahar dingin yang bermuara dari hulu Gunung Merapi, tentunya menimbulkan kerusakan pada sungai-sungai yang dilaluinya. Aliran lahar yang membawa material, baik material pasir dan batuan maupun tanah yang longsor akan menjadi aliran debris (debris flow) yang akan menimbulkan kerusakan lebih parah dari banjir biasa. Bangunan pengendali lahar atau disebut dengan istilah sabo dam, telah dibangun untuk menanggulangi dan meminimalisir kerusakan yang diakibatkan oleh bencana lahar dingin dari Gunung Merapi. Pembangunan bangunan pengendali sedimen atau yang disebut dengan Sabo, yang telah dimulai dari tahun 1969 hingga saat ini telah berumur lebih dari 30 tahun. Hal ini tentu perlu diperhatikan menurut fungsi layanan sebuah bangunan. Pada tahun 2010 aktivitas Gunung Merapi mengalami peningkatan hingga akhirnya terjadi letusan dan erupsi yang cukup besar sehingga menimbulkan bencana yang cukup besar tercatat ada 254 bangunan Sabo yang tersebar pada 15 sungai yang berhulu dari Gunung Merapi. Adapun sebaran jumlah sabo dam masing-masing sungai dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Sabo Dam di Wilayah Gunung Merapi

No.	Sungai	Jumlah Sabo Dam
1	Apu	5
2	Pabelan	19
3	Trising	6
4	Senowo	8

No.	Sungai	Jumlah Sabo Dam
5	Lamat	14
6	Blongkeng	17
7	Putih	24
8	Batang	10
9	Bebeng	13
10	Krasak	23
11	Boyong	56
12	Kuning	18
13	Opak	6
14	Gendol	23
15	Woro	12
Total		254

Bangunan sabo yang telah berusia lebih dari 20 tahun tentu tidak dalam kondisi terbaik seperti saat awal dibangun, evaluasi kondisi kerusakan sabo dam pernah dilakukan di sungai Krasak dan diperoleh hasil dari 23 bangunan hanya 1 bangunan yang masuk kategori rusak sedang, selebihnya masih dalam kondisi baik dan rusak ringan (Saputro, 2019). Oleh karena itu pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi kondisi kerusakan yang terjadi pada bangunan sabo dam tersebut.



Metode Penelitian

Bangunan Pengendali Lahar Dingin

Sabo adalah istilah yang berasal dari Jepang yang terdiri dari kata SA yang berarti pasir (sand) dan BO yang berarti penanggulangan (prevention). Jadi kata SABO mempunyai arti penanggulangan bencana yang diakibatkan pergerakan tanah atau sedimen yang dibawa oleh aliran air. Kata Sabo diusulkan oleh seorang ahli konservasi dari Amerika Serikat, yang bernama Dr. Lowdermilk pada kunjungannya ke Jepang pada tahun 1951 (Suparman, 2011). Di Indonesia teknik sabo diperkenalkan pertama untuk kali oleh seorang tenaga ahli Jepang, Mr. Tomoaki Yokota pada tahun 1970, untuk menangani masalah banjir lahar di daerah vulkanik, yaitu Gunung Merapi, Gunung Kelud dan Gunung Agung. Lalu di Gunung Semeru dan Gunung Galunggung yang meletus kemudian. Di samping itu juga untuk menangani masalah erosi dan sedimentasi di daerah non-vulkanik di beberapa daerah di luar Jawa. (Joko, 2000)

Dalam penelitian ini, landasan regulasi yang dijadikan acuan adalah SE Dirjen SDA (2013). Adapun tahapan penelitian dilakukan dengan uraian sebagai berikut:

1. Tahap inventarisasi
Pada tahapan inventarisasi dan pengumpulan data, kegiatan ini dimaksudkan untuk mendapatkan data-data tentang riwayat dibangun dan rehabilitasi yang pernah dilakukan, sehingga dapat diketahui umur bangunan yang sebenarnya serta mempermudah saat inspeksi ke lapangan
2. Tahap inspeksi dan penelusuran
Tahap selanjutnya yaitu inspeksi dan penelusuran di lapangan untuk mengambil data aktual kondisi Sabo terkini, sehingga dapat dilakukan identifikasi dan analisis kerusakan bangunan. Inspeksi dan penelusuran yang ditinjau meliputi 21 unsur yang tergolong menjadi bagian kondisi sekitar sungai, dam utama, apron, dan sub dam kondisi bangunan sabo dam. (Tabel 2)

Tabel 2. Instrumen Penelitian

Objek Penilaian	Bobot
A. Kondisi Sekitar	
1. Jalan masuk ke lokasi	
2. Tumbuh rumput/ semak belukar	
3. Marka/ portal jalan dan jembatan	20%
4. Pintu pengambilan air	
5. Peralatan pemantau lahar	
6. Lubang slit/ konduit	
7. Sedimentasi di sabo dam	
B. Kondisi Sedimen	
8. Sedimentasi ruas sungai	40%
9. Penambangan di sabo dam	
B. Dam Utama	
10. Gerusan pondasi dam	
11. Abrasi di tubuh dam	
12. Selimut tubuh dam terlupas	
13. Retakan di tubuh dam	15%
14. Rembesan di tubuh dam	
15. Sayap dam	
16. Lubang slit atau konduit dam	
17. Pelindung (buffer fill) dam	
18. Tebing sungai di abutmen dam	

Objek Penilaian	Bobot
C. Apron	
19. Kondisi lantai	12,5%
20. Kondisi dinding	
D. Subdam	
21. Gerusan pondasi subdam	
22. Abrasi di tubuh subdam	
23. Selimut tubuh subdam terlupas	
24. Retakan di tubuh subdam	12,5%
25. Rembesan di tubuh subdam	
26. Sayap subdam	
27. Pelindung (buffer fill) subdam	
28. Tebing sungai di abutmen	

3. Tahap analisis kerusakan
Tahap berikutnya adalah identifikasi dan analisis kerusakan bangunan untuk menentukan kondisi bangunan dan pemeliharaan yang akan dilakukan. Untuk menilai kondisi kerusakan prasarana sabo dam, diberikan skor kondisi dengan nilai 1 sampai 5 yaitu kondisi terburuk sampai kondisi terbaik (kondisi ideal) prasarana. Rekomendasi pemeliharaan ditetapkan berdasarkan parameter kerusakan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria Penilaian Kerusakan Bangunan

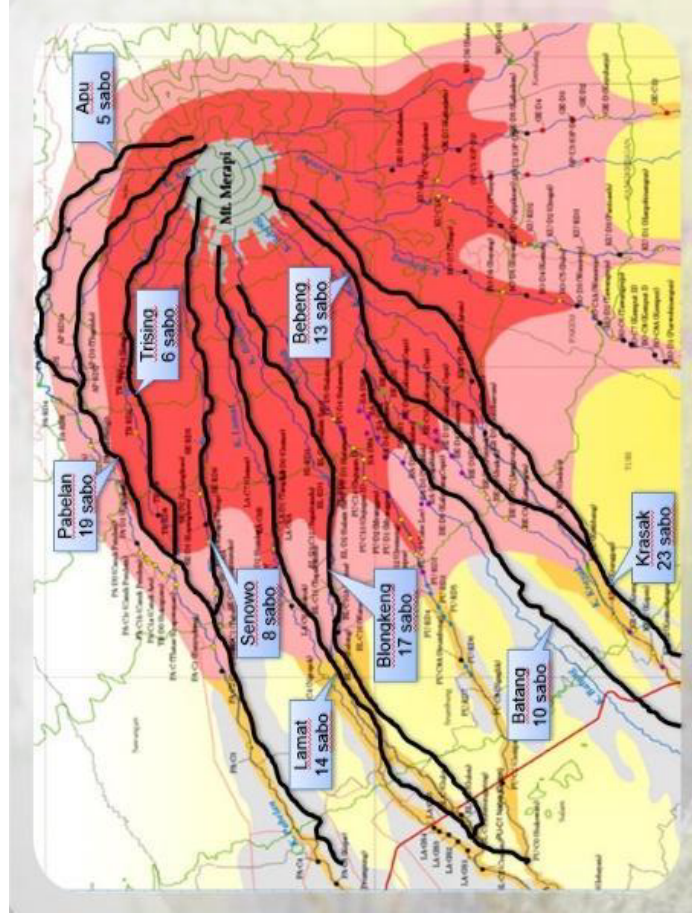
Kondisi	Nilai Kerusakan (%)
Baik	< 10%
Rusak Ringan	10% - 20%
Rusak Sedang	20% - 40%
Rusak Berat	> 40%

Adapun langkah-langkah kegiatan penilaian Sabo antara lain:

- a. Mengumpulkan data-data sekunder.
- b. Menyusun draft tabel survey kerusakan bangunan Sabo.
- c. Melakukan survey kerusakan dan fungsi layanan Sabo.
- d. Menganalisis data hasil survey, sehingga dapat diketahui angka kinerja dan fungsi bangunan.

Hasil Analisis

Penelitian dilakukan pada 3 sungai yang bermuara ke wilayah Yogyakarta, yaitu sungai Bebeng, sungai Boyong, dan sungai Gendol. Secara keseluruhan peta muara sungai dan sebaran lokasi bangunan sabo dam dapat dilihat pada gambar 1.



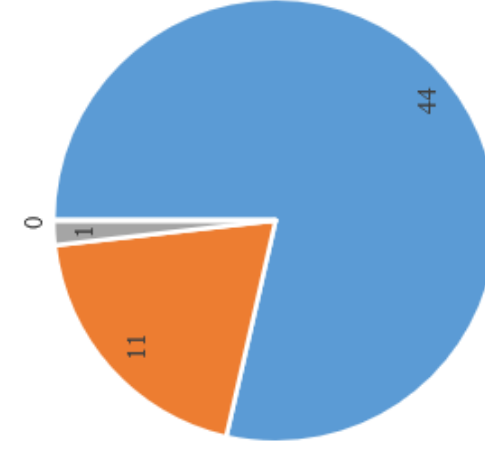
Gambar 1. Peta Sebaran Bangunan Sabo Dam

Adapun sebaran bangunan sabo dam di sungai Bebeng, Boyong, Gendol dan Opak dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Sebaran Sabo Dam pada Objek Penelitian		
No.	Sungai	Jumlah Sabo Dam
1	Bebeng	13
2	Boyong	56
3	Opak	6
4	Gendol	23
Total		98

Kondisi Sabo Dam Sungai Boyong

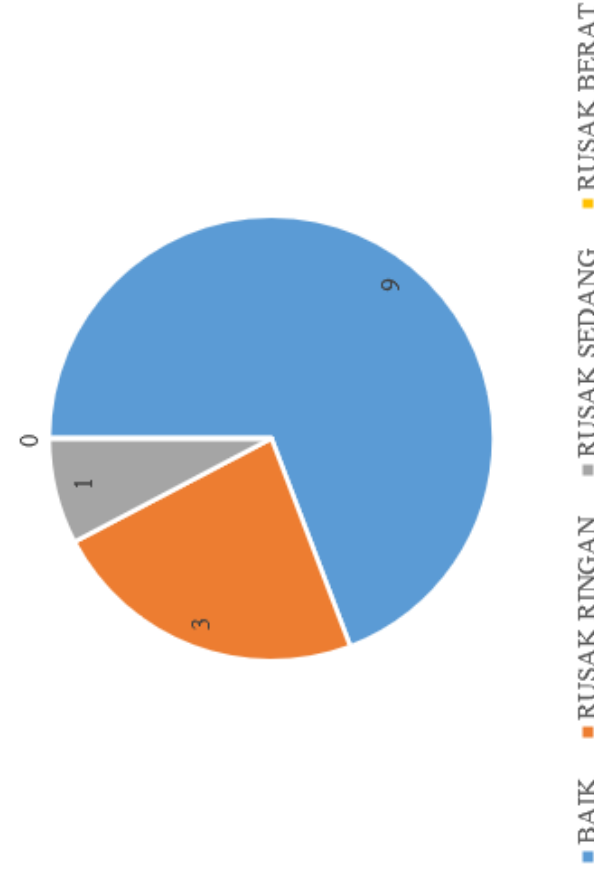
Hasil yang diperoleh dari analisis kerusakan bangunan Sabo di Sungai Boyong yang berjumlah 56 bangunan, ternyata kondisi kerusakan bangunan Sabo di Sungai Boyong sebagian besar masih masuk dalam kondisi baik dengan nilai kerusakan <10%. Seperti terlihat pada Gambar 2.



■ BAIK ■ RUSAK RINGAN ■ RUSAK SEDANG ■ RUSAK BERAT
Gambar 2. Kondisi Kerusakan Sabo Dam Sungai Boyong

Kondisi Sabo Dam Sungai Bebeng

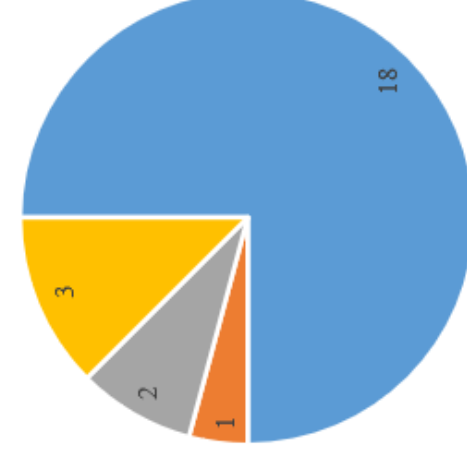
Hasil yang diperoleh dari analisis kerusakan bangunan Sabo di Sungai Bebeng yang berjumlah 13 bangunan, ternyata kondisi kerusakan bangunan Sabo di Sungai Bebeng sebagian besar masih masuk dalam kondisi baik dengan nilai kerusakan <10%. Seperti terlihat pada Gambar 3.



■ BAIK ■ RUSAK RINGAN ■ RUSAK SEDANG ■ RUSAK BERAT
Gambar 3. Kondisi Kerusakan Sabo Dam Sungai Bebeng

Kondisi Sabo Dam Sungai Gendol

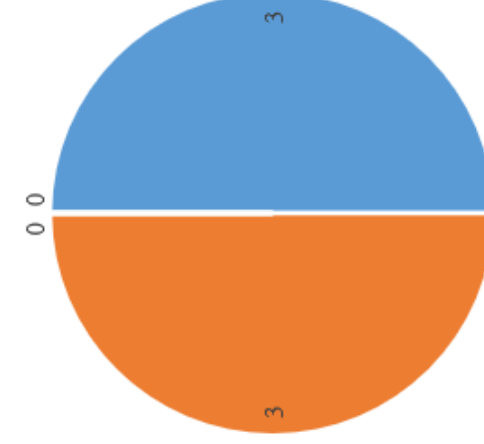
Hasil yang diperoleh dari analisis kerusakan bangunan Sabo di Sungai Gendol yang berjumlah 24 bangunan, ternyata kondisi kerusakan bangunan Sabo di Sungai Gendol sebagian besar masih masuk dalam kondisi baik dengan nilai kerusakan <10%. Seperti terlihat pada Gambar 4.



■ BAIK ■ RUSAK RINGAN ■ RUSAK SEDANG ■ RUSAK BERAT
Gambar 4. Kondisi Kerusakan Sabo Dam Sungai Gendol

Kondisi Sabo Dam Sungai Opak

Hasil yang diperoleh dari analisis kerusakan bangunan Sabo di Sungai Opak yang berjumlah 6 bangunan, ternyata kondisi kerusakan bangunan Sabo di Sungai Opak sebagian besar masih masuk dalam kondisi baik dengan nilai kerusakan <10%. Seperti terlihat pada Gambar 5.



■ BAIK ■ RUSAK RINGAN ■ RUSAK SEDANG ■ RUSAK BERAT
Gambar 5. Kondisi Kerusakan Sabo Dam Sungai Opak



Ringkasan keseluruhan tabulasi kondisi kerusakan bangunan sabo dam di setiap sungai dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Tabulasi Kondisi Bangunan Sabo Dam

No	Kondisi	Boyong	Bebeng	Gendol	Opak
1	Baik	44	9	18	3
2	Rusak Ringan	11	3	1	3
3	Rusak Sedang	1	1	2	0
4	Rusak Berat	0	0	3	0

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dari data inspeksi di lapangan terhadap 4 sungai yang bermuara dari gunung Merapi, yaitu sungai Bebung Boyong, sungai Gendol, dan sungai Opak. Diperoleh hasil evaluasi kerusakan bangunan sabo dam sebanyak 3 bangunan yang mengalami rusak berat, 4 bangunan rusak sedang, 18 bangunan rusak ringan, dan 74 bangunan dalam kondisi baik.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing saya, Ibu Ir. Dra. Adriana Anteng Anggorowati, M.Si. atas segala arahan dan bimbingannya dalam penyusunan artikel ini. Berikutnya ucapan terima kasih kepada PT. Tumoto Karya Konsultindo yang telah memberikan amanah dan fasilitas selama proses pengumpulan data dan analisis data. Tidak lupa rekan-rekan dan tim survey pada proyek penyusunan evaluasi kerusakan bangunan Sabo Dam di sungai Bebung, sungai Boyong, sungai Gendol, dan sungai Opak.

Referensi

- Cahyono, Joko. (2000). Pengantar Teknologi Sabo, Yayasan Sabo Indonesia. Yogyakarta.
- Suparman, dkk. (2011). Sabo Untuk Penanggulangan Bencana Akibat Aliran Sedimen. Jakarta: Yayasan Air Adhi Eka.
- Anonim. (2015). Konsepsi Pengaturan Angka Kebutuhan Nyata Operasi dan Pemeliharaan Prasarana Pengendali Lahar dan Sedimen. Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. Jakarta.
- Anonim. (2015). Rancangan Pedoman Angka Kebutuhan Nyata Operasi dan Pemeliharaan (AKNOP) Prasarana Pengendali Lahar dan Pengendali Sedimen. Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. Jakarta.
- Anonim. (2015). Dirjen Sumber Daya Air BBWS.SO (Pengendalian Lahar G. Merapi). Yogyakarta.
- Joko, C. (2000). Pengantar Teknologi Sabo, Yayasan Sabo Indonesia. Yogyakarta
- Saputro, C. D. (2019). Evaluasi Kondisi Kerusakan Bangunan Pengendali Lahar di Sungai Krasak. Jurnal Rekayasa Sipil, Volume 2.
- Suparman, d. (2011). Sabo Untuk Penanggulangan Bencana Akibat Aliran Sedimen. Jakarta: Yayasan Air Adhi Eka.



Perbaikan Proses dan Material untuk Produk Terstandar pada Industri Kecil Menengah (IKM) Cor Aluminium Asnawi Kota Yogyakarta

Widya Setiafindari^{1,2}

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

² Program Studi Teknik Industri, Universitas Teknologi Yogyakarta

✉ widyasetia@uty.ac.id

IKM Cor Aluminium Asnawi merupakan salah satu IKM binaan UPT Logam Kota Yogyakarta. Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan usulan perbaikan proses dan material di lantai produksi IKM Cor Aluminium Asnawi. Selama bulan Oktober terjadi kecacatan produk sebesar 2,5% dari total produksi sebanyak 2.310 cetakan cookies. Metode yang digunakan dalam penyelesaian masalah tersebut adalah menggunakan analisis perbaikan cacat produk menggunakan metode Six Sigma, yaitu dengan langkah analisis DMAIC (Define, Measure, Analyze, dan Improve) untuk menganalisis penyebab cacat produk dan memberikan usulan perbaikan proses dan material bagi IKM Asnawi. Dari hasil analisis diperoleh data cacat produk berupa cacat lubang dan retak. Faktor - faktor penyebab defect atau cacat produk adalah faktor material. Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode tersebut didapatkan hasil usulan perbaikan terhadap semua faktor penyebab. Kebutuhan proses terstandar juga harus dibarengi dengan material/bahan baku terstandar.

Kata kunci: Cacat Produk, Six Sigma, DMAI, Produk Terstandar

Pendahuluan

Meningkatkan dan mempertahankan kualitas produk agar dapat meminimasi produk reject dan menimbulkan kerugian bagi perusahaan (Ekawati & Rachman, 2017). Upaya pengendalian kualitas perlu dilakukan agar proses perbaikan secara terus menerus (*continuous improvement*) dapat dilakukan oleh perusahaan. Setiap perusahaan saling berkompetisi untuk memenangkan persaingan dan mendapatkan pangsa pasar (Harahap *et al.*, 2018)

IKM Cor Aluminium Asnawi merupakan salah satu usaha industri yang memproduksi produk berupa cetakan *cookies*. Usaha yang dikelola secara mandiri ini dibangun di lingkungan UPT Logam Pemerintah Kota Yogyakarta. Sejauh ini, IKM Cor Aluminium Asnawi mampu berkembang dan membar dengan masyarakat sekitar. Industri ini berproses mengolah berbagai limbah logam Aluminium menjadi produk baru yang bermanfaat. Selain berperan dalam segi perekonomian, IKM ini juga berperan dalam upaya mengurangi limbah logam dengan cara mendaur ulang.

Suatu kegiatan usaha baik industri maupun perdagangan tentunya tidak selalu berjalan mulus begitu saja. Selama bulan Oktober 2022 terdapat beberapa kendala yang terjadi pada kegiatan produksi di IKM Cor Aluminium Cor Asnawi, yaitu terjadi kecacatan produk sebesar 2,5% atau sebanyak 58 produk cacat dari total produksi sebanyak 2.310 produk cetakan *cookies*. Upaya yang dilakukan agar kegiatan produksi tersebut semakin berkembang menjadi produk terstandar. Dalam kasus IKM Cor Aluminium Asnawi ini masih terdapat masalah cacat produk yang perlu diperhatikan, serta beberapa aksi perbaikan yang perlu

dilakukan dalam upaya mengurangi tingkat kerugian yang dialami karena masalah cacat produk tersebut.

Pengendalian kecacatan produk perlu dilakukan dengan mencari faktor penyebab, kemudian ditindaklanjuti dengan perbaikan kualitas produk dengan mengidentifikasi proses yang sudah dilakukan (Ahmad, 2019). Kegiatan pengendalian kualitas akan membantu perusahaan dalam menghasilkan produk yang bermutu baik, meningkatkan mutu produk secara terus-menerus, dan dapat menekan biaya produksi (Kemit *et al.*, 2016). Melalui pengendalian kualitas diharapkan perusahaan dapat meningkatkan efektivitas pengendalian cacat agar dapat menekan pemborosan material maupun tenaga kerja (Saripudin & Satar, 2014).

Salah satu metode pengendalian kualitas yang dapat digunakan adalah metode *Six Sigma* untuk menyelesaikan permasalahan kualitas produk (Utomo *et al.*, 2020), dimana pada kasus tersebut memiliki 3 jenis *defect* yaitu gosong, ukuran berbeda dan bentuk tidak sama. *Six Sigma* adalah suatu sistem yang komprehensif dan fleksibel untuk dicapai, memberikan dukungan dan memaksimalkan proses usaha, yang berfokus pada pemahaman akan kebutuhan pelanggan dengan menggunakan fakta, data dan analisis statistik secara terus menerus memperhatikan pengaturan, perbaikan dan mengkaji ulang proses usaha (Suhartini & Ramadhan, 2021). Dalam penelitian ini akan dilakukan upaya pengendalian kualitas menggunakan metode *six sigma* menggunakan analisis DMAI (*Define, Measure, Analyze, dan Improve*) dalam upaya perbaikan proses dan material produk.



Metode

Pelaksanaan program pendampingan IKM Cor Aluminium Asnawi ini dilakukan dengan melakukan observasi di lokasi produksi berlangsung, yaitu lantai produksi Cor Aluminium Asnawi.

Adapun metode yang digunakan yaitu :

- Melakukan wawancara dengan bagian produksi.
- Melakukan pengamatan proses produksi dan pengumpulan data.
- Memberikan pengetahuan prosedur kerja pembuatan produk cor aluminium yang berstandar SNI.
- Melakukan analisis kendala cacat produk menggunakan metode Six Sigma dengan perhitungan DMAI (*Define, Measure, Analyze, dan Improve*).

Hasil Kerja

Setelah melakukan kunjungan dan wawancara mengenai proses produksi cetakan cookies pada IKM Cor Aluminium Asnawi, maka diperoleh hasil data cacat produk selama bulan Oktober 2022 dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Data cacat produk selama Oktober 2022

No	Hari/Bulan	Jumlah Produksi	Jenis Defect		Jumlah Cacat Produk
			Berlubang	Retak	
1	Senin, 3 Okt 2022	110	2	1	3
2	Selasa, 4 Okt 2022	110	1	2	3
3	Rabu, 5 Okt 2022	110	3	0	3
4	Kamis, 6 Okt 2022	110	1	1	2
5	Jumat, 7 Okt 2022	110	2	1	3
6	Sabtu, 8 Okt 2022	110	0	2	2
7	Senin, 10 Okt 2022	110	2	1	3
8	Selasa, 11 Okt 2022	110	1	1	2
9	Rabu, 12 Okt 2022	110	2	1	3
10	Kamis, 13 Okt 2022	110	3	0	3

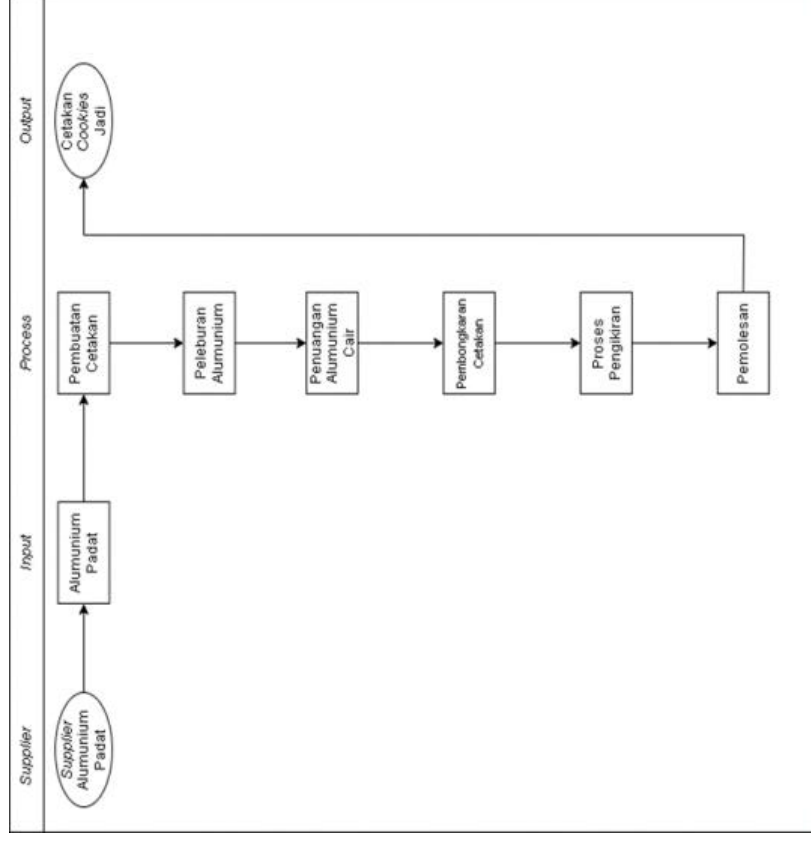
No	Hari/Bulan	Jumlah Produksi	Jenis Defect		Jumlah Cacat Produk
			Berlubang	Retak	
11	Jumat, 14 Okt 2022	110	2	1	3
12	Sabtu, 15 Okt 2022	110	2	1	3
13	Senin, 17 Okt 2022	110	1	2	3
14	Selasa, 18 Okt 2022	110	1	1	2
15	Rabu, 19 Okt 2022	110	0	3	3
16	Kamis, 20 Okt 2022	110	3	0	3
17	Jumat, 21 Okt 2022	110	1	2	3
18	Sabtu, 22 Okt 2022	110	1	2	3
19	Senin, 24 Okt 2022	110	1	1	2
20	Selasa, 25 Okt 2022	110	3	0	3
21	Rabu, 26 Okt 2022	110	0	3	3
Total		2310	32	26	58

Dari data di atas, dilakukan perhitungan DMAI (*Define, Measure, Analyze dan Improve*).

Define

Pada tahapan ini akan dilakukan beberapa proses identifikasi untuk mengetahui akar permasalahan sehingga dapat dilakukan proses pengendalian kualitas. Tahap *Define* meliputi Diagram SIPOC dan CTQ.

- Diagram SIPOC
Diagram ini mengidentifikasi aliran material bahan baku mulai dari gudang sampai proses *finishing*. Diketahui supplier bahan baku pada IKM ini berasal dari Kudus, Jawa Tengah (lihat Gambar 1).



Gambar 1. SIPOC Diagram

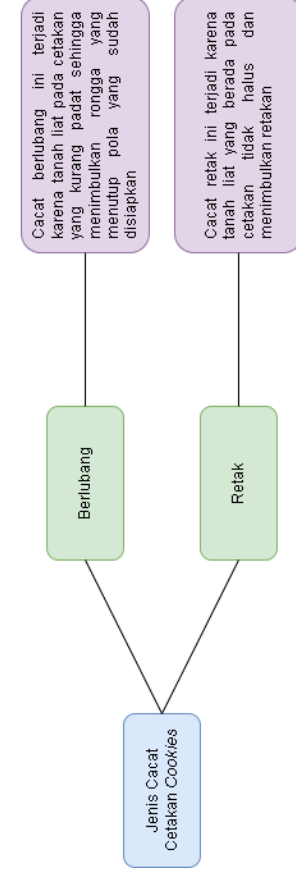
b. *Critical To Quality (CTQ)*

Untuk mengidentifikasi dan menguskan strategi untuk meminimalkan produk cacat dilakukan melalui tahap pencarian *critical to quality (CTQ)* yang terjadi (Kulsum *et al.*, 2021). Pada tahap ini dilakukan pengamatan dan mengidentifikasi kondisi fisik dari proses cetakan cookies di IKM Cor Aluminium Asnawi. Tabel 2 merupakan data *defect* yang terjadi selama bulan Oktober 2022.

Tabel 2. Data defect selama Oktober 2022

No	CTQ Cetakan Cookies	Oktober 2022
1	Berlubang	32
2	Retak	26

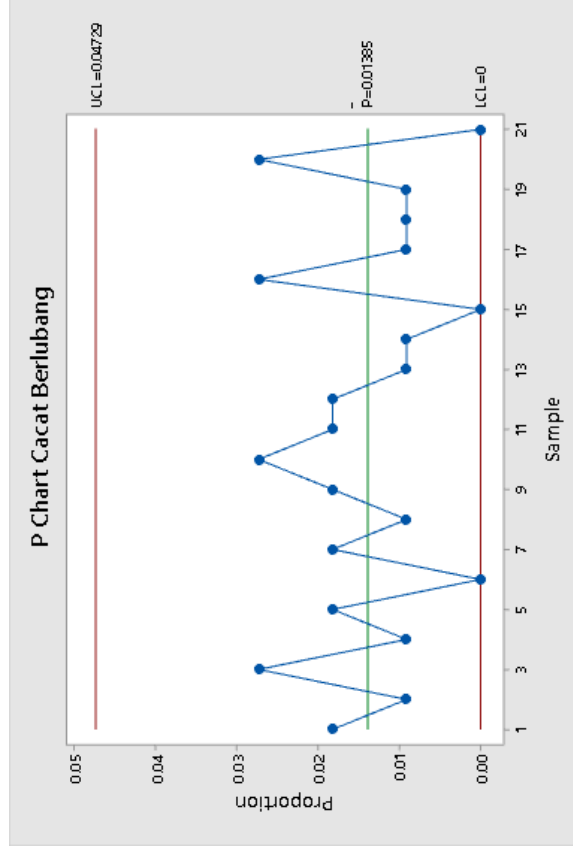
Gambar 2 adalah kondisi fisik dari produk cetakan cookies di IKM Cor Aluminium yang *reject*.



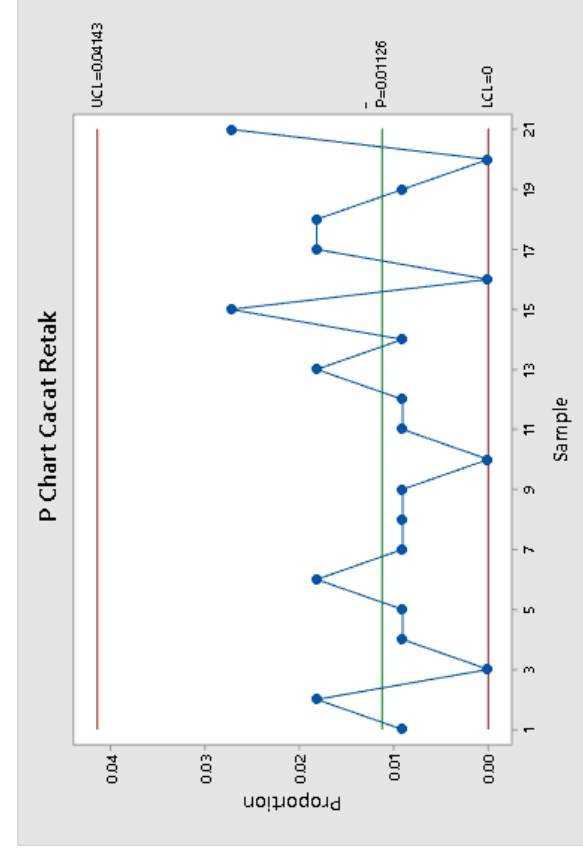
Gambar 2. Kondisi fisik produk cetakan cookies

Measure

Pada tahap ini dilakukan perhitungan Sigma DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) dan Level Sigma untuk mengetahui performansi kinerja IKM Cor Aluminium Asnawi. Untuk melakukan perhitungan maka perlu diketahui kondisi proses apakah berada pada *in control* atau tidak, dengan mengetahui peta kendali atau *Control Chart*. Gambar 3 dan Gambar 4 hasil perhitungan *P-Chart*.

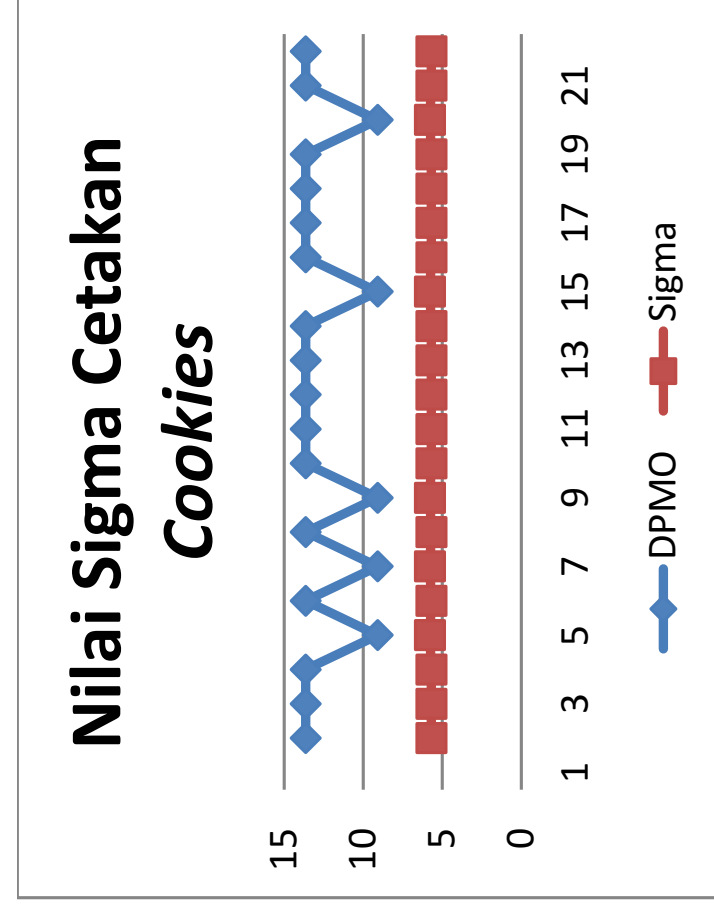


Gambar 3. P-chart cacat berlubang



Gambar 4. P-chart cacat retak

Berdasarkan hasil perhitungan, kondisi IKM berada pada batas kendali. Untuk selanjutnya dilakukan perhitungan DPMO dan Level Sigma. Untuk hasil perhitungannya disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 5. DPMO dan level sigma

Berdasarkan diagram di atas, proses produksi belum mencapai *zero defect* sehingga proses produksi harus meningkatkan nilai *sigma*nya supaya jumlah kecacatan produk dapat ditekan.

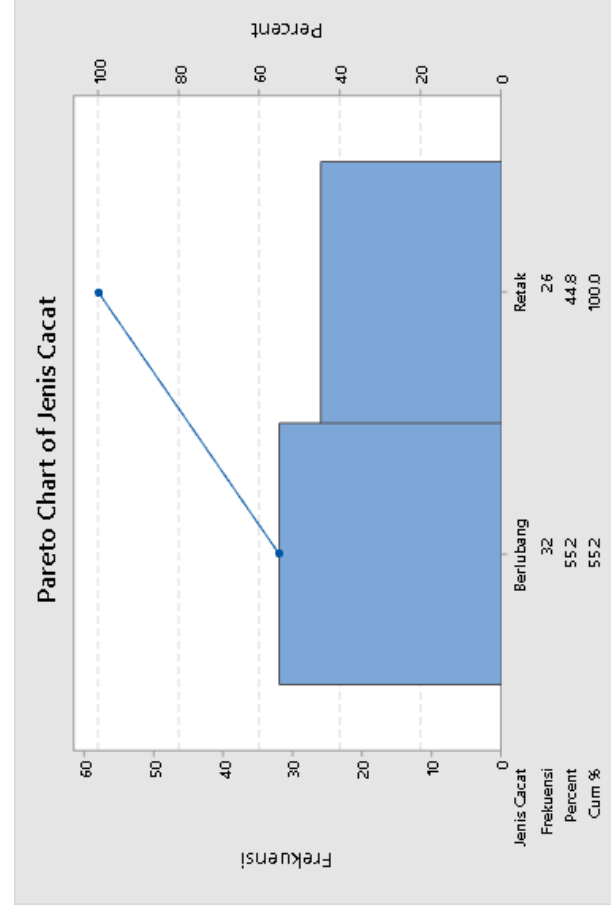
Analyze

Tahap *analyze* dilakukan untuk mengetahui akar penyebab terjadinya suatu masalah dominan yang terjadi

menggunakan diagram pareto dan *cause and effect diagram* (*Fishbone Diagram*).

a. Diagram Pareto

Diagram ini berfungsi untuk mengetahui permasalahan yang terjadi. Hasil diagram pareto data dilihat pada Gambar 6.

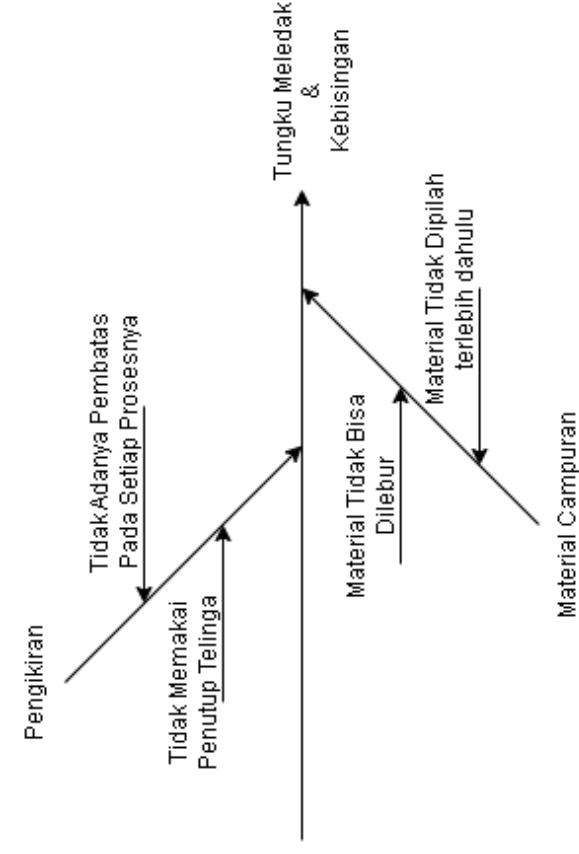


Gambar 6. Diagram Pareto jenis cacat

Berdasarkan hasil minitab di atas menunjukkan bahwa cacat produk paling dominan terjadi pada jenis berlubang, kemudian diikuti jenis retak. Sehingga analisis dan tindakan perbaikan lebih lanjut akan difokuskan pada jenis cacat berlubang.

b. Cause and Effect Diagram (*Fishbone Diagram*)

Diagram ini digunakan untuk mencari faktor – faktor penyebab terjadinya cacat pada suatu proses produksi setelah dilakukan analisis. Faktor – faktor yang mempengaruhi cacat produk berlubang dan retak dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Fishbone diagram

Berdasarkan hasil pengamatan diagram *fishbone* dapat diketahui bahwa penyebab cacat yaitu material yang tidak dipilah kembali.

Improve

Tahap *improve* merupakan tahap rekomendasi untuk melakukan perbaikan dalam peningkatan kualitas produk. Pada tahap ini berisi usulan mengenai perbaikan yang bias dilakukan perusahaan supaya dapat memproduksi secara optimal. Langkah yang dapat diambil adalah dengan melakukan pengembangan rencana tindakan perbaikan atau peningkatan kualitas dengan menggunakan 5W + 1H, pada penelitian ini yang perlu dilakukan fase *improve* dengan metode 5W + 1H rencana tindakan pada faktor

material. Tabel 3 menunjukkan proses perbaikan dengan metode 5W + 1H.

Tabel 3. Usulan tindakan perbaikan

Jenis	5W + 1H	Deskripsi/Tindakan
Tujuan Utama	What (Apa)	Untuk menentukan bahan baku sesuai standar kualitas yang telah ditentukan yaitu dengan menyortir bahan baku pada saat barang datang dari <i>supplier</i> .
Alasan kegunaan	Why (Mengapa)	Supaya bahan baku sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh IKM Cor Aluminium Asnawi guna meminimalisir cacat produk dari bahan baku utama.
Lokasi	Where (Dimana)	Di ruang penyimpanan bahan baku
Urutan	When (Kapan)	Pada saat bahan baku dikirim atau datang dari <i>supplier</i> .
Orang	Who (Siapa)	Tanggung jawab diserahkan kepada bagian penerima barang.
Metode	How (Bagaimana)	Mengadakan penyortiran atau inspeksi bahan baku pada saat bahan datang dari <i>supplier</i> untuk dipilah kembali.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian di atas pada IKM Cor Aluminium Asnawi pada produk cetakan cookies maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada IKM Cor Aluminium Asnawi yang memproduksi cetakan *cookies* terdapat dua jenis *defect* atau cacat produk pada cetakan *cookies* yaitu cacat berlubang dan retak. Persentase keseluruhan cacat produk tersebut dilihat berdasarkan hasil perhitungan pengolahan data diatas dengan persentase cacat tertinggi pada jenis cacat berlubang sebesar 38,5 %, jenis cacat retak sebesar 33,6%.
2. Faktor - faktor yang menyebabkan *defect* atau cacat produk IKM Cor Aluminium Asnawi faktor material. Pada faktor material yang disebabkan karena kesalahan karyawan pada saat bahan baku datang dari *supplier* kurang pengecekan atau inspeksi bahan aluminium padat yang saat ini bahan baku tersebut merupakan bahan bekas yang didalamnya masih terdapat komponen lain selain aluminium itu sendiri.



3. Berdasarkan hasil pengolahan data diatas menggunakan Metode *Lean Six Sigma* (DMAI) didapatkan hasil usulan perbaikan untuk mencegah terjadinya kecacatan produk cetakan *cookies* pada IKM Cor Aluminium Asnawi dengan melakukan perbaikan terhadap semua faktor yang menyebabkan cacat produk seperti faktor material.
4. Kebutuhan proses terstandar juga harus dibarengi dengan material/bahan baku terstandar untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih atas kesempatan yang telah diberikan untuk mengikuti kegiatan ini. Kepada keluarga tercinta serta pihak – pihak yang telah membantu diucapkan banyak terimakasih. Kebaikan kalian akan selalu terkenang.

Referensi

- Ahmad, F. (2019). Six Sigma DMAIC Sebagai Metode Pengendalian Kualitas Produksi Kursi pada UKM. *Jurnal Integrasi Sistem Industri*. 1(1). 11-17.
- Ekawati, R. dan Rachman, R. A. (2017). Analisa Pengendalian Kualitas Produk Horn PT. MI Menggunakan Six Sigma. *Jurnal Industrial Services*. 3(1a). 32-38.
- Harahap, B., Parinduri, L., dan Fitria, A. A. L. (2018). Analisis Pengendalian Kualitas dengan Menggunakan Metode Six Sigma (Studi Kasus: PT. Growth Sumatra Industry). *Buletin Utama Teknik*. 13(3). 211-219.
- Kemit, N., Suamba, I. K., & Yudhari, I. D. A. S. (2016). Pengendalian Mutu Kopi Luwak pada Perusahaan CV Sari Alam Pegunungan di Kabupaten Bangli. 5(3), 509–516.
- Kulsum, K., Rahman, R. F., dan Febianti, E. (2021). Identification and proposed strategy for minimizing defects using the lean six sigma method in the pallet production process. *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*. 17(1). 89-94.
- Saripudin, A.A. dan Satar, M. (2014). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Bracket Electric Air Bus 380 dengan Metode Six Sigma pada Area Profile Press Forming di PT X. *Jurnal Industri Elektro dan Penerbangan INDEPT*. 4(3). 25-37.
- Suhartini dan Ramadhan, M. (2021). Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Untuk Mengurangi Cacat Pada Produk Sepatu Menggunakan Metode Six Sigmadan Kaizen. *Matrix: Jurnal Manajemen dan Teknik Industri Produksi*. 22(1). 55-64.
- Utomo, A. S. B., Vitasari, P., dan Kiswando. (2020). Analisa Pengendalian Kualitas Produk Keripik dengan Metode Six Sigma Guna Mengurangi Cacatan pada Keripik Pisang di UMKM Indochips Alesha Trimulya. *Jurnal Valtech (Jurnal Mahasiswa Teknik Industri)*. 3(2). 137-143.



Assessment of the Vulnerability of Campus Buildings from Earthquakes Disaster based on Android Applications

Dwi Kurniati^{1,2}

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

² Program Studi Teknik Sipil, Universitas Teknologi Yogyakarta, DI Yogyakarta, Indonesia

✉ Dwi.Kurniati@staff.uty.ac.id

One of the natural disasters that are prone to earthquakes in Indonesia is earthquake, this is caused by three plates of the world. The province of D.J.Yogyakarta is crossed by the Indo-Australian Plate which is one of the three world plates in Indonesia. The impact that occurs when an earthquake is damage to buildings is not only simple buildings, but also multi-storey buildings, such as: School Buildings and Educational Facilities. The campus in the city of Yogyakarta is located on Jl. Glagahsari No 63 has 6 buildings with a height of 3 to 4 floors. The building has a high level of risk of earthquakes. Prevention taken to determine the vulnerability of buildings to earthquakes is to use the guidelines from FEMA P-154 which have been adapted to regulations in Indonesia. The results obtained from filling out the RVS form are the Final Scores on each assessment that has been carried out. The research method used is quantitative analysis, tends to focus on numerical data (numeric). Based on checking the vulnerability of the campus building using the RVS High Seismicity form. The type of soil around the campus building is Hard Soil (SC). All campus buildings are of the type of reinforced concrete frame and their function is School (School). The conclusion from the results obtained that on average all buildings get a value of 2.8 or less than 2, then stop at Level 1. In conclusion, all buildings have a risk that is not dangerous, although there must be further supervision.

Key Words: Android, Application, Building, RVS.

Introduction

Earthquakes occur due to a sudden shift of the earth's plates beneath the earth's surface (Rifa et al., 2019). The shift occurs, due to the emergence of vibrations called seismic waves. These waves propagate away from the epicenter in all directions, when the waves propagate to the ground surface, the vibrations can be destructive or not, depending on how big the source strength and distance is, as well as the influence of other things such as the quality of the soil and the structure of the building (Adeswastoto & Setiawan, 2020).

The potential for natural disasters such as earthquakes in Indonesia is quite high, this is caused by three world plates, namely the Indo-Australian plate in the southern part, most of Indonesia is on the Eurasian plate in the north with the addition of the Philippine sea plate, and the Pacific plate in the northern part. East (Siska, n.d.). The plate in question, which is included in the Pacific Ring of Fire, is an area that frequently experiences earthquakes and volcanic eruptions surrounding the Pacific Ocean basin (Aprilina, 2021).

One of the islands in Indonesia which has a high potential for earthquakes is Java. In reference to SNI 1726:2019 concerning Procedures for Earthquake Resistance Planning for Building and Non-Building Structures and the 2017 Indonesia Earthquake Source and Hazard Map, the standard has a large Peak Ground Acceleration (PGA) value (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Peak Ground Acceleration (PGA) assessment or maximum ground acceleration is taken from the occurrence of an earthquake at a location, which will show how big the potential for an earthquake (Akbar & others, 2022). The

island of Java has quite a number of active faults, as a point where earthquakes (Kurniati, 2019) often occur.

The Special Region of Yogyakarta is traversed by one of the world's plates, namely the Indo-Australian plate. The latest historical record of the destructive earthquake in Yogyakarta is the earthquake on May 27, 2006, at 05:54:01 WIB, measuring 5.9 to 6.4 on the Richter scale. Based on the USGS, the epicenter of the earthquake was about 25 km southeast of Yogyakarta with a depth of about 17.1 km below sea level (Meidita et al., 2021). This earthquake was caused by the movement of the Opak Fault, the Sinistral Fault which extends from the Parangtritis coast to the east of the city of Yogyakarta (Dwiyanti et al., 2020).

The construction of buildings in Yogyakarta is experiencing an increase, including in the field of education, one of which is the campus building (Zulfar & Zai, 2021). This type of building has the potential or has a major impact if it is done without careful planning, one of which is because the building is categorized as an important facility (WIDYAWARMAN & Fauzi, 2020). The provision of D.I.Yogyakarta has another name, namely the city of students because there are so many campuses. There are around 60 campuses in Yogyakarta.

The campus which has an address on Jl. Glagahsari No.63, Yogyakarta City. This campus is used for the majority of the Faculty of Engineering and the Faculty of Languages. The campus building was built in the 1990s which has an average building area of about 1,500-2,000 m², and has 6 buildings with a height of 3 to 4 floors. The campus building has more than 20 years of existence and is categorized as an important facility, so it is at high risk in this earthquake-prone area. Currently, in Indonesia evaluating the vulnerability of simple buildings to high-rise buildings to



earthquakes is still less popular or rarely used, due to lack of information. The reference used to determine the vulnerability of buildings to earthquakes is the guideline from FEMA P-154:2015, which will be adapted to Indonesian regulations SNI 1726:2019 concerning Procedures for Planning Earthquake Resistance for Building and Non-Building Structures and SNI 2847:2019 concerning Requirements for Structural Concrete for Buildings. Use of FEMA P-154:2015 guidelines to evaluate the vulnerability of buildings to earthquakes located in the Americas. The adaptation carried out is by using earthquake hazard sources from Indonesia, so that the reference used is according to the condition of the location of the building. The design and planning of buildings in Indonesia is quite similar to buildings in America. Evaluation with FEMA P-154:2015 using the Rapid Visual Screening (RVS) form.

Rapid Visual Screening (RVS) is a method of assessing buildings against potential earthquake hazard vulnerability by visually examining the exterior of the building, interior if possible, so that the implementation is relatively fast (FEMA 154, 2002). Rapid Visual Screening (RVS) is a rapid monitoring method pioneered by the Federal Emergency Management Agency (FEMA) to visually record and analyze the condition of a building that has the potential for earthquake hazards. The Federal Emergency Management Agency (FEMA) is an agency within the United States Department of Homeland Security (FEMA P-154, 2015). This institution aims to respond and act quickly on disaster management in the United States including its states. The RVS method is used to analyze the early stages of work and identify potentially hazardous buildings. Data collection in the field begins with identifying the seismic strength of the main structure and structural material of the building (FEMA P-155, 2015).

The disadvantage of the Rapid Visual Screening (RVS) method is filling out forms manually. The solution is to change the method of filling out manual forms into digital forms so that they can be accessed easily. The benefits that will be obtained, especially by surveyors, include the time required for data collection to be obtained faster, and the process of filling out or inputting data into digital forms is relatively faster than filling out manually.

The research will be evaluated visually using software, although without calculating the structure of the campus building. The purpose of this study was to determine the results of the evaluation of the vulnerability of the campus building to earthquakes using the RVS form with manual or digital filling.

Research Methods

Data Collection

Research method is a procedure that is owned and carried out by researchers to collect information or data and conduct research on the data obtained. The method used in this research is quantitative analysis, tends to focus on numerical data. So this is used to evaluate the vulnerability of buildings to earthquakes with reference to FEMA-154, namely Rapid Visual Screening (RVS). Then from filling out the Rapid Visual Screening (RVS) form manually, it is made easier by filling it digitally based on Android using a building vulnerability application that is made by yourself. The

building used for the research is the campus building on Jl. Glagahsari No.63, Yogyakarta City.

Data Analysis

Sensitivity Analysis on the Campus Building located on Jl. Glagahsari No.63, Yogyakarta City against earthquakes based on the FEMA 154 method, namely Rapid Visual Screening (RVS). To start research, look for guidelines and references such as: *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook, Third Edition* (FEMA P-154, 2015), *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: Supporting Documentation, Third Edition* (FEMA P-155, 2015), *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung* (SNI 1726:2019), *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia tahun 2017*, dan *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan* (SNI 2847:2019). The next thing is to collect data from the internet, interviews and field surveys, then fill out the RVS form according to the data obtained. Previously, determining the RVS form according to each earthquake area, then the stages of implementation according to pandanus are as follows:

1. FEMA P-154 Building Identification Information.
2. Building Characteristics of FEMA P-154.
3. Photograph the building and attach photos.
4. Walk around the building to identify its size and shape, and sketch the building on the form.
5. Define and document occupancy.
6. Determine the type of soil.
7. Geological Hazards.
8. Proximity (adjacency).
9. Irregularities or Deviations.
10. Danger of Falling Exterior Components.
11. Comments section.
12. Identify seismic lateral-load resisting and circle the base score on the form.
13. Identify and circle according to the condition of the building on each modification score.
14. Documenting the Inspection Level.
15. Documenting Level 2 Examination Results.
16. Documenting Other Hazards.
17. Determine the Action Required.

Filling out the RVS form is done manually and digitally (android application). For the manual method, use the form in the FEMA P-154 manual, then print and fill it out. Next for the digital method (android application) using the ArGis application (Survey 123), after that log in with the account that has been set to fill out the RVS form and get the results directly at the end of filling out. Finally, conclude from the results obtained.

Results and Discussion

Results of Ss and S1 of Coordinates for Categorizing Earthquake Areas

Coordinate data in the form of latitude and longitude on campus buildings are seen in Table 1. Then, look for the Ss and S1 values that have been adjusted to SNI 1726:2019 concerning Procedures for Earthquake Resistance Planning for Building and Non-Building Structures. The determination

can be seen in Figure 1 for the Ss value and Figure 2 for the S1 value. In addition, this value can be obtained from the website sa.ciptakarya.pu.go.id/2021/. The RVS form used is also determined according to the FEMA P-154 reference, which can be seen in Table 2.

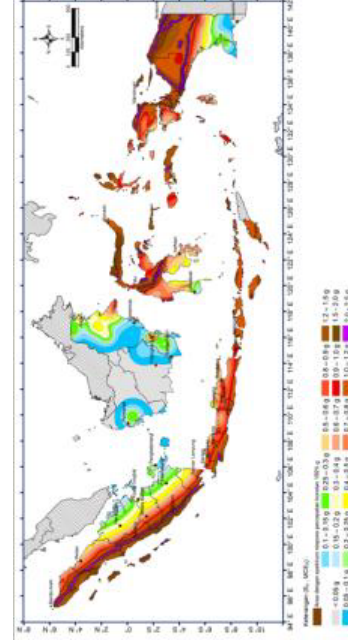


Figure 1. Ground motion parameter Ss

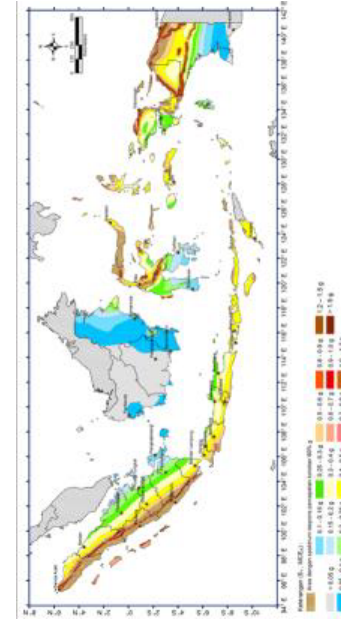


Figure 2. Ground motion parameter S1

Table 1. Results of Determining the Values of Ss and S1

Objekt	Latitude	Longitude	Ss	S1
Building Block A	7.8059996482 75354	110.38885437 462943	1.22 63	0.53 50
Building Block B	7.8057844024 968865	110.38876854 394798	1.22 54	0.53 48
Building Block C	7.8061670615 81958	110.38873903 965121	1.22 65	0.53 50
Building Block D	7.8061803483 49457	110.38900994 273955	1.22 72	0.53 52
Building Graha Librari	7.8055186668 1503	110.38927279 920149	1.22 59	0.53 49
Building Mosque	7.8058375496 12991	110.38942300 289402	1.22 72	0.53 52
	7.8060235644 66115	110.38929425 687185	1.22 74	0.53 53

Table 2. Earthquake area based on spectral response acceleration

Seismicity Region	Respons Percepatan Spektral, Ss (periode pendek, atau 0,2 detik)	Respons Percepatan Spektral, S1 (periode panjang, atau 1,0 detik)
Low	less than 0.250g greater than or equal to 0.250g but less than 0.500g	less than 0.100g greater than or equal to 0.100g but less than 0.200g
Moderate	greater than or equal to 0.500g but less than 1.000g	greater than or equal to 0.200g but less than 0.400g
Moderately High	greater than or equal to 1.000g but less than 1.500g	greater than or equal to 0.400g but less than 0.600g
High	greater than or equal to 1.500g but less than 2.000g	greater than or equal to 0.600g but less than 0.800g
Very High	greater than or equal to 2.000g	greater than or equal to 0.800g

From the results obtained on the Ss and S1 values in Table 1, and seen in Table 2, it is concluded that the RVS form used is HIGH Seismicity.

Type of soil

The types of soil found at the research site are Hard Soil and Soft Rock (SC) soil types. Soil type is obtained from soil testing data at the location, or by selecting the type of soil in the response spectrum according to SNI 1726-2019 which produces the highest response spectrum. As the results of the graph can be seen in Figure 3.

Building Characteristics

Identifying the characteristics of the building is carried out during the field survey or before. The following are the characteristics of the buildings in the two buildings that are used as research objects.

1. Building Block A
This building is in the middle of other buildings, such as: Building Block B on the right side and Building Blocks C and D on the left side. The building was built in the 1990s. Complete data can be seen in Table 3.
2. Building Block B
The building in Block B is on the outside and adjacent to the Block A Building. The building was built in the 1990s. Complete data can be seen in Table 4.
3. Building Block C
The Block C building is in the corner and adjacent to the Block A building in the north and Block D in the east. The building was established in the 1990s with the addition of buildings above it in 2019. The complete data can be seen in Table 5.
4. Building Block D
The building in Block D is adjacent to the Block C building on the west side. The building was established in the 1990s with the addition of buildings above it in 2019. The complete data can be seen in Table 6.



5. Building Graha

Gedung ini salah satu yang terpisah dari gedung yang lain. Bangunan di bangun pada tahun 1995-an. Data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 7.

6. Library Building

The Library Building is a separate building from other buildings. The building was built in 1995's. Complete data can be seen in Table 8.

7. Mosque

The last building that was evaluated was the mosque. The buildings are separated and have a considerable distance. The building was built in 1995's. Complete data can be seen in Table 9.

Building Appraisal

In this analysis of the campus building, a value will be given (basic score, modifier, final score), from the results obtained it is known that the reliability of the campus building will be determined which can be seen in Table 10.

Table 3. Building Block A

Number of Floors	Basement	0
	Floor	3
Building Area	Floor Area	871,55 m ²
	TotalFloor Area	2.614,65 m ²
Building Function		School
Type Of Soil		Hard Soil (SC) atau (Dense Soil)
Geologic Hazards		Never Happened
Adjacency		Between buildings close to each other
Exterior Falling Hazards		Appendages

Table 4. Building Block B

Number of Floors	Basement	1
	Floor	3
Building Area	Floor Area	337,08 m ²
	TotalFloor Area	1.348,32 m ²
Building Function		School
Type Of Soil		Hard Soil (SC) atau (Dense Soil)
Geologic Hazards		Never Happened
Adjacency		Between buildings close to each other
Exterior Falling Hazards		Appendages

Table 5. Building Block C

Number of Floors	Basement	0
	Floor	4
Building Area	Floor Area	244,77 m ²
	TotalFloor Area	979,08 m ²
Building Function		School

Type Of Soil	Hard Soil (SC) atau (Dense Soil)
Geologic Hazards	Never Happened
Adjacency	Between buildings close to each other
Exterior Falling Hazards	Appendages

Table 6. Building Block D

Number of Floors	Basement	0
	Floor	4
Building Area	Floor Area	369,20 m ²
	TotalFloor Area	1.476,8 m ²
Building Function		School
Type Of Soil		Hard Soil (SC) atau (Dense Soil)
Geologic Hazards		Never Happened
Adjacency		Between buildings close to each other
Exterior Falling Hazards		Appendages

Table 7. Building Graha

Number of Floors	Basement	1
	Floor	3
Building Area	Floor Area	386,37 m ²
	TotalFloor Area	1.545,48 m ²
Building Function		School
Type Of Soil		Hard Soil (SC) atau (Dense Soil)
Geologic Hazards		Never Happened
Adjacency		There is still a distance between buildings
Exterior Falling Hazards		Appendages

Table 8. Library Building

Number of Floors	Basement	1
	Floor	3
Building Area	Floor Area	405,81 m ²
	TotalFloor Area	1.623,24 m ²
Building Function		School
Type Of Soil		Hard Soil (SC) atau (Dense Soil)
Geologic Hazards		Never Happened
Adjacency		There is still a distance between buildings
Exterior Falling Hazards		Appendages

Table 9. Mosque

Number of Floors	Basement	1
	Floor	2
Floor Area		123,97 m ²



Building Area	TotalFloor Area	371,91 m ²
Building Function		School
Type Of Soil		Hard Soil (SC) atau (Dense Soil)
Geologic Hazards		Never Happened
Adjacency		There is still a distance between buildings
Exterior Falling Hazards		Appendages

- The mosque building gets a final score of 2.8, because the building is a moment-bearing concrete type. The plan for each floor is different. And construction begins after the regulations apply.

Digital Charging using ArGis App (Survey 123)

The ArGis app (Survey 123) is a simple yet high-performance form data collection solution for creating, sharing and analyzing surveys in three easy steps:

- Ask Questions - Design and publish effective smart forms to the Building Vulnerability Application.
- Get Answers - Easily retrieve answers from the web or mobile devices in any environment.
- Make Best Decisions - Analyze answers in real time to help decision making.

Table10. Modifier Score

Parameters for Assessment of Rapid Visual Screening (RVS)							
Object	Building Type	Basic Score	Save	Irregularity Moderate	Plan Irregularity	Pre-Code	Post-Code
Building Block A	C1	1.5	-	-	-	-	1.9
Building Block B	C1	1.5	-	-	0.6	-	1.9
Building Block C	C1	1.5	-	-	-	-	1.9
Building Block D	C1	1.5	-	-	0.6	-	1.9
Building Graha	C1	1.5	-	-	-	-	1.9
Building Library	C1	1.5	-	-0.5	-	-	1.9
Building Mosque	C1	1.5	-	-	-	-	1.9

The ArGis Application Form (Survey 123) allows you to apply advanced rules for validating user input, control when questions are shown or hidden from users, and calculate question responses using advanced scripting logic. The creation of this app, allows anyone with a smartphone to perform data collection in an online or offline environment with little or no training. Forms can be distributed quickly and easily, and results can be easily shared.

Conclusion

Based on the results of the evaluation of the vulnerability of campus buildings to earthquakes using the RVS form with manual or digital filling, it can be concluded as follows:

- The results of the final score on the RVS (HIGH Seismicity) Level 1 form on the campus building get an average of 2.8 or more from the standard which is 2. So the campus building can be said to have a risk that is not dangerous, although there must still be further supervision.

Filling in using an application can make it easier to work in the field and pre-field, when compared to manual filling, from the researcher's point of view.

References

- The Block A building gets a final score of 2.8, because the building is a moment-bearing concrete type. The plan for each floor is different. And construction begins after the regulations apply.
 - The Block B building gets a final score of 2.8, because the building is a moment-bearing concrete type. The plan for each floor is different. And construction begins after the regulations apply.
 - The Block C building gets a final score of 2.8, because the building is a moment-bearing concrete type. The plan for each floor is different. And construction begins after the regulations apply.
 - The Block D building gets a final score of 2.8, because the building is a moment-bearing concrete type. The plan for each floor is different. And construction begins after the regulations apply.
 - The Graha Building received a final score of 2.8, because the building is a moment-bearing concrete type. The plan for each floor is different. And construction begins after the regulations apply.
 - The Library Building received a final score of 2.3, because the building is a moment-bearing concrete type. The plan for each floor is different. The vertical deviation of the building includes moderate irregularity. And construction begins after the regulations apply.
- Adeswastoto, H., & Setiawan, B. (2020). Evaluasi Kerentanan Bangunan Gedung Utama Universitas Pahlawan dengan Rapid Visual Screening. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*, 6, 274–282.
- Akbar, M., & others. (2022). Analisis Pendekatan Empiris Pga (Peak Ground Acceleration) Untuk Zonasi Kerawanan Seismik Pada Wilayah Jawa Timur.
- Aprilina, A. N. (2021). Pemodelan Likuifaksi dengan Menggunakan Alat Uji Shaking Table untuk Menganalisis Komposisi Struktur Tanah yang Berpotensi Likuifaksi. *Digital Repository Universitas Jember*, September 2019, 2019–2022.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726-2019: Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan



- nongedung. Badan Standardisasi Nasional, 8, 254.
- Dwiyanti, N. E., Irnanda, V., Palupi, I. R., & ... (2020). Analisis Hubungan Magnitudo Gempa Bumi Terhadap Hasil Frekuensi Dominan Pada Rangkaian Gempa Aceh 2004, Yogyakarta 2006, Palu *Klimatologi Dan ...*, 7(3), 44–50.
- FEMA 154. (2002). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards, A Handbook. March, 1–140.
- FEMA P-154. (2015). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook. In NCEE 2014 - 10th U.S. National Conference on Earthquake Engineering: Frontiers of Earthquake Engineering (Issue January). <https://doi.org/10.4231/D3M90238V>
- FEMA P-155. (2015). FEMA-155: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards : Supporting Documentation. Federal Emergency Management Agency, January.
- Kurniati, D. (2019). Kajian Analisis Pushover Untuk Performance Based Design Pada Awana Condotel Yogyakarta. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 6(1), 85–93. <http://riset.unisma.ac.id/index.php/ft/article/view/1879>
- Meidita, D., Martha, A. A., Setiawan, Y., & Rohadi, S. (2021). Analisis Perubahan Parameter Fisis dan Kimiawi Sebagai Studi Prekursor Gempa Bumi di Wilayah Yogyakarta. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 22(1), 19. <https://doi.org/10.31172/jmg.v22i1.766>
- Rifa, I. H., Pratiwi, H., & Respatiwiulan. (2019). Implementasi algoritma clara untuk data gempa bumi di Indonesia. Seminar Nasional Penelitian Pendidikan Matematika (SNP2M), 2006, 161–166.
- Siska, D. (n.d.). Pentingnya Analisa Rupture / Rekahan Gempa Bumi sebagai Pedoman dalam Perencanaan Perumahan dan Permukiman. Widyawarman, D., & Fauzi, E. R. (2020). Aplikasi Mikrotremor Untuk Mikrozonasi Tingkat Potensi Bencana Gempa Bumi Di Kampus I Universitas PGRI Yogyakarta. *Jurnal Geosaintek*, 6(2), 87. <https://doi.org/10.12962/j25023659.v6i2.677>
- 8
- Zulfiar, M. H., & Zai, M. I. I. (2021). Penilaian Kerentanan Bangunan Terhadap Gempa Bumi pada Gedung Perkuliahan Berlantai Tinggi di Yogyakarta. *Bulletin of Civil Engineering*, 1(2), 73–80. <https://doi.org/10.18196/bce.v1i2.11075>



Optimasi Proses Powder Coating melalui Rancang Bangun Oven dengan Sumber Panas Gas LPG

Togik Hidayat

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ togikhidayat@gmail.com

Proses produksi furnitur berbahan logam dan tunggak jati pada saat ini dilakukan dengan proses yang memerlukan waktu lama. Terutama untuk proses pengerjaan pada bagian logam, dimana pada proses finishing berupa pengeringan hasil pelapisan logam dengan powder coating memerlukan waktu yang lama dan masih belum efektif karena masih banyak ditemui produk yang cacat. Proses finishing harus dilakukan dengan parameter dan peralatan yang tepat sehingga menghasilkan produk yang berkualitas baik. Hasil finishing yang tidak sempurna bisa dikatakan sebagai produk reject. Berdasarkan permasalahan yang ada dalam proses produksi furniture berbahan logam dan tunggak jati ini maka diperlukan efektifitas dalam proses powder coating dengan cara melakukan rancang bangun oven yang digunakan untuk proses finishing produk furnitur berbahan logam dan tunggak jati. Rancang bangun oven untuk proses powder coating Bahan logam haruslah menghasilkan panas yang tersebar secara merata pada ruang oven, waktu yang dibutuhkan untuk proses pengeringan powder coating juga haruslah lebih efektif. Dimensi Model oven yang dibuat adalah Panjang 400 cm, Lebar 200 cm, Tinggi 200 cm dengan penggunaan bahan berupa pelat baja astm dengan ketebalan 0,15 cm, cerobong yang digunakan berjumlah 2 buah cerobong yang disesuaikan dengan sumber panas yang digunakan, dimensi cerobong panas yang dihasilkan dari pembakaran gas LPG yang digunakan adalah diameter 8 cm dan panjang pipa untuk cerobong adalah 175 cm. Panas yang dihasilkan berdasarkan lama waktu proses oven adalah pada 5 menit proses oven menghasilkan suhu 92 oC, 10 menit menghasilkan suhu 130 oC, 15 menit menghasilkan suhu 168 oC ,pada waktu 20 menit menghasilkan suhu 184 oC, dan pada waktu 25 menit menghasilkan suhu 215 oC. jenis bahan yang diproses dengan powder coating, untuk jenis bahan dari baja diperlukan suhu antara 180 oC sampai 210 oC selama kurang lebih 15 sampai 18 menit

Kata kunci: Dua Sumber Panas, Rancang Bangun, Powder Coating, Oven

Pendahuluan

UD XYZ Merupakan salah satu badan usaha yang bergerak pada proses produksi *furniture* berbahan dasar logam dan tunggak jati. Proses produksi *furniture* berbahan dasar logam dan tunggak jati pada dasarnya dilakukan secara terpisah antara proses pengerjaan bagian logam dan proses pengerjaan bagian tunggak jati yang kemudian akan dirakit menjadi satu produk di akhir prosesnya. Proses pengerjaan logam dilakukan dengan pengaplikasian proses penyambungan dengan teknik metal *active gas* dan proses *finishing* dengan menggunakan *powder coating* dan proses pengerjaan bagian tunggak jati dilakukan dengan cara proses pembentukan kayu secara manual.

Proses produksi *furniture* berbahan dasar logam dan tunggak jati di UD XYZ masih dinilai belum efektif terutama pada proses pengerjaan bagian logam. Proses pengerjaan bagian logam kurang efektif pada proses *finishing* dengan menggunakan *powder coating*. Proses *finishing* dengan *powder coating* masih memerlukan waktu yang lama dan hasil pekerjaan dengan *powder coating* masih terdapat banyak produk cacat yang disebabkan karena proses oven yang dilakukan. Oven yang digunakan dinilai kurang efektif karena panas yang dihasilkan kurang merata dan lama yang menyebabkan beberapa produk mengalami cacat produk. Panas yang dihasilkan (kalor) pada oven sangat berkaitan dengan sumber panas, luas ruangan dan juga bahan yang digunakan sebagai dinding / pembatas pada oven yang digunakan. Jika suhunya tinggi maka kalor yang mengandung

oleh benda sangat besar, begitu juga sebaliknya jika suhu rendah maka kalor yang dikandung sedikit (Rohmah, 2015). Luas ruangan dan jenis bahan yang digunakan untuk pembatas dinding oven juga sangat berpengaruh terhadap kalor yang dihasilkan karena kalor pada dasarnya merupakan energi yang berpindah dari suhu yang tinggi menuju suhu yang rendah. Perpindahan kalor terjadi dengan cara konduksi, konveksi, dan radiasi (Angga Riansyah, 2013). Sumber panas untuk oven dapat diperoleh dengan beberapa cara dimana setiap sumber panas yang digunakan tentunya memiliki kelebihan dan kekurangan. Selain sumber panas yang digunakan peletakan sumber panas tentunya juga dapat berpengaruh terhadap panas atau kalor yang dihasilkan dalam oven. Salah satu sumber panas yang dapat digunakan sebagai sumber panas untuk oven adalah panas yang dihasilkan dari pembakaran *Liquid Petroleum Gas* (LPG). Sumber panas dari pembakaran gas LPG tentunya membutuhkan teknik perancangan untuk dapat memefektifkan besarnya panas yang dihasilkan dalam ruang oven.

Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah perancangan/rancang bangun dalam optimasi proses *powder coating* melalui rancang bangun oven untuk produksi *furniture* berbahan dasar logam dan tungkai jati yang dijelaskan pada setiap tahapan adalah sebagai berikut.

1. Pengumpulan data
Tahap pengumpulan data meliputi data kebutuhan atau dimensi dari oven yang akan di buat, data ini meliputi panjang, lebar, tinggi dari model oven, ukuran cerobong meliputi panjang dan diameter dari cerobong.
2. Desain Oven
Desain oven mengikuti dimensi yang telah ditentukan dari hasil pengumpulan data. Desain oven ini termasuk peletakan dan desain dari sumber panas yang digunakan untuk oven *powder coating*.
3. Proses Pengerjaan

- a. Proses Pemilihan Bahan
Proses pemilihan bahan untuk rancang bangun oven *powder coating* ini memperhatikan beberapa hal antara lain adalah; massa bahan, material, dan sifat bahan dalam menghantarkan panas.

- b. Proses *Marking* dan Pemotongan
Proses *marking* dibuat mengikuti desain yang telah dibuat yang menyesuaikan juga pada ketersediaan bahan yang akan digunakan. pemotongan dilakukan dengan menggunakan alat potong konvensional seperti gerinda tangan atau gerinda duduk.
- c. Proses *Bending*
Proses *bending* dilakukan untuk membentuk material yang digunakan sesuai bentuk yang diinginkan dalam desain yang telah dibuat. Proses *bending* dilakukan menggunakan mesin pres atau *bending*.
- d. Proses Penyambungan
Proses penyambungan dilakukan dengan menggunakan teknik pengelasan pelat.
- e. Proses *Assembling*
Proses *assembling* meliputi perakitan komponen komponen yang ada dalam konstruksi oven yang

dibuat. Komponen komponen yang dirakit meliputi konstruksi / cover dari oven, termometer, cerobong dan bagian pendukung operasional *powder coating* seperti pintu oven, dan jalur untuk peletakan produk *powder coating*.

4. Pengujian masa dan waktu panas
Pengujian masa dan waktu panas ini dilakukan untuk mengetahui panas efektif yang dihasilkan dari desain perancangan yang telah dilakukan

Hasil Kerja

Desain oven

Desain model oven untuk *powder coating* yang disesuaikan dengan kebutuhan proses *coating* adalah sebagai berikut:

1. Dimensi Model Oven
 - a. Panjang : 400 cm
 - b. Lebar : 200 cm
 - c. Tinggi : 200 cm
2. Dimensi cerobong sumber panas
 - a. Diameter : 8 cm
 - b. Panjang : 175 cm



Gambar 1. Dimensi oven powder Coating
Volume atau ruang oven

Volume atau ruang oven merupakan volume ruang efektif yang panas akan ditahan untuk mengeringkan *powder coating* pada benda kerja. Volume atau ruang oven ini dihitung berdasarkan volume keseluruhan / luar dikurangi dari ketebalan lapisan yang digunakan dan ketebalan material untuk menahan panas agar tidak keluar. Ketebalan bahan yg digunakan adalah 1.5 mm

Pengujian panas yang dihasilkan

Panas yang dihasilkan dan waktu merupakan parameter utama dalam menentukan nilai efektifitas dari rancang bangun yang telah dilakukan. Hasil pengujian panas yang dihasilkan dari rancang bangun oven berdasarkan waktu pemanasan adalah sebagai berikut

Tabel 1. Hasil Uji Panas yang dihasilkan pada ruang oven

Waktu	Panas Yang Dihasilkan
5 Menit	92 °C
10 Menit	130 °C
15 Menit	168 °C
20 Menit	184 °C
25 Menit	215 °C

Panas yang diperlukan untuk proses pengeringan *powder coating* pada aplikasinya disesuaikan dengan ketebalan dan



jenis bahan yang diproses dengan powder coating, untuk jenis bahan dari baja diperlukan suhu antara 180 °C sampai 210 °C selama kurang lebih 15 sampai 18 menit.

Kesimpulan

Kesimpulan dari rancang bangun oven dengan sumber panas menggunakan LPG adalah sebagai berikut:

1. Dimensi Model oven yang dibuat adalah Panjang 400 cm, Lebar 200 cm, Tinggi 200 cm dengan penggunaan bahan berupa pelat baja astm dengan ketebalan 0,15 cm, cerobong yang digunakan berjumlah 2 buah cerobong yang disesuaikan dengan sumber panas yang digunakan, dimensi cerobong panas yang dihasilkan dari pembakaran gas LPG yang digunakan adalah diameter 8 cm dan panjang pipa untuk cerobong adalah 175 cm.
2. Panas yang dihasilkan berdasarkan lama waktu proses oven adalah pada 5 menit proses oven menghasilkan suhu 92 °C, 10 menit menghasilkan suhu 130 °C, 15 menit menghasilkan suhu 168 °C, pada waktu 20 menit menghasilkan suhu 184 °C, dan pada waktu 25 menit menghasilkan suhu 215 °C.

UcapanTerimakasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada UD XYZ dan Program Profesi Keinsinyuran Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Referensi

- Angga, R. A. S. (2013). Pengaruh Perbedaan Suhu dan waktu Pengeringan terhadap Karakteristik ikan asin sepat siam dengan menggunakan Oven. Fishtech Volume 2 Nomor 01.
- Rohmah, E. N. (2015). Design Oven Skala Laboratorium untuk rekayasa minyak goreng bekas menjadi Bio Oil. Jurnal Integrasi Proses, 132-137.



Otomatisasi Regulasi Tekanan Steam dengan PID Pressure Control Valve pada Proses Industri

Ferdy Gosal

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ ferdy@fit-eng.com

Penggunaan Pressure Reducing Valve (PRV) sebagai alat Steam regulator pada mesin / peralatan proses di pabrik sangatlah umum. Namun PRV dengan hanya Proportional Action saja tidak dapat memberikan hasil yang akurat khususnya jika terjadi perubahan flow rate fluida yang cepat dan adanya fluktuasi tekanan pada tekanan inlet / boiler (P_1). Sebagai solusinya dapat digunakan Pressure Control Valve (PCV) dengan Proportional-Integral-Derivative Action (PID) akan memberikan hasil P_2 (Actual Point / Actual Pressure = Set Point Pressure), meskipun ada fluktuasi flow rate fluida dan perubahan tekanan pada inlet / boiler secara mendadak.

Kelebihan PCV dibandingkan PRV adalah :

1. Jauh lebih akurat (PID Action) vs (P Action)
2. Turn Down lebih tinggi (Rasio / Perbandingan Maximum Pressure (P_1) : minimum pressure (P_2))
3. Lebih praktis dan cepat jika ingin melakukan perubahan Set Point

Kata Kunci: Steam, PRV, PCV

Pendahuluan

Pada dasarnya steam ada 2 jenis yaitu *Saturated Steam* (steam jenuh) dan *Superheated Steam* (steam lewat jenuh). *Saturated Steam* sangat umum dipakai pada proses-proses industri yang membutuhkan pemanasan, pengeringan dan lainnya. Sifat *saturated steam* adalah stabil (sifat alamiah), mudah dikontrol dan mempunyai hubungan antara tekanan steam yang selaras dengan *temperature steam*, dimana makin tinggi tekanan *saturated steam*, maka akan makin tinggi *temperature saturated steam*. *Saturated steam* dengan tekanan 10 barg, temperaturnya 184° C dan *saturated steam* dengan tekanan 20 barg, temperaturnya 215° C (sesuai *steam table*). Artinya jika kita dapat mengontrol tekanan *saturated steam*, maka kita dapat mengontrol temperatur dari *saturated steam* tersebut (Sarco, 2015).

Superheated steam dihasilkan setelah memproduksi *saturated steam* kemudian dilewatkan *Superheater (dryer)* sehingga *saturated steam* menjadi lebih panas, lewat jenuh dan berubah menjadi *superheated steam*. *Superheated steam* tidak mempunyai korelasi antara tekanan *superheated steam* dengan *temperature superheated steam*. Temperatur *superheated steam* bisa berbeda-beda tergantung kekuatan *superheater (dryer)* yang meringkankan *saturated steam*. *Superheated steam* dengan tekanan 20 barg ada yang temperaturnya 300° C, ada yang 350° C, ada yang 400° C dan lainnya, tergantung spesifikasi turbin dari pabrik pembuatan steam turbin tersebut (Sarco, 2001).

Superheated steam hanya digunakan untuk menggerakkan steam turbin yang akan menghasilkan tenaga listrik. *Superheated steam* tidak cocok digunakan untuk proses produksi karena sifat *superheated steam* tidak stabil yang mana akan cenderung kembali ke bentuk *saturated steam*

(sifat alami steam); lagi pula entalpi yang terkandung dalam *superheated steam* tidak berbeda jauh dengan *saturated steam*, jadi akan tidak ekonomis jika digunakan untuk proses produksi, karena harga *superheated steam* lebih mahal daripada *saturated steam* (Sarco, 2008). Dan jika *superheated steam* akan dipakai untuk proses produksi harus digunakan peralatan tambahan yaitu *De-Superheater* untuk mengubah *superheated steam* menjadi *saturated steam* dengan cara disemprotkan air / *condensate* agar terjadi penurunan *temperature steam* mendekati *saturated temperature*.

Dalam pembahasan kali ini kami hanya akan membahas steam yang dipakai untuk proses produksi karena paling umum digunakan yaitu *saturated steam*, yang selanjutnya kami sebut *steam* saja.

Untuk menghasilkan steam dibutuhkan *Steam Boiler*. Tekanan steam pada boiler idealnya dibuat setinggi mungkin mendekati *design steam boiler* agar bisa didapatkan *saturated steam* dengan tingkat kekeringan tinggi dan dapat menggunakan ukuran diameter pipa steam yang lebih kecil, yang artinya lebih ekonomis dalam perpipaannya, demikian pula *fitting, valve* dan isolasi yang digunakan dapat lebih kecil ukuran diameternya. Di sisi lain peralatan proses umumnya menggunakan *in-direct steam (steam)* hanya sebagai media pemanas & tidak tercampur ke dalam produk), sehingga peralatan proses sangat efisien jika menggunakan steam bertekanan rendah, karena makin rendah tekanan steam, makin tinggi nilai entalpi penguapan steam (*latent heat*), sehingga pada akhirnya menggunakan steam akan lebih rendah yang artinya lebih ekonomis, efisien dan proses lebih stabil.

Steam tekanan tinggi dari *Boiler (P1)* harus diturunkan untuk melayani kebutuhan peralatan proses menjadi P_2 (tekanan rendah atau sedang) tergantung jenis proses dan *set point pressure* yang diinginkan. Untuk itu dibutuhkan *Steam*

Regulator (alat penurun tekanan steam). Steam regulator yang paling umum di pasaran adalah Pressure Reducing Valve (PRV) yang merupakan peralatan steam (valve) yang full mechanical (self-acting valve) tanpa external power (electric, pneumatic, hydraulic) untuk menggerakkan PRV tersebut.

PRV memberikan hasil yang memuaskan jika digunakan untuk proses yang mempunyai steam load konstan atau tidak terlalu berfluktuasi atau tekanan P1 (tekanan dari boiler) relatif konstan (tidak berfluktuasi naik turun secara cepat). Namun jika proses membutuhkan steam flow rate (steam load) yang berbeda jauh, sangat berfluktuasi (kadang tinggi, kadang rendah) dan perubahan tsb cepat, demikian juga jika P1 sangat cepat berfluktuasi; maka PRV akan memberikan hasil pengontrolan yang kurang bagus (kurang akurat). Hal ini disebabkan karena PRV hanya mempunyai Proportional Action (P) saja, yang artinya pasti ada Porportional Band yang mengakibatkan terjadinya perbedaan set point dengan actual point (offset).

Untuk mengatasi permasalahan di atas, maka harus digunakan Pressure Control Valve (PCV) dengan PID Action sebagai pengganti PRV (P Action saja).

PID (Proportional-Integral-Derivative) adalah sistem pengontrolan yang paling akurat saat ini (Sarco, 1999). Dimana Integral Action (I) adalah factor yang paling menentukan, karena (I) adalah factor pengingat jika ada perubahan load (flow rate) atau perubahan pada P1. Dapat dikatakan (I) adalah Automatic Reset Point. Sedangkan Derivative Action (D) akan membantu mempercepat action PCV menuju Set Point jika ada perubahan flow rate atau P1 yang mendadak. Jadi PID bekerja secara simultan menghasilkan pengontrolan yang sangat akurat meskipun ada perubahan flow rate dan P1 yang ekstrim. Selain itu PCV dengan PID Action sangat cocok untuk aplikasi proses yang membutuhkan tingkat keakuratan tinggi atau proses dengan produk yang sensitif (mudah rusak) karena adanya perubahan temperature media pemanas (Emerson, 2005).



Gambar 3. PCV (PID-Action)

Metode

Salah satu pabrik (PT.XXX) yang mempunyai beberapa unit Dryer dan mesin produksi lainnya mengeluhkan bahwa sering kali mereka harus men-setting ulang (re-adjust setting) PRV yang mereka gunakan untuk pemanasan Dryer karena Actual Point (P2) berubah bisa naik atau turun saat terjadi perubahan produk flow rate yang mengakibatkan perubahan steam flow rate atau saat ada perubahan tekanan input boiler karena bertambah atau berkurangnya mesin produksi lain yang beroperasi / berhenti beroperasi saat Dryer masih beroperasi. Set Point Pressure (P2) yang diinginkan adalah 4,5 barg, namun kenyataannya Actual Point (P2) bisa bervariasi antara 3,1 barg – 5,7 barg. Akibatnya produk sering terjadi kurang panas atau kelebihan panas yang akhirnya mengurangi kecepatan produksi karena ada kerusakan produk atau produk yang harus diproses ulang agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan oleh Quality Control.

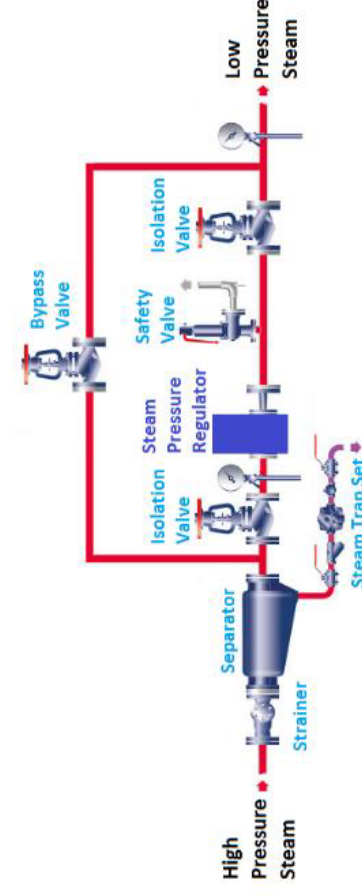
Permasalahan PRV terjadi karena PRV tsb bersifat Self Acting yang hanya mempunyai Proportional Action, tanpa ada Integral Action (Automatic Re-set Point Action) dan Derivative Action untuk mempercepat PCV menuju Set Point yang diinginkan jika ada perubahan flow rate (load) yang tiba-tiba.

Sebagai solusi untuk mengatasi permasalahan di atas, digunakan Pressure Control Valve (PCV) dengan PID Action yang akan memberikan hasil yang akurat, tekanan P2 untuk proses Dryer yang stabil yang artinya akan mempercepat produksi (mengurangi kejadian proses ulang produk karena tekanan / temperature steam tidak stabil) dan mengurangi kerusakan produk.

PCV terdiri dari Modulating Control Valve + Pneumatic Actuator + Electro Pneumatic Positioner + Pressure Transmitter + PID Electronic Controller yang bekerja dengan signal analog 4 – 20 mA.

Untuk melakukan perbandingan performa antara PRV dengan PCV, maka diuji cobakan pada dua unit Dryer dengan kapasitas yang sama untuk mengambil data dan mengevaluasi hasil produk dengan tekanan P2 Actual Point yang dihasilkan. Dryer A menggunakan PRV dan Dryer B menggunakan PCV.

Membandingkan hasil output (P2) dari Pressure Reducing Valve (PRV dengan Proportion L Action) dengan hasil output (P2) dari Pressure Control Valve (PCV dengan PID Action), yang mana lebih stabil / akurat terhadap perubahan steam flow rate dan tekanan input boiler (P1). Mengukur keakuratan tekanan steam pada proses (Actual Point P2)



Gambar 1. Instalasi Steam PRV/PCV



Gambar 2. PRV (P-Action)

sebagai hasil akhir untuk mengukur performa kestabilan / keakuratan dengan membandingkan data P2 (*Set Point*)

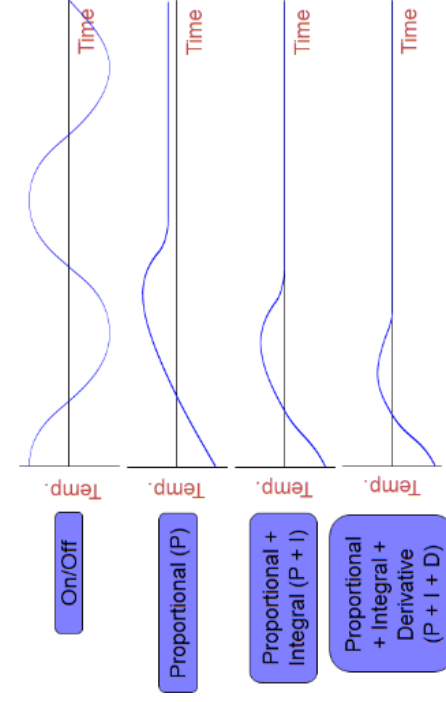
Hasil Kerja

1. Tekanan P1 & P2 (Set Point) vs Flow rate & P2 (Actual Point) dari PRV & PCV

P1- Inlet Press. (Barg)	P2 -Set Point (Barg)	Steam Flow rate (kg/jam)	Act. P2 Dryer A (PRV) Barg	Act. P2 Dryer B (PCV) Barg
8,0	4,5	+/- 800	4,8	4,5
8,0	4,5	+/- 1600	4,0	4,5
8,0	4,5	+/- 2400	3,1	4,5
9,0	4,5	+/- 800	5,2	4,5
9,0	4,5	+/- 1600	4,5	4,5
10,0	4,5	+/- 800	5,7	4,5
10,0	4,5	+/- 1600	4,9	4,5
10,0	4,5	+/- 2400	4,1	4,5

Sebagai *Reference* digunakan PRV dengan tekanan *boiler* 9 barg (P1) & *Flow rate* sekitar 1600 kg/jam dan PRV diputar *adjustment-bold* nya ke angka 4,5 barg sebagai *Set Point* (*Set pressure required* P2). Setelah itu PRV tidak di-*ajust* secara manual lagi dan dibiarkan seperti kondisi seperti semula (*reference point of PRV*) hanya saja parameter *flow rate* diubah-ubah (dengan melihat *flow rate* pada *Steam Flow meter*). Demikian juga tekanan *boiler* (P1) berubah-ubah karena *cut-in burner* 8 barg & *cut-off burner* 10 barg dan *boiler* diset pada tekanan 9 barg (pembacaan tekanan menggunakan *Electronic Controller / Display*). Kemudian hasil pembacaan tekanan steam sebenarnya *Actual Pressure* dibaca dan diambil datanya dari PRV (kolom ke 4) dan PCV (kolom ke 5).

2. Ringkasan Pengontrolan : On-Off vs P vs P + I vs P + I + D



Gambar 4. Gambaran hasil Actual Point : On-Off vs P vs PI vs PID terhadap Set Point

3. Hubungan antara kualitas hasil produk dengan Actual Point (Actual Pressure P2) dari PRV dan PCV

Act.Point (P2) (Barg)	Steam Temperature (C) from Steam Table	Kualitas Hasil Produk	Performa Produksi
4,5 (PRV)	160°	Bagus	100% (Referen)
3,1 (PRV)	144,5°	Sangat Basah	95%
3,8 (PRV)	150,0°	Basah	97%
4,0 (PRV)	151,5°	Agak Basah	99%
4,9 (PRV)	157,5°	Agak Kering	99%
5,7 (PRV)	163,0°	Terlalu Kering	95%
4,5 (PCV- PID Act)	155,0°	Bagus	100%

Kesimpulan

Pemilihan penggunaan PRV atau PCV dalam proses di pabrik tergantung dari kebutuhan dasar yang meliputi kondisi proses, keakuratan dan sensitivitas produk dan budget yang tersedia. Jika suatu proses bebannya *relative* konstan dan produknnya tidak *sensitive* (tidak mudah rusak), tidak dibutuhkan keakuratan tinggi terhadap perubahan tekanan / temperature media suhu pemanas (*steam*), maka pemakaian PRV akan cukup memberikan hasil yang memuaskan karena harganya juga lebih terjangkau. Sedangkan apabila suatu proses dengan produk yang *sensitive* (mudah rusak atau mudah berubah sifatnya) terhadap perubahan tekanan / *temperature steam*, artinya proses tsb membutuhkan keakuratan tinggi, maka pemakaian PCV menjadi suatu keharusan. Demikian pula jika suatu proses mempunyai beban proses (*load / flow rate*) yang berubah-ubah secara cepat pada proses kontinyu, maka pemakaian PCV akan sangat direkomendasikan untuk mendapatkan kestabilan tekanan *steam* & efisiensi *steam plant*.

PCV memberikan hasil yang jauh lebih baik daripada PRV dalam keakuratan, kestabilan dan kualitas produk.

Referensi

- Sarco, Spirax (2005). Spirax Sarco Open University Project, Version 10. United Kingdom
- Sarco, Spirax (2001). Design of Fluids System – Spirax Sarco Hook-Ups Book, Twelfth Edition. USA



Prosiding Seminar Praktik Keinsinyuran 1 (2022)
Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

ISSN 2987-677X

Sarco, Spirax (2008). Steam and Condensate Loop Book,
Version 2. United Kingdom

Sarco, Spirax. (1999). Spirax Sarco Engineering Data Book.
United Kingdom

Emerson, Fisher. (2005). Control Valve Handbook, Fifth
Edition. USA



Analisis Pengaruh Pengembalian Kondensat ke Boiler terhadap Konsumsi Bahan Bakar Boiler

Ivan Tanoyo¹, Suratno Lourentius¹

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ ivan_tanoyo@yahoo.com

Persaingan dalam industri yang semakin ketat mendorong pelaku usaha untuk melakukan efisiensi dalam segala bidang. Melalui upaya pengembalian kondensat yang masih memiliki nilai energi, kebutuhan bahan bakar boiler bisa dikurangi, efisiensi boiler bisa meningkat. Dampak langsungnya adalah berkurangnya biaya bahan bakar boiler, biaya chemical air boiler, dan biaya make up water boiler. Pengujian dan perhitungan dilakukan dengan membandingkan data-data yang didapatkan pada alat ukur tersertifikasi di lapangan. Efisiensi boiler meningkat dari 60% menjadi 64% dan ada penghematan bahan bakar sebanyak 12.9%.

Kata Kunci: Industri, Boiler, Efisiensi

Pendahuluan

Setiap Unit usaha yang menghasilkan barang dan atau jasa dituntut untuk meningkatkan efisiensi di dalam iklim kompetisi yang semakin ketat. Efisiensi bisa dilakukan dalam berbagai faktor misalnya dalam hal pengelolaan sumber daya manusia, bahan baku, energi, logistik, dan lain-lain. Dalam bidang industri manufaktur, salah satu komponen biaya yang besar adalah biaya energi. Biaya energi ini jenisnya antara lain, biaya listrik dan biaya bahan bakar untuk boiler (Kern, 1950).

Seiring dengan kenaikan harga bahan bakar dunia, biaya pengoperasian boiler menjadi semakin tinggi dan berdampak pada kenaikan harga pokok produksi. Sedangkan kenaikan harga pokok Produksi ini tidak bisa langsung diimbangi dengan menaikkan harga jual produk. Sehingga perlu dilakukan rekayasa terhadap sistem yang sudah ada yaitu dengan menggunakan kembali air panas hasil kondensasi uap panas yang masih mengandung energi, kembali untuk digunakan ulang pada Boiler. Hasil yang ingin dicapai adalah penurunan konsumsi bahan bakar boiler (Perry & Green, 1997).

Hotel PU adalah suatu unit usaha yang menyediakan jasa penginapan dan laundry. Boiler menghasilkan steam yang digunakan pada peralatan laundry serta calorifier. Jenis boiler yang digunakan adalah Vertical Boiler yang menggunakan bahan bakar Solar Industri. Saat ini semua kondensat yang keluar dari peralatan laundry dibuang ke drain meskipun masih memiliki nilai energi. Potensi energi yang selama ini dibuang akan dimanfaatkan kembali dengan dikembalikan melalui perpipaan kondensat kembali ke tangki feedwater boiler.

Hasil Pengaruh pemanfaatan kembali kondensat panas terhadap konsumsi bahan bakar dan efisiensi boiler akan diperhitungkan serta dibandingkan antar sebelum dan sesudah pemanfaatan kondensat kembali ke boiler.

Tinjauan Pustaka

Boiler adalah bejana/wadah yang berisi dengan air atau cairan lain untuk dipanaskan Dalam proses konversi energi, boiler memiliki fungsi untuk mengubah energi kimia yang terkandung pada bahan bakar menjadi energi panas, kemudian ditransfer ke fluida kerja (Sarco, 2005). Panas yang diterima fluida di dalam boiler berasal dari proses pembakaran bahan bakar didalam ruang bakar. Bahan bakar boiler harus memiliki nilai kalor yang tinggi agar dapat mengubah air menjadi uap (Sarco, 2008).

Dalam proses produksi dari air menjadi uap, dapat terjadi kehilangan panas atau rugi-rugi seperti kehilangan panas berupa udara berlebih dan temperatur yang tinggi pada gas buang pada cerobong. Kehilangan karena bahan bakar yang tidak terbakar dalam cerobong dan abu. Kehilangan dari blowdown dan kondensat (Sarco, 1999).

Uap adalah fase gas dari air yang dicapai dengan memberikan energi panas sehingga terjadi perubahan molekul di dalamnya.

Besarnya energi yang dibutuhkan untuk mengubah air menjadi uap disajikan dalam tabel berikut :

Pressure bar g	Saturation temperature °C	Water h _l	Enthalpy kJ/kg	
			Evaporation h _{fg}	Steam h _g
0	100	419	2 257	2 676
1	120	506	2 201	2 707
2	134	562	2 163	2 725
3	144	605	2 133	2 738
4	152	641	2 108	2 749
5	159	671	2 086	2 757
6	165	697	2 066	2 763
7	170	721	2 048	2 769

Table 1. Steam Table

Efisiensi boiler adalah perbandingan panas aktual atau sebenarnya yang digunakan untuk pembentukan uap dengan energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar yang digunakan pada boiler untuk memanaskan air menjadi



uap. Perhitungan persentase efisiensi boiler dinyatakan dalam persamaan berikut

$$(\eta) \frac{\text{panas masuk}}{\text{panas keluar}} \times 100$$

Metode

Dilakukan pencatatan jumlah bahan bakar solar serta data laju alir steam dari flow meter selama 7 hari berturut turut. Data diambil saat sebelum dilakukan pengembalian kondensat dan setelah dilakukan pengembalian kondensat.

Data

Boiler yang digunakan adalah jenis *Boiler Vertikal* dengan kapasitas steam 700 kg/jam dan tekanan operasional 7 barg.

Data *total flow* adalah data total steam yang dihasilkan boiler selama waktu kerja 10 jam. Data ini diambil dari flowmeter steam.

Data *Fuel consumption* adalah data jumlah bahan bakar solar yang digunakan boiler selama waktu kerja 10 jam. Data ini diambil dari flowmeter solar.

Logsheet Boiler 01-07 Mei 2019

Log Sheet Boiler Mei 2019		
Tanggal	Total Flow (kg)	Fuel Consumption (l)
1	5150	545
2	5289	559
3	4966	525
4	4875	523
5	5023	540
6	5111	540
7	5051	535

Logsheet Boiler 01-07 Desember 2019

Log Sheet Boiler Desember 2019		
Tanggal	Total Flow (kg)	Fuel Consumption (l)
1	4822	445
2	5008	462
3	4995	459
4	5250	487
5	5114	474
6	5350	495
7	4722	438

Dari data yang dicatat tersebut dilakukan perhitungan efisiensi dan konsumsi bahan bakar solar untuk boiler. Di antara Bulan Mei 2019 sampai dengan Bulan November 2019 dilakukan pekerjaan penambahan pipa untuk mengembalikan kondensat ke Boiler.

Variable yang akan dibandingkan adalah efisiensi boiler dan konsumsi bahan bakar per kg steam yang dihasilkan.

Efisiensi boiler dihitung dengan persamaan berikut :

$$\eta = \frac{m \cdot h}{s \cdot C_p} \cdot 100\%$$

m : total flow steam (kg)
h : total enthalpy steam (kj/kg)
s : fuel consumption (liter)
Cp : nilai kalori bahan bakar solar = 40673kj/liter

Konsumsi bahan bakar per kg steam dihitung dengan persamaan :

$$c = \frac{m}{s}$$

m : total flow steam (kg)
s : fuel consumption (liter)

Pembahasan

Dari data awal *logsheet Boiler* tanggal 01-07 Mei 2019 diperoleh nilai awal efisiensi Boiler (η) adalah 60.172% Dan angka konsumsi bahan bakar per kg steam yang dihasilkan (c) adalah 0.1062 liter solar per kg steam.

Kemudian dilakukan modifikasi dan penambahan pipa untuk mengembalikan kondensat panas dari mesin *laundry* ke feedwater tank *Boiler*. Pekerjaan ini diselesaikan dalam waktu 4 bulan. Pencatatan parameter dilakukan kembali mulai 01 Desember 2019.

Hasil yang langsung terlihat adalah temperature air di *feed water tank* naik dari semula 40°C menjadi 80°C.

Perhitungan menggunakan data *logsheet boiler* tanggal 01-07 Desember 2019 memberikan nilai awal efisiensi boiler (η) adalah 64.621% Dan angka konsumsi bahan bakar per kg steam yang dihasilkan (c) adalah 0.0925 liter solar per kg steam.

Dari perbandingan antara parameter c di bulan Mei 2019 dengan parameter c di bulan Desember 2019 terdapat penghematan sebesar 12.9%.

Sebagai acuan, unit usaha hotel ini rata-rata menggunakan bahan bakar solar industry sebanyak 15800 liter per bulan atau sebesar nominal Rp 237.000.000. Sehingga penghematan yang bisa didapatkan sebesar Rp 30.573.000 Dengan biaya proyek modifikasi dan penambahan pipa sebesar Rp 350.000.000, maka proyek ini memiliki nilai *Return on Investment* (ROI) di bawah 1 tahun.

Nilai penghematan tersebut belum memperhitungkan penghematan lain yang bisa didapat dari biaya make up water dan biaya *chemical boiler*.

Kesimpulan

Proyek modifikasi yang dilakukan terbukti memberi manfaat ekonomis bagi unit usaha berupa penghematan biaya bahan bakar. Angka *Return On Investment* yang dihasilkan juga pendek yaitu di bawah 1 tahun. Penghematan ini juga berkontribusi terhadap berkurangnya penggunaan bahan bakar fosil serta berkurangnya emisi keluar ke lingkungan.



Referensi

Kern, D.Q. (1950). Process Heat Transfer, Mc. Graw-Hill International Book Company Inc., New York.

Perry, R.H. & Green, D.W.. (1997). Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7 th ed., Mc. Graw-Hill Book Company. New York.

Sarco, Spirax. (2005), Spirax Sarco Open University Project, Version 10, United Kingdom.

Sarco, Spirax. (2008)., Steam and Condensate Loop Book. Version 2. United Kingdom.

Sarco, Spirax. (1999). Spirax Sarco Engineering Data Book. United Kingdom.



Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar dan Lereng Timbunan Reklamasi Menggunakan Metode Pre Loading

Adwiyah Asyifa

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ adwiyah.asyifa@staff.uty.ac.id

Dalam mendukung sarana prasarana di Kawasan Industri Kendal, PT Baoshen Science & Applied Technologies Co Technology Indonesia mendirikan pabrik yang dibangun di atas lahan reklamasi. Proyek ini dibangun di atas tanah lunak yang memiliki karakteristik mudah dipadatkan, membutuhkan waktu konsolidasi yang lama dan daya dukung tanah dasar yang rendah. Sehingga diperlukan metode perbaikan tanah untuk konsolidasi dan kekuatan lereng timbunan yaitu dengan metode *pre-loading* timbunan. Hasil dari analisis menggunakan metode *pre-loading* adalah berikut, pada analisis waktu konsolidasi tanpa perbaikan adalah 135 tahun dan Faktor Keamanan lereng timbunan adalah 0,793 dan 0,794. Prefabricated Vertical Drain (PVD) digunakan untuk mempercepat proses konsolidasi menggunakan pola segitiga dengan jarak 1,5 m dan waktu konsolidasi 90% adalah 9 minggu dan 10 minggu. Dari hasil analisis, tinggi timbunan awal adalah 4,2 m dan 6,72 penurunan total yang terjadi adalah 1,0175 m. dan 3,72 m. Untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar menggunakan metode *pre-loading* dengan kecepatan pengisian 30 cm/minggu, dilakukan 14 tahap penimbunan kembali. Dari hasil perhitungan didapatkan kenaikan nilai kohesi tak terdrainase (Cu) dan Faktor Keamanan lereng timbunan sebesar <1,5. Perencanaan kekuatan pada lereng timbunan menggunakan 3 lapis geotekstil pada lereng timbunan untuk mendapatkan Faktor Keamanan yang direncanakan.

Kata kunci: Konsolidasi, Geotekstil, PVD, Angka Aman

Pendahuluan

Baoshen Science & Applied Technologies Co., Ltd (BSN) merupakan sebuah perusahaan asal China yang memproduksi bahan kemasan untuk produk garmen seperti sepatu, pakaian, tas, produk furnitur, kosmetik, dan lain sebagainya. Di bawah nama PT. BSN Technologies Indonesia (BTI) membangun pabrik pertama di Indonesia yang berada di Kawasan Industri Kendal (KIK). Pembangunan pabrik terdiri dari 4 bangunan, bangunan pertama sebagai tempat produksi, bangunan kedua sebagai tempat penyimpanan bahan baku, bangunan ketiga sebagai tempat finishing, bangunan keempat sebagai tempat administrasi atau perkantoran yang direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2022 PT BSN Technologies Indonesia (BTI) bertempat di Tambak, Wonorejo, Kaliwungu, Kendal Regency, Jawa Tengah 51372. Dalam perencanaannya menggunakan lahan reklamasi yang memiliki luas area total sebesar 3,2 ha. Material timbunan reklamasi yang direncanakan diperoleh dari area pengerukan pada lokasi daerah sekitar proyek, dengan tinggi timbunan rencana adalah 3 meter. Permasalahan utama yang timbul dari pembangunan pabrik ini adalah kondisi pemampatan tanah yang besar dan waktu pemampatan yang lama serta daya dukung tanah rendah

mengingat berdasarkan hasil uji tes tanah tersebut menunjukkan bahwa kondisi tanah di area reklamasi tersebut memiliki jenis lapisan tanah lunak.

Metode

PT BSN Technologies Indonesia (BTI) bertempat di Tambak, Wonorejo, Kaliwungu, Kendal Regency, Jawa Tengah 51372. Dalam perencanaannya menggunakan lahan reklamasi yang luas total arenya sebesar 3,2 ha. Material timbunan reklamasi yang direncanakan diperoleh dari area pengerukan pada lokasi daerah sekitar proyek, dengan tinggi timbunan rencana adalah 3 meter. Permasalahan utama yang timbul dari pembangunan pabrik ini adalah kondisi pemampatan tanah yang besar dan waktu pemampatan yang lama serta daya dukung tanah rendah mengingat berdasarkan hasil uji tes tanah menunjukkan bahwa kondisi tanah di area reklamasi tersebut memiliki jenis lapisan tanah lunak.

Dalam menangani perbaikan tanah dasar menggunakan metode *pre-loading* yang digunakan sebagai beban tanah dasar untuk meningkatkan daya dukung dan mempercepat proses pemampatan tanah (Dam, 2006). Tanah lunak cenderung memiliki tingkat permeabilitas yang kecil dan



kompresibilitas rendah sehingga dalam mengalirkan air pori memerlukan kombinasi antara *pre-loading* dengan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*. Dengan pemasangan PVD ini maka proses konsolidasi akan cepat selesai sehingga pembangunan dapat segera dilaksanakan.

Selain permasalahan *settlement*, dalam perencanaan reklamasi harus mempertimbangkan stabilitas. Stabilitas dalam hal ini selain perencanaan reklamasi juga harus merencanakan stabilitas lereng sehingga dapat melindungi tanah timbunan dari beban dorongan air yang dapat menyebabkan kelongsoran pada timbunan tersebut. Hal ini menyebabkan perlunya pemasangan perkuatan tanah pada lereng reklamasi dan mengontrol kestabilan lereng reklamasi. Jenis perkuatan tanah yang dipilih adalah *geotextile* (Das, 1988).

Studi ini merencanakan perbaikan tanah di area timbunan reklamasi dengan menggunakan metode kombinasi PVD dan merencanakan perkuatan tanah pada lereng timbunan menggunakan *geotextile* dengan hasil akhir adalah membandingkan kedua metode yang dipakai untuk mendapatkan metode yang efisien (Das, 1988).

Hasil Kerja

1. Perhitungan Beban

Tabel 1. Perhitungan beban berdasarkan variasi ketinggian timbunan

H timb (m)	q (t/m ³)
2	3.6
3	5.4
4	7.2
5	9
6	10.8
7	12.6
8	14.4
9	16.2
10	18

Beban akibat pompa *vacuum* dapat dihitung seperti berikut: Besarnya tekanan atmosfer di lokasi proyek yang merupakan lokasi dataran rendah memiliki ketinggian +5 DPL.

2. Penurunan

Tabel 2. Penurunan untuk tiap beban timbunan

Q Timbunan t/m ²	Sc Timbunan m
3,6	0.465
5,4	0.881
7,2	1.226
9	1.524
10,8	1.786
12,6	2.022
14,4	2.235
16,2	2.431
18	2.612

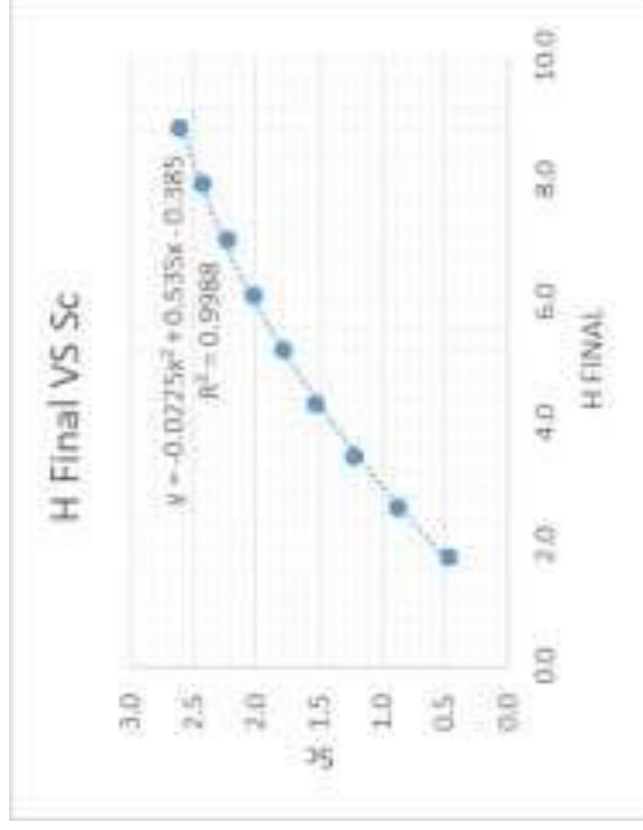
Perencanaan menggunakan metode *pre-loading* dengan tinggi rencana adalah 3m. Dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Sc = \frac{Cs}{1 + e_0} H \log \frac{p'c}{p'o} + \frac{Cc}{1 + e_0} H \log \frac{p'o + \Delta p}{p'c}$$

Berikut adalah hasil perhitungan total *settlement* akibat pompa *vacuum* 8 t/m³ dan beban timbunan 3 m yang disajikan dalam Tabel 3 berikut

Tabel 3. Total Settlement Akibat Pompa Vacuum dan Timbunan.

z	Sc Timbunan	Sc Vacuum	Total Sc
1	0.0974	0.1375	0.2349
2	0.0785	0.1222	0.2007
3	0.0674	0.1121	0.1795
4	0.0583	0.1034	0.1617
5	0.0524	0.0987	0.1511
6	0.0477	0.0950	0.1427
7	0.0395	0.0874	0.1269
8	0.0362	0.0845	0.1207
9	0.0335	0.0826	0.1161
10	0.0310	0.0806	0.1116
11	0.0291	0.0792	0.1083
12	0.0273	0.0781	0.1054
13	0.0262	0.0787	0.1049
14	0.0249	0.0779	0.1028
15	0.0236	0.0770	0.1006
16	0.0224	0.0763	0.0987
17	0.0214	0.0756	0.0970
18	0.0205	0.0751	0.0955
19	0.0182	0.0698	0.0881
20	0.0175	0.0693	0.0868
21	0.0168	0.0688	0.0856
22	0.0161	0.0684	0.0845
23	0.0155	0.0680	0.0835
24	0.0149	0.0678	0.0827
25	0.0148	0.0661	0.0809
26	0.0143	0.0658	0.0801
27	0.0138	0.0655	0.0793
28	0.0133	0.0652	0.0786
	0.8926	2.2966	3.1892



Gambar 1. hubungan Grafik Hubungan antara Hfinal dan Sc akibat beban timbunan

$$Sc = -0,0225x^2 + 0,535x + 0,385$$

$$= -0,0225(3)^2 + 0,535(3) + 0,385$$

$$= 1,0175 \text{ m}$$

Tabel 4. Perhitungan U rerata untuk PVD pola pemasangan segitiga dengan jarak s=1,5 m

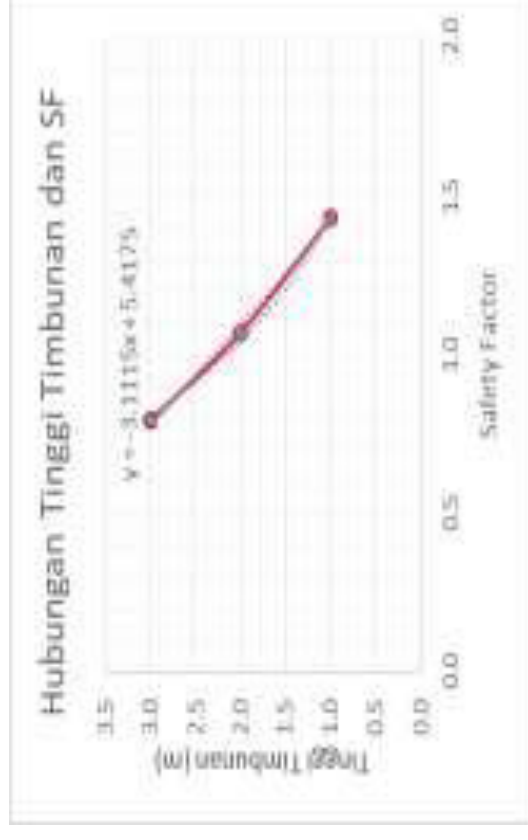
t	Tv	Uv%	x	Uu%	Uav%
1	0.00025	1.79%	0.24193	21.5%	22.89%
2	0.00050	2.53%	0.48385	38.4%	39.92%
3	0.00075	3.10%	0.72578	51.6%	53.10%
4	0.00101	3.58%	0.96770	62.0%	63.36%
5	0.00126	4.00%	1.20963	70.2%	71.36%
6	0.00151	4.38%	1.45155	76.6%	77.61%
7	0.00176	4.73%	1.69348	81.6%	82.48%
8	0.00201	5.06%	1.93540	85.6%	86.29%
9	0.00226	5.37%	2.17733	88.7%	89.27%
10	0.00251	5.66%	2.41925	91.1%	91.60%
11	0.00276	5.93%	2.66118	93.0%	93.43%
12	0.00302	6.20%	2.90310	94.5%	94.85%
13	0.00327	6.45%	3.14503	95.7%	95.97%
14	0.00352	6.69%	3.38695	96.6%	96.85%
15	0.00377	6.93%	3.62888	97.3%	97.53%
16	0.00402	7.16%	3.87080	97.9%	98.06%
17	0.00427	7.38%	4.11273	98.4%	98.48%
18	0.00452	7.59%	4.35465	98.7%	98.81%
19	0.00477	7.80%	4.59658	99.0%	99.07%
20	0.00503	8.00%	4.83850	99.2%	99.27%
21	0.00528	8.20%	5.08043	99.4%	99.43%
22	0.00553	8.39%	5.32235	99.5%	99.55%
23	0.00578	8.58%	5.56428	99.6%	99.65%

3. Penimbunan Bertahap

Pelaksanaan penimbunan di lapangan untuk mencapai tinggi timbunan awal pada metode *pre-loading* adalah 4,2 m dan dilakukan secara bertahap dengan menggunakan kecepatan penimbunan 30 cm/minggu, dalam menentukan jadwal penahanan perlu dilakukan analisis terlebih dahulu tinggi timbunan kritis (H_{cr}). Hasil analisis stabilitas menggunakan bantuan *software* GeoStudio untuk timbunan 1-3 m.

Tabel 5. Nilai SF pada Setiap Tinggi Timbunan

$H_{tim\ buana}$ $n(m)$	Safety Factor (SF)
1	1,432
2	1,070
3	0,793



Gambar 2. Grafik Hubungan Tinggi Timbunan dan SF Metode *Pre-loading*

Berdasarkan grafik, didapatkan persamaan yang dapat digunakan untuk mencari tinggi timbunan kritis dengan menggunakan (SF) = 1,5:

$$H_{cr} = -3,1115x + 5,4175$$

$$= -3,1115(1,5) + 5,4175$$

$$= 0,750 \text{ m}$$

- Perencanaan Perkuatan Lereng Timbunan Menggunakan Geotextile
Perkuatan lereng timbunan dilakukan agar lereng timbunan mempunyai SF sesuai dengan yang direncanakan. Dalam merencanakan geotekstil dilakukan 5 variasi pemodelan di GeoSlope dengan *slip surface* yang berbeda – beda.
Hasil *running* program GeoStudio metode *pre-loading* berturut-turut didapatkan SF sebesar 1,031 dan 0,794 dan dari analisis hitungan untuk SF rencana 1,5 dibutuhkan tambahan momen penahan sebesar 262,490 kNm. Untuk *Geotextile Unwoven* (UW 250) dengan Tensile Strength 52 kN/m dan 55 kN/m.

Tabel 6. Kebutuhan Geotextile

Hi (m)	Ti(m)	Le(m)	Mr(kNm)	ΣMr (kNm)	Lapis
3	11,6	0,25	121,911	121,91	1
2,5	11,1	0,28	116,659	238,57	1
2	10,7	0,32	111,406	349,97	1

Kesimpulan

Kesimpulan hasil penelitian adalah sebagai berikut:

- Besar total *settlement* yang terjadi pada area reklamasi dengan metode *pre-loading* dengan beban timbunan adalah sebesar 1,0175 m.
- Tinggi timbunan awal yang dibutuhkan untuk mencapai elevasi timbunan akhir rencana metode *pre-loading* adalah setinggi 4,2 m.
- Perencanaan PVD menggunakan pola pemasangan segitiga dengan jarak antar PVD adalah 1,5 m yang dipasang hingga kedalaman 18 m. Dengan pemasangan pola tersebut, mendapat waktu yang dibutuhkan metode *pre-loading* dan untuk mencapai derajat konsolidasi 90% (U = 90%) adalah 9 minggu



4. *Geotextile* yang dibutuhkan sebanyak 3 lapis pada sisi kiri dan kanan lereng timbunan, dengan pemasangan jarak pada setiap layernya sebesar 0,3 m.
5. Dengan menggunakan bantuan program GeoStudio, untuk mengetahui nilai faktor aman lereng saat setelah perbaikan tanah didapatkan beberapa parameter untuk memenuhi selisih momen tahanan rencana metode *pre-loading* sebesar 262,490 kNm. Dengan selisih momen tersebut, dilakukan perhitungan menggunakan *geotextile* sehingga dapat memenuhi selisih kebutuhan momen rencana dengan menggunakan *geotextile* sebanyak 3 lapis pada masing-masing lereng timbunan.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih untuk Igga Amalia Miftah,ST dan Hardoni Ananda,ST untuk setiap bantuan pada proses pekerjaan ini.

Referensi

- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2017). Persyaratan Perancangan Geoteknik. Jakarta: BSN
- Dam, L. T. K., Sandanbata, I. and Kimura, M. (2006). Vacuum Consolidation Method-Worldwide Practice and The Latest Improvement in Japan. Japan: Research Report of Hazama Corporation.
- Das, Braja M. (1988). Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik jilid 1. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B. M. Surabaya: Erlangga.
- Das, Braja M. (1988). Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik jilid 2. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B. M. Surabaya: Erlangga.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2009). Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). Spesifikasi Khusus Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol-PVD dengan Metode Vakum. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Mochtar, Indrasurya B. (2000). Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan Pada Tanah Bermasalah (Problematic Soils). Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
- Mochtar, Noor Endah. (2012). Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.



Desain Kursi Kuliah Inovatif dan Ergonomis dengan Pendekatan Antropometri

Rini Aprilia Lestari

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ riniaprilia08@gmail.com

Salah satu fasilitas penting untuk kuliah adalah kursi. Kursi yang tidak ergonomis sering membuat pengguna merasa tidak nyaman saat menulis atau mengerjakan tugas. Tujuan penelitian merancang kursi perkuliahan yang lebih ergonomis sesuai ukuran dan kebutuhan mahasiswa agar dapat memberi kenyamanan saat menggunakannya. Metode Penelitian yang digunakan yaitu pengamatan, pengukuran dan pencatatan langsung terhadap obyek-obyek yang dibutuhkan dalam penelitian ini diantaranya data antropometri. Pendekatan desain kursi terhadap ukuran kursi dikaitkan dengan ukuran antropometri tubuh mahasiswa (tujuh ukuran: lebar dan tinggi bahu, tinggi siku, tinggi lutut, lebar dan panjang pinggul, panjang paha ke kaki) dengan analisis deskriptif (membandingkan keseragaman nilai rata-rata, standard deviasi yang digunakan sebagai acuan pada persentil 5 dan 95). Sehingga menghasilkan perbedaan ukuran desain kursi lama dengan kursi baru dengan menggunakan ukuran antropometri yang sesuai dan ergonomis

Kata kunci: Desain ulang, Kursi kuliah, Ergonomi, Antropometri.

Pendahuluan

Aktivitas perkuliahan adalah proses belajar mengajar dimana mahasiswa dituntut untuk menerima pelajaran dari dosen secara maksimal. Perkembangan teknologi dan informasi saat ini membuat mahasiswa dituntut aktif menambah ilmu pengetahuan, tidak hanya dari buku tetapi juga dari internet. Sehingga banyak dari mahasiswa yang saat ini menggunakan laptop sebagai alat penunjang dalam menuntut ilmu. Internet menjadi media yang sudah menjadi bagian dari kehidupan mahasiswa. Hampir setiap hari dalam beberapa jam mahasiswa menghadap laptop, baik dikelas maupun diluar kelas sebagai alat bantu dalam menuntut ilmu.

Saat perkuliahan mahasiswa juga membutuhkan fasilitas yang dapat menunjang dan membantu mempermudah kegiatan mahasiswa. Salah satu fasilitas di kampus adalah kursi kuliah. Aktivitas yang paling banyak dilakukan mahasiswa adalah duduk, mendengarkan dan menulis. Kebutuhan akan ketepatan fasilitas duduk yang digunakan merupakan salah satu aspek pendukung berhasilnya proses belajar mengajar didalam kelas. Kenyamanan dan efektifitas gerak mahasiswa tidak bisa dikesampingkan begitu saja, karena kursi yang baik dapat menunjang kenyamanan dan efektifitas gerak mahasiswa, yang pada akhirnya merupakan salah satu faktor pendukung keberhasilan belajar mahasiswa tersebut. Sehingga kenyamanan dan efektivitas adalah hal yang harus diutamakan.

Ergonomi merupakan ilmu yang mempelajari tentang sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja sehingga manusia dapat hidup dan bekerja pada system itu dengan baik, dan dapat mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu dengan efektif, aman dan nyaman (Sutalaksana dalam Wiranata, 2011). Salah satu prinsip dasar ergonomi dalam perancangan adalah human-

centered design, maksudnya adalah suatu rancangan hendaknya memperhatikan faktor manusia sebagai pengguna yang mempunyai berbagai keterbatasan secara individu dan juga memiliki variasi antar individu (Iridiastadi, 2014).

Pendekatan yang dapat digunakan untuk merancang fasilitas yang lebih ergonomis dilakukan pendekatan antropometri. Antropometri adalah salah satu disiplin ilmu yang digunakan dalam ergonomi yang secara khusus mempelajari ukuran tubuh yang meliputi dimensi liner serta isi dan juga meliputi daerah ukuran,kekuatan, kecepatan dan aspek lain dari gerakan tubuh (Wijaya, dkk, 2016)

Dengan pendekatan antropometri ini dapat diperoleh rancangan kursi kuliah yang lebih ergonomis dan disesuaikan dengan ukuran tubuh manusia atau mahasiswa sebagai sarana prasarana mereka belajar di dalam kelas, sehingga diperoleh dimensi kursi dan alas menulis yang sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan mahasiswa pada posisi duduknya. Ketidaknyamanan maupun kelelahan fisik akibat tidak ergonomisnya kursi kuliah mahasiswa antara lain nyeri pinggang yang timbul akibat duduk terlalu lama. Ketidaknyamanan dalam penggunaan kursi kuliah ini akan mempengaruhi konsentrasi mahasiswa dalam belajar. Fenomena tersebut juga sering terjadi pada mahasiswa dikarenakan lamanya jam perkuliahan yang harus diikuti mahasiswa, Selain itu pada saat proses kuliah di ruang kelas seringkali mahasiswa merasakan ketidaknyamanan pada saat duduk, dikarenakan jarak alas menulis dengan kursi terlalu dekat, sedangkan saat duduk dengan alas menulis yang kurang lebar akan membuat mahasiswa kurang leluasa untuk menulis dan meletakkan laptop. Tidak adanya tempat untuk menaruh alat tulis begitu juga dengan tempat tas yang beralih fungsi menjadi tempat pijakan kaki sehingga tas ditaruh di lantai dan terlihat menjadi berantakan. Keluhan lain yang timbul akibat peletakan laptop dan

alat tulis yang tidak ergonomis antara lain menyebabkan migran, pandangan mata kabur, nyeri pada leher, pundak, serta pinggang. Sehingga diperlukan konsep ergonomi untuk kursi kuliah. Proses ini diantaranya adalah mendesain ulang kursi kuliah yang sesuai dengan anatomi tubuh yang benar seperti kursi yang memiliki alas menulis atau meletakkan laptop yang lebar agar bisa menyangga laptop dengan tepat, kursi dengan sandaran yang mampu menyangga tulang belakang secara benar agar badan tidak cenderung bungkuk, serta penyangga tangan dan pijakan kaki yang tepat sehingga kursi menjadi nyaman saat digunakan untuk proses belajar mahasiswa di kelas.

Deskripsi di atas menunjukkan bahwa masalah yang diidentifikasi penulis berkaitan dengan:

1. Apakah kursi kuliah di STT Malang sudah ergonomis dan sesuai dengan keinginan mahasiswa
2. Bagaimana desain kursi yang lebih ergonomis dan sesuai dengan antropometri mahasiswa

Tujuan dari penelitian ini adalah Merancang kembali kursi perkuliahan yang saat ini digunakan menjadi lebih ergonomis sesuai dengan ukuran tubuh dan kebutuhan mahasiswa agar dapat memberikan kenyamanan saat proses perkuliahan berlangsung. Pengamatan terhadap faktor ergonomi pada kursi kuliah yang ada di STT Malang dilakukan dalam batasan ketepatan penggunaan fasilitas duduk dan dampaknya terhadap kenyamanan pengguna dalam proses belajar mengajar.

Metode

Metode Penelitian yang digunakan yaitu pengamatan, pengukuran dan pencatatan langsung terhadap obyek-obyek yang dibutuhkan dalam penelitian ini diantaranya data antropometri dari beberapa mahasiswa dan diambil sesuai persentil 5 dan persentil 95. Observasi ini dilakukan dengan mengukur dimensi fisik pada kursi kuliah dan menentukan bagian mana saja yang akan didesain ulang sehingga menghasilkan kursi kuliah yang ergonomis untuk dipakai mahasiswa dalam proses belajar.

Data antropometri tubuh mahasiswa diukur dengan melakukan pengamatan studi gerak terhadap postur tubuh saat duduk dan beraktifitas. Alat yang digunakan dalam pengukuran antropometri ini adalah meteran plastik dan penggaris besi 30cm. Dilakukan pengamatan dan pengukuran jenis kursi dan bahan bakunya. Data antropometri yang diukur akan digunakan untuk membuat dimensi ukuran kursi seperti: Lebar bahu digunakan untuk menentukan lebar sandaran, Tinggi bahu digunakan untuk mengetahui tinggi maksimal sandaran, Tinggi siku digunakan untuk menentukan tinggi meja, hendaknya tidak terlalu rendah karena akan mengakibatkan bertambahnya beban pada bahu, Tinggi lutut digunakan untuk menentukan tinggi maksimal pijakan kaki, Lebar pinggul digunakan untuk menentukan besarnya kedalaman dan lebar alas kursi, Panjang pinggul digunakan untuk menentukan panjang alas kursi dan Panjang paha ke kaki kursi digunakan untuk menentukan lebar pijakan kaki.

Hasil Kerja

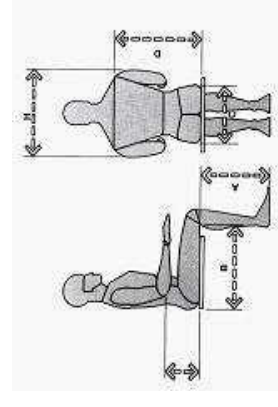
Ergonomi sebagai suatu cabang ilmu akan sangat bermanfaat bagi manusia yang bekerja, dimana saja dan kapan saja. Ergonomi sebagai suatu pendekatan yang memungkinkan manusia bekerja secara optimal dan efisien (Ardiansyah, 2010). Penerapan ilmu ergonomi bertujuan (Alfatimah,dkk,2013):

- (a) pencegahan terhadap cedera dan penyakit akibat kerja, meminimalkan beban kerja fisik dan mental, juga mengupayakan promosi serta kepuasan kerja
- (b) meningkatkan kualitas sosial, mengelola dan mengkoordinasi kerja secara tepat dan terciptanya peningkatan jaminan sosial bagi pekerja dan
- (c) menghasilkan keseimbangan yang rasional dari aspek teknik, ekonomis, antropologis serta budaya sistem kerja agar dapat meningkatkan kualitas hidup pekerja.

Antropometri adalah sekumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik tubuh manusia, bentuk dan kekuatan, serta penerapan dari data tersebut dalam penanganan masalah desain. Hasil pengukuran ini berguna untuk merancang tempat kerja ataupun produk yang sesuai dengan ukuran tubuh operator atau pengguna, karena tidak memungkinkan untuk merancang tempat kerja yang mampu mengakomodasi semua ukuran dimensi tubuh pekerja (terbesar terkecil), maka dari itu penting untuk merancang tempat kerja yang mencakup mayoritas pengguna (Dindadhika,2018).

Data antropometri diperlukan untuk perancangan desain yang meliputi desain bagi orang ekstrim (terkecil atau terbesar), desain tiap individu, desain untuk kisaran yang dapat diatur dengan menggunakan persentil 5 dan persentil 95 dari populasi. Perhitungan 50 persentil juga dapat digunakan untuk mendapatkan rerata dimensi dari rerata antropometri pengguna. Persentil merupakan nilai yang menyatakan bahwa persentase tertentu dari sekelompok orang yang dimensinya sama dengan atau lebih rendah dari nilai tersebut. Bentuk kursi sangat dipengaruhi oleh anatomi tubuh dan kebutuhan akan komponen-komponen penyangga organ tubuh. Kursi yang baik harus bisa menopang punggung dan pantat, ini bertujuan agar beban tubuh dapat terdistribusi secara merata ke bidang sandaran dan alas duduk.

Secara keseluruhan dimensi antropometri mahasiswa untuk mendesain kursi kuliah dapat dicermati pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Pedoman Dimensi Antropometri untuk

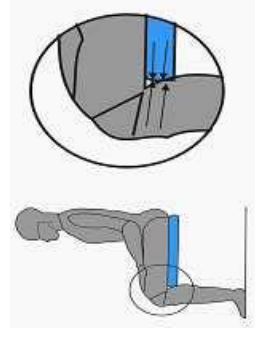
Disain Kursi Kuliah(Sumber: Novia, 2015)

Keterangan:

1. Tinggi lipatan dalam perut (popliteal)
2. Jarak pantat-lipatan dalam lutut (jarak buttock-popliteal)
3. Lebar pinggul
4. Tinggi bahu posisi duduk

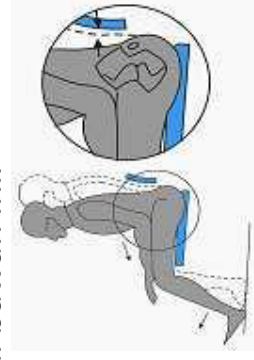
5. Lebar bahu
 6. Tinggi siku posisi duduk
- Menurut Panero dan Zelinik dalam Wiranata, 2011 posisi duduk yang salah akan mengakibatkan dampak negatif, dan akan berpengaruh buruk pada kenyamanan misalnya:

- a. Jika kursi terlalu tinggi dari lantai maka menyebabkan bagian bawah paha akan tertekan. Hal ini akan menimbulkan ketidaknyamanan bagi pengguna, da peredaran darah akan terhambat, selain itu menyebabkan telapak kaki melemahnya stabilitas tubuh. Seperti tampak pada gambar di bawah ini



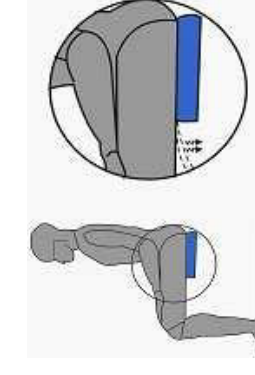
Gambar 2. Akibat kursi terlalu tinggi (sumber: Novia, 2015)

- b. Sebaiknya jika tinggi alas kursi terlalu rendah dari lantai maka menyebabkan kaki condong ke depan, menjauhkan tubuh dari keadaan stabil. Selain itu pergerakan tubuh ke depan akan menjauhkan punggung dari sandaran sehingga penompang lumbar tidak terjaga dengan tepat, seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. Akibat alas kursi yang terlalu rendah (Sumber: Novia, 2015)

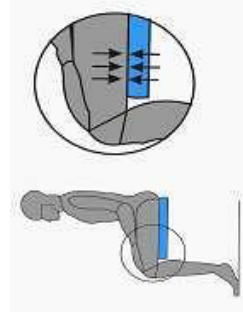
- c. Panjang alas kursi (kedalaman kursi) juga faktor penting yang dapat menimbulkan ketidaknyamanan duduk. Bila alas kursi terlalu panjang maka bagian ujung dari alas kursi menekan daerah tepat dibelakang lutut (popliteal). Hal ini akan menghambat aliran darah ke kaki sehingga menimbulkan ketidaknyamanan, seperti gambar di bawah ini



Gambar 4. Akibat alas terlalu panjang (Sumber: Novia, 2015)

- d. Panjang alas kursi yang terlalu pendek juga tidak baik karena seseorang cenderung merasakan jatuh ke depan, disebabkan kecilnya daerah pada bagian bawah paha. Akibat yang lain, alas kursi yang terlalu pendek akan menimbulkan tekanan pada pertengahan

paha, seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini



Gambar 5. Akibat alas kursi terlalu pendek (Sumber: Novia, 2015)

- e. Bila meja belajar terlalu tinggi, maka bahu akan lebih sering terangkat pada saat menulis atau meletakkan tangan diatas meja. Bila meja terlalu rendah maka sikap tubuh akan membungkuk pada saat menulis. Sikap tubuh yang seperti itu dapat mengakibatkan sakit pada otot-otot pinggang atau punggung dan sakit otot-otot leher dan bahu.
- f. Bila kursi kuliah tidak punya sandaran yang pas, maka tidak dapat memberikan dukungan pada lumbar. Kursi kuliah yang baik harus dapat menopang tulang belakang (terutama daerah lumbar) dengan posisi yang baik dan sesuai bentuk alami tulang belakang. apabila kursi tidak memiliki sandaran maka akan mempercepat proses terjadinya kelelahan serta meningkatkan rasa sakit atau pegal yang timbul pada bagian punggung dan pinggang akibat posisi duduk yang kurang tepat.

Dalam pembelajaran mahasiswa sarana prasarana yang digunakan adalah kursi mahasiswa seperti gambar di bawah ini.



Gambar 6. Kondisi kursi kuliah di ruang STT malang

Dilihat dari gambar diatas, dalam proses belajar mahasiswa sangat membutuhkan kenyamanan, tetapi tidak didukungnya dengan tersedianya fasilitas kursi kuliah yang ergonomis dalam ruang kelas. Kursi yang dimaksud adalah tidak sesuai dengan besarnya laptop sehingga mengakibatkan kelelahan fisik mahasiswa saat proses belajar di kelas. Selain itu mahasiswa juga merasakan beberapa keluhan lain diantaranya:

- 1) Keluhan yang timbul akibat peletakan laptop pada meja kursi yang tidak ergonomis membuat mahasiswa mendapati keluhan diantaranya pandangan mata kabur karena kurang tepatnya peletakan laptop yang digunakan cukup lama saat pembelajaran berlangsung. Keluhan lain yaitu nyeri pada tangan, leher, pundak serta punggung.
- 2) Alas menulis yang kurang lebar membuat mahasiswa kurang leluasa untuk menulis dan meletakkan laptop maupun alat tulis.

- 3) Tidak adanya tempat untuk menaruh tas, karena tempat untuk menaruh tas yang berada di bawah kursi dijadikan sebagai pijakan kaki mahasiswa. Sehingga tas berserakan di lantai dan membuat berantakan.

Jika dilihat dari ilmu ergonomi maka sangat diperlukan kursi yang nyaman untuk mahasiswa pada saat kuliah, sehingga di desainin kursi yang nyaman bagi mahasiswa sebagai alat penunjang belajar mahasiswa.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan atribut produk yang telah dikelompokan kedalam 7 variabel sebagai berikut:

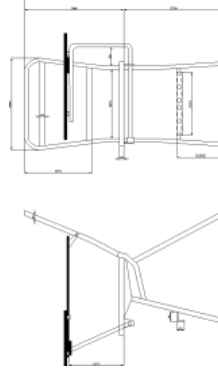
- 1.Kursi
- 2.Meja yang lebar
- 3.Sandara Punggung
- 4.Sandaran Kaki
- 5.Sandaran Tangan
- 6.Tempat alat tulis
- 7.Tempat tas

Hasil perhitungan persentil dari data antropometri yang telah diambil selanjutnya akan digunakan untuk menentukan dimensi kursi kuliah rancangan yang baru. Pada fase ini komponen produk, bentuk dan dimensi dari setiap komponen produk ditetapkan. Adapun variabel redesain kursi kuliah secara ergonomis berdasarkan dimensi antropometri yang diperoleh adalah sebagai berikut (Harahap, 2013)

- Tinggi Meja menggunakan persentil ke-95 dan persentil ke -5 adalah 625 mm. Panero dan Zelnik (dalam Wiranata, 2011) menyatakan bahwa penggunaan persentil ke -5 agar semua pengguna bisa menjangkau meja dengan nyaman dan posisi duduk pengguna tidak terlalu membungkuk.
- Panjang meja ditentukan oleh panjang siku dan disesuaikan dengan dimensi laptop. Panjang meja menggunakan persentil ke-95 dan persentil ke -5 adalah 450mm. Hal ini agar mencakup populasi yang memiliki panjang siku ke ujung jari tengah yang paling maksimal dan minimal, karena jika panjang siku yang digunakan adalah populasi yang kecil maka orang yang memiliki ukuran panjang siku yang maksimal akan merasa kesulitan menyesuaikan dengan alas menulis (Panero dan Zelnik dalam Wiranata, 2011)
- Lebar Meja menggunakan ukuran kertas A3 yaitu lebarnya 300mm
- Lebar Alas Kursi disamakan dengan lebar pinggul mahasiswa. Data diambil menggunakan persentil ke-95 dan persentil ke -5 adalah 365 mm
- Panjang Kursi disamakan dengan panjang popliteal mahasiswa. Data diambil menggunakan persentil ke -5 adalah 372 mm. agar dapat mengakomodasi jumlah terbesar pemakaian yang memiliki jarak popliteal ke pantat yang terpendek, maupun panjang popliteal yang lebih panjang (Panero dan Zelnik dalam Wiranata, 2011)
- Tinggi Alas Duduk Kursi disamakan dengan tinggi popliteal mahasiswa. Data diambil menggunakan persentil ke-95 adalah 425 mm
- Alas Duduk dengan ketebalan lebih tebal dari alas kursi lama yaitu 30 mm
- Tinggi sandaran Punggung disamakan dengan tinggi bahu. Data diambil menggunakan persentil ke-50 adalah 440mm

- Lebar Sandaran Punggung Kursi disamakan dengan lebar bahu. Data diambil menggunakan persentil ke-50 adalah 355 cm
- Dimensi Tempat Tas disamakan dengan dimensi tas kuliah mahasiswa pada umumnya. Ukuran tas yang dibuat adalah 50 cm x 40 cm
- Tinggi Sandaran Tangan disamakan tinggi siku duduk. Data diambil menggunakan persentil ke-5 adalah 23 cm
- Panjang Sandaran Tangan disamakan dengan tebal perut mahasiswa yaitu 300mm
- Dimensi Tempat Alat Tulis disesuaikan dengan ukuran alat tulis pada umumnya yaitu terdiri dari pensil, pulpen, penghapus, penggaris, dan sebagainya yaitu 10 cm x 5 cm
- Lebar Pijakan Kaki menggunakan persentil ke-5 adalah 400mm

Berdasarkan hasil perhitungan diatas dapat diketahui dimensi rancangan kursi kuliah yang baru secara keseluruhan. Di bawah ini adalah gambar 2D rancangan kursi kuliah baru menggunakan Autocad 2007



Gambar 7. Skema desain kursi kuliah baru

Dari penjabaran perhitungan desain kursi baru mahasiswa maka dapat dispesifikasikan hasil perhitungan sebagai berikut:

Data Antropometri	Data desainbarkursi (mm)
Tinggi Kursi	830
Lebar Kursi	500
Lebar Alas duduk	365
Tinggi alas duduk	425
Panjang meja	450
Lebar meja	300
Tinggi meja dari alas	230
Tinggi meja dari lantai	625
Lebar sandaran Punggung	355
Tinggi Sandaran punggung	440
Panjang Sandaran Tangan	300
Lebar sandaran tangan	70
Lebar Pijakan kaki	400
Panjang pijakan kaki	265
Tempat tas	50x40
Tebal bahan busa	30

Tabel 1. Data Desain baru Kursi

Sumber:Data Primer diolah, 2022

Alasan menggunakan Persentil 95 adalah untuk mewakili sampel dari populasi terbesar dari responden yang diambil dan Persentil 5 untuk mewakili sampel dari populasi terkecil dari respon yang diambil. Selanjutnya setelah mendapatkan pengukuran antropometri tubuh mahasiswa maka tahapan selanjutnya adalah pembuatan kursi mahasiswa dengan tahapan sebagai berikut:

- Menyiapkan alat, bahan dan rangka kursi bekas yang sesuai dengan spesifikasi kursi kuliah yang di desainkan baru
- Pemasangan besi siku untuk pijakan kaki
- Pengecatan rangka
- Pemasangan spon dan multipleks pada tripleks
- Pemasangan besi penyangga meja dan sandaran tangan
- Pemasangan sandaran tangan
- Pemasangan rel pada bagian bawah meja
- Pemasangan meja
- Pemasangan tempat tas dan alat tulis

Sesuai data diatas maka rancangan kursi kuliah yang baru seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 8. Kursi kuliah baru hasil desain ulang.

Dengan hasil perbaikan sebagai berikut:

1. Kursi mahasiswa dibuat sesuai dengan anatomi tubuh yang benar dengan menggunakan ilmu ergonomi, seperti menggunakan kursi dengan alas menulis yang lebar agar mahasiswa bisa menyangga laptop dengan tepat, kursi diperlebar ke arah samping dan depan.
2. Sandaran pada kursi dibuat mampu untuk menyangga tulang belakang secara tepat agar badan tidak cenderung membungkuk, sehingga tidak menimbulkan kelelahan punggung
3. Terdapat pijakan kaki pada bawah kursi sehingga bisa dijadikan pijakan yang nyaman untuk mahasiswa duduk
4. Terdapat tempat tas pada sisi kanan kursi sehingga tas yang dibawa oleh mahasiswa tidak berserakan di bawah atau lantai.

Dengan di desainkan kursi mahasiswa yang baru sesuai dengan standar ergonomi dan pendekatan antropometri, diharapkan mahasiswa dapat belajar dengan nyaman sehingga proses belajar mengajar dapat berjalan dengan maksimal dan mahasiswa dapat terhindar dari kelelahan-kelelahan fisik akibat kurang nyamannya sarana yang mahasiswa gunakan.

Kesimpulan

Hasil penelitian ini menemukan bahwa redesign kursi baru perkuliahan ini perlu dilakukan agar meningkatkan kenyamanan mahasiswa dalam melakukan aktivitas perkuliahan. Kursi perkuliahan yang baru dapat meningkatkan konsentrasi belajar mahasiswa dan meminimalisir permasalahan bentuk tubuh dikemudian hari. Salah satu faktor yang dapat meningkatkan kualitas belajar mahasiswa yaitu penggunaan kursi dan

meja kuliah selama perkuliahan berlangsung yang ergonomis, aman dan nyaman sangat dibutuhkan mahasiswa saat proses perkuliahan agar tidak menimbulkan cedera otot saat dipakai dalam waktu yang lama.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Universitas Katolik Widya Mandala yang telah membantu proses pelaksanaan prosiding artikel ilmiah.

Referensi

- Alfaiyah, R. & Marthin, W. (2013). Redesign Kursi Dan Meja Perkuliahan Dengan Metode Quality Function Deployment (QFD) Secara Ergonomis Di Program Studi Teknik Industri Universitas Pamulang. J. Chem.Inf.Model. 53,1689–1699
- Ardiansyah Eko anindiyo, F. (2010). Analisa Perancangan Kursi Kuliah Yang Ergonomi. 4,64–76
- Dindadhika, K. A. (2018). Desain Ulang Kursi Kuliah Yang Inovatif Dan Ergonomis. (Universitas Islam Indonesia).
- Devi, Novia. (2015). Analisis Ergonomi Untuk Redesain Kursi Kuliah (Studi Kasus di Ruang Kuliah Fakultas Teknik Universitas Jember),
- Iridiastadi, H. (2014). Ergonomi suatu Pengantar. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. (2018). Modul Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan Berbasis Kompetensi.
- M. Muslimin, Silviana, A. R. W. (2019).Desain Frame Kursi Kuliah Dengan Penerapan Ergonomi Dan AnalisisBeban Statik Dengan Software Solidwork 2019. Conf. Innov. Appl. Sci. Technol. (CIASTECH 2019) 2, 6
- Wiranata, E. (2011). Karena Kursi Yang Nyaman Dapat Meningkatkan Konsentrasi Mahasiswa Dan Mengurangi Rasa Nyeri Pada Tubuh Seperti Nyeri Punggung Dan Nyeri Pinggang.
- Wijaya,M,A. Siboro,B,A, H.Purbasari, Anissa. (2016). Analisa Perbandingan Antropometri Bentuk Tubuh Mahasiswa Pekerja Galangan Kapal dan Mahasiswa Pekerja Elektronika. Profisiensi. Vol. 4,2:108 -117.
- Yuwono, R.& Yuamita, F. (2015). Analisa Faktor K3 dan Ergonomi Terhadap Fasilitas Pusat Kesehatan Universitas Untuk Mengukur Kepuasan Pasien. J. Ilm.Tek. Ind.14,1–12.



Pengaruh Stretching Melalui Media Tiktok untuk Kecepatan Respon Kerja Pegawai dan Mengurangi Resiko Musculoskeletal Disorders

Priska Wulan Ndari, Tarsisius Dwi Wibawa Budianta

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ priskawulandari21@gmail.com

Dalam penelitian ini khususnya pekerjaan pada bagian administrasi yang mana ketika pendaftaran seminar proposal tugas akhir atau skripsi pelayanan menjadi sangat padat dan kelelahan. Setiap pekerjaan memiliki potensi menimbulkan resiko kesehatan maupun keselamatan. Tujuan Penelitian ini adalah untuk Mendeskripsikan pengaruh stretching melalui media tiktok untuk mempercepat respon kerja dan mengurangi risiko musculoskeletal disorders. Metode penelitian ini adalah analisis deskriptif dengan studi eksperimen dengan 3 perlakuan yaitu tahap pertama tidak diberikan perlakuan peregangan, tahap kedua diberikan peregangan pada siang hari, tahap ketiga diberikan peregangan pada pagi dan siang. Pengambilan sampel yang digunakan yaitu purposive sampling kepada 20 pegawai administrasi. Instrumen penelitian ini adalah paper display dan video rekaman cctv. Kesimpulan menunjukkan bahwa perlakuan peregangan dapat meningkatkan kecepatan respon pekerjaan dan mengurangi kelelahan. Peregangan pada siang hari dapat memberikan kecepatan respon kerja yang lebih baik daripada tanpa peregangan. Peregangan di pagi dan siang hari memberikan kecepatan respons tercepat, memiliki kontribusi positif terhadap kesehatan dan kinerja pegawai menghindari mengurangi stres dan kelelahan musculoskeletal disorder.

Kata Kunci: Stretching, Tik Tok, Kecepatan Respon, Musculoskeletal Disorders

Pendahuluan

Bekerja dengan posisi statis dalam waktu yang lama dapat memberikan kelelahan sehingga memberikan efek produktivitas yang rendah. Salah satu upaya yang tepat untuk mengurangi kelelahan pada tubuh adalah dengan melakukan peregangan atau stretching yang merupakan upaya dalam mengurangi resiko bahaya ergonomi di tempat kerja. Prinsip dari pemberian stretching untuk memberikan pengetahuan dan keterampilan pekerja dalam mencegah munculnya kelelahan atau nyeri pada bagian tubuh. Perilaku individu terhadap keluhan penyakit tergantung dari pengetahuan terhadap penyakit tersebut, sehingga tidak dilakukan tindakan pencegahan.

Perilaku seorang individu terhadap suatu keluhan penyakit tergantung dari pengetahuan, sikap, dan tindakan individu tersebut, apabila pengetahuan pun diabaikan. Hal yang dapat dilakukan untuk mengatasi keluhan setelah melakukan kegiatan kerja sebagai salah satu teknik relaksasi dengan stretching. Dengan merenggangkan otot yang diperlukan untuk orang sehat atau sakit, dapat mengulur dan melenturkan akan menambah fleksibilitas otot yang dianggap bermasalah. Baik di kantor atau sedang bekerja (Julianus, 2016). Stretching sangat efektif dilakukan untuk meningkatkan fleksibilitas otot dan sendi sehingga dapat memberikan efek penurunan atau hilangnya rasa nyeri. Latihan ini juga dapat meningkatkan aliran darah dan

memperkuat tulang. beban kerja fisik dan mental menciptakan akurasi rendah dan respon yang lebih lama dan produktivitas yang lebih rendah (Hutabarat et al., 2013). Mengabaikan ketidakpedulian dan kebosanan akan menciptakan stres (stres kronis atau akut), misalnya kecemasan, depresi dan gangguan kepribadian sebagai bentuk kondisi psikososial dan mental (Tsujita dan Morimoto, 2002).

Tanda-tanda dari kelelahan termasuk kecepatan perhatian/respons yang lebih rendah, lebih rendah dan hambatan persepsi, lamban dan sulit berpikir, rendahnya kemauan untuk bekerja dan rendahnya efisiensi untuk aktivitas fisik dan mental yang menyebabkan rendahnya kewaspadaan dan dapat menyebabkan kecelakaan (Suma'mur, 1987; Hutabarat et al., 2016). Sehingga pada hal ini peneliti mencoba memberikan solusi terhadap kelelahan pegawai pelayanan di Sekolah Tinggi Teknik Malang dengan memberikan metode stretching melalui media tik tok untuk menghindari kelelahan yang berlebih dalam bekerja dan mempercepat respon kerja. Perlakuan peregangan dan pengukuran kecepatan respon dilakukan pada pagi hari dan siang hari.

Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah analisa deskriptif dengan studi eksperimental. Metode pengambilan sampel

yang digunakan yaitu metode purposive sampling, dilakukan kepada pegawai administrasi yang bekerja dari jam 08.00 s.d 16.00 WIB. Sample adalah pegawai administrasi Sekolah Tinggi Teknik Malang. Adapun kriterianya adalah:

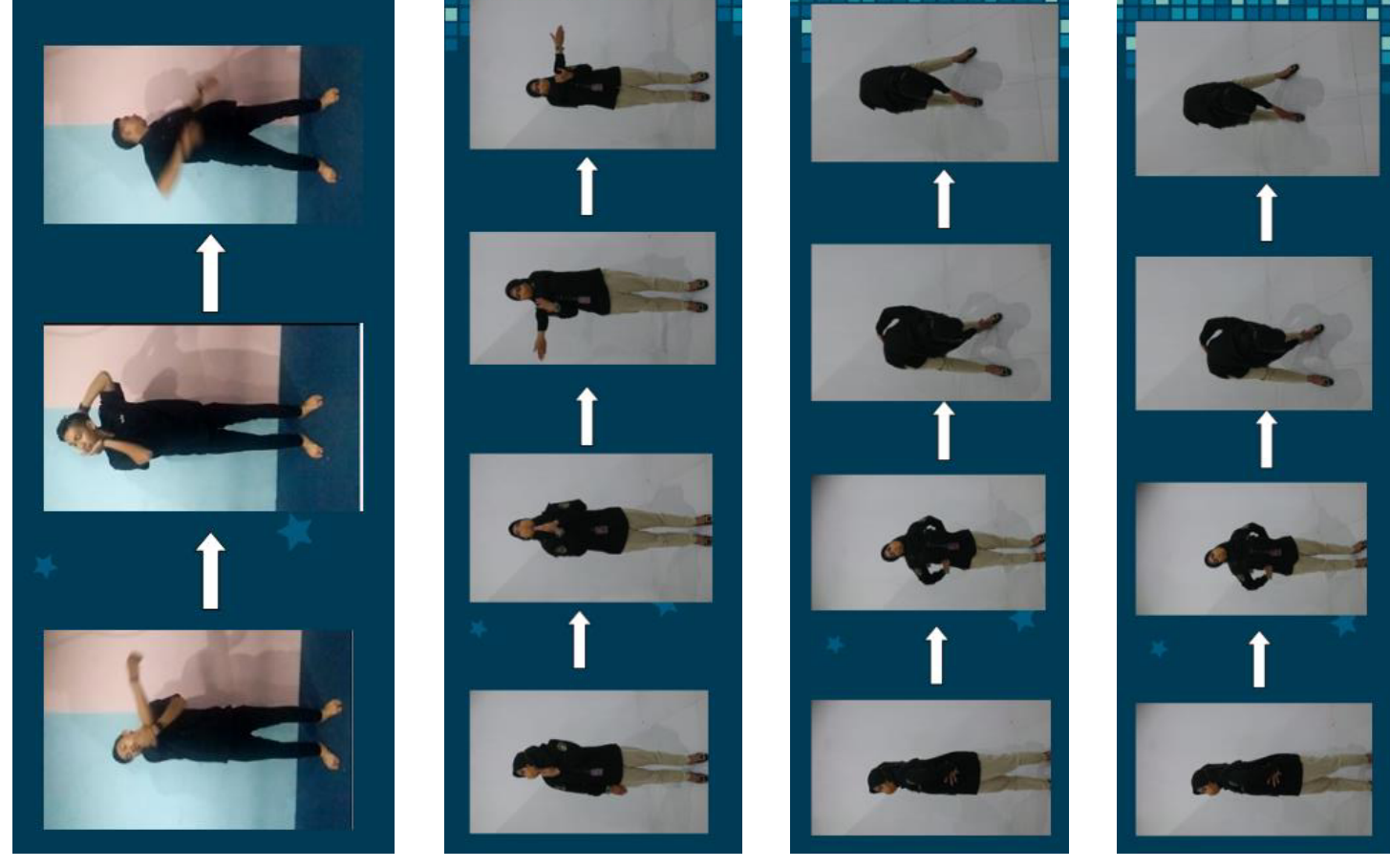
1. Pegawai bekerja dari pukul 08.00 s.d 16.00 WIB
2. Pegawai pelayanan setuju untuk menjadi sampel penelitian dan menandatangani informed consent,
3. Usia responden antara 20 sampai 35 tahun
4. Responden mereka duduk di kursi pelayanan rata-rata 6 jam/hari
5. jumlah responden adalah 20 pegawai
6. terhadap suatu penyakit tidak atau belum diketahui, maka sikap dan tindakan dalam upaya pencegahan
7. Tingkat kepadatan pelayanan 20 mahasiswa/jam
8. Aktivitas kepadatan saat pengumpulan berkas ujian seminar proposal
9. Jenis kelamin responden laki-laki dan perempuan
10. Instrumen penelitian ini adalah papan display yang terbuat dari kertas berisikan tulisan huruf dan angka ditempatkan secara baris pada display tersebut dengan jarak 5 cm, besar huruf dan angka bervariasi terdapat 10 (sepuluh) model display, kedua adalah kamera yang digunakan untuk merekam proses pemberian respon terhadap masing-masing display.

Hasil Kerja

Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Pergerakan dilakukan selama 5 menit Perawatannya adalah dibedakan berdasarkan tanpa pererangan (untuk kontrol), pererangan pada siang dan sore hari (perlakuan pertama), dan pererangan pada pagi dan siang hari (perawatan kedua melalui tiktok
2. Pererangan bernama D-Stretch dilakukan di area dasar dengan posisi berdiri selama 2 menit dan posisi istirahat selama 2 menit. Itu dilakukan tanpa musik untuk gerakan pererangan sebagai gerakan untuk leher, punggung, tangan, jari, pinggul dan kaki
3. Fleksibilitas: menggerakkan leher ke kiri-kanan, maju-mundur dan memutar kepala dari kiri ke kanan, lalu memutar kepala ke kanan kiri selama 50 detik. untuk kelenturan punggung: memutar tangan dengan menekuk dari depan ke depan ke belakang, dan sebaliknya, kanan dan kiri kiri sejajar untuk bergerak ke kiri atau ke kanan selama 50 detik. fleksibilitas tangan: menggerakkan tangan ke depan dan ke belakang dalam posisi sejajar dengan bahu, posisi tangan tadi tertekuk dan bergerak maju dan mundur selama 75 detik. Latihan Kelenturan kaki yaitu lari di tempat, dilanjutkan dengan mengangkat kaki kiri dan kanan dan tangan bergantian, berjalan maju dan mundur selama 75 detik. Total pererangan adalah 5 menit melalui tiktok.
4. Pererangan D-stretch dikendalikan oleh dua ahli. Ahli memberikan contoh dan diikuti oleh seluruh Pegawai. memastikan gerakan D-stretch yang tepat, satu ahli lainnya memantau Pegawai untuk memperbaiki gerakan yang salah. Pengukuran kecepatan respon dilakukan selama istirahat siang. Bagi responden tanpa atau dengan pererangan, diminta untuk memberikan respon terhadap tampilan yang ditampilkan pada masing-masing pegawai administrasi akademik.



Gambar 1. Gerakan Stretching mulai dari lengan, leher ke punggung, kaki

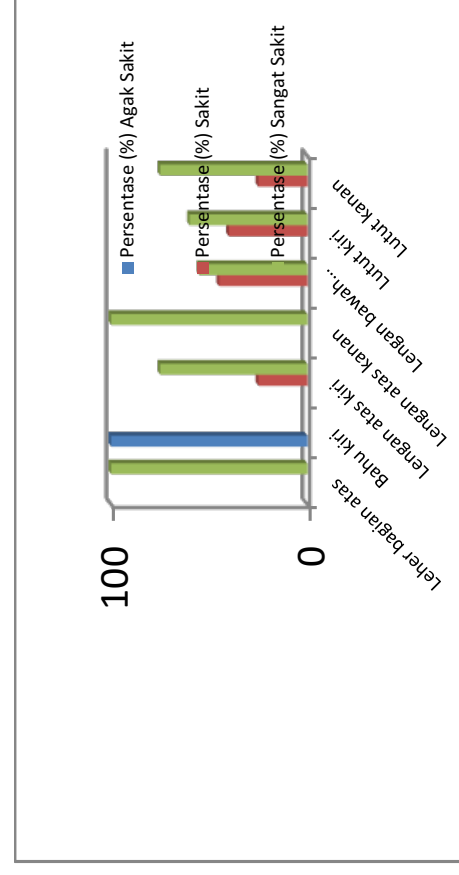
Gambar 1 tersebut menjelaskan gerakan Stretching mulai dari lengan, leher ke punggung, kaki.

Ukuran hasil waktu respon ditabulasikan dan disajikan dengan Microsoft Office Excel 2007 kemudian dianalisis statistik dengan SPSS V.20 for Window. perbedaan antara pagi, siang dan sore adalah dihitung dengan mencari pengurangan respon rata-rata kecepatan dan kelelahan pada pagi sebagai patokan dengan siang dan sore. Hasil positif menunjukkan kecepatan respon yang lebih cepat (lebih baik) sedangkan hasil negatif menunjukkan waktu respon yang lebih lambat. Pengukuran dibagi menjadi 3 tahap. Tahap 1 Pegawai tanpa pererangan tujuannya untuk mengetahui kecepatan respon tanpa perlakuan. Tahap 2 mengukur Pegawai dengan pererangan siang saja (pertama pengobatan). Tahap 3 diukur Pegawai pada pagi hari dan pererangan siang (perawatan kedua).



Keluhan

Berikut grafik keluhan yang dialami:



Gambar 2. Keluhan yang dialami pegawai

Tabel 1. Waktu Respon tanpa stretching

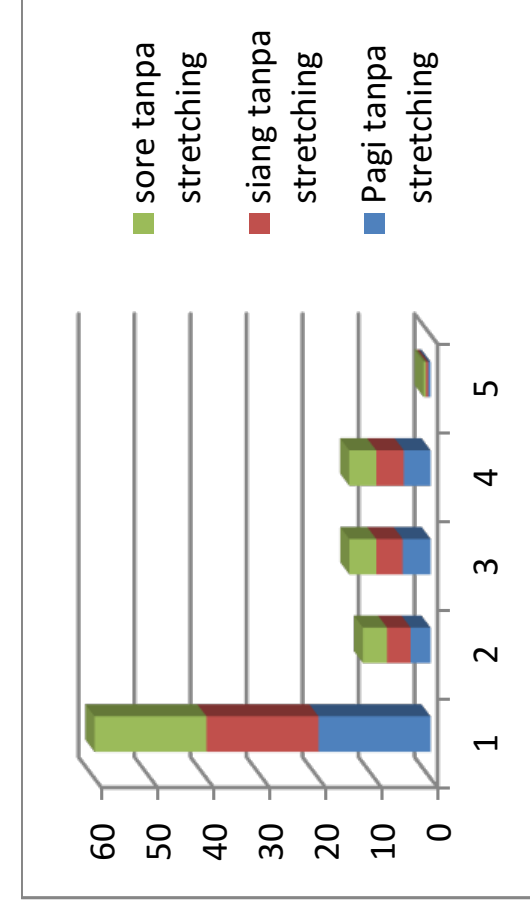
	N	Min	Max	mean	std	deviasi
Pagi tanpa stretching	20	3.56	5	4.8121	0.42153	
siang tanpa stretching	20	4.21	4.7	4.9001	0.41231	
sore tanpa stretching	20	4.3	4.8	4.8142	0.40234	
valid N (listwise)						

Berdasarkan gambar 2 grafik diatas dapat dilihat kelelahan karena kerja pada bagian leher bagian atas, lengan atas kanan dan bahu kiri adalah bagian yang paling sakit. Upaya penanganan keluhan tersebut adalah dengan mengatasi kelelahan melalui stretching yaitu dengan peragangan leher, bahu dan lengan masing-masing dilakukan selama 5 menit. Pegawai dengan usia di atas 35 tahun kelihatan lebih baik dalam pelayanan setelah mendapatkan peragangan Indeks Massa Tubuh (BMI) dari 16,46 menjadi 24,50. Pegawai tidak memiliki mempunyai riwayat rekam medis sebagai berikut: tekanan darah tinggi, diabetes dan penyakit jantung. Riwayat Pendidikan sebagian sebagian besar pegawai administrasi adalah S1. Kecepatan respon (detik) kelompok kontrol (tanpa peragangan) dipengaruhi oleh kondisi fisik pegawai. Penelitian ke-1 menunjukkan bahwa pengukuran pertama untuk non peragangan (kontrol) penelitian ini dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali yaitu di pagi jam 10, siang jam 2 dan sore jam 5. Hasilnya menunjukkan respon kerja rata-rata pekerjaan pegawai tanpa peragangan pada pagi hari adalah cepat sedangkan pada siang hari adalah lebih lambat, sedangkan pada sore hari adalah sangat lambat. Trend menunjukkan kelelahan yang terbanyak adalah yang tanpa peragangan. Ini menunjukkan bahwa kondisi pegawai selama bekerja mulai lelah dan stres.

Diskusi

Penelitian tahap pertama menggambarkan pegawai bekerja tanpa peragangan (perlakuan kontrol) respon kerja pada siang hari lebih lambat dari pagi dan kelelahan kerja. Yang paling parah adalah pada sore hari, di mana respon kecepatannya merata menjadi lebih lambat dari pagi dan

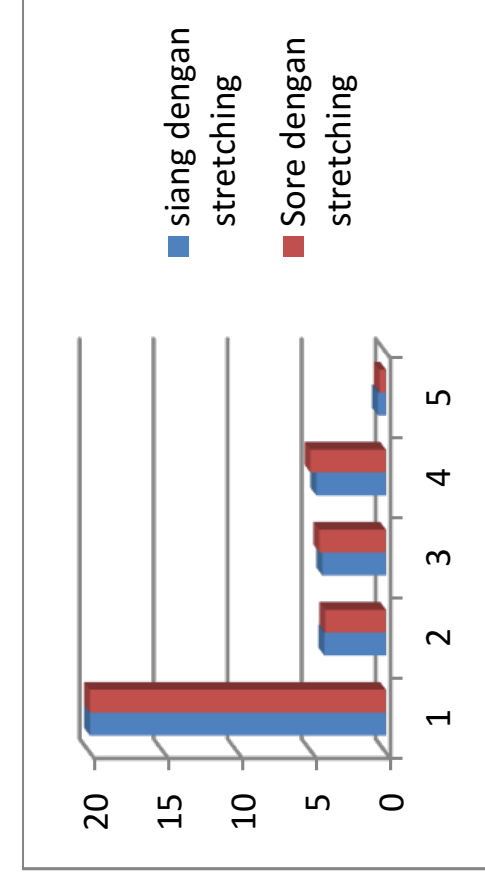
siang hari. Artinya seiring dengan lamanya waktu kerja dan kondisi yang membutuhkan konsentrasi dan respon kecepatan, pada siang hari mulai merasakan kelelahan. Kondisi ini semakin parah pada sore hari. Hal ini akan mempengaruhi konsentrasi kerja. Jika hal ini berlangsung lama, bisa mengakibatkan kelelahan fisik. Peragangan pada siang hari (tahap pertama) dapat meningkatkan kecepatan respon dan mengurangi kelelahan. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan peragangan pada siang hari dapat meningkatkan kecepatan respon pekerja, menurunkan tingkat ketegangan atau stres. Menurut Hjortskov et al. (2004) jika situasi tegang itu terlalu lama dan tidak ditanggulangi, dapat menimbulkan stres dan beban kerja yang lebih tinggi.



Gambar 3. Grafik tanpa stretching waktu respon

Tabel 2. Waktu Respon dengan stretching siang hari

	N	Min	Max	mean	std	deviasi
siang dengan stretching	20	4.16	4.3	4.7001	0.54621	
Sore dengan stretching	20	4.1	4.5	5.1003	0.42432	
valid N (listwise)						



Gambar 4. Grafik dengan stretching

Hasil penelitian mendeskripsikan bahwa peragangan di pagi hari dan siang (perlakuan kedua), kecepatan respon pegawai administrasi secara konsisten menunjukkan tren yang lebih cepat. Perlakuan pada siang hari memberikan kecepatan respon terbaik. Pengujian pengaruh antar subjek dianalisis dengan SPSS 20 untuk Windows. Hasil menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan waktu respon untuk perlakuan tanpa peragangan. Perlakuan peragangan secara signifikan dapat meningkatkan kecepatan respons. Kombinasi tanpa pengobatan dan Perlakuan peragangan juga dapat



meningkatkan kecepatan respon. Hal ini berarti bahwa peredaran otot dapat meningkatkan rata-rata kecepatan respon bekerja karena mengurangi kelelahan fisik.

Kesimpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan peredaran dapat meningkatkan kecepatan respon. Peredaran pada siang hari dapat memberikan kecepatan respon yang lebih baik daripada tanpa peredaran. Peredaran di pagi dan siang hari memberikan kecepatan respons tercepat, memiliki kontribusi positif terhadap kesehatan dan kinerja pegawai menghindari muskuloskeletal disorder dan mengurangi stres dan kelelahan.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada:

1. Sekolah Tinggi Teknik Malang yang telah mengizinkan menjadi tempat penelitian dan
2. Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya yang telah memberikan kesempatan menulis dan publikasi.

Referensi

- Amell, T.K., Kumar S. (2000). Cumulative trauma disorders and keyboarding work. *International Journal of Industrial Ergonomics*; 25(1): 69-78
- Basahel A, Young M, Ajovalasit, M. (2012). Interaction Effects of Physical and Mental Tasks on Auditory Attentional Resources. www.perceptionenhancement.com/docs/papers/bya2012ieo.pdf.
- Bell PM and Wang H. (1997). Fuzzy linear regression models for assessing risks of cumulative trauma disorders. *Fuzzy Sets and Systems*; 92(3): 317- 340
- International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 12, Number 20 (2017) pp. 10184-10188 © Research India Publications. <http://www.ripublication.com> 10188
- Chander, DS, and Maria PC. (2017). An observational [50] method for Postural Ergonomic Risk Assessment (PERA). *International Journal of Industrial Ergonomics*. 57: 32-41
- Chiasson, MÈ, Daniel I, Judy M, Karine A, Alain D. (2015). Influence of musculoskeletal pain on workers' ergonomic risk-factor assessments. *Applied Ergonomics*; 49: 1-7
- Heikoop, DD, Joost CF, de Winter, Bart van A, Neville AS. (2017). Effects of platooning on signal-detection performance, workload, and stress: A driving [simulator study. *Applied Ergonomics*; 60: 116-127
- Hjortskov, N., Dag Risse'n D., Blangsted A.K., (2004) [15] Fallentin N., Lundberg U., Sogaard K. The Effect of [15] Mental Stress on Heart Rate Variability and Blood Pressure During Computer Work, *Eur J Appl Physiol*; 92: 84-89.
- Hughes, L.E.M.S., and Reeves K.B. (2005): Effects of Time Pressure and Mental Workload on WMSD Risk, IIE Annual Conference Proceeding. 1-6.
- Hutabarat J, Ruwana I, Setiadjit D, Mustiadi L, Mulyanto A. (2016); The Effect of Stretching and Age Toward

- Mental Workload of City Car Transportation Driver. *IJABER*. 14(14): 1031-1041
- Hutabarat J, Soeparman S, Pratikto, Santoso PB. (2013). Effect of Singing Dancing on Mental Workload to Pencantingan Task of Batik Buketan Motive. *Industrial Engineering Letters*; 3(5): 54-62 [82]
- Hutabarat J, Soeparman S, Pratikto, Santoso PB. (2013). Influence of Singing Dancing During a Rest Break Towards Productivity and Product Quality. *World Applied Sciences Journal*; 25(8): 1239-1250
- MacLeod, D. 1995. *The Ergonomics Edge: Improving Safety, Quality, and Productivity*. Van Nostrand [106] Reinhold, New York.
- Mandrick K, Vsevolod P, F Rémy, Evelyne L and Mickaël C. (2016). Neural and psychophysiological [85] correlates of human performance under stress and high mental workload. *Biological Psychology*. 121, Part A: 62-73
- Mazur LM, Prithima RM, Marianne J, Sha X, Chang, Lawrence B, Marks. (2012). Quantitative Assessment of Workload and Stressors in Clinical Radiation Oncology. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*. 83(5): e571-e576
- Pavlovic-Veselinovic S, Alan H, Matija V. (2016). An [59] ergonomic expert system for risk assessment of work-related musculo-skeletal disorders. *International Journal of Industrial Ergonomics*; 53: 130-139
- Recarte, M.A., and Nunes, L.M. (2003), Mental Workload While Driving: Effects on Visual Search, Discrimination and Decision Making. *Journal of Experimental Psychology*. 9(2): 119-137.
- Suma'mur. 1995. *Higene Perusahaan dan Keselamatan Kerja*. PT. Toko Gunung Agung, Jakarta.
- Taylor, A.H. and Dorn, L. (2006.) Effects of physical inactivity on stress, fatigue, health and risk of at-work road traffic accidents. *Physical inactivity and road accidents*; 27: 371-391
- Tsujita S, Morimoto K. (2002) A Feeling of Interest was Associated with a Transient Increase in Salivary Immunoglobulin a Secretion in Students Attending a Lecture. *Environmental Health and Preventive Medicine*; 7: 22.



Strategi Peningkatan Jumlah Penjualan Kripik Usus Ayam pada Usaha Kecil Mikro

Lenny Herawati¹ Andrew Joewono²

¹ Sekolah Tinggi Teknik Malang

² Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ andrew_sby@ukwms.ac.id

UKM kripik usus ayam mengalami penurunan jumlah penjualan, indikatornya adalah jumlah penjualan tahun 2022 menurun hingga 50% dari penjualan tahun sebelumnya, yaitu 2021, penurunan jumlah penjualan ini dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal UKM. Metode yang diterapkan adalah analisa SWOT dan strategi pemasaran marketing mix (4P). Analisa SWOT digunakan untuk identifikasi awal permasalahan yang ada pada UKM untuk memperoleh data voice of customer kemudian disusun pernyataan yang diberikan kepada konsumen untuk mengetahui perihal apa saja yang diinginkan oleh konsumen dan ini sebagai dasar untuk memberikan usulan strategi penjualan ke UKM dengan menerapkan strategi marketing mix (4P). Dengan penerapan strategi marketing mix UKM mengalami kenaikan jumlah penjualan perminggu 10 Kg dengan nilai penjualan Rp.750.000,-.

Kata Kunci : strategi penjualan, SWOT, voice of customer, marketing mix (4P).

PENDAHULUAN

Pada dasarnya pertumbuhan ekonomi global sangat dipengaruhi oleh pertumbuhan jumlah penduduk yang sangat tinggi. Selain itu penerapan sistem otonomi daerah saat ini akan menyebabkan masing-masing daerah berpacu untuk mengembangkan wilayahnya dengan memanfaatkan seluruh potensi yang ada pada masing-masing daerah tersebut. Untuk pengembangan bisnis baik itu perusahaan kecil ataupun besar haruslah mempunyai strategi yang sesuai untuk mencapai tujuannya. Demikian halnya dengan UKM yang ada di Kelurahan bawang ini mengalami penurunan jumlah penjualan sejak bulan Januari 2022 sampai dengan bulan Oktober 2022 jika dibandingkan dengan jumlah penjualan tahun 2021 Berikut adalah tabel jumlah penjualan yang ada pada UKM:

Tabel 1. Jumlah Penjualan UKM Produk Kripik usus ayam tahun 2021

Bulan	Hasil Produksi (Kg)	Nilai Penjualan (Rp)
Januari	50 Kg	4.800.000,-
Pebruari	50 Kg	4.800.000,-
Maret	45 Kg	4.400.000,-
April	45 Kg	4.400.000,-
Mei	43 Kg	4.240.000,-
Juni	43 Kg	4.240.000,-
Juli	43 Kg	4.240.000,-
Agustus	42 Kg	4.160.000,-
September	42 Kg	4.160.000,-
Oktober	40 Kg	4.000.000,-
Nopember	40 Kg	4.000.000,-
Jumlah	483 Kg	43.200.000,-

Sumber : Data dari pemilik UKM

Tabel 2. Jumlah Penjualan UKM Produk Kripik usus ayam tahun 2022

Bulan	Hasil Produksi (Kg)	Nilai Penjualan (Rp)
Januari	30 Kg	3.200.000,-
Pebruari	30 Kg	3.200.000,-
Maret	30 Kg	3.200.000,-
April	28 Kg	3.040.000,-
Mei	28 Kg	3.040.000,-
Juni	28 Kg	3.040.000,-
Juli	20 Kg	2.400.000,-
Agustus	20 Kg	2.400.000,-
September	20 Kg	2.400.000,-
Oktober	15 Kg	2.000.000,-
Nopember	15 Kg	2.000.000,-
Jumlah	264 Kg	29.920.000,-

Sumber: Data dari pemilik UKM

Dari data tersebut diatas dapat dilihat bahwa jumlah penjualan dari tahun 2021 sampai dengan tahun 2022 menurun setiap bulannya, dan penurunan mencapai hampir 50%. Oleh karena itu pada penelitian ini akan diidentifikasi faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi jumlah penjualan dengan menggunakan analisa SWOT berdasarkan voice of customer dan memberikan usulan perbaikan dengan marketing mix (4P).

Metode Penelitian

Analisa SWOT digunakan untuk mendapatkan voice of customer dari data tersebut dapat diketahui kebutuhan dan keinginan konsumen (Heizer & Render,2014). Data yang dibutuhkan adalah data primer dan sekunder.

1. Data primer, adalah data yang dikumpulkan dari sumbernya secara langsung.



- Data sekunder, merupakan data yang berasal dari sumber lain seperti hasil penelitian sebelumnya, jurnal, artikel, karya ilmiah yang digunakan untuk memperoleh atau mengganti teori-teori yang dapat mendukung atau memecahkan masalah dalam penelitian.

Hasil dan Pembahasan

Faktor Internal dan Eksternal UKM yang disusun dalam kuesioner adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil kuesioner dari responden (konsumen tetap UKM)

RSP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
1	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	45
2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	48
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	46
5	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	46
6	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	35
7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24
8	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	35
9	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	46
10	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	47
11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
12	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	48
13	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24
14	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
15	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	48
16	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	28
17	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
18	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	48
19	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24
20	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	48
TOTAL	59	66	67	66	65	65	65	65	65	65	65	65	65

Sumber: Hasil dari kuesioner

Tabel 4. Kekuatan (*strength*) yang merupakan faktor Internal UKM

No.	Kekuatan (<i>strength</i>)	Rata-rata	Bobot	Skor
1.	Modal sendiri	2,95	2	5,9
2.	Mempunyai rasa khas	3,3	4	13,2
3.	Kualitas produk	3,35	4	13,4
	Total	9,6	10	32,5

Sumber: Hasil dari kuesioner

Tabel 5.Kelemahan (*weakness*) yang merupakan faktor Internal UKM

No.	Kelemahan (<i>weakness</i>)	Rata-rata	Bobot	Skor
1.	Kurangnya jaringan pasar	3,3	4	13,2
2.	Model Kemasan	3,25	3	9,75
3.	Kenaikan harga produk	3,25	3	9,75
	Total	9,8	10	32,7

Sumber: Hasil dari Kuesioner

Tabel 6. Peluang (*opportunity*) yang merupakan faktor Eksternal UKM

No.	Peluang (<i>opportunity</i>)	Rata-rata	Bobot	Skor
1.	Produk bisa bersaing dengan produk sejenis	3,25	5	16,25
2.	Harga terjangkau	3,25	3	9,75
3.	Bisa melayani COD	3,25	2	6,5
	Total	9,75	10	32,5

Sumber: Hasil dari Kuesioner

Tabel 7. Ancaman (*threats*) yang merupakan faktor Eksternal UKM

No.	Ancaman (<i>threats</i>)	Rata-rata	Bobot	Skor
1.	Banyaknya produk sejenis	3,25	5	16,25
2.	Harga produk yang lebih mahal	3,25	2	6,5
3.	Kurang mengerti strategi pemasaran	3,25	3	9,75
	Total	9,75	10	32,5

Sumber: Hasil dari kuesioner

Tabel 8. Uji validitas dari pernyataan-pernyataan yang merupakan faktor internal dan eksternal dari UKM

No.	Faktor Internal dan Eksternal	r hitung	R tabel	Keterangan
1.	Modal sendiri	0,614	0,444	Valid
2.	Mempunyai rasa khas	0,928	0,444	Valid
3.	Kualitas produk	0,970	0,444	Valid
4.	Kurangnya jaringan pasar	0,936	0,444	Valid
5.	Model Kemasan	0,956	0,444	Valid
6.	Kenaikan harga produk	0,956	0,444	Valid
7.	Produk bisa bersaing dengan produk sejenis	0,979	0,444	Valid
8.	Harga terjangkau	0,979	0,444	Valid
9.	Bisa melayani COD	0,979	0,444	Valid
10.	Banyaknya produk sejenis	0,979	0,444	Valid
11.	Harga produk yang lebih mahal	0,979	0,444	Valid
12.	Kurang mengerti strategi pemasaran	0,979	0,444	Valid

Sumber: Hasil pengolahan data SPSS

Interpretasi table menyatakan nilai item 1 sampai dengan 12 valid terlihat dari nilai r hitung > r tabel (pada sig 0,05, n=20, df=18 yaitu sebesar 0,444).

Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas ini digunakan untuk melihat tingkat konsistensi dari konsumen terhadap variable yang ada. Maka dari sini kita akan mengetahui apakah data yang diperoleh akan cenderung memberikan hasil yang sama atau tidak (Nelly, 2016).



Tabel 9. Uji Reliabilitas

Cronbach's Alpha	N of Item
.787	12

Sumber: Hasil pengolahan data SPSS

Dari data diatas dapat diketahui bahwa pernyataan-pernyataan yang disusun dalam faktor eksternal dan internal dengan nilai tersebut diatas merupakan *voice of customer* yang diperlukan dan dibutuhkan oleh konsumen. Sehingga dari *voice of customer* diberikan usulan untuk strategi pemasaran dengan *Metode marketing Mix* (4P) sebagai berikut:

Tabel 10. Usulan Strategi *Marketing Mix* (4P)

No.	Strategi Sebelumnya	Proses Pemasaran Berdasarkan usulan strategi	Hasil Usulan Strategi <i>Marketing Mix</i> (4P)	dari Strategi
1.	<i>Product</i> (Produk) - Produk dipasarkan dengan kualitas yang bagus. - Produk dipasarkan dengan rasa yang khas - Kemasan produk kurang menarik	Produk dipasarkan dengan strategi mempertahankan kualitas - Produk dipasarkan sesuai usulan dengan strategi mempertahankan kualitas - Produk dipasarkan sesuai usulan dengan strategi dengan ciri khas rasa yang beda. -Produk dikemas dengan penambahan label sederhana	Produk -Mempertahankan kualitas produk - Produk dipasarkan dengan rasa yang khas -Produk dikemas dengan kemasan yang berlabel sederhana. (adanya peningkatan jumlah penjualan)	
2.	<i>Place</i> (tempat) -Produk dipasarkan di toko rumah sendiri.	Tempat dipasarkan di toko-toko sekitar UKM	Tempat-Produk dipasarkan di toko-toko di sekitar UKM (adanya peningkatan jumlah penjualan)	
3.	<i>Price</i> (harga) -Harga produk diatas rata-rata harga produk sejenis	Harga -Harga produk diturunkan sedikit dengan harga sejenis dengan mengurangi sedikit jumlah produk.	Harga -Harga produk diturunkan sedikit disesuaikan dengan harga produk sejenis dengan mengurangi sedikit jumlah produk (adanya peningkatan jumlah penjualan).	
4.	<i>Promotion</i> (Promosi) -Belum pernah melakukan promosi, dimana pemasaran dilakukan berdasarkan info dari mulut ke mulut.	Promosi -Promosi dilakukan dengan memberikan tester produk yang dipasarkan di rumah dan yang dipasarkan di toko-toko. -Mengikuti pameran yang diselenggarakan oleh dinas terkait.	Promosi -Promosi dilakukan dengan memberikan tester yang dipasarkan di rumah dan yang dipasarkan di toko-toko. -Mengikuti pameran yang diselenggarakan oleh dinas terkait (adanya peningkatan jumlah penjualan)	

Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa permasalahan dari UKM diidentifikasi dengan menggunakan analisa SWOT yang mencakup faktor Internal dan Eksternal UKM untuk memperoleh *voice of customer* yang menjadi dasar untuk memberikan usulan strategi penjualan dengan menggunakan *marketing mix* (4P) diantaranya dengan mempertahankan kualitas produk, mempertahankan rasa khas produk, menambahkan label padaemasannya, menurunkan sedikit harga dan mengurangi sedikit jumlah produk pada kemasan, memasarkan produk dengan menitipkan pada toko-toko di sekitar wilayah UKM, melakukan promosi dengan memberikan tester produk, mengikuti pameran yang diselenggarakan oleh dinas terkait. Dengan usulan tersebut UKM mengalami jumlah penjualan sekitar 10kg dalam minggu setelah penelitian dilakukan. Oleh karena itu usulan strategi yang diterapkan dalam penelitian ini disa digunakan oleh pemilik UKM.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih diucapkan pada Sekolah Tinggi Teknik, Malang UKM kripuk usus ayam yang telah memberikan kesempatan dan informasi untuk melakukan penelitian

Referensi

- Heizer dan Render. (2014). Manajemen Operasi. Jakarta, Salemba Empat.
- Nelly, B. dkk. (2016). Determining Factor and Indikator for Alternatif National Soybean Enhancement Production Model. Jurnal Sains dan Teknologi Teknik (JESTEC), Volume 12 No.2.
- Nelly, B. dkk. National Soybean Production Enhancement Strategy for Adequate Availability to Achieve Self Sufficiency. Jurnal ARPN Ilmu Pertanian dan Biologi (JABS), Vol.11.



Evaluasi Pekerjaan Cut and Fill pada Proyek Kendal Aquagri

Galih Setyo Aji

¹ Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ psppi.galih.se.22@ukwms.ac.id

Galian dan timbunan adalah pekerjaan yang sangat penting untuk memperbaiki suatu lahan yang berlereng sehingga lahan tersebut bisa menjadi datar. Sebuah pekerjaan dapat dinyatakan sukses apabila mampu menekan efisiensi biaya dan efektivitas waktu. Permasalahannya terjadi dalam penelitian ini tidak terselesaikannya pekerjaan gali timbun akibat kondisi iklim hujan yang ekstrim mengakibatkan terhambatnya pekerjaan. Lokasi penelitian ini terletak di Pasigitan, Kecamatan Boja, Kabupaten Kendal.

Kata kunci : gali timbun, efektivitas, lahan

Pendahuluan

Pekerjaan *cut and fill* Kendal Aquagri merupakan proyek yang dijalankan oleh PT Fauzi Panca Manunggal dengan CV Mitra Usaha Konstruksi yang disepakati dimulai pada tanggal 28 november 2021 dan berakhir pada 28 Februari 2022. Pekerjaan *cut and fill* Kendal Aquagri terletak di Desa Pasigitan, Kecamatan Boja, Kabupaten Kendal. Proyek tersebut berada pada kondisi lahan seluas 1,15 hektar yang terletak di ketinggian +- 400 mdpl dengan topografi berupa lereng lembah. Proyek tersebut bertujuan mempersiapkan lahan yang datar agar dapat dilanjutkan untuk kegiatan konstruksi pembangunan 6 modul greenhouse dengan luas per modul 22x40 meter. Pekerjaan gali timbun ditargetkan selesai sesuai kontrak 90 hari kalender namun dalam pelaksanaannya pekerjaan tersebut mundur menjadi 103 hari kalender. Cuaca yang ekstrim mempengaruhi pekerjaan *cut and fill* sehingga menjadikan tidak efektifnya pekerjaan (Purwanto, 2016). Curah hujan yang tinggi mengakibatkan alat berat berupa excavator dan bulldozer tidak dapat beroperasi dan berdampak pada kondisi tanah yang menjadi basah berlumpur. Beberapa tantangan lain diantaranya kelerengan hingga 60 °, ketinggian tanah yang dipotong, Penggunaan alat berat yang kurang mumpuni. Permasalahan tersebut menjadikan tidak terselesaikannya pekerjaan proyek tepat waktu dan adanya gap antara rencana dan realisasi pekerjaan (Sutanto, 2010).

Metode

Penelitian ini menggunakan metode penelitian induktif, kualitatif, deskriptif dengan menggunakan parameter kurva "S" untuk membantu menghitung realisasi pekerjaan pada proyek *cut and fill* (Kalengkongan, 2020).

Hasil Kerja

Lokasi Penelitian

Lokus penelitian ini terletak di Desa Pasigitan, Kecamatan Boja, Kabupaten Kendal. Lokasi Kendal Aquagri dapat ditempuh sejauh 18 km dari pusat Kota Semarang dan 22 km dari pusat Kabupaten Kendal. Area proyek terletak di kawasan perbukitan Gunung Ungaran. Area tersebut sebelumnya merupakan area perkebunan pohon jati, sengon dan sawah terasering.



Gambar 1. Peta kontur area pekerjaan cut and fill

Sumber : *google earth*

Pelaksanaan Proyek

Pekerjaan *cut and fill* yang dikerjakan oleh PT Fauzi Panca Manunggal dan CV Mitra Usaha Konstruksi berlangsung selama 90 hari kalender dimulai pada 28 November 2021 dan berakhir pada 28 Februari 2022. Penulis dalam hal ini berperan sebagai pengawas lapangan selama pekerjaan proyek berlangsung di bawah koordinasi PT Aquagri Eka Rafa dan PT Fauzi Panca Manunggal.

Skema Pelaksanaan Proyek

Skema pekerjaan dilakukan dengan 3 alat berat yaitu satu bulldozer D21 dan dua excavator PC 75. Tahapan pekerjaan dimulai dengan persiapan survei menggunakan drone pada 17 Mei 2022 guna pengambilan citra untuk diolah menjadi peta rencana tapak. Pekerjaan selanjutnya






dengan melakukan pembersihan area (*land clearing*) pada bulan September-Oktober 2021. Kendala pekerjaan cut and fill mulai terlihat pada awal bulan Januari dikarenakan adanya perbedaan data perencanaan dan lapangan sehingga kembali dilakukan survei menggunakan theodolite pada Januari 2022.

		
Kondisi awal : Mei 2021	H 1 Pekerjaan: 24 November 2021	H 6 Perataan area office & Greenhouse 1 : 2 Desember 2021

			
H 30 Selesai Perataan area GH 1 : 25 Desember 2021	Perataan area GH 3 : 3 Januari 2022	Perataan area office dan jalan masuk	Perataan area GH 2

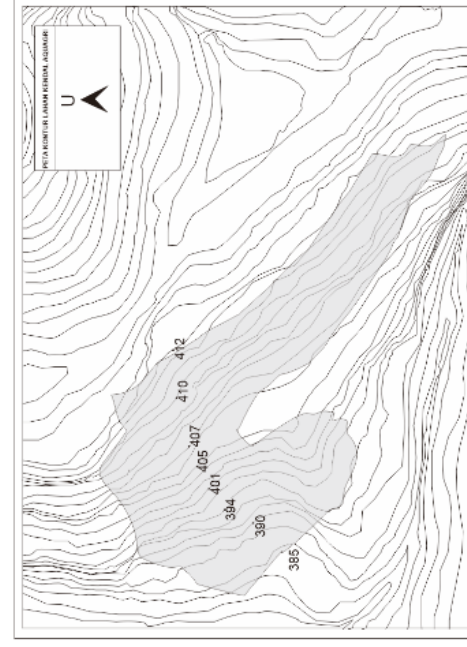
Gambar 2. Dokumentasi pekerjaan cut and fill

Sumber : dokumentasi penulis

		
Kondisi awal : Mei 2021	Kondisi setelah pekerjaan cut and fill	Kondisi saat ini

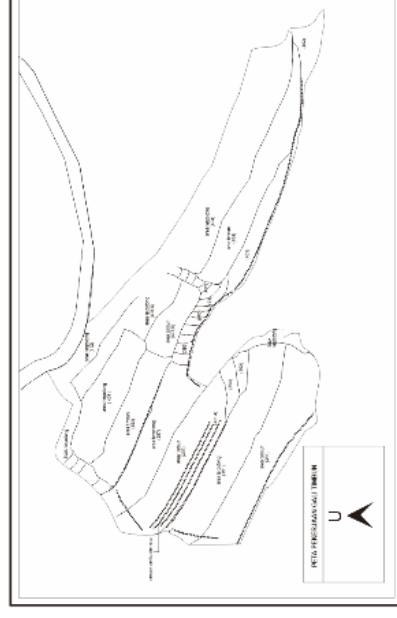
Gambar 3. Citra area sebelum dan setelah pekerjaan cut and fill

Sumber : citra drone

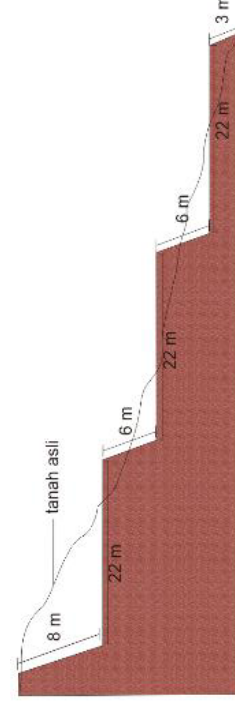


Gambar 4. Peta kontur area pekerjaan cut and fill

Sumber : google earth diolah GIS oleh Penulis, 2022



Gambar 5. Peta Kontur area pasca pekerjaan cut and fill
Sumber : Penulis, 2022



Gambar 6. Penampang kelerengan area

Sumber : Penulis, 2022

Evaluasi Rencana dan Realisasi Pekerjaan

Pekerjaan cut and fill pada proyek Kendal Aquagri mengalami perubahan realisasi pada pertengahan pekerjaan. Perubahan tersebut dikarenakan adanya *force major* akibat curah hujan yang tinggi sehingga ada penambahan kegiatan dengan pengerjaan turap dari tabag bambu dan cerucuk untuk memperkuat struktur tanah. Penambahan pekerjaan tersebut mengakibatkan adanya perpanjangan pekerjaan hingga 13 hari kalender.

Tabel 1. Milestone Rencana Pekerjaan Cut and Fill

No	Jenis Pekerjaan	Bobot (t)	Manajemen 4	Manajemen 5	Manajemen 6	Manajemen 7	Manajemen 8	Manajemen 9	Manajemen 10	Manajemen 11	Manajemen 12	Manajemen 13	Manajemen 14	Manajemen 15	Manajemen 16	Manajemen 17	Manajemen 18	Manajemen 19	Manajemen 20	
1	Pengukuran lapangan	5																		
2	Pengukuran volume tanah	35																		
3	Pengukuran volume tanah	35																		
4	Pengukuran volume tanah	35																		
5	Pengukuran volume tanah	35																		
6	Pengukuran volume tanah	35																		
7	Pengukuran volume tanah	35																		
8	Pengukuran volume tanah	35																		
9	Pengukuran volume tanah	35																		
10	Pengukuran volume tanah	35																		
11	Pengukuran volume tanah	35																		
12	Pengukuran volume tanah	35																		
13	Pengukuran volume tanah	35																		
14	Pengukuran volume tanah	35																		
15	Pengukuran volume tanah	35																		
16	Pengukuran volume tanah	35																		
17	Pengukuran volume tanah	35																		
18	Pengukuran volume tanah	35																		
19	Pengukuran volume tanah	35																		
20	Pengukuran volume tanah	35																		

Sumber : Dokumen CV Mitra Usaha Konstruksi diolah oleh Penulis, 2022

Tabel 2. Realisasi Pekerjaan Cut and Fill

No	Jenis Pekerjaan	Bobot (t)	Manajemen 4	Manajemen 5	Manajemen 6	Manajemen 7	Manajemen 8	Manajemen 9	Manajemen 10	Manajemen 11	Manajemen 12	Manajemen 13	Manajemen 14	Manajemen 15	Manajemen 16	Manajemen 17	Manajemen 18	Manajemen 19	Manajemen 20	
1	Pengukuran lapangan	5																		
2	Pengukuran volume tanah	35																		
3	Pengukuran volume tanah	35																		
4	Pengukuran volume tanah	35																		
5	Pengukuran volume tanah	35																		
6	Pengukuran volume tanah	35																		
7	Pengukuran volume tanah	35																		
8	Pengukuran volume tanah	35																		
9	Pengukuran volume tanah	35																		
10	Pengukuran volume tanah	35																		
11	Pengukuran volume tanah	35																		
12	Pengukuran volume tanah	35																		
13	Pengukuran volume tanah	35																		
14	Pengukuran volume tanah	35																		
15	Pengukuran volume tanah	35																		
16	Pengukuran volume tanah	35																		
17	Pengukuran volume tanah	35																		
18	Pengukuran volume tanah	35																		
19	Pengukuran volume tanah	35																		
20	Pengukuran volume tanah	35																		

Sumber : Penulis, 2022



Kesimpulan

Pekerjaan cut and fill mengalami perlambatan yang diakibatkan kondisi cuaca. Perlambatan terlihat pada minggu ke empat bulan desember hingga minggu ke satu bulan januari. Perlambatan tersebut dikarenakan adanya perubahan milestone pekerjaan perataan area GH 2 yang ditempatkan pada akhir pekerjaan. Realisasi pekerjaan yang mundur juga disebabkan oleh penambahan cerucuk untuk perkuatan struktur tanah. Saran dari penulis perlu adanya perencanaan pekerjaan yang matang akan pekerjaan dapat efektif dan efisien.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih Direktur PT Fauzi Panca Manunggal, Direktur PT Aquagri Eka Rafa, Direktur CV mitra Usaha Konstruksi dan pihak yang berperan penting yang membantu dalam proyek penulis.

Referensi

- Purwanto, T., Wiranto, P., & Lukman, H. (2016). Produktivitas Alat Berat Pada Pembangunan Jalan Ruas Larat-Lamdesar Provinsi Maluku. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Sipil*, 1–13.
- Sutanto, K. R., Kosasi, M. H., & Andi. (2010). Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Gedung P1 P2 Uk Petra Kelvin. 1–8.
- Kalengkongan, B. B., Arsjad, T. T., & Mangare, J. B. (2020). Analisa Perhitungan Produktivitas Alat Berat Pekerjaan Pematangan Lahan Pembangunan Tower Sutet Likupang - Paniki. *Jurnal Sipil Statik*, 8(1), 99–106.



Perancangan Informasi Online Perpustakaan di STIKES Maharani Malang

Dany Febrianto

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya

✉ danbrian@stikesmaharani.ac.id

Perpustakaan merupakan salah satu media yang sangat bermanfaat baik bagi mahasiswa maupun mahasiswa; itu berfungsi sebagai sarana untuk mendistribusikan materi pendidikan kepada kelompok orang tertentu, terutama di lingkungan pendidikan dengan jumlah mahasiswa yang banyak, juga memberikan referensi bagi mahasiswa yang sedang menyelesaikan bangku perkuliahan. Namun, dalam prosedur yang berpusat pada penerbitan, proses tradisional masih digunakan, dan penerbitan buku secara online yang memanfaatkan teknologi modern belum menjadi hal yang menjadi pokok utama. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang sistem pengajaran online agar dapat berfungsi seefektif mungkin. Sistem yang akan dikembangkan akan menggunakan metode System Development Life Cycle (SDLC) yang terbukti paling efektif untuk mengembangkan sistem informasi berbasis online.

Kata Kunci: Stikes Maharani, Perpustakaan Online, Xmind, Adobe Dreamweaver

Pendahuluan

Yang dimaksud dengan "perpustakaan" adalah satuan khusus dari badan tertentu atau organisasi lain yang terdiri dari dua bagian: buku (bahan bukan buku) dan buku (bahan buku) yang disusun secara sistematis menurut aturan, sehingga memungkinkan satu orang untuk menggunakannya sebagai kumpulan informasi (Ibrahim Bafadal, 2001). Menurut Sutarno (2008) perpustakaan merupakan unit kerja yang mengelola koleksi dan informasi untuk dipergunakan masyarakat pemustaka. Pada dasarnya perpustakaan merupakan instansi yang bertujuan untuk memberikan layanan informasi kepada pemustaka yang membutuhkan.

Bahwa penemuan-penemuan yang didasarkan pada perpustakaan juga kemungkinan dapat diwujudkan, seperti halnya dengan perpustakaan berbasis memajukan teknologi dalam bentuk *system* informasi secara online dan dapat diakses secara akurat di perangkat *desktop* dan *smartphone*. Hasilnya, *system* yang dirancang dapat beradaptasi dengan proses yang disebutkan di atas. Salah satu opsi terpenting untuk menyelesaikan tugas yang ada adalah sistem informasi yang dirancang untuk berjalan dengan lancar dan cepat adalah akurasi database dan kesediaan buku yang ada dalam perpustakaan.

Salah satu kampus Kesehatan terkemuka di Kota Malang yaitu Stikes Maharani saat ini dalam pengembangan kemajuan teknologi dalam segala aspek, salah satu penerapan teknologi diperlukan solusi *system* untuk perpustakaan berbasis online. Berdasarkan penelitian yang dilakukan ditemukan bahwa tidak ada yang namanya katalog buku. *digital library system* dan *integrated library system* atau *library management system* yang dapat dikembangkan pada perpustakaan mana saja. Perbedaanannya yaitu *digital library system* digunakan untuk mengelola digital resource dan cara pengaksesannya, sedangkan library

management system digunakan untuk mengelola sirkulasi, keanggotaan, kataloging dan online public access catalog. Keunggulan *digital library system* adalah memberikan kontribusi akses download digital resource dari manapun melalui internet. Namun *digital library system* tidak menyediakan informasi tentang *non-digital resource*.

Metode

Pada penelitian ini metode perancangan sistem informasi yang dirancang dengan mengikuti langkah dari metode *System Development Life Cycle* (SDLC), dengan menggunakan tools pendukung aplikasi yaitu XAMPP dan Dreamweaver.

Hasil Kerja

Analisis Pembuatan Sistem

Tabel 1. Masalah dan Analisis Sebab Akibat

Masalah atau peluang	Analisis sebab-akibat	Tujuan perbaikan sistem	Keterbatasan
Tidak memiliki database koleksi	Sistem yang manual Pencarian koleksi membutuhkan waktu yang lama	Memudahkan dalam rekapitulasi data koleksi	Sistem informasi yang belum memadai
Tidak memiliki kegiatan pinjam meminjam	Tidak adanya database koleksi sehingga kegiatan pinjam meminjam ditiadakan	Mempermudah mahasiswa yang ingin mencari referensi	Sistem informasi yang belum memadai
Tidak adanya koleksi rusak atau hilang	Tidak adanya pendataan pinjaman sehingga mengakibatkan kehilangan	Untuk memudahkan dalam mendata dan mengontrol keluar masuknya koleksi	Sistem informasi yang belum memadai
Tidak memiliki ketersediaan Koleksi.	Sistem yang masih manual dalam mengkabatkan sultnya mencari ketersediaan koleksi	Memudahkan dalam menginformasikan ketersediaan koleksi	Sistem informasi yang belum memadai

Analisis sistem merupakan penguraian dari suatu sistem informasi yang utuh kedalam bagian-bagian komponen dengan maksud untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi permasalahan dan hambatan yang terjadi yang terjadi dalam rangka mencari perbaikan yang lebih baik. Analisis sistem diperlakukan untuk memenuhi kebutuhan akan data dan prosedur suatu sistem yang sedang berjalan. Dari analisis yang dilakukan terhadap sistem yang saat ini dapat dilihat data masalah dan sebab akibat serta perbaikan yang ditujukan berdasarkan keterbatasan yang ada saat ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Analisis Kebutuhan Sistem

Persyaratan sistem terdiri dari sistem input, pemrosesan, dan output untuk pencetakan. Analisis kebutuhan sistem dilakukan untuk mengidentifikasi data yang benar-benar dibutuhkan oleh sistem agar dapat diproses dan digunakan untuk mengumpulkan informasi yang diperlukan untuk aplikasi. Menurut data, sistem yang baru dikembangkan ini tidak jauh berbeda dengan sistem yang sudah ada. Sistem yang baru dikembangkan ini hanyalah peralihan dari sistem manual ke sistem komputerisasi. Diharapkan dengan adanya sistem yang terkomputerisasi akan mempermudah dan meringankan pekerjaan penjaga hewan peliharaan Perpustakaan. Saat membuat sistem, pengguna yang dimaksud hanyalah mahasiswa dan petugas.

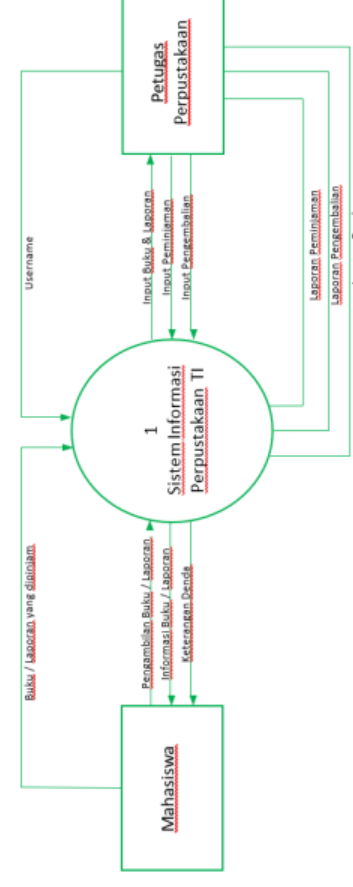
Tabel 2. Kebutuhan Sistem Perpustakaan.

No	Pengguna	Kebutuhan
1	Mahasiswa	1. Informasi Buku 2. Informasi Laporan TA dan KP 3. Peminjaman laporan / buku
2	Operator	1. Data Buku 2. Data Laporan 3. Data Peminjaman 4. Data pengembalian 5. Laporan peminjaman 6. Laporan Pengembalian 7. Data Buku Belum di kembalikan

Pemodelan Dengan DFD

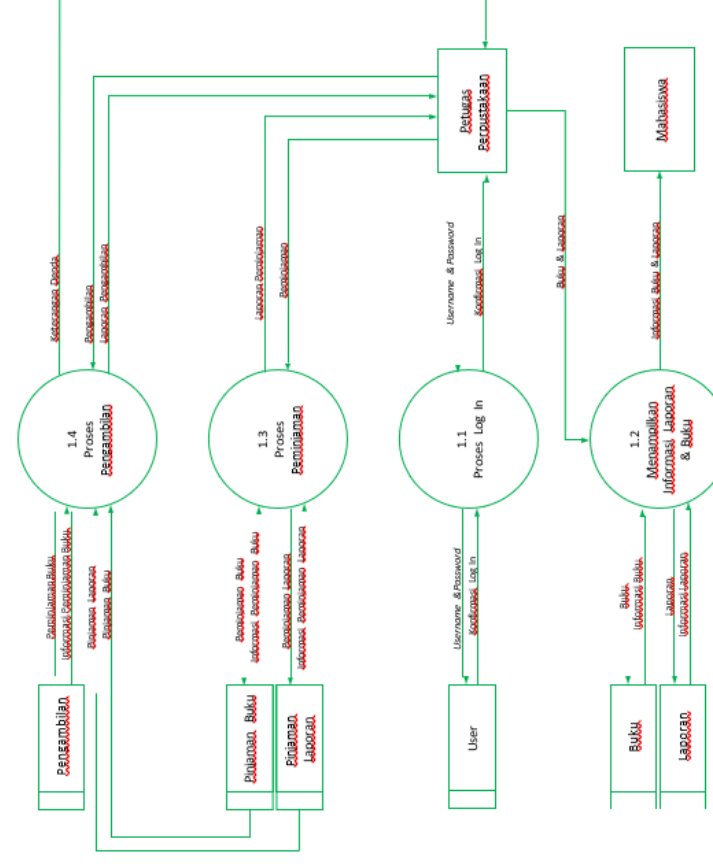
Saat dalam mendesain model system untuk perpustakaan untuk institusi Pendidikan dengan model DFD dibuat menggunakan model diagram alir data untuk level 0 dan

level 1 yang dapat diimplementasikan secara signifikan dan detail pada Gambar 1.



Gambar 1. Data Flow Diagram Level 0 Sistem Perpustakaan Usulan

Setelah selesai membuat DFD level 0, maka tahap selanjutnya adalah merinci setiap proses yang ada pada DFD level 0, sehingga setiap event yang ada dalam suatu proses dapat digambarkan menjadi lebih detail dalam sebuah DFD lagi, yang disebut dengan DFD level 1. DFD level 1 bertujuan untuk memberikan pandangan mengenai keseluruhan sistem dengan lebih mendalam. Proses-proses utama yang ada akan dipecah menjadi *sub-proses*. *Data store* yang digunakan dalam proses-proses utama juga diidentifikasi dalam DFD level 1.



Gambar 2. Data Flow Diagram Level 1 Sistem Perpustakaan Usulan

Kesimpulan

- Perancangan sistem informasi merupakan langkah nyata yang dipakai untuk membentuk suatu aliran sistem tertentu yang dapat dikendalikan dengan mengutamakan fungsi - fungsi yang ada yang terkait dengan sistem yang keutamakan secara bertahap, pada penelitian ini perancangan sistem informasi dirancang menggunakan metode *System Development Life Cycle* (SDLC).
- Saat ini belum ada proses bisnis untuk penerbitan buku atau bahan lain karena kurangnya *database*, sistem informasi Teknik Industri yang ada tidak memiliki fungsionalitas yang diperlukan agar proses tersebut dapat beroperasi dengan sebaik-baiknya. Akibatnya, perlu untuk mengimplementasikan sistem seperti aplikasi yang dapat memasok basis data sehingga proses ini dapat dipublikasikan sementara basis data tersebut terintegrasi dan berfungsi dengan baik.



3. Perancangan sistem yang sedang diupayakan dimulai dengan mengumpulkan data dan kebutuhan pengguna pada sistem perpustakaan, menganalisis proses bisnis yang berjalan saat ini di dalam sistem informasi perpustakaan, menganalisis kebutuhan yang diperlukan untuk menunjang fungsi dari *system* perpustakaan secara online dan terarah.

Ucapan Terimakasih

Secara khusus, penulis mengucapkan terimakasih kepada Orang Tua, Keluarga dan dosen pembimbing yang telah sabar, meluangkan waktu, merelakan tenaga dan pikiran serta turut memberi perhatian dalam memberikan pendampingan selama proses penulisan ini. Terimakasih juga kepada Stikes Maharani Malang atas diberikannya kesempatan untuk dapat melakukan penelitian.

Segala kekurangan dan ketidaksempurnaan penelitian ini, penulis sangat mengharapkan masukan, kritikan, dan saran yang bersifat membangun kearah perbaikan dan penyempurnaan.

Cukup banyak kesulitan yang penulis alami dalam penyusunan, tetapi dapat terselesaikan dengan baik.

Akhir kata, penulis berharap semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan semoga amal baik yang telah diberikan mendapatkan balasan dari Tuhan. Amin.

Referensi

- Bafadal,Ibrahim. (2001). Pengelolaan Perpustakaan Sekolah. Malang: Bumi Aksara.
- Burch, John, G., Grudnitski, Gary. (1986). Information System Theory and Practice 5th Edition. John Wiley & Sons, Inc.
- Davis, G. B. (1995). Sistem Informasi Manajemen. Pressindo: PT Pustaka Binaman Pressindo.
- Fatta, Hanif Al. (2007). Analisis dan Perancangan Sistem Informasi untuk Keunggulan Bersaing Perusahaan dan Organisasi Modern. Yogyakarta: Andi
- Jogiyanto, H.M. (2009). Analisa dan Desain Sistem Informasi Pendekatan Terstruktur Teori dan Praktik Aplikasi Bisnis. Yogyakarta: Andi Offset.
- Jogiyanto, H.M. (2005). Analisis dan Desain Sistem Informasi: Pendekatan Terstruktur. Yogyakarta: Andi
- Sutarno N.S. (2006). Manajemen Perpustakaan. Jakarta: CV Sagung Seto.



Pengaruh Ergonomi Dalam Pembelajaran Menunjang Profesionalisme Guru di Era Global

Ria Yunita

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

✉ yunitaria15@gmail.com

Di era global persaingan semakin keras dan ketat yang disertai dengan munculnya permasalahan yang semakin kompleks. Hal yang sama juga terjadi pada proses pembelajaran, sehingga profesionalisme guru perlu ditingkatkan. Salah satu cara yang dapat ditempuh adalah melalui pemahaman terhadap prinsip-prinsip ergonomi dalam pembelajaran. Tujuan penulisan adalah: (1) mengkaji pemahaman terhadap prinsip-prinsip ergonomi dalam pembelajaran sangat diperlukan di dalam upaya meningkatkan profesionalisme guru; (2) mengkaji peranan prinsip-prinsip ergonomi dalam pembelajaran yang harus dipahami oleh seorang guru untuk meningkatkan profesionalismenya; dan (3) mengetahui kendala yang dihadapi dalam mensosialisasikan prinsip-prinsip ergonomi dalam pembelajaran guna meningkatkan profesionalisme guru. Hasil kajian menunjukkan bahwa para guru saat ini belum memahami prinsip-prinsip ergonomi yang relevan dalam pembelajaran. Akan tetapi melalui tulisan ini diingatkan agar para guru wajib menerapkan prinsip-prinsip ergonomi dalam pembelajaran agar siswa yang belajar tetap sehat, aman, nyaman, efektif, dan efisien energi.

Kata kunci: Ergonomi, Pembelajaran, dan Profesionalisme Guru

Pendahuluan

Di era global persaingan semakin keras dan ketat yang disertai dengan munculnya permasalahan yang semakin kompleks, khususnya dalam pembelajaran menuntut profesionalisme guru yang semakin meningkat. Untuk menyiasati kompetisi yang semakin ketat dan kompleksnya permasalahan mengharuskan seorang guru mau, mampu, dan berani berubah. Untuk itu diperlukan upaya peningkatan profesionalisme khususnya yang berkaitan dengan pemahaman terhadap prinsip-prinsip ergonomi yang dapat diterapkan dalam proses pembelajaran. Ergonomi adalah ilmu, teknologi, dan seni untuk menserasikan alat, cara kerja dan lingkungan pada kemampuan, kelelahan dan batasan manusia, sehingga diperoleh kondisi kerja dan lingkungan yang sehat, aman, nyaman, efektif dan efisien demi tercapainya produktivitas yang setinggi-tingginya (Manuaba, 2004a). Ruang belajar yang ergonomis tentunya akan membuat seseorang merasa nyaman di dalam melakukan aktivitasnya di ruang tersebut. Suatu rancangan hendaknya memperhatikan faktor manusia sebagai pengguna yang mempunyai berbagai keterbatasan secara individu dan juga memiliki variasi antar individu (Iridiastadi, 2014). Akan tetapi saat ini tampaknya kaidah ergonomi belum diterapkan dalam mendesain ruang belajar dengan perangkat pendukungnya, baik di sekolah-sekolah. Padahal beberapa laporan penelitian melaporkan bahwa penerapan ergonomi di ruang belajar dapat meningkatkan hasil belajar. Dalam hal ini Sutajaya (2001) melaporkan bahwa penerapan ergonomi partisipatori yang salah satunya adalah mengubah kondisi statis menjadi

dinamis pada proses pembelajaran anatomi fisiologi manusia dapat meningkatkan hasil belajar mahasiswa dari rerata nilai 6,5 menjadi 7,0. Sutjana, Sutajaya, Tunas, & Suardana (2004) melaporkan bahwa hasil belajar mahasiswa meningkat dari rerata nilai 58,71 pada siklus I menjadi 62,06 pada siklus II atau meningkat sebesar 5,70% ($p < 0,05$) setelah diterapkan pembelajaran yang mengacu aspek ergonomi. Bertolak dari latar belakang masalah di atas dapat dibuat rumusan masalah:

1. Mengapa pemahaman terhadap prinsip-prinsip ergonomi dalam pembelajaran sangat diperlukan di dalam upaya meningkatkan profesionalisme guru?
2. Bagaimanakah peranan prinsip-prinsip ergonomi dalam pembelajaran yang harus dipahami oleh seorang guru untuk meningkatkan profesionalismenya?
3. Apakah kendala yang dihadapi dalam mensosialisasikan prinsip-prinsip ergonomi dalam pembelajaran guna meningkatkan profesionalisme guru.

Metode

Penelitian deskriptif ini mengacu kepada beberapa literatur yang relevan dan dikaji berdasarkan acuan-acuan terkini yang dikaitkan dengan upaya peningkatan profesionalisme guru. Dalam hal ini dibahas mengenai kaidah-kaidah ergonomi yang perlu dipahami oleh seorang guru sebagai suatu pengetahuan yang akan diaplikasikan



dalam pembelajaran. Kajian literatur ini lebih difokuskan pada upaya eksplorasi pengetahuan yang relevan dan efektif serta efisien untuk diterapkan di sekolah maupun di tempat-tempat pembelajaran lainnya.

Metode yang digunakan adalah kajian pustaka yang diperoleh melalui berbagai sumber. ArgUMENTASI penulis diarahkan kepada upaya memadukan pengalaman pembelajaran yang digelar penulis selama ini dan disinkronkan dengan teori yang ada. Berbagai kendala di lapangan yang sering dijumpai penulis dalam pembelajaran berusaha dicarikan alternatif solusinya melalui kajian ini.

Hasil Kerja

Ergonomi berasal dari kata Yunani yaitu *ergon* (kerja) dan *nomos* (aturan). Definisi ergonomi adalah ilmu, teknologi dan seni untuk menyerasikan alat, cara kerja dan lingkungan pada kemampuan, kelelahan dan batasan manusia sehingga diperoleh kondisi kerja dan lingkungan yang sehat, aman, nyaman dan efisien sehingga tercapai produktivitas yang setinggi-tingginya (Manuaba, 2003a). Ergonomi sangat diperlukan di dalam suatu kegiatan yang melibatkan manusia didalamnya dengan memperhitungkan kemampuan dan tuntutan tugas.

Pemanfaatan prinsip-prinsip ergonomi dalam mendesain suatu produk membuat produk tersebut menjadi lebih sesuai dengan pemakai (*users friendly*), memuaskan, nyaman dan aman (Velasco, 2002). Untuk memudahkan dan mengurangi dampak negatif yang mungkin timbul, penerapan ergonomi hendaknya menggunakan bahasa yang sederhana, bahasa perusahaan atau bahasa masyarakat. Pendekatan sistemik, holistik, interdisipliner dan partisipatori (SHIP) hendaknya selalu dimanfaatkan dalam setiap pemecahan masalah atau merencanakan sesuatu sehingga tidak ada lagi masalah yang tertinggal atau muncul di kemudian hari (Manuaba, 2004b).

Dari beberapa perbaikan ergonomi yang telah dilakukan oleh para ahli di luar negeri yang pencatatan datanya sudah baik, rapi dan teratur, terbukti bahwa dengan penerapan ergonomi mampu memberikan keuntungan secara ekonomi, meningkatkan keselamatan dan kenyamanan kerja. Malah telah sampai pada kesimpulan *Good ergonomic is good economic*. Maksudnya adalah, apabila ergonomi dapat diterapkan dengan baik dan benar akan dapat memberikan keuntungan ekonomi yang lebih baik. Ini bisa diterima dan dipertanggung-jawabkan, karena hasil yang dicapai melalui penerapan ergonomi yang baik dan benar memberikan manfaat: (a) pemakaian tenaga otot bisa lebih efisien; (b) pemanfaatan waktu lebih efisien; (c) kelelahan berkurang; (d) kecelakaan kerja berkurang atau dapat ditiadakan; (e) penyakit akibat kerja berkurang; (f) kenyamanan dan kepuasan kerja meningkat; (g) efisiensi kerja meningkat; (h) mutu produk dan produktivitas kerja meningkat; (i) kesalahan kerja berkurang dan kerusakan dapat diminimalkan; dan (j) pengeluaran untuk mengatasi akibat dari kecelakaan dan penyakit akibat kerja dapat dikurangi yang konsekuensinya biaya operasional dapat ditekan (Manuaba, 2000 c).

Pembakuan terhadap ukuran-ukuran tubuh (antropometri) orang-orang Indonesia pada umumnya atau orang-orang Bali pada khususnya, sehingga dalam mendesain tempat duduk (kursi) dapat mengacu kepada ukuran-ukuran tersebut. Seandainya ukuran-ukuran baku tersebut belum

ada, dapat dilakukan pengukuran terhadap antropometri siswa atau mahasiswa yang akan menggunakan tempat duduk tersebut. Tapi jika data antropometri siswa tersebut juga tidak ada, maka dapat digunakan persyaratan tempat duduk sebagai berikut (Nala, 1994).

1. Tinggi alas duduk dari lantai 38 – 54 cm (setinggi telapak kaki sampai belakang lutut atau *popliteal*).
2. Alas duduk hendaknya agak miring ke belakang (14° – 24° dari bidang horizontal atau dari lantai). Kemiringan ini diperlukan, agar tubuh tidak melorot ke depan pada saat duduk
3. Ujung tepi depan alas duduk dibuat agak bulat untuk menghindari tekanan pada bagian bawah paha. Ujung bagian depan ini dapat ditinggikan 4° – 6° dari alas duduk.
4. Luas alas duduk sebaiknya disesuaikan dengan ukuran pantat yaitu: 40 – 45 cm melintang dan 38 – 42 cm membujur.
5. Sandaran pinggang dan punggung hendaknya agak miring ke belakang dengan sudut 105° – 110° terhadap alas duduk. Bentuk sandaran pinggang dan punggung sebaiknya disesuaikan dengan lengkung vertebra pada tubuh manusia. Sandaran tersebut akan menopang punggung dan pinggang dengan baik bila ukuran tingginya 48 – 50 cm dan lebarnya 32 – 36 cm.

Pengetahuan tersebut memegang peranan penting di dalam meningkatkan pemahaman guru tentang kaidah yang harus diikuti terkait dengan tempat duduk siswa.

Meja belajar adalah meja yang digunakan sebagai alas pada saat melakukan aktivitas belajar. Bila meja belajar terlalu tinggi maka bahu akan lebih sering terangkat pada saat menulis atau meletakkan tangan di atas meja dan bila terlalu rendah maka sikap tubuh akan membungkuk pada saat menulis. Sikap tubuh yang seperti itu dapat mengakibatkan sakit pinggang atau punggung dan sakit pada otot-otot leher dan bahu. Terkait dengan masalah tersebut, Sutajaya & Citrawathi (2001) melaporkan bahwa perbaikan kondisi kerja yang mengacu kepada kaidah-kaidah ergonomi dalam menggunakan mikroskop di Laboratorium Biologi STKIP Singaraja mengurangi gangguan pada sistem muskuloskeletal sebesar 54,03 % ($p < 0,05$).

Untuk mengatasi masalah tersebut maka perlu dipilih meja belajar yang sesuai dengan si pemakainya. Dalam hal ini, Grandjean (1988) menyatakan bahwa tinggi meja untuk menulis dan membaca dalam posisi duduk adalah antara 74 – 78 cm untuk laki-laki dan antara 70 – 74 cm untuk wanita. Sedangkan Dul & Weerdmeester (2003) menyatakan bahwa untuk kegiatan yang sering menggunakan mata, tangan dan lengan sebaiknya bidang kerja berada pada 0 – 15 cm di atas tinggi siku. Pengetahuan ini memegang peranan penting di dalam upaya peningkatan pemahaman guru tentang manfaat meja belajar yang ergonomis bagi kesehatan dan kenyamanan siswa dalam proses pembelajaran.

Papan tulis yang digunakan sebagai sarana belajar, kadang-kadang ditempatkan pada tempat yang tidak ergonomis, sehingga dapat memunculkan gangguan fisiologis pada siswa atau mahasiswa saat membaca tulisan atau pesan yang dibuat di papan tulis tersebut. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu diketahui kaidah-kaidah ergonomi yang dapat digunakan sebagai acuan di dalam penempatan papan tulis tersebut. Dalam hal ini Grandjean (1988) menganjurkan agar rotasi mata saat melihat suatu objek, tidak lebih dari 5° di atas *horizontal plane* dan 30° di bawah



horizontal plane. Dengan demikian berarti penempatan papan tulis hendaknya memperhitungkan siswa yang duduk paling depan dan paling belakang, sehingga rotasi mata mereka tetap berada pada rentangan tersebut di atas. Dengan kata lain, tinggi papan tulis harus mengacu kepada tinggi mata siswa dalam posisi duduk. Di samping itu masalah silau juga harus diperhitungkan, karena silau membuat rasa tidak nyaman dan mengurangi kemampuan mata untuk melihat. Silau muncul karena ada bagian-bagian lapang pandang yang terlalu terang dibandingkan dengan tingkat penerangan umum di tempat tersebut. Silau dapat dihindari dengan jalan:

1. Menempatkan dengan tepat sumber penerangan terhadap tempat kerja atau sebaliknya
 2. Menurunkan intensitas penerangan sumber
 3. Mengganti bahan yang mengkilat
 4. Memberi penerangan yang memadai pada latar belakang penyebab silau tersebut
 5. Menghilangkan kontras (Manuaba, 2004a).
- Pemahaman guru terhadap kajian ergonomi dalam penempatan papan tulis dan faktor silau yang dapat mengganggu proses pembelajaran dapat dimanfaatkan sebagai upaya peningkatan profesionalisme guru dalam mengelola sarana pembelajaran.

Penerangan yang baik sangat penting, agar pekerjaan dapat dilakukan dengan benar dan dalam situasi nyaman. Di samping itu pada saat melakukan aktivitas dapat melihat objek dengan jelas dan cepat, sehingga tidak melelahkan mata. Prinsip penerangan yang baik adalah:

1. Jumlah atau intensitas penerangan yang diperlukan hendaknya disesuaikan dengan jenis pekerjaan, tajam lihat seseorang dan lingkungannya
2. Diupayakan agar mendapatkan penampilan penglihatan sebesar 100%
3. Di dalam merencanakan penerangan, di samping efisiensi penglihatan, faktor keamanan, kenyamanan dan keselamatan perlu diperhitungkan
4. Intensitas penerangan yang baik adalah minimal 200 lux, atau disesuaikan dengan jenis aktivitas di tempat tersebut
5. Penerangan harus diutamakan pada pekerjaan pokok, kemudian pada latar belakangnya dan terakhir pada lingkungannya (dinding, atap, lantai dan lain-lain) (Manuaba, 2004a).

Untuk kegiatan belajar (membaca dan menulis) diperlukan intensitas penerangan sebesar 350 – 700 lux (Grandjean, 1988). Data ini ditunjang oleh hasil temuan Antari (2004) yang melaporkan bahwa intensitas pencahayaan di ruang mikro konseling IKIP Singaraja adalah 398,75 lux pada kelompok perlakuan dan 402,56 lux pada kelompok kontrol. Untuk memperoleh penerangan sebesar 600 lux, berapa diperlukan lampu TL “b” watt dalam ruangan seluas “a” m², dapat dilihat pada rumus sebagai berikut (Manuaba, 2004a).

$$X = (a \times 60 \times 1/15 \text{ watt}) : b$$

Contoh:

Berapakah diperlukan lampu TL 40 watt dalam ruangan seluas 100 m²

$$X = (100 \times 60 \times 1/15 \text{ watt}) : 40 \text{ watt} \\ = (6000/15 \text{ watt}) : 40 \text{ watt}$$

$$= 400 : 40 = 10$$

Jadi diperlukan 10 lampu TL Dalam hal ini penggunaan lampu neon (TL) lebih baik daripada lampu pijar, karena lampu TL memberi penerangan sebesar 75% dan panas hanya 25%. Sedangkan lampu pijar mengeluarkan panas 75% dan memberi penerangan hanya 25%. Di samping kelebihan tersebut, lampu TL juga memiliki kekurangan yaitu: adanya efek getaran. Masalah ini dapat diatasi dengan jalan menutup ujung-ujung lampu TL, jika digunakan hanya satu lampu, tapi jika digunakan lebih dari satu lampu TL, hendaknya dipasang dengan T sistem.

Jika menggunakan penerangan alami, hendaknya memperhatikan luas jendela $1/5 \times$ luas lantai dan diupayakan agar lantai dan plafon berwarna lembut atau putih untuk membantu refleksi sinar dan untuk mengurangi kontras. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa penerangan di ruang belajar dapat diupayakan dengan menyesuaikan intensitas penerangan dengan jenis kegiatan yang dilakukan di ruang belajar. Hal ini akan sangat membantu untuk mengatasi kelelahan mata yang diakibatkan oleh intensitas penerangan yang tidak memadai. Olszewski (1998) melaporkan bahwa penerangan yang tidak cukup pada tempat kerja operator komputer mengakibatkan 77,8% operator mengeluh sakit mata. Jika hal ini terjadi pada ruang belajar, tentu akan mengganggu proses pembelajaran yang pada akhirnya akan menurunkan prestasi belajar. Di samping itu Partadajaja (2004) melaporkan bahwa perbaikan sistem pencahayaan dan media pembelajaran meningkatkan kecepatan kerja siswa sebesar 70,46%, ketelitian sebesar 56,36% dan konstansi kerja sebesar 90,95%. Pengetahuan ini dapat diaplikasikan oleh seorang guru ketika ingin mendapatkan penerangan yang memadai dalam proses pembelajaran dan ketika mereka menentukan pilihan terhadap jenis sumber penerangan yang cocok untuk proses pembelajaran.

Ketika digunakan *power point* dalam pembelajaran untuk menampilkan informasi yang ingin disampaikan ke anak didik, kadang-kadang tidak diperhatikan seberapa besar huruf yang digunakan dan berapa baris kalimat yang seharusnya ditulis pada satu slide. Ketidak-pedulian terhadap hal itu mengakibatkan tampilan tulisan-tulisan di layar yang tidak terbaca oleh pebelajar yang duduk paling belakang. Masalah ini sering muncul, karena belum diperhatikannya kaidah-kaidah ergonomi, sehingga dapat mengakibatkan respon fisiologis yang tidak menguntungkan, seperti misalnya terjadi akomodasi mata yang tidak alamiah yang sudah tentu akan mempercepat munculnya kelelahan pada mata (Grandjean, 1988). Pendapat ini didukung oleh Gamez & Cybis (1998) yang menyatakan bahwa sarana pembelajaran yang tidak memenuhi syarat ergonomi mengakibatkan atau merusak kualitas pembelajaran yang berkaitan dengan tujuan yang ingin dicapai.

Untuk mengatasi masalah tersebut di atas, dalam hal ini perlu dikaji tentang kaidah-kaidah ergonomi yang dapat diterapkan dalam pemakaian huruf tersebut dengan ketentuan sebagai berikut (Manuaba, 1998).

Tinggi huruf (dalam mm) = jarak baca (dalam mm)/200

Lebar huruf = $2/3 \times$ tinggi huruf Tebal huruf = $1/6 \times$ tinggi huruf

Jarak antara 2 huruf = $1/5 \times$ tinggi huruf Jarak antara 2 kata = $2/3 \times$ tinggi huruf Jarak antara 2 baris kalimat = $1 \times$



tinggi huruf

Dalam hal ini huruf yang gelap di atas latar belakang (*background*) yang terang lebih ergonomis dibandingkan dengan huruf yang terang di atas latar belakang yang gelap jika tidak ada efek pantulan cahaya, seperti tulisan pada *white board*. Akan tetapi jika latar belakangnya berwarna hijau tua atau biru tua maka tulisan sebaiknya berwarna terang (putih) karena ada efek cahaya yang keluar dari LCD dan dipantulkan di layar (*screen*). Jika latar belakang berwarna putih maka tulisan sebaiknya berwarna hitam atau biru tua. Hindari penggunaan warna merah atau ungu untuk latar belakang atau tulisan yang ingin ditampilkan dalam *power point* karena warna merah memiliki efek psikofisiologis yang sifatnya mengganggu dan warna ungu bersifat agresif sehingga dapat menimbulkan keluhan seperti: (a) sakit kepala; (b) sakit di sekitar mata; (c) nek di sekitar mata; (d) mata berair; (e) mata perih; (f) penglihatan kabur; (g) penglihatan ganda; dan (h) mata lelah (frekuensi kedipan mata meningkat) (Sutajaya, 2009b). Di samping itu perlu dipertimbangkan penggunaan warna lainnya karena memiliki sifat seperti yang tertera pada tabel 1

Tabel 1. Efek Psikofisiologis Warna

Warna	Efek jarak	Efek Suhu	Efek Psikofisiologis
Biru	jauh	dingin	lembut
Hijau	jauh	dingin	lembut
Merah	dekat	hangat	mengganggu
Ora	sangat dekat	merangsang	merangsang
Kuning	dekat	merangsang	merangsang
Coklat	sangat dekat	netral	merangsang
Ungu	sangat dekat	dingin	agresif

Animasi suara dalam *e-learning* hendaknya memperhatikan intensitas kebisingannya. Karena intensitas bising yang tidak adekuat dapat menimbulkan berbagai masalah fisiologis dalam tubuh seperti: (a) *auditory effect* yaitu pengaruh bising terhadap organ pendengaran sehingga dapat berakibat terjadi tuli temporer atau tuli permanen dan (b) *non auditory effect* yaitu: (1) tekanan darah meningkat; (2) sistem kardiovaskuler atau denyut nadi/ denyut jantung meningkat; (3) terjadi gangguan organ pencernaan; (4) terjadi gangguan pada sistem urinaria (poliurea); (5)

tonus otot meningkat sehingga terjadi keluhan muskuloskeletal; dan (6) berpengaruh terhadap faktor psikologis berupa insomnia/sukar tidur, susah konsentrasi, ketenangan terganggu, dan gelisah. Sebagai acuan dalam menentukan animasi suara yang ingin diaplikasikan dalam *e-learning* dapat dilihat ketentuan bising pada Tabel 2.

Tabel 2. Intensitas Bising sesuai Pekerjaan

No	Tipe Pekerjaan	Nilai Ambang Batas (NAB) Bising (dB(A))
1	Pekerjaan fisik non keahlian	80
2	Kerja fisik dengan sedikit keahlian	75
3	Kerja fisik dengan ketelitian	70
4	Kerja administrasi rutin	70
5	Kerja administrasi dengan ketelitian tinggi	60
6	Kerja administrasi + komunikasi	55
7	Kerja mental dengan konsentrasi tinggi	45
8	Baca di perpustakaan	35

Animasi musik dalam *e-learning* juga sering dimanfaatkan dalam pembelajaran. Dalam hal ini, Pasiak & Others (2007) menyatakan bahwa alunan musik memberikan nuansa pada jiwa yang mampu membawa perubahan. Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa musik tertentu dapat memperbaiki kekebalan tubuh, meningkatkan vitalitas, dan meningkatkan kegembiraan atau keriangangan hati sepanjang hari. Tubuh banyak merekam berbagai hal yang memberi nuansa pada jiwa. Misalnya ketika menghadapi ujian atau materi pembelajaran yang agak berat, akan muncul respon fisiologis berupa: (a) denyut nadi atau denyut jantung meningkat; (b) frekuensi pernapasan bertambah cepat; (c) pengeluaran keringat bertambah; (c) vasokonstriksi pembuluh darah; (d) aliran darah bertambah cepat; (e) pupil mata melebar; dan (f) tubuh semakin lemas. Di sini diperlukan musik yang tepat yang diterapkan dalam *e-learning* dengan memperhatikan ketentuan pada Tabel 3.

Kesimpulan

Dari hasil kajian tersebut dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Pengetahuan guru mengenai prinsip-prinsip ergonomi dalam pembelajaran sangat relevan di dalam upaya meningkatkan profesionalisme guru
2. Pemahaman guru mengenai peranan prinsip-prinsip ergonomi dalam pembelajaran dan dampak yang ditimbulkan oleh sarana dan prasarana yang tidak ergonomik dapat menambah wawasannya dalam upaya pengelolaan kelas
3. Kendala yang dihadapi dalam mensosialisasikan prinsip-prinsip ergonomi dalam pembelajaran dapat dijadikan tantangan sekaligus peluang dalam penerapan ergonomi di sekolah.

Saran yang tampaknya penting untuk disampaikan pada kajian ini adalah



1. Dalam mendesain atau mendesain ruang belajar, disarankan untuk selalu menerapkan kaidah-kaidah ergonomic
2. Kaidah-kaidah ergonomi harus diterapkan sejak dini, sehingga tidak memerlukan biaya yang besar atau tidak ada biaya yang terbuang percuma yang hanya dapat dilakukan oleh guru yang inovatif, proaktif, dan produktif
3. Profesionalisme guru hendaknya dilengkapi dengan kompetensi dalam bidang ergonomi sehingga mereka mampu mengelola kelas secara efektif, nyaman, aman, sehat, dan efisien.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada (1) Universitas Katolik Widya Mandala khususnya bagian Akademik yang telah mempersiapkan Kegiatan Bimbingan dan proses pelaksanaan prosiding artikel ilmiah; (2) Bapak/Ibu Dosen Universitas Katolik Widya Mandala yang telah membantu dan memotivasi dalam penyusunan makalah prosiding ini; (3) Rekan-Rekan Mahasiswa Universitas Katolik Widya Mandala Pendidikan Profesi insinyur Tahun 2022 yang telah memberikan inspirasi dan motivasi proses pelaksanaan prosiding artikel ilmiah.

Referensi

- Antari, N. N. M. (2004). Penggunaan one way screen dalam ruang pelatihan mikro konseling dapat menurunkan beban kerja dan tingkat kecemasan pada mahasiswa calon konselor jurusan bimbingan konseling IKIP Negeri Singaraja. Program Pascasarjana Universitas Udayana.
- Dul, J., & Weerdmeester, B. (2003). Ergonomics for beginners: a quick reference guide. CRC press. Gamez, L., & Cybis, W. A. (1998). An Ergonomic Approach to Educational Software Evaluation. Scott, PA; Bridger, RS; Chartevis, J. Global Ergonomic. Amsterdham: Elsevier, 601–605.
- Grandjean, E. (1988). Fitting the task to the Man. A Textbook of Occupational Ergonomics. Taylor & Francis. London.
- Helander, M. G., & Shuan, L. (2005). Reducing Design Complexity Will Improve Usability in Product Design. In Proceeding of Seaes IPS Conference (pp. 23–25).
- Iridiastadi, H. (2014). Ergonomi suatu pengantar. Ergonomi Suatu Pengantar.
- Manuaba, A. (2003a). Optimalisasi Aplikasi Ergonomi dan Fisiologi Olahraga dalam Rangka Peningkatan Produktivitas Tenaga Kerja dan Prestasi Atlet. In Makalah. Disampaikan pada seminar Nasional Ergonomi dan Olahraga di Universitas Negeri Semarang (Vol.12).
- Manuaba, A. (2003b). Total ergonomic approach to enhance and harmonize the development of agriculture, tourism, and small scale industry, with special reference to Bali. In National Congress and Seminar of the Indonesian Ergonomics Association (PEI) (Vol. 13).
- Manuaba, A. (2004). Kontribusi Ergonomi dalam Pembangunan, dengan Acuan Khusus Bali. In 2nd National Seminar on Ergonomics, UGM, Yogyakarta (Vol.9).
- Manuaba, A. (2004). Membangun Desa Tanaman Hias Petiga melalui Tiga Sektor Potensial Ekonomi Bali Secara Harmoni dalam Rangka Pembangunan Bali Berlanjut. Makalah.
- Nala, N. (1994). Penerapan Teknologi Tepat Guna di Pedesaan. Denpasar: Lembaga Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Udayana.
- Olszewski, J. (1998). Ergonomics for Work System Creating. Scott, PA; Bridger, RS; Chartevis, J. Global Ergonomic. Amsterdham: Elsevier, 449–451.
- Partadajaja, T. R. (2004). Aplikasi Program Kesehatan Sekolah (UKS) melalui Perbaikan Sistem Pencahayaan dan Pengembangan Media Pembelajaran Matematika terhadap Ketelitian, Kecepatan Kerja dan Konstansi Siswa di Kelas V SD 1 dan SD 2 Guwang Sukawati Gianyar. Tesis.
- Pasiak, H. T., & Others. (2007). Brain Management for Self Improvement. Mizan Pustaka.
- Sutajaya, I. M. (2001). Ergonomic Participatory Approach in Teaching-Learning Model of Human Anatomy and Physiology Used Teaching Material Supplement Based on Science and Technology Society Approach in Biologi Study Program STKIP Singaraja. Laporan Penelitian.
- Sutajaya, I. M. (2006). Pembelajaran Melalui Pendekatan Sistemik Holistik Interdisipliner dan Partisipatori (SHIP) Mengurangi Kelelahan, Keluhan Muskuloskeletal, dan Kebosanan serta Meningkatkan Luaran Proses Belajar Mahasiswa Biologi IKIP Singaraja. Disertasi. Denpasar: Program Pascasarjana Universitas Udayana.
- Sutajaya, I. M., & Citrawathi, D. M. (2001). Perbaikan Kondisi Kerja Mengurangi Beban Kerja dan Gangguan pada Sistem Muskuloskeletal Mahasiswa dalam Menggunakan Mikroskop di Laboratorium Biologi STKIP Singaraja. Majalah Kedokteran Udayana (Udayana Medical Journal), 32(114).
- Sutjana, I. D. P., Sutajaya, I. M., Tunas, K., & Suardana, I. (2004). Penerapan Model Pembelajaran Fisiologi Berbasis Sains-Teknologi- Masyarakat (STM) Mengacu Materi Ergonomi Meningkatkan Hasil Belajar dan Peran Aktif Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Udayana. Makalah. Denpasar: Fakultas Kedokteran Universitas Udayana.
- Velasco, A. L. (2002). Value Engineering as An Ergonomics Tool to Measure Benefits of Ergonomic Interventions. Jurnal Ergonomi Indonesia (The Indonesian Journal of Ergonomics), 3(2), 12.
- Wignjosebroto, S. (2000). Evaluasi Ergonomis Dalam Proses Perancangan Produk. In Surabaya: Proceeding Seminar Nasional Ergonomi, Jurusan TI--ITS.