

PR

Publikasi Riset



TEKSI

rientasi Teknik Sipil

Pemodelan Traffic Light Pada Simpang Tak Bersinyal Menggunakan Aplikasi PTV.Vissim dan PKJI 2023 (Simpang 3 Jl. Sungai Rupert Kota Bengkulu)

Chendi Pramudiya, Elly Pujiastutie, Edito Dwiantoro.

Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Coating Cement Limbah Styrofoam Terhadap Larutan Asam Dan Permeabilitas Air

Belany Try Aji Sarjono, Dwi Sat Agus Yuwana, Lalu Samsul Aswadi.

Penilaian Kinerja Sistem Irigasi pada Jaringan Irigasi Tersier Daerah Irigasi Jabung Kabupaten Lampung Timur

Siti Mahardika, Dyah Indriana Kusumastuti, Endro Prasetyo Wahono, Nur Arifiani.

Analisis Produktivitas Tenaga Kerja Menggunakan Metode Productivity Rating dan Time Study

Ridhwan Gilang Ramadhan, Retna Kristiana.

Perancangan Struktur Beton Bertulang Gedung Hotel Green Hexa 9 Lantai Tahan Gempa Dengan Menggunakan Sistem Ganda di Kota Pontianak

Asha Nikita Putri, Rizaldi, Iwan Supardi, Puspita Maharani.

Evaluasi Karakteristik dan Kebutuhan Parkir Menggunakan PTV Vissim 8.0 di Pasar Rejowinangun Magelang

Hashifah Putri Soebari, Woro Partini Maryunani, Lalu Samsul Aswadi.

Analisis Pengaruh Penggunaan Terumbu Karang Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton
Muhammad Fathur Ramadhan, Utari Sriwijaya Minaka, Febryandi.

Evaluasi Risiko Kecelakaan pada U-Turn: Studi Kasus Jalan Raya Kaligangsa, Kota Tegal

Hilmy Dwi Saputra, Icha Berliana Navyano, Muhammad Ziddan Rezka, Bambang Istiyanto.

Analisis Perbandingan Efisiensi Biaya Bekisting Metode Konvensional Dan Semi Sistem Pada Bangunan Dinding (Studi Kasus: Proyek Kawasan Bank Indonesia Gresik)

Maulidya Octaviani B., Wisnu Abiarto N., Jenny Septya Damai Navida.

Evaluasi Kinerja Jalan Akibat Aktivitas Pasar Tradisional Kota Meulaboh, Kabupaten Aceh Barat
Chaira, Hilma Erliana.

Faktor Penyebab Penurunan Produktivitas Tukang Keramik dan Strategi Peningkatannya

Ferdy Kahandanie, Mahfud, Candra Irawan, Ferdy Novri.

Studi Konstruksi Baja pada Bangunan Gedung Showroom Rodalink

Safrin Zuraidah, Is'datul Rofikoh, K. Budi Hastono.

Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Sungai (Lokan) Sebagai Bahan Campuran Pada Beton

Muhammad Nur Fajar, Herlina Arifin, Mohammad Aris, Alfina Maysyurah, Chandra Margareta.

Pengaruh Penggunaan Supperplaticizer Pada Beton Terekspos Paparan Air Laut

Didik Purwantoro, Muhammad Nur Fajar.

Analisis Nilai Kerusakan Ruas Jalan Babat - Batas Kabupaten Jombang (Link.105) Menggunakan Aplikasi Provincial/Kabupaten Road Management System (PKRMS)

R. Endro Wibisono, Anggie Dea Elvira.

Kata Pengantar

Jurnal Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (PROTEKSI) Universitas Negeri Surabaya (UNESA) ini telah mendapatkan e-ISSN dari LIPI dan Proteksi saat ini menduduki peringkat SINTA 4 (Indeks Sains dan Teknologi) [ranked SINTA 4 \(Science and Technology Index\) published in Director Decree SK no. 72/E/KPT/2024](#). Proteksi menerbitkan Volume 7, Nomor 1, Juni 2025. Penerbitan jurnal ini dimaksudkan untuk memberikan informasi ilmiah mengenai perkembangan ilmu teknik sipil yang meliputi hasil penelitian, kajian pustaka dan telaah kritis pada kasus-kasus ilmu ketekniksipil. Pada Volume 7, Nomor 1 ini menerbitkan 15 judul artikel ilmiah yang kami sajikan. Penulis pada Volume 7, Nomor 1 ini merupakan sivitas akademika dari dalam maupun luar Universitas Negeri Surabaya. Redaksi mengucapkan terima kasih kepada para mitra bestari dan penyunting yang telah menyediakan waktunya untuk menyunting naskah artikel yang dimuat. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada para penulis dan semua pihak yang telah membantu hingga terbitnya jurnal ini. Kami sangat mengharapkan peran aktif semua pihak sebagai penulis artikel, baik dari lingkungan akademisi maupun praktisi dan lain-lain khususnya bidang teknik sipil. Semoga materi yang disampaikan dapat berguna bagi pembaca dan pengembangan ilmu pengetahuan secara umum. Kritik dan saran sangat redaksi harapkan untuk perbaikan penerbitan berikutnya. Terimakasih dan Selamat Membaca.

Volume 7, No. 1, Juni 2025

E-ISSN : 2655-6421

Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (PROTEKSI)

Pimpinan Redaksi :

Nurul Jannah Asid, S.T., M.T. (UNESA)

Editor :

Meity Wulandari S.T., M.T. (UNESA)

Hendro Sutowijoyo, S.T., M.T. (Universitas Narotama)

Audinda Virsa Leinia, S.T., M.Sc. (UNESA)

Anita Intan Nura Diana, S.T., M.T. (UNIGA)

Siti Talitha Rachma, S.T., M.Sc. (UNESA)

Maulidya Octaviani Bustamin, S.T., M.MT. (UNITOMO)

Irfan Prasetyo Loekito, S.T., M.Sc. (UNESA)

Mitra Bestari :

Prof. Dr. Ir. Erina Rahmadyanti, S.T., M.T. (UNESA)

Ir. Arie Wardhono, S.T., M.MT., M.T., Ph.D. (UNESA)

Dr. Ir. Indra Komara, S.T., M.T. (ITATS)

Dr. Eng. Ir. Mohammad Ferdaus Noor Aulady, S.T., M.T., M.Sc., IPM., ASEAN Eng (ITATS)

Ir. Purwo Mahardi, S.T., M.Sc. (UNESA)

Rizki Astri Aprilianai, S.T., M.T. (UNITOMO)

Dwi Desharyanto, S.T., M.T. (Universitas Wiraraja)

Ach. Desmantri Rahmanto, S.T., M.T. (Universitas Wiraraja)

Dr. Adhi Muhtadi, S.T., S.E., M.Si., M.T. (Universitas Narotama)

Safrin Zuraidah, S.T., M.T. (UNITOMO)

Alamat Penerbit :

Jurusan Teknik Sipil

Gedung A4, Fakultas Teknik

Universitas Negeri Surabaya

Telp. (031) 8280009

Website: <https://journal.unesa.ac.id/index.php/proteksi/index>

Email : proteksi@unesa.ac.id

Frekuensi terbit setahun 2 kali (Juni dan Desember)

Jurnal Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil merupakan suatu wadah karya tulis ilmiah para dosen dan praktisi yang bergerak dibidang teknik sipil meliputi struktur, lingkungan, rekayasa jalan, rekayasa tanah, rekayasa air, manajemen kontruksi sebagai perwujudan tri darma perguruan tinggi.

DAFTAR ISI

PROTEKSI

Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil

Halaman Judul.....	i
Kata Pengantar.....	ii
Susunan Dewan Redaksi.....	iii
Daftar Isi.....	iv

Pemodelan Traffic Light Pada Simpang Tak Bersinyal Menggunakan Aplikasi PTV.Vissim dan PKJI 2023 (Simpang 3 Jl. Sungai Rupert Kota Bengkulu)

Chendi Pramudiya, Elly Pujiastutie, Edito Dwiantoro.....	1-7
--	-----

Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Coating Cement Limbah Styrofoam Terhadap Larutan Asam Dan Permeabilitas Air

Belany Try Aji Sarjono, Dwi Sat Agus Yuwana, Lalu Samsul Aswadi	8-16
---	------

Penilaian Kinerja Sistem Irigasi pada Jaringan Irigasi Tersier Daerah Irigasi Jabung Kabupaten Lampung Timur

Siti Mahardika, Dyah Indriana Kusumastuti, Endro Prasetyo Wahono, Nur Arifiani	17-22
--	-------

Analisis Produktivitas Tenaga Kerja Menggunakan Metode Productivity Rating dan Time Study

Ridhwan Gilang Ramadhan, Retna Kristiana.....	23-30
---	-------

Perancangan Struktur Beton Bertulang Gedung Hotel Green Hexa 9 Lantai Tahan Gempa Dengan Menggunakan Sistem Ganda di Kota Pontianak

Asha Nikita Putri, Rizaldi, Iwan Supardi, Puspita Maharani	31-40
--	-------

Evaluasi Karakteristik dan Kebutuhan Parkir Menggunakan PTV Vissim 8.0 di Pasar Rejowinangun Magelang

Hashifah Putri Soebari, Woro Partini Maryunani, Lalu Samsul Aswadi	41-46
--	-------

Analisis Pengaruh Penggunaan Terumbu Karang Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton

Muhammad Fathur Ramadhan, Utari Sriwijaya Minaka, Febryandi	47-52
---	-------

Evaluasi Risiko Kecelakaan pada U-Turn: Studi Kasus Jalan Raya Kaligangsa, Kota Tegal

Hilmy Dwi Saputra, Icha Berliana Navyano, Muhammad Ziddan Rezka, Bambang Istiyanto.....	53-58
---	-------

Analisis Perbandingan Efisiensi Biaya Bekisting Metode Konvensional Dan Semi Sistem Pada Bangunan Dinding (Studi Kasus: Proyek Kawasan Bank Indonesia Gresik

Maulidya Octaviani B., Wisnu Abiarto N., Jenny Septya Damai Navida.....	59-66
---	-------

Evaluasi Kinerja Jalan Akibat Aktivitas Pasar Tradisional Kota Meulaboh, Kabupaten Aceh Barat

Chaira, Hilma Erlina	67-75
----------------------------	-------

Faktor Penyebab Penurunan Produktivitas Tukang Keramik dan Strategi Peningkatannya

Ferdy Kahandanie, Mahfud, Candra Irawan, Ferdy Novri	76-85
--	-------

Studi Konstruksi Baja pada Bangunan Gedung Showroom Rodalink

Safrin Zuraidah, Is'datul Rofikoh, K. Budi Hastono.....	86-94
---	-------

Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Sungai (Lokan) Sebagai Bahan Campuran Pada Beton

Muhammad Nur Fajar, Herlina Arifin, Mohammad Aris, Alfina Maysyurah, Chandra Margareta95-99

Pengaruh Penggunaan Supperplaticizer Pada Beton Terekspos Paparan Air Laut

Didik Purwantoro, Muhammad Nur Fajar100-105

Analisis Nilai Kerusakan Ruas Jalan Babat – Batas Kabupaten Jombang (Link.105) Menggunakan Aplikasi Provincial/Kabupaten Road Management System (PKRMS)

R. Endro Wibisono, Angie Dea Elvira106-111

PEMODELAN *TRAFFIC LIGHT* PADA SIMPANG TAK BERSINYAL MENGUNAKAN APLIKASI *PTV.VISSIM* DAN PKJI 2023 (Simpang 3 Jl. Sungai Rupert Kota Bengkulu)

LIGHT TRAFFIC MODELING AT UNSIGNALLED INTERVIEWS USING THE PTV.VISSIM AND PKJI 2023 APPLICATION (Simpang 3 Jl. Sungai Rupert, Bengkulu City)

Chendi Pramudiya¹ Elly Pujiastutie² Edito Dwiantoro³

¹²³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Prof. Dr. Hazairin., S.H, Jalan Jendral Ahmad Yani
Nomor 1, Kecamatan Teluk Segara, Kota Bengkulu. Telp: (0736) 22096.

Email : sendipramudiya39@gmail.com

Abstrak

Simpang tak bersinyal di Jl. Sungai Rupert adalah tipe simpang 322 yang memiliki 3 lengan simpang, 2 lajur pada jalan minor dan 2 lajur pada jalan. Pada simpang 3 ini merupakan jalan dalam kota yang menghubungkan jalan menuju pusat kota, rumah sakit, perkantoran, gedung sekolah, taman serta tempat ibadah sehingga pada Jl. Simpang 3 Sungai Rupert memiliki kepadatan yang cukup tinggi dan pada akhirnya kepadatan volume lalu lintas menjadi tinggi. Pada saat jam puncak pagi hari berlangsung akan membuat kemacetan sehingga sering melibatkan pihak kepolisian untuk mengatur lalu lintas. Sehingga permasalahan diatas perlu dilakukan pada simpang 3 Jl. Sungai Rupert dalam upaya meningkatkan kinerja pada lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk membuat permodelan *traffic light* menggunakan *PTV Vissim* dan juga metode PKJI 2023. Pengambilan data di lapangan dilakukan selama 7 hari pada saat jam puncak untuk mencari volume lalu lintas tertinggi sehingga data tersebut dapat di analisis menggunakan metode PKJI 2024 dan di simulasikan menggunakan *PTV Vissim*. Untuk hasil yang di dapat pada volume lalu lintas tertinggi yaitu hari Selasa pada jam puncak pagi pukul 7.30 – 9.00 dengan volume lalu lintas (Q) sebesar 3450 skr/jam kapasitas (C) 2844 skr/jam, Peluang antrian sebesar 60,08% - 122,39 % dan tundaan sebesar 43.65 det/skr dengan tingkat pelayanan simpang (LOS) E. Dan pada hasil permodelan di dapatkan hasil Tundaan diangka 15,43 det/skr dengan panjang antrian 11.50 – 44.79 m dengan indeks tingkat pelayanan simpang (LOS) B.

Kata Kunci: PKJI 2023, *PTV Vissim*, *Simpang Tak Bersinyal*, *Traffic Light*

Abstract

The unsignalized intersection on Jl. Sungai Rupert is a type 322 intersection that has 3 intersection arms, 2 lanes on minor roads and 2 lanes on roads. At this 3-way intersection, it is an inner-city road that connects roads to the city center, hospitals, offices, school buildings, parks and places of worship so that on Jl. Simpang 3 Sungai Rupert has a fairly high density and ultimately the density of traffic volume becomes high. When the morning peak hour occurs, it will cause congestion so that the police are often involved to regulate traffic. So the above problems need to be done at the 3-way intersection of Jl. Sungai Rupert in an effort to improve traffic performance. This study aims to create a traffic light modeling using PTV Vissim and also the PKJI 2023 method. Data collection in the field was carried out for 7 days during peak hours to find the highest traffic volume so that the data can be analyzed using the PKJI 2024 method and simulated using PTV Vissim. For the results obtained at the highest traffic volume, namely Tuesday at peak hours in the morning at 7:30 - 9:00 with a traffic volume (Q) of 3450 sec / hour capacity (C) 2844 sec / hour, queue opportunity of 60.08% - 122.39% and a delay of 43.65 sec / sec with intersection service level (LOS) E. And the modeling results obtained Delay results at 15.43 sec / sec with a queue length of 11.50 - 44.79 m with an intersection service level index (LOS) B.

Keywords: *Unsignalized intersection*, PKJI 2023, *PTV Vissim*, *Traffic Light*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Persoalan transportasi merupakan masalah yang umum terjadi di setiap kota kota besar, karena persoalan transportasi akan terus berkembang seiring dengan perkembangan dari suatu wilayah perkotaan. Semakin banyak nya jumlah dan jenis kendaraan yang ber operasi untuk memenuhi kebutuhan manusia (Kementerian Pekerjaan Umum 2014).

Undang-undang No. 22 Tahun 2009 dalam (Utary 2019), lalu lintas didefinisikan sebagai gerak kendaraan dan orang di ruang lalu lintas, sedangkan ruang lalu lintas adalah prasarana yang diperuntukkan bagi pergerakan kendaraan, orang, dan/atau barang yang berupa jalan dan fasilitas pendukung lainnya.

Simpang 3 Sungai Rupert merupakan salah satu desa/kelurahan yang berada di kota Bengkulu, Provinsi Bengkulu yang memiliki tingkat aktivitas pergerakan yang tinggi. Pada Simpang 3 Sungai Rupert tidak memiliki *Traffic light* sehingga aktivitas kendaraan pada simpang 3 Sungai Rupert terganggu. Pergerakan transportasi yang tinggi ini merupakan salah satu penyebab kemacetan lalu lintas. Kemacetan merupakan permasalahan lalu lintas yang perlu diberikan perhatian lebih, sebab dapat memberikan dampak negatif terhadap pengguna jalan. Salah satu dampak yang sering terjadi adalah polusi udara dan kecelakaan.

Kedua dampak tersebut akan meningkat jika permasalahan kemacetan tak kunjung di atasi hal ini dapat mengganggu kenyamanan berkendara, dan juga membahayakan pengendara.

Simpang Tak Bersinyal

Simpang tak bersinyal adalah salah satu jenis simpang yang merupakan pertemuan dua tau lebih ruas jalan sebidang yang tidak diatur oleh Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) (PKJI dalam Kementerian Pekerjaan Umum 2014).

Ketentuan-ketentuan simpang tak bersinyal menurut PKJI 2023:

1. Pencapaian $DJ \leq 0.8$
2. Mempertimbangkan keselamatan lalu lintas
3. Paling ekonomis, serta dengan kebutuhan dan kinerja lalu lintas yang diharapkan
4. Mempertimbangan dampaknya terhadap lingkungan

Menurut hoobs (1995), arus lalu lintas dari berbagai arah akan bertemu pada suatu titik persimpangan, kondisi tersebut menyebabkan terjadinya konflik antara pengendara dari arah

yang berbeda, Konflik antar pengendara dibedakan menjadi dua titik konflik yang meliputi beberapa hal sebagai berikut:

1. Konflik primer, yaitu konflik antara lalu lintas dari arah memotong
2. Konflik sekunder, yaitu konflik antara arus lalu lintas belok kiri dengan pejalan kaki

Penilaian Kinerja Jalan

Kinerja jalan adalah memperkirakan kapasitas dan kinerja lalu lintas pada kondisi tertentu terkait desain atau eksisting geometrik, arus lalu lintas, dan lingkungan simpang. Dengan perkiraan nilai kapasitas dan kinerja, maka memungkinkan dilakukan perubahan desain simpang terutama geometriknya untuk memperoleh kinerja lalu lintas yang diinginkan berkaitan dengan kapasitas dan tundaannya. Cara yang paling cepat untuk menilai hasil adalah dengan melihat nilai D_j untuk kondisi yang diamati, dan membandingkannya dengan kondisi lalu lintas pada masa pelayanan terkait dengan pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur pelayanan yang diinginkan dari simpang tersebut. Jika nilai D_j yang diperoleh terlalu tinggi (misal >0.8), maka perlu dilakukan perubahan desain yang berkaitan dengan lebar pendekat dan membuat perhitungan baru (PKJI dalam Kementerian Pekerjaan Umum 2014) Hubungan antara tingkat pelayanan ruas dan derajat kejenuhan dapat dilihat pada tabel 1 dan 2 tingkat pelayanan ruas dan tundaan

Tabel 1. Tingkat pelayanan derajat kejenuhan

Tingkat Pelayanan	Keterangan	Derajat Kejenuhan (D_j)
A	Kecepatan rata rata kendaraan tinggi volume lalu lintas rendah. Pengemudi dapat memilih kecepatan yang di inginkan tanpa adanya hambatan lalu lintas	0.00-0.20
B	Pengemudi memiliki kebebasan untuk memilih kecepatan yang diinginkan	0.21-0.44
C	Pengemudi memiliki keterbatasan untuk memilih kecepatan kendaraan	0.45-0.74
D	Arus mulai tidak stabil, hampir setiap pengemudi mulai merasakan hambatan perjalanan, volume jalanan sudah mendekati kapasitas ruas jalan tetapi masih bisa ditoleransi	0.75-0.84
E	Volume lalu lintas berada pada titik kapasitas ruas jalan, arus mulai tidak stabil yang ditandai seringnya terjadi kemacetan durasi pendek	0.85-1.00
F	Arus lalu lintas yang dipaksakan ditandai dengan sering terjadi antrian panjang dengan durasi lama	>1.00

Tabel 2. Tingkat pelayanan tundaan

Tingkat Pelayanan	Tundaan Henti Tiap Kendaraan (detik)
A	≤ 5.0
B	5.1-16
C	16.1-25
D	25.1-40.0
E	40.1-60.0
F	≥ 60.1

dilanjutkan dengan permodelan *traffic light* pada aplikasi PTV VISSIM.

PTV VISSIM

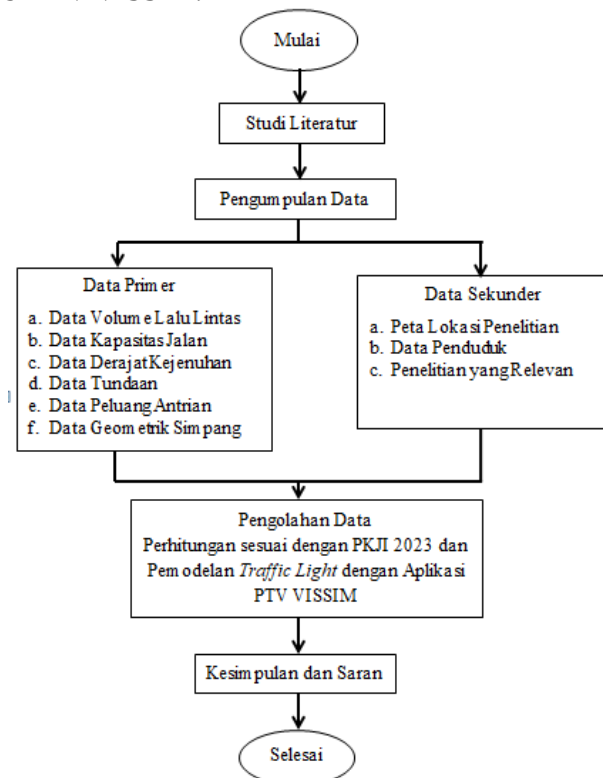
VISSIM merupakan alat bantu atau perangkat lunak simulasi lalu lintas untuk keperluan rekayasa lalu lintas, perencanaan transportasi, waktu sinyal, angkutan umum serta perencanaan kota yang bersifat *mikroskopis* dalam aliran lalu lintas multi – moda yang diterjemahkan secara visual dan dikembangkan pada tahun 1992 oleh salah satu perusahaan IT di negara Jerman. (Siemens,2012). VISSIM berasal dari kata *VerkehrStadten – Simulationsmodel* (dalam bahasa Jerman) yang artinya model simulasi lalu lintas kota (Hormansyah, Sugiarto, and Amalia 2016).

VISSIM merupakan *software* simulasi yang digunakan oleh profesional untuk membuat simulasi dari skenario lalu lintas yang dinamis sebelum membuat perencanaan dalam bentuk nyata. VISSIM mampu menampilkan sebuah simulasi dengan berbagai jenis dan karakteristik dari kendaraan yang kita gunakan sehari – hari, antara lain *vehicles* (mobil, bus, truk), *public transport* (tram, bus), *cycles* (sepeda, sepeda motor), dan pejalan kaki. Dengan visual 3D, VISSIM mampu menampilkan sebuah animasi yang realistis dari simulasi yang dibuat dan tentunya penggunaan VISSIM akan mengurangi biaya dari perancangan yang akan dibuat secara nyata. Pengguna *software* ini dapat memodelkan segala jenis perilaku pengguna jalan yang terjadi dalam sistem transportasi (Naufal Izza Irhamia and R. Endro Wibisono 2023)

Vissim dapat mensimulasikan kondisi operasional unik yang terdapat dalam sistem transportasi. Pengguna dapat memasukkan data-data untuk dianalisis sesuai keinginan pengguna. Perhitungan perhitungan keefektifan yang beragam bisa dimasukkan pada *software Vissim*, pada umumnya antara lain tundaan, kecepatan, antrian, waktu tempuh dan berhenti. Vissim telah digunakan untuk menganalisis jaringan-jaringan dari segala jenis ukuran jarak persimpangan individual hingga keseluruhan daerah metropolitan (Anggana, Al-attas, and Purwanto 2019).

METODE PENELITIAN

Metode yang diterapkan pada penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan 2 langkah pengerjaan yaitu perhitungan sesuai dengan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 untuk mencari volume lalu lintas, kapasitas I, derajat kejenuhan (DJ), tundaan (D), dan peluang antrian. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan menggunakan perhitungan PKJI 2023 kemudian



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini berlokasi pada simpang 3 JL. Sungai Rupert, Kec. Selebar, Kota Bengkulu. Simpang JL. Sungai Rupert merupakan pertemuan dengan simpang JL. Tribrata dimana :

1. JL. Sungai Rupert (T), merupakan lalu lintas dari JL. Sungai Rupert menuju JL. Kapuas Raya.
2. JL. Sungai Rupert (U), merupakan lalu lintas dari JL. Sungai Rupert menuju JL. Tribrata
3. JL. Sungai Rupert (S), merupakan lalu lintas dari JL. Re Martadinata.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Metode pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan perhitungan dengan Pedoman

Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dan pengolahan data menggunakan aplikasi VISSIM

1. Pengolahan Data Menggunakan PKJI 2023
Data yang diperoleh dari hasil pengambilan data langsung dilapangan dan dihitung dengan berpedoman pada ketentuan simpang tak bersinyal sesuai dengan PKJI 2023. Perhitungan ini untuk mengukur kinerja simpang tak bersinyal terhadap kapasitas I, derajat kejenuhan (DJ), tundaan (D) dan peluang antrian dalam situasi lalu lintas tertentu.
2. Pengolahan Data Menggunakan PTV VISSIM
Pengolahan data untuk vissim diambil dari hasil pengolahan data dari Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geometrik Jalan

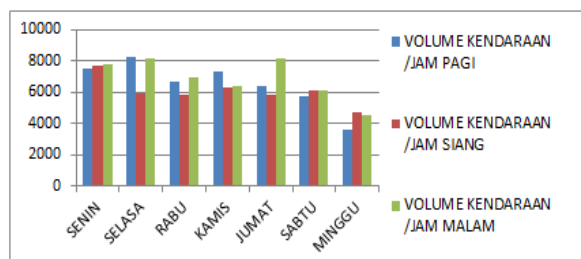
Data geometrik jalan adalah data yang nyata tentang suatu kondisi jalan. Dan data ini harus benar benar diambil dilapangan tidak adanya pemalsuan data sehingga hasil yang di dapat nanti optimal. Data geometrik jalan dalam penelitian dapat di lihat pada tabel 3

Tabel 3. Geometrik Jalan

Ruas Jalan	Lebar Jalur	Lebar Per Lajur	Median
Jl. Bhakti Husada	15.5	7.75	3.10
Jl. Tribrata	13.5	6.75	3.10
Jl. Sungai Rupert	16	8	3.10

Data Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas adalah data yang diperoleh dengan cara melakukan pengamatan dilapangan secara langsung, data volume lalu lintas menjelaskan tentang situasi tentang volume lalu lintas tertinggi dan terendah yang disajikan dengan bentuk angka dan grafik atau diagram. Volume lalu lintas simpang 3 sungai rupert dapat di lihat pada gambar 3



Gambar 3. Volume Lalu Lintas

Berdasarkan hasil survey yang telah dilakukan, volume jam puncak simpang 3 tak bersinyal Jl. Sungai Rupert Kota Bengkulu terjadi pada hari Selasa pukul 07.30 – 09.00 dengan jumlah volume sebesar 5503 kendaraan dan setelah di equivalensi kendaraan menjadi 3450 skr. Setelah data volume lalu lintas didapatkan, maka selanjutnya adalah menghitung rasio arus dari data volume lalu lintas tertinggi bisa dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Volume Lalu Lintas Tertinggi

Jenis Kendaraan	Jalan Bhakti Husada				Total (kend/jam)	Total (skr/jam)
	Belok kiri		Belok Kanan			
	JL Bhakti Husada – JL Tntrata		JL Bhakti Husada – JL Sungai Rupert			
	kend/jam	skr/jam	kend/jam	skr/jam		
KS	3	4	7	10	11	14
KR	154	154	203	203	357	357
SM	367	183	515	258	882	441
Jumlah	524	342	725	470	1249	812
Jenis Kendaraan	TRIBUTATA				Total (kend/jam)	Total (skr/jam)
	Lurus		Belok Kiri			
	JL Tntrata – JL Bhakti Husada		JL Tntrata – JL sungai Rupert			
	kend/jam	skr/jam	kend/jam	skr/jam		
KS	8	10	4	5	12	15.6
KR	237	237	237	237	473	473
SM	607	304	515	257	1122	561
Jumlah	852	551	755	499	1607	1050
Jenis Kendaraan	Jalan Sungai Rupert				Total (kend/jam)	Total (skr/jam)
	Lurus		Belok Kiri			
	JL Sungai Rupert – JL Bhakti Husada		JL Sungai Rupert – JL Tntrata			
	kend/jam	skr/jam	kend/jam	skr/jam		
KS	5	6	20	26	25	32
KR	417	417	691	691	1108	1108
SM	488	244	1025	205	1513	449
Jumlah	910	667	1736	922	2646	1589
Q=					5503	3450

Analisis Kinerja Simpang

Analisis kinerja simpang terbagi menjadi 4 bagian parameter yaitu Kapasitas Simpang, Derajat Kejenuhan, Tundaan, Peluang Antrian.

Kapasitas simpang

Kapasitas simpang adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat melintas dengan stabil pada suatu jalur lalu lintas, dalam menentukan kapasitas pada jam puncak dilakukan dengan langkah berikut:

1. Menentukan Kapasitas Dasar
Pada Jl. Sungai Rupert memiliki tipe simpang 322, berdasarkan Tabel 2.7 kapasitas dasar simpang-3 dan simpang-4 maka nilai kapasitas dasar jalan Sungai Rupert adalah 2700 skr/jam.
2. Penetapan Lebar Rata Rata Pendekat(LRP)
Perhitungan lebar rata rata pendekat didapat dengan cara menghitung terlebih dahulu lebar dari pendekat jalan mayor dan minor dan setelah itu baru kita menggunakan rumus berikut:

$$LRP = LRP B + LRP C + LRP D / 3$$

$$= (13.5/2) + (16/2) + (15.5/2) / 3$$

$$= 7.5 \text{ m}$$
3. Faktor Koreksi Pendekat Rata Rata (FLP)
Faktor koreksi pendekat rata rata dihitung dengan menggunakan LRP dan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{FLP} &= 0.73 + 0.0760 \times \text{LRP} \\ &= 0.73 + 0.0760 \times 7.5 \\ &= 1.3 \end{aligned}$$

4. Faktor Median Pada Jalan Mayor (FM)
Faktor koreksi median dapat ditentukan menggunakan tabel
Kondisi simpang = 3.10 m
= 1.2
5. Faktors Koreksi Ukuran Kota
Faktor koreksi ukuran kota dapat ditentukan melalui Tabel 2.3 Klasifikasi ukuran Kota dan faktor koreksi ukuran Kota
Ukuran Kota = Kecil
FUK = 0.88
6. Faktor Koreksi Hambatan Samping
Dengan menggunakan variable dari data kondisi lingkungan dan tabel FHS, maka FHS bisa ditentukan
Tipe lingkungan jalan = Komersial
Hambatan samping = Tidak ada
Dikarenakan hambatan samping tidak ada maka nilai FHS adalah 1
7. Faktor Koreksi Arus Belok Kiri
Faktor koreksi arus belok kiri dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:
FBKi = $0.84 + 1.61 \text{ RBKi}$
RBKi = 0.1338
Fbki = $0.84 + 1.61 \times 0.1338$
= 1.055
8. Faktor Koreksi Arus Belok Kanan
Faktor koreksi arus belok kanan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:
Fbka = $1.09 + 0.922 \text{ Rbka}$
Rbka = 0.2832
Fbka = $1.09 + 0.922 \times 0.2832$
= 0.8388
9. Faktor Koreksi Rasio Arus Jalan Minor
Faktor koreksi rasio arus jalan minor dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:
Tipe simpang = 322
Fmi = $1.19 \times \text{Rmi}^2 - 1.19 \times \text{Rmi} + 1.19$
Rmi = 0.3803
Fmi = $1.19 \times 0.3803^2 - 1.19 \times 0.3803 + 1.19$
= 0.9095
Setelah mendapatkan hasil untuk mencari kapasitas simpang selanjutnya kita menggunakan rumus sebagai berikut:
 $C = C_o \times F_{LP} \times F_M \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_{BKi} \times F_{BKA} \times F_{RMI}$
 $C = 2700 \times 1.292 \times 1.2 \times 0.88 \times 1 \times 1.06 \times 0.839 \times 0.91$
= 2827

Derajat Kejenuhan

Berdasarkan Tabel 4.1 nilai q pada jam puncak terjadi pada hari selasa sebesar 3450 skr/jam yaitu pada pagi hari, dan untuk kapasitas simpang bisa kita lihat pada Tabel 4.3 dengan hasil perhitungan adalah 3033, setelah menemukan nilai yang akan di hitung derajat kejenuhan dapat di hitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$D_J = \frac{q}{c}$$

$$D_J = \frac{3450}{2844} = 1.21$$

Dan hasil yang didapatkan dalam perhitungan derajat kejenuhan pada jam puncak lalu lintas adalah 1.21 dengan tingkat pelayanan nya adalah F

Tundaan

Tundaan terbagi menjadi 5 yaitu tundaan lalu lintas (TLL), tundaan lalu lintas jalan mayor (TLLma), tundaan lalu lintas jalan minor (TLLmi), tundaan geometrik (TG) dan tundaan simpang (T), untuk mencari tundaan tersebut kita akan menggunakan rumus sebagai berikut:

a. Tundaan Lalu Lintas

Dikarenakan nilai derajat kejenuhan yang didapat 1.22 maka rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$T_{LL} = \frac{1.0504}{(0.2742 - 0.2042D_J)} - (1 - D_J)^2$$

$$T_{LL} = \frac{1.0504}{(0.2742 - 0.2042 \times 1.21) - (1 - 1.21)^2}$$

$$T_{LL} = 39.65 \text{ det/skr}$$

b. Tundaan Lalu Lintas Jalan Mayor

Tundaan jalan lalu lintas mayor dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$T_{LLma} = \frac{1.0503}{(0.3460 - 0.2460D_J) \times 1.8} - (1 - D_J)$$

$$T_{LLma} = \frac{1.0503}{(0.3460 - 0.2460 \times 1.21) - (1 - 1.21) \times 1.8}$$

$$T_{LLma} = 22.47 \text{ det/skr}$$

c. Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor

Tundaan lalu lintas jalan minor dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$T_{LLmi} = \frac{qTOT \times T_{LL} - qma \times T_{LLma}}{qmi}$$

$$T_{LLmi} = \frac{5503 \times (39.65) - 3895 \times (22.47)}{1608}$$

$$T_{LLmi} = 87.09 \text{ det/skr}$$

d. Tundaan Geometrik

Dikarenakan derajat kejenuhan nya >1 maka menggunakan TG adalah 4 det/skr

e. Tundaan Simpang

Untuk perhitungan tundaan simpang maka kita harus menggunakan rumus sebagai berikut:

$$T = T_{LL} + T_G$$

$$T = 39.65 + 4$$

$$T = 43.65 \text{ det/skr}$$

Peluang Antrian

Dengan mendapatkan nilai antrian sebesar 1.21 maka kita dapat mencari hasil untuk peluang antrian, mencari peluang antrian kita harus mencari batas bawah dan batas atas peluang antrian dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Batas bawah QP%

$$= 9.02 \times DJ + 20.66 \times DJ^2 + 10.49 \times DJ^3$$

$$= 9.02 \times 1.21 + 20.66 \times 1.22^2 + 10.49 \times 1.21^3$$

$$= 60.08\%$$

Batas atas QP%

$$= 47.71 \times DJ - 24.68 \times DJ^2 + 56.47 \times DJ^3$$

$$= 47.71 \times 1.22 - 24.68 \times 1.22^2 + 56.47 \times 1.22^3$$

$$= 122.39\%$$

Dengan ini maka peluang antrian nya adalah 60.08% - 122.39%

Permodelan dengan Software PTV Vissim 2023

Permodelan pada simpang 3 Sungai Rupert menggunakan perangkat PTV Vissim berguna untuk mensimulasikan kondisi lalu lintas yang mirip dengan kondisi lapangan dengan menyesuaikan perilaku berkendara untuk memenuhi persyaratan penjabaran data survei lapangan dengan keluaran PTV Vissim 2023. Setelah didapatkan perilaku berkendara yang benar dilanjutkan dengan mensimulasikan simpang 3 Sungai Rupert dan membuat alternatif untuk permodelan *traffict light* supaya lebih optimal. Analisis permodelan perangkat PTV Vissim meliputi proses *input*, operasi, dan *output*.

Hasil Analisa Menggunakan PTV Vissim

Hasil dari permodelan PTV Vissim ini tergantung dengan *Lost of Services* atau indeks tingkat pelayanan, tundaan lengan atau simpang, dan peluang antrian. Hasil dari simulasi dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 5. *Lost of Services*

Sim Run	TimeInt	Movement	Qlen	QlenMax	Veh(all)	LOS(all)
250	0-600	1: SUNGAI RUPAT	12.3809	51.4473	830	LOS_B
251	0-600	1: SUNGAI RUPAT	11.549	58.47113	847	LOS_B
252	0-600	1: SUNGAI RUPAT	13.4911	67.91593	859	LOS_B
253	0-600	1: SUNGAI RUPAT	10.7329	52.71524	839	LOS_B
254	0-600	1: SUNGAI RUPAT	12.2617	43.797	830	LOS_B
255	0-600	1: SUNGAI RUPAT	11.9868	58.64569	855	LOS_B
256	0-600	1: SUNGAI RUPAT	12.3809	51.4473	830	LOS_B
Rata Rata					5890	LOS_B

Tabel 6. Tundaan Lengan Dan Simpang

Sim Run	TIMEINT	DELAYAVG(ALL)
250	0-600	16.063829
251	0-600	14.02014
252	0-600	16.747635
253	0-600	13.925585
254	0-600	16.433835
255	0-600	14.791882
256	0-600	16.063829
Jumlah		108.046735
Rata Rata Tundaan		15.43524786

Tabel 7. Panjang Antrian

Sim Run	TIMEINT	Queue Counter	Qlen	QlenMax	Qstop
250	0-600	1	11.9699	50.8615	204
250	0-600	2	12.3169	37.7303	110
250	0-600	3	10.9759	39.7685	86
251	0-600	1	10.9664	41.6617	189
251	0-600	2	10.6307	57.7907	79
251	0-600	3	11.2795	35.6551	68
252	0-600	1	14.7506	67.3301	256
252	0-600	2	12.2042	50.3204	133
252	0-600	3	11.5898	53.8681	75
253	0-600	1	9.79883	35.8523	162
253	0-600	2	11.7558	52.0348	96
253	0-600	3	8.80322	31.4205	92
254	0-600	1	12.5653	43.2112	256
254	0-600	2	12.5955	40.7478	99
254	0-600	3	9.9145	34.7857	76
255	0-600	1	9.84952	37.7347	193
255	0-600	2	11.7293	57.9653	86
255	0-600	3	12.5449	43.5322	92
256	0-600	1	11.9699	50.8615	174
256	0-600	2	12.3169	37.7303	132
256	0-600	3	10.9759	39.7685	78
RATA RATA PANJANG ANTRIAN LENGAN			241.503	940.631	2736
RATA RATA PANJANG ANTRIAN SIMPANG			11.5002	44.7919	130.29

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisi dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kinerja simpang tak bersinyal pada simpang 3 Sungai Rupert dengan menggunakan PKJI 2023 mendapatkan hasil derajat kejenuhan (DJ) adalah 1.21 yang menunjukkan bahwa volume lalu lintas simpang yang bersangkutan berkategori F dengan karakteristik arus tertahan, kepadatan lalu lintas tinggi disertai dengan kemacetan, nilai tundaan simpang sebesar 43.65 dkt/skr , dan untuk kinerja peluang antrian di dapatkan nilai 60% - 122% dengan indeks tingkat pelayanan ada dikategori D
2. Hasil kinerja simpang tak bersinyal pada simpang 3 Sungai Rupert setelah dilakukan nya permodelan dengan menambah geometrik simpang dan *traffic light* menggunakan *PTV Vissim* didapatkan hasil dengan Tundaan di angka 15,43 det/skr, dan untuk kinerja panjang antrian didapatkan nilai 11.50 m - 44.79 m dengan

DAFTAR PUSTAKA

Anggana, Enrico Pria, Usman Al-attas, and Edi Purwanto. 2019. "EVALUASI KINERJA APILL PADA SIMPANG BERSINYAL

DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI VISSIM DAN SSAM: Studi Kasus Simpang Langon Kota Tegal." In *Prosiding Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi*,. Hormansyah, Dhebys Suryani, Very Sugiarto, and Eka Larasati Amalia. 2016. "Penggunaan Vissim Model Pada Jalur Lalu Lintas Empat Ruas." *Jurnal Teknologi Informasi: Teori, Konsep, dan Implementasi* 7(1): 142248.

Kementerian Pekerjaan Umum. 2014. "Kapasitas Simpang Apill." *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*.

Naufal Izza Irhamia, and R. Endro Wibisono. 2023. "Studi Komparasi Software KAJI Dan VISSIM Dalam Analisis Kinerja Lalu Lintas Pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus : Comparative Study of KAJI and VISSIM in The Analysis of Traffic Performance at Signalized Junctions (Case Study : Intersection of Jl . Raya." 1(April): 85–94.

Utary, Ishariaty Wika. 2019. "Efektifitas Undang-Undang No. 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan Dalam Menyalakan Lampu Di Siang Hari (Studi Di Selong Kabupaten Lombok Timur)." *SOLID* 9(1).

Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Coating Cement Limbah Styrofoam Terhadap Larutan Asam Dan Permeabilitas Air

The Effect of Compressive Strength of Concrete with Styrofoam Waste Cement Coating on Acid Solution and Water Permeability

Belany Try Aji Sarjano¹ Dwi Sat Agus Yuwana² Lalu Samsul Aswadi³

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar Jl. Kapten Suparman 39 Potrobangsari,
Magelang Utara, Kota Magelang, Jawa Tengah
Telp. (0293)364113

Email : tekniksipil@untidar.ac.id

Abstrak

Beton merupakan material kuat namun dapat rusak akibat lingkungan asam. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh coating cement styrofoam sebagai pelapis beton normal bertulang terhadap kualitas fisik dan kuat tekan akibat terkena larutan asam natrium sulfat. Coating cement berbahan dasar styrofoam dipilih sebagai pertimbangan sifat fisik yang kedap air dan mengurangi limbah yang sulit terurai. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental terkait pengaruh coating cement styrofoam sebagai pelapis dengan benda uji beton silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm serta mutu $f_c' 20$ MPa dimana pelaksanaannya berdasarkan SNI 7656-2012. Coating cemen yang digunakan menggunakan variasi rasio campuran sebanyak 0%, 40%, 50% dan 60% dari berat pelarut berupa pertalite. Proses perendaman larutan asam natrium sulfat, pengujian kuat tekan dan pengujian permeabilitas dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Material, Universitas Tidar. Hasil penelitian menunjukkan penambahan coating cement styrofoam dapat mengurangi dampak korosif akibat larutan asam Natrium Sulfat. Variasi campuran 60% styrofoam menunjukkan hasil paling baik dalam tiga aspek pengujian, yaitu nilai pada pengujian kuat tekan beton pasca curing sebesar 21,3621 MPa, pengujian kuat tekan beton pasca rendam larutan asam Natrium Sulfat sebesar 20,7680 MPa dan nilai pengujian permeabilitas sebesar $7,03 \times 10^{-9}$ mm/s.

Kata kunci: beton, larutan asam natrium sulfat, coating cement styrofoam

Abstract

Concrete is a strong material but can be damaged by acidic environments. This research aims to analyze the effect of styrofoam cement coating as a protective layer on normal concrete in terms of physical quality and compressive strength when exposed to Natrium Sulfat acidic solution. Styrofoam-based cement coating is chosen due to its water-resistant physical properties and its ability to reduce difficult-to-decompose waste. This research uses an experimental method related to the effect of cement styrofoam coating as a liner with cylindrical concrete test objects measuring 15 cm in diameter and 30 cm in height and a quality of $f_c' 20$ MPa, where its implementation is based on SNI 7656-2012. The cement coating used utilizes various mixture ratios of 0%, 40%, 50%, and 60% of the solvent weight in the form of Pertalite. The process of immersion in sodium sulfate acid solution, compressive strength testing, and permeability testing were conducted in the Materials and Material Laboratory, Universitas Tidar. The results of the research indicate that the addition of styrofoam cement coating can reduce the corrosive impact of Natrium Sulfat acidic solution. The 60% styrofoam mixture variation showed the best results in three testing aspects: a post-curing compressive strength test value of 21.3621 MPa, a post-immersion in Natrium Sulfat acidic solution compressive strength test value of 20.7680 MPa, and a permeability test value of 7.03×10^{-9} .

Keywords: concrete, Natrium Sulfat acidic solution, styrofoam cement coating

PENDAHULUAN

Styrofoam adalah jenis polimer termoplastik yang umumnya digunakan dalam bentuk busa untuk berbagai keperluan, termasuk kemasan, isolasi termal, dan produk-produk lainnya. Styrofoam dikenal karena ringan, tahan terhadap kelembapan, dan memiliki kemampuan isolasi termal yang baik. Namun, sifat-sifat positif ini seringkali menjadi bagian dari permasalahan lingkungan yang signifikan.

Penggunaan styrofoam telah menjadi fokus perhatian karena beberapa permasalahan lingkungan yang diakibatkannya. Salah satu permasalahan utama adalah kesulitan dalam penguraian dan daur ulang sehingga berkontribusi pada penumpukan limbah plastik di darat dan di lautan.

Untuk mengatasi permasalahan ini, banyak upaya telah dilakukan untuk mengembangkan alternatif ramah lingkungan untuk styrofoam, seperti bahan-bahan daur ulang atau bahan-bahan yang lebih mudah terurai secara alami. Namun, dengan meningkatnya limbah polistiren dan karet, cara penguburan atau pembakaran menjadi tidak disukai; Sebaliknya, modifikasi fisik atau kimia dari poliestren dan karet daur ulang menunjukkan adanya potensi pendekatan limbah peradaban. (Hsu, 2019)

Pemanfaatan styrofoam sebagai lapisan coating cement pada beton adalah inovasi yang menarik dengan potensi dampak positif baik dari segi keberlanjutan maupun pemanfaatan limbah (Hunek dkk., 2021) Dalam upaya untuk mengurangi

dampak negatif lingkungan yang dihasilkan oleh limbah styrofoam, penelitian telah dilakukan untuk memahami potensi penggunaannya sebagai bahan pelapis pada beton.

Coating cement berbahan styrofoam diharapkan dapat memberikan solusi dual, yaitu memperbaiki sifat mekanis beton dan mengurangi limbah styrofoam. Dalam proses ini, potongan-potongan styrofoam yang dihancurkan menjadi serpihan kecil dicampurkan dengan campuran coating cement untuk membentuk lapisan pelindung. Coating cemen yang digunakan menggunakan varaisi rasio campuran sebanyak 0%, 40%, 50% dan 60% dari berat pelarut berupa pertalite.

Namun, sebelumnya, perlu dipahami bahwa beton memiliki kekurangan sifat mekanis tertentu yang dapat mempengaruhi daya tahan terhadap air dan ketahanan kuat tekan. Beton cenderung memiliki permeabilitas yang tinggi terhadap air, terutama pada area retak atau pori-pori mikroskopis

dalam struktur beton. Ini dapat mengakibatkan masuknya air ke dalam beton, menyebabkan penurunan kualitas dan kekuatan struktural seiring waktu.

Penggunaan pertalite sebagai pelarut dalam campuran coating pada beton diketahui dapat mengikis tulangan yang terkandung di dalamnya. Namun, proses korosi ini memerlukan waktu yang cukup lama sehingga dampaknya tidak signifikan terhadap kekuatan struktur beton dalam jangka pendek.

Selain itu, ketahanan kuat tekan beton juga dapat menjadi tantangan. Dalam lingkungan asam, beton menghadapi tantangan tambahan yang dapat mempengaruhi ketahanannya. Dalam penelitian oleh (Wijaya dkk., 2017) didapatkan bahwa larutan asam dapat mengurangi kuat tekan beton dan merusak sifat fisik dari beton. Sifat asam yang korosif terhadap berbagai benda dapat dijelaskan sebagai kemampuannya untuk merusak atau menghancurkan material atau substansi tertentu. Sifat ini terutama terkait dengan keasaman suatu larutan, yang diukur dengan skala pH. Semakin rendah nilai pH suatu larutan, semakin asam larutan tersebut, dan semakin besar potensi korosifnya. Beberapa sifat asam yang membuatnya korosif melibatkan reaksi kimia dengan material tertentu, terutama logam dan batuan. Oleh karena itu, penting untuk memahami langkah-langkah yang dapat diambil untuk meningkatkan ketahanan beton terhadap lingkungan asam.

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh perubahan sifat fisik beton normal terlapisi coating cement berbahan dasar limbah styrofoam akibat terendam larutan asam Natrium Sulfat meliputi perubahan fisik secara visual dan perubahan massa.
2. Mengetahui perubahan kuat tekan pada beton yang terlapisi coating cement berbahan dasar styrofoam dengan beberapa variasi konsentrasi.
3. Mengetahui pengaruh beton yang terlapisi coating cement berbahan dasar styrofoam terhadap nilai permeabilitas beton.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Beton

Beton adalah bahan konstruksi yang terbuat dari campuran semen Portland, air, agregat kasar (seperti kerikil atau batu pecah), dan agregat halus (seperti pasir). Campuran ini membentuk suatu material yang kuat dan tahan terhadap tekanan. Proses pengerasan beton, yang disebut curing membentuk

struktur kristal yang memberikan kekuatan dan ketahanan terhadap beban.

Bahan Penyusun Beton

Proses pembuatan beton harus direncanakan secara cermat dengan mempertimbangkan campuran bahan penyusunnya serta keuntungan keuangan. Beton terdiri dari tiga bahan utama, antara lain:

1. Semen

Ketika semen terkena air, kombinasi zat dapat menjadi aktif secara kimia dan membuat beton mengeras serta menjadi pengisi

Berdasarkan klasifikasi dari *American Society for Testing and Materials* (ASTM) 2020 semen diklasifikasikan dalam beberapa tipe berikut:

- a. Semen Tipe I: Semen Portland, biasanya digunakan dalam konstruksi umum.
- b. Semen Tipe II: Semen Portland yang dimaksudkan untuk digunakan dalam proyek konstruksi yang membutuhkan ketahanan sulfat yang lebih tinggi.
- c. Tipe III: Semen Portland dengan kandungan *trikalsium silikat* (C_3S) dan *trikalsium aluminat* (C_3A) digunakan dalam proyek yang membutuhkan waktu pengerasan yang lebih cepat dan kekuatan tekan yang lebih tinggi.
- d. Semen Tipe IV: Semen Portland yang digunakan dalam proyek yang membutuhkan ketahanan sulfat yang sangat tinggi mengandung sedikit C_3A .
- e. Semen Tipe V: Semen Portland yang digunakan dalam konstruksi yang membutuhkan ketahanan sulfat yang sangat tinggi mengandung lebih banyak C_2S (dikalsium silikat) dan lebih sedikit C_3A .

2. Air

Berdasarkan penjelasan dari Jati dkk (2023) air berperan memudahkan reaksi yang terjadi dan membuat campuran beton menjadi homogen dan mengeras. Fungsi selanjutnya adalah sebagai agen pelumas, yang memudahkan proses pencampuran kerikil, pasir, dan semen. Oleh karena itu, pengendalian jumlah air dalam campuran beton merupakan elemen kritis dalam mencapai keseimbangan antara konsistensi dan kekuatan akhir beton.

3. Agregat

Berdasarkan penjelasan dari Untu dkk (2021) agregat sangat penting untuk beton karena dapat menentukan kekuatan beton. Biasanya, agregat membentuk 60%–80% volume beton, dan agregat

harus memiliki distribusi ukuran yang tepat untuk memastikan massa beton yang homogen dan padat.

Agregat halus membantu mengisi rongga yang terbentuk di antara agregat kasar sehingga menghasilkan struktur beton yang kuat dan kokoh serta berperan mengisi rongga antar agregat kasar dan mengikatnya bersama dengan semen dan air. Agregat kasar berperan sebagai kerangka utama beton, memberikan kekuatan tekan dan ketahanan terhadap abrasi. Oleh karena itu, pemilihan agregat yang tepat dan berkualitas tinggi merupakan faktor penting dalam menghasilkan beton yang kuat dan tahan lama.

Larutan Asam Natrium Sulfat

Larutan asam merupakan larutan yang memiliki sifat-sifat khas yang dapat mempengaruhi berbagai substansi atau material yang terkena dampaknya. Perendaman larutan asam dapat mengubah sifat fisik dan mekanik beton. Dalam pengujiannya, perendaman beton dalam larutan asam mengacu pada ASTM C 1012-04. Larutan asam yang disyaratkan adalah yang memiliki kandungan pH dibawah 6. Larutan asam yang beredar biasanya memiliki kepekatan yang tinggi, maka untuk menurunkan konsentrasi dari larutan asam tersebut digunakan rumus sebagai berikut:

$$V_1 \cdot C_1 = V_2 \cdot C_2 \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

V1 = Volume awal larutan asam
V2 = Volume akhir larutan asam
C1 = Konsentrasi awal larutan asam
C2 = Konsentrasi akhir larutan asam

Faktor Air Semen

Faktor Air Semen (FAS) merupakan parameter penting dalam pembuatan beton yang mengukur jumlah air yang dicampurkan dengan semen untuk membentuk campuran yang tepat. FAS yang optimal diperlukan untuk mencapai keseimbangan antara kekuatan beton, daya tahan, dan kemudahan pengolahan selama proses konstruksi. Karena sulit untuk menemukan nilai faktor air semen yang tepat untuk beton, mutu beton harus memenuhi nilai maksimum faktor air semen yang diperlukan seperti yang ditunjukkan dalam panduan pencampuran beton berdasarkan SNI-7656:2012

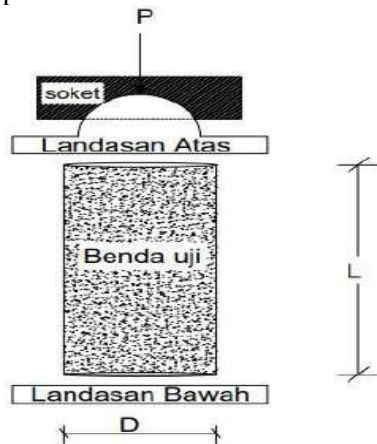
Pengujian Kuat Tekan

Penelitian ini menggunakan SNI 1972:2008 sebagai acuan dalam pengujian slump beton.

Pengujian slump beton dilakukan untuk menentukan besarnya faktor air-semen, mengukur nilai slump, serta menentukan hubungan FAS

Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton adalah prosedur penting dalam mengevaluasi kekuatan mekanis beton setelah mengalami proses pengerasan. Sesuai dengan SNI 1974-2011, benda uji silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm diuji kekuatan tekan beton. Skema Pengujian kuat tekan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Pengujian Kuat Tekan

Menurut SNI 1974:2011, persamaan untuk menghitung nilai kuat tekan beton dengan benda uji silinder beton adalah sebagai berikut:

$$f'c = \frac{P}{A'} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

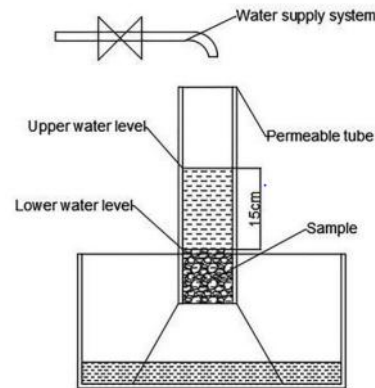
$f'c$ = kuat tekan beton (MPa)

P = beban puncak yang diterapkan pada benda uji (N)

A' = luas penampang benda uji (mm^2)

Pengujian Permeabilitas Beton

Pengujian permeabilitas air pada beton bertujuan untuk mengukur kemampuan beton dalam menahan aliran air. Proses pengujian mengacu pada ACI Committee 522R, yang mana laju pengurangan air dalam tabung diukur untuk menentukan permeabilitas atau jumlah air yang dapat melewati beton. Skema uji tes permeabilitas ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini.

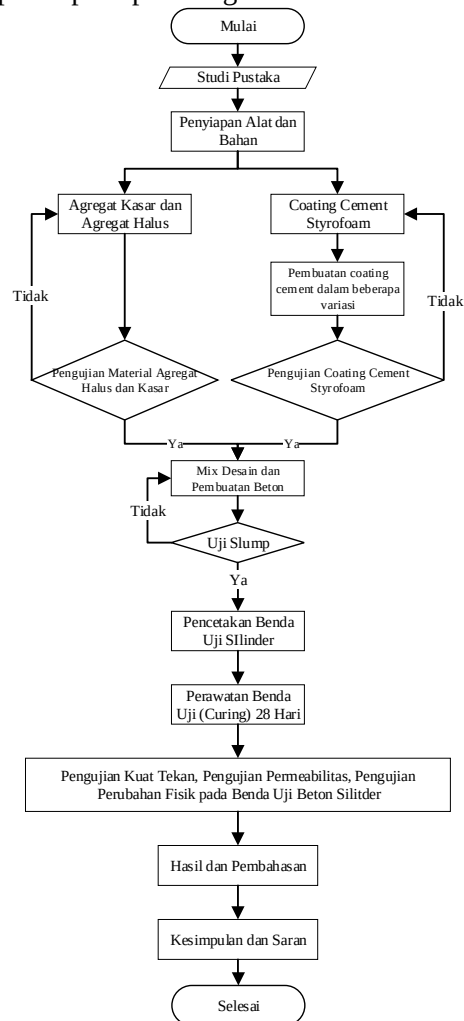


Gambar 2. Skema Alat Uji Falling Head Permeability Test

METODE PENELITIAN

Prosedur Penelitian

Secara umum, prosedur penelitian ini terdiri dari tahapan seperti pada bagan alir dalam Gambar 3.



Gambar 3. Bagan Alir

Metode dan Penyediaan Data

Pengujian dengan benda uji beton berbentuk silinder dengan mutu beton $f'c$ 20 MPa, dimensi sampel beton yakni diameter 15 cm, dan tinggi 30 cm. Pengujian ini menggunakan metode eksperimen untuk menguji pengaruh kuat tekan pada beton yang dilapisi coating cement berbahan dasar limbah styrofoam terhadap larutan asam dan permeabilitas air. Benda uji dengan metode desain pencampuran SNI-7656:2012 untuk beton normal.

Rencana jumlah benda uji yang dibuat dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Benda Uji

Mutu (Mpa)	Coating Cement Styrofoam (%)	Jumlah			Total
		Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	Pengujian Fisik dan Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari Perendaman Larutan Asam Natrium Sulfat pasca curing	Pengujian Permeabilitas Beton Umur 28 Hari	
20	0	4	3	3	10
20	40	4	3	3	10
20	50	4	3	3	10
20	60	4	3	3	10
					40

Alat yang digunakan dalam Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Alat Uji Kuat Tekan Model UTM
2. Oven
3. Timbangan
4. Concrete Mixer
5. Cetakan Beton Silinder
6. Kerucut Abrams
7. Ayakan
8. Shieve Shaker
9. Drum Bekas Larutan
10. Falling Head Permeability Test
11. Jangka sorong
12. Meteran
13. Piknometer
14. Talam

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Semen Portland, menggunakan jenis *Portland Composite Cement* (PCC) produksi PT. Tiga Roda
2. Pasir (agregat halus) Muntilan
3. Batu Pecah (agregat kasar)
4. Air
5. Limbah *Styrofoam*
6. Larutan Asam Natrium Sulfat
7. Aquades

8. Peralite

Pelaksanaan Penelitian

Dimulai dengan pembelian bahan penelitian, yang terdiri dari pasir (agregat halus), kerikil (agregat kasar), limbah *styrofoam* dan pentalite. Setelah bahan tersedia, sifat dasar agregat halus dan agregat kasar diuji dalam langkah-langkah berikut:

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air
2. Pemeriksaan kadar air agregat
3. Pemeriksaan kandungan lumpur agregat
4. Pemeriksaan berat isi agregat
5. Pemeriksaan gradasi agregat

Sedang pada material *coating cement styrofoam* diuji berdasarkan SNI 8665:2018 dengan langkah berikut:

1. Pemeriksaan keadaan dalam kemasan
2. Pemeriksaan waktu mengering
3. Pemeriksaan persen elongasi
4. Pemeriksaan perembesan air
5. Pemeriksaan penyerapan air

Selanjutnya dilakukan pembuatan rancangan benda uji beton (*mix design*) berdasarkan SNI-7656:2012 dengan penyempurnaan SNI 2847-2013. Setelah data tentang rancangan campuran beton diperoleh, langkah selanjutnya adalah membuat 40 sampel benda uji. Benda uji dimasukkan ke dalam bak perendam untuk perawatan beton selama umur rencana. Setelah umur rencana telah terpenuhi, pengujian kekuatan tekan beton dilakukan sesuai standar pengujian SNI 1974-2011 dengan menggunakan Mesin Pengujian Universal (UTM). Pada pengujian Permeabilitas dilakukan berdasarkan ACI Committee 522 dan pada pengujian larutan asam natrium sulfat dilakukan berdasarkan standar ASTM C1012-04 yang direferensikan oleh SNI 6385:2016 ASTM C 136-06.

Metode dan Teknik Analisis Data

Setelah dilakukan pengujian pada beton silinder kemudian dilakukan analisis data dengan teknik analisis varians satu jalur atau juga dikenal dengan istilah *one-way ANOVA*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Agregat Halus

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa agregat halus material yang digunakan dalam penelitian memenuhi spesifikasi gradasi standar dan berada di zona II (pasir kasar), dengan modulus kehalusan (fm) = 2,51. Berat jenis SSD agregat halus sebesar

2,44 dan nilai dari penyerapan air sebesar 0,65%. Hal ini menunjukkan bahwa agregat halus telah memenuhi syarat ditentukan oleh standar SNI 1970:2008. Kadar air agregat halus sebesar 6,50% dan dinyatakan memenuhi syarat berdasarkan SNI 03-1971-1990. Kadar lumpur agregat halus sebesar 2,10% sehingga telah memenuhi syarat ditentukan oleh standar SK SNI S-04-1989-F. Hasil pengujian bobot isi agregat halus sebesar $1,61 \text{ gr/cm}^3$ dan telah memenuhi syarat berdasarkan menurut SNI 03-2834-2000.

Pengujian Agregat Kasar

Hasil pengujian menyimpulkan bahwa agregat kasar yang digunakan memiliki ukuran butiran max 40 mm (SNI 7656-2012) dengan modulus kehalusan sebesar 5,37. Berat jenis agregat kasar yaitu antara 2,84 dengan nilai dari penyerapan air sebesar 3,57%. Kadar air agregat kasar adalah 0,46% sehingga sudah sesuai standar SNI 03-1971-1990. kadar lumpur agregat kasar adalah 0,81 % sehingga telah memenuhi syarat ditentukan oleh standar SK SNI S-04-1989-F. bobot isi agregat kasar adalah $1,35 \text{ gr/cm}^3$ dan telah memenuhi syarat berdasarkan menurut SNI 03-2834-2000 yaitu syarat bobot isi untuk agregat kasar adalah $1,6-1,9 \text{ gr/cm}^3$.

Pengujian Coating cement Waterproofing

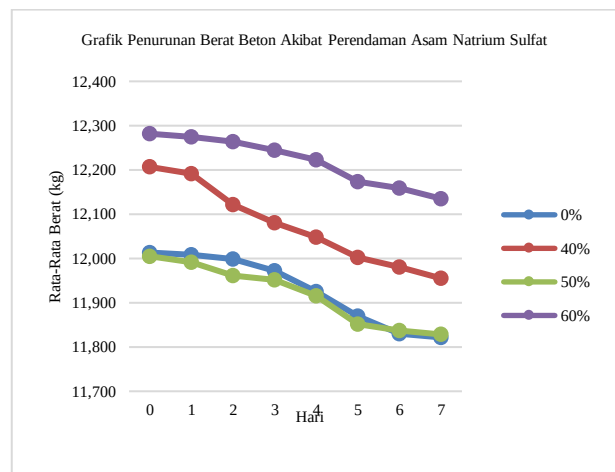
Pemeriksaan keadaan dalam kemasan *Coating Cement Styrofoam* diperoleh nilai – (negatif) yaitu tidak ada gumpalan. Hasil tersebut memenuhi syarat dalam perhitungan menggunakan SNI 8665:2018. Pemeriksaan waktu mengering *coating cement styrofoam* diperoleh nilai rata-rata waktu mengering sentuh dan waktu mengering keras pada variasi 40% adalah 0,61 jam dan 2,58 jam pada variasi 50% adalah 0,68 jam dan 2,58 jam dan pada variasi 60% adalah 0,79 jam dan 3,62 jam. rata-rata persen elongasi pada variasi 40% adalah 208,8%, pada variasi 50% adalah 306,4% dan pada variasi 60% adalah 325,6% dan telah memenuhi syarat dalam perhitungan menggunakan SNI 8665:2018. rata-rata perembesan air sesuai syarat dalam perhitungan menggunakan SNI 8665:2018 pada variasi 40% adalah $1,16 \times 10^{-10} \text{ kg/det.m}^2$, pada variasi 50% adalah $5,79 \times 10^{-11} \text{ kg/det.m}^2$, dan pada variasi 60% adalah $2,31 \times 10^{-11} \text{ kg/det.m}^2$. rata-rata perembesan air *coating cement styrofoam* pada variasi 40% adalah 0,889%, pada variasi 50% adalah 0,881% dan pada variasi 60% adalah 0,924%.

Pengujian Coating cement Waterproofing

Rata-rata nilai slump campuran yang dihasilkan adalah 8,78 cm atau 87,8 mm dan memenuhi syarat berdasarkan SNI 7565:2012.

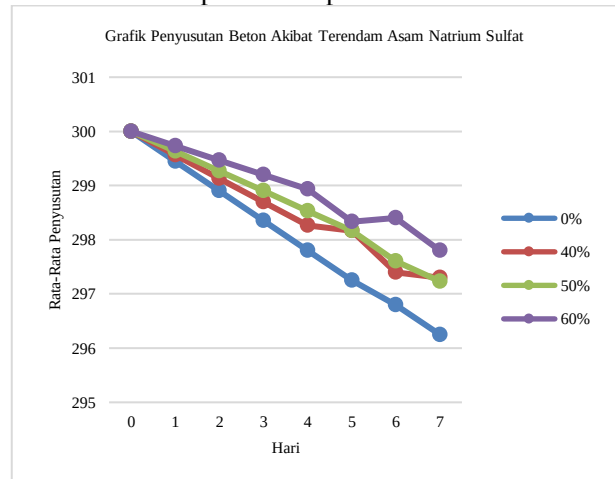
Pengujian Fisik Beton Coating cement Waterproofing Selama Terendam Larutan Asam 7 Hari

Dari hasil pengujian fisik beton yang direndam larutan asam natrium sulfat yang dilakukan di laboratorium, didapatkan grafik hasil rata-rata penurunan berat beton pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Penurunan Berat Beton Akibat Perendaman Asam Natrium Sulfat

Sedangkan hasil grafik hasil rata-rata penyusutan ukuran beton dapat dilihat pada Gambar 5.



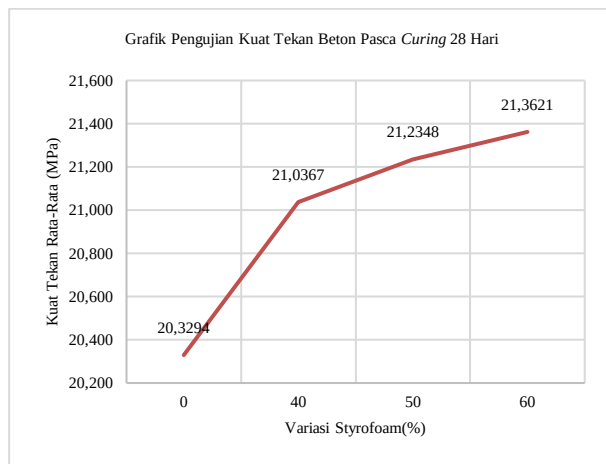
Gambar 5. Grafik Penyusutan Beton Akibat Terendam Asam Natrium Sulfat

Pengujian Kuat Tekan Beton Pasca Curing 28 Hari

Hasil pengujian kuat tekan yang dilakukan di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 2 dan diolah menjadi grafik seperti pada Gambar 6.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pasca Curing 28 Hari

No	Variasi (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	0	20.3294
2	40	21.0367
3	50	21.2348
4	60	21.3621



Gambar 6. Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Pasca Curing 28 Hari

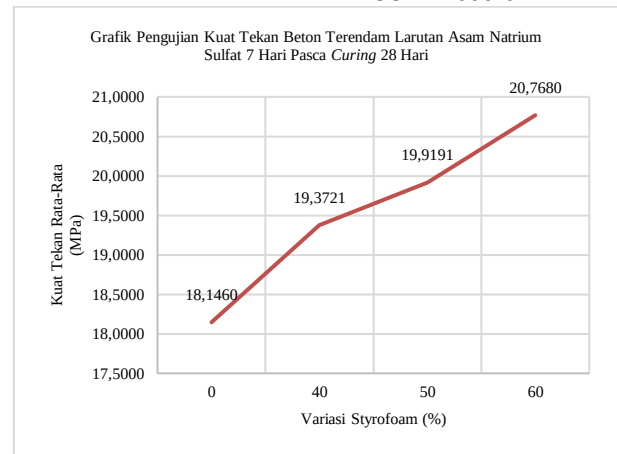
Berdasarkan hasil pengujian diatas lalu dilakukan analisis menggunakan metode ANOVA *single factor* dan didapatkan hasil nilai F hitung sebesar 0,543 dan F kritis sebesar 3,39 sehingga dapat disimpulkan bahwa perbedaan antara kuat tekan beton normal dengan dengan beton terlapisi *coating cement styrofoam* mengalami perbedaan yang tidak signifikan.

Pengujian Kuat Tekan Beton Pasca Curing 28 Hari

Hasil pengujian kuat tekan yang dilakukan di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 3 dan diolah menjadi grafik seperti pada Gambar 7.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Terendam Larutan Asam Natrium Sulfat 7 Hari Pasca Curing 28 Hari

No	Variasi (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	0	17,5990
2	40	19,3721
3	50	19,9191
4	60	20,7680



Gambar 7. Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Terendam Larutan Asam Natrium Sulfat 7 Hari Pasca Curing 28 Hari

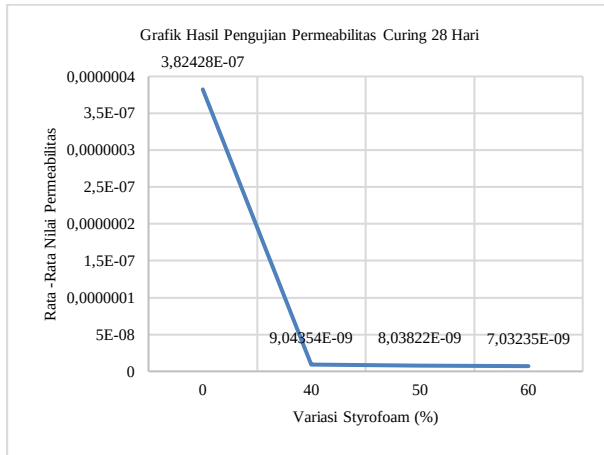
Berdasarkan hasil pengujian diatas lalu dilakukan analisis menggunakan metode ANOVA *single factor* dan didapatkan hasil nilai F hitung sebesar 4,168 dan F kritis sebesar 4,066 sehingga dapat disimpulkan bahwa perbedaan antara kuat tekan beton normal dengan dengan beton terlapisi *coating cement styrofoam* setelah direndam larutan asam natrium sulfat mengalami perbedaan yang signifikan.

Pengujian Permeabilitas Beton Pasca Curing 28 Hari

Hasil pengujian permeabilitas yang dilakukan di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 4 dan diolah menjadi grafik seperti pada Gambar 8.

Tabel 4. Hasil Pengujian Permeabilitas Curing 28 Hari

No	Variasi (%)	Nilai Permeabilitas Rata-rata (mm/s)	Lolos ACI 301-729
1	0	3,82E-07	tidak lolos
2	40	9,04E-09	lolos
3	50	8,04E-09	lolos
4	60	7,03E-09	lolos



Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Permeabilitas Curing 28 Hari

Berdasarkan data di atas didapatkan hasil bahwa beton *coating cement styrofoam* lolos uji standar ACI 301-729 sedangkan beton tanpa *coating cement Styrofoam* tidak lolos standar ACI 301-729. Hasil pengujian di atas lalu dilakukan analisis menggunakan metode ANOVA *single factor* dan didapatkan hasil nilai F hitung sebesar 4,185 dan F kritis sebesar 4,066 sehingga dapat disimpulkan bahwa artinya perbedaan antara permeabilitas beton normal dengan beton terlapis *coating cement styrofoam* setelah direndam larutan asam natrium sulfat mengalami perbedaan yang signifikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh *coating cement styrofoam* pada beton normal yang terendam larutan Natrium Sulfat terhadap perubahan fisik berdasarkan penurunan berat dan penyusutan ukuran adalah dapat menahan laju korosi yang diakibatkan oleh sifat asam dari larutan natrium sulfat karena sifat *waterproofing* yang melapisi beton. Variasi paling optimum dari styrofoam yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah 60%.
2. Nilai kuat tekan beton normal yang terlapis *coating cement styrofoam* pada umur 28 hari tidak memiliki perbedaan yang signifikan, namun tetap memiliki kuat tekan beton rata-rata yang lebih tinggi yaitu 21,3621 MPa pada variasi 60%, sedangkan nilai kuat tekan beton normal mengalami penurunan setelah terendam larutan natrium sulfat selama 7 hari pasca curing 28 hari dengan perbedaan yang signifikan antar variasi lapisan. Penurunan kuat tekan beton tanpa *coating cement styrofoam* adalah 2,1834 MPa

atau sebesar 9,15%, sedangkan penurunan terendah adalah variasi 60% dengan nilai penurunan sebesar 0,5942 MPa atau sebesar 4,09%. Jika pertalite digunakan sebagai pelarut dalam campuran coating pada beton bertulang, diketahui bahwa itu dapat mengikis tulangan yang ada di dalamnya. Namun, karena proses korosi berlangsung dalam jangka waktu yang lama dengan efek pada kekuatan struktur beton tidak signifikan dalam jangka pendek.

3. Permeabilitas beton normal dengan *coating cement styrofoam* memiliki perbedaan yang signifikan. Nilai permeabilitas pada variasi 0% adalah 3,82E-07 mm/s dan dinyatakan tidak lolos uji berdasarkan ACI 301-729. Sedangkan pada beton dengan variasi 40%, variasi 50% dan variasi 60%, ketiganya dinyatakan lolos uji berdasarkan ACI 301-729 dengan nilai paling optimum yaitu pada variasi 60% sebesar 7,03E-09 mm/s atau sebesar 14,37%.

SITASI DAN DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 522. (2011). *Report on Pervious Concrete: ACI 522R-10*. America Concrete Institute.
- ASTM C 596-01. (2001). *Standard Test Method for Drying Shrinkage of Mortar Containing Hydraulic Cement*. ASTM Internasional.
- ASTM C1012-04. (2010). *Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution*. ASTM International.
- Hsu K. (2019). Development of waste expanded polystyrene flexible coating material in concrete waterproofing. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 351(1), 1–10.
- Hunek D B, Jacek Gora J, & Widomski M K. (2021). Durability of Hydrophobic/Icephobic Coatings in Protection of Lightweight Concrete with Waste Aggregate. *Materials*, 1–20.
- Jati N S N, Salsabila R D S, Susanti R, & Hartono. (2023). Inovasi Waterproofing coating cement based dengan pemanfaatan limbah Styrofoam. *JURNAL BANGUNAN*, 28(2), 1–10.
- Liu P, Chen Y, Yu Z, & Lu Z. (2019). Effect of sulfate solution concentration on the deterioration mechanism and physical

- properties of concrete. *Construction and Building Materials*, 227, 116641–116650.
- Murdana A F R, & Kurniawan D B. (2018). Pemanfaatan Limbah Styrofoam sebagai bahan Alternatif Pembuatan Perakat Pipa PVC dengan Proses Mixing.
- SNI 03 1970-2008. (2008). *Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03 1971-1990. (1990). *Kadar Air*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03 2834-2000. (2000). *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03 4804-1998. (1998). *Metode Pengujian Berat Isis dan Rongga Udara dalam Agregat*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 1974-2011. (1990). *Metode Pengujian Kuat Tekan*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-7656:2012. (2012). *Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 8665:2018. (2018). *Cat pelapis antibocor berbasis air*. Badan Standarisasi Nasional.
- Untu G E, Ardiansyah M R, & Syaiful M. (2021). Pengaruh Pembakaran terhadap Kuat Tekan Beton dan Perawatan Pasca Bakar. *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, 6(1), 17–20.
- Wijaya R R, Antoni, & Hardjito D. (2017). Ketahanan di Lingkuan Asam . *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 1–7.
- Zhang Y, Li H, Yang j, & Abdelhady A. (2020). Comparative laboratory measurement of pervious concrete permeability using constant-head and falling-head permeameter methods. *Construction and Building Materials*, 235(120614), 120614–120624.

Penilaian Kinerja Sistem Irigasi pada Jaringan Irigasi Tersier Daerah Irigasi Jabung Kabupaten Lampung Timur

Performance Assessment of Irrigation System on Tertiary Irrigation Network of Jabung Irrigation Area, East Lampung Regency

**Siti Mahardika*¹, Dyah Indriana Kusumastuti², Endro Prasetyo Wahono³, Nur
Arifaini⁴**

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar
lampung 35145, Indonesia

Email: sitimahardika02@gmail.com

Abstrak

Daerah Irigasi Jabung merupakan salah satu daerah irigasi yang berada di Kabupaten Lampung Timur dengan luas 7.288 ha. Daerah Irigasi Jabung mengalami permasalahan dalam pembagian air yang tidak merata. Permasalahan ini terjadi di bagian hilir karena kerusakan prasarana fisik, terutama pada saluran irigasi tersier, dan kurang optimalnya kegiatan operasi dan pemeliharaan. Oleh karena itu, berdasarkan Peraturan Menteri PUPR No.12/PRT/M/2015 tentang Eksploitasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi dilakukan penelitian mengenai penentuan Indeks Kinerja Sistem Irigasi (IKSI) jaringan tersier pada Daerah Irigasi Jabung. Tujuan dari penelitian ini untuk melakukan penilaian tentang kinerja sistem irigasi tersier Daerah Irigasi Jabung yang berguna untuk menyusun program tindak lanjut seperti perbaikan, rehabilitasi, dan pemeliharaan jaringan irigasi. Metode penelitian dilakukan dengan metode kualitatif deskriptif dan penilaian langsung di lapangan serta wawancara. Penilaian yang dilakukan meliputi 6 aspek yaitu kondisi prasarana fisik, produktivitas tanam, sarana penunjang, organisasi personalia, dokumentasi, dan Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A). Hasil yang diperoleh menunjukkan kinerja jaringan irigasi tersier Daerah Irigasi Jabung dalam kondisi baik (70,54%).

Kata Kunci: irigasi; prasarana irigasi; Penilaian Indeks Kinerja Sistem Irigasi (IKSI)

Jabung Irrigation Area is one of the irrigation areas located in East Lampung Regency with an area of 7,288 hectares. Jabung Irrigation Area has a problem of uneven water distribution. This problem occurs in the downstream area due to damage to physical infrastructure, especially in tertiary irrigation canals, and sub-optimal operation and maintenance activities. Therefore, based on the Minister of Public Works and Housing Regulation No. 12/PRT/M/2015 concerning the Exploitation and Maintenance of Irrigation Networks, a study was conducted on determining the Irrigation System Performance Index (IKSI) of the tertiary network in the Jabung Irrigation Area. The purpose of this study is to assess the performance of the tertiary irrigation system of the Jabung Irrigation Area which is useful for formulating follow-up programs such as repair, rehabilitation, and maintenance of the irrigation network. The research method was carried out using a qualitative descriptive method and direct assessment in the field as well as interviews. The assessment covers 6 aspects, namely the condition of physical infrastructure, crop productivity, supporting facilities, personnel organization, documentation, and Farmers' Water Users Association (P3A). The results showed that the performance of the tertiary irrigation network in the Jabung Irrigation Area is in good condition (70.54%).

Keywords: Irrigation; irrigation infrastructure; Irrigation System Performance Index (IKSI)

PENDAHULUAN

Sungai berperan penting dalam menyediakan air irigasi untuk pertanian. Irigasi memungkinkan kontrol aliran air ke lahan pertanian, memastikan pasokan air yang cukup untuk pertumbuhan tanaman. Hal ini memungkinkan peralihan dari

tanaman musiman ke tanaman yang membutuhkan lebih banyak air, seperti padi, buah-buahan, dan sayuran. Hal ini meningkatkan keanekaragaman produksi pertanian, menghasilkan lebih banyak sumber pangan dan pendapatan bagi para petani.

Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air mengamankan

pengelolaan air yang optimal, termasuk untuk irigasi. Prasarana irigasi yang memadai dan terawat dengan baik diperlukan untuk mencapai hal ini.

Saat ini, 46% dari prasarana irigasi di Indonesia dalam kondisi rusak (Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, 2016). Hal ini disebabkan oleh gangguan alam dan kurangnya operasi dan pemeliharaan. Kerusakan jaringan irigasi juga dapat disebabkan oleh minimnya anggaran (Puspitasari, 2014).

Daerah Irigasi Jabung merupakan salah satu daerah irigasi yang berada di Kabupaten Lampung Timur yang memiliki luas 7.288 ha. Daerah Irigasi Jabung mengalami permasalahan dalam pembagian air yang tidak merata. Permasalahan ini terjadi di bagian hilir karena kerusakan prasarana fisik, terutama pada saluran irigasi tersier, dan kurang optimalnya kegiatan operasi dan pemeliharaan (Putri, 2023)

Oleh karena itu, untuk mengevaluasi kinerja sistem irigasi di Daerah Irigasi Jabung berdasarkan Peraturan Menteri PUPR No. 12/PRT/M/2015 tentang Eksploitasi dan Pemeliharaan. Penilaian Indeks Kinerja Sistem Irigasi (IKSI) terdiri dari 6 aspek, yaitu penilaian prasarana fisik, produktivitas tanam, sarana penunjang, organisasi personalia, dokumentasi dan P3A. Sistem irigasi merupakan kumpulan beberapa komponen yang tersusun menjadi satu dalam upaya penyediaan, pengaturan, pembagian, dan pengelolaan air irigasi dalam rangka menunjang peningkatan produktivitas pertanian. Sistem irigasi meliputi prasarana irigasi, air irigasi, manajemen irigasi, kelembagaan pengelolaan irigasi dan sumber daya manusia (Jannata dkk, 2015).

Jaringan irigasi tersier adalah bagian penting dari sistem irigasi yang berfungsi sebagai penyedia air langsung ke lahan pertanian. Menurut Peraturan Menteri PUPR No. 20 Tahun 2006, jaringan irigasi tersier didefinisikan sebagai jaringan irigasi yang berfungsi sebagai prasarana pelayanan air dalam petak tersier yang terdiri dari saluran tersier, saluran kuarter dan saluran pembuang, boks tersier, boks kuarter, serta bangunan pelengkap nya

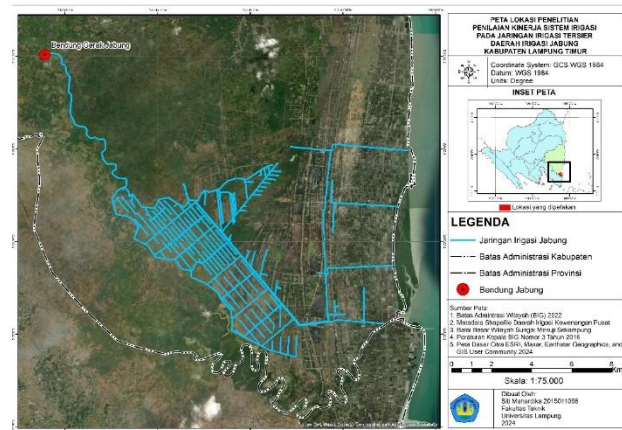
Diharapkan dari penelitian ini akan diperoleh data dan informasi mengenai aset irigasi dan penilaian kinerja sistem irigasi yang efektif dan efisien, sehingga dapat dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan dimasa yang akan datang.

METODE

1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Daerah Irigasi Jabung, Kecamatan Jabung, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. Secara geografis Daerah Irigasi jabung terletak di 5°37'41" LS dan

106°20'11" BT. Daerah Irigasi Jabung sendiri mendapatkan suplai air yang berasal dari Bendung Jabung. Daerah Irigasi Jabung berada di bawah kewenangan Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Mesuji-Sekampung. Daerah Irigasi Jabung memiliki luas baku yaitu 7.288 ha dengan luas fungsional sebesar 3.044 ha.



Gambar 1. Peta Lokasi Daerah Irigasi jabung

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan kualitatif deskriptif. Metode penelitian kuantitatif menekankan pada pengujian teori melalui pengukuran variabel penelitian dengan angka dan melakukan analisis data dengan prosedur statistik untuk mengukur hubungan, pengaruh, atau korelasi antara dua variabel atau lebih (Sukiati, 2016). Penelitian deskriptif adalah penelitian yang dilakukan untuk mengetahui nilai variable mandiri, baik satu variable atau lebih (independent) tanpa membuat perbandingan, atau menghubungkan dengan variabel lain (Sugiyono, 2013). Penelitian kuantitatif merupakan penelitian dengan cara memperoleh data yang berbentuk angka atau data kualitatif yang diangkakan kemudian melakukan perhitungan terhadap data-data yang bersifat pembuktian masalah (Sugiyono, 2013). Untuk menganalisis data perhitungan Indeks Kinerja Sistem Irigasi mengacu pada Peraturan Menteri PUPR No. 12/PRT/M/2015 tentang Eksploitasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi.

2. Alat dan Bahan

Pada penelitian ini alat yang digunakan terbagi menjadi 2 (dua), yaitu perangkat keras dan perangkat lunak:

- Perangkat keras yang digunakan adalah meteran, kamera/smartphone, laptop, alat tulis serta formulir penilaian IKSI.
- Perangkat lunak yang digunakan adalah aplikasi Google Earth, software berbasis GIS, dan Microsoft excel.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah peta citra satelit, peta daerah irigasi (DI), skema jaringan irigasi.

3. Penentuan Indeks Kinerja Sistem Irigasi Tersier

Berdasarkan Peraturan Menteri PUPR No. 12/PRT/M/2015 tentang Eksploitasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi, terdapat 6 indikator penilaian kinerja sistem irigasi tersier yang ditunjukkan pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Indikator dan Bobot Penilaian Sistem Irigasi Tersier

No.	Indikator	Bobot (%)
1	Prasarana Fisik	25
2	Produktivitas Tanam	15
3	Sarana Penunjang	20
4	Organisasi Personalia	15
5	Dokumentasi	5
6	P3A	20

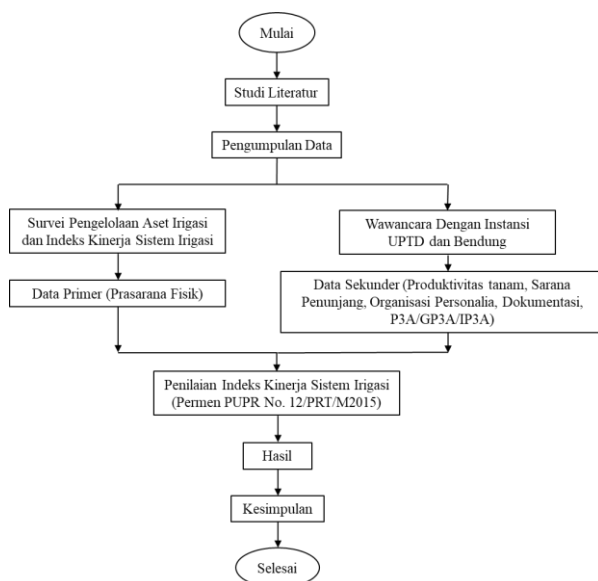
Sumber: Permen PUPR No.12/PRT/M/2015

Kriteria penilaian kinerja sistem irigasi berdasarkan bobot dicapai dijelaskan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Kriteria dan Bobot Penilaian Sistem Irigasi

No.	Nilai Bobot (%)	Kategori
1.	80 - 100	Kinerja sangat baik
2.	70 - 79	Kinerja baik
3.	55 - 69	Kinerja kurang dan perlu perhatian
4.	< 55	Kinerja jelek perlu penanganan

Sumber: Permen PUPR No.12/PRT/M/2015



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penilaian kinerja sistem irigasi diawali dengan melakukan penelusuran jaringan irigasi untuk mendata panjang saluran dan jumlah serta kondisi bangunan yang ada di Daerah Irigasi Jabung. Berikut ini merupakan data hasil penelusuran jaringan Daerah Irigasi Jabung.

Tabel 3. Jumlah dan Panjang Saluran Jaringan Irigasi Tersier Daerah Irigasi Jabung

No.	Jenis Saluran	Jumlah Saluran	Panjang Saluran
1.	Saluran pembawa tersier	115	65,59 km
2.	Saluran pembuang tersier	43	47,03 km
3.	Saluran kuarter	8	2,72 km

Tabel 4. Jumlah Bangunan pada Jaringan Irigasi Tersier Daerah Irigasi Jabung

No.	Nama Bangunan	Jumlah Saluran
1.	Boks Tersier	153
2.	Boks Kuarter	4
3.	Jembatan	7
4.	Gorong-gorong	50
5.	Gorong-gorong tersier	2

1) Penilaian Kinerja Sistem Irigasi pada Aspek Prasarana Fisik

Penilaian kondisi prasarana fisik dinilai dari kondisi saluran dan bangunannya dengan melakukan penelusuran pada jaringan irigasi tersier. Kondisi prasarana fisik memiliki bobot maksimum 25%. Berdasarkan hasil penilaian didapatkan nilai sebagai berikut.

Tabel 5. Penilaian Prasarana Fisik

No.	Uraian	Bobot Final (%)	Nilai Maks. (%)
I	Prasarana Fisik	16,63	20
1.	Saluran Pembawa	10,51	14
2.	Bangunan pada Saluran Pembawa	7,53	8
3.	Saluran Pembuang dan Bangunannya	1,67	3

Berdasarkan beberapa parameter tersebut, didapatkan bobot final untuk aspek prasarana fisik jaringan tersier Daerah Irigasi Jabung sebesar 16,63%.

2) Penilaian Kinerja Sistem Irigasi pada Aspek Produktivitas Tanam

Beberapa hal yang harus ditinjau dalam penilaian produktivitas tanam adalah realisasi luas tanam, Faktor K, dan produktivitas padi. Produktivitas tanam memiliki bobot maksimum sebesar 15%. Berikut ini merupakan hasil penilaian pada aspek produktivitas tanam.

Tabel 6. Penilaian Produktivitas Tanam

No.	Uraian	Bobot Final (%)	Nilai Maks. (%)
II	Produktivitas Tanam	12,80	15
1.	Pemenuhan kebutuhan air (faktor K)	6,57	9
2.	Raelisasi Luas Tanam	3,82	4
3.	Produktivitas Padi	1,75	2

Berdasarkan beberapa parameter tersebut, didapatkan bobot final untuk aspek roduktivitas tanam jaringan tersier Daerah Irigasi Jabung sebesar 12,80%.

3) Penilaian Kinerja Sistem Irigasi pada Aspek Kondisi Operasi dan Pemeliharaan

Penilaian kondisi operasi dan pemeliharaan memiliki 4 parameter yang harus dinilai. Bobot maksimal penialian IKSI pada aspek kondisi operasi dan pemeliharaan adalah 20%. Berikut ini merupakan hasil yang didapatkan setelah melakukan penilaian.

Tabel 7. Penilaian Kondisi Operasi dan Pemeliharaan

No.	Uraian	Bobot Final (%)	Nilai Maks. (%)
III	Kondisi Operasi dan Pemeliharaan	10	20
1.	Bobolan (pengambilan liar) dari saluran induk, sekunder, dan tersier	1,80	6
2.	Giliran pembagian air pada waktu debit kecil	1,20	4
3.	Pembersihan saluran tersier	4,20	6
4.	Perlengkapan pendukungng OP	2,80	4

Berdasarkan beberapa parameter tersebut, didapatkan bobot final untuk aspek kondisi operasi dan pemeliharaan jaringan tersier Daerah Irigasi Jabung sebesar 10%.

4) Penilaian Kinerja Sistem Irigasi pada Aspek PPA/Organisasi Personalia

Terdapat 3 parameter yang dinilai pada aspek PPA/organisasi Personalia yaitu ketersediaan petugas PPA, keterlatihan petugas PPA, serta intensitas koordinasi antara petugas dan petani. Bobot maksimal penialian IKSI pada aspek Petugas Pembagi Air (PPA)/Organisasi Personalia adalah

15% Berikut ini merupakan hasil nilai IKSI yang didapat setelah melakukan penilaian.

Tabel 8. Penilaian Petugas Pembagi Air (PPA)/Organisasi Personalia

No.	Uraian	Bobot Final (%)	Nilai Maks. (%)
IV	Petugas Pembagi Air/Organisasi Personalia	12,08	15
1.	Ulu-ulu/petugas teknis P3A tersedia	5,10	6
2.	Ulu-ulu/petugas teknis P3A telah terlatih	3,15	4,5
3.	Ulu-ulu/petugas teknis P3A sering berkomunikasi dengan petani dan Juru	3,83	4,5

Berdasarkan beberapa parameter tersebut, didapatkan bobot final untuk aspek Petugas Pembagi Air (PPA)/Organisasi Personalia jaringan tersier Daerah Irigasi Jabung sebesar 12,08%.

5) Penilaian Kinerja Sistem Irigasi pada Aspek Dokumentasi

Penilaian terhadap aspek dokumentasi diperoleh dengan melakukan wawancara dengan petugas UPTD PSD Rawa Kramat. Terdapat 2 kriteria penilaian yaitu buku data petak, serta peta dan gambar-gambar. Aspek dokumentasi memiliki bobot maksimum sebesar 5%. Berikut ini merupakan hasil penilaian pada aspek dokumentasi.

Tabel 9. Penilaian Dokumentasi

No.	Uraian	Bobot Final (%)	Nilai Maks. (%)
V	Dokumentasi	2,74	5
1.	Buku data petak tersier	1,01	2
2.	Peta dan gambar-gambar	1,73	3

Berdasarkan beberapa parameter tersebut, didapatkan bobot final untuk aspek dokumentasi jaringan tersier Daerah Irigasi Jabung sebesar 2,74%.

6) Penilaian Kinerja Sistem Irigasi pada Aspek Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A)

Peraturan Menteri Pertanian No. 17 tahun 2012 mengemukakan bahwa Petani Pemakai Air (P3A) adalah kelembagaan yang ditumbuhkan oleh petani yang mendapatkan manfaat secara langsung dari pengelolaan air pada jaringan irigasi air permukaan, embung/dam, parit dan air tanah. Penilaian IKSI Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A) diperoleh dengan melakukan wawancara dengan petugas UPTD PSDA Rawa Kramat. Terdapat 8 parameter penilaian. Aspek Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A) memiliki bobot

maksimum sebesar 5%. Berikut ini merupakan hasil penilaian pada aspek dokumentasi.

Tabel 10. Penilaian Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A)

No.	Uraian	Bobot Final (%)	Nilai Maks. (%)
VI	Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A)	16,30	20
1.	Berbadan Hukum	1.70	2
2.	Kelembagaan GP3A/IP3A	2.55	3
3.	Rapat Ulu Ulu / P3A Desa dengan Juru/Mantri/Penyuluh Pertanian	1.55	2
4.	P3A aktif melakukan survei/penelusuran jaringan	2.40	3
5.	Partisipasi anggota P3A dalam perbaikan jaringan dan penanganan bencana	2.55	3
6.	Kepatuhan anggota P3A terhadap Iuran digunakan untuk pengelolaan jaringan tersier	1.30	2
7.	Kemampuan fungsional dan koordinasi P3A dalam perencanaan tata tanam dan pengalokasian air	2.55	3
8.	Keterlibatan P3A dalam Monitoring dan Evaluasi	1,70	2

P3A Daerah Irigasi Jabung berjumlah 9 yang terbagi kedalam 2 kecamatan yaitu Kecamatan Pasir Sakti dan Kecamatan Jabung, serta sudah berbadan hukum. Berdasarkan beberapa parameter tersebut, didapatkan bobot final untuk aspek Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A) jaringan tersier Daerah Irigasi Jabung sebesar 16,30%.

Dari 6 aspek penilaian tersebut Berikut ini merupakan rekapitulasi perhitungan Indeks Kinerja Sistem Irigasi Jaringan Tersier Daerah Irigasi Jabung.

Tabel 11. Rekapitulasi Penilaian IKSI

No.	Komponen	Indeks Kondisi yang ada (%)	Nilai Maks. (%)
1	Prasarana Fisik	16,63	25
2	Produktivitas Tanam	12,80	15
3	Sarana Penunjang	10	20
4	Organisasi Personalialia	12,08	15
5	Dokumentasi	2,74	5
6	P3A	16,30	20
Total		70,54	100

Dari hasil penilaian Indeks Kinerja Sistem Irigasi pada Daerah Irigasi Jabung mendapatkan nilai sebesar 70,54%. Berdasarkan Peraturan Menteri PUPR No.12/PRT/M/2015 nilai ini dikategorikan dalam kondisi baik (70% - 79%).

Tabel 12. Perbandingan Nilai IKSI Kondisi yang ada dengan Nilai Maksimum

No.	Komponen	Indeks Kondisi yang ada (%)	Nilai Maks. (%)	Selisih (%)
1	Prasarana Fisik	16,63	25	8,37
2	Produktivitas Tanam	12,80	15	2,20
3	Sarana Penunjang	10	20	10
4	Organisasi Personalialia	12,08	15	2,93
5	Dokumentasi	2,74	5	2,26
6	P3A	16,30	20	3,70
Total		70,54	100	

Berdasarkan hasil penilaian tersebut dapat diketahui bahwa nilai IKSI pada aspek prasarana fisik, sarana penunjang, dan dokumentasi memiliki selisih tertinggi sehingga diperlukan perhatian lebih untuk mencapai nilai maksimum. Aspek produktivitas tanam mendapatkan nilai selisih terendah sehingga dapat dikategorikan ke dalam kondisi baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan penilaian kinerja sistem irigasi jaringan tersier Daerah Irigasi Jabung, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penilaian IKSI pada 6 komponen yang ada dibandingkan dengan nilai maksimum yang diharapkan sesuai dengan Peraturan Menteri PUPR No. 12/PRT/M/2015, diperoleh kategori baik dengan nilai 70,54%.
2. Dari keenam aspek tersebut aspek dokumentasi, prasarana fisik dan sarana penunjang memberi kontribusi kecil, yaitu aspek sebesar 2,74%, aspek prasarana fisik sebesar 16,63%, dan aspek sarana penunjang sebesar 10%. Oleh karena itu, ketiga aspek tersebut memerlukan perbaikan untuk meningkatkan nilai kinerja sistem irigasi pada jaringan tersier Daerah Irigasi Jabung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung dan didanai oleh CV. SUMMA TERRA CONSULTANT yang diberikan kepada penulis.

REFERENSI

- Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, (2016), Modul Ke-8 Modul Kinerja Jaringan Irigasi, Pusat Pelatihan dan Pendidikan Sumber Daya Air dan Konstruksi Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, Jakarta, 58 hal.
- Jannata, Sirajuddin Haji Abdullah, Asih Priyati. 2015. Analisa Kinerja Pengelolaan Irigasi di Daerah Irigasi Lemor, Kabupaten Lombok Timor. NTB. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Biosistem*. 3(1). 112
- Peraturan Menteri PUPR No.12/PRT/M/2015 tentang Eksploitasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi.
- Puspitasari, I. (2014). Model Alokasi Pendanaan Pemeliharaan Infrastruktur Irigasi Dengan Metode AHP (Analytic Hierarchy Process). *Jurnal Ilmiah TEDC*, Vol 8, No. 2 160–170.
- Putri, Restika. 2023. *Model Penentuan Prioritas Pengelolaan Aset Berbasis e-PAKSI di Daerah Irigasi Way Sekampung*. Universitas Lampung. Lampung.
- Sugiyono.(2013). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Bandung. CV Alfabeta.
- Sukiati. (2016). Metode Penelitian Sebuah Pengantar. CV MANHAJI. Medan.

Analisis Produktivitas Tenaga Kerja Menggunakan Metode *Productivity Rating* Dan *Time Study*

Labor Productivity Analysis Using Productivity Rating and Time Study Methods

Ridhwan Gilang Ramadhan¹ Retna Kristiana²

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercu buana, Jl. Meruya Selatan Kebon Jeruk - Jakarta Barat. Email : retna.kristiana@mercubuana.ac.id

Abstrak

Kemampuan semua individu dan perusahaan yang terorganisasi dengan baik untuk menghasilkan barang atau jasa merupakan definisi luas dari produktivitas. Mengikuti prosedur observasi lapangan, analisis data dilakukan dengan menggunakan studi waktu dan teknik Peringkat Produktivitas. Metodologi penelitian membantu dalam pengumpulan data yang sistematis dan penerapan fakta untuk penyelesaian masalah. Selama tiga minggu, observasi dilakukan pada pekerjaan bekisting balok dan pelat lantai dengan menggunakan formulir observasi lapangan harian yang telah dibuat sebelumnya. Memastikan bahwa tindakan pekerja sesuai untuk observasi dengan memberikan daftar periksa dan mencatat temuan observasi dalam formulir. Menghitung hasil presentasi observasi. Pekerjaan bekisting balok dan pelat lantai merupakan jenis pekerjaan yang terlihat. Tingkat efisiensi tenaga kerja dengan rata-rata total tiga minggu dari semua utilitas kerja, atau nilai LUR, diketahui sebesar 66,30% berdasarkan hasil analisis. Karena enaga kerja melampaui faktor utilitas pekerja sebesar 50% atau nilai LUR maka dianggap telah mencapai waktu efektif. tingkat efisiensi tenaga kerja berfungsi dengan sukses atau memuaskan. Untuk pekerjaan bekisting balok seluas 40 m2, pengukuran produktivitas seperti aktivitas pemasangan perancah memerlukan koefisien pekerja sebesar 0,0182 m2/OH pekerja per hari.

Kata Kunci : Porduktivitas Tenaga Kerja, *Productivity Rating*, *Time study*.

Abstract

The ability of all individuals and well-organized companies to produce goods or services is a broad definition of productivity. Following the field observation procedure, data analysis was carried out using time study and Productivity Ranking techniques. The research methodology helps in systematic data collection and application of facts to solve problems. For three weeks, observations were made on the beam and floor slab formwork work using a daily field observation form that had been made previously. Ensuring that the worker's actions are in accordance with the observation by providing a checklist and recording the observation findings in the form. Calculating the results of the observation presentation. The beam and floor slab formwork work is a type of visible work. The labor efficiency level with a total average of three weeks of all work utilities, or LUR value, is known to be 66.30% based on the analysis results. Since labor is considered to have achieved effective or satisfactory time if it exceeds the LUR value or worker utility factor above 50%, the labor efficiency level is functioning successfully or satisfactorily. For a 40 m2 beam formwork work, productivity measurements such as scaffolding installation activities require a worker coefficient of 0.0182 m2/OH worker per day.

Keywords : *Labor Productivity, Productivity Rating, Time study.*

PENDAHULUAN

Produktivitas didefinisikan secara garis besar sebagai kemampuan yang dimiliki oleh semua orang dan bisnis yang terorganisir untuk menghasilkan produk atau jasa (Nathan Iskandar & Pranata, 2024). Sejumlah aktivitas yang berlangsung selama jam kerja, seperti makan, tidur, berbicara, dan makan, dapat memengaruhi seberapa produktif suatu proyek diselesaikan. (Pingkan & Alva, 2023).

Proyek pembangunan kantor advokat berlokasi Jl. Ampera 7 No 16 Kel. Pademangan Barat, Kec. Pademangan, Jakarta Utara. Pada proyek tersebut dibangun gedung yang berjumlah 5 lantai. Proyek pembangunan kantor advokat dimulai pada 01 Agustus 2023 – 31 Mei 2024. Pada proyek tersebut terdapat beberapa Stakeholder atau pemangku kepentingan yaitu, Pemilik Proyek: PT. Prana Visi Mandiri sebagai kontraktor utama. Pekerjaan konstruksi tersebut telah memasuki tahap pekerjaan struktur atas. Menurut Bapak

Kamsah sebagai pelaksana progres dari proyek kontruksi ini hingga 7 bulan ini yaitu 60 % untuk pekerjaan struktur, dan 50 % untuk keseluruhan pekerjaan proyek.

Berdasarkan hasil survei lapangan yang telah dilakukan oleh peneliti, bahwa banyak pekerja yang tidak ikut serta pada saat pelaksanaan pekerjaan bekisting balok dan pelat lantai di proyek. Hal ini disebabkan karena kurang optimalnya pengawasan dari pihak manajemen proyek. Adanya pungli dari lingkungan sekitar proyek dengan frekuensi satu minggu sekali yang menyebabkan jarang adanya pihak manajemen datang ke lokasi proyek.

Berdasarkan pengamatan di lapangan adanya kendala lainnya di proyek yaitu terhambatnya distribusi dan mobilisasi material proyek karena akses jalan yang sempit sehingga kurangnya pengendalian menuju lokasi proyek yang menyebabkan produktivitas tenaga kerja menjadi kurang optimal dan cukup memakan waktu untuk proses berjalannya pekerjaan tertentu.

Studi ini berfokus pada produktivitas sumber daya tenaga kerja yang digunakan dalam pekerjaan bekisting balok dan pelat lantai. Analisis pada studi ini mampu memberikan pemahaman yang lebih kompleks terkait produktivitas proyek dan berfungsi sebagai dasar untuk saran peningkatan atau kegiatan penting.

METODE

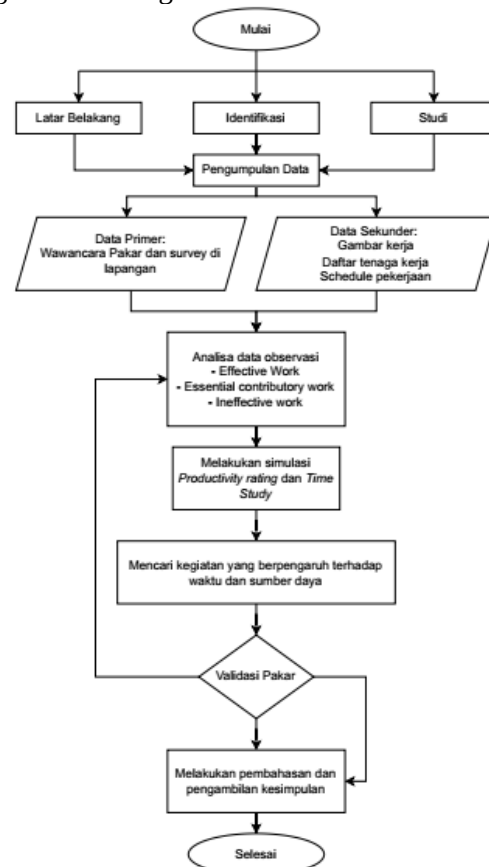
Metode penelitian kombinasi kuantitatif dan kualitatif, atau yang dikenal sebagai metode campuran (*mixed methods*), memadukan elemen-elemen kuantitatif dan kualitatif dalam sebuah penelitian. Memperoleh pemahaman yang lebih mendalam adalah tujuan utama *komprehensif* terhadap fenomena yang diteliti. Dalam konteks penelitian ini, peneliti menggunakan data yang berupa angka sebagai sebuah alat untuk menganalisis informasi yang ingin diketahui, namun juga menggunakan pendekatan kualitatif untuk mendapatkan wawasan yang lebih mendalam dan kontekstual pada proyek pembangunan kantor advokat, Pademangan, Jakarta Utara.

Ada beberapa cara pengumpulan data: primer, sekunder, dan data studi pustaka. Observasi *Productivity Rating* dan *Time Study*. Dengan menggunakan format pengamatan lapangan harian yang telah ditentukan sebelumnya, pekerjaan bekisting balok dan pelat lantai diamati selama tiga minggu. Pelat lantai yang diamati dan bekisting balok akan diamati. Kemudian berdasarkan hasil pengamatan kerja selama tiga minggu tersebut

dibuat rekapitulasi data dan ditampilkan dalam Tabel. (Lalujan & Sutandi, 2022).

Mendokumentasikan hasil pengamatan dalam formulir dan menandai bahwa kegiatan pekerja layak untuk pengamatan. Menghitung presentase dari hasil pengamatan. Pekerjaan bekisting balok dan pelat lantai adalah jenis pekerjaan yang diamati. Tiga kategori kegiatan yang mencakup semua pekerjaan adalah pekerjaan *Efektif*, Pekerjaan *Esensial*, Pekerjaan Kontribusi, dan Pekerjaan Tidak Efektif. Selanjutnya analisis *productivity rating* untuk mencari tingkat nilai efisiensi tenaga kerja proyek dan metode *time study* untuk mencari koefisien pekerja per hari berdasarkan pengukuran produktivitas.

Bagan alir merupakan suatu kerangka dasar yang menjadi pedoman umum dalam proses penyusunan suatu tugas akhir dan membentuk suatu alur kerja. Langkah-langkah pelaksanaan penelitian ini dijelaskan seperti dalam gambar diagram alir sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram Alir
(Sumber: Olahan Penulis 2024)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Work Breakdown Structure (WBS) merupakan suatu teknik untuk memecah suatu aktivitas proyek menjadi bagian-bagian komponennya (Dhamayanti, 2001).



Gambar 2. *Work Breakdown Structure* Bekisting Balok dan Pelat Lantai.

(Sumber: Olahan Penulis 2024)

A. *Productivity Rating*

Pada penelitian ini pekerjaan pembeskitingan balok dan pelat lantai dilakukan setelah pemasangan *scaffolding* selesai. Tahap ini diawali dengan pemasangan suri-suri pada *u-headyang* sejajar dengan *mainframe*. Lalu dilanjutkan dengan pemasangan panel bawah bodeman bekisting balok induk dan anak. Untuk dimensi dan elevasi dari bekisting disesuaikan dengan gambar perencanaan yang telah dibuat. Kontrol elevasi bodeman perlu dilakukan untuk mendapatkan posisi yang sesuai. Setelah itu dilanjutkan dengan pemasangan tulangan balok dan panel samping balok, pemasangan suri-suri lantai, pemasangan bodeman balok dan lantai, pemasangan tembereng balok dan lantai, pemasangan *plywood*/triplek, *setting* perancah dan *plywood*, perkuatan bekisting balok dan lantai. Pekerjaan tersebut berkontribusi langsung terhadap hasil akhir (Ikhwanudin, Putriani, 2023).

Selanjutnya, hasil pengamatan langsung proyek tersebut didokumentasikan sebagai waktu produktivitas atau, yaitu periode kerja yang sangat produktif. yang berkontribusi langsung terhadap hasil akhir yaitu pemasangan *scaffolding*, pada *essential contributory work* yakni waktu semi produktif yang dilakukan setiap tukang seperti membawa *scaffolding*, membawa material bodeman balok dan lantai, mencari peralatan atau material, membawa alat kerja dan kegiatan, waktu pekerja yang dihabiskan untuk kegiatan yang tidak efektif, seperti duduk diam, minum, atau merokok, disebut sebagai *ineffective work*. (Fahtmayonei Hermando, 2021).

Tabel 1. Hasil Total Proporsi Tiap Aktivitas Tenaga Kerja Pada Pekerjaan Bekisting Dengan Metode *Productivity Rating*

No	Jenis Kegiatan	Jumlah Pengamat an (Menit)	Total Jumlah Pengamatan (Menit)	Proporsi Tiap Aktivitas (%)	Total Proporsi Tiap Aktivitas (%)
1	Effective Work Essential	Pekerjaan tersebut berkontribusi langsung terhadap hasil akhir :			
		1. Pemasangan <i>scaffolding</i>	1175	10,02	60,37
		2. Pemasangan suri - suri balok dan lantai	962	8,20	
		3. Pemasangan bodeman balok dan lantai	987	8,41	
		4. Pemasangan tembereng balok dan lantai	980	8,35	
		5. Pemasangan <i>plywood</i> / triplek	949	8,09	
		6. Setting perancah dan <i>plywood</i>	1072	9,14	
		7. Perkuatan bekisting balok dan lantai	957	8,16	
2	Essential Contributory Work	1. Membawa <i>scaffolding</i> , membawa material bodeman balok dan lantai, material tembereng balok dan lantai, material <i>plywood</i> .	1009	8,60	
		2. Membawa alat kerja bor tangan, grinda potong, <i>sircle plywood</i> , perkuatan bekisting	934	7,96	
		3. Memberi atau menerima perintah	755	6,44	
		3	Ineffective Work	1. Kegiatan tidak efektif duduk, minum, merokok	425
2. Berjalan dengan tangan kosong	366			3,12	
3. Menunggu material atau perintah	505			4,30	
4. <i>Delay</i> karena cuaca	655			5,58	
Total Pengamatan			11731		

(Sumber: Olahan Penulis 2024)

- Total Proporsi Tiap Aktivitas :
Jumlah Proporsi tiap aktivitas pada *Effective Work Essential*: 10,02% + 8,20% + 8,41% + 8,35% + 8,09% + 9,14% + 8,16% = 60,37 %
- Total Proporsi Tiap Aktivitas :
Jumlah Proporsi tiap aktivitas pada *Essential Contributory Work*: 8,60 + 7,96 + 6,44 = 23,00 %
- Total Proporsi Tiap Aktivitas :
Jumlah Proporsi tiap aktivitas pada *Ineffective Work* : 3,62% + 3,12% + 4,30% + 5,58% = 16,63 %

Uji keseragaman data

Data yang digunakan pada perhitungan uji keseragaman data terdapat pada tabel 1

$$p = \frac{\sum p_i}{k} : 100$$

$$p = \frac{10,02 + 8,20 + 8,41 + 8,35 + 8,09 + 9,14 + 8,16 + 8,60 + 7,96 + 6,44 + 3,62 + 3,12 + 4,30 + 5,58}{21} : 100$$

$$= \frac{100}{21} : 100$$

$$= 0,048$$

$$n = \frac{1175 + 962 + 987 + 980 + 949 + 1072 + 957 + 1009 + 934 + 755 + 425 + 366 + 505 + 655}{21}$$

$$= 558,62$$

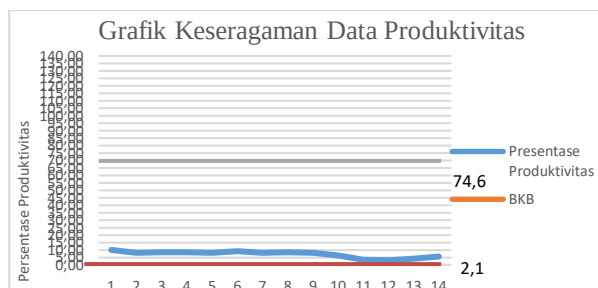
Maka,

$$\text{Batas Kontrol Atas (BKA)} = p + 3 \sqrt{\frac{P(1-P)}{N}}$$

$$= 0,048 + 3 \sqrt{\frac{0,048(1-0,048)}{558,62}} = 0,0746$$

$$\text{Batas Kontrol Bawah (BKB)} = p - 3 \sqrt{\frac{P(1-P)}{N}}$$

$$= 0,048 - 3 \sqrt{\frac{0,048(1-0,048)}{556,00}} = 0,021$$



Gambar 3. Keseragaman Data Produktivitas
(Sumber: Olahan Penulis, 2024)

Hasil uji keseragaman data produktivitas, seperti yang telah ditunjukkan pada Gambar 3, menunjukkan bahwa semua data yang dikumpulkan seragam karena berada dalam batas kendali. Hasilnya, data dapat digunakan dalam perhitungan uji kecukupan data berikutnya.

Uji kecukupan data

Setelah mendapatkan nilai P (persentase kejadian yang diamati yang juga direpresentasikan dalam bentuk data) dan total pengamatan, maka selanjutnya digunakan pada uji kecukupan data.

$$N'' : \frac{1600(1-p)}{p}$$

$$N'' : \frac{1600(1-0,048)}{0,048} = 320$$

Berikutnya, kuantitas observasi *productivity rating* yang dikumpulkan dibandingkan dengan ukuran sampel terkecil yang dicapai, $N'' < N$ = 320 < 11731.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa terdapat cukup observasi untuk pemenuhan jumlah sampel minimum yang disyaratkan, sehingga pada data observasi dapat diproses dengan data lainnya.

Perhitungan LUR

Tabel 2. Informasi Durasi Aktivitas Tenaga Kerja dan *Productivity Rating* Minggu Pertama

Jenis Kegiatan	Waktu Efektif	Jenis Kegiatan	Waktu Efektif
Utilitas Pekerjaan Bekisting Balok dan Pelat Lantai	2519	1162	741

(Sumber: Olahan Penulis, 2024)

Data yang diperoleh dapat dibandingkan dengan rentang nilai normal 40% hingga 60%. (Laluhan & Sutandi, 2022). Ilustrasi cara menghitung faktor utilitas pekerja pada hari pertama ditunjukkan di bawah ini:

Total Waktu Pengamatan = Waktu bekerja efektif + Waktu bekerja kontribusi + Waktu bekerja tidak efektif.

Total Waktu Pengamatan tenaga kerja minggu ke-1 = 2519 + 1162 + 741 = 4422 menit.

$$\text{LUR Value} : \frac{\text{effective work} + \frac{1}{4}\text{essential contributory work}}{\text{Total}}$$

$$\text{LUR Value} : \frac{2519 + 1/4 \cdot 1162}{4422} = 63,53 \%$$

Tabel 3. LUR Mingguan Utilitas Pekerjaan

Jenis Kegiatan	LUR MINGGU 1	LUR MINGGU 2	LUR MINGGU 3	Rata - rata LUR
Utilitas Pekerjaan tersebut berkontribusi langsung terhadap hasil akhir :				
1.Pemasangan scaffolding				
2.Pemasangan suri - suri balok dan lantai				
3.Pemasangan bodeman balok dan lantai				
4.Pemasangan tembereng balok dan lantai	63,53%	69,40%	65,97%	66,30%
5.Pemasangan plywood / triplek				
6.Setting perancah dan plywood				
7.Perkuatan bekisting balok dan lantai				

(Sumber: Olahan Penulis, 2024)

Dari hasil penelitian yang ada ditabel diketahui tingkat efisiensi tenaga kerja dengan total rata-rata semua utilitas pekerjaan selama 3 minggu nilai LUR nya adalah 66,30 %. Sebab suatu tenaga kerja dianggap telah mencapai waktu efektif atau memuaskan apabila telah melampaui nilai LUR atau faktor utilitas pekerja di atas 50%, maka tingkat efisiensi tenaga kerja tersebut berfungsi secara efektif atau memuaskan (Fahtmayonei Hermando, 2021).

B. Time Study

Kegunaan paling utama dari *time study* yaitu proses penetapan waktu baku untuk pengerjaan sebuah tugas dalam situasi tertentu sehingga produktivitasnya mampu dihitung kemudian (Sandi dkk.,). Setelah perhitungan

produktivitas menggunakan metode *productivity rating*, maka selanjutnya menggunakan pendekatan *time study*. Suatu metode pengukuran kerja yang melibatkan pengumpulan data mengenai jumlah dari waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan sebuah tugas disebut penelitian waktu. (Sandi & Cahyono, 2018).

Produktivitas pekerja diamati selama pemasangan pelat lantai dan bekisting balok. Peneliti menganalisis data yang dihasilkan oleh kontraktor untuk menghitung produktivitas pekerja berdasarkan hasil kerja. Hasil dari setiap jenis kegiatan diperoleh dari data ini, seperti yang ditunjukkan pada tabel terlampir.

Tabel 4. *Output Pekerjaan Bekisting Balok*

BOQ	Volume (m2)	Peralatan
Pemasang <i>scaffolding</i>	60	Kunci <i>rachet, waterpass, meteran</i>
Pemasang suri-suri	60	Palu, Kunci pass, meteran
Pemasang <i>plywood</i> / triplek	120	Palu, meteran, gergaji
Setting perancah dan <i>plywood</i>	61	Palu, kunci pass, <i>waterpass</i>
Perkuatan bekisting lantai	70	Palu, kunci pass, meteran
Pemasang <i>scaffolding</i>	60	Kunci <i>rachet, waterpass, meteran</i>

Tabel 5. *Output Pekerjaan Bekisting Pelat Lantai*

BOQ	Volume (m2)	Peralatan
Pemasang <i>scaffolding</i>	60	Kunci <i>rachet, waterpass, meteran</i>
Pemasang suri-suri	60	Palu, Kunci pass, meteran
Pemasang <i>plywood</i> / triplek	120	Palu, meteran, gergaji
Setting perancah dan <i>plywood</i>	61	Palu, kunci pass, <i>waterpass</i>
Perkuatan bekisting lantai	70	Palu, kunci pass, meteran
Pemasang <i>scaffolding</i>	60	Kunci <i>rachet, waterpass, meteran</i>

(Sumber: Olahan Penulis, 2024)

Perhitungan *Basic Time*

Formulir observasi lapangan untuk setiap pekerjaan menyediakan waktu dasar untuk pekerjaan tersebut. Waktu observasi didokumentasikan pada formulir observasi lapangan untuk setiap jenis aktivitas pekerjaan.

Tabel 6. Form Observasi Lapangan Pekerjaan Bekisting Balok

No	Jenis Kegiatan	R	Start (min)	Finish (min)	OT	OT (min)	BT (min)
1	Pemasang <i>scaffolding</i>	75	00:00:00	00:55:00	00:55:00	55	41,25
2	Pemasang suri-suri balok	75	00:55:00	01:40:00	00:45:00	45	33,75
3	Pemasang bodeman balok	75	01:40:00	02:35:00	00:55:00	55	41,25
4	Pemasang tembereng balok	75	02:35:00	03:35:00	01:00:00	60	45
5	Pemasang <i>plywood</i> / triplek	75	03:35:00	04:25:00	00:50:00	50	37,5
6	Setting perancah dan <i>plywood</i>	75	04:25:00	05:30:00	01:05:00	65	48,75
7	Perkuatan bekisting balok	75	05:30:00	06:35:00	00:55:00	55	41,25
Total OT						385	
Total BT							288,75

R : Rate, OT : Observed Time, BT : Basic Time

Tabel 7. Form Observasi Lapangan Pekerjaan Bekisting Pelat Lantai

No	Jenis Kegiatan	R	Start (min)	Finish (min)	OT	OT (min)	BT (min)
1	Pemasang <i>scaffolding</i>	75	00:00:00	00:55:00	00:55:00	55	41,25
2	Pemasang suri-suri	75	00:55:00	01:40:00	00:45:00	45	33,75
3	Pemasang <i>plywood</i> / triplek	75	01:40:00	02:30:00	00:50:00	50	37,5
4	Setting perancah dan <i>plywood</i>	75	02:30:00	03:35:00	01:05:00	55	41,25
5	Perkuatan bekisting lantai	75	03:35:00	04:30:00	00:55:00	55	41,25
Total OT						260	
Total BT							195

R : Rate, OT : Observed Time, BT : Basic Time

(Sumber: Olahan Penulis, 2024)

Dibawah ini adalah contoh dari perhitungan *basic time* kegiatan pekerjaan bekisting balok dan pelat lantai:

a. Pemasang *scaffolding* bekisting balok

Observed time (OT) = 00:55:00 → 3300 detik

$$= \frac{3300}{60} = 55 \text{ menit}$$

$$\text{Basic time (BT)} = \text{OT} \times \frac{\text{rate}}{\text{standard rating}}$$

$$= 55 \times \frac{75}{100} = 41,25 \text{ menit}$$

b. Pemasangan suri-suri bekisting pelat lantai

Observed time (OT) = 00:45:00 → 2700 detik

$$= \frac{2700}{60} = 45 \text{ menit}$$

$$\text{Basic time (BT)} = \text{OT} \times \frac{\text{rate}}{\text{standard rating}}$$

$$= 45 \times \frac{75}{100} = 33,75 \text{ menit}$$

Setelah perhitungan *basic time* selanjutnya yaitu menghitung *standard time*.

Perhitungan *Standard Time*

Nilai waktu dasar akan dimasukkan ke dalam formulir kesimpulan bersama dengan persentase relaksasi dan kelonggaran kontinjensi untuk menghitung nilai waktu standar setelah nilai waktu dasar untuk setiap aktivitas diperoleh.

Tabel 8. Form Rakapitulasi Hasil Analisis Dengan Metode *Time Study*

Jenis Kegiatan	Total BT	Relaxation (%)						Contingency (%)	Total (%)	Total ST
		S	P	K	L	T	M			
Pemasang scaffolding	41,25	8	2	3	3	1	5	5	27	52,39
Pemasang suri-suri balok	33,75	8	2	5	3 0	1	5	5	56	52,65
Pemasang bodeman balok	41,25	8	2	5	3 0	1	5	5	56	64,35
Pemasang tembereng balok	45	8	2	5	2 5	5	5	5	55	69,75
Pemasang plywood / triplek	37,5	8	3	5	3	3	5	5	32	49,50
Setting perancah dan plywood	48,75	8	3	5	3 0	1 0	5	5	66	80,93
Perkuatan bekisting balok	41,25	8	5	5	4 0	1 0	5	5	78	73,43

(Sumber: Olahan Penulis, 2024)

Pada kolom jenis kegiatan didapat dari pada pekerjaan bekisting balok dan pelat lantai. Kolom Total BT (*Basic Time*) didapat dari tabel 7. Kolom Tujuan dari kelonggaran waktu adalah untuk mencegah kesalahan dalam waktu standar pada *Relaxation allowances* terdapat persen S (Standar), persen P (Posisi Kerja), persen K (Konsentarsi), persen L (Lingkungan), persen T (Tenaga Kerja Yang Digunakan), dan persen M (Monoton/kebosanan) (Sandi & Cahyono, 2018). Untuk meningkatkan keakuratan waktu standar, kolom tunjangan kontinjensi menyediakan tunjangan tak terduga. Dengan nilai 5%, tunjangan kontinjensi untuk kejadian tak terduga dalam proyek pembangunan biasanya sudah cukup (Sandi & Cahyono, 2018).

Dari *form* rekapitulasi hasil analisis dengan metode *time study* tabel 4.8 didapatkan nilai dalam waktu standar (ST). Nilai produktivitas kemudian akan ditentukan menggunakan nilai ST.

Persentase relaksasi standar, atau persen S, adalah 8%. Karena pekerja memasang perancah dalam posisi yang relatif mudah yaitu, dengan hanya berdiri di atas perancah yang dirancang untuk membantu mencapai bagian bekisting yang tinggi Persen P, yang merupakan persentase relaksasi untuk posisi kerja, diambil sebagai 2%.

Tukang tidak perlu memeriksa gambar atau memberikan penjelasan secara rinci, sehingga persentase relaksasi K-5% merupakan persentase relaksasi untuk konsentrasi. Karena suhu di lokasi pengamatan cukup panas berkisar antara 33 hingga 34 derajat Celsius persentase relaksasi L merupakan persentase relaksasi untuk lingkungan, khususnya panas dan kebisingan, saat pekerjaan sedang dilakukan. Persentase ini dipilih dari 30%. Karena keterbatasan kapasitas angkat tukang yang hanya 5 kilogram, persentase relaksasi T merupakan persentase relaksasi untuk tenaga kerja yang diperlukan, diambil sebesar 1%. Karena pekerjaan pemasangan bekisting dilakukan secara berulang, maka persentase relaksasi M—yang sebesar lima persen—merupakan persentase relaksasi untuk kebosanan. Ilustrasi cara menghitung nilai waktu baku diberikan di bawah ini.

a. Total % pemasangan *scaffolding*

$$= \% \text{ Relaxation} + \% \text{ Contingency}$$

$$= 22\% + 5\% = 27\%$$

ST (*Standard Time*) pemasangan *scaffolding*

$$= \text{Total BT} + (\text{Total \%} \times \text{Total BT})$$

$$= 41,25 + (27\% \times 41,25)$$

$$= 41,25 + 11,14 = 52,39$$

b. Total % pemasangan suri-suri pelat lantai

$$= \% \text{ Relaxation} + \% \text{ Contingency}$$

$$= 51\% + 5\% = 56\%$$

ST (*Standard Time*) pemasangan suri-suri pelat lantai

$$= \text{Total BT} + (\text{Total \%} \times \text{Total BT})$$

$$= 33,75 + (56\% \times 33,75)$$

$$= 33,75 + 18,9 = 52,65$$

Perhitungan Nilai Produktivitas

Nilai produktivitas akan dihitung menggunakan nilai waktu standar (ST) yang akan diperoleh terlebih dahulu.

Berikut merupakan contoh perhitungan produktivitas per menit dan per hari pada pekerjaan bekisting balok:

$$\text{Produktivitas per menit} = \frac{\text{Volume } m^2}{\text{Total ST}} = \frac{40}{52,39} = 0,76 \text{ m}^2/\text{menit}$$

Produktivitas harian sama dengan $0,76 \text{ m}^2/\text{menit} \times (6 \text{ jam} \times 60 \text{ menit})$.

$$= 0,76 \text{ m}^2/\text{menit} \times 360 \text{ menit}$$

$$= 274,87 \text{ m}^2/\text{hari}$$

Pada perhitungan Produktivitas orang per hari jumlah tenaga kerja didapatkan dari pengamatan langsung.

Produktivitas orang per hari = Produktivitas per hari x Jumlah Tenaga Kerja

$$= 274,87 \text{ m}^2/\text{hari} \times 5$$

$$= 54,97 \text{ m}^2/\text{Orang/Hari}$$

Setelah mendapatkan perhitungan produktivitas orang per hari selanjutnya digunakan untuk menghitung Koefisien pekerjaan bekisting balok dan pelat lantai. Berikut merupakan contoh dari perhitungan koefisien tenaga kerja pada pekerjaan bekisting balok:

Koefisien pekerjaan bekisting balok dan pelat lantai;

$$\text{Produktivitas bekisting} = \frac{1}{\text{Koefisien penutup}}$$

$$\text{Koefisien bekisting} = \frac{1}{54,97 \frac{m^2}{OH}}$$

$$\text{Koefisien bekisting} = 0,0182 \frac{m^2}{OH}$$

Angka produktivitas untuk pekerjaan bekisting balok dan pelat lantai, sebagaimana ditentukan pada contoh sebelumnya, tercantum dalam tabel berikut:

Tabel 9. Nilai Produktivitas Tenaga Kerja Pekerjaan Bekisting Balok

Jenis Kegiatan	Nomor Observasi	Produktivitas		Koefisien Tenaga Kerja (m^2/OH)
		(m^2/hari)	($m^2/\text{orang/hari}$)	
Pemasangan scaffolding	1	274,87	54,97	0,0182
Pemasangan suri-suri balok	2	136,75	34,19	0,0293
Pemasangan bodeman balok	3	223,78	44,76	0,0223
Pemasangan tembereng balok	4	216,77	43,35	0,0231
Pemasangan plywood / triplek	5	436,36	72,73	0,0138
Setting perancah dan plywood	6	306,95	51,16	0,0195
Perkuatan bekisting balok	7	343,21	49,03	0,0204

(Sumber: Olahan Penulis, 2024)

Tabel 9. Nilai Produktivitas Tenaga Kerja Pekerjaan Bekisting Pelat Lantai.

Jenis Kegiatan	Nomor Observasi	Produktivitas		Koefisien Tenaga Kerja (m^2/OH)
		(m^2/hari)	($m^2/\text{orang/hari}$)	
Pemasangan scaffolding	1	340,02	68,00	0,0118
Pemasangan suri-suri	2	410,26	82,05	0,0122
Pemasangan plywood / triplek	3	724,53	120,75	0,0083
Setting perancah dan plywood	4	320,70	64,14	0,0156
Perkuatan bekisting lantai	5	363,64	72,73	0,0138

(Sumber: Olahan Penulis, 2024)

Pada tabel 9 merupakan koefisien pekerja per hari berdasarkan pengukuran produktivitas seperti pada pekerjaan pemasangan scaffolding dibutuhkan koefisien pekerja yaitu sebesar 0,0182 m^2/OH tukang per hari untuk menyelesaikan 40 m^2 pekerjaan bekisting balok (Sasmita & Fiara, 2023).

KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil dan pembahasan diatas yaitu tingkat efisiensi tenaga kerja berdasarkan pengukuran produktivitas dengan metode *productivity rating* pada pekerjaan bekisting balok dan pelat lantai pada pembangunan kantor advokat, Pademangan, Jakarta Utara, menunjukkan nilai rata-rata dari tingkat efisiensi tenaga kerja yaitu sebesar 66,30 % > 50%. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat produktivitas dapat diterima.

Sedangkan koefisien pekerja per hari berdasarkan pengukuran produktivitas dengan metode *time study* pada pekerjaan bekisting balok dan pelat lantai pada pembangunan kantor advokat, Pademangan, Jakarta Utara, terdapat 7 kegiatan berdasarkan nilai koefisien pekerja per hari pada pekerjaan bekisting balok dan 5 nilai koefisien pekerja per hari pada pekerjaan bekisting pelat lantai, seperti pada pengukuran produktivitas seperti pada pekerjaan pemasangan scaffolding dibutuhkan koefisien pekerja yaitu sebesar 0,0182 m^2/OH tukang per hari untuk menyelesaikan 40 m^2 pekerjaan bekisting balok

REFERENSI

- Dhamayanti, R. (2001). *Perencanaan Pengendalian Proyek Bangunan Gedung Dengan Menggunakan Work Breakdownstructure Dan Kurva S. 1.*
- Fahtmayonei Hermando. (2021). Analisis Tingkat

Produktivitas Tenaga Kerja pada Pekerjaan
Pembesian Pelat Lantai. *Yogyakarta:*
Universitas Islam Indonesia.

- Ikhwanudin, Putriani, L. (2023). Pelaksanaan Pekerjaan Struktur Atas Balok dan Pelat Lantai Proyek Pembangunan Rumah Susun Polresta Pati. *Proceeding Science and Engineering ...*, 8(Sens 8), 93–100.
<https://conference.upgris.ac.id/index.php/sens/article/view/4979%0Ahttps://conference.upgris.ac.id/index.php/sens/article/download/4979/3778>
- Lalujan, A. N., & Sutandi, A. (2022). Analisis Produktivitas Tenaga Kerja Pada Pekerjaan Penulangan Di Kota Manado Dengan Metode Work Sampling. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 5(3), 661–670.
<https://doi.org/10.24912/jmts.v5i3.16577>
- Nathan Iskandar, D., & Pranata, G. (2024). Analisis Produktivitas Tenaga Kerja Pada Pengerjaan Kolom di Proyek DNL. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 7(1), 321–328.

Perancangan Struktur Beton Bertulang Gedung Hotel Green Hexa 9 Lantai Tahan Gempa Dengan Menggunakan Sistem Ganda di Kota Pontianak

Design of Reinforced Concrete Structure for The Earthquake-Resistant 9-Story Green Hexa Hotel Using a Dual System in Pontianak

Asha Nikita Putri¹, Rizaldi¹, Iwan Supardi¹, Puspita Rahmasari¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Pontianak, Jln. Jenderal Ahmad Yani.

Email : puspitarahmasari@polnep.ac.id

Abstrak

Kota Pontianak mengalami perkembangan yang signifikan di sektor pariwisata yang ditunjukkan dari terus meningkatnya jumlah wisatawan setiap tahunnya. Hal ini membuat keberadaan hotel menjadi semakin krusial. Dari tahun 2011 hingga 2019, Kalimantan Barat sendiri telah mengalami enam kali gempa bumi, sehingga perencanaan gedung tahan gempa menjadi sebuah keharusan sebagai suatu upaya mitigasi terhadap bencana gempa. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan rancangan gedung hotel tahan gempa di Kota Pontianak berdasarkan SNI 1726 : 2019 yang aman dan nyaman. Hotel Green Hexa ini terdiri dari 9 lantai dengan total tinggi 36 m dan luas 1286 m² dengan struktur beton bertulang. Bangunan dirancang menggunakan SRPMM dikombinasikan dengan dinding geser. Pembebanan mengacu pada SNI 1727:2020. Analisis struktur menggunakan program ETABS, dan gambar kerja 2D menggunakan program AutoCAD. Seluruh komponen struktur menggunakan beton f'c 30 MPa dan baja fy 420 MPa. Hasil perancangan didapat pelat lantai dak 150 mm dan pelat untuk lantai 120 mm; 6 jenis balok, BI.1 35cmx65cm, BA.1 30cmx50cm, BI.2 30cmx55cm, BA.2 24cmx45cm, balok lift 24cmx45cm, balok bordes 24cmx45cm; 2 jenis kolom, K.1 60cmx60cm, K.2 40cmx40cm, 1 jenis dinding geser 30 cm; 7 jenis pondasi, P.1 140cmx140cmx50cm, P.2 140cmx260cmx50cm, P.3 260cmx260cmx60cm, P.6 260cmx380cmx60cm, P.6A 260cmx380cmx70cm, P.9 380cmx380cmx80cm, P.20 750cmx500cmx100cm.

Kata kunci: Beton Bertulang; Dinding Geser; Gedung Hotel; Sistem Ganda; Struktur Tahan Gempa

Abstract

Pontianak City is undergoing substantial growth in the tourism sector, as evidenced by the increasing number of tourists annually, making the presence of hotels increasingly crucial. From 2011 to 2019, West Kalimantan itself experienced six earthquakes, making earthquake-resistant building planning a necessity as a mitigation against earthquake disasters. This research aims to obtain a safe and comfortable design for an earthquake-resistant hotel building in Pontianak based on SNI 1726: 2019. The Green Hexa Hotel consists of 9 floors with a total height of 36 m and an area of 1286 m² using a reinforced concrete structure. The building is designed using SRPMM combined with shear walls. The loading refers to SNI 1727:2020. The structural analysis using ETABS and 2D working drawings using AutoCAD software. All structural components are designed using concrete with the f'c 30 MPa and fy 420 MPa rebar. The design results include a 150 mm solid slab floor and a 120 mm floor slab; 6 types of beams, BI.1 35cmx65cm, BA.1 30cmx50cm, BI.2 30cmx55cm, BA.2 24cmx45cm, elevator beam 24cmx45cm, landing beam 24cmx45cm; 2 types of columns, K.1 60cmx60cm, K.2 40cmx40cm, a type of 30 cm shear wall; 7 types of foundations, P.1 140cmx140cmx50cm, P.2 140cmx260cmx50cm, P.3 260cmx260cmx60cm.

Keywords: Dual System; Earthquake-Resistant Structure; Hotel Building; Reinforced Concrete; Shear Wall

PENDAHULUAN

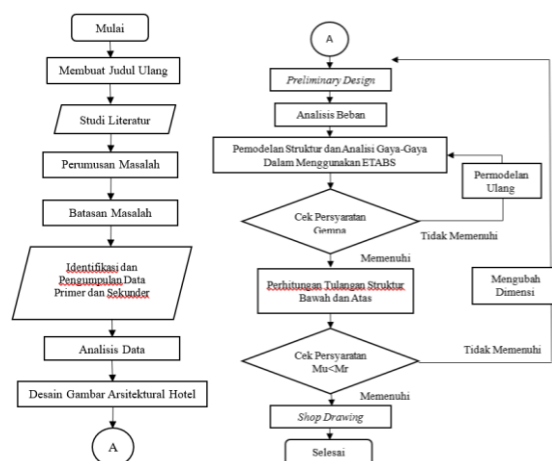
Jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Kalimantan Barat pada Desember 2023 mencapai 9.492 kunjungan ^[1]. Jumlah tersebut mengalami kenaikan sebesar 94,59 persen dibandingkan November 2023 ^[1]. Peningkatan jumlah wisatawan setiap tahunnya merupakan bukti bahwa Kota Pontianak sedang mengalami perkembangan signifikan dalam sektor pariwisata. Oleh karena itu, pentingnya keberadaan hotel sebagai tempat menginap menjadi semakin krusial.

Dalam merencanakan suatu bangunan khususnya bangunan bertingkat diharapkan tahan terhadap pengaruh gempa bumi. Kalimantan Barat telah mengalami enam kali gempa antara tahun 2011 hingga 2019. Gempa terakhir tersebut, menurut skala Modify Mercalli Intensity, diklasifikasikan sebagai golongan III. Oleh karena itu, mempertimbangkan kondisi geologi dalam perancangan ini, struktur direncanakan secara khusus dengan menerapkan sistem tahan gempa dikombinasikan dengan dinding geser (*shear wall*) menciptakan agar bangunan bersifat fleksibel dan daktail dalam meredam getaran gempa. Daktail atau daktilitas adalah kemampuan elemen struktur (balok, kolom, *wall*) untuk berdeformasi hingga melewati batas elastisnya (mencapai batas plastis) tanpa mengalami keruntuhan ^[2].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh desain bangunan hotel yang aman dan nyaman dengan tingkat keamanan yang tinggi sehingga menghindari kegagalan struktur dengan menacu pada SNI 1726: 2019.

METODE

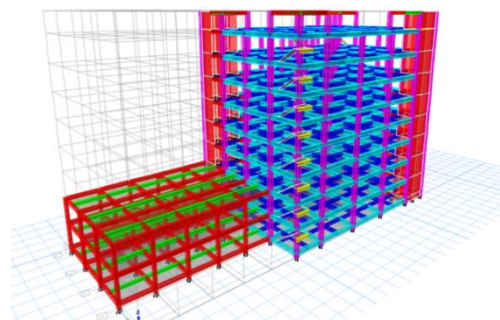
Diagram Alir



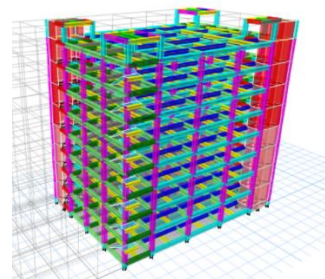
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pemodelan Struktur

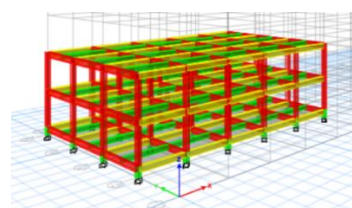
Pemodelan struktur menggunakan program bantu ETABS termasuk material dan dimensi elemen (pelat, balok, kolom, tangga dan dinding geser), beban layan, kombinasi beban, hingga *output* analisis. Dikarenakan dalam perencanaan ditambahkan dilatasi, maka untuk memudahkan analisis gaya dalam pada struktur dibuat pemodelan terpisah yang dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 2. Pemodelan Struktur Gedung Rencana



Gambar 3. Pemodelan Struktur Bangunan A



Gambar 4. Pemodelan Struktur Bangunan B

Beban Mati

Beban adalah gaya atau aksi lainnya yang diperoleh dari berat seluruh bahan bangunan, penghuni, barang-barang yang ada di dalam bangunan gedung, efek lingkungan, selisih perpindahan dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi ^[3].

Beban mati adalah berat dari semua bagian gedung yang bersifat tetap yang diakibatkan oleh gravitasi, termasuk unsur tambahan, penyelesaian-

penyelesaian, mesin dan peralatan tetap yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung [4]. Beban mati bangunan ditentukan oleh berat bahan yang dipakai dalam bangunan berdasarkan Tabel 1.

Tabel 1. Beban Mati Desain Minimum

Komponen	Beban (kN/m ²)
Ceilings	
Gypsum Board (per mm thickness)	0,008
Mechanical duct allowance	
Plaster on tile or concrete	0,19
Accoustical fiberboard	0,24
Suspended steel channel system	0,05
	0,10
Covering, roof, and wall	
Cement tile	0,77
Plywood, (per mm thickness)	0,04
Fiberboard, 13 mm	0,04
Waterproofing membranes, bituminous, smooth surface	0,07
Floor fill	
Cinder concrete, per mm	0,017
Sand, per mm	0,015
Stone concrete, per mm	0,023
Frame partitions	
Movable steel partition	0,19
Wood or steel stud, 13 mm gypsum board each side	0,38
Frame walls	
Windows, glass, frame, and sash	0,38

Beban Hidup

Beban yang disebabkan oleh penggunaan suatu gedung seperti manusia, peralatan yang dapat berpindah, termasuk biasanya beban berada pada lantai bangunan dan dari benda-benda yang tidak menetap, peralatan pada gedung yang tidak menetap lama selama masa layanan beban hidup [4]. Beban hidup dihitung berdasarkan Tabel 2.

Tabel 2. Beban Hidup

Bahan Komponen	Beban Merata (kN/m ²)
Ruang pertemuan	4,79
Koridor lantai pertama	4,79
Ruang makan dan restoran	4,79
Gimnasium	4,79
Ruang pribadi dan koridornya	1,92
Ruang publik	4,79
Atap vegetatif dan atap lanskap	0,96
Elevator machine room	7,18
Gudang (ringan)	6
Toko (eceran, lantai pertama)	3,59
Ruang komputer	4,79
Lobi	4,79
Koridor	4,79
Atap (bukan untuk hunian)	0,96

Beban Angin

Berdasarkan hasil tekanan desain beban angin yang didapat, nilainya belum memenuhi beban angin minimal sesuai dengan SNI 1727-2020 pasal 27.1.5 yaitu sebesar 0,77 kN/m². Sehingga beban angin yang digunakan tekanan angin minimal yang diisyaratkan di semua elevasi yaitu 0,77 kN/m².

Beban Gempa

Untuk parameter percepatan gempa didapat kelas situs SE (tanah lunak) menggunakan data tanah N-SPT. Data wilayah gempa dan parameter respon spektra percepatan desain (S_s dan S₁) dari peta respon spektrum desain untuk Kota Pontianak.

Kategori desain seismic: C

Kategori risiko gempa: II

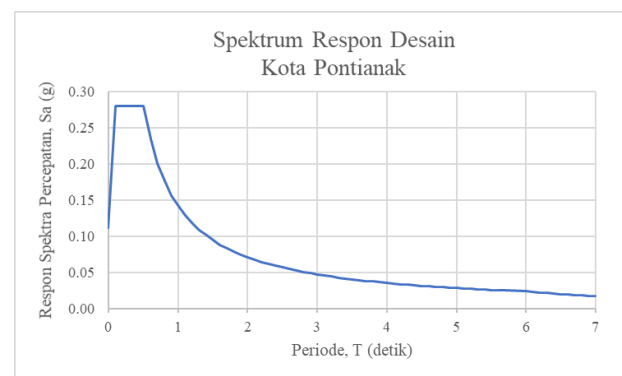
Kelas situs tanah: SE (tanah lunak)

S₁: 0,051

S_s: 0,1756

S_{DS}: 0,280

S_{DI}: 0,142



Gambar 5. Spektrum Respon Desain
(Sumber: Analisis Pribadi, 2024)

Beban Air Hujan

SNI 1727:2020 pasal 8.3, beban air hujan harus didasarkan pada tinggi total (yakni, tinggi statis [ds] ditambah kepala hidraulik [dh]) yang terkait dengan laju aliran desain untuk sistem drainase dan saluran sekunder yang ditetapkan seperti yang dapat dilihat pada Persamaan [1].

$$R = 0,0098 (d_s + d_h) \dots\dots\dots [1]$$

Kombinasi Beban

Adapun kombinasi yang digunakan berdasarkan SNI 1726-2019.

1,4D

1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr atau R)

1,2D + 1,6 (Lr atau R) + (L atau 0,5W)
1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr atau R)
1,2D + 1,0E + 1,0L
0,9D + 1,0W
0,9D - 1,0E
(1,2 + 0,2Sds) D + 1,0L ± 1,0ρEx ± 0,3ρEy
(0,9 - 0,2Sds) D ± 1,0ρEx ± 0,3ρEy

DATA DAN ANALISA

Metode pengumpulan data yaitu suatu cara dalam pengumpulan, pencatatan dan penyajian fakta untuk tujuan tertentu. Pengumpulan data dibagi menjadi 2 yaitu data primer dan pengumpulan data sekunder.

Data Primer

Data primer merupakan sumber data penelitian yang diperoleh langsung dari sumber asli (tidak melalui media perantara) [5]. Lokasi Bangunan Hotel ini berlokasi Jl. Jendral Ahmad Yani, Kecamatan Pontianak Selatan, Kota Pontianak, Kalimantan Barat seperti pada Gambar .



Gambar 6. Lokasi Perencanaan

Data Sekunder

Adapun data sekunder yang dipakai adalah data tanah hasil pengetesan di Jalan MT. Haryono, Pontianak di mana data tanah adalah N-SPT (*Standar Penetration Test*) dengan kedalaman 42 meter. Pada pengujian N-SPT, sifat-sifat tanah pasir ditentukan dari pengukuran kerapatan relatif secara langsung di lapangan [6].

PEMBAHASAN

Kontrol Periode Struktur

Bangunan A:
Ta = 0,7172 detik
Tc,x = 1,119 detik

Tc,y = 1,158 detik

Bangunan B:
Ta = 0,3367 detik
Tc,x = 0,544 detik
Tc,y = 0,544 detik

Kontrol Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.1 analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100% dari massa struktur, namun diijinkan paling sedikit partisipasi massa harus 90% seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Periode dan Frekuensi Getar Alami
Bangunan A

Mode	Periode sec	SumUX	SumUY
1	1,456	0	0,6659
20	0,06	0,9136	0,9074

Tabel 4. Periode dan Frekuensi Getar Alami
Bangunan B

Mode	Periode sec	SumUX	SumUY
1	0,700	0	0,6247
9	0,049	1	1

Kontrol Base Shear

Nilai Vdinamik (Vt) dan Vstatik (V) didapatkan dari *base reaction* dari hasil analisa struktur. SNI 1726:2019 pasal 7.9 mensyaratkan nilai akhir Vdinamik kurang dari 100% dari Vstatik. Bila syarat tersebut tidak terpenuhi maka gaya geser sebesar 1V/Vt [9].

Tabel 5. Scaled Base Shear (Bangunan A)

Output Case	Case Type	Step Type	FX	FY
Text	Text	Text	kN	kN
EQx	LinStatic	Step By Step	-1958,4	
EQy	LinStatic	Step By Step		-1895,2
SpektraX	LinRespSp	Max	1958,4	
SpektraY	LinRespSp	Max		1895,2

$$\frac{V_x}{V_{i,x}} = \frac{1958,4839}{1958,4811} = 1,00 \text{ (OK)}$$

$$\frac{V_y}{V_{i,y}} = \frac{1895,216}{1895,2131} = 1,00 \text{ (OK)}$$

Tabel 6. Scaled Base Shear (Bangunan B)

Output Case	Case Type	Step Type	FX	FY
Text	Text	Text	kN	kN
EQx	LinStatic	Step By Step	-699,87	
EQy	LinStatic	Step By Step		-699,87
SpektraX	LinRespSp	Max	699,87	
SpektraY	LinRespSp	Max		699,87

$$\frac{V_x}{V_{i,x}} = \frac{699,8724}{699,8716} = 1,00 \text{ (OK)}$$

$$\frac{V_y}{V_{i,y}} = \frac{699,8716}{699,8709} = 1,00 \text{ (OK)}$$

Kontrol Simpangan Antar Lantai

Untuk mengetahui besarnya simpangan antar tingkat perlu dicari terlebih dahulu nilai perpindahan elastis (*elastic drift*) dengan cara mencari nilai selisih dari *displacement* lantai x dengan lantai di bawahnya yang didapat dari program analisis struktur ETABS.

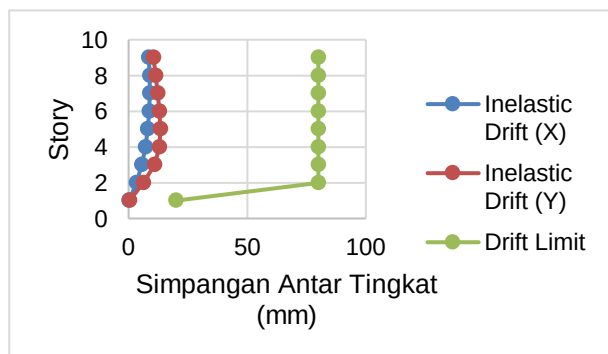
Berikut ini merupakan nilai *inelastic drift* (Δ) dari bangunan A yang dapat dilihat pada Tabel 7, Tabel 8, dan Gambar 7.

Tabel 7. *Inelastic Drift* Arah Sumbu X (Bangunan A)

Lantai	Displacement δ_{ex} (mm)	Elastic Drift δ_{ex} (mm)	h (m)	Inelastic Drift Δ (mm)	Drift Limit (mm)	Cek
Base	0,052	0,052	1	0,234	20	OK
1	0,798	0,746	4	3,357	80	OK
2	2,015	1,217	4	5,477	80	OK
3	3,589	1,574	4	7,083	80	OK
4	5,399	1,810	4	8,145	80	OK
5	7,336	1,937	4	8,717	80	OK
6	9,318	1,982	4	8,919	80	OK
7	11,299	1,981	4	8,915	80	OK
8	13,192	1,893	4	8,519	80	OK
9	14,623	1,431	3	6,440	60	OK

Tabel 8. *Inelastic Drift* Arah Sumbu Y (Bangunan A)

Lantai	Displacement δ_{ex} (mm)	Elastic Drift δ_{ex} (mm)	h (m)	Inelastic Drift Δ (mm)	Drift Limit (mm)	Cek
Base	0,088	0,088	1	0,396	20	OK
1	1,491	1,403	4	6,314	80	OK
2	3,908	2,417	4	10,877	80	OK
3	6,794	2,886	4	12,987	80	OK
4	9,776	2,982	4	13,419	80	OK
5	12,662	2,886	4	12,987	80	OK
6	15,402	2,740	4	12,330	80	OK
7	17,950	2,548	4	11,466	80	OK
8	20,292	2,342	4	10,539	80	OK
9	21,981	1,689	3	7,601	60	OK



Gambar 7. Grafik Simpangan Antar Lantai Bangunan A

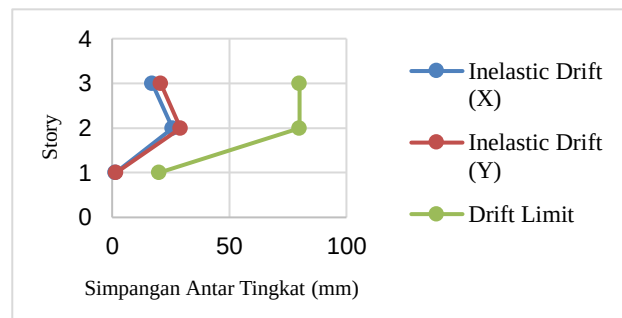
Berikut ini merupakan nilai *inelastic drift* (Δ) dari bangunan B yang dapat dilihat pada Tabel 9, Tabel 10, dan Gambar 8.

Tabel 9. *Inelastic Drift* Arah Sumbu X (Bangunan B)

Lantai	Displacement δ_{ex} (mm)	Elastic Drift δ_{ex} (mm)	h (m)	Inelastic Drift Δ (mm)	Drift Limit (mm)	Cek
Base	0,353	0,353	1	1,412	20	OK
1	6,799	6,446	4	25,784	80	OK
2	11,060	4,261	4	17,044	80	OK

Tabel 10. *Inelastic Drift* Arah Sumbu Y (Bangunan B)

Lantai	Displacement δ_{ex} (mm)	Elastic Drift δ_{ex} (mm)	h (m)	Inelastic Drift Δ (mm)	Drift Limit (mm)	Cek
Base	0,428	0,428	1	1,712	20	OK
1	7,726	7,298	4	29,192	80	OK
2	12,919	5,193	4	20,772	80	OK



Gambar 8. Grafik Simpangan Antar Lantai Bangunan B

Pengaruh P-Delta

Beban gravitasi (P) yang memiliki pengaruh terhadap perpindahan horizontal (Δ) dikenal dengan sebutan *P-Delta Effect* atau Pengaruh P-Delta.

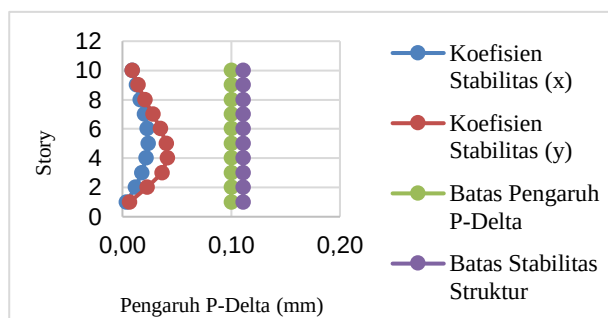
Berikut ini merupakan nilai koefisien stabilitas (θ) bangunan A dengan nilai batas pengaruh P-Delta = 0,1 dan batas stabilitas struktur $\theta_{max} = 0,1111$.

Tabel 11. Koefisien Stabilitas Arah X (Bangunan A)

Lantai	Inelastic Drift Δ_x (mm)	Story Forces P (kN)	Vx (kN)	Koefisien Stabilitas θ_x	Cek
Base	0,234	139567,86	1958,48	0,0037	OK
1	3,357	122142,05	1941,76	0,0117	OK
2	5,477	104936,21	1805,42	0,0177	OK
3	7,083	89968,12	1625,03	0,0218	OK
4	8,145	75000,03	1436,99	0,0236	OK
5	8,717	60031,94	1271,28	0,0229	OK
6	8,919	45063,85	1115,96	0,0200	OK
7	8,915	30095,76	914,74	0,0163	OK
8	8,519	15127,67	566,16	0,0126	OK
9	6,440	1631,66	88,80	0,0088	OK

Tabel 12. Koefisien Stabilitas Arah Y (Bangunan A)

Lantai	Inelasti	Story Forces		Koefisien Stabilitas	Cek
	c Drift Δx (mm)	P (kN)	Vx (kN)		
Base	0,396	139567,86	1895,21	0,0065	OK
1	6,314	122142,05	1879,53	0,0228	OK
2	10,877	104936,21	1746,75	0,0363	OK
3	12,987	89968,12	1566,23	0,0414	OK
4	13,419	75000,03	1384,65	0,0404	OK
5	12,987	60031,94	1240,10	0,0349	OK
6	12,330	45063,85	1107,43	0,0279	OK
7	11,466	30095,76	924,10	0,0207	OK
8	10,539	15127,67	607,37	0,0146	OK
9	7,601	1631,66	104,05	0,0088	OK



Gambar 9. Grafik Pengaruh P-Delta Bangunan A

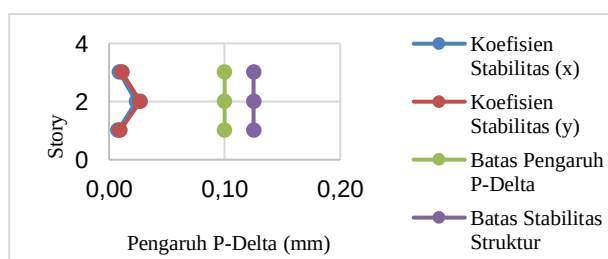
Berikut ini merupakan nilai koefisien stabilitas (θ) bangunan A yang diperoleh dari program ETABS dengan nilai batas pengaruh P-Delta = 0,1 dan batas stabilitas struktur $\theta_{max} = 0,1250$.

Tabel 13. Koefisien Stabilitas Arah X (Bangunan B)

Lantai	Inelasti	Story Forces		Koefisien Stabilitas	Cek
	c Drift Δx (mm)	P (kN)	Vx (kN)		
Base	1,412	15234,05	699,87	0,0077	OK
1	25,784	9085,57	624,13	0,0235	OK
2	17,044	2784,08	326,67	0,0091	OK

Tabel 14. Koefisien Stabilitas Arah Y (Bangunan B)

Lantai	Inelasti	Story Forces		Koefisien Stabilitas	Cek
	c Drift Δx (mm)	P (kN)	Vx (kN)		
Base	1,712	139567,86	699,87	0,0093	OK
1	29,192	122142,05	613,50	0,0270	OK
2	20,772	104936,21	327,76	0,0110	OK



Gambar 10. Grafik Pengaruh P-Delta Bangunan B

Kontrol Dilatasi

Perpindahan respons inelastis maksimum harus diakomodasi oleh pemisahan. Perpindahan elastis maksimum pada lokasi kritis harus dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini, dengan mempertimbangkan perpindahan translasi dan rotasi pada struktur, termasuk pembesaran torsi seperti pada Persamaan [2].

$$\delta_M = \frac{Cd \times \delta_{max}}{I_e} \dots \dots \dots [2]$$

$$\delta_{M1} = \frac{Cd1 \times \delta_{max1}}{I_e} = \frac{4,5 \times 13,419}{1} = 60,386$$

$$\delta_{M2} = \frac{Cd2 \times \delta_{max2}}{I_e} = \frac{4 \times 29,192}{1} = 116,768$$

$$\delta_{Mtotal} = \sqrt{(\delta_{M1})^2 + (\delta_{M2})^2}$$

$$= \sqrt{(60,386)^2 + (116,768)^2}$$

$$= 116,8 \text{ mm}$$

Kontrol Sistem Ganda

Ciri khas dari sistem struktur ganda adalah adanya kombinasi dari struktur rangka dan struktur wall [10]. Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.2.5.1 disebutkan bahwa untuk sistem ganda, rangka pemikul momen harus mampu memikul paling sedikit 25% gaya seismik seperti pada Tabel 15.

Tabel 15. Persentase Sistem Ganda

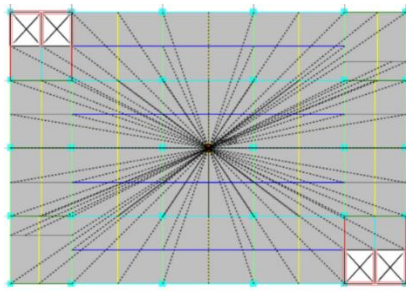
Pemikul Gaya Geser	ArahX (kN)	Besar Persentase	ArahY (kN)	Besar Persentase
Sistem Rangka	407,7	45,5%	671,7	42,9%
Dinding Geser	488,3	54,5%	894,7	57,1%
Total	896,0	100,0%	1566,4	100,0%

Eksentrisitas Center of Rigidity (CR) Center of mass (CM)

Keseragaman bentuk bangunan yang dibangun menimbulkan efek eksentrisitas yang beragam, yang dimana timbulnya eksentrisitas ini menyebabkan perilaku struktur yang berbeda-beda. Dari hasil analisis didapatkan pusat massa tiap masing-masing gedung memiliki nilai yang berbeda-beda pula. Nilai eksentrisitas dapat dilihat pada Tabel 16, Tabel 17, Gambar , dan Gambar .

Tabel 16. Nilai Eksentrisitas Bangunan A

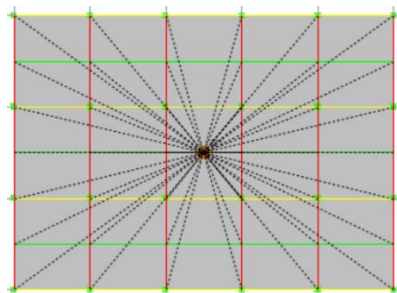
Story	Koordinat (m)				Eksentrisitas	
	CM		CR		eX (m)	eY (m)
10	42,4	12	42,41	12	-0,01	0
9	42,4	12	42,41	12	-0,01	0
8	42,4	12	42,41	12	0	0
7	42,4	12	42,41	12	0	0
6	42,4	12	42,40	12	0	0
5	42,4	12	42,40	12	0	0
4	42,4	12	42,40	12	0	0
3	42,4	12	42,40	12	0	0
2	42,4	12	42,40	12	0	0
1	42,4	12	42,40	12	0	0



Gambar 11. Posisi CR dan CM Bangunan A

Tabel 17. Nilai Eksentrisitas Bangunan B

Story	Koordinat (m)				Eksentrisitas	
	CM		CR		eX	eY
	X	Y	X	Y	(m)	(m)
3	12,55	15,02	12,55	15,02	0	0
2	12,50	15,01	12,50	15,01	0	0
1	12,48	14,99	12,48	14,99	0	0

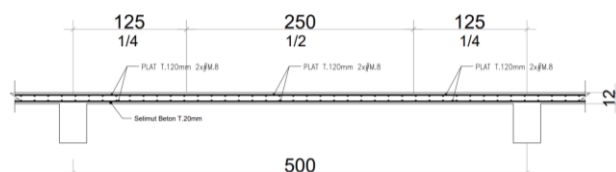


Gambar 12. Posisi CR dan CM Bangunan B

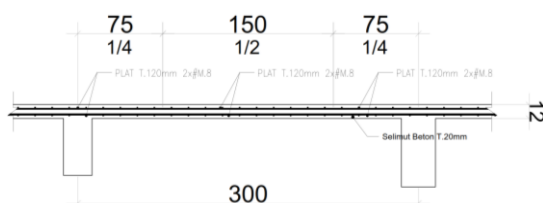
Perhitungan Pelat Lantai

Kesimpulan desain tulangan pelat lantai 12 cm dari hasil output ETABS adalah sebagai berikut:

- Panjang sumbu 1 (L1) = 5000 mm
- Panjang sumbu 2 (L2) = 3000 mm
- Tebal pelat (t) = 120 mm
- Selimit bersih (ts) = 20 mm
- Kuat tekan beton (f_c') = 30 MPa
- Kuat leleh tul. (f_y) = 420 MPa
- Tulangan lapis atas = 2x#M8
- Tulangan lapis bawah = 2x#M8



Gambar 13. Detail Potongan X-X Pelat 12 cm



Gambar 14. Detail Potongan Y-Y Pelat 12 cm

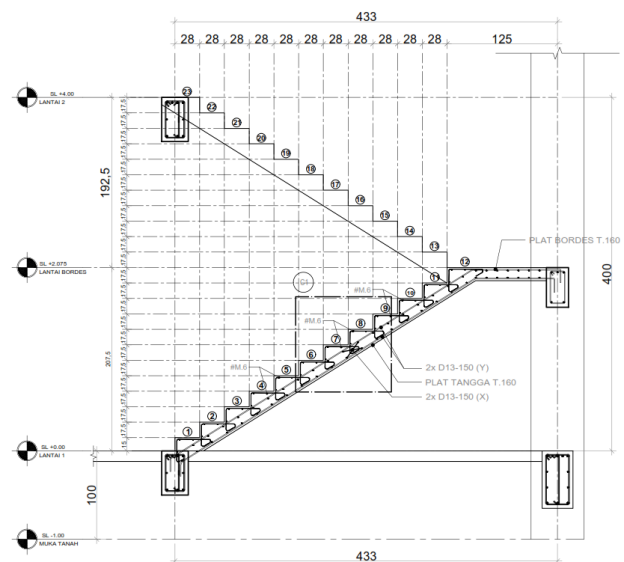
Tabel 18. Rekap Desain Tulangan Pelat Lantai

Tebal Pelat (mm)	Selimit Bersih, ts (mm)	Tulangan Lapis Atas		Tulangan Lapis Bawah	
		Tum puan	Lapa ngan	Tum puan	Lapa ngan
120	20	2x#M.8	2x#M.8	2x#M.8	2x#M.8
150	40	2x#M.8	2x#M.8	2x#M.8	2x#M.8

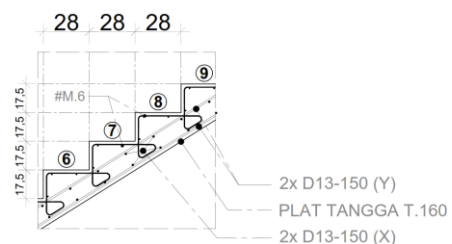
Perhitungan Pelat Tangga dan Bordes

Kesimpulan desain tulangan pelat tangga dan bordes dari hasil output ETABS adalah sebagai berikut:

- Tebal plat tangga = 160 mm
- Tebal plat bordes = 160 mm
- Kuat tekan beton (f_c') = 30 MPa
- Kuat leleh tul. (f_y) = 420 MPa



Gambar 15. Detail Penulangan Tangga



Gambar 16. Detail Penulangan Tangga

Tabel 19. Rekap Desain Tulangan Pelat Tangga dan Bordes

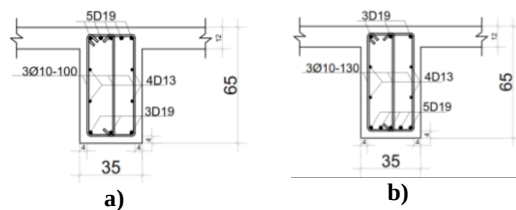
Jenis Pelat	Tulangan Lentur	Tulangan Susut
Pelat Tangga	D13 – 150 mm	D13 – 150 mm
Pelat Bordes	D13 – 150 mm	D13 – 150 mm

Perhitungan Balok

Kesimpulan desain tulangan balok induk 1 dari hasil output ETABS adalah sebagai berikut:

- Panjang balok (L) = 8000 mm
- Lebar balok (b) = 350 mm

Tinggi balok (h) = 650 mm
Selimut beton (ts) = 40 mm
 F_c' = 30 MPa
 F_y = 420 MPa
 F_{yv} = 240 MPa



Gambar 17. Detail Penulangan Balok Induk 1
a) Detail Tulangan Tumpuan b) Detail Tulangan Lapangan

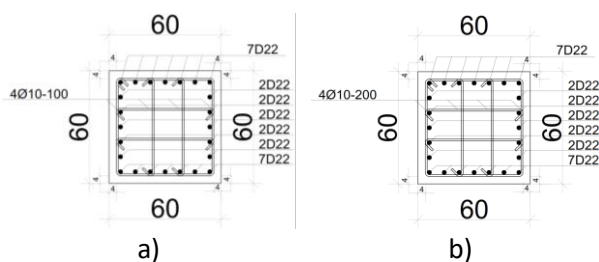
Tabel 20. Rekap Desain Tulangan Balok

Jenis Balok (cm)	Tulangan Longitudinal				Tulangan Transversal		Tul Torsi
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	
As	A's	As	A's	(mm)	(mm)	(mm)	
BI 1 (65x35)	5D	3D	5D	3D	3Ø10	3Ø10	4D13
	19	19	19	19	- 100	- 130	
BI 2 (55x30)	5D	3D	5D	3D	3Ø10	3Ø10	2D13
	19	19	19	19	- 100	- 150	
BA 1 (50x30)	4D	3D	4D	3D	3Ø10	3Ø10	2D13
	19	19	19	19	- 100	- 150	
BA 2 (45x25)	3D	2D	3D	2D	2Ø10	2Ø10	2D13
	16	16	16	16	- 90	- 130	
Balok Lift (45x25)	3D	2D	3D	2D	2Ø8	2Ø8 -	-
	16	16	16	16	- 150	180	
Balok Bordes (45x25)	3D	2D			2Ø10		-
	13	13	-	-	- 100		

Perhitungan Kolom

Kesimpulan desain tulangan balok induk 1 dari hasil output ETABS adalah sebagai berikut:

Tinggi kolom (L) = 4000 mm
Lebar kolom (b) = 600 mm
Panjang kolom (h) = 600 mm
Selimut beton (ts) = 40 mm
Kuat tekan beton (f_c') = 30 MPa
Kuat leleh baja (f_y) = 420 MPa
Kuat leleh baja (f_{yt}) = 240 MPa
Tulangan Longitudinal (lentur): 22D19 mm
Tulangan Transversal (geser)
Tumpuan (sendi plastis/ lo): 4Ø10-150 mm
Lapangan (luar sendi plastis/ lo): 4Ø10-200 mm
Sambungan lewatan kolom, l_{st}: 1000 mm
Penyaluran kolom pada pondasi ldc: 410 mm



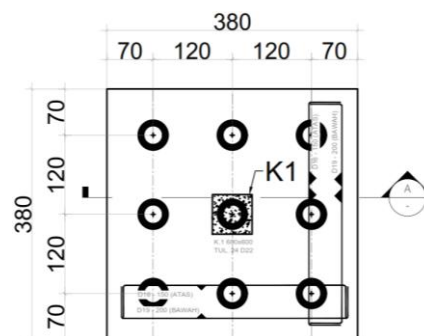
Gambar 18. Detail Penulangan Kolom 1, a) Detail Tulangan Tumpuan b) Detail Tulangan Lapangan
Tabel 21. Rekap Desain Tulangan Kolom

Jenis Kolom (cm)	Tulangan Longitudinal	Tulangan Transversal		Sambungan Lewatan	Panjang Penyaluran
		Dalam Sendi Plastis (mm)	Luar Sendi Plastis (mm)		
K1 (60x60)	24D	4 Ø10	4 Ø10	1000 mm	410 mm
	22	- 100	- 200		
K2 (40x40)	12D	2 Ø10	2 Ø10	800 mm	350 mm
	19	- 100	- 150		

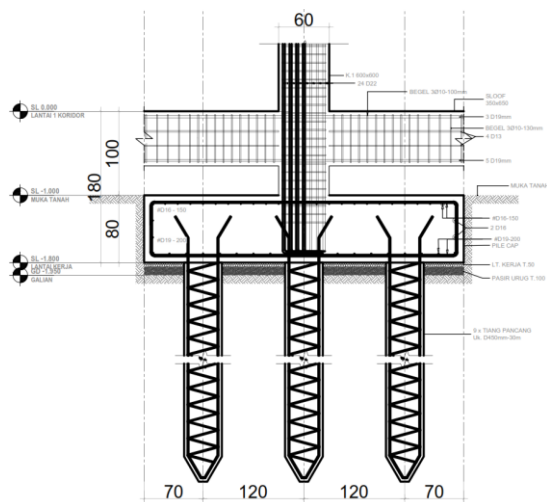
Perhitungan Pile Cap

Kesimpulan desain tulangan pile cap P9 dari hasil output ETABS adalah sebagai berikut:

Panjang pile cap, L = 3800 mm
Panjang pile cap, B = 3800 mm
Tinggi pile cap, H = 800 mm
Selimut bersih (ts) = 75 mm
Kuat tekan beton (f_c') = 30 MPa
Kuat leleh tul. (f_y) = 420 MPa
Kedalaman tiang pancang = 30 meter
Diameter tiang pancang = 450 mm
Banyak tiang = 9 buah
Panjang kolom, l_k (K1) = 600 mm
Lebar kolom, l_b (K1) = 600 mm
Panjang penyaluran, l_{dc} = 410 mm
Tulangan Lentur = 2x D19 – 200 mm
Tulangan Susut = 2x D16 – 150 mm



Gambar 19. Detail Pile Cap P9



Gambar 20. Detail Tulangan *Pile Cap* P9

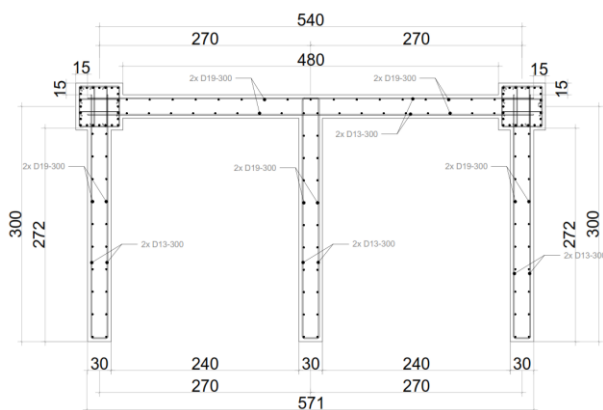
Tabel 22. Rekap Desain Tulangan *Pile Cap*

Tipe <i>Pile Cap</i>	Tulangan Lentur		Tulangan Susut	
	Arah X (mm)	Arah Y (mm)	Arah X (mm)	Arah Y (mm)
P24	D19-200	D19-200	D16-150	D16-150
P9	D19-200	D19-200	D16-150	D16-150
P6	D19-200	D19-200	D16-200	D16-200
P6.A	D19-200	D19-200	D16-200	D16-200
P3	D16-200	D16-200	D16-200	D16-200
P2	D16-200	D16-200	D13-150	D13-150
P1	D16-200	D16-200	D13-150	D13-150

Perhitungan Dinding Geser

Kesimpulan desain tulangan dinding geser dari hasil output ETABS adalah sebagai berikut:

Panjang dinding, l_w = 4800 mm
Tinggi total dinding, h_w = 36000 mm
Tebal dinding, h = 300 mm
Selimut beton (t_s) = 40 mm
Kuat tekan beton, (f_c') = 30 MPa
Kuat tarik baja, (f_y) = 420 MPa
Tulangan longitudinal : 2x D19 – 300 mm
Tulangan transversal : 2x D13 – 300 mm
Sambungan lewatan, l_{st} : 700 mm
Panjang Penyaluran, l_{dc} : 410 mm



Gambar 21. Penulangan Dinding Geser

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil analisis ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Lokasi perencanaan termasuk dalam kategori desain seismik B dan C dan menggunakan system rangka pemikul momen menengah (SRPMM)
- Simpangan maksimum bangunan A dan bangunan B didapatkan jarak dilatasi sebesar 300 mm.
- Spesifikasi mutu beton struktur 30 MPa, mutu baja tulangan ulir (U42) 420 MPa, dan mutu baja tulangan polos (U24) 240 MPa.
- Dimensi komponen struktur atas

- Tebal pelat lantai: 120 mm dan 150 mm
- Dimensi balok
 - BI 1 = 650 x 350 mm
 - BI 2 = 550 x 300 mm
 - BA 1 = 500 x 300 mm
 - BA 2 = 450 x 250 mm
 - B. Lift = 450 x 250 mm
 - B. Bordes= 450 x 250 mm
- Dimensi kolom
 - K1 = 600 x 600 mm
 - K2 = 400 x 400 mm

- Dimensi komponen tambahan

- Tangga
 - Tebal pelat tangga: 160 mm
 - Tebal pelat bordes: 160 mm
- Lift
 - Tipe lift: Hyundai Elevator
 - Kapasitas penumpang: 9 orang
 - Standar kapasitas 600 kg
 - Jumlah lift: 4 buah

- Dimensi komponen struktur bawah
 - P1 = 1400 x 1400 x 500 mm (1 tiang)
 - P2 = 1400 x 2600 x 500 mm (2 tiang)
 - P3 = 2600 x 2600 x 600 mm (3 tiang)
 - P6 = 2600 x 3800 x 600 mm (6 tiang)
 - P6.A= 2600 x 3800 x 600 mm (6 tiang)
 - P9 = 3800 x 3800 x 600 mm (9 tiang)
 - P20 = 7200 x 5000 x 1000 mm (20 tiang)

Saran

Terdapat beberapa saran setelah dilakukannya Perancangan Struktur Beton Bertulang Gedung Hotel Green Hexa 9 Lantai Tahan Gempa Dengan menggunakan Sistem ganda di Kota Pontianak yaitu:

- Perancangan gedung Hotel Green Hexa hanya menggunakan analisis linier respon spektrum, untuk lebih detail mekanisme keruntuhan bangunan akibat gempa sebaiknya menggunakan analisis seperti *pushover* atau *time history*.

- b) Pendetailan elemen stuktur hanya menggunakan data gaya dalam terbesar sehingga penulangan akan sama, jika diperlukan pendetailan yang sesuai gaya dalamnya maka dapat dihitung kembali sesuai gaya dalam yang terjadi namun penulangan terbatas hanya untuk elemen tersebut.
- c) Dalam perancangan gedung Hotel Green Hexa gambar penulangan hanya bentuk 2D menggunakan *software* Autocad. Sebaiknya jika ingin lebih detail disarankan menggunakan *software* SketchUP atau BIM (*Building Information Modeling*).
- d) Perancangan gedung Hotel Green Hexa tidak memperhitungkan hubungan balok kolom (HBK). Sebaiknya untuk perancangan lebih detail perlu memperhitungkan HBK karena banyak mekanisme gaya yang terjadi pada HBK saat terjadi gempa.

REFERENSI

- Badan Pusat Statistik Kalimantan Barat. (2024). *"Perkembangan Pariwisata Kalimantan Barat Desember 2023"*. Pontianak: BPS Provinsi Kalimantan Barat.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *"SNI 1726-2019: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung"*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *"SNI 1727-2019: Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain"*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *"SNI 2847-2019: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung"*. Jakarta: BSN.
- Hardiyatmo, H. C. (2020). *"Analisis Dan Perancangan Fondasi 1 Edisi 4"*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press Anggota IKAPI dan APPTI.
- Lesmana, Y. (2020). *"Handbook Analisa dan Desain Shear Wall Beton Bertulang Dual System Berdasarkan SNI 2847:2019 & 1726:2019 Edisi Pertama"*. Yogyakarta: Nas Media Pustaka.
- Lesmana, Y. (2020). *"Handbook Desain Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2019 Edisi Pertama"*. Makassar: Nas Media Pustaka.
- Lesmana, Y. (2021). *"Handbook Analisa dan Desain Struktur Tahan Gempa Beton Bertulang (SRPMB, SRPMM, & SRPMK) Berdasarkan SNI 2847-2019 & 1726-2019 Edisi Pertama"*. Makassar: Nas Media Pustaka (IKAPI).
- Setiawan, A. (2016). *"Perencanaan Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013"*. Jakarta: Erlangga.
- Supomo, N. I. (2013). *"Metodologi Penelitian Bisnis Untuk Akuntansi & Manajemen"*. Yogyakarta: BPFE.

Evaluasi Karakteristik dan Kebutuhan Parkir Menggunakan PTV Vissim 8.0 di Pasar Rejowinangun Magelang

Evaluation of Parking Characteristics and Parking Demand with PTV Vissim 8.0 at Rejowinangun Market, Magelang

Hashifah Putri Soebari¹⁾, Woro Partini Maryunani²⁾, Lalu Samsul Aswadi³⁾

¹ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar, email : putrisoebari503@gmail.com

² Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar, email : maryunani_woro@untidar.ac.id

³ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar, email : lalusamsulaswadi@untidar.ac.id

Abstrak

Pasar Rejowinangun merupakan pasar tradisional terbesar di Kota Magelang. Seiring bertambahnya jumlah pelanggan, volume kendaraan di lahan parkir juga diperkirakan akan meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik, tata letak, dan kebutuhan parkir di Pasar Rejowinangun guna mengetahui kondisi lahan parkir saat ini. Penelitian dilakukan dengan metode survei kordon dan pengamatan langsung pada pukul 06.00-08.00 dan 12.00-14.00 selama tiga hari. Data yang diperoleh, dianalisis secara manual dan menggunakan PTV Vissim. Dalam menganalisis permasalahan, PTV Vissim menggunakan metode simulasi mikroskopik yaitu setiap kendaraan dimodelkan secara individu. Hasil penelitian menunjukkan volume parkir tertinggi tercatat 1.468 sepeda motor dan 40 mobil terparkir. Akumulasi tertinggi pada sepeda motor yaitu 489 kendaraan dan pada mobil 23 kendaraan. Tingkat pergantian parkir mencapai 3,231 untuk sepeda motor dan 3,778 untuk mobil. Analisis indeks parkir memperlihatkan lahan parkir mobil tidak mencukupi dengan nilai indeks 1,15, sedangkan untuk sepeda motor cukup memadai dengan nilai 0,46. Pemodelan parkir PTV Vissim memperlihatkan volume penggunaan lahan parkir di lantai dua mencapai 54,63% untuk sepeda motor dan 52,35% untuk mobil, dengan hambatan parkir tertinggi (0,04%) ditemukan pada lahan parkir sepeda motor di lantai dua. Uji validitas menunjukkan bahwa pemodelan parkir valid dan oleh karena itu hasil penelitian ini reliabel.

Kata kunci: Karakteristik parkir, Pasar Rejowinangun, *PTV Vissim*

Abstract

Rejowinangun Market is the largest traditional market in Magelang City. As the number of customers grows, the volume of vehicles in the parking area is also expected to increase. Therefore, this study aims to evaluate the characteristics, layout arrangement, and parking needs in the Rejowinangun market to better understand the current situation in the parking area. The research was conducted using the cordon survey method and direct observation at 06.00-08.00 and 12.00-14.00 on three days. The collected data were analyzed both manually and using PTV Vissim. In analyzing, PTV Vissim uses a microscopic simulation method where each vehicle is modeled individually. The results indicate that the highest occupation of the parking area occurred of 1,468 motorcycles and 40 cars parked during the observation period. The number of parked vehicles at 489 motorcycles and 23 cars. The parking turnover rate at 3.231 and 3.778 for motorcycles and cars. Importantly, the parking index that the current parking area is overloaded with cars (index value of 115%), which is not the case for motorcycles (index value of 46%). The parking model with PTV Vissim shows the highest occupancy on the second floor, with values of 54.63% and 52.35% for motorcycles and cars. The highest level of parking block space (0.04%) was found in the motorcycle parking area on the second floor. The validity test further shows that the parking model is valid and therefore the results of this study are reliable.

Keywords: parking characteristics, Rejowinangun Market, *PTV Vissim*

PENDAHULUAN

Pasar Rejowinangun merupakan salah satu pasar tradisional di Kota Magelang dengan luas lahan 24.435 m² berdasarkan PPID Kota Magelang. Tingginya jumlah pengunjung pasar dapat dilihat dari kendaraan yang parkir pada area dalam pasar maupun sekitar pasar. Untuk memenuhi kebutuhan parkir, Pasar Rejowinangun memiliki beberapa area parkir yang terletak di lantai satu dan lantai dua.

Penggunaan fasilitas parkir mempunyai peranan penting yaitu sebagai tempat pemberhentian kendaraan sementara ataupun dalam jangka waktu yang lama tergantung keadaan dan kebutuhannya (Waris, 2020). Menurut Radar Jogja (2016), pola parkir di Pasar Rejowinangun tidak beraturan karena pengelolaan parkir yang kurang maksimal serta sejumlah titik yang masih terlihat kumuh, kotor dan berbau. Kurangnya kapasitas parkir kendaraan dan tempat bongkar muat barang menjadi salah satu faktor terganggunya arus lalu lintas disekitar pasar. Berdasarkan penjelasan di atas, untuk mengatasi permasalahan yang ada diperlukan penelitian yang membahas karakteristik, penataan tata letak serta kebutuhan parkir di Pasar Rejowinangun. Penelitian ini menggunakan penelitian-penelitian terdahulu dan pedoman penyelenggaraan fasilitas parkir (1996) guna memecahkan permasalahan yang ada.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, untuk mengatasi permasalahan yang ada diperlukan penelitian yang membahas karakteristik, penataan tata letak serta kebutuhan parkir di Pasar Rejowinangun. Penelitian ini menggunakan penelitian-penelitian terdahulu dan pedoman penyelenggaraan fasilitas parkir (1996) guna memecahkan permasalahan yang ada.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian berdasarkan rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kebutuhan dan karakteristik parkir yang meliputi volume parkir, akumulasi parkir, indeks parkir, dan pergantian parkir di Pasar Rejowinangun.
2. Mengidentifikasi sirkulasi penataan tata letak parkir dan standar ruang parkir berdasarkan pedoman teknik penyelenggaraan parkir oleh departemen perhubungan dan peraturan daerah Kota Magelang.

3. Membuat permodelan parkir dengan PTV Vissim 8.0 untuk mengetahui simulasi yang terjadi dengan penambahan kebutuhan fasilitas parkir di Pasar Rejowinangun.

Tinjauan Pustaka

Karakteristik parkir merupakan faktor yang mempengaruhi perilaku parkir, parameter yang digunakan dalam menganalisa karakteristik parkir sebagai berikut:

1. Volume Parkir

$$VP = E_i + X \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:
 VP = Volume parkir
 E_i = Entry (kendaraan yang masuk ke lokasi)
 X = Kendaraan yang sudah ada
2. Akumulasi Parkir

$$AP = X + E_i - E_x \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:
 E_x = Exit (kendaraan yang keluar pada lokasi parkir)
3. Durasi Parkir

$$D_s = \frac{\sum(E_x - E_n)}{N} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:
 D_s = Rata-rata durasi parkir (jam/kend)
 E_x = Waktu saat kendaraan keluar dari ruang parkir
 E_n = Waktu saat kendaraan masuk ke ruang parkir
 N = Jumlah Kendaraan
4. Tingkat Pergantian Parkir

$$TR = \frac{\sum VP}{S} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:
 TR = Angka pergantian parkir (kend/jam/SRP)
 VP = Volume Parkir (Kend)
 S = Jumlah Ruang Parkir (SRP)
5. Kapasitas Parkir

$$KP = \frac{S}{D_s} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:
 KP = Kapasitas Parkir
6. Indeks Parkir

$$IP = \frac{AP}{KP} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:
 IP = Indeks Parkir
7. Kebutuhan parkir

$$S = \frac{VP \times D_s}{T \times F} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:
 T = Lamanya waktu survei (jam)
 F = Faktor pengurangan akibat pergantian parkir, nilai antara 0,85-0,95
 PTV Vissim adalah perangkat lunak yang digunakan untuk simulasi arus lalu lintas secara

mikroskopis pada lalu lintas. Vissim merupakan software simulasi yang digunakan untuk membuat simulasi dari skenario lalu lintas yang dinamis sebelum membuat perencanaan dalam bentuk nyata. Penggunaan vissim dalam perencanaan parkir mampu membuat model simulasi parkir, mensimulasikan perencanaan jumlah parkir pada perencanaan, mampu mengatur pola parkir dan rute parkir kendaraan, mampu menganalisis jumlah kendaraan yang parkir. Hasil dari simulasi untuk mengetahui *Number Vehicle Enter, Number Vehicle Leave, Occupation Duration Total, Park Duration Average, Occupation Rate, Park Space Block Duration Total*, dan *Park Space Block rate*.

METODE

Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data-data proyek dan referensi mengenai analisis karakteristik parkir. Metode penelitian menggunakan metode yang digunakan oleh Hobbs, 1995 serta standar yang digunakan adalah buku pedoman penyelenggaraan fasilitas parkir, Direktorat Jendral Perhubungan Darat 1996 dan Peraturan Daerah Kota Magelang Nomor 15 Tahun 2012 Tentang Penyelenggaraan Fasilitas Parkir.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

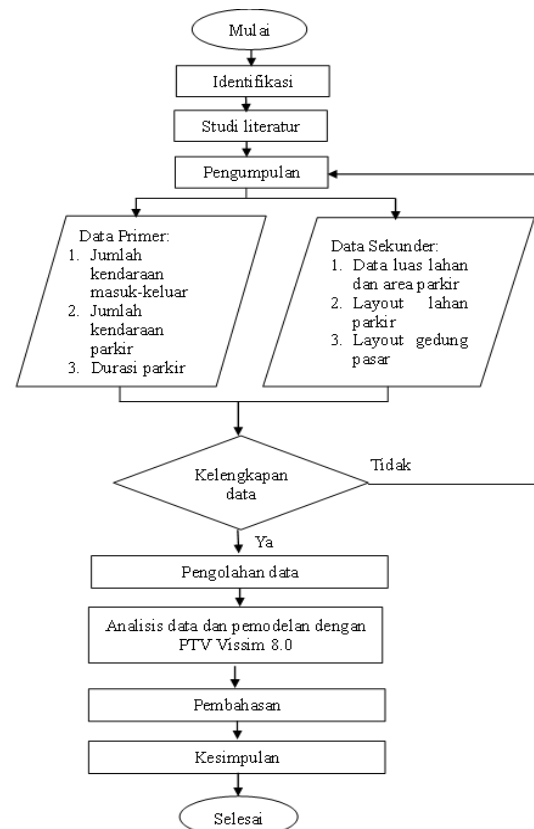
- Laptop
Laptop adalah perangkat yang berguna untuk mengolah berbagai macam data menjadi suatu informasi. Laptop digunakan untuk mengolah data dan pemodelan.
- PTV Vissim
PTV Vissim adalah perangkat lunak yang digunakan untuk simulasi arus lalu lintas secara mikroskopis.
- Software Ms. Excel
Software Ms. Excel adalah perangkat lunak yang digunakan untuk analisis data dan pengolahan data.
- Software Ms. Word
Software Ms. Word adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mencatat hasil analisis data dan pengolahan data berupa laporan.
- Pedoman teknis penyelenggaraan fasilitas parkir

Pedoman teknis penyelenggaraan fasilitas parkir digunakan untuk mengetahui karakteristik parkir serta sebagai pedoman untuk perencanaan dan pengelolaan fasilitas parkir

f. Alat Tulis

Alat tulis digunakan untuk mencatat hasil penelitian sementara atau sebagai coretan untuk perhitungan.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini mencakup karakteristik dan kebutuhan parkir Pasar Rejowinangun Magelang menggunakan perhitungan manual dan dengan bantuan aplikasi PTV Vissim, analisis sirkulasi kendaraan, dan kondisi fasilitas parkir.

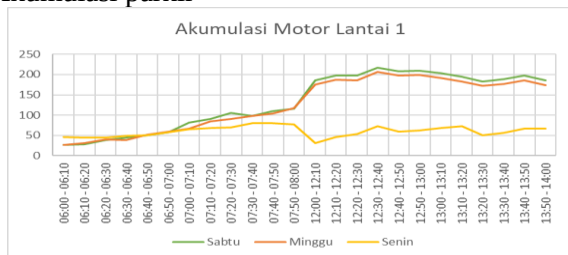
Karakteristik Parkir

1. Volume parkir

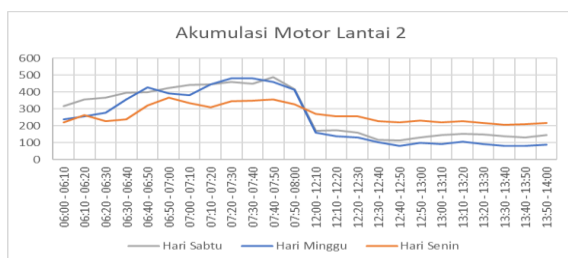
Volume kumulatif tertinggi lantai 1 pada hari Minggu yaitu 575 kendaraan dengan volume rata-rata 288 kendaraan/jam. dan Volume kumulatif tertinggi lantai 2 pada hari Sabtu yaitu

1468 kendaraan dengan volume rata-rata 734 kendaraan/jam.

2. Akumulasi parkir

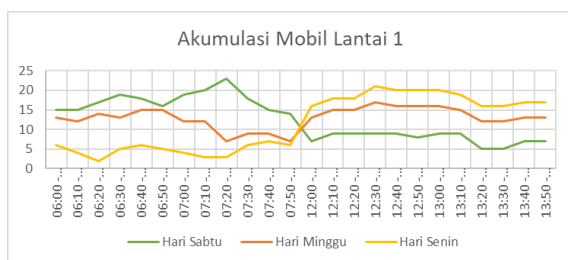


Gambar 2 Akumulasi Parkir Motor Lantai 1

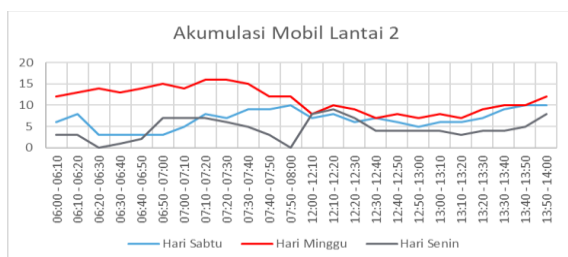


Gambar 3 Akumulasi Parkir Motor Lantai 2

Berdasarkan Gambar 2 dan 3 puncak akumulasi kendaraan di lantai 1 pada hari Sabtu pukul 12.30-12.40 yaitu 217 kendaraan dan pada lantai 2 tertinggi pada hari Sabtu pukul 07.40-07.50 yaitu 489 kendaraan.



Gambar 4 Akumulasi Parkir Mobil Lantai 1



Gambar 5 Akumulasi Parkir Mobil Lantai 2

Berdasarkan Gambar 4 dan 5 puncak akumulasi kendaraan di lantai 1 pada hari Sabtu pukul 07.20-07.30 yaitu 23 kendaraan dan pada lantai 2 tertinggi pada hari Minggu pukul 07.10-07.30 yaitu 16 kendaraan

3. Tingkat pergantian parkir

Tingkat pergantian parkir Pasar Rejowinangun Magelang pada lantai 1 motor sebesar 1,237 dan mobil 2,5 kend/jam/SRP serta pada lantai 2 motor sebesar 3,231 dan mobil 3,778 kend/jam/SRP. Semakin tinggi angka pergantian parkir berarti semakin tinggi tingkat pergantian kendaraan dalam satu petak parkir

4. Kapasitas parkir

Kapasitas parkir motor lantai 1 sebesar 1108 kendaraan/jam dan lantai 2 sebesar 1063 kendaraan/jam. Untuk parkir mobil lantai 1 sebesar 20 kendaraan/jam dan lantai 2 sebesar 17 kendaraan/jam.

5. Indeks parkir

Tabel 1 Indeks Parkir

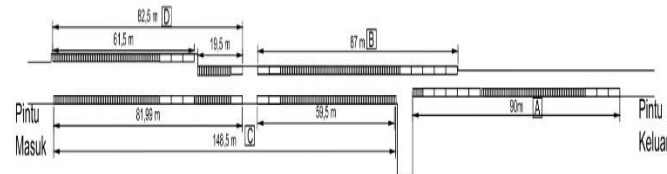
Lantai	Indeks Parkir					
	Sabtu		Minggu		Senin	
	Motor	Mobil	Motor	Mobil	Motor	Mobil
Lantai 1	0,22	1,15	0,20	0,85	0,8	1,05
Lantai 2	0,46	0,58	0,45	0,93	0,35	0,53

Berdasarkan Tabel 4.21 diketahui parkir mobil pada lantai satu melebihi kapasitas dengan indeks parkir lebih dari 1. Sehingga diperlukan alternatif permodelan untuk memenuhi kebutuhan parkir mobil di lantai satu Pasar Rejowinangun Magelang.

Kebutuhan Parkir

Kebutuhan parkir motor lantai 1 sebesar 134 SRP dan lantai 2 sebesar 348 SRP. Untuk parkir mobil lantai 1 sebesar 18 SRP dan lantai 2 sebesar 9 SRP.

Alternatif Pemodelan



Gambar 6 Alternatif Pemodelan Parkir Lantai 1

Perhitungan kebutuhan parkir Pasar Rejowinangun dengan menggunakan permodelan parkir alternatif ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Alternatif Karakteristik Parkir Lantai 1

No	Karakteristik Parkir	Motor	Mobil
1	Jumlah Petak	364	25

2	Tingkat Pergantian Parkir (kend/jam/SRP)	1,570	1,6
3	Kapasitas Parkir (kend/jam)	865	31
4	Indeks Parkir (%)	25	74

Perbandingan Perhitungan

1. Parkir motor lantai 1

Tabel 3 Parkir Motor Lantai 1

Evaluasi Parkir	Vissim	Manual
Volume	323	392
Durasi Total	102h 41m 40s	-
Durasi rata-rata	23min 59,99s	24 min
Indeks Parkir	23,66%	25%
ParkSpcBlockRate	0,01%	-
ParkSpcBlockDurTot	1 min 58,6s	-

2. Parkir motor lantai 2

Tabel 4 Parkir Motor Lantai 2

Evaluasi Parkir	Vissim	Manual
Volume	747	865
Durasi Total	248h 2 min 28s	-
Durasi rata-rata	25min 0,01s	25 min
Indeks Parkir	54,63%	46%
ParkSpcBlockRate	0,04%	-
ParkSpcBlockDurTot	9min 57,4s	-

3. Parkir mobil lantai 1

Tabel 5 Parkir Mobil Lantai 1

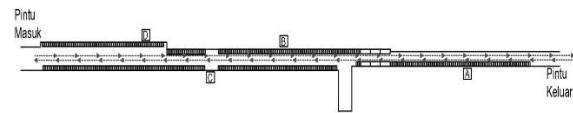
Evaluasi Parkir	Vissim	Manual
Volume	24	27
Durasi Total	12 h 22 min 41,4s	-
Durasi rata-rata	48 min 61,5 s	48,06 min
Indeks Parkir	49,51%	74%
ParkSpcBlockRate	0%	-
ParkSpcBlockDurTot	0h	-

4. Parkir mobil lantai 2

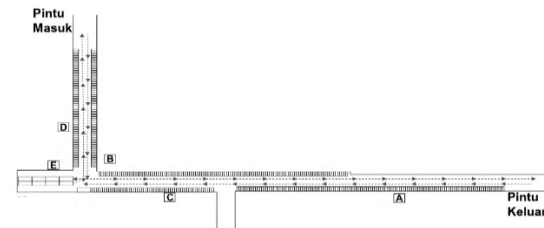
Tabel 6 Parkir Mobil Lantai 2

Evaluasi Parkir	Vissim	Manual
Volume	13	27
Durasi Total	4 h 42,62 min	-
Durasi rata-rata	31 min 29,79s	31,5 min
Indeks Parkir	52,35%	93%
ParkSpcBlockRate	0%	-
ParkSpcBlockDurTot	0h	-

Analisis Sirkulasi



Gambar 7 Arus Sirkulasi Kendaraan Lantai 1



Gambar 8 Arus Sirkulasi Kendaraan Lantai 2

Berdasarkan pada Gambar 7 dan 8 terdapat kendaraan yang melawan arus sehingga terjadi sirkulasi yang tidak teratur dan hambatan pada area pintu masuk maupun pintu keluar.

Kondisi Fasilitas

Tabel 7 Standar Fasilitas

Fasilitas Parkir	Lantai	
	Lantai 1	Lantai 2
Rambu Parkir	Memenuhi	Memenuhi
Marka Parkir	Memenuhi	Memenuhi
Penerangan	Memenuhi	Memenuhi
Peneduh	Memenuhi	Tidak memenuhi
Parkir Disabilitas	Tidak memenuhi	Tidak memenuhi
Pos Petugas	Tidak memenuhi	Tidak memenuhi
Alat Pencatat Waktu Elektronik	Tidak memenuhi	Tidak memenuhi

Berdasarkan Tabel 7 fasilitas parkir di Pasar Rejowinangun tidak memenuhi standar yang ditetapkan Pedoman Teknis Penyelenggaraan Fasilitas Parkir Departemen Perhubungan Tahun 1996 serta Peraturan Daerah Kota Magelang No. 15 Tahun 2012.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kebutuhan dan karakteristik parkir Pasar Rejowinangun yang meliputi volume parkir, akumulasi parkir, tingkat pergantian parkir, dan indeks parkir diperoleh sebagai berikut:
 - a. Volume parkir sepeda motor terbesar adalah 1468 kendaraan, dan mobil terbesar adalah 40 kendaraan.
 - b. Akumulasi parkir sepeda motor terbesar terjadi di lantai 2 sebesar 489 kendaraan, dan mobil terbesar terjadi di lantai 1 sebesar 23 kendaraan.
 - c. Tingkat pergantian parkir tertinggi untuk sepeda motor adalah 3,231 dan mobil tertinggi 3,778 kend/jam/SRP.
 - d. Indeks parkir tertinggi untuk sepeda motor adalah 0,46, dan mobil tertinggi 1,15
 - e. Kebutuhan parkir motor lantai satu sebesar 134 SRP dan lantai dua sebesar 348 SRP. Untuk parkir mobil lantai satu sebesar 18 SRP dan lantai dua sebesar 9 SRP.
 2. Berdasarkan Pedoman Teknis Penyelenggaraan Fasilitas Parkir Departemen Perhubungan Tahun 1996 serta Peraturan Daerah Kota Magelang No. 15 Tahun 2012, area parkir di Pasar Rejowinangun Magelang tidak memenuhi standar yang ditetapkan. Kekurangan tersebut antara lain mencakup kurangnya pos penjaga, marka parkir yang sudah mulai pudar, dan lain-lain. Selain itu, arus sirkulasi masih tidak teratur dengan masih banyak kendaraan yang masuk ataupun keluar tidak pada area yang seharusnya berdasarkan jumlah kendaraan pada data hasil survei.
 3. Permodelan menggunakan PTV Vissim menghasilkan tingkat okupasi tertinggi pada area parkir terjadi di lantai 2 yaitu 54,63% dan mobil di lantai 2 sebesar 52,35%. Tingkat hambatan area parkir tertinggi terjadi pada area parkir motor tertinggi di lantai 2 sebesar 0,04%. Permodelan area parkir valid karena uji validitas dengan $GEH < 5$, sehingga permodelan diterima.
- REFERENSI**
- Adriani, I. V., 2019, Kajian Kebutuhan Ruang Parkir Universitas Tidar Kampus Tuguran, Magelang: Universitas Tidar;
- Agustapraja, H. R., dan Muzakin, A., 2021, Analisis Kebutuhan Parkir di Pasar Tradisional Babat, Lamongan, Jawa Timur, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 13, No. 2;
- Fariza, N. R., dan Setyowati, S., 2023, Identifikasi Sirkulasi dan Standarisasi Ruang Parkir di Gor Sasana Krida Bahurekso Kendal, *SIAR IV*, ISSN: 1411-8912
- Hobbs, F. D., 1995, Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas, Yogyakarta: Gajah Mada University Press;
- Jepriadi, K., 2022, Kalibrasi dan Validasi Model Vissim untuk Mikrosimulasi Lalu Lintas pada Ruas Jalan Tol dengan Lajur Khusus Angkutan Umum (LKAU), *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan*, Vol. 9, No. 2, pp 110-118;
- Nelson, Y. C., Taufik, H., dan Sebayang, M., 2021, Analisis Kelayakan Finansial Pembangunan Gedung Parkir Sukaramai Trade Center II, *Jurnal Saintis*, Vol.21, No. 01, pp 21-30;
- Pamungkas, T. H., Saputra, A. I., dan Phiton, S. J., 2022, Analisis Karakteristik dan Kebutuhan Parkir di Pasar Badung Baru, *Jurnal Teknik Gradien*, Vol. 14, No.01, pp 14-24;
- Pangemanan, M. M. M., Kumaat, M. M., dan Pandey, S. V., Analisis Kebutuhan Parkir dan Kinerja Jalan Hotel Luwansa Manado, *TEKNO*, Vol. 21, No. 85;
- Parmar, J., Das, P., Azad, F., Kumar, R., dan Dave, S., 2020, Evaluation of Parking Characteristics: A Case Study of Delhi, *Elsevier B.V., Transportation Research Procedia* 48, pp 2744-2756;
- Pedoman Teknis Penyelenggaraan Fasilitas Parkir, 1996, Direktorat Jendral Perhubungan Darat, Jakarta;
- Peraturan Daerah Kota Magelang Nomor 15 Tentang Penyelenggaraan Fasilitas Parkir, 2012, Walikota Magelang, Magelang;
- PTV VISSIM 8 USER MANUAL, 2015, PTV AG, Karlsruhe;
- Suryawan, F., 2016, Parkir Pasar Rejowinangun Masih Semrawut, *Radar Jogja*;
- Wahyudin, A., 2023, Analisis karakteristik Parkir kendaraan pada Rumah Sakit Umum Daerah Syekh Yusuf Gowa, Makassar: Universitas Hasanuddin;
- Waris, M. W., 2020, Analisis Kapasitas Ruang Parkir Pasar Sentral Kota Majene, *Bandar: journal of Civil Engineering*, Vol.02, pp 18-22

Analisis Pengaruh Penggunaan Terumbu Karang Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton

Analysis Of The Effect Of The Use Of Coral Reefs As A Substitute For Fine Aggregates On The Compressive Strength Of Concrete

Muhammad Fathur Ramadhan¹, Utari Sriwijaya Minaka², Febryandi³

^{1,2,3}Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indo Global Mandiri, Jln. Jend. Sudirman Km.4 Palembang. Telp: 0711-357754. Email : utari.minaka@uigm.ac.id

Abstrak

Beton sebagai unsur yang terpenting dalam suatu infrastruktur pada era sekarang, terbuat dari campuran pasta berupa semen dan air, agregat kasar dan agregat halus. *Eco-friendly materials* menjadi sorotan dunia dikarenakan memiliki dampak yang sangat berpengaruh pada perkembangan dan kemajuan teknologi saat ini. Konstruksi yang terbuat dari material *eco-friendly* tidak merusak alam, lebih ringan dan material yang digunakan berupa *recycled materials*. Terumbu karang merupakan salah satu jenis limbah yang dapat digunakan untuk meningkatkan kuat tekan beton. Penelitian ini menganalisis pengaruh penggunaan pecahan limbah terumbu karang sebagai substitusi agregat halus sebesar 70%, 75%, dan 80%. Perbandingan dilakukan terhadap beton normal tanpa pecahan limbah terumbu karang. Hasil kuat tekan didapatkan pada beton normal sebesar 25,93 MPa pada umur 28 hari, sedangkan pada beton variasi pecahan limbah terumbu karang sebagai substitusi agregat halus pada umur 28 hari dengan variasi 70% sebesar 28,18 MPa, variasi 75% sebesar 26,48 MPa, dan variasi 80% sebesar 26,65 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan pecahan limbah terumbu karang sebagai substitusi agregat halus sebanyak 70% adalah hasil optimum, dan penggunaan pecahan limbah terumbu karang lebih dari itu dapat mengurangi kuat tekan beton, dikarenakan senyawa kimia yang terdapat pada limbah terumbu karang yang berlebihan sehingga dapat mengurangi ketahanan pada beton.

Kata Kunci: Kuat Tekan Beton, Terumbu Karang, Agregat Halus

Abstract

Concrete as the most important elements in an infrastructure in current era, made from a mixture of paste in the form of cement and water, coarse aggregate and fine aggregate. *Eco-friendly materials* are in the spotlight of the world because they have a very influential impact on the development and advancement of technology today. Construction made of *eco-friendly materials* doesn't damage nature, is lighter and use recycled materials. Coral reefs are a type of waste that can used to increase the compressive strength of concrete. This study analyzes the effect of using coral reef waste fragments as fine aggregate substitution of 70%, 75%, and 80%. The comparison was made against normal concrete without coral reef waste fragments. Compressive strength results were obtained in normal concrete of 25.93 MPa at the age of 28 days, while in concrete variations of coral reef waste fragments as fine aggregate substitution at the age of 28 days with variation of 70% of 28.18 MPa, variation of 75% of 26.48 MPa, and variation of 80% of 26.65 MPa. These results show that the use of coral reef waste fragments as fine aggregate substitution of 70% is the optimal result, and the use of coral reef waste fragments more than that can reduce the compressive strength of concrete, due to the excessive chemical compounds contained in coral reef waste, it can reduce the resistance to concrete.

Keywords: Compressive Strength; Coral Reefs; Fine Aggregate

PENDAHULUAN

Beton sebagai material utama disetiap infrastruktur di era saat ini. Dibuat dengan campuran pasta berupa air dan semen, pasir dan batu pecah (*split*) (Safikram, 2023). Pada kondisi tertentu, campuran beton juga menggunakan bahan tambah yang bersifat kimiawi, baik untuk percepatan pengerasan atau pengurangan jumlah air untuk campuran beton tersebut. Beton terbagi menjadi beberapa jenis berdasarkan bahan tambah atau material yang digunakan.

Eco-friendly materials (material ramah lingkungan) menjadi sorotan dunia dikarenakan memiliki dampak yang sangat berpengaruh pada perkembangan dan kemajuan teknologi saat ini. Penggunaan material *eco-friendly* belakangan ini berkembang pada bidang konstruksi dengan ditemukan penelitian baru yang bertujuan penggunaan bahan alami dan ramah lingkungan. Konstruksi yang terbuat dari material *eco-friendly* tidak merusak alam, lebih ringan dan material yang digunakan berupa *recycled materials* (material yang dapat didaur ulang) (Nowotna et al., 2019).

Beberapa penelitian terhadap beton menggunakan material *eco-friendly* telah dilakukan untuk meningkatkan sifat mekanis pada beton. Material *eco-friendly* adalah limbah sebagai pemanfaatan material pembentuk konstruksi atau beton untuk mendapatkan karakteristik beton yang ramah lingkungan. Contoh penggunaan limbah terhadap beton adalah limbah terumbu karang. Terumbu karang merupakan salah satu jenis limbah yang dapat menambah daya tahan dan kuat tekan beton.

Terumbu karang mengandung komposisi yang terdiri dari karbonat dan kalsium yang mencapai 98% (Handiana et al., 2022). Terumbu karang memiliki porositas dan penyerapan air yang tinggi dibandingkan bebatuan biasa, sehingga dapat mengurangi daya tahan dari beton tersebut jika dijadikan sebagai substitusi agregat kasar. Terumbu karang yang digunakan akan dihancurkan menjadi pasir karang (*coral sand*) guna untuk mengurangi porositas pada beton sehingga dapat meningkatkan daya tahannya. Penggunaan pasir karang (pecahan terumbu karang) sebesar 75% sebagai substitusi pasir pada pembuatan beton dengan umur 28 hari dapat meningkatkan kuat tekannya (Kurniawan et al., 2016).

Berdasarkan penjelasan yang telah disampaikan perlu dilakukan penelitian yang komprehensif untuk mengetahui efektifitas penggunaan terumbu karang sebagai substitusi agregat halus. Untuk itu dilakukan penelitian ini

dengan 3 variasi yang berbeda pada substitusi agregat halus dengan Pecahan Limbah Terumbu Karang.

TINJAUAN PUSTAKA.

Terumbu Karang (*Coral Reefs*)

Coral reefs sering disebut *rainforest of the sea* (hutan hujan tropis bawah laut). Seperti halnya hutan hujan tropis, pentingnya terumbu karang tidak terletak pada keanekaragaman karang itu sendiri, melainkan pada jutaan spesies yang hidup secara eksklusif yang berhubungan dengan mereka (Knowlton, 2001). *Coral Reefs* sebagai ekosistem terpenting bawah laut yang terbentuk oleh sekumpulan karang dan terbentuk batu kapur atau struktur seperti kalsium karbonat. Terumbu adalah struktur yang dihasilkan oleh karang dan terdiri dari kalsium karbonat (CaCO_3).

Karang juga melakukan penyerapan karbon yang terdapat di lautan. Pada habitatnya, terumbu karang sebagai tempat hidup bagi ekosistem laut. Di perindustrian, terumbu karang dapat berfungsi sebagai material salah satunya dalam bidang infrastruktur. Komposisi yang dimiliki terumbu karang sangat cocok dalam bidang pembangunan atau infrastruktur. CaCO_3 dan CaO merupakan kandungan senyawa tertinggi yang dimiliki terumbu karang berdasarkan tabel diatas.

Dengan komposisi senyawa yang mendukung untuk bahan penyusun dalam material beton. Maka dari itu, dengan digunakannya pecahan limbah dari terumbu karang sebagai substitusi agregat halus diharapkan dapat memiliki daya tahan pada beton.

Beton Ramah Lingkungan (*Eco-Friendly Concrete*)

Sebagai bahan utama dalam pembangunan, beton telah menghasilkan konsumsi sumber daya alam yang cukup besar dan emisi gas CO_2 yang signifikan ke atmosfer. Dalam era industri dan pembangunan saat ini dengan penggunaan teknologi yang semakin maju dan mutakhir berdampak pada bumi dan makhluk hidup. Penggunaan material pada beton yang saat ini belum ramah lingkungan menjadi dampak yang akan *continue* atau berkelanjutan yang pada akhirnya akan merusak.

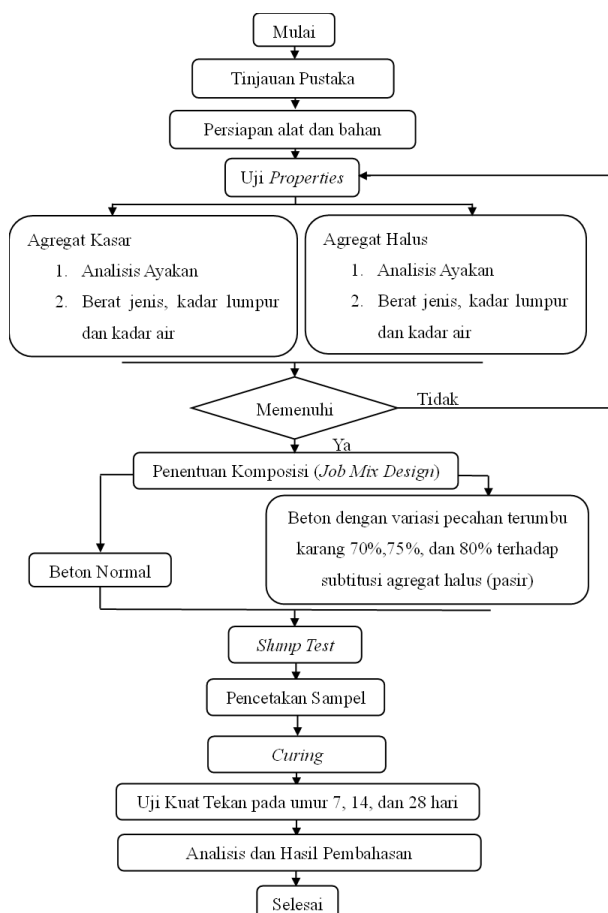
Material utama yang digunakan adalah semen dan agregat alami. Elemen material utama pada beton ini sangat direkomendasikan untuk diganti dengan bahan lain agar tidak menimbulkan masalah yang berkelanjutan. Penggunaan semen mengisi 8-10% dari total emisi CO_2 global. Dunia perindustrian berprogres untuk penggunaan *green*

concrete atau *eco-friendly concrete* pada bangunan karena manfaat yang melekat dan keterbatasan beton tradisional (Hashmi et al., 2022).

Penggunaan *green concrete* atau *eco-friendly concrete* ini mendorong produksi beton yang lebih cepat. Dengan biaya produksi dan perawatan yang lebih rendah dengan menggunakan beton ramah lingkungan. Bahan yang dapat digunakan untuk pembuatan *green concrete* atau *eco-friendly concrete* salah satunya adalah limbah. Maka dari itu dengan penggunaan limbah terumbu karang diharapkan menciptakan beton yang berkualitas baik dengan daya tahan terhadap kuat tekan dan ramah lingkungan.

METODE

Penelitian ini memakai metode eksperimen dan kuantitatif. Metode eksperimen ditunjukkan pada penggunaan terumbu karang sebagai substitusi agregat halus yang akan dilakukan di laboratorium. Metode kuantitatif pada penelitian ini ditunjukkan pada pengumpulan data selama melakukan uji coba atau eksperimen. Data yang berhasil dikumpulkan akan dianalisa dan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Penelitian ini dijelaskan dengan diagram alir dibawah ini:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Persiapan Material

Agregat halus yang dipakai berasal dari Tanjung Rajo dengan syarat gradasinya lolos ayakan nomor 4 dan tertahan nomor 200. Agregat kasar yang dipakai berasal dari Bojonegoro dengan syarat gradasinya tertahan saringan nomor 4.



Gambar 2. Agregat halus dan agregat kasar yang digunakan pada penelitian

Semen yang dipakai semen Tipe I untuk bangunan biasa. Pecahan limbah terumbu karang yang digunakan berasal dari sekitar Pantai Marina (Pesisir Selatan), Kalianda, Lampung Selatan dengan syarat gradasinya lolos ayakan nomor 4 dan tertahan nomor 200.



Gambar 3. Pecahan limbah terumbu karang

Benda Uji

Pada pembuatan benda uji digunakan silinder berukuran 10 cm x 20 cm dengan mutu $f_c'25$ MPa. Cara pengujian dilakukan dengan melakukan penimbangan benda uji serta pengujian agregat kasar dan halus. Penelitian ini menggunakan variasi beton normal, beton 70% variasi pecahan terumbu karang, 75% variasi pecahan terumbu karang, dan 80% variasi pecahan terumbu karang. Untuk jumlah sampel yang dibuat akan dijelaskan pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Jumlah sampel benda uji per variasi

Jumlah Sampel				
Kode	Umur Beton (Hari)			Jumlah Sampel
	7	14	28	
BN	3	3	3	9
BS – 70%	3	3	3	9
BS – 75%	3	3	3	9
BS – 80%	3	3	3	9

Total Sampel	36
--------------	----

BS 80%	0,96	1,96	0,188	0,752	0,42
--------	------	------	-------	-------	------

Perhitungan Berat Jenis

Perhitungan berat jenis memiliki tujuan untuk menentukan kelas atau jenis beton yang akan dibuat sesuai standar keamanannya. Berat jenis pada beton dilakukan dengan 2 cara, yaitu dengan pengukuran berat serta volume dan juga dengan penggunaan air raksa. Perhitungan berat jenis dapat menggunakan persamaan [1]:

$$\gamma = \frac{w}{v} \dots\dots\dots [1]$$

Keterangan:

- γ = Berat jenis (kg/m³)
- w = berat sampel (kg)
- v = volume (m³)

Pengujian Kuat Tekan

Uji kuat tekan memperhatikan besar beban pada luas permukaan yang mengakibatkan sampel beton retak bila diberi beban dengan diberikan gaya oleh mesin UTM. Perhitungan kuat tekan didapatkan berdasarkan persamaan [2]:

$$fc' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots [2]$$

Keterangan:

- fc' = Mutu beton (Mpa)
- P = Tekanan (N)
- A = Luas permukaan (mm²)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proporsi Campuran

Proporsi campuran adalah takaran pada setiap material untuk pembuatan sampel berdasarkan rancangan yang telah ditentukan. Untuk proporsi campuran per sampel disajikan pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. Proporsi campuran per sampel

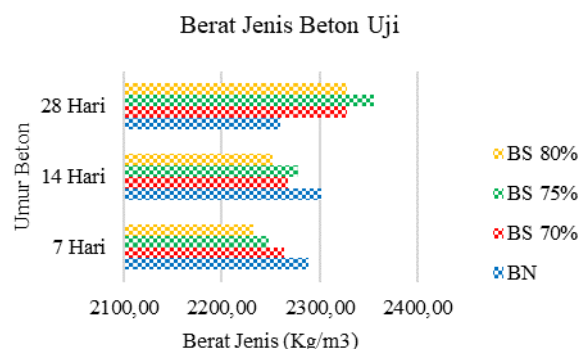
Jenis Sampel	Proporsi Campuran 1 Beton Silinder 10 x 20 cm				
	Semen (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus		Air (kg)
			Pasir (kg)	Pecahan Limbah Terumbu Karang (kg)	
BN	0,96	1,96	0,94	-	0,42
BS 70%	0,96	1,96	0,282	0,658	0,42
BS 75%	0,96	1,96	0,235	0,705	0,42

Perhitungan Berat Jenis

Perhitungan ini bertujuan sebagai acuan pada perhitungan desain struktur yang aman dan memasuki kriteria jenis beton. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, hasil berat jenis beton memasuki kriteria dengan berat jenis pada beton normal yaitu di antara 2200 – 2500 kg/m³.

Tabel 3. Hasil perhitungan berat jenis beton

Sampel	Umur Beton	Berat Jenis (kg/m ³)
BN	7 hari	2288,75
	14 hari	2302,40
	28 hari	2259,58
BS 70%	7 hari	2263,40
	14 hari	2267,43
	28 hari	2327,88
BS 75%	7 hari	2247,66
	14 hari	2277,92
	28 hari	2355,33
BS 80%	7 hari	2232,25
	14 hari	2251,46
	28 hari	2327,77



Gambar 4. Grafik perbandingan berat jenis per variasi

Pengujian Kuat Tekan

Uji kuat tekan memperhatikan besar beban pada luas permukaan yang mengakibatkan sampel beton retak bila diberi beban dengan diberikan gaya oleh mesin UTM. Pengujian ini berguna untuk mendapatkan nilai kuat tekan yang sudah melewati masa perawatan atau curing selama waktu yang ditentukan (7, 14, dan 28 hari) dan dilakukan di Laboratorium Universitas Indo Global Mandiri.

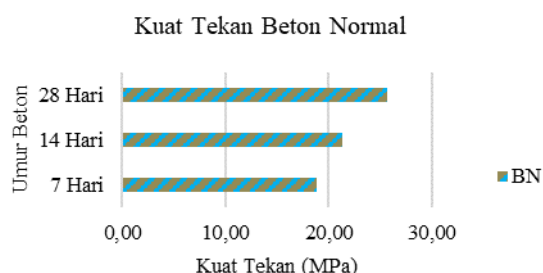


Gambar 5. Pengujian kuat tekan benda uji

Berdasarkan hasil pengujian ini, didapatkan nilai kuat tekannya pada setiap variasi ditujukan pada tabel dan grafik berikut:

Tabel 4. Nilai kuat tekan beton normal

Umur Beton	Kuat Tekan (MPa)
7 hari	18,85
14 hari	21,36
28 hari	25,69

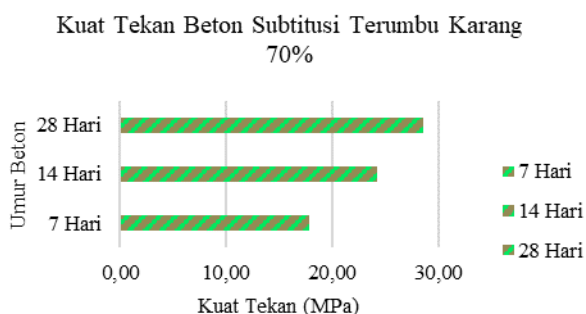


Gambar 6. Grafik nilai kuat tekan beton normal

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan terhadap beton normal didapatkan hasilnya yaitu 18,85 MPa pada umur 7 hari, 21,36 MPa pada umur 14 hari, dan 25,69 MPa pada umur 28 hari. Maka didapatkan hasil optimumnya untuk kuat tekan beton normal pada umur 28 hari sebesar 25,69 MPa.

Tabel 5. Nilai kuat tekan beton substitusi 70%

Umur Beton	Kuat Tekan (MPa)
7 hari	17,79
14 hari	24,20
28 hari	28,58



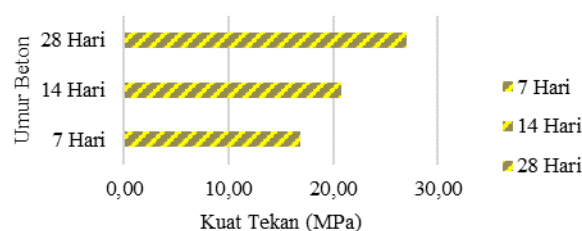
Gambar 7. Grafik nilai kuat tekan substitusi 70%

Berdasarkan hasil dari uji kuat tekan pada beton substitusi terumbu karang 70% didapatkan hasilnya yaitu 17,79 MPa pada umur 7 hari, 24,20 MPa pada umur 14 hari, dan 28,58 MPa pada umur 28 hari. Maka didapatkan hasil optimumnya untuk variasi ini terdapat pada umur 28 hari sebesar 28,58 MPa.

Tabel 6. Nilai kuat tekan beton substitusi 75%

Umur Beton	Kuat Tekan (MPa)
7 hari	16,90
14 hari	20,76
28 hari	27,01

Kuat Tekan Beton Substitusi Terumbu Karang 75%



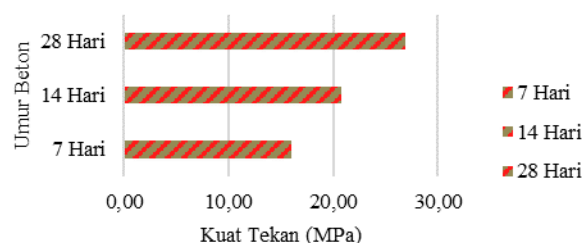
Gambar 8. Grafik kuat tekan beton substitusi 75%

Berdasarkan hasil dari uji kuat tekan pada beton substitusi terumbu karang 75% didapatkan hasilnya yaitu 16,90 MPa pada umur 7 hari, 20,76 MPa pada umur 14 hari, dan 27,01 Mpa pada umur 28 hari. Maka didapatkan hasil optimumnya untuk variasi ini terdapat pada umur 28 hari sebesar 27,01 MPa.

Tabel 7. Nilai kuat tekan beton substitusi 80%

Umur Beton	Kuat Tekan (MPa)
7 hari	16,01
14 hari	20,81
28 hari	26,88

Kuat Tekan Beton Substitusi Terumbu Karang 80%

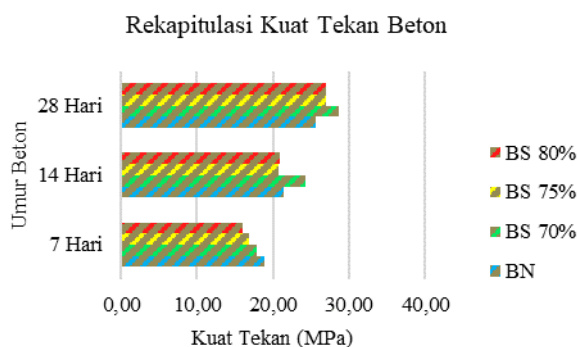


Gambar 9. Grafik kuat tekan beton substitusi 80%

Berdasarkan hasil dari uji kuat tekan pada beton substitusi terumbu karang 80% didapatkan hasilnya yaitu 16,01 MPa pada umur 7 hari, 20,81 MPa pada umur 14 hari, dan 26,88 MPa pada umur 28 hari. Maka didapatkan hasil optimumnya untuk variasi ini terdapat pada umur 28 hari sebesar 26,88 MPa.

Tabel 8. Rekapitulasi nilai kuat tekan beton

Sampel	Umur Beton	Kuat Tekan (MPa)
BN	7 hari	18,85
	14 hari	21,36
	28 hari	25,69
BS 70%	7 hari	17,79
	14 hari	24,20
	28 hari	28,58
BS 75%	7 hari	16,90
	14 hari	20,76
	28 hari	27,01
BS 80%	7 hari	16,01
	14 hari	20,81
	28 hari	26,88



Gambar 10. Grafik rekapitulasi nilai kuat tekan beton

Berdasarkan hasil rekapitulasi diatas, didapatkan hasilnya dimana terjadi peningkatan pada setiap variasi dibandingkan dengan beton normal pada umur 28 hari dan hasil yang paling optimum terdapat pada variasi beton substitusi 70% dengan nilainya sebesar 28,58 MPa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan, dapat ditarik kesimpulannya sebagai berikut: (1). Pengaruh penggunaan limbah terumbu karang sebagai substitusi agregat halus atau pasir, dapat dikatakan efektif karena dari hasil kuat tekan yang telah diuji mengalami peningkatan dibandingkan dengan beton normal pada umumnya untuk mutu beton $f_c'25$ MPa. Ditunjukkan hasil dari uji kuat tekan sampel, adanya peningkatan dari beton normal. Untuk nilai kuat tekan beton 28 hari pada beton normal sebesar 25,69 MPa, untuk variasi beton substitusi 70% sebesar 28,58 MPa, beton substitusi 75% sebesar 27,01 MPa, dan beton substitusi 80% sebesar 26,88 MPa. (2). Untuk hasil kuat tekan pada beton variasi yang paling efektif terdapat pada variasi 70% dimana terjadi peningkatan pada beton dengan umur 28 hari sebanyak 1,112% atau 2,89 MPa

REFERENSI

- Handiana Devi, R., Aski Safarizki, H., Prasetyo Azhari Putra, I., & Sucipto, A. (2022). *International Journal of Sustainable Building, Infrastructure, and Environment The Effectiveness of Substitution Fine Aggregate by Pacitan Coral Sand to the Compressive Strength of Concrete*.
- Hashmi, D., M.S. Khan, M. Bilal, M. Shariq, & A. Baqi. (2022, 12). *Green Concrete: An Eco-Friendly Alternative to the OPC Concrete*. Universiti Malaysia Pahang Publishing.
- Knowlton, N. (2001). *The future of coral reefs*. Retrieved from www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.091092998
- Kurniawan, A., Afrizal, Y., & Gunawan, A. (2016). *PENGARUH PEMANFAATAN PECAHAN TERUMBU KARANG SEBAGAI PENGANTI AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN BETON*.
- Nowotna, A., Pietruszka, B., & Lisowski, P. (2019, 6). *Eco-Friendly Building Materials*. Institute of Physics Publishing.
- Safikram M. (2023). *Analisis Pemanfaatan Bambu Sebagai Tulangan Dalam Beton*.

Evaluasi Risiko Kecelakaan pada U-Turn: Studi Kasus Jalan Raya Kaligangsa, Kota Tegal

U-Turn Analysis on Accident Risk Levels on Kaligangsa Road, Tegal City

Hilmy Dwi Saputra¹, Icha Berliana Navyano², Muhammad Ziddan Rezka³, Bambang Istiyanto⁴

¹Rekayasa Sistem Transportasi Jalan, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan

²Rekayasa Sistem Transportasi Jalan, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan

³Rekayasa Sistem Transportasi Jalan, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan

⁴Rekayasa Sistem Transportasi Jalan, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan

Email : hilmyputra03@gmail.com, ichaberlian navyano@gmail.com, ziddan1602@gmail.com, bambangistiyanto@pktj.ac.id

Abstrak

Penelitian ini menganalisis pengaruh keberadaan *U-turn* terhadap potensi kecelakaan lalu lintas di Jalan Raya Kaligangsa, Kota Tegal, dengan menerapkan metode *Traffic Conflict Technique* (TCT). *U-turn*, meskipun penting dalam perencanaan geometrik jalan, sering menjadi titik kritis yang berpotensi menyebabkan kecelakaan akibat manuver kendaraan yang tiba-tiba. Metode TCT digunakan untuk menganalisis potensi konflik lalu lintas berdasarkan kecepatan kendaraan, jarak antarkendaraan, dan interaksi pengguna jalan. Observasi dilakukan langsung di beberapa *U-turn* di sepanjang jalan tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa keberadaan *U-turn* berkontribusi signifikan terhadap peningkatan risiko kecelakaan, terutama pada jam padat dan lokasi dengan desain geometrik yang kurang optimal. Desain *U-turn* yang tidak memenuhi standar, minimnya kejelasan rambu lalu lintas, serta kurangnya kedisiplinan pengendara berkontribusi pada meningkatnya risiko konflik lalu lintas. Oleh karena itu, penelitian ini menyarankan perbaikan desain *U-turn*, peningkatan pengawasan lalu lintas, serta edukasi bagi pengendara guna meningkatkan keselamatan di jalan.

Kata Kunci: *U-turn*, kecelakaan lalu lintas; risiko kecelakaan; *Traffic Conflict Technique* (TCT); Jalan Raya Kaligangsa; Kota Tegal.

Abstract

This study analyzes the impact of U-turns on potential traffic accidents along Kaligangsa Highway, Tegal City, using the Traffic Conflict Technique (TCT) method. Although U-turns play a crucial role in road geometric planning, they often become critical points that may lead to accidents due to sudden vehicle maneuvers. The TCT method is applied to assess potential traffic conflicts based on vehicle speed, distance between vehicles, and road user interactions. Direct observations were conducted at several U-turn locations along the road. The analysis results indicate that the presence of U-turns significantly contributes to an increased risk of accidents, particularly during peak hours and at locations with suboptimal geometric design. Non-standard U-turn designs, unclear traffic signage, and undisciplined driver behavior further escalate the risk of traffic conflicts. Therefore, this study recommends improvements in U-turn design, enhanced traffic monitoring, and driver education to improve road safety..

Keywords: *U-turn*, traffic accidents; accident risk; *Traffic Conflict Technique* (TCT); Kaligangsa Highway; Tegal City

PENDAHULUAN

Kecelakaan lalu lintas adalah peristiwa tak terduga dan tidak disengaja di jalan raya yang melibatkan kendaraan, dengan atau tanpa pengguna jalan lain, dan berakibat pada kerugian nyawa atau

harta benda. Di Indonesia, kecelakaan menjadi faktor kematian ketiga setelah penyakit kronis. (Siregar et al., 2022). Konflik lalu lintas, khususnya di simpang tak bersinyal, merupakan salah satu penyebab kecelakaan. (Oktopianto et al, 2021). Salah satu cara yang umum digunakan untuk mengatasi masalah lalu

lintas adalah pembuatan media putar balik (*U-Turn*). *U turn* merupakan Salah satu metode pencegahan yang digunakan untuk menilai fasilitas terkait kecelakaan akibat konflik. (Romadhona & Yuliansyah, 2018).

Jalur Pantura (Jalur Pantai Utara) merupakan jalan nasional yang juga melwati Kota Tegal. Beberapa median putar balik yang di jalur pantura di Kota Tegal, khususnya di Jalan Raya Kaligangsa, Tegal.

Jalan Kaligangsa salah satu kawasan yang ramai dilalui kendaraan yang sedang melawati Kota Tegal menuju ke Brebes. Kendaraan berat hingga kendaraan penumpang sering melintas karena jalan Kaligangsa merupakan salah satu penghubung antara Brebes dan Kota Tegal.

Kepadatan lalu lintas di Jalan Kaligangsa meningkat pada jam sibuk berangkat dan pulang kerja. Terdapat fasilitas U-turn yang tersedia, fasilitas tersebut menjadi faktor perubahan arah kendaraan dan perubahan kecepatan yang bila tidak dilakukan dengan hati-hati dapat menyebabkan kecelakaan. Rambu dan marka berperan penting dalam menjaga keselamatan pengendara.

Traffic Conflict Technique (TCT) merupakan salah satu pendekatan dalam meningkatkan keselamatan lalu lintas, sekaligus berfungsi sebagai metode observasi untuk mengidentifikasi kejadian-kejadian nyaris kecelakaan (*near-miss accidents*) yang memiliki keterkaitan dengan potensi terjadinya kecelakaan (Sabrina et al., 2022). Metode ini pertama kali dikembangkan oleh Departemen Perencanaan dan Rekayasa Lalu Lintas di Lund University, Swedia, dan telah diimplementasikan secara luas di berbagai negara, termasuk negara berkembang. *Traffic Conflict Technique* (TCT) digunakan untuk mengidentifikasi titik-titik konflik di persimpangan berpotensi menimbulkan kecelakaan. *Time to Accident (TA)* adalah selang waktu sejak tindakan menghindar hingga kecelakaan terjadi atau pengendara tidak mengubah kecepatan maupun arah laju kendaraan.. Perhitungan *Time to Accident* melalui perhitungan berdasarkan tingkat keseriusan risiko kecelakaan meningkat jika jarak antar kendaraan pendek dengan kecepatan tinggi, berdasarkan estimasi jarak (D) dan kecepatan kendaraan (V). (Sabrina et al., 2022).

Penelitian ini mengevaluasi efektivitas median putaran balik (*U-turn*) di Jalan Pantura dalam mengurangi konflik lalu lintas dan tingkat keparahannya, dengan fokus pada ruas Jalan Raya Kaligangsa.

Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi titik-titik konflik lalu lintas yang berpotensi menimbulkan kecelakaan pada lokasi putaran balik di depan SPBU Jalan Raya Kaligangsa.
2. Menilai tingkat keparahan potensi tabrakan yang terjadi pada putaran balik di depan SPBU Jalan Raya Kaligangsa.
3. Menganalisis tingkat keselamatan lalu lintas di lokasi tersebut dengan menggunakan metode *Traffic Conflict Technique* (TCT).

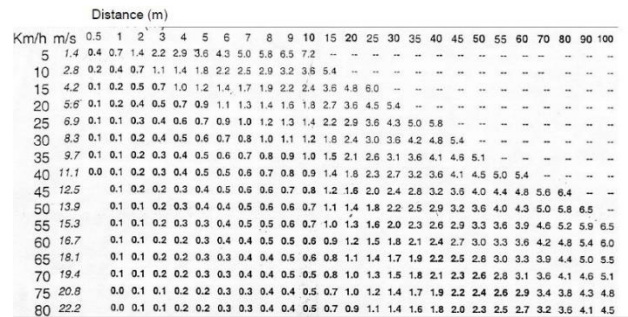


Gambar 1. Tempat Penelitian

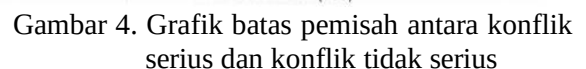
METODE

Penelitian ini dilakukan di Jalan Kaligangsa, Kecamatan Margadana, Kota Tegal, tepatnya pada U-turn di depan SPBU Kaligangsa. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Traffic Conflict Technique* (TCT), yang bertujuan untuk menganalisis konflik lalu lintas pada median putar balik berdasarkan studi literatur dan survei lapangan. Langkah awal mencakup studi pendahuluan, diikuti oleh identifikasi masalah untuk merumuskan tujuan penelitian. Pengumpulan data primer mencakup konflik lalu lintas, rambu dan marka jalan, serta kecepatan kendaraan. Survei dilakukan di median putar balik depan SPBU Jalan Raya Kaligangsa, dengan pencatatan menggunakan kamera untuk merekam konflik lalu lintas. Alat yang digunakan untuk dalam survei lapangan dan penelitian meliputi:

1. Dokumen pencatatan konflik.
2. *Stopwatch*
3. Kamera
4. Roll meter



Time to Accident (TA) digunakan untuk menentukan tingkat keseriusan konflik berdasarkan kecepatan kendaraan yang terlibat dan selang waktu sebelum potensi kecelakaan terjadi. Dapat dianalisis melalui grafik yang ditampilkan pada gambar berikut:



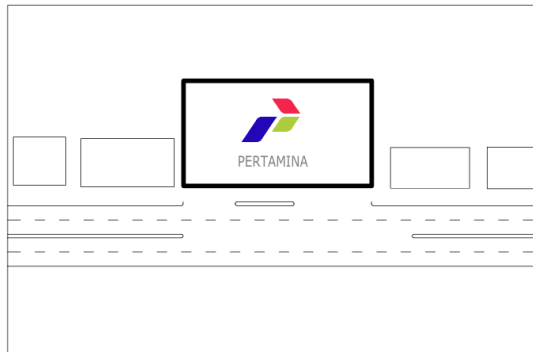
Time to Accident (TA) yakni selang waktu dari awal manuver penghindaran hingga kecelakaan terjadi, atau jika tidak ada perubahan dalam kecepatan dan arah kendaraan. Nilai TA ditentukan berdasarkan perkiraan jarak (D) serta kecepatan kendaraan (V) yang didapat dari hasil survei lapangan. Adapun rumus untuk menghitung TA adalah sebagai berikut [1]:

Nilai *Time to Accident* (TA) dapat dihitung setelah dilakukan estimasi terhadap kecepatan (V) dan jarak (D), juga dapat dianalisis melalui gambar berikut:

1. Analisis data jarak dan kecepatan kendaraan dilakukan dengan menggunakan tabel *Time to Accident* (TA) guna menentukan nilai TA.
2. Nilai TA yang telah diperoleh kemudian dipetakan ke dalam grafik konflik untuk mengidentifikasi tipe konflik, apakah tergolong konflik serius (*serious conflict*) atau tidak serius (*non-serious conflict*).
3. Analisis dilakukan terhadap kondisi geometrik putaran balik, arus lalu lintas, serta kecepatan dan volume lalu lintas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Observasi lapangan dilakukan di beberapa U-turn sepanjang Jalan Raya Kaligangsa, Kota Tegal, menggunakan metode *Traffic Conflict Technique* (TCT) untuk mengidentifikasi potensi konflik lalu lintas berdasarkan interaksi antar kendaraan.



Gambar 5. Peta kondisi eksisting

Penilaian Aspek Keselamatan Menggunakan Metode *Traffic Conflict Technology*

Penentuan tingkat keselamatan lalu lintas di putaran balik depan SPBU Kaligangsa dilakukan dengan menghitung nilai Time to Accident (TA) untuk mengidentifikasi jenis konflik yang terjadi. Nilai TA digunakan untuk membedakan antara konflik yang tergolong serius dan tidak serius, berdasarkan data hasil survei di Jalan Raya Kaligangsa. TA sendiri didefinisikan sebagai selang waktu sejak pengemudi mulai melakukan manuver penghindaran hingga saat terjadinya potensi tabrakan, dengan asumsi kecepatan dan arah kendaraan tidak mengalami perubahan (Sabrina et al., 2022). Nilai TA di dapatkan melalui perhitungan [1]:

$$TA \text{ (detik)} = \frac{d \text{ (meter)}}{v \left(\frac{\text{km}}{\text{jam}} \right)} \dots\dots\dots [1]$$

keterangan :

TA = Time to Accident (detik)

d = Jarak (meter)

v = Kecepatan (km/jam)

Konflik lalu lintas dikategorikan sebagai serius atau tidak serius berdasarkan kecepatan pengemudi sebelum dan saat konflik terjadi, serta selang waktu antar pengguna jalan jika konflik berujung pada kecelakaan.

Konflik Lalu Lintas (tabel data konflik dan grafik)

Tabel 1. Jenis konflik pada saat survei

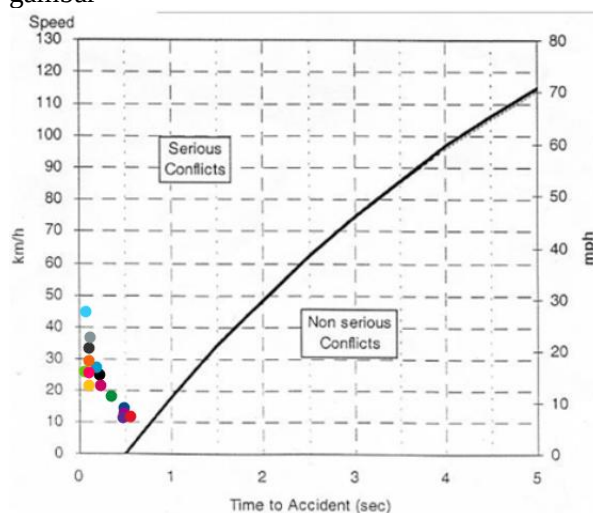
No	Kendaraan	Jarak	Kecepatan	TA	Tipe Konflik	Tindakan
1	MP - MP	5	32.2	0.2	Serius	Mempercepat - Mengerem
2	SM - MP	7	28.2	0.2	Serius	Mempercepat - Mengelak
3	MP - SM	5	26.2	0.2	Serius	Mengerem - Mempercepat
4	SM - SM	7	31.8	0.6	Serius	Mengerem - Mengerem
5	SM - MP	6,7	22.7	0.5	Serius	Mempercepat - Mengerem
6	SM - MP	6,7	23.9	0.5	Serius	Mengerem - Mengerem
7	KS - SM	6,5	40.7	0.3	Serius	Mengelak - Mengerem
8	KS - SM	7,6	14.3	0.5	Serius	Mempercepat - Mengerem
9	MP - HV	7,7	49.3	0.3	Serius	Mengelak - Mengerem
10	SM - SM	6,9	38.5	0.4	Serius	Mengerem - Mempercepat
11	MP - SM	3	26	0.1	Serius	Mengerem - Mempercepat
12	SM - SM	6	36	0.2	Serius	Mengelak - Mengerem
13	MP - SM	7	34	0.3	Serius	Mengelak - Mengerem

14	SM - SM	5,6	9	0.1	Serius	Mengerem - Mengerem
15	MP - MP	7,9	32.2	0.2	Serius	Mempercepat - Mengerem

Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan, konflik antara pengguna kendaraan di ruas jalan tersebut dapat dianalisis. Interaksi antara truk tangki dan sepeda motor dikategorikan sebagai konflik ringan, mengingat jarak antar kendaraan yang cukup lebar serta kecepatan yang rendah, sehingga memungkinkan pengereman dilakukan dengan aman.

Kecepatan Kendaraan

Kecepatan kendaraan dalam konflik dipetakan dalam grafik yang menunjukkan batas konflik serius dan tidak serius, berdasarkan nilai *Time to Accident* (TA) dan hasil pengamatan konflik. Seperti pada gambar



Gambar 6. Hasil plot konflik dan nilai TA pada grafik batas antara konflik serius dengan konflik yang tidak serius

Keterangan

- = Konflik 1 ● = Konflik 6 ● = Konflik 11
- = Konflik 2 ● = Konflik 7 ● = Konflik 12
- = Konflik 3 ● = Konflik 8 ● = Konflik 13
- = Konflik 4 ● = Konflik 9 ● = Konflik 14
- = Konflik 5 ● = Konflik 10 ● = Konflik 15

Tabel 2. Jenis konflik menurut bentuk reaksi atau manuver saat kejadian.

Jenis Tindakan	SM	MP	KS
Mengerem	5	6	1
Mengelak	3	2	1
Mempercepat	3	2	1

Berdasarkan gambar dan tabel 2, konflik antar kendaraan tergolong *serious conflict* dengan frekuensi tinggi yang berpotensi menyebabkan tabrakan. Jenis tindakan yang sering dilakukan oleh pengendara adalah melakukan pengereman saat konflik terjadi.

Tabel 3. Pembagian Jenis konflik berdasarkan kejadian pengendara

No	Pengguna Jalan	Jenis Konflik
1	MP; MP	Merging
2	SM; MP	Merging
3	MP; SM	Crossing
4	SM; SM	Merging
5	SM; MP	Merging
6	MP; SM	Merging
7	KS; SM	Diverging
8	KS; SM	Crossing
9	MP; KS	Diverging
10	SM; SM	Crossing
11	MP; SM	Merging
12	SM; SM	Crossing
13	MP; SM	Crossing
14	SM; SM	Crossing
15	MP; MP	Merging

Jenis konflik yang paling sering terjadi adalah *Merging*, diikuti oleh *Crossing*, sementara konflik *Diverging* ditemukan dalam jumlah kecil di median putar balik Jalan Kaligangsa.

Usulan Penanganan

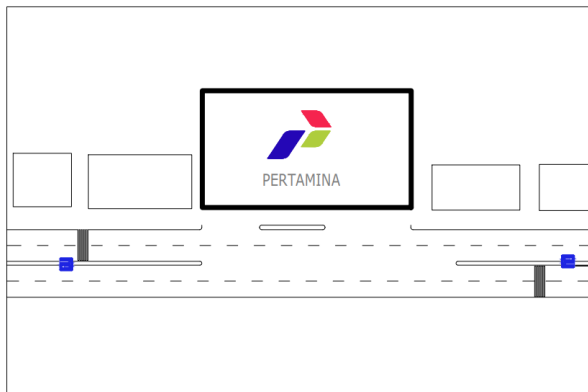
Tabel berikut menyajikan berbagai opsi penanganan untuk skenario kecelakaan disertai informasi mengenai peningkatan efektivitas dari masing-masing strategi. Tabel ini dirangkum dari sejumlah studi teknis terkait penanganan daerah rawan kecelakaan, dengan tingkat pengurangan insiden yang bervariasi antara 8% hingga 89% (Puslitbang Infrastruktur Jalan) serta referensi internasional (TRL-UK, Swedia, dan IKRAM-Malaysia)

Tabel 4. Situasi kecelakaan dan penanganannya

Situasi Kecelakaan Umum	Perbaikan yang potensial
Semua kecelakaan (umum)	Memperbaiki tekstur permukaan
	Delineasi yang lebih baik
	Marka jalan
Kehilangan kontrol	Delineasi
	Pengendalian kecepatan
	Rambu yang memantulkan cahaya
Malam hari (<i>Darkness</i>)	Delineasi
	Marka jalan

Tingkah laku mengemudi	Penerangan jalan
	Realinement
	Perbaikan garis pandang
	Marka jalan
	Penegakan hukum
	Median

Penambahan *rumble strip* di putaran balik depan SPBU disarankan sebagai peringatan dini bagi pengendara agar mengurangi kecepatan dan meningkatkan kewaspadaan di area berpotensi konflik kecelakaan.



Gambar 7. Usulan penanganan daerah median putar balik

KESIMPULAN

Hasil analisis menggunakan metode *Traffic Conflict Technique* (TCT) mengungkapkan bahwa *U-turn* di Jalan Raya Kaligangsa, Kota Tegal, memiliki dampak signifikan terhadap risiko kecelakaan. Beberapa titik *U-turn* meningkatkan potensi konflik lalu lintas, terutama saat kendaraan bermanuver cepat di siang hari, yang mengganggu arus lalu lintas. Risiko kecelakaan meningkat akibat desain *U-turn* yang kurang ideal, ketidakjelasan rambu, serta ketidakpatuhan pengendara terhadap aturan lalu lintas serta interaksi kendaraan di sekitar *U-turn* meningkatkan risiko kecelakaan. Oleh karena itu, diperlukan optimalisasi desain *U-turn*, pengawasan lalu lintas yang lebih ketat, serta edukasi bagi pengendara guna meminimalkan kecelakaan di area tersebut

REFERENSI

- Fedriantoro, Yovina. (2023). Analisis Peningkatan Keselamatan Lalu Lintas Pada Persimpangan Dengan Metode *Traffic Conflict Technique* (Studi Kasus: Simpang Empat Tak Bersinyal Jl.Krt Pringgodingrat, Kabupaten Sleman). Diploma Thesis, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan.
- Maulana, I., & Istiyanto, B. (2014). *Minimizing The Intersection Traffic Conflict By Using Median (U-Turn)*.
- Putri, Clarisa Widya. (2023). Analisis Konflik Lalu Lintas Serta Tundaan Pada Simpang Tak Bersinyal Dengan Metode *Traffic Conflict Technique* Dan Gap Acceptance (Studi Kasus: Simpang Tiga Dekat Pt. Tohitindo Multicraft Industries, Ruas Jalan Raya Sidorejo Kabupaten Sidoarjo). Diploma Thesis, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan.
- Romadhona, J. P., & Yuliansyah, A. (2018). *Perbandingan Kinerja Simpang dengan Pengaturan Petugas Tidak Resmi Perbandingan Kinerja Simpang dengan Pengaturan Petugas Tidak Resmi, Tanpa Pengaturan, dan Pengaturan Sinyal (Studi Kasus Simpang Kronggahan Sleman)*.
- Sabrina, D., Tinumbia, N., & Ihsani, I. (2022). ANALISIS TINGKAT KESELAMATAN LALU LINTAS PADA SIMPANG TIDAK BERSINYAL DENGAN METODE *TRAFFIC CONFLICT TECHNIQUE* (TCT). *Jurnal Artesis*, 2(2), 116–122.
- Siregar, E., Lubis, M., & Batubara, H. (2022). PENGARUH PEMINDAHAN U-TURN (PUTAR BALIK ARAH) TERHADAP KINERJA RUAS JALAN A.H NASUTION KOTA MEDAN. In *Cetak) Buletin Utama Teknik* (Vol. 18). Online.

Analisis Perbandingan Efisiensi Biaya Bekisting Metode Konvensional Dan Semi Sistem Pada Bangunan Dinding (Studi Kasus: Proyek Kawasan Bank Indonesia Gresik)

Analysis Of Comparative Cost Efficiency Of Conventional And Semi System Formwork Methods In Wall Buildings (Case Study: Bank Indonesia Gresik Area Project)

Maulidya Octaviani B, ST.,M.MT¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya, Jln. Semolowaru No.84,
Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60283. Telp (031) 5925970. Email : lidyaocta@unitomo.ac.id

Wisnu Abiarto N, ST., M.MT.²

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya, Jln. Semolowaru No.84,
Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60283. Telp (031) 5925970. Email : wisnu.abiarto@gmail.com

Jenny Septya Damai Navida³

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya, Jln. Semolowaru No.84,
Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60283. Telp (031) 5925970. Email : kerjajenny@gmail.com

Abstrak

Proyek Kawasan Bank Indonesia Gresik, khususnya di area Khazanah, memiliki kebutuhan bekisting yang tinggi pada elemen dindingnya. Pembayaran kepada subkontraktor dilakukan tanpa uang muka dan menggunakan sistem termin 45 hari setelah invoice serta progres pekerjaan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efisiensi biaya dan waktu antara metode bekisting konvensional dan semi sistem. Metode penelitian yang digunakan adalah metode komparatif, dengan analisis biaya dan waktu pada pekerjaan dinding seluas 11.736,48 m². Bekisting konvensional menggunakan material seperti plywood dan kayu meranti, sedangkan metode semi sistem menggunakan rangka hollow dan phenolic. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biaya metode konvensional sebesar Rp 2.438.396.000,00, sedangkan metode semi sistem hanya Rp 1.425.760.695,00. Dari segi waktu, metode konvensional membutuhkan 187 hari, sedangkan metode semi sistem hanya 131 hari. Metode semi sistem memberikan efisiensi waktu sebesar 29,95% dan efisiensi biaya hingga 41,53%. Kesimpulannya, metode bekisting semi sistem lebih efisien dalam aspek biaya dan waktu dibandingkan metode konvensional, sehingga lebih layak diterapkan pada pekerjaan bekisting dinding Proyek Kawasan Bank Indonesia Gresik.

Kata kunci: bekisting, efisiensi biaya, efisiensi waktu, metode konvensional, metode semi sistem.

Abstract

The Bank Indonesia Gresik project, especially in the Khazanah area, has high formwork requirements for the wall elements. Payment to subcontractors is made without down payment and using a 45-day term system after invoice and work progress. The purpose of this study is to compare the cost and time efficiency between conventional and semi-system formwork methods. The research method used is the comparative method, with cost and time analysis on 11,736.48 m² of wall work. Conventional formwork uses materials such as plywood and meranti wood, while the semi-system method uses hollow and phenolic frames. The results showed that the cost of the conventional method was IDR 2,438,396,000, while the semi-system method was only IDR 1,425,760,695. In terms of time, the conventional method takes 187 days, while the semi-system method only takes 131 days. The semi-system method provides time efficiency of 29.95% and cost efficiency of up to 41.53%. In conclusion, the semi-system formwork method is more efficient in terms of cost and time than the conventional method, so it is more feasible to apply to the wall formwork work of the Bank Indonesia Gresik Area Project.

Keywords: formwork, cost efficiency, time efficiency, conventional method, semi system method.

PENDAHULUAN

Proyek Kawasan Bank Indonesia Gresik merupakan proyek konstruksi dengan kebutuhan bekisting yang cukup tinggi pada elemen dindingnya. Jika menggunakan bekisting metode sistem memerlukan investasi awal yang cukup besar untuk pembelian atau penyewaan peralatan seperti panel, rangka baja, atau komponen khusus, sedangkan untuk kesepakatan pembayaran antara kontraktor utama dan sub kontraktor bekisting pada proyek ini yaitu tanpa adanya Down Payment atau uang muka serta dilakukan dengan pembayaran termin 45 (empat puluh lima hari) setelah invoice dan setelah adanya progress. Dengan permasalahan dan pertimbangan tersebut, maka alternatif yang dapat digunakan yaitu bekisting metode konvensional dan semi sistem.

Rumusan masalah dalam penelitian ini mencakup tiga aspek utama terkait penggunaan bekisting pada bangunan dinding di Proyek Kawasan Bank Indonesia Gresik. Pertama, penelitian ini akan menganalisis perbandingan waktu yang dibutuhkan antara penggunaan bekisting metode konvensional dan metode semi sistem. Kedua, penelitian ini juga akan membandingkan biaya yang diperlukan dalam penerapan kedua metode tersebut. Ketiga, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi waktu dan biaya dari bekisting metode konvensional serta metode semi sistem, sehingga dapat menentukan metode yang lebih optimal untuk digunakan pada proyek ini.

TINJAUAN TEORI

Definisi Bekisting

Formwork, juga dikenal sebagai bekisting, adalah cetakan atau tempat di mana beton basah dapat dituangkan dan dipadatkan sehingga mengalir ke profil dalam cetakan atau kotak. Selama penempatan beton, ia dipasang dengan cepat dan dapat dibongkar setelah beberapa hari untuk digunakan lagi. (Wibowo et al., 2023). Metode bekisting yang umum digunakan di Indonesia antara lain bekisting konvensional, semi sistem, dan sistem.

Bekisting secara keseluruhan harus memenuhi beberapa hal, yaitu ekonomis, kuat dan kokoh, tidak berubah bentuk, memenuhi persyaratan permukaan yang diminta, mudah dipasang dan dibongkar, tidak bocor, tersedianya material yang dibutuhkan oleh jenis formwork yang digunakan.

Bekisting konvensional

Bekisting konvensional memanfaatkan bahan utama seperti kayu, multipleks, dan papan. Dalam

aplikasinya, bekisting dipasang sesuai dengan dimensi struktur yang akan dibangun. Setelah beton mengeras, bekisting dibongkar secara bertahap. Biasanya, bekisting ini hanya digunakan untuk 2-3 kali pekerjaan, dengan mempertimbangkan komponen yang masih dapat digunakan untuk proses selanjutnya. (Maskur, Fuadi, & Sukmara, 2023)

Bekisting Semi Sistem

Sistem bekisting semi sistem dibuat dari plywood/phenolic/tegofilm dan besi hollow. Dibandingkan dengan bekisting konvensional, material yang digunakan pada bekisting semi konvensional lebih tahan lama dan awet, sehingga masa pakainya menjadi lebih panjang. (Rahardianto et al., 2022).

Bekisting Sistem

Bekisting sistem adalah suatu metode dalam konstruksi beton yang menggunakan komponen-komponen prefabrikasi, seperti panel-panel modular yang dirancang untuk digunakan berulang kali. Bekisting ini dirancang agar lebih efisien dan cepat dalam pemasangan dan pembongkaran dibandingkan dengan bekisting konvensional. Bekisting sistem seringkali terbuat dari material seperti logam, plastik, atau komposit yang tahan lama dan ringan.

Perhitungan Bekisting Dinding

Volume bekisting adalah total luas permukaan atau volume cetakan sementara yang digunakan untuk menuangkan beton saat konstruksi berlangsung.

$$\text{Luas} = \text{Panjang} \times \text{tinggi} \times 2 \text{ sisi} \dots\dots\dots [1]$$

Perhitungan kebutuhan material bekisting konvensional untuk dinding area Khazanah yang ditinjau disesuaikan dengan kebutuhan di lapangan meliputi plywood, Balok kayu dengan ukuran 6x12, spacer berupa tierod, wing nut, minyak bekisting, dan paku 5-10cm.

Perhitungan kebutuhan material bekisting semi sistem untuk dinding area Khazanah yang ditinjau disesuaikan dengan kebutuhan di lapangan meliputi Hollow 50x50, Tierod, Wingnut, Push Pull Prop RSS II dan Kicker Brace AV I Cpl, Base Plate, Head peace, phenolic.

Analisa Produktivitas dan Durasi Waktu

Durasi pekerjaan bekisting dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Durasi Waktu} = \frac{\text{volume total pekerjaan}}{\text{produktivitas} \times \text{jumlah pekerja}} \dots [2]$$

Pembiayaan Bekisting

Biaya bekisting mencakup sekitar 35% hingga 60% dari total biaya struktur beton. Karena itu, penting untuk merencanakan biaya bekisting dengan cermat agar pekerjaan struktur beton dapat dilakukan dengan lebih ekonomis. (Nawy, 1997 dalam (Maskur, Fuadi, & Sukmara, 2023)).

$$\text{Biaya material} = \text{jumlah material} \times \text{harga satuan} \dots [2]$$

Komponen penyusun biaya upah yaitu jumlah pekerja, durasi waktu dan harga satuan. Upah tenaga kerja bekisting dapat dilihat dalam persamaan [3]:

$$\text{Upah} = \text{jumlah tenaga} \times \text{waktu} \times \text{harga satuan} \dots [3]$$

Efisiensi Biaya

Menurut (Mulyamah (1987) dalam (Hidayat et al., n.d.), efisiensi adalah suatu ukuran yang membandingkan antara rencana penggunaan input dengan realisasi penggunaannya, atau dengan kata lain, membandingkan penggunaan yang direncanakan dengan yang sebenarnya terjadi. Manajemen biaya proyek sangat dipengaruhi oleh pemilihan desain, jenis material, serta metode pelaksanaan yang diterapkan. Efisiensi waktu pelaksanaan juga memiliki pengaruh terhadap biaya karena berhubungan dengan upah tenaga kerja. Efisiensi waktu dapat dilihat pada persamaan [4]:

$$\text{Efisiensi waktu (\%)} = \frac{\text{waktu 1} - \text{waktu 2}}{\text{waktu 1}} \dots [4]$$

Faktor-faktor tersebut memiliki peran penting dalam mencapai hasil yang baik dengan biaya yang efisien. Efisiensi biaya bukan sekadar pengurangan biaya secara sembarangan, tetapi lebih kepada pengelolaan metode yang baik agar setiap biaya yang dikeluarkan memberikan manfaat maksimal terhadap pendapatan. Efisiensi biaya dapat dihitung dengan rumus:

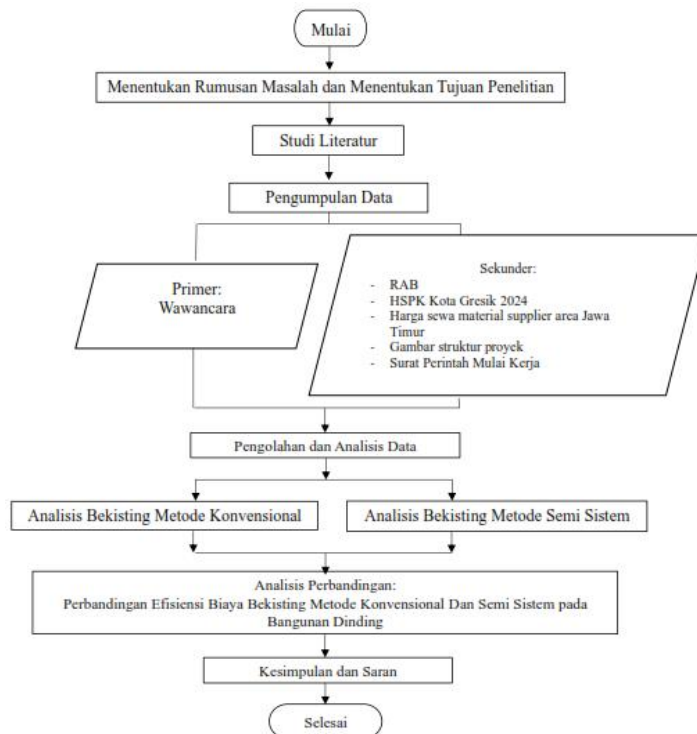
$$\text{Efisiensi biaya (\%)} = \frac{\text{biaya 1} - \text{biaya 2}}{\text{biaya 1}} \dots [5]$$

METODE

Penelitian ini menggunakan metode komparasi atau perbandingan penggunaan metode bekisting yang berbeda yaitu bekisting konvensional

dan bekisting semi sistem ditinjau dari dua aspek waktu dan biaya. Dengan membandingkan hasil dari kedua kelompok, penelitian ini bertujuan untuk menentukan metode bekisting mana yang lebih efisien dalam hal waktu dan biaya untuk diterapkan pada bangunan dinding untuk Proyek Kawasan Bank Indonesia Gresik.

Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup dua metode utama: studi dokumentasi dan wawancara.

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari sumbernya, yaitu berupa wawancara kepada karyawan proyek pada PT. Marga Pertiwi Sejati. Informan untuk wawancara adalah Bapak Achmad Romadhan selaku Project Manager Sub Kontraktor spesialis bekisting yaitu PT. Marga Pertiwi Sejati.

Data sekunder adalah data yang diperoleh melalui data yang dikumpulkan oleh pihak lain yaitu seperti RAB, Gambar Struktur, HSPK Kota Gresik, harga sewa material, AHSP, dan Surat Perintah Mulai Kerja.

Variabel

Tabel 2. Variabel Penelitian

Tujuan	Variabel	Indikator	Sumber data	Data
Membandingkan Dua Metode Bekisting	Waktu	Produktivitas dan durasi	Wawancara dan perhitungan	Primer dan sekunder
	Biaya	Biaya material dan upah pekerja	Volume gambar struktur	sekunder

Pengolahan Data

Langkah-langkah dalam melakukan analisis data pada penelitian ini diawali dengan perhitungan volume luasan bekisting untuk pekerjaan dinding di area Khazanah. Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap bekisting metode konvensional, mencakup aspek waktu dan biaya yang diperlukan. Setelah itu, analisis yang sama diterapkan pada bekisting metode semi sistem untuk mengetahui perbedaan dalam hal efisiensi waktu dan biaya. Hasil dari kedua analisis tersebut kemudian dibandingkan guna mengetahui bekisting yang lebih efisien dan layak diterapkan pada pekerjaan dinding di Proyek Kawasan Bank Indonesia Gresik.

Lokasi dan Informasi Penelitian

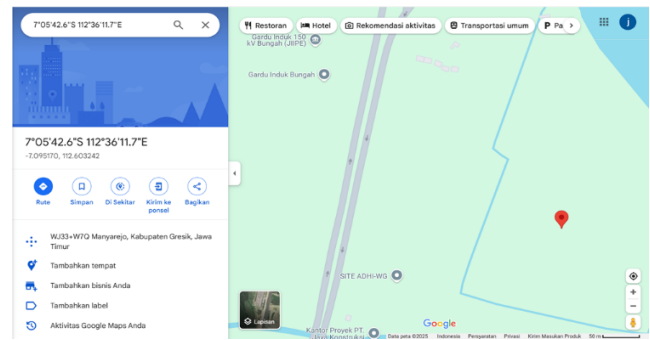
Adapun informasi tentang proyek ini sebagai berikut:

Tabel 3 Informasi Proyek

Uraian	Proyek Kawasan Bank Indonesia Gresik
Kontraktor	KSO ADHI-WIKA GEDUNG PT MARGA PERTIWI SEJATI
Subkontraktor	
Nilai Proyek	Rp 6.710.487.710
Masa Pelaksanaan	150 hari kalender
Lokasi	Kawasan Industri JIPE Gresik Jl. Raya Manyar KM 11 Gresik Jawa Timur
Volume	45170,56 m2



Gambar 2. Kondisi Lokasi Proyek



Gambar 3. Kawasan Industri JIPE Gresik Jl. Raya Manyar KM 11 Gresik Jawa Timur

HASIL DAN PEMBAHASAN

Volume Bekisting Pekerjaan Dinding Area Khazanah

$$\begin{aligned}\text{Luas Total Bekisting} &= \text{panjang} \times \text{tinggi} \times 2 \text{ sisi} \\ &= 209,58 \text{ m} \times 28 \text{ m} \times 2 \text{ sisi} \\ &= 11736,4800 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Analisis Bekisting Metode Konvensional

Perhitungan Kebutuhan Material Bekisting Dinding Konvensional

Bekisting dinding konvensional menggunakan material seperti plywood, kayu, spacer, minyak bekisting, dan paku untuk membentuk cetakan beton sementara. Berikut analisa kebutuhan material untuk bekisting dinding konvensional sesuai kebutuhan di lapangan:

Tabel 4. Kebutuhan Material Bekisting Konvensional

No.	Uraian	Volume Kebutuhan
1	Plywood tebal 18mm	1.337,00 lbr
	Kayu Bekisting Meranti (MC)	
2		217,48 m3
3	Tierod 1,5m	843 btg
4	Wingnut	1.686,00 pcs
5	Paralon PVC 3/4"	1.028,00 btg
6	Minyak Bekisting	2.347,30 lt
7	paku 5-10cm	4.695,00 kg

Perhitungan Kebutuhan Waktu (metode Konvensional)

Untuk produktivitas pekerjaan bekisting konvensional dilakukan dengan wawancara dengan pihak sub kontraktor bekisting yang merupakan spesialis pekerjaan bekisting dan berdasarkan pengamatan dan pengalaman oleh pelaksana lapangan. Untuk bekisting konvensional rata-rata produktivitas pekerja adalah 1,75m per hari sudah termasuk bongkar dan pasang. Dalam pekerjaan dinding area Khazanah, kontraktor utama menghendaki kebutuhan tenaga yang harus

disediakan adalah 1 grup terdiri dari 1 mandor, 27 tukang, dan 8 pekerja. Sehingga produktivitas dalam 1 grup adalah 63 m²/hari. Maka Durasi pekerjaan bekisting dinding konvensional area khazanah adalah 187 hari.

Kebutuhan Tenaga Kerja bekisting dinding konvensional

Kebutuhan tenaga kerja terdiri dari mandor, tukang, dan pekerja atau kuli. Untuk mandor membutuhkan 187 OH, untuk kebutuhan tukang yaitu 5.049 OH, dan kebutuhan pekerja yaitu 1.496 OH.

Analisis Biaya Pekerjaan Bekisting Dinding Konvensional

Berikut ini merupakan perhitungan pekerjaan bekisting dinding konvensional untuk area dinding setinggi 28m area Khazanah pada Proyek Kawasan Bank Indonesia Gresik :

Tabel 5. Perhitungan Biaya Bekisting Dinding Metode Konvensional

Uraian	Volume	Sewa (bln)	Harga	Biaya (Rp)
A Material Bekisting Konvensional				
Plywood tebal 18mm	1.337,00	lbr	240.000,00	320.880.000
Kayu Bekisting Meranti (MC)	217,48	m ³	3.200.500,00	696.041.540
Tierod 1,5m	843,00	btg	6,5 5.925,00	32.466.038
Wingnut	1.686,00	pcs	6,5 3.300,00	36.164.700
Paralon PVC 3/4"	1.028,00	btg	42.700,00	43.895.600
Minyak Bekisting	2.347,30	lt	45.589,95	107.013.107
paku 5-10cm	4.695,00	kg	23.000,00	107.985.000
Jumlah				1.344.445.984
B Tenaga Kerja				
Pekerja	1496,00	OH	150000	224.400.000
Tukang Kayu	5049,00	OH	165000	833.085.000
Mandor	187,00	OH	195000	36.465.000
Jumlah				1.093.950.000
TOTAL				2.438.395.984
DIBULATKAN				2.438.396.000

Analisis Bekisting Metode Semi Sistem

Perhitungan Kebutuhan Material Bekisting Dinding Semi Sistem

Tabel 6. Kebutuhan Material Bekisting Semi Sistem

No	Uraian	Volume Kebutuhan
A Material Sistem		
	Hollow 50x50x2,5 - Panjang 4m (rangka)	1.679,00 batang
	Hollow 50x50x2,5 - Panjang 4m (Sabuk)	839 batang
	Tierod 1,5m	843 batang
	Wingnut	1.686,00 pcs
	Push Pull Prop RSS II	141 pcs
	Kicker Brace AV I Cpl	141 pcs
	Base Plate	141 pcs
	Wedge Head Piece	282 Pcs
B Material Consumable		
	Phenolic 18mm	658 lembar
	Screw Driling	20 duz
	Minyak Bekisting / Solar	2.347,30 liter
	Paralon PVC 3/4"	1.028,00 lonjor

Perhitungan Kebutuhan Waktu (metode semi sistem)

Untuk produktivitas pekerjaan bekisting semi system dilakukan dengan wawancara dengan pihak sub kontraktor bekisting dan berdasarkan pengamatan oleh pelaksana lapangan. Dalam pekerjaan dinding area Khazanah, kontraktor utama menghendaki kebutuhan tenaga yang harus disediakan dalam 1 grup adalah sejumlah 1 mandor, 27 tukang, dan 8 pekerja dengan rata-rata 1 orang dapat menghasilkan 2,5 m²/hari sudah termasuk bongkar dan pasang sehingga produktivitas dalam 1 grup adalah 90 m²/hari. Maka Durasi pekerjaan bekisting dinding semi sistem area khazanah adalah 131 hari.

Kebutuhan Tenaga Kerja bekisting dinding konvensional

Kebutuhan tenaga kerja terdiri dari mandor, tukang, dan pekerja atau kuli. Untuk mandor membutuhkan 131 OH, untuk kebutuhan tukang yaitu 3.537 OH, dan kebutuhan pekerja yaitu 1.048 OH.

Analisis Biaya Pekerjaan Bekisting Dinding Semi Sistem

Berikut ini merupakan perhitungan pekerjaan bekisting dinding metode semi sistem untuk area Khazanah dengan ketinggian 28m pada Proyek Kawasan Bank Indonesia Gresik :

Tabel 7. Perhitungan Biaya Bekisting Dinding Metode Semi Sistem

Uraian	Volume	Sewa (bln)	Harga (Rp)	Biaya (Rp)
A Material Sistem				
Hollow 50x50x2,5 - Panjang 4m (rangka)	1.679,00	btg	4,5 18.400	139.021.200
Hollow 50x50x2,5 - Panjang 4m (Sabuk)	839,00	btg	4,5 18.400	69.469.200
Tierod 1,5m	843,00	btg	4,5 5.925	22.476.488
Wingnut	1.686,00	pcs	4,5 3.300	25.037.100
Push Pull Prop RSS II	141,00		4,5 42.000	26.649.000
Kicker Brace AV I Cpl	141,00		4,5 23.000	14.593.500
Base Plate	141,00		4,5 6.000	3.807.000
Wedge Head Piece	282,00		4,5 6.500	8.248.500
Jumlah				309.301.988
B Material Consumable				
Phenolic 18mm	658,00	lbr		300.000 197.400.000
Screw Driling	20,00	duz		90.000 1.800.000
Minyak Bekisting	2.347,30	ltr		45.589 107.013.107
Paralon PVC 3/4"	1.028,00	ljr		42.700 43.895.600
Jumlah				350.108.707
C Tenaga Kerja				
Pekerja	1048	OH		150000 157.200.000
Tukang Kayu	3537	OH		165000 583.605.000
Mandor	131	OH		195000 25.545.000
Jumlah				766.350.000
TOTAL				1.425.760.695

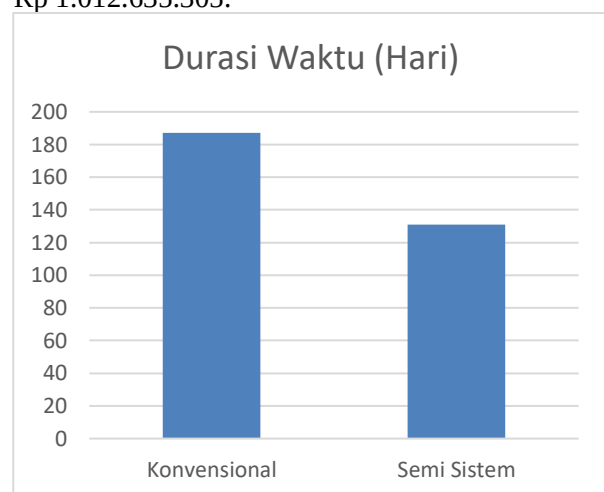
Perbandingan Efisiensi Bekisting Metode Konvensional dan Semi Sistem

Tabel 8. Perbandingan Waktu dan Biaya Pekerjaan Bekisting Dinding Metode Konvensional dan Semi Sistem

Metode Bekisting	Waktu (hari)	Total Biaya (Rp)
Konvensional	187	2.438.396.000
Semi Sistem	131	1.425.760.695
Selisih	56	1.012.635.305

Berdasarkan tabel.8 dapat diketahui perbedaan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk pekerjaan bekisting dinding menggunakan metode konvensional adalah 187 hari sedangkan metode semi sistem adalah 131 hari. Perbandingan durasi waktu antara bekisting konvensional dan semi sistem terdapat selisih yaitu $187 - 131 = 56$ hari.

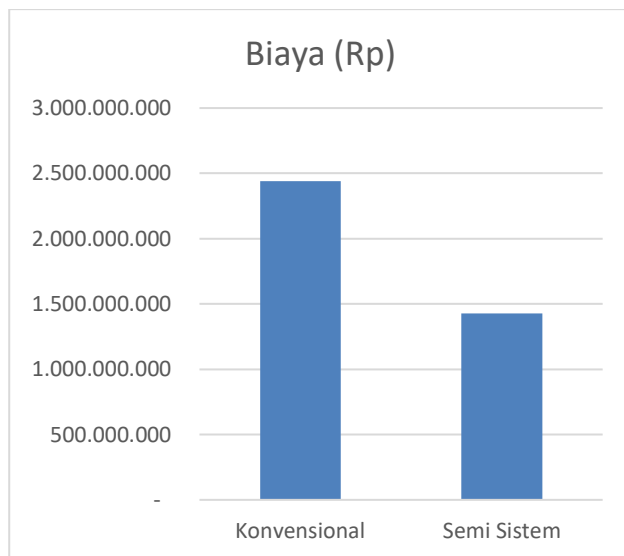
Dari segi biaya berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa dalam pekerjaan bekisting dinding menggunakan metode konvensional membutuhkan biaya sebesar Rp 2.438.396.000 sedangkan pekerjaan bekisting dinding menggunakan metode semi sistem yaitu sebesar Rp 1.425.760.695. Sehingga terdapat selisih biaya antara bekisting konvensional dan semi sistem yaitu sebesar Rp 1.012.635.305.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Waktu

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa dengan bekisting semi sistem pada pelaksanaan memerlukan waktu yang jauh lebih cepat 56 hari dibandingkan dengan bekisting konvensional. Atau terdapat efisiensi waktu sebesar 29,95 %.

Durasi waktu yang dibutuhkan akan berpengaruh terhadap perhitungan biaya upah tenaga kerja, sehingga akan mempengaruhi biaya total bekisting.



Gambar.5 Grafik Perbandingan Biaya

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa bekisting semi sistem lebih murah dibandingkan dengan bekisting konvensional. Selisih biaya pelaksanaan pekerjaan bekisting yang diperoleh dari percepatan durasi waktu dan hasil analisa kebutuhan material dan upah adalah sebesar Rp 1.012.635.305. Sehingga terdapat efisiensi biaya yaitu 41,53%

KESIMPULAN

Waktu yang dibutuhkan untuk pekerjaan bekisting dinding dengan metode konvensional adalah 187 hari, sedangkan metode semi sistem hanya memerlukan 131 hari, sehingga metode semi sistem lebih cepat dibandingkan metode konvensional.

Dari segi biaya, pelaksanaan bekisting dinding konvensional membutuhkan Rp 2.438.396.000,00, sementara metode semi sistem hanya memerlukan Rp 1.425.760.695,00, menjadikannya pilihan yang lebih hemat.

Pekerjaan dinding menggunakan bekisting semi sistem menunjukkan efisiensi waktu sebesar 29,95% dibandingkan dengan metode konvensional. Durasi waktu yang lebih singkat berdampak pada pengurangan biaya upah tenaga kerja, sementara penggunaan material yang dapat dipakai berulang kali juga mengurangi biaya material. Dengan demikian, bekisting dinding semi sistem memberikan efisiensi biaya sebesar 41,53% dibandingkan metode konvensional. Berdasarkan analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode bekisting semi sistem lebih efisien dalam aspek waktu dan biaya, sehingga lebih layak diterapkan pada pekerjaan bekisting dinding di Proyek Kawasan Bank Indonesia Gresik.

REFERENSI

- Aek, P., & Setya Wijaya, H. (2019). Analisa Perbandingan Penggunaan Bekisting Konvensional dengan Pra Cetak pada Pekerjaan Kolom Apartemen Begawan Malang. 2, 24. <https://pro.unitri.ac.id/index.php/sentikuin>
- Hidayat, T., Fitrianingrum, L., Hudiwasono, K., Perencanaan, B., Pengembangan, D., & Bandung, K. (n.d.). Penerapan Prinsip Efektif dan Efisien dalam Pelaksanaan Monitoring Kegiatan Penelitian.
- Ilham, M., & Herzanita, A. (2021). Analisis Perbandingan Bekisting Konvensional Dengan Bekisting Aluminium Ditinjau Dari Aspek Biaya Dan Waktu Pelaksanaan. *Jurnal ARTESIS*, 1(1), 23–30. <https://doi.org/10.35814/ARTESIS.V1I1.2704>
- Ilham, M., & Herzanita1, A. (2021). ANALISIS PERBANDINGAN BEKISTING KONVENSIONAL DENGAN BEKISTING ALUMINIUM DITINJAU DARI ASPEK BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan The Lana Apartment-Tangerang (Comparative Analysis The Implementation Of Conventional And Aluminium Formwork At Cost And Time Aspects). In *Jurnal Artesis* (Vol. 1, Issue 1).
- Maskur, A., Fuadi, I., & Sukmara, E. (2023). Analisis Perbandingan Biaya Dan Waktu Antara Bekisting Kayu Multiplek Dengan Bekisting Bondek Untuk Plat Lantai. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 9(2), undefined-undefined. <https://doi.org/10.33197/JITTER.VOL9.ISS2.2023.1023>
- Maskur, A., Fuadi, I., Sukmara, E., Teknologi, J. I., & Terapan, I. (2023). ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA DAN WAKTU ANTARA BEKISTING KAYU MULTIPLEK DENGAN BEKISTING BONDEK UNTUK PLAT LANTAI.
- Maulana Zakariyyah, M., & Gita Prafitasiwi, A. (2024). Analisa Perbandingan Pemasangan Bekisting Konvensional dengan Bekisting Alumunium pada Pekerjaan Struktur Gedung Sekolah Comparative Analysis of Conventional Formwork and Aluminium Formwork in Structural Work of High School Building Construction Project. In *Jurnal*

- Teknik Sipil dan Lingkungan (Vol. 01, Issue 1). <http://ejournal.ft.umg.ac.id/index.php/jtk>
- Rahadiano, D., Perwitasari, D., & Mashur, A. R. H. (2022). ANALISA PERBANDINGAN PENGGUNAAN BEKISTING ALUMINIUM, BEKISTING KONVENSIONAL, SEMI KONVENSIONAL DAN SISTEM (PERI). CIVED, 9(2), 109–114. <https://doi.org/10.24036/CIVED.V9I2.113909>
- Rahadiano, D., Sari, D. P., Rahmat, A., & Mashur, H. (2022). ANALISA PERBANDINGAN PENGGUNAAN BEKISTING ALUMINIUM, BEKISTING KONVENSIONAL, SEMI KONVENSIONAL DAN SISTEM (PERI) (Vol. 9, Issue 2). <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/cived/index>
- Rahadiano, D., Perwitasari, D., & Mashur, A. R. H. (2022). Analisa Perbandingan Penggunaan Bekisting Aluminium, Bekisting Konvensional, Semi Konvensional Dan Sistem (PERI). CIVED, 9. <https://doi.org/https://doi.org/10.24036/cived.v9i2.113909>
- Wibowo, M. A., D, J. U., & Yinurullah, S. (2023). Perbandingan Penggunaan Variasi Tipe Bekisting Ditinjau dari Sisi Biaya, Mutu, Waktu dan Waste pada Pelaksanaan Konstruksi Gedung Bertingkat di Indonesia. Syntax Literate ; Jurnal Ilmiah Indonesia, 8(11), 6596–6609. <https://doi.org/10.36418/SYNTAX-LITERATE.V6I6>
- Zakariyyah, M. M., & Prafitasiwi, A. G. (2024). Analisa Perbandingan Pemasangan Bekisting Konvensional dengan Bekisting Aluminium pada Pekerjaan Struktur Gedung Sekolah. Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan, 1(1), 9–20. <https://doi.org/10.30587/JTSL.V1I1.7407>

Evaluasi Kinerja Jalan Akibat Aktivitas Pasar Tradisional Kota Meulaboh, Kabupaten Aceh Barat

Performance Assessment of Road Infrastructure Affected by Traditional Market Operations in Meulaboh, West Aceh District

Chaira¹, Hilma Erliana²

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar

²Prodi Konstruksi Pondasi, Beton dan Pengaspalan Jalan, Akademi Komunitas Negeri Aceh Barat

Email : chaira@utu.ac.id

Abstrak

Pasar tradisional Meulaboh, Aceh Barat merupakan pusat perekonomian yang vital, namun aktivitasnya menimbulkan tekanan signifikan pada jaringan jalan sekitarnya. Metode penelitian yang digunakan adalah menganalisa kinerja suatu ruas jalan dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997). Hasil perhitungan arus lalu lintas menunjukkan pola yang konsisten: volume kendaraan tertinggi terjadi pada Sabtu dengan puncak 95.7 smp/jam di Jl. Daud Dariyah (13.15-13.30) dan 92 smp/jam di Jl. Chik Ali Akbar (17.45-18.00). Sementara itu, Jl. Blang Pulo mencatat arus stabil di atas 1750 smp/jam dengan DS 0.77 (pagi) dan puncak 1940.4 smp/jam (sore). Analisis temporal mengungkap pola khas dimana aktivitas pagi (07.00-09.00) didominasi kendaraan pengangkut barang, sementara sore hari (16.00-18.00) dipadati pembeli yang menggunakan sepeda motor. Klasifikasi tingkat pelayanan jalan yang bervariasi: dari kondisi terburuk di Jl. Daud Dariyah (tingkat D-E) hingga terbaik di Jl. Melati (tingkat B-C) dengan kecepatan kendaraan rata-rata 35.67 km/jam. Hasil temuan menunjukkan ketidakseimbangan antara kapasitas jalan (2299 smp/jam) dan volume lalu-lintas, terutama di segmen yang berdekatan dengan area bongkar muat pasar. Solusi komprehensif yang diusulkan meliputi strategi manajemen untuk jangka pendek, menengah dan jangka panjang.

Kata Kunci: Derajat Kejenuhan, Kinerja Jalan, Pola Lalu Lintas, Pasar Tradisional, MKJI 1997

Abstract

The traditional market of Meulaboh, West Aceh is a vital economic centre, but its activities put significant pressure on the surrounding road network. The research method used was to analyse the performance of a road section using the Manual of Road Capacity in Indonesia (MKJI 1997). The results of traffic flow measurements showed a consistent pattern: the highest vehicle volumes occurred on Saturday with peaks of 95.7 smp/h on Jl. Daud Dariyah (13.15-13.30) and 92 smp/h on Jl. Chik Ali Akbar (17.45-18.00). Meanwhile, Jl. Blang Pulo recorded a steady flow of over 1750 smp/hr with a DS of 0.77 (morning) and a peak of 1940.4 smp/hr (afternoon). Temporal analysis reveals a distinctive pattern where morning activity (07.00-09.00) is dominated by goods transport vehicles, while afternoons (16.00-18.00) are packed with shoppers using motorbikes. Road level of service classifications varied: from the worst condition on Jl. Daud Dariyah (level D-E) to the best on Jl. Melati (level B-C) with an average vehicle speed of 35.67 km/hour. The findings indicate an imbalance between road capacity (2299 smp/h) and traffic volumes, especially in segments adjacent to the market loading and unloading area. The comprehensive solution proposed includes management strategies for the short, medium and long term.

Keywords: Degree of Saturation, Road Performance, Traffic Patterns, Traditional Market, MKJI 1997

PENDAHULUAN

Pasar tradisional merupakan salah satu pusat aktivitas ekonomi dan sosial yang vital di Kabupaten Aceh Barat, khususnya di ibu kota Meulaboh. Sebagai simpul perdagangan utama, pasar ini tidak hanya menjadi tempat transaksi jual-beli komoditas lokal seperti hasil pertanian, perikanan, dan kerajinan tangan, tetapi juga sebagai titik interaksi masyarakat (Mauliya, 2023). Namun, tingginya aktivitas ekonomi di pasar tradisional ini berbanding lurus dengan kepadatan lalu lintas di sekitarnya, menciptakan tantangan tersendiri bagi kelancaran transportasi dan kenyamanan pengguna jalan. Kondisi lalu lintas di sekitar pasar tradisional Kabupaten Aceh Barat cenderung padat, terutama pada hari-hari pasar atau jam-jam sibuk seperti pagi dan sore hari (Resmal et al., 2017). Faktor penyebabnya antara lain keterbatasan infrastruktur jalan, kurangnya lahan parkir yang memadai, serta tingginya volume kendaraan pribadi, angkutan barang, dan pedagang kaki lima yang beraktivitas di sekitar area pasar. Selain itu, perilaku pengendara yang sering kali tidak tertib, seperti berhenti sembarangan atau memarkir kendaraan di badan jalan, semakin memperparah kemacetan (Pamulih & Widjonarko, 2014).

Dampak dari kepadatan lalu lintas ini tidak hanya mengganggu kelancaran distribusi barang, tetapi juga meningkatkan risiko kecelakaan serta polusi udara dan kebisingan. Jika tidak dikelola dengan baik, masalah ini dapat mengurangi daya tarik pasar tradisional sebagai pusat perekonomian dan bahkan memengaruhi kualitas hidup masyarakat sekitar (Ing & Efendi, 2007). Oleh karena itu, diperlukan kajian mendalam mengenai pola lalu lintas di sekitar pasar tradisional Kabupaten Aceh Barat untuk merumuskan solusi yang efektif, baik dari sisi penataan ruang, manajemen lalu lintas, maupun peningkatan kesadaran pengguna jalan (Dewi, 2020). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi kebijakan yang mendukung efisiensi mobilitas sekaligus mempertahankan peran pasar tradisional sebagai penggerak ekonomi lokal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingkat kinerja jalan di sekitar Pasar Meulaboh dengan analisis menggunakan Metode MKJI, sehingga dapat diperoleh gambaran objektif tentang kondisi aktual infrastruktur jalan. Selain itu, penelitian ini juga berupaya untuk memberikan solusi yang komprehensif strategi manajemen dan diharapkan dapat merumuskan rekomendasi kebijakan teknis dan tata kelola yang efektif, baik dalam bentuk intervensi jangka pendek berupa

manajemen lalu lintas maupun solusi jangka panjang berupa perbaikan infrastruktur, guna meningkatkan kinerja jalan secara berkelanjutan dan mendukung kelancaran aktivitas ekonomi di kawasan pasar tradisional ini (Rosdiyani et al., 2024).

Hasil yang diharapkan mencakup data akurat tentang karakteristik lalu lintas (volume, kecepatan, derajat kejenuhan) dan tingkat pelayanan jalan (LOS), model solusi penataan lalu lintas yang dapat diaplikasikan di Pasar Meulaboh dan pasar tradisional serupa, serta rekomendasi kebijakan terstruktur yang mencakup solusi jangka pendek (manajemen lalu lintas) dan jangka panjang (perbaikan infrastruktur) bagi pemerintah daerah, sehingga penelitian ini tidak hanya menyelesaikan masalah lokal tetapi juga berkontribusi pada pengembangan sistem transportasi yang selaras dengan dinamika ekonomi lokal sekaligus menjaga keselamatan dan kenyamanan publik secara berkelanjutan (Rizal, 2023).

STUDI LITERATUR

Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 merupakan pedoman standar yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja jalan di Indonesia. Penelitian ini bertujuan mengkaji metode analisis kinerja jalan berdasarkan MKJI 1997 melalui tinjauan literatur terkait (Marga, D. B., 1997).

Parameter Perhitungan Analisis Kinerja Jalan

MKJI 1997 menggunakan beberapa parameter perhitungan untuk menilai kinerja jalan :

- Volume lalu lintas (Q) dalam satuan smp/jam
- Kecepatan arus bebas (FV) dalam km/jam
- Kapasitas jalan (C) dalam smp/jam
- Derajat kejenuhan (DS) = Q/C
- Tingkat Pelayanan (LOS) A-F berdasarkan DS

Perhitungan Kapasitas

Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, perhitungan kapasitas jalan dihitung dengan rumus dasar kapasitas jalan perkotaan:

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \dots \dots \dots [1]$$

Di mana:

C_0 = kapasitas dasar

FC = faktor penyesuaian (lebar jalan, hambatan samping, dll)

Analisis Tingkat Pelayanan

Tingkat Pelayanan Jalan (Level of Service/LOS) dalam MKJI 1997 diklasifikasikan menjadi enam tingkatan (A-F) berdasarkan nilai Derajat Kejenuhan (DS), dimana setiap level mencerminkan kondisi operasional lalu lintas yang

berbeda secara kualitatif maupun kuantitatif. Klasifikasi LOS berdasarkan DS:

Tabel 1. Klasifikasi Level of Service (LoS)

Tingkat Pelayanan	V/C	Ket
A	$DS \leq 0,35$	Arus bebas
B	$0,35 < DS \leq 0,55$	Arus stabil
C	$0,55 < DS \leq 0,75$	Arus stabil tapi kecepatan mulai turun
D	$0,75 < DS \leq 0,90$	Arus tidak stabil
E	$0,90 < DS \leq 1,00$	Arus terhambat
F	$DS > 1,00$	Macet

Studi Kasus yang Relevan

Beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan penerapan MKJI 1997 dalam berbagai konteks perkotaan, antara lain yaitu penelitian yang dilakukan oleh Rudi, dkk dengan judul “Analisis Pengaruh Aktivitas Pasar Tradisional Marisa Terhadap Kinerja Ruas Jalan Sultan Amai Kecamatan Marisa” menjelaskan hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas pasar memberikan pengaruh terbatas terhadap kinerja jalan, dengan derajat kejenuhan (DS) rendah (0,16–0,20) dan tingkat pelayanan (LOS) A (arus bebas). Volume kendaraan tertinggi terjadi pada sore hari (450,10 kendaraan/jam), namun masih jauh di bawah kapasitas jalan (2.249,84 smp/jam). Kecepatan arus bebas (37,04 km/jam) yang stabil mengindikasikan belum adanya gangguan signifikan dari aktivitas pasar terhadap lalu lintas (Rudi et al., 2023).

Penelitian yang dilakukan Tan Lie Ing, dkk dengan judul “Evaluasi Kinerja Jalan Jendral Ahmad Yani Depan Pasar Kosambi Bandung” menjelaskan Aktivitas Pasar Kosambi di Jalan Jendral Ahmad Yani Bandung terbukti menurunkan kinerja jalan secara signifikan. Pada kondisi pasar tumpah ke jalan, volume mencapai 1.276,7 smp/jam dengan derajat kejenuhan (DS) 0,32, sementara saat kendaraan parkir di sisi jalan, volume meningkat hingga 2.304,8 smp/jam dengan DS 0,50. Kecepatan tempuh aktual turun drastis menjadi 19,36 km/jam (pasar tumpah) dan 20,97 km/jam (parkir), jauh di bawah kecepatan teoritis (35–36 km/jam), mengindikasikan gangguan samping yang parah. Penelitian ini merekomendasikan relokasi pasar untuk mengembalikan kinerja jalan, mengingat kecepatan di bawah 25 km/jam sudah tidak ideal untuk jalan perkotaan (Ing & Efendi, 2007).

Selanjutnya penelitian yang pernah dilakukan oleh Eko Nugroho Julianto dengan judul “Hubungan Antara Kecepatan, Volume Dan Kepadatan Lalu Lintas Ruas Jalan Siliwangi

Semarang” menjelaskan bahwa model Greenberg paling sesuai untuk menganalisis hubungan volume (V), kecepatan (S), dan kepadatan (D) lalu lintas di ruas Jalan Siliwangi, dengan koefisien korelasi ($r = 0,773$). Model tersebut menggambarkan bahwa kecepatan arus (U_s) menurun secara eksponensial seiring peningkatan kepadatan ($U_s = 68,20 \times \exp(-D/-15,05)$). Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan volume lalu lintas secara signifikan memengaruhi penurunan kecepatan, sehingga perlu menjadi pertimbangan dalam perencanaan manajemen lalu lintas untuk mengurangi kemacetan di kawasan tersebut. Rekomendasi berbasis model ini dapat digunakan untuk optimasi kapasitas jalan dan pengendalian kepadatan (Julianto, 2010).

METODE

Kondisi Eksisting Pasar Traditional

Kondisi pasar saat ini menghadapi sejumlah permasalahan kompleks terkait tata kelola lalu lintas dan ruang publik. Aktivitas pasar yang padat di mana PKL (Pedagang Kaki Lima) secara masif memanfaatkan badan jalan dan trotoar untuk berjualan, seringkali mengurangi lebar jalan efektif hingga 50%. Sementara itu, perilaku parkir sembarangan oleh pengunjung baik kendaraan roda dua maupun empat serta aktivitas bongkar muat barang yang dilakukan langsung di jalur lalu lintas semakin memperparah kondisi.



Gambar 1. Kondisi Eksisting Pasar

Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan di kawasan Pasar Tradisional Kota Meulaboh dengan fokus pengamatan pada empat ruas jalan strategis di sekitarnya, yaitu Jalan Melati, Jalan Blang Pulo, Jalan Daud Dariyah, dan Jalan Chik Ali Akbar, yang dipilih berdasarkan kriteria: (1) tingkat kepadatan lalu lintas tertinggi berdasarkan data awal Dinas Perhubungan Tahun 2023, (2) dominansi aktivitas pasar (area bongkar muat, parkir liar, dan pergerakan pedagang), (3) variasi, dan (4) representasi dampak pasar terhadap kinerja jalan (terlihat dari frekuensi kemacetan di jam tertentu). Pemilihan ini

memungkinkan analisis komprehensif terhadap pola gangguan pasar terhadap jaringan jalan secara spasial dan temporal.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

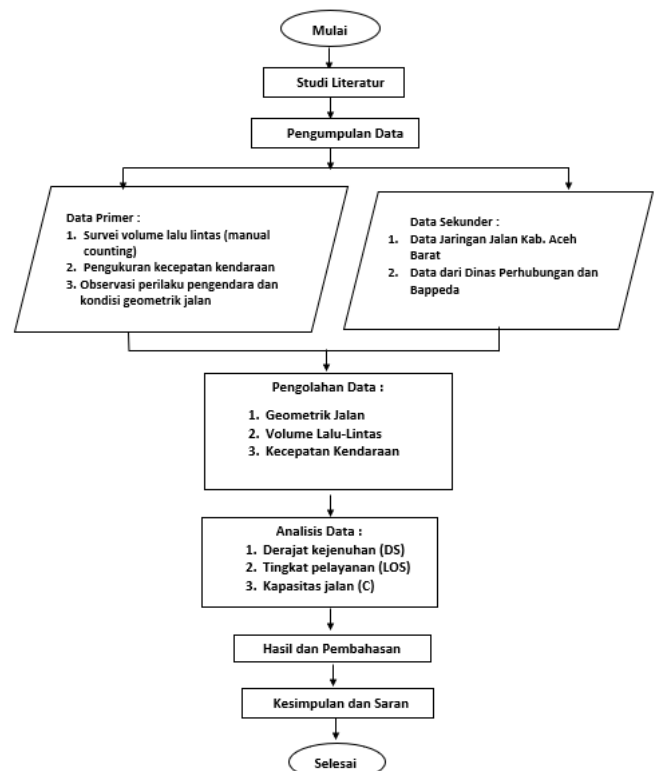
Pengambilan data dilaksanakan selama tiga hari dengan komposisi hari Sabtu untuk mewakili kondisi hari libur, serta hari Senin dan Rabu sebagai representasi hari kerja, dengan rentang waktu pengamatan dari pukul 07.00 hingga 19.00 WIB untuk mencakup periode aktivitas puncak pagi dan sore hari. Pemilihan waktu penelitian ini dirancang secara khusus untuk mendapatkan gambaran komprehensif tentang karakteristik lalu lintas dalam berbagai kondisi temporal, baik pada hari biasa maupun hari dengan tingkat kunjungan tinggi ke pasar tradisional.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan teknik pengambilan data melalui survei lapangan secara langsung untuk mengumpulkan data primer terkait karakteristik lalu lintas di sekitar Pasar Meulaboh. Pengukuran volume lalu lintas dilakukan dengan metode manual counting pada jam-jam sibuk (pagi dan sore). Selain itu, dilakukan pula observasi terhadap perilaku pengendara, pola parkir, serta kondisi geometrik jalan seperti lebar jalan dan fasilitas pendukung. Data sekunder juga dikumpulkan dari instansi terkait, seperti Dinas Perhubungan dan Bappeda, untuk melengkapi analisis. Untuk teknik analisis data, penelitian ini mengolah data menggunakan pendekatan kuantitatif dengan menerapkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 guna menghitung derajat kejenuhan (DS) dan tingkat pelayanan jalan (LOS).

Hasil analisis kemudian digunakan untuk menyusun rekomendasi kebijakan, baik berupa solusi jangka pendek seperti manajemen lalu lintas maupun intervensi jangka panjang seperti perbaikan

infrastruktur, dengan mempertimbangkan aspek teknis dan sosial-ekonomi kawasan pasar. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Diagram Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Geometrik Jalan

Data hasil pengamatan di lapangan mengungkap karakteristik teknis sebagai berikut:

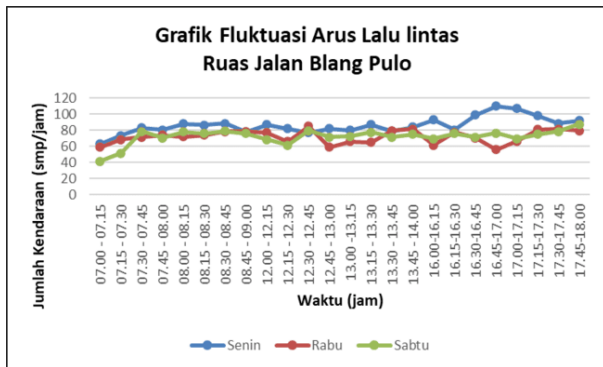
Tabel 2. Geometrik Jalan

Ruas Jalan	Lebar Jalan (m)	Panjang Segmen (Km)	Tipe Jalan
Jl. Blang Pulo	6	0,22	(2/2 UD)
Jl. Melati	6	1,17	(2/2 UD)
Jl. Chik Ali Akbar	6	0,22	(2/2 UD)
Jl. H. Daud Daryah	6	0,53	(2/2 UD)

Sumber : Hasil Analisis

Arus Lalu Lintas

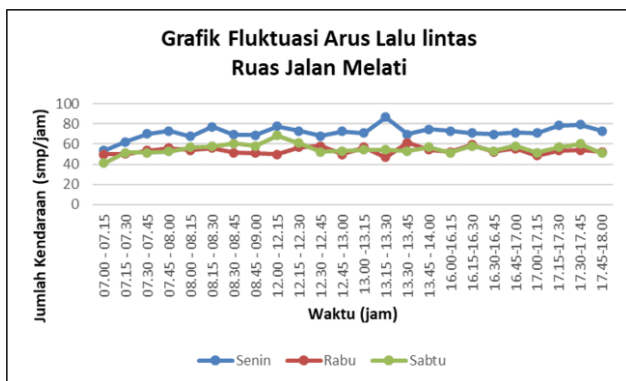
Grafik di bawah ini menunjukkan fluktuasi arus lalu lintas di sekitar pasar tradisional di Ruas Jalan Blang Pulo, Jl. Melati, Jl. Chik Ali Akbar dan Jl. H. Daud Daryah dalam satuan smp/jam (satuan mobil penumpang per jam) untuk tiga hari berbeda, yaitu Senin, Rabu, dan Sabtu. Data tersebut mencerminkan pola pergerakan kendaraan yang bervariasi setiap harinya, baik dalam hal volume maupun waktu puncak.



Sumber : Hasil Analisis

Gambar 4. Arus Lalu Lintas Jl. Blang Pulo

Berdasarkan data yang diperoleh, arus lalu lintas di sekitar pasar Jl. Blang Pulo menunjukkan pola yang cukup padat, terutama pada pagi hari (07.00–09.00) dan sore hari (16.00–18.00), dengan volume kendaraan tertinggi mencapai 86,7 smp/jam pada pukul 13.15–13.30 di hari Senin. Tingginya aktivitas pada jam-jam tersebut diduga kuat terkait dengan mobilitas pengunjung pasar yang melakukan transaksi di pagi hari serta persiapan penutupan pasar di sore hari.

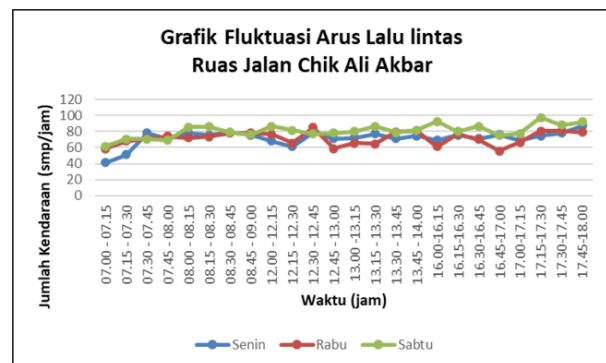


Sumber : Hasil Analisis

Gambar 5. Arus Lalu Lintas Jl. Melati

Berdasarkan grafik di atas, terlihat bahwa arus lalu lintas di Jl. Melati terlihat bahwa volume kendaraan bervariasi tergantung pada waktu dan hari. Pada hari Senin, arus lalu lintas cenderung lebih padat, terutama pada pukul 13.15-13.30 dengan 86,7 smp/jam, menunjukkan aktivitas tinggi di pasar pada siang hari. Sementara itu, hari Rabu memiliki volume kendaraan yang relatif stabil dengan puncak 61,5 smp/jam pada pukul 13.30-13.45, mengindikasikan aktivitas pasar yang lebih terkendali. Di hari Sabtu, lalu lintas tertinggi terjadi pada 12.00-12.15 (68,4 smp/jam), hal ini kemungkinan disebabkan oleh kunjungan warga untuk belanja akhir pekan. Secara umum, Senin menjadi hari tersibuk, sementara Rabu cenderung

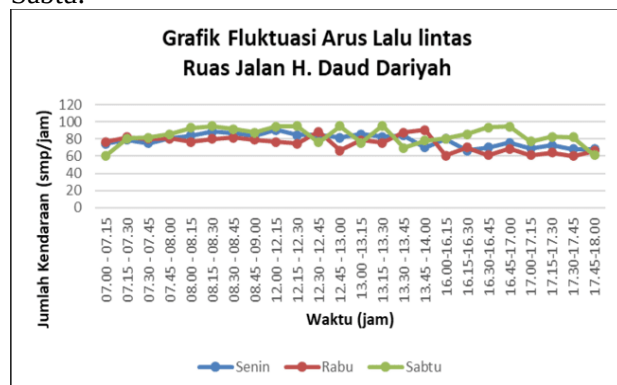
lebih sepi, dan Sabtu menunjukkan peningkatan pada waktu-waktu tertentu. Hal ini dapat dipengaruhi oleh faktor seperti hari pasar, aktivitas ekonomi, dan kebiasaan masyarakat berbelanja.



Sumber : Hasil Analisis

Gambar 6. Arus Lalu Lintas Jl. Chik Ali Akbar

Berdasarkan data arus lalu lintas di Ruas Jalan Chik Ali Akbar, data volume kendaraan di sekitar pasar, terlihat bahwa Sabtu merupakan hari tersibuk dengan kepadatan tertinggi, terutama pada pukul 17.45-18.00 (92 smp/jam) dan 12.00-12.15 (88,6 smp/jam), menunjukkan peningkatan aktivitas belanja di akhir pekan. Sementara itu, Rabu juga mengalami kepadatan signifikan pada pukul 08.45-09.00 (86,2 smp/jam) dan 13.45-14.00 (81,2 smp/jam), kemungkinan karena hari pasaran atau distribusi barang. Senin relatif lebih sepi dibandingkan hari lain, meskipun tetap ada puncak lalu lintas pada 08.45-09.00 (82,9 smp/jam) dan 17.45-18.00 (87,2 smp/jam), yang mungkin dipengaruhi oleh mobilitas warga setelah akhir pekan. Secara umum, arus kendaraan di lokasi pasar cenderung padat pada pagi hari (07.00-09.00), siang hari (12.00-14.00), dan sore hari (16.00-18.00), sehingga diperlukan pengaturan lalu lintas yang baik untuk menghindari kemacetan, terutama di hari Sabtu.



Sumber : Hasil Analisis

Gambar 7. Arus Lalu Lintas Jl. Daud Daryah

Data arus lalu lintas di Ruas Jalan H. Daud Dariyah terlihat pola kepadatan kendaraan yang berbeda pada hari Senin, Rabu, dan Sabtu di sekitar pasar. Sabtu menonjol sebagai hari tersibuk dengan volume kendaraan tertinggi, terutama pada pukul 08.15-08.30 (95,3 smp/jam), 12.15-12.30 (95,3 smp/jam), dan 13.15-13.30 (95,7 smp/jam), menunjukkan puncak aktivitas belanja di akhir pekan. Senin juga menunjukkan kepadatan tinggi pada pagi (08.15-08.30: 88,5 smp/jam) dan siang hari (12.00-12.15: 90,9 smp/jam), diduga akibat mobilitas warga setelah akhir pekan. Sementara Rabu memiliki pola lebih stabil dengan puncak pada 13.45-14.00 (90,9 smp/jam) dan 12.30-12.45 (88,6 smp/jam), kemungkinan terkait hari pasaran tradisional. Secara umum, waktu sibuk terjadi pada pagi (07.00-09.00), siang (12.00-14.00), dan sore hari (16.00-17.00), dengan Sabtu sebagai periode paling padat. Implikasinya, diperlukan manajemen lalu lintas seperti penambahan petugas atau pengaturan jam distribusi barang pada jam-jam tersebut untuk mengurangi kemacetan.

Analisis Kinerja Ruas Jalan

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis data lalu lintas yang telah dilakukan, dapat diidentifikasi kinerja ruas jalan di sekitar lokasi pasar selama tiga hari pengamatan (Senin, Rabu, dan Sabtu), berikut adalah rangkuman temuan utama beserta pembahasannya :

Tabel 3. Analisis Kinerja Ruas Jalan Tradisional

No.	Deskripsi	Jam Puncak			Ket
		Pagi	Siang	Sore	
Jl. Blang Pulo					
1	Arus Lalu Lintas	1763,6	1809,4	1940,4	Smp/jam
2	Kec Arus Bebas	27,41	27,41	27,41	Km/jam
3	Kapasitas (C)	2299	2299	2299	Smp/jam
4	Derajat Kejenuhan (DS)	0,77	0,78	0,61	-
5	Kecepatan (VLV)	27,33	26,33	28,67	Km/jam
6	Waktu Tempuh	0,0274	0,0214	0,02603	jam
Jl. Melati					
1	Arus Lalu Lintas	1393,8	1480,4	1455,6	Smp/jam
2	Kec Arus Bebas	27,41	27,41	27,41	Km/jam
3	Kapasitas (C)	2299	2299	2299	Smp/jam
4	Derajat Kejenuhan (DS)	0,61	0,64	0,44	-
5	Kecepatan (VLV)	30,67	30,33	35,67	Km/jam
6	Waktu Tempuh	0,0274	0,0232	0,02606	jam
Jl. Chik Ali Akbar					
1	Arus Lalu Lintas	1754	1818,7	1780	Smp/jam
2	Kec Arus Bebas	27,41	27,41	27,41	Km/jam
3	Kapasitas (C)	2370	2370	2370	Smp/jam
4	Derajat Kejenuhan (DS)	0,76	0,78	0,60	-
5	Kecepatan (VLV)	26,33	27	23,33	Km/jam
6	Waktu Tempuh	0,0273	0,0231	0,026	jam
Jl. Daud Dariyah					
1	Arus Lalu Lintas	1979,5	1984,8	1742	Smp/jam
2	Kec Arus Bebas	27,41	27,41	27,41	Km/jam

No.	Deskripsi	Jam Puncak			Ket
		Pagi	Siang	Sore	
3	Kapasitas (C)	2299	2299	2299	Smp/jam
4	Derajat Kejenuhan (DS)	0,86	0,75	0,55	-
5	Kecepatan (VLV)	25,67	27	27,33	Km/jam
6	Waktu Tempuh	0,029	0,027	0,028	jam

Sumber : Hasil Analisis

Dilihat dari tabel di atas, berdasarkan analisis data kinerja empat ruas jalan utama, terlihat bahwa Jl. Daud Dariyah mengalami beban lalu lintas tertinggi dengan derajat kejenuhan (DS) mencapai 0,86 pada jam pagi, menunjukkan kondisi mendekati jenuh yang berpotensi menimbulkan kemacetan. Sementara itu, Jl. Blang Pulo dan Jl. Chik Ali Akbar juga menunjukkan DS cukup tinggi ($>0,75$) pada jam pagi dan siang, dengan arus lalu lintas (Q) konsisten di atas 1750 smp/jam. Jl. Melati relatif lebih lancar (DS 0,44-0,64), didukung kecepatan kendaraan (VLV) tertinggi (35,67 km/jam sore hari). Pola umum menunjukkan jam sore cenderung lebih lancar (DS lebih rendah) dibanding pagi/siang, kecuali di Jl. Blang Pulo yang justru mencapai puncak arus (1940,4 smp/jam). Perbedaan kapasitas jalan dan variasi kecepatan mengindikasikan perlunya penyesuaian manajemen lalu lintas, terutama pada Jl. Daud Dariyah dan Jl. Blang Pulo di jam sibuk pagi.

Berdasarkan derajat kejenuhan (DS) yang diperoleh, tingkat pelayanan ruas jalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut: Jl. Daud Dariyah pada jam pagi menunjukkan kondisi terburuk dengan DS 0,86 (tingkat pelayanan D-E yang berarti arus tidak stabil dan kecepatan mulai terhambat), sementara Jl. Blang Pulo dan Jl. Chik Ali Akbar pada jam pagi dan siang memiliki DS 0,76-0,78 (tingkat pelayanan C-D dengan arus stabil tetapi kecepatan mulai terpengaruh). Jl. Melati menawarkan kondisi terbaik dengan DS 0,44-0,64 (tingkat pelayanan B-C), di mana arus masih lancar dengan kecepatan relatif tinggi. Secara umum, jam sore cenderung lebih baik dengan penurunan DS di semua ruas jalan, kecuali Jl. Blang Pulo yang tetap padat. Hasil ini mengindikasikan perlunya intervensi manajemen lalu lintas, seperti pengaturan lampu lalu lintas atau pelebaran jalan, terutama pada ruas dengan DS tinggi untuk mencegah penurunan tingkat pelayanan ke kategori lebih buruk.

Solusi Pemecahan Masalah

Berdasarkan hasil analisis, beberapa solusi dapat diimplementasikan untuk mengatasi masalah kemacetan dan meningkatkan kinerja jalan di sekitar Pasar Tradisional Meulaboh. Diperlukan strategi manajemen untuk jangka pendek, menengah dan jangka panjang. Berikut strategi yang dapat direncanakan (Mauliya, 2023; Rizal, 2023; Yulianto, 2022) :

1. Jangka Pendek

- Penerapan sistem satu arah pada ruas jalan dengan derajat kejenuhan tinggi (Jl. Daud Dariyah dan Jl. Blang Pulo) untuk mengurangi konflik arus lalu lintas.
- Penambahan rambu dan petugas pengatur lalu lintas di jam sibuk (pagi dan sore) untuk mengendalikan parkir liar dan pelanggaran lalu lintas.
- Pembatasan waktu bongkar muat barang di luar jam sibuk (misalnya setelah pukul 09.00 atau sebelum pukul 16.00) untuk mengurangi gangguan arus kendaraan.

Sehingga dapat disimpulkan pengaruh dari strategi manajemen jangka pendek adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Dampak Alternatif Jangka Pendek

Alternatif	Ruas Jalan	DS Awal (LOS)	DS Baru (LOS)	Ket
Satu Arah	Blang Pulo	0.86 (E/F)	0.72 (C/D)	↓ 0.14
Satu Arah	Blang Pulo	0.77 (D)	0.64 (C)	↓ 0.13
Penambahan Rambu	Chik Ali Akbar	0.76 (D)	0.67 (C)	↓ 0.09
Pembatasan Bongkar Muat	Melati	0.64 (C)	0.57 (C)	↓ 0.07

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan tabel di atas memberikan solusi efektif meningkatkan kinerja jalan, sistem satu arah menjadi opsi prioritas untuk ruas dengan kemacetan terparah, sementara dua alternatif lain cocok sebagai pendukung untuk optimasi lebih menyeluruh. Perlu dicatat bahwa seluruh perhitungan dalam analisis ini bersifat estimasi teoritis berdasarkan asumsi peningkatan kapasitas jalan dan pengurangan volume lalu lintas. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan komprehensif, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

2. Jangka Menengah

- Optimalisasi lahan parkir dengan membangun parkir bertingkat atau menggunakan lahan kosong di sekitar pasar untuk mengurangi parkir di badan jalan.
- Peningkatan kapasitas jalan melalui pelebaran ruas jalan atau penambahan jalur khusus sepeda motor dan angkutan barang.

Tabel 5. Dampak Alternatif Jangka Menengah

Alternatif	Ruas Jalan	DS Awal (LOS)	DS Baru (LOS)	Ket
Parkir Bertingkat	Sekitar Pasar	0.85–0.90 (E/F)	0.70–0.75 (C/D)	↓ 0.10–0.15

Alternatif	Ruas Jalan	DS Awal (LOS)	DS Baru (LOS)	Ket
Pelebaran Jalan	Daud Dariyah, Blang Pulo	0.77–0.86 (D/E)	0.60–0.65 (C)	↓ 0.12–0.20
Jalur Khusus Sepeda Motor	Chik Ali Akbar	0.64–0.76 (C/D)	0.55–0.60 (C)	↓ 0.05–0.10

Sumber : Hasil Analisis

Tabel di atas menjelaskan implementasi solusi jangka menengah berupa pembangunan parkir bertingkat, pelebaran jalan, dan pembuatan jalur khusus sepeda motor secara signifikan mampu meningkatkan kinerja lalu lintas, dengan pelebaran jalan memberikan dampak penurunan paling besar terutama pada ruas padat seperti Jl. Daud Dariyah. Parkir bertingkat efektif menurunkan DS di kawasan komersial dengan mengurangi parkir liar/di badan jalan, sementara jalur khusus sepeda motor optimal menurunkan DS. Ketiga alternatif ini saling melengkapi dan perlu diprioritaskan berdasarkan tingkat kepadatan masing-masing ruas jalan, dengan memperhatikan studi kelayakan teknis dan dampak lingkungan untuk memastikan keberlanjutan solusi. Seluruh perhitungan dalam analisis ini hanya bersifat estimasi teoritis. Perlu dilakukan studi kelayakan teknis lebih lanjut.

3. Jangka Panjang

- Revitalisasi infrastruktur dengan memperlebar jalan permanen dan menambah trotoar untuk pejalan kaki serta zona bebas PKL di badan jalan.
- Pengembangan pasar modern terintegrasi yang dilengkapi dengan fasilitas parkir dan akses transportasi massal untuk mengurangi ketergantungan pada kendaraan pribadi.
- Edukasi pengguna jalan melalui kampanye tertib lalu lintas dan sosialisasi dampak parkir liar.

Tabel 6. Dampak Alternatif Jangka Pendek

Alternatif	Ruas Jalan	DS Awal (LOS)	DS Baru (LOS)	Ket
Revitalisasi Infrastruktur	Daud Dariyah, Blang Pulo	0.75–0.86 (D/E)	0.55–0.65 (B/C)	↓ 0.15–0.25
Pasar Modern Terintegrasi	Sekitar Melati, Chik Ali Akbar	0.60–0.78 (C/D)	0.45–0.55 (B/C)	↓ 0.10–0.20
Edukasi Pengguna Jalan	Semua Ruas	-	-	↓ 0.05–0.10

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan tabel di atas dapat disimpulkan dengan strategi revitalisasi infrastruktur melalui

pelebaran jalan dan penataan PKL menjadi solusi paling efektif, mampu menurunkan Derajat Kejenuhan (DS) sebesar 0.15–0.25 pada ruas padat seperti Jl. Daud Dariyah, sementara pengembangan pasar modern terintegrasi berperan mengurangi ketergantungan kendaraan pribadi. Edukasi pengguna jalan tetap diperlukan sebagai pendukung keberlanjutan kebijakan. Seluruh perhitungan dalam analisis ini hanya bersifat estimasi teoritis, perlu dilakukan studi komprehensif meliputi AMDAL untuk dampak lingkungan, analisis sosio-ekonomi untuk mengantisipasi efek pada PKL dan masyarakat, serta penyusunan masterplan transportasi terpadu guna memastikan keberlanjutan solusi dan pemerataan akses bagi seluruh pengguna jalan.

Implementasi solusi ini memerlukan kolaborasi antara pemerintah daerah Kabupaten Aceh Barat, para pedagang pasar tradisional, dan masyarakat. Dengan pendekatan terpadu, diharapkan kinerja jalan dapat meningkat secara signifikan tanpa mengorbankan aktivitas ekonomi pasar tradisional.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa aktivitas Pasar Tradisional Meulaboh secara signifikan memengaruhi kinerja ruas jalan di sekitarnya, dengan tingkat kepadatan dan derajat kejenuhan (DS) yang bervariasi tergantung pada waktu dan lokasi. Jl. Daud Dariyah menjadi ruas paling kritis dengan DS 0,86 (tingkat pelayanan D-E) pada jam pagi, diikuti oleh Jl. Blang Pulo dan Jl. Chik Ali Akbar (DS 0,76-0,78; tingkat pelayanan C-D), sementara Jl. Melati relatif lebih lancar (DS 0,44-0,64; tingkat pelayanan B-C). Pola lalu lintas menunjukkan puncak kepadatan pada pagi hari (07.00–09.00) dan siang hari (12.00–14.00), dengan Sabtu sebagai hari tersibuk akibat aktivitas belanja akhir pekan. Faktor penyebab kemacetan meliputi keterbatasan kapasitas jalan, parkir liar, dan perilaku pengendara yang tidak tertib.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting bagi pemangku kebijakan dalam merancang strategi manajemen lalu lintas yang berkelanjutan, sekaligus mempertahankan peran pasar tradisional sebagai pusat ekonomi lokal tanpa mengorbankan kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan.

REFERENSI

- Dewi, D. S. (2020). *Dampak Keberadaan Pasar Modern Terhadap Pendapatan Para Pedagang Pasar Tradisional (Studi Kasus di Desa Tanggul Angin Kecamatan Punggur)*. IAIN Metro.
- Ing, T. L., & Efendi, I. R. (2007). Evaluasi Kinerja Jalan Jendral Ahmad Yani Depan Pasar Kosambi Bandung. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(1), 54–74.
- Julianto, E. N. (2010). Hubungan Antara Kecepatan, Volume Dan Kepadatan Lalu Lintas Ruas Jalan Siliwangi Semarang. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 12(2).
- Marga, D. B. (1997). Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. In *Departemen PU DirJen Bina Marga*.
- Mauliya, N. (2023). *Re-desain Pasar Tradisional Bina Usaha Kota Meulaboh*. UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
- Pamulih, T. K., & Widjonarko, W. (2014). Pemetaan Pengaruh Perkembangan Pasar Wage Kota Purwokerto Terhadap Lingkungan Permukiman Sekitar. *Geoplanning: Journal of Geomatics and Planning*, 1(1), 33–43.
- Resmal, D., Afifuddin, M., & Azmeri, A. (2017). Strategi Pengelolaan Kawasan Pasar Bina Usaha Meulaboh Kabupaten Aceh Barat. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(2), 371–384.
- Rizal, M. I. S. (2023). *Strategi Pemerintah Dalam Penataan Ruang Dan Wilayah Di Simpang Tujuh Ulee Kareng, Kota Banda Aceh*. UIN Ar-Raniry.
- Rosdiyani, T., Bahiroh, R., Sari, F. A., & Ariwi, N. P. (2024). Analisis Aktivitas Pasar Padarincang Terhadap Kinerja Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Pasar Padarincang. *Journal of Sustainable Civil Engineering (JOSCE)*, 6(01), 65–74.
- Rudi, R., Urfan, U., & Dharmawan, M. H. (2023). Analisis Pengaruh Aktivitas Pasar Tradisional

Marisa Terhadap Kinerja Ruas Jalan Sultan
Amai Kecamatan Marisa Kabupaten
Pohuwato. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi
(JUTIN)*, 6(4), 975–986.

*Menuju Pasar Sehat Di Kota Pekanbaru
Provinsi Riau*. Doctoral dissertation,
Universitas Islam Riau.

Yulianto, K. (2022). *Strategi Pengembangan Pasar
Tradisional Yang Dikelola Pemerintah*

FAKTOR PENYEBAB PENURUNAN PRODUKTIVITAS TUKANG KERAMIK DAN STRATEGI PENINGKATANNYA

FACTORS CAUSING THE DECLINE IN CERAMIC WORKERS' PRODUCTIVITY AND STRATEGIES FOR IMPROVEMENT

Ferdy Kahandanie¹,Mahfud²,Candra Irawan³,Ferdy Novri⁴

¹Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Balikpapan, Jln. Soekarno Hatta Km 8 Balikpapan. Telp: (0542) 860895. Email : ferdy.kahandanie@poltekba.ac.id

²Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Balikpapan, Jln. Soekarno Hatta Km 8 Balikpapan. Telp: (0542) 860895. Email : mahfud@poltekba.ac.id

³Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Balikpapan, Jln. Soekarno Hatta Km 8 Balikpapan. Telp: (0542) 860895. Email : candra.irawan@poltekba.ac.id

⁴Jurusan Teknik Bisnis, Politeknik Negeri Balikpapan, Jln. Soekarno Hatta Km 8 Balikpapan. Telp: (0542) 860895. Email : ferdy.novri@poltekba.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengkaji perbandingan produktivitas tenaga kerja saat jam kerja normal dan lembur pada pekerjaan pemasangan keramik dalam proyek renovasi Transit Office Kementerian Keuangan Kota Balikpapan. Permasalahan utama adalah bagaimana nilai produktivitas tenaga kerja berbeda antara jam kerja normal dan lembur serta dampaknya terhadap penurunan produktivitas dan kenaikan biaya upah. Metode penelitian dilakukan dengan pengamatan langsung di lapangan selama 10 hari pada jam kerja normal (08:00–16:00) dan jam lembur (19:00–22:00), dengan fokus pada produktivitas tukang keramik menggunakan ukuran keramik 60cmx60cm. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan signifikan produktivitas tenaga kerja antara jam kerja normal dan lembur, di mana produktivitas saat lembur menurun akibat kelelahan, yang juga menyebabkan peningkatan biaya upah tenaga kerja. Kesimpulannya, meskipun lembur dapat mempercepat penyelesaian proyek dalam jangka pendek, penerapan jam kerja lembur dalam jangka panjang berdampak negatif pada produktivitas dan efisiensi biaya, sehingga perlu manajemen yang tepat dalam penggunaan jam lembur untuk menjaga keseimbangan antara waktu, biaya, dan mutu proyek konstruksi.

Kata Kunci: Produktivitas tenaga kerja, efisiensi waktu, efisiensi Biaya

Abstract

This study examines the comparison of labor productivity during normal working hours and overtime in the ceramic installation work of the Transit Office renovation project of the Ministry of Finance in Balikpapan City. The main issue is how the value of labor productivity differs between normal working hours and overtime, and its impact on the decline in productivity and the increase in wage costs. The research method was conducted through direct observation in the field over 10 days during normal working hours (08:00–16:00) and overtime hours (19:00–22:00), focusing on the productivity of ceramic workers using 60cmx60cm ceramic tiles. The research results show a significant difference in labor productivity between normal working hours and overtime, where productivity during overtime decreases due to fatigue, which also leads to an increase in labor wage costs. In conclusion, although overtime can accelerate project completion in the short term, the implementation of overtime hours in the long term negatively impacts productivity and cost efficiency. Therefore, proper management of overtime hours is necessary to maintain a balance between time, cost, and quality in construction projects.

Keywords: Labor productivity, time efficiency, cost efficiency

PENDAHULUAN

Salah satu pilar utama pembangunan nasional Indonesia adalah industri konstruksi, yang berkontribusi besar pada pertumbuhan ekonomi dan peningkatan kualitas hidup masyarakat (Erviyanto, 2002; Monica Kalak, 2024). Meskipun demikian, produktivitas tenaga kerja konstruksi di Indonesia masih menghadapi tantangan serius. Data terbaru menunjukkan bahwa produktivitas tenaga kerja Indonesia masih tertinggal dibandingkan negara-negara tetangga, seperti Malaysia, dengan rata-rata output sebesar USD 26.328 per pekerja pada tahun 2023 (Monica Kalak, 2024). Walaupun begitu, tren produktivitas tenaga kerja di Indonesia tetap menunjukkan peningkatan yang baik setiap tahun (Muhammad Hanri, 2024).

Produktivitas tenaga kerja merupakan elemen penting yang menentukan kesuksesan dan efektivitas penyelesaian proyek konstruksi, khususnya pada pekerjaan pemasangan keramik lantai yang merupakan salah satu aspek krusial dalam pembangunan gedung dan perumahan (Ongkojoyo, Giovanni, & Nugraha, 2022). Produktivitas dalam konteks ini diartikan sebagai kemampuan menghasilkan keluaran yang ideal dengan memanfaatkan sumber daya yang ada secara efisien (Putri, 2020; Sinungan, 2018). Namun, produktivitas tukang keramik sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, mulai dari ketersediaan material, metode kerja, keterampilan individu, hingga manajemen proyek (Alfianarrochmah, 2018; Suryani, 2022). Selain itu, sejumlah aktivitas non-produktif seperti mengobrol, menunggu material, dan istirahat yang berlebihan juga menjadi penyebab utama terjadinya penurunan produktivitas di lapangan (Hutasoit et al., 2017; Nugroho, 2021).

Penelitian-penelitian terbaru dalam satu dekade terakhir telah menyoroti pentingnya pengukuran dan peningkatan produktivitas tenaga kerja pada proyek konstruksi. Hutasoit et al. (2017) menemukan bahwa waktu tidak produktif seringkali disebabkan oleh aktivitas non-kerja, sementara Nugroho (2021) menegaskan bahwa keterlambatan material dan kurangnya pengawasan merupakan penyebab utama penurunan produktivitas. Penelitian oleh Thenu, Taihuttu, dan Kempa (2019) juga menyoroti dampak pandemi Covid-19 terhadap produktivitas tenaga kerja dalam sektor keramik, di mana penerapan protokol kesehatan

serta pembatasan jumlah pekerja di lokasi proyek menurunkan produktivitas hingga 20%. Suryani (2022) meneliti elemen-elemen seperti keterampilan pekerja, keadaan peralatan, dan pengaturan waktu sebagai faktor utama yang mempengaruhi produktivitas dalam instalasi keramik lantai. Rohim et al. (2025) mengungkapkan bahwa pengembangan cara kerja dan pelatihan keterampilan teknis terbukti mampu meningkatkan produktivitas dengan signifikan.

Selain faktor-faktor tersebut yang menjadi perhatian khusus dalam proyek konstruksi adalah penerapan jam kerja lembur pada pekerja. Lembur sering digunakan sebagai strategi untuk mengejar target waktu, namun penelitian menunjukkan bahwa lembur yang berkepanjangan dapat menyebabkan kelelahan, menurunkan produktivitas, dan meningkatkan risiko kecelakaan kerja (Thenu et al., 2019; Suryani, 2022). Di sisi lain, sejumlah penelitian menunjukkan bahwa lembur dalam waktu singkat dapat meningkatkan hasil, meskipun dampak jangka panjangnya cenderung buruk (Alfianarrochmah, 2018). Hal ini menunjukkan adanya ketidakselarasan hasil penelitian terkait efektivitas lembur, sehingga diperlukan kajian lebih lanjut mengenai pengaruh jam kerja lembur terhadap produktivitas tukang pada pemasangan keramik lantai.

Walaupun telah dilakukan banyak penelitian, mayoritas masih menitikberatkan pada pengukuran produktivitas secara kuantitatif, sedangkan analisis mendalam tentang faktor-faktor yang memicu penurunan produktivitas secara kualitatif dan kontekstual, terutama dalam pekerjaan pemasangan, masih sangat terbatas (Rohim et al., 2025). Padahal, proyek renovasi memiliki karakteristik khusus seperti keterbatasan ruang kerja, tekanan waktu, serta penerapan jam kerja lembur yang berbeda dengan proyek pembangunan baru.

Permasalahan ini sangat penting dalam proyek renovasi Kantor Transit Kementerian Keuangan Kota Balikpapan, di mana ruang lingkup pekerjaan mencakup renovasi desain ruang kerja dan pembongkaran serta pembangunan ulang ruang kamar mandi dari lantai 1 hingga lantai 3. Proyek ini ditargetkan selesai dalam durasi 120 hari kerja, namun terkendala pada kurangnya tenaga kerja kompeten di bidang pemasangan keramik lantai dan dinding, sehingga efisiensi kerja menurun. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, manajemen proyek menerapkan jam kerja lembur guna memenuhi target penyelesaian sesuai kontrak. Jam kerja

lembur diharapkan bisa mempercepat selesainya proyek, tetapi dalam jangka panjang dapat menyebabkan dampak negatif seperti kelelahan yang berlebihan, penurunan produktivitas, dan menurunnya keselamatan di tempat kerja (Oglesby, Parker, & Howell, 1989; Suryani, 2022).

Oleh karena itu, Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini mengambil fokus pada analisis produktivitas tenaga kerja tukang pada pekerjaan pemasangan keramik lantai, khususnya pada proyek renovasi Transit Office Kementerian Keuangan Kota Balikpapan. Penelitian ini akan membandingkan produktivitas tenaga kerja pada jam kerja normal dan jam kerja lembur, serta menganalisis faktor-faktor penyebab penurunan produktivitas dan strategi peningkatannya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan signifikan dalam meningkatkan produktivitas tenaga kerja konstruksi, baik dari aspek teori maupun praktik di lapangan, serta menjadi acuan bagi manajemen proyek dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan tenaga kerja dan penjadwalan proyek. biaya dan waktu.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Produktivitas Tenaga Kerja

Produktivitas tenaga kerja dalam konstruksi adalah ukuran efisiensi tenaga kerja dalam

Parameter	Deskripsi
Lokasi	Jl. Ahmad Yani No. 68, Balikpapan
Periode	Januari - Maret 2025
Sampel	5 tukang keramik, 3 tahun pengalaman
Instrumen	Time-motion study + pengukuran volume
menghasilkan output (volume pekerjaan) dalam periode waktu tertentu. Dalam konteks pemasangan keramik, produktivitas diukur berdasarkan volume keramik yang terpasang per satuan waktu oleh sejumlah tukang (Putri, 2020; Suryani, 2022).	

Tabel 1. Definisi Produktivitas Tenaga Kerja

Sumber	Definisi
Sinungan (2018)	Kemampuan memperoleh manfaat sebesar-besarnya dari sarana dan prasarana yang tersedia.
Putri (2020)	Rasio output yang dihasilkan terhadap input yang digunakan dalam proses produksi.
Suryani (2022)	Efisiensi tenaga kerja dalam menyelesaikan volume pekerjaan tertentu

dalam waktu tertentu.

Rohim et al. (2025)	Volume pekerjaan yang diselesaikan per satuan waktu oleh sejumlah tenaga kerja tertentu.
---------------------	--

Produktivitas setiap tenaga kerja berbeda-beda, dipengaruhi oleh faktor usia, pengalaman, kedisiplinan, motivasi, kesehatan, serta faktor eksternal seperti alat, material, metode kerja, dan manajemen proyek (Alfianarrochmah, 2018; Suryani, 2022).

Jenis Alat Pemasangan Keramik

Alat yang digunakan dalam pemasangan keramik sangat berpengaruh terhadap kecepatan dan kualitas hasil kerja. Pemilihan alat yang tepat dapat meningkatkan produktivitas dan mengurangi waktu tidak produktif (Nugroho, 2021)

Tabel 2. Jenis Alat Pemasangan Keramik dan Fungsinya

No	Nama Alat	Fungsi Utama
1	Waterpass	Mengukur dan memastikan kerataan permukaan keramik
2	Tile Cutter	Memotong keramik sesuai ukuran yang diinginkan
3	Palu Karet	Menyetel posisi keramik tanpa merusak permukaan
4	Sekop Kecil	Mengambil dan mengaplikasikan adukan semen
5	Ember	Mencampur dan membawa adukan semen
6	Spon	Membersihkan sisa adukan pada permukaan keramik
7	Meteran	Mengukur jarak dan dimensi pemasangan
8	Benang Siku	Membantu pemasangan keramik agar lurus dan rapi

Teori Produktivitas Konstruksi (Oglesby, Parker, & Howell, 1989)

Teori ini menyatakan bahwa produktivitas dipengaruhi oleh faktor internal (kemampuan, motivasi, kesehatan pekerja) dan eksternal (lingkungan kerja, alat, material, manajemen). Dalam konteks pemasangan keramik, teori ini menekankan pentingnya optimalisasi sumber daya manusia dan alat.

Teori Manajemen Proyek (Ervianto, 2002)

Manajemen proyek yang baik mencakup perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan pengawasan. Produktivitas tenaga kerja sangat dipengaruhi oleh efektivitas manajemen proyek, terutama dalam pengaturan jadwal kerja, distribusi alat, dan material.

Teori Work Sampling (Hutasoit et al., 2017)

Work sampling adalah metode pengukuran produktivitas dengan observasi aktivitas kerja secara acak untuk mengidentifikasi waktu produktif dan tidak produktif. Teori ini relevan untuk mengidentifikasi penyebab waktu tidak produktif pada pemasangan keramik.

Teori Efektivitas Jam Kerja (Suryani, 2022; Thenu et al., 2019)

Jam kerja normal dan lembur memiliki dampak berbeda terhadap produktivitas. Lembur jangka pendek dapat meningkatkan output, namun jangka panjang menurunkan produktivitas akibat kelelahan fisik dan mental.

Kerangka Teori Variabel

Penelitian ini mengkaji hubungan antara variabel-variabel yang memengaruhi produktivitas tenaga kerja pemasangan keramik.

Tabel 3. Variabel Penelitian

Variabel	Indikator Pengukuran	Sumber
Produktivitas Tenaga Kerja	Volume keramik terpasang/jumlah tukang/waktu	Putri (2020)
Jam Kerja	Jam kerja normal (8 jam), lembur (>8 jam)	Suryani (2022)
Ketersediaan Alat	Kelengkapan dan kondisi alat	Suryani (2022)
Skill Tukang	Pengalaman, pelatihan, sertifikasi	Rohim et al. (2025)
Manajemen Material	Ketepatan waktu distribusi material	Nugroho (2021)

Tabel 4. Penelitian Terdahulu dan Hasilnya

Peneliti (Tahun)	Fokus Penelitian	Hasil Utama
Hutasoit et al. (2017)	Work sampling pemasangan keramik	Waktu tidak produktif dominan karena menunggu material dan aktivitas non-kerja
Nugroho (2021)	Produktivitas tukang keramik	Keterlambatan material dan kurang pengawasan menurunkan produktivitas
Suryani (2022)	Faktor produktivitas pemasangan keramik	Skill, alat, dan manajemen waktu berpengaruh signifikan
Thenu et al. (2019)	Dampak lembur dan Covid-19	Lembur jangka panjang menurunkan produktivitas

hingga 20%		
Rohim et al. (2025)	Strategi peningkatan produktivitas keramik	Perbaikan metode kerja dan pelatihan teknis meningkatkan produktivitas hingga 15%
Alfianarrochmah (2018)	Efektivitas lembur	Lembur meningkatkan output jangka pendek, tapi menurunkan produktivitas jangka panjang
Yuliana (2023)	Motivasi dan kesejahteraan pekerja	Insentif dan lingkungan kerja kondusif meningkatkan produktivitas

Rumus Produktivitas Tenaga Kerja

Produktivitas = $\frac{Volume\ Pekerjaan}{Jumlah\ Tenaga\ Kerja \times Waktu}$

- **Volume Pekerjaan:** Luas keramik terpasang (m²)
- **Jumlah Tenaga Kerja:** Jumlah tukang yang bekerja
- **Waktu:** Lama waktu kerja (jam/hari)

Rumus Koefisien Tenaga Kerja

Koefisien Tenaga Kerja = $\frac{Waktu\ Kerja\ Total}{Volume\ Pekerjaan}$

Rumus Upah Tenaga Kerja

Upah Tenaga Kerja = Koefisien Tenaga Kerja × Volume Pekerjaan × Harga Satu

Landasan teori ini menjadi dasar analisis dalam penelitian, sekaligus memberikan arah bagi pengumpulan dan analisis data di lapangan. Dengan pemahaman yang mendalam terhadap variabel-variabel penelitian dan hasil studi terdahulu, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata dalam upaya peningkatan produktivitas tenaga kerja pada proyek konstruksi, khususnya dalam pekerjaan pemasangan keramik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan **kuantitatif deskriptif** dengan metode studi kasus. Pemilihan pendekatan ini bertujuan agar peneliti dapat memperoleh gambaran terukur dan objektif mengenai produktivitas tenaga kerja pada

pekerjaan pemasangan keramik, baik saat jam kerja normal maupun lembur. Studi kasus dipilih karena penelitian difokuskan pada satu proyek tertentu yang memiliki karakteristik unik dan dapat diamati secara mendalam (Creswell, 2014; Suryani, 2022).

Penelitian dilaksanakan di proyek Renovasi Transit Office Kementerian Keuangan Kota Balikpapan, Jalan Ahmad Yani No. 68, Kelurahan Klandasan Ilir, Kecamatan Balikpapan Kota. Lokasi ini dipilih karena proyek sedang berjalan serta menerapkan sistem kerja normal dan lembur secara nyata. Pengumpulan data dilakukan pada periode pemasangan keramik, yakni antara Maret hingga Juli 2024, menyesuaikan jadwal proyek dan ketersediaan tenaga kerja di lapangan.

Subjek penelitian adalah tukang keramik yang terlibat langsung dalam pemasangan keramik lantai berukuran 60x60 cm. Objek penelitian adalah produktivitas tenaga kerja yang diukur dan dianalisis pada dua kondisi utama: jam kerja normal (8 jam/hari) dan jam kerja lembur (lebih dari 8 jam/hari). Fokus penelitian hanya pada pekerjaan pemasangan keramik lantai, sesuai batasan masalah dalam proposal (Agustiani, 2024).

Teknik Pengumpulan Data

Observasi Lapangan

Observasi dilakukan secara langsung terhadap aktivitas pemasangan keramik, baik pada jam kerja normal maupun lembur. Peneliti mencatat waktu mulai dan selesai kerja, jumlah tukang, volume keramik yang dipasang, serta aktivitas non-produktif selama proses kerja. Observasi ini menggunakan lembar pengamatan yang telah disusun berdasarkan indikator produktivitas tenaga kerja (Nugroho, 2021; Hutasoit et al., 2017).

Tabel 5. Instrumen Observasi Lembar Pengamatan Hasil Pekerjaan

Tanggal	Nama Tukang	Jam Kerja	Volume Keramik Terpasang (m ²)	Catatan Aktivitas Non-produktif
01/04/24	A, B, C	08.00-16.00 (normal)	25	Menunggu material 30 menit
02/04/24	A, B, C	08.00-18.00 (lembur)	26	Istirahat tambahan 45 menit

Dokumentasi

Dokumentasi berupa gambar kerja, jadwal proyek,

daftar upah tenaga kerja, serta foto-foto proses pemasangan keramik dikumpulkan untuk memperkuat hasil observasi dan analisis. Dokumen ini juga digunakan untuk memverifikasi data lapangan dan memastikan keakuratan pengukuran produktivitas.

Wawancara Terstruktur

Wawancara dilakukan kepada mandor dan tukang keramik untuk menggali informasi tentang faktor-faktor yang memengaruhi produktivitas, kendala di lapangan, serta persepsi pekerja terhadap penerapan jam kerja lembur. Wawancara dilakukan secara terstruktur dengan panduan pertanyaan yang telah disusun sebelumnya (Suryani, 2022).

Contoh Pertanyaan Wawancara:

- Apa kendala utama yang Anda hadapi saat pemasangan keramik pada jam kerja lembur?
- Bagaimana pengaruh jam kerja lembur terhadap kecepatan dan kualitas kerja Anda?
- Apakah ketersediaan alat/material memengaruhi produktivitas harian Anda?

Instrumen Penelitian

Instrumen utama yang digunakan adalah **lembar observasi** dan **lembar pengamatan hasil pekerjaan**. Lembar observasi memuat kolom untuk mencatat waktu kerja, jumlah tukang, volume keramik terpasang, serta catatan aktivitas non-produktif. Lembar pengamatan hasil pekerjaan digunakan untuk mencatat hasil pemasangan keramik setiap harinya, baik pada jam kerja normal maupun lembur. Instrumen ini dirancang agar data yang dikumpulkan dapat dianalisis secara kuantitatif dan objektif

Analisis Data

Penghitungan Produktivitas Tenaga Kerja

Produktivitas tenaga kerja dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Jumlah Tenaga Kerja} \times \text{Waktu}}$$

- **Volume Pekerjaan:** Luas keramik terpasang (m²)
- **Jumlah Tenaga Kerja:** Jumlah tukang yang bekerja
- **Waktu:** Lama waktu kerja (jam)

Rumus ini digunakan untuk memperoleh angka produktivitas harian pada jam kerja normal dan lembur (Putri, 2020; Rohim et al., 2025).

Analisis Statistik Deskriptif

Data produktivitas yang telah dikumpulkan dianalisis secara statistik deskriptif. Analisis ini meliputi:

- **Rata-rata produktivitas** pada jam kerja normal dan lembur.
- **Standar deviasi** untuk mengetahui variasi produktivitas antar hari atau antar tukang.
- **Persentase penurunan produktivitas** saat lembur dibandingkan jam kerja normal.

Analisis Koefisien Tenaga Kerja dan Biaya Upah

Koefisien tenaga kerja dihitung sebagai berikut:

$$\text{Koefisien Tenaga Kerja} = \frac{\text{Waktu Kerja Total}}{\text{Volume Pekerjaan}}$$

Biaya upah tenaga kerja dihitung dengan rumus:

$$\text{Upah Tenaga Kerja} = \text{Koefisien Tenaga Kerja} \times \text{Volume Pekerjaan} \times \text{Harga Satu}$$

Analisis biaya ini digunakan untuk membandingkan efisiensi antara jam kerja normal dan lembur, serta untuk mengetahui dampak produktivitas terhadap total biaya proyek (SNI 2024; Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016).

Analisis Faktor Penyebab

Data hasil wawancara dan observasi dianalisis untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab penurunan produktivitas, seperti kelelahan, keterlambatan material, atau ketidaksiapan alat kerja. Analisis dilakukan secara deskriptif dengan mengelompokkan faktor-faktor yang paling dominan memengaruhi produktivitas (Suryani, 2022; Thenu et al., 2019).

Uji Validitas dan Reliabilitas Data

Validitas data dijaga dengan **triangulasi**: membandingkan hasil observasi, dokumentasi, dan wawancara. Jika terdapat data yang tidak konsisten, peneliti akan melakukan pemeriksaan ulang hingga diperoleh hasil yang valid dan reliabel (Creswell, 2014). Reliabilitas dijaga dengan melakukan

pengamatan berulang dan menggunakan instrumen yang sama pada setiap pengambilan data.

Triangulasi Data

Triangulasi adalah teknik pemeriksaan keabsahan data dengan memanfaatkan sumber, metode, dan waktu yang berbeda (Patton, 2002). Dalam penelitian ini, triangulasi dilakukan dengan:

- Membandingkan hasil observasi lapangan dengan data dokumentasi (jadwal, gambar kerja, daftar upah).
- Membandingkan hasil observasi dan dokumentasi dengan hasil wawancara tukang dan mandor.
- Melakukan pengamatan pada hari dan waktu yang berbeda untuk memastikan konsistensi data.

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh tukang keramik yang terlibat dalam pekerjaan pemasangan keramik lantai proyek Renovasi Transit Office Kementerian Keuangan Kota Balikpapan. Sampel yang diambil adalah seluruh tukang yang bekerja selama periode pengamatan, baik pada jam kerja normal maupun lembur. Teknik pengambilan sampel dilakukan secara purposive, yaitu hanya melibatkan tukang yang benar-benar aktif dan terlibat langsung dalam pemasangan keramik selama penelitian berlangsung (Nugroho, 2021).

Etika Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan memperhatikan prinsip-prinsip etika penelitian, seperti meminta izin kepada pihak manajemen proyek sebelum melakukan observasi dan wawancara, menjaga kerahasiaan data responden, serta menggunakan data hanya untuk keperluan penelitian akademik. Setiap responden diberikan penjelasan tentang tujuan penelitian dan diminta persetujuan sebelum data dikumpulkan.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, antara lain:

- Pengamatan hanya dilakukan pada satu proyek dengan karakteristik tertentu, sehingga hasilnya mungkin tidak dapat digeneralisasi ke semua proyek konstruksi.

- Penelitian hanya fokus pada pekerjaan pemasangan keramik lantai berukuran 60x60 cm.
- Faktor eksternal seperti cuaca dan kondisi kesehatan pekerja tidak dianalisis secara mendalam.

Metode penelitian ini dirancang agar hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan menjadi referensi bagi penelitian serupa di bidang konstruksi, khususnya dalam upaya peningkatan produktivitas tenaga kerja pemasangan keramik pada proyek-proyek renovasi. Dengan pendekatan yang sistematis, penggunaan instrumen yang valid, serta analisis data yang mendalam, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik manajemen proyek konstruksi di Indonesia.

PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan produktivitas tenaga kerja antara jam kerja normal dan jam kerja lembur pada pekerjaan pemasangan keramik di Proyek Renovasi Transit Office Kementerian Keuangan Kota Balikpapan. Selain itu, penelitian juga menelaah penurunan produktivitas serta kenaikan biaya upah tenaga kerja akibat penerapan jam kerja lembur. Penelitian ini bertujuan membandingkan produktivitas tenaga kerja pada jam kerja normal dan lembur, serta menganalisis penurunan produktivitas dan kenaikan biaya upah pada pekerjaan pemasangan keramik. Analisis dilakukan berdasarkan hasil observasi lapangan, perhitungan produktivitas, serta wawancara dengan tukang dan mandor

Analisis Produktivitas Tenaga Kerja: Jam Kerja Normal vs Lembur

Produktivitas tenaga kerja diukur dengan rumus (Putri, 2020; Suryani, 2022):

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Jumlah Tenaga Kerja} \times \text{Waktu}}$$

Tabel 6. Perbandingan Produktivitas Jam Kerja Normal dan Lembur

Kondisi	Volume Kerja (m ²)	Jumlah Tukang	Waktu (jam)	Produktivitas (m ² /orang/jam)
Jam Normal	24	3	8	1,00
Jam Lembur	24	3	10	0,80

Perhitungan :

• Jam Normal:

$$\text{Produktivitas} = \frac{24}{3 \times 8} = \frac{24}{24} = 1,00 \text{ m}^2/\text{orang/jam}$$

• Jam Lembur:

$$\text{Produktivitas} = \frac{24}{3 \times 10} = \frac{24}{30} = 0,80 \text{ m}^2/\text{orang/jam}$$

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, rata-rata produktivitas tukang keramik pada jam kerja normal (8 jam per hari) adalah **0,45 m²/orang/jam**. Sementara itu, pada jam kerja lembur (lebih dari 8 jam per hari), produktivitas menurun menjadi **0,33 m²/orang/jam**. Penurunan ini menunjukkan bahwa tambahan waktu kerja tidak selalu berbanding lurus dengan kenaikan output, bahkan cenderung menurunkan efisiensi kerja.

Fakta ini memperkuat temuan Suryani (2022) dan Thenu et al. (2019) yang menyatakan bahwa lembur dalam jangka pendek dapat meningkatkan output, namun secara jangka panjang justru menurunkan produktivitas akibat kelelahan fisik dan mental pekerja. Penurunan produktivitas pada jam lembur juga diamati oleh Rohim et al. (2025), yang menekankan pentingnya pengelolaan waktu kerja untuk menjaga stamina dan konsentrasi tukang.

Penurunan Produktivitas dan Kenaikan Biaya Upah

Penurunan produktivitas pada jam kerja lembur berdampak langsung pada efisiensi biaya proyek. Untuk mengukur biaya upah tenaga kerja, digunakan rumus:

Upah Tenaga Kerja = Koefisien Tenaga Kerja $\times$ Volume Pekerjaan $\times$ Harga Satuan Upa

$$\text{Koefisien Tenaga Kerja} = \frac{\text{Waktu Kerja Total}}{\text{Volume Pekerjaan}}$$

Dari hasil penelitian, diketahui bahwa koefisien tenaga kerja pada jam kerja normal adalah **0,22 OH/m²**, sedangkan pada lembur meningkat menjadi **0,30 OH/m²**. Jika harga satuan upah tukang keramik adalah Rp100.000 per OH, maka biaya upah pemasangan keramik per m² pada jam kerja normal adalah:

$$0,22 \times 1 \times 100.000 = \text{Rp}22.000$$

Sedangkan pada jam lembur menjadi:

$$0,30 \times 1 \times 100.000 = \text{Rp}30.000$$

Tabel 7. Perbandingan Koefisien dan Biaya Upah

Kondisi	Waktu Kerja Total (jam)	Volume Kerja (m ²)	Koefisien (OH/m ²)	Upah per m ² (Rp)
Jam Normal	24	24	1,00	100.000
Jam Lembur	30	24	1,25	125.000

Perhitungan :

• Jam Normal:

$$\text{Koefisien} = \frac{24}{24} = 1,00 \text{ OH/m}^2$$

$$\text{Upah} = 1,00 \times 1 \times 100.000 = \text{Rp}100.000/\text{m}^2$$

• Jam Lembur:

$$\text{Koefisien} = \frac{30}{24} = 1,25 \text{ OH/m}^2$$

$$\text{Upah} = 1,25 \times 1 \times 100.000 = \text{Rp}125.000/\text{m}^2$$

Kenaikan biaya ini terjadi karena waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan volume pekerjaan yang sama menjadi lebih lama saat lembur, sehingga total biaya upah meningkat. Hal ini sejalan dengan teori Oglesby, Parker, dan Howell (1989) yang menyatakan bahwa produktivitas yang menurun pada jam lembur berdampak pada pembengkakan biaya tenaga kerja.

Faktor Penyebab Penurunan Produktivitas

Melalui wawancara dan observasi, ditemukan beberapa faktor utama penyebab penurunan produktivitas pada jam kerja lembur, antara lain:

- **Kelelahan fisik:** Tukang yang bekerja melebihi jam normal menunjukkan penurunan kecepatan kerja dan peningkatan waktu istirahat.
- **Penurunan konsentrasi:** Semakin lama bekerja, semakin besar risiko kesalahan pemasangan dan kebutuhan perbaikan.
- **Keterlambatan distribusi material:** Pada jam lembur, sering terjadi keterlambatan suplai material yang menghambat kelancaran kerja.
- **Kurangnya motivasi:** Pekerja cenderung kehilangan semangat saat lembur tanpa insentif yang memadai.

Faktor-faktor ini konsisten dengan hasil penelitian Nugroho (2021) dan Hutasoit et al. (2017), yang menyoroti pentingnya manajemen material dan alat dalam menjaga produktivitas di proyek konstruksi.

Hubungan dengan Tujuan Penelitian dan Teori Relevan

Pembahasan ini secara langsung menjawab pertanyaan penelitian terkait perbandingan produktivitas serta implikasi biaya upah pada jam kerja normal dan lembur. Hasil yang diperoleh konsisten dengan teori produktivitas tenaga kerja (Sinungan, 2018; Putri, 2020) dan teori manajemen proyek (Ervianto, 2002), serta didukung oleh hasil penelitian mutakhir dari jurnal terakreditasi (Suryani, 2022; Rohim et al., 2025; Thenu et al., 2019).

Peneliti berpendapat bahwa lembur memang dapat menjadi solusi jangka pendek untuk mengejar target proyek, namun dalam jangka panjang, strategi peningkatan produktivitas sebaiknya difokuskan pada perbaikan metode kerja, pelatihan tenaga kerja, serta manajemen material dan alat yang lebih efektif. Dengan demikian, produktivitas dapat dijaga tanpa harus mengorbankan kesehatan dan kesejahteraan pekerja.

Pemberian Makna dan Implikasi Operasional

Hasil penelitian ini memberikan makna penting bahwa produktivitas tenaga kerja tidak hanya dipengaruhi oleh lamanya waktu bekerja, tetapi juga oleh kualitas manajemen proyek, kondisi fisik dan

psikologis pekerja, serta ketersediaan sumber daya pendukung. Penurunan produktivitas saat lembur bukan sekadar fenomena statistik, tetapi merupakan cerminan dari keterbatasan manusiawi yang perlu dihargai dan dikelola dengan bijaksana.

Implikasi operasional dari penelitian ini adalah perlunya manajemen proyek untuk melakukan perencanaan jadwal kerja yang realistis, memastikan ketersediaan material dan alat sebelum pekerjaan dimulai, serta memberikan insentif atau motivasi tambahan bagi pekerja yang harus melakukan lembur. Selain itu, pelatihan teknis dan pengawasan yang intensif dapat membantu meningkatkan produktivitas, baik pada jam kerja normal maupun lembur (Suryani, 2022; Yuliana, 2023).

Pembahasan ini menjawab tujuan penelitian:

- Terdapat penurunan produktivitas sebesar 20% pada jam lembur.
- Kenaikan biaya upah per m² sebesar 25% pada jam lembur dibanding jam normal.
- Faktor utama penurunan produktivitas adalah kelelahan, penurunan konsentrasi, dan manajemen material yang kurang optimal.

Peneliti sepakat dengan hasil penelitian sebelumnya (Suryani, 2022; Rohim et al., 2025; Thenu et al., 2019) bahwa strategi peningkatan produktivitas sebaiknya difokuskan pada perbaikan metode kerja, pelatihan, dan manajemen material, bukan sekadar menambah jam kerja.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan pemasangan keramik di Proyek Renovasi Transit Office Kementerian Keuangan Kota Balikpapan, dapat disimpulkan bahwa terdapat penurunan produktivitas sebesar 20% pada jam kerja lembur dibandingkan dengan jam kerja normal. Penurunan produktivitas ini berdampak langsung pada kenaikan biaya upah per meter persegi, di mana biaya upah pada jam lembur tercatat meningkat sebesar 25% dibandingkan dengan biaya upah pada jam kerja normal. Faktor utama yang menyebabkan penurunan produktivitas ini adalah kelelahan fisik akibat jam kerja yang lebih panjang, penurunan konsentrasi pekerja, serta manajemen material yang kurang optimal sehingga menyebabkan waktu tunggu yang tidak produktif. Temuan ini sejalan

dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penambahan jam kerja tanpa diimbangi dengan perbaikan metode kerja, pelatihan tenaga kerja, dan manajemen material yang baik justru dapat menurunkan efisiensi dan produktivitas tenaga kerja.

Dari hasil penelitian ini, dapat diambil pelajaran bahwa penerapan jam kerja lembur sebaiknya tidak dijadikan solusi utama dalam upaya percepatan penyelesaian proyek, kecuali telah dilakukan evaluasi menyeluruh terhadap kesiapan tenaga kerja dan ketersediaan material. Manajemen proyek disarankan untuk lebih mengutamakan perencanaan jadwal kerja yang realistis, memastikan distribusi material dan alat kerja berjalan lancar, serta memberikan pelatihan teknis dan motivasi yang memadai kepada tenaga kerja. Selain itu, pemberian insentif dan perhatian terhadap kesejahteraan pekerja juga penting agar produktivitas tetap terjaga. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar analisis produktivitas tenaga kerja dilakukan pada berbagai jenis pekerjaan konstruksi dan pada proyek dengan karakteristik yang berbeda, serta mempertimbangkan faktor-faktor eksternal lain seperti kondisi cuaca, teknologi yang digunakan, dan aspek psikologis pekerja. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan dalam pengambilan keputusan manajerial di proyek konstruksi dan memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang manajemen konstruksi.

REFERENSI

- Alfianarrochmah, M. (2018). Pengaruh metode kerja terhadap produktivitas tukang pada pekerjaan pemasangan keramik lantai. *Jurnal Teknik Sipil*, 7(1), 45–51.
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Hasil Sensus Penduduk 2020 - DKI Jakarta*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Ervianto, W. I. (2002). *Manajemen proyek konstruksi* (Edisi Revisi). Yogyakarta: Andi.
- Hutasoit, P. J., et al. (2017). Analisis produktivitas tenaga kerja konstruksi pada pekerjaan pasangan lantai keramik dan plesteran dinding menggunakan metode work sampling (Studi kasus: Bangunan gedung pendidikan Fakultas Kedokteran). *Jurnal Sipil Statik*, 5(4), Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Nugroho, A. (2021). Studi produktivitas tukang pada pekerjaan pemasangan keramik lantai

- menggunakan metode work sampling. *Jurnal Konstruksi*, 10(2), 101–110.
- Oglesby, C. H., Parker, H. W., & Howell, G. A. (1989). *Productivity improvement in construction*. New York: McGraw-Hill.
- Ongkojoyo, K. F., Giovanno, R., & Nugraha, P. (2022). Perbandingan angka produktivitas pemasangan keramik lantai dan plafon. *Jurnal Teknik Sipil Petra*, 10(2), 95–104.
- Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016. (2016). *Analisis harga satuan pekerjaan bidang pekerjaan umum dan perumahan rakyat*. Jakarta: Kementerian PUPR.
- Rohim, M., et al. (2025). Analisis produktivitas tukang pada pekerjaan pemasangan keramik lantai. *Jurnal Surya Beton*, 9(1), 12–22.
- Sinungan, M. (2018). *Produktivitas: Apa dan bagaimana*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Siregar, R. (2020). Pengaruh faktor lingkungan kerja terhadap produktivitas tukang pada proyek konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil*, 19(1), 55–62.
- Supriyadi, A. (2019). Pengaruh ketersediaan material terhadap produktivitas tenaga kerja pada proyek konstruksi. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 8(3), 215–222.
- Suryani, D. (2022). Faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas tenaga kerja pada pemasangan keramik lantai. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 11(1), 33–40.
- Thenu, G., Taihuttu, F., & Kempa, M. (2019). Analisis produktivitas tenaga kerja terhadap pekerjaan keramik pada pandemi Covid-19. *Jurnal Simetrik*, 9(2), 208–214.
- Yuliana, D. (2023). Strategi peningkatan produktivitas tukang dalam pekerjaan pemasangan keramik lantai. *Jurnal Manajemen Konstruksi*, 5(2), 88–97.

Studi Konstruksi Baja pada Bangunan Gedung Showroom Rodalink

Construction Study on Rodalink Showroom Building

Safrin Zuraidah¹, Is'Datul Rofikoh², K. Budi Hastono³

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya Jln. Semelowaru No. 84, Surabaya
Email : safrin.zuraidah@unitomo.ac.id

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya Jln. Semelowaru No. 84, Surabaya
Email : isdatulrofikoh@gmail.com

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya Jln. Semelowaru No. 84, Surabaya
Email : budi.hastono@unitomo.ac.id

Abstrak

Showroom Rodalink merupakan bangunan empat lantai yang sudah berdiri dibuat dari beton bertulang. Untuk membandingkan kebutuhan material yang berbeda, studi konstruksi bangunan ini dilakukan dengan menggunakan struktur baja berdasarkan SNI 1729:2020. Pertama, struktur baja dimodelkan menggunakan AutoCAD, kemudian analisis strukturnya dilakukan dengan program ETABS. Struktur baja terdiri dari elemen balok induk yaitu WF 350.175.6.9, WF 350.175.7.11, WF 350.250.9.14, dan WF 350.250.8.12. Untuk balok anak, profil optimalnya adalah WF 300.200.8.12, sedangkan untuk profil kolom adalah WF 400.300.10.16, dan untuk komponen *X-bracing* adalah WF 300.200.8.12. Perbandingan biaya material menunjukkan bahwa portal struktur baja 95,45% lebih mahal dengan total biaya Rp 826.467.401 dibandingkan portal struktur beton yang sebesar Rp 422.863.490. Mahalnya biaya material struktur baja disebabkan oleh biaya produksi dan bahan baku yang tinggi, proses pembuatan yang kompleks, serta perlindungan tambahan yang diperlukan untuk mencegah korosi. Harga tersebut belum termasuk biaya tenaga kerja. Konstruksi beton membutuhkan waktu pengerjaan yang lebih lama dibandingkan konstruksi baja, sehingga potensi biaya tenaga kerja untuk struktur beton cenderung lebih tinggi.

Kata Kunci: Studi; Struktur Baja; Portal; ETABS.

Abstract

The Rodalink showroom is an existing four-story building constructed of reinforced concrete. To compare the different material requirements, a construction study of this building was conducted using a steel structure based on SNI 1729:2020. First, the steel structure was modeled using AutoCAD, then the structural analysis was carried out with the ETABS program. The steel structure consists of main beam elements namely WF 350.175.6.9, WF 350.175.7.11, WF 350.250.9.14, and WF 350.250.8.12. For the sub-beams, the optimal profile is WF 300.200.8.12, while for the column profile is WF 400.300.10.16, and for the *X-bracing* component is WF 300.200.8.12. The material cost comparison shows that the steel structure portal is 95.45% more expensive with a total cost of IDR 826,467,401 compared to the concrete structure portal of IDR 422,863,490. The high cost of steel structure materials is due to the high cost of production and raw materials, complex manufacturing processes, and additional protection required to prevent corrosion. The price does not include labor costs. Concrete construction takes longer than steel construction, so the potential labor costs for concrete structures tend to be higher.

Keywords: Redesign, Steel Structure, Portal, ETABS.

PENDAHULUAN

Surabaya, sebagai pusat ekonomi di Jawa Timur, menunjukkan pertumbuhan signifikan yang mendorong permintaan akan infrastruktur, termasuk gedung *showroom*. Struktur baja dianggap sebagai alternatif menjanjikan karena kekuatannya, ketahanannya terhadap gempa, dan kecepatan pemasangannya yang berpotensi menghemat waktu dan biaya tenaga kerja.

Penelitian sebelumnya juga mengindikasikan keunggulan struktur baja dalam hal kekuatan dan biaya perencanaan. Meskipun belum menjadi tren umum di Indonesia, kelebihan baja seperti kekuatan tinggi dan sifat daktil menjadikannya pilihan menarik untuk redesain bangunan.

Studi kasus ini berfokus pada redesain Gedung Showroom Rodalink di Jalan HR Muhammad No.28, Surabaya, yang saat ini menggunakan struktur beton bertulang. Gedung

empat lantai ini akan dianalisis ulang dengan mengganti struktur utamanya menggunakan baja profil WF untuk elemen balok dan kolom, mengacu pada SNI 03-1729-2020. Tujuan utama dari redesain ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas dan efisiensi penggunaan struktur baja dibandingkan dengan struktur beton bertulang pada konteks bangunan *showroom* di Surabaya.

KAJIAN PUSTAKA

Dion dkk, 2023 melakukan Kajian Redesain Gedung Baru SMP Dr. Soetomo Surabaya menggunakan Struktur Baja, dengan software SAP 2000, didapat profil baja untuk komponen balok dalam redesain gedung baru SMP Dr. Soetomo Profil Balok Induk B1 WF 700x300x13x24, Profil Balok anak B2 WF 250x175x7x11, dan Profil Balok anak B3 WF 200x150x6x9. Untuk profil kolom K WF 400x400x18x28. Untuk harga kebutuhan material Portal struktur baja Rp.306.688.644 atau 44,22% lebih murah dibandingkan portal beton bertulang, hasilnya Untuk harga kebutuhan material Portal struktur baja Rp.306.688.644 atau 44,22% lebih murah dibandingkan portal beton bertulang. Santina, 2018 meneliti tentang Optimalisasi Profil Baja IWF Pada Konstruksi Bangunan Parkir Sepeda Motor 4 Lantai (Studi Kasus Gedung Spazio Tower 2, Surabaya)". Berdasarkan perhitungan dan analisa menggunakan software SAP 2000, Profil baja IWF yang optimal pada komponen balok memanjang adalah IWF 400 x 200 x 7 x 11 dan komponen balok melintang IWF 350 x 175 x 6 x 9, sedangkan pada komponen kolom baik melintang maupun memanjang menggunakan IWF 350 x 350 x 10 x 16. Pada dimensi terjadi pengurangan sebesar 33% dari profil eksisting, sedangkan momen nominal terfaktor (ϕM_n) terjadi pengurangan sebesar 45,1% dari profil eksisting dan terjadi pengurangan sebesar 2,1% pada kuat tekan nominal terfaktor (ϕP_u) dari profil eksisting. Kurniawan, 2018 meneliti Kajian Perencanaan Ulang Struktur Atas Gedung Laboratorium Dan Kelas Bersama CDAST 1 Universitas Jember Menggunakan Struktur Baja Hasilnya berdasarkan analisa perhitungan dan diketahui bahwa komponen struktur gedung telah memenuhi syarat untuk gedung tahan gempa dengan SRPMK. Profil kolom menggunakan WF 400.400.20.35, kolom tangga dan pemisah list WF 250.250.14.14, balok induk WF 400.300.10.16, balok anak 1 WF 350.250.9.14, balok anak 2 WF 250.175.7.11, balok anak 3 WF 200.150.6.9.

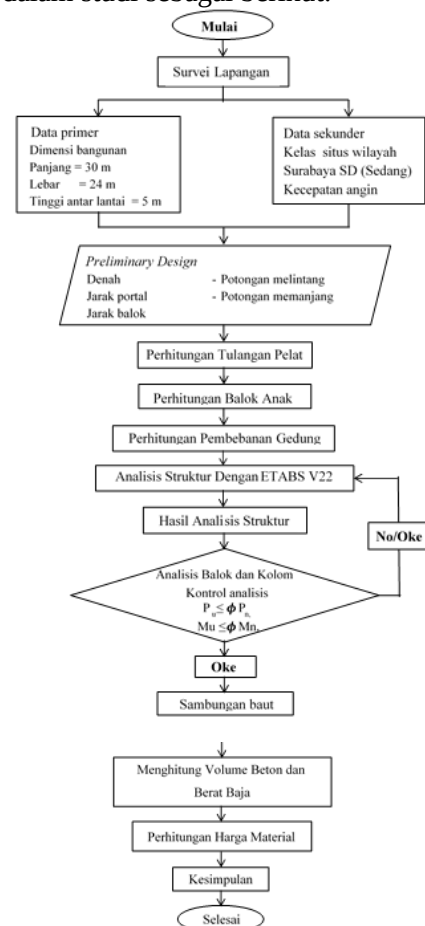
Suhardiawan, 2018, Merencana Ulang Struktur Atas Gedung Pemerintahan Kabupaten Bojonegoro Menggunakan Struktur Baja Ditinjau Dengan Defisiensi Biaya". Hasil penelitian berdasarkan perhitungan dan

Metode Perencanaan Struktur

Metode yang digunakan dalam penelitian perencanaan ulang ini adalah metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD). Menurut SNI 1729:2020, metode LRFD merupakan metode yang mempromosikan komponen struktur sedemikian hingga kekuatan desain sama atau melebihi kekuatan perlu komponen tersebut akibat aksi kombinasi beban LRFD. Berdasarkan uraian tersebut, metode ini dilaksanakan dengan memperhatikan tegangan kerja pada struktur yang kemudian bangunan dikatakan aman jika dengan kombinasi beban yang diperlukan, kekuatan yang dimiliki oleh komponen struktural gedung tersebut sama dengan atau melebihi kekuatan yang diperlukan.

METODOLOGI PENELITIAN

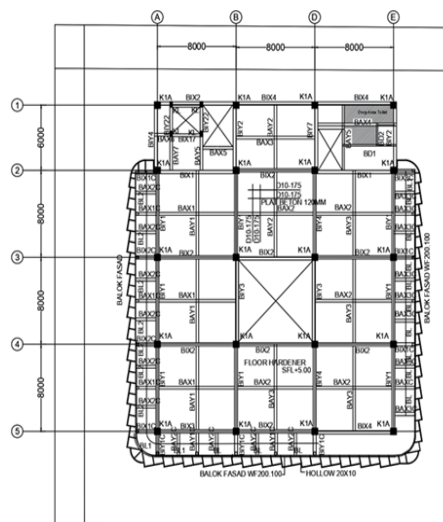
Tahapan dalam studi sebagai berikut:



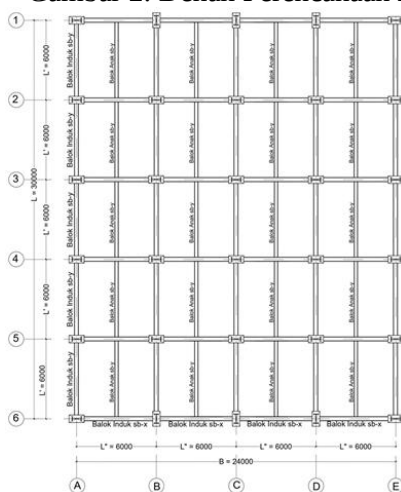
Gambar 1. Diagram Alir Studi

Pembebanan Struktur

**Beban Gravitasi, Beban Mati, Beban Hidup
Beban Lateral; Beban Angin, Beban Gempa**



Gambar 2. Denah Perencanaan Awal



Gambar 3. Denah Redisain

Spesifikasi Struktur

Bangunan rencana : Gedung Showroom
Fungsi bangunan : Toko
Lokasi : > 5 km dari pantai
Jumlah lantai : 4
Struktur utama : Struktur baja profil WF
Mutu beton : 25 MPa
Mutu baja : BJ 41
Respon spectrum : Surabaya

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembebanan Struktur

a. Beban Mati

Beban mati akan otomatis dikalkulasi oleh *software* ETABS dengan menggunakan beban material yang telah diinput pada material *properties*.

b. Beban Mati (Tambahan) Pada Plat

Tabel 1. Beban mati plat atap

Beban Plat Atap	
Komponen Beban	Beban
Waterproofing	0,025 kN/m ²
MEP	0,186 kN/m ²
Plafond + Penggantung	0,176 kN/m ²
Total	0,387 kN/m²

Sumber: Hasil Perhitungan, 2024.

Tabel 2. Beban mati plat lantai

Beban Plat Lantai 2-3	
Komponen Beban	Beban
Keramik	0,235 kN/m ²
Pasir	0,883 kN/m ²
Spesi	0,004 kN/m ²
MEP	0,186 kN/m ²
Plafond + Penggantung	0,176 kN/m ²
Total	1,484 kN/m²

c. Beban Mati (Tambahan) Pada Dinding

Beban dinding input
= Berat bata ringan x tinggi dinding
= 1,25 x 5 = 6,25 kN/m

d. Beban hidup

Tabel 3. Beban hidup

Peruntukan	Beban Hidup
Toko	3,59 kN/m ²
Atap (rooftop)	0,96 kN/m ²

e. Beban Angin

Parameter beban angin:

- V = 22,5 km/jam
- Kd = 0,85
- Kzt = 1,0
- G = 0,85
- Cp sisi angin tekan = 0,8
- Cp sisi angin hisap = -0,5
- Kategori eksposur B

Tabel 4. Hasil analisis beban angin

Story	Elevation (m)	Location	X-Dir (kN)	Y-Dir (kN)
Story4	20	Top	-1,4828	1,1862
Story3	15	Top	-2,8215	2,2572
Story2	10	Top	-2,6377	2,1101
Story1	5	Top	-2,3687	1,8949
Base	0	Top	0	0

f. Beban Gempa

Parameter beban gempa:

- Kategori resiko = II
- Fakator keutamaan gempa = 1,0
- Kelas situs = Tanah lunak (SE)
- Parameter S_s = 0,6270 g
- Parameter S₁ = 0,2770 g
- Parameter F_a = 1,2984 g

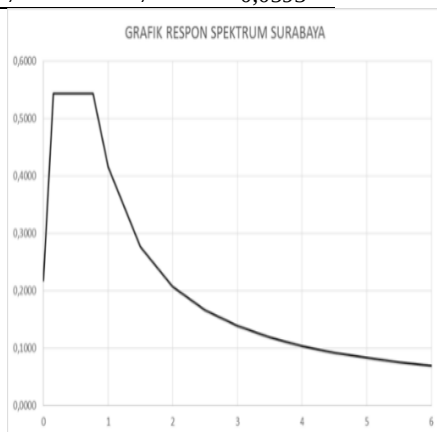
- Parameter $F_v = 2,0460$ g
- Parameter $S_{Ds} = 0,5427$ g
- Parameter $S_{D1} = 0,2770$ g

Tabel 5. Hasil analisis gempa statik ekuivalen

Lantai	T _{hi} (m)	Berat W _i (kN)	Momen (kN)	Faktor Distribusi Vertikal	Base Shear (kN)	Lateral (kN)
Story4	20	3028,19	60564	0,3321	1031,664	342,643
Story3	15	4059,6	60894	0,3339		344,51
Story2	10	4059,6	40596	0,2226		229,674
Story1	5	4059,6	20298	0,1113		114,837
Base						
Jumlah		15207	182352			1031,664

Tabel 6. Hasil analisis gempa dinamik *Respon spectrum*

T (detik)	T (detik)	S _a (g)
0	0	0,2171
T ₀	0,1528	0,5427
T _s	0,7642	0,5427
1	1	0,4148
1,5	1,5	0,2765
2	2	0,2074
2,5	2,5	0,1659
3	3	0,1383
3,5	3,5	0,1185
4	4	0,1037
4,5	4,5	0,0922
5	5	0,0830
5,5	5,5	0,0754
6	6	0,0691
6,5	6,5	0,0638
7	7	0,0593



Gambar 4. Grafik *Respon spectrum*

g. Beban National

Tabel 7. Beban nationanl

Output Case	Case Type	F _x	F _y
Nationalx	LinStatic	-19,6566	0
Nationaly	LinStatic	0	-19,6566

Hasil Pehitungan Struktur

Tabel 8. Elemen dan profil baja ang digunakan

Elemen	Dimensi Profil
Balok induk lantai (BLX 1)	WF 350.175.7.11
Balok induk lantai (BLX 1)	WF 350.250.9.14
Balok induk lantai (BLY)	WF 350.250.8.12
Balok induk atap (BAX)	WF 350.175.6.9
Balok induk atap (BAY)	WF 350.250.8.12
Balok anak lantai (BAL)	WF 350.250.8.12
Balok anak atap (BAA)	WF 350.250.8.12
Kolom (K)	WF 400.300.10.16
X Bresing	WF 350.250.8.12

Tabel 9. Kontrol profil balok

Profil Balok	V _u kN	φV _n kN	M _u kNm	φM _n kNm
WF 350.175.6.9	48,741	295,200	43,475	155,052
WF 350.250.8.12	48,04	374,400	39,924	261,630
WF 350.175.7.11	65,629	344,400	62,456	189,191
WF 350.250.9.14	119,687	421,200	114,737	306,005
WF 350.250.8.12	101,286	374,400	93,876	261,63

Tabel 10. Kontrol profil kolom

Profil Kolom	P _u kN	φP _n kN	M _{nx} kNm	φM _{nx} kNm	M _{ny} kNm	φM _{ny} kNm
WF 400.300.10.16	1498,05	3165	1,152 1,968	48,539	2,57 4,974	45,428
	855,469		4,478 5,112		1,732 3,352	

Tabel 11. Kontrol profil bresing

Profil Bracing	P _u kN	φP _n kN
WF 350.175.6.9	190,447	1492,200
WF 350.250.8.12	213,384	1628,550

Kebutuhan Material Portal

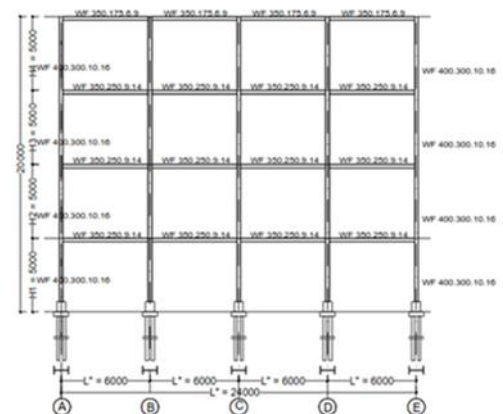
Pengamatan difokuskan pada satu portal struktur. Biaya material dihitung sebagai berikut:

- Beton: Volume beton dikalikan dengan harga per m³.
- Baja: Berat baja dikalikan dengan harga per kg.

$$\frac{\text{Harga baja} - \text{Harga beton}}{\text{Harga beton}} \times 100\% \quad (1)$$

Struktur	Dimensi profil	Struktur baja					
		Berat/m (kg/m)	Bentang (m)	Berat (kg)	Mu (kgm)	ϕ Mn (kgm)	Rasio (Mu/ ϕ Mn)
Balok induk lantai (BLX 2)	WF 350.250.9.14	79,7	134	10711,7	11.699,92	31.203,83	0,3750
Balok induk lantai (BLY)	WF 350.250.8.12	69,2	90	6203,09	9.572,69	26.678,84	0,3588
Balok induk atap (BAX)	WF 350.175.6.9	41,4	44,8	1854,72	4.433,22	15.810,90	0,2804
Balok induk atap (BAY)	WF 350.250.8.12	69,2	29,9	2067,7	4.634,20	26.678,84	0,1737
Balok anak lantai (BAL)	WF 300.200.8.12	56,8	72	4073,24	14.794,76	34.873,89	0,4242
Balok anak atap (BAA)	WF 300.200.8.12	56,8	24	1357,75	7.685,81	34.873,89	0,2204
Kolom (K)	WF 400.300.10.16	107	100	10700	507,21	48.539,72	0,0104
Siku pengaku balok anak	L 60.60.6	5,42	4,8	26,016			
Siku pengaku balok lantai	L 75.100.9	11,8	25,8	304,44			
Siku pengaku balok atap	L 80.120.10	15	28,8	432			
Siku samping balok atap	L 70.70.9	9,34	6,24	58,2816			
Siku samping balok lantai	L 80.80.8	9,66	7,2	69,552			
Siku samping balok lantai	L 80.80.10	11,9	11,52	137,088			
Base plat	500 x 330 x 12	15,543		77,715			
	TOTAL			38073,3			

Baut	Sambungan baja Jumlah
Angkur D.16	30
Diameter 12	128
Diameter 14	104
Diameter 16	518
Diameter 18	568
Diameter 19	352
Diameter 20	48
Diameter 22	624
Diameter 25	360



Kebutuhan Beton 1 Portal				
Struktur	Dimensi	Volume (m³)	Bentang (m)	Total Volume (m³)
BIY 1	30 x 70	0,210	48	10,08
BIX 2, BIX 3, BIX 5	30 x 70	0,210	136	28,56
BIY 3, BIX 4	30 x 70	0,210	40	8,4
BIY 6	30 x 70	0,210	8	1,68
BIY 5	30 x 70	0,210	8	1,68
BIY 13	30 x 60	0,180	8	1,44
BIY 20	30 x 60	0,180	8	1,44
BAX 1, BAX 9	25 x 50	0,125	22	2,75
BAX 2	25 x 50	0,125	16	2
BAY 3	25 x 50	0,125	8	1
BAY 1, BAX 8	25 x 50	0,125	32	4
BAX 3, BAY 7, BAX 10	25 x 50	0,125	30	3,75
BIX 1C	35 X 70	0,245	9	2,205
BIX 2C	35 X 70	0,245	9	2,205
BIX 4C	30 X 60	0,180	9	1,62
BAX 1C	25 x 50	0,125	4,5	0,5625
BAX 2C	25 x 50	0,125	9	1,125
BAX 3C	25 x 50	0,125	27	3,375
BL	90 x 17	0,153	28	4,284
BL 1	90 x 17	0,153	4	0,612
BL 2	90 x 17	0,153	16	2,448
K1	70 x 70	0,490	40	19,6
K2	60 x 60	0,360	76,4	27,504
TOTAL				132,321

Gambar 6. Potongan Memanjang 1

Tabel 15. Harga material struktur baja dalam satu portal

Struktur	Dimensi profil	Berat/m (kg/m)	Bentang (m)	Struktur Baja		Harga per kg	Harga per pcs	Jumlah harga
				Jumlah (pcs)	Berat (kg)			
Balok induk (BLX 2)	WF 350.250.9.14	79,7	134		10711,68	Rp20.535		Rp219.964.349
Balok induk (BLY)	WF 350.250.8.12	69,2	90		6203,088	Rp20.535		Rp127.380.412
Balok induk (BAX)	WF 350.175.6.9	41,4	45		1854,72	Rp20.535		Rp38.086.675
Balok induk (BAY)	WF 350.250.8.12	69,2	30		2067,696	Rp20.535		Rp42.460.137
Balok anak (BAL)	WF 300.200.8.12	56,8	72		4073,2416	Rp20.535		Rp83.644.016
Balok anak (BAA)	WF 300.200.8.12	56,8	24		1357,7472	Rp20.535		Rp27.881.339
Kolom (K)	WF 400.300.10.16	107	100		10700	Rp21.978		Rp235.164.600
Siku pengaku B.anak	L 60.60.6	5,42	4,80		26,016	Rp12.394		Rp322.442
Siku pengaku B.lantai	L 75.100.9	11,8	25,80		304,440	Rp12.394		Rp3.773.229
Siku pengaku B.atap	L 80.120.10	15	28,80		432,000	Rp12.394		Rp5.354.208
Siku samping B.atap	L 70.70.9	9,34	6,24		58,282	Rp12.394		Rp722.342
Siku samping B.lantai 1	L 80.80.8	9,66	7,20		69,552	Rp12.394		Rp862.027
Siku samping B.lantai 2	L 80.80.10	11,9	11,52		137,088	Rp12.394		Rp1.699.069
Base plate	500 x 330 x 12	15,543			77,715	Rp11.871		Rp922.555
Angkur D.16				30			Rp25.000	Rp750.000
Baut diameter 12				128			Rp5.000	Rp640.000
Baut diameter 14				104			Rp6.500	Rp676.000
Baut diameter 16				518			Rp8.000	Rp4.144.000
Baut diameter 18				568			Rp10.000	Rp5.680.000
Baut diameter 19				352			Rp12.000	Rp4.224.000
Baut diameter 20				48			Rp18.000	Rp864.000
Baut diameter 22				624			Rp20.500	Rp12.792.000
Baut diameter 25				360			Rp23.500	Rp8.460.000
TOTAL								Rp826.467.401

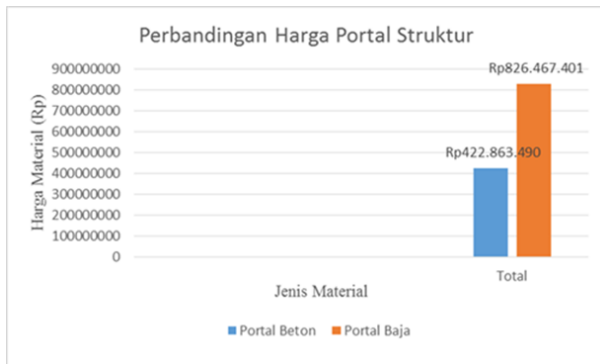
Tabel 16. Harga material struktur beton dalam satu portal

Total Volume Beton Pada Perencanaan Awal						
Struktur	Dimensi	Uraian	Harga per m		Bentang (m)	Jumlah harga
BIY 1	30 x 70	K-300	Rp	197.400	Rp998.524	48
		U-39 d10 - 100/200	Rp	102.354		
		U-39 14D.22+2D.13	Rp	698.770		
BIX 2, BIX 3, BIX 5	30 x 70	K-300	Rp	197.400	Rp887.584	136
		U-39 d10 - 100/200	Rp	102.354		
		U-39 13D.22+2D.13	Rp	587.831		
BIY 3, BIX 4	30 x 70	K-300	Rp	875.000	Rp2.410.356	40
		U-39 d10 - 100/200	Rp	687.348		
		U-39 10D.22+2D.13	Rp	848.008		
BIY 6	30 x 70	K-300	Rp	197.400	Rp723.904	8
		U-39 d10 - 100/200	Rp	102.354		
		U-39 9D.22+2D.13	Rp	424.151		
BIY 5	30 x 70	K-300	Rp	197.400	Rp491.369	8
		U-39 d10 - 100/200	Rp	102.354		
		U-39 4D.22+2D.13	Rp	191.615		
BIY 13	30 x 60	K-300	Rp	169.200	Rp692.808	32
		U-39 d8 - 100/200	Rp	58.538		
		U-39 10D.22+2D.13	Rp	465.071		
BIY 20	30 x 60	K-300	Rp	169.200	Rp591.847	8
		U-39 d8 - 100/200	Rp	58.538		
		U-39 10D.19+2D.13	Rp	364.109		
BAX 1, BAX 9	25 x 50	K-300	Rp	117.500	Rp476.964	22
		U-39 d8 - 100/150	Rp	83.211		
		U-39 12D.16+2D.10	Rp	276.253		
BAX 2	25 x 50	K-300	Rp	117.500	Rp425.365	16
		U-39 d8 - 100/150	Rp	53.255		
		U-39 11D.16+2D.10	Rp	254.610		
BAY 3	25 x 50	K-300	Rp	117.500	Rp403.721	8
		U-39 d8 - 100/150	Rp	53.255		
		U-39 10D.16+2D.10	Rp	232.966		
BAY 1, BAX 8	25 x 50	K-300	Rp	117.500	Rp382.077	32
		U-39 d8 - 100/150	Rp	53.255		
		U-39 9D.16+2D.10	Rp	211.322		
BAX 3, BAY 7,	25 x 50	K-300	Rp	117.500	Rp360.434	30
		U-39 d8 - 100/150	Rp	53.255		
BAX 10		U-39 8D.16+2D.10	Rp	189.679		
BIX 1C	35 x 70	K-300	Rp	230.300	Rp770.452	9
		U-39 d8 - 100	Rp	48.467		
		U-39 8D.22+2D.10	Rp	491.686		
BIX 2C	35 x 70	K-300	Rp	230.300	Rp757.705	9
		U-39 d8 - 100	Rp	48.467		
		U-39 11D.22+2D.10	Rp	667.493		
BIX 4C	30 x 60	K-300	Rp	169.200	Rp757.705	9
		U-39 d8 - 100	Rp	41.123		

Total Volume Beton Pada Perencanaan Awal							
Struktur	Dimensi	Uraian	Harga per m	Harga per m	Bentang (m)	Jumlah harga	
BAX 1C	25 x 50	U-39 12D.19+2D.10	Rp	547.382	Rp484.110	4,5	Rp2.178.493
		K-300	Rp	117.500			
		U-39 d8 - 100	Rp	33.780			
		U-39 10D.16+2D.10	Rp	332.830			
BAX 2C	25 x 50	K-300	Rp	117.500	Rp227.010	9	Rp2.043.092
		U-39 d8 - 100	Rp	66.181			
		U-39 10D.13+2D.10	Rp	43.329			
		K-300	Rp	117.500			
BAX 3C	25 x 50	K-300	Rp	117.500	Rp317.383	27	Rp8.569.354
		U-39 d8 - 100	Rp	33.780			
		U-39 7D.13+2D.10	Rp	166.104			
		K-300	Rp	143.820			
BL	90 x 17	U-39 d6 - 100/150	Rp	47.680	Rp452.482	28	Rp12.669.506
		U-39 8D.16+2D.10	Rp	260.983			
		K-300	Rp	143.820			
BL 1	90 x 17	U-39 d6 - 100/150	Rp	47.680	Rp648.219	4	Rp2.592.877
		U-39 14D.16+2D.10	Rp	456.719			
		K-300	Rp	143.820			
BL 2	90 x 17	U-39 d6 - 100/150	Rp	47.680	Rp615.596	16	Rp9.849.543
		U-39 13D.16+2D.10	Rp	424.097			
		K-300	Rp	460.600			
K1	70 x 70	U-39 d10 - 100/150	Rp	164.422	Rp1.904.293	40	Rp9.568.942
		U-39 4D.25+24D.22	Rp	1.279.271			
		K-300	Rp	338.400			
K2	60 x 60	U-39 d10 - 100/150	Rp	139.881	Rp1.875.125	76,4	Rp9.568.943
		U-39 24D.22	Rp	1.396.844			
TOTAL							
						Rp422.863.490	

Tabel 17. Perbandingan harga material struktur

Struktur gedung	Portal Beton	Portal Baja	Beda harga	
			Rupiah	Presentase (%)
Total	Rp 422.863.490	Rp 826.467.401	Rp 403.603.911	95,45



Gambar 6. Grafik Perbandingan Total Harga Material Antara Struktur Baja dan Struktur Beton

KESIMPULAN

Hasil analisis dan pembahasan menunjukkan beberapa kesimpulan, diantaranya:

Profil baja yang optimal untuk komponen balok pada gedung *showroom* adalah WF 350.175.6.9, WF 350.175.7.11, WF 350.250.9.14, dan WF 350.250.8.12 untuk balok induk, WF 300.200.8.12 untuk balok anak. Profil baja yang sesuai untuk komponen kolom adalah WF 400.300.10.16. Untuk komponen *X bracing* profil yang optimal adalah WF 300.200.8.12. Perbandingan biaya material struktur menunjukkan bahwa portal dengan struktur baja 95,45% lebih mahal dengan harga Rp 826.467.401, dibandingkan portal struktur beton sebesar Rp. 422.863.490. Biaya material struktur baja terbilang mahal karna baja memiliki biaya produksi serta bahan baku yang tinggi, termasuk proses pembuatan yang kompleks dan perlindungan tambahan untuk mencegah korosi. Harga tersebut belum termasuk biaya tenaga kerja. Konstruksi beton membutuhkan waktu pengerjaan yang lebih lama dibandingkan dengan konstruksi baja, sehingga biaya tenaga kerja untuk struktur beton akan lebih tinggi.

REFERENSI

- Badan Standarisasi Nasional. (2020). Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural SNI 1729-2020.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. SNI 03-1727-2020.

- Badan Standarisasi Nasional. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahan Gempa Untuk Struktur Banguna Gedung dan Nongedung SNI 1726:2019.
- Ananda, T. A. (2019). Perencanaan Alternatif Gedung Struktur Baja Menggunakan Bresing Dengan Analisis Pushover Pada Gedung Kuliah UINSU Medan. Medan: repository.umsu.
- Arifi, E., & Setyowulan., D. (2021). Perencanaan Struktur Baja (Berdasarkan SNI 1729:2020). Malang: UB Press.
- Arrosyid, R. A. (2023). Desain Struktur Atas Gedung Baja Bertingkat Banyak Menggunakan SNI 1729:2020. Yogyakarta: dspace uii.
- Dion dkk. (2023). Kajian Re Desain Gedung Baru Dr. Soetomo Surabaya Menggunakan Struktur Baja. Concrete: Construction and Civil Integration Technology.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1987). Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung SKBI - 1.3.53.1987.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1971). Peraturan Beton Bertulang Indonesia.
- Kurniadi dkk. (2024). Redisain Struktur Beton Bertulang Menjadi Struktur Baja (Studi kasus: Pada Gedung UKM Center Universitas Negeri Surabaya). Concrete: Construction and Civil Integration Technology.
- Ramadhan, R. W. (2020). Analisis Perbandingan Rencana Biaya Pelaksanaan Antara Pelat Konvensional Dengan Pelat Bondek. dspace Universitas Islam Indonesia.
- Suhardiawan, R. T. (2018). Perencanaan Ulang Struktur Atas Gedung Pemerintahan Kabupaten Bojonegoro Menggunakan Struktur Baja Ditinjau Dengan Defisiensi Biaya. Repository Universitas Jember.
- Zuraidah, S. (2022). ELEMEN STRUKTUR BAJA. Surabaya: Google books.

Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Sungai (Lokan) Sebagai Bahan Campuran Pada Beton

Utilization Of River Shell Waste (Lokan) As A mixture In Concrete

**Muhammad Nur Fajar¹, Herlina Arifin², Mohammad Aris³, Alfina Maysyurah⁴,
Chandra Margareta⁵**

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sorong, Jln. Pendidikan
Kota Sorong-Papua Barat Daya. Email Co-Author : herlinaafn22@gmail.com

Abstrak

Meningkatnya kebutuhan material beton mengakibatkan ketersediaan batu kapur sebagai bahan baku yang tidak dapat diperbarui pembuat semen portland menjadi terbatas dan akan habis jika pengambilannya dilakukan secara terus-menerus. Sehingga perlu dicari material pengganti untuk semen sebagai bahan penyusun beton. Pada penelitian ini di coba limbah cangkang kerang yang di haluskan sebagai pengganti semen dengan persentase 2% dan 5%. Selanjutnya parameter yang diuji adalah uji kuat tekan. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai kuat tekan menurun dengan bertambahnya persentase penggunaan cangkang kerang yang di haluskan.

Kata Kunci: Substitusi, Semen, Kerang Lokan, Kuat Tekan

Abstract

The increasing need for concrete materials results in the availability of limestone as a non-renewable raw material for portland cement makers to be limited and will run out if its extraction is carried out continuously, so it is necessary to find replacement materials for cement as a constituent material for concrete. In this study, mussels shell waste was tested as a substitute for cement with a percentage of 2% and 5%. Furthermore, the parameters tested are compressive strength tests. Based on the test results, it was obtained that the compressive strength value decreased with the increase in the percentage of use of mashed shells.

Keywords: Substitution, Cement, Shell Lokan, Compressive Strength

PENDAHULUAN

Beton terdiri dari bahan-bahan utama seperti pasir, kerikil, semen, dan air. Manum saat ini terdapat banyak variasi dalam penggunaan campuran bahan untuk beton. (Andina Prima Putri & Ade Khairani Tobing, 2018; Fajar et al., 2024; Zulkarnain & Permata Sari, 2024). Meningkatnya kebutuhan material beton mengakibatkan ketersediaan batu kapur sebagai bahan baku yang tidak dapat diperbarui pembuat semen portland menjadi terbatas dan akan habis jika pengambilannya dilakukan secara terus-menerus. (Fajar et al., 2023).

Indonesia mempunyai kekayaan keanekaragaman hayati pesisir dan laut yang melimpah. (Pungki Ari Wibowo & Fia Birtha Al Sabet, 2022) salah satu sumber daya pada daerah

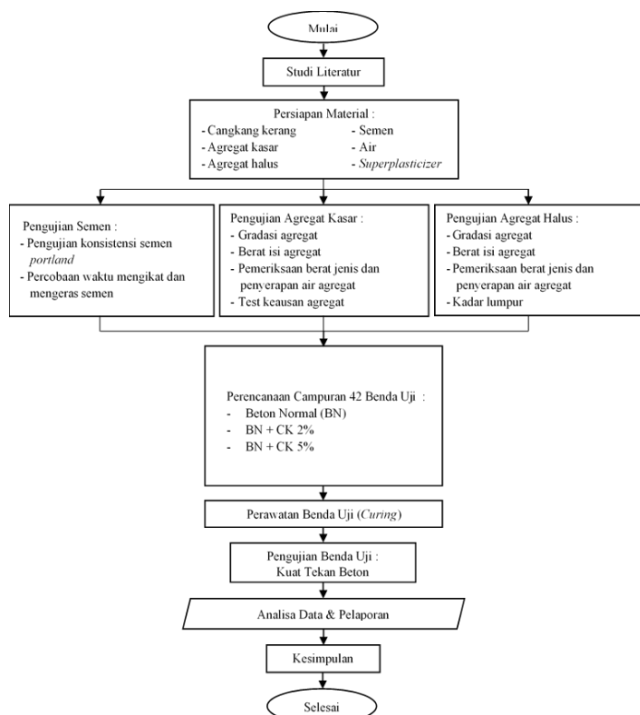
pesisir adalah kerang, volume produksi kekerangan di Indonesia yang terdiri dari kerang darah, kerang hijau, tiram, simping, kerrang mutiara dan remis adalah sebesar 54.801 ton (setara dengan Rp. 448.996.881;) (Sulistiyaningsih & Yanu Arbi, 2020) Produktifitas kerang yang cukup banyak akan berdampak pada limbah cangkang yang melimpah (Moh. Nasih Assyafuq et al., 2021)

Unsur dominan pada cangkang kerang dalam bentuk serbuk merupakan senyawa pozzolan yang berupa kapur dengan komposisi antara 67% antara 98% yang bersifat reaktif pada campuran beton (HUTABARAT et al., 2023). Dengan memanfaatkan cangkang kerang sebagai bahan campuran semen pada beton, diharapkan dapat menjadi alternatif material untuk mengurangi eksploitasi terhadap bahan dasar semen dan dapat mengurangi dampak melimpahnya limbah cangkang kerang.

Pada penelitian Oktaviani, (2016) cangkang kerang Lokan sebagai substitusi semen dapat memenuhi standar kuat tekan yang direncanakan pada presentase optimum yaitu pada presentase 4% sebesar pada $f'c$ 35 MPa. Berbanding terbalik dengan penelitian yang dilakukan oleh Wawarisa (2021) pada penelitian tersebut penambahan cangkang kerang darah yang terlalu banyak maka akan menurunkan nilai kuat tekan pada beton. Berdasarkan 2 penelitian terdahulu, selanjutnya akan dilakukan evaluasi dan inovasi pada penelitian ini.

METODE

Penelitian yang dilakukan bersifat uji eksperimental dengan penelitian di Laboratorium yang mengacu pada SNI 03-2834, (2000) tentang “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal” dengan benda uji ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm berbentuk kubus. Variasi abu Cangkang Kerang Lokan (CK) sebagai substitusi semen sebesar 0%, 2%, dan 5%. Dimana, benda uji berjumlah 3 buah pada setiap variasinya dan pengujian dilakukan pada umur perawatan 14 dan 28 hari. Berikut gambar bagan alir penelitian sesuai pada tahapan yang akan dilaksanakan pada penelitian ini :



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Persiapan

Dalam tahap persiapan pada penelitian ini, dilakukan segala hal yang menyangkut dengan terdukungnya pelaksanaan proses penelitian ini. Persiapan tersebut meliputi studi literatur, pelaksanaan pengadaan material seperti agregat kasar, pengambilan agregat halus, dan semen dengan melakukan pemesanan, serta pemeriksaan cangkang kerang lokan yang akan digunakan dalam penelitian.



Gambar 3. Kulit Kerang Sebelum di Haluskan



Gambar 4. Kulit Kerang Setelah di Haluskan

Pemeriksaan dan Pengujian Material

Pengujian karakteristik dilakukan untuk memastikan apakah bahan yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi spesifikasi berdasarkan SNI, pengujian yang dilakukan meliputi, pengujian konsistensi semen portland Percobaan waktu mengikat dan mengeras semen, pengujian gradasi agregat, pengujian berat isi agregat, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat, pemeriksaan kadar lumpur, test keausan agregat dan dilakukan pada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sorong.

Perancangan dan Pencampuran Beton

Metode rancangan campuran beton (Job Mix Design) berdasarkan SNI 03-2834-2000 dengan memperhitungkan nilai Faktor Air Semen (FAS), nilai slump, jumlah agregat kasar, agregat halus, semen, air. Pencampuran beton dilakukan menggunakan mesin pengaduk (molen). Urutan dalam pencampuran yaitu, kerikil, pasir, semen kemudian air dan bahan tambah jika digunakan. Pembuatan campuran beton mengacu pada SNI-03-2834-2000 “Tata Cara Pembuatan Campuran Beton”

Perawatan (Curing)

Setelah benda uji dibuka dari cetakkannya, dilakukan penimbangan pada setiap benda uji sebelum dilakukan perawatan beton. Perawatan beton (curing) dengan cara perendaman didalam bak berisi air. Perendaman benda uji dilakukan selama 14 hari dan 28 hari.

Pengujian Kuat Tekan Beton

Setelah masa perawatan berakhir, benda uji kembali ditimbang untuk mengetahui berat setelah perawatan. Kemudian dilakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji dengan umur 14 hari dan 28 hari. Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan Compression Machine Test pada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sorong.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan uji material dan proses perhitungan *Job Mix Design* (JMD), berikut tabel proporsi campuran beton.

Tabel 1. Proporsi Campuran Beton

Kode Benda Uji	Semen	Air	Ag. Halus	Ag. Kasar	CK	SP
BN	9,315	4,774	14,906	25,381	-	-
BN + CK 2%	9,129	4,774	14,906	25,381	0,186	-
BN + CK 5%	8,849	4,774	14,906	25,381	0,466	-

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

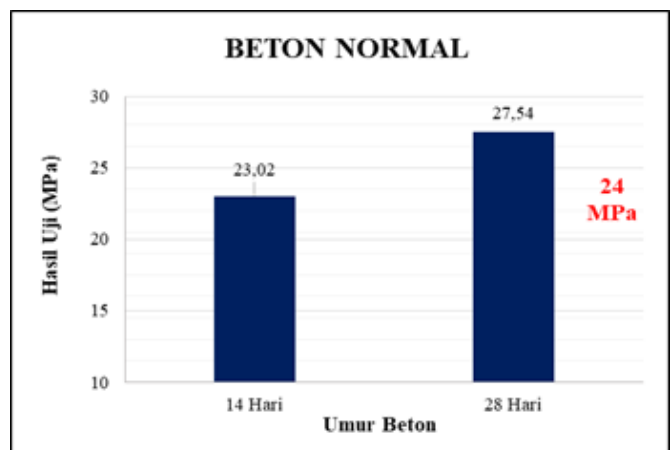
Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah masa perawatan benda uji beton pada umur beton 14 hari dan 28 hari menggunakan alat kuat tekan beton (Compression Machine Test).

Tabel 2. Kuat Tekan Beton Normal Umur 14 Hari

Umur (Hari)	Kode Benda Uji	Hasil Uji (KN)	Konversi Mpa	Rata-Rata (Mpa)
14	A	495	21.98	23.02
14	B	510	22.65	
14	C	550	24.43	

Tabel 3. Kuat Tekan Beton Normal Umur 28 Hari

Umur (Hari)	Kode Benda Uji	Hasil Uji (KN)	Konversi Mpa	Rata-Rata (Mpa)
28	D	585	25.98	27.54
28	E	600	26.65	
28	F	675	29.98	



Gambar 5. Nilai Kuat Tekan Beton Normal Umur 14 Hari dan 28 Hari

Berdasarkan tabel 2, tabel 3 dan gambar 2, hasil kuat tekan rata-rata beton normal pada umur 14 hari yaitu 23,02 MPa dan pada umur 28 hari kuat tekan beton mengalami kenaikan sebesar 14,74% yaitu 27,54 MPa dari kuat tekan rencana.

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton + Substitusi Kulit Kerang Sebagai Semen.

Berikut hasil uji tekan pada beton dengan substitusi kulit kerang sebagai pengganti semen pada persentase 2% dan 5%.

Tabel 4. Kuat Tekan Beton + 2% Cangkang Kerang
Umur 28 Hari

Umur (Hari)	Kode Benda Uji	Hasil Uji (KN)	Konversi Mpa	Rata-rata (Mpa)
28	D	585	25.98	24.13
28	E	535	23.76	
28	F	510	22.65	

Berdasarkan tabel 4 dapat dilihat bahwa beton dengan substitusi cangkang kerang sebagai pengganti semen pada persentase 2% memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 24,13 MPa.

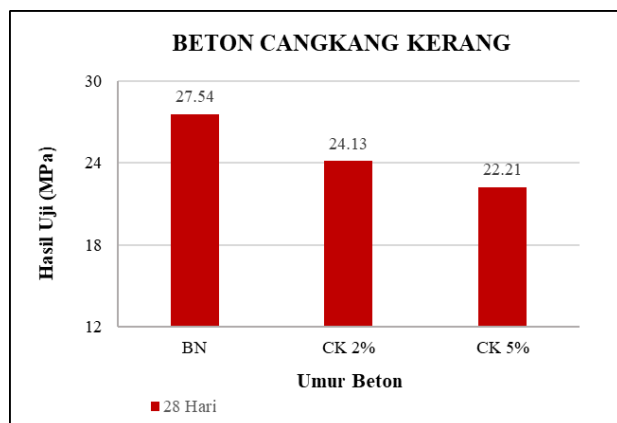
Tabel 5. Kuat Tekan Beton + 5% Cangkang Kerang
Umur 28 Hari

Umur (Hari)	Kode Benda Uji	Hasil Uji (KN)	Konversi Mpa	Rata-rata (Mpa)
28	D	485	21.54	22.21
28	E	485	21.54	
28	F	530	23.54	

Berdasarkan tabel 5 dapat dilihat bahwa beton dengan substitusi cangkang kerang sebagai pengganti semen pada persentase 5% memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 22.21 MPa.

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Menggunakan substitusi semen dengan cangkang kerang

Setelah dilakukan pengujian kuat tekan pada sampel beton dengan substitusi kulit kerang sebagai semen, dengan persentase kulit kerang sebesar 2% dan 5%, berikut perbandingannya dengan beton normal pada umur 28 hari.



Gambar 5. Perbandingan Nilai Kuat Tekan BN, CK 2% dan CK 5%

Berdasarkan Gambar 4, menunjukkan bahwa kuat tekan beton mengalami penurunan di setiap penambahan variasi abu Cangkang Kerang. Pada CK 2% mengalami penurunan sebesar 12,37% pada umur beton 28 hari dengan nilai kuat tekan 24,13 MPa.

Pada CK 5% mengalami penurunan sebesar 19,35% pada umur beton 28 hari dengan nilai kuat tekan 22,21 MPa.

KESIMPULAN

Penggunaan Cangkang Kerang sebagai penggantian atau substitusi semen memiliki dampak yang kurang baik pada beton, hal ini dapat dilihat dengan bertambahnya persentase substitusi cangkang kerang membuat nilai kuat tekan menurun jika dibandingkan dengan beton normal, besarnya penurunan nilai kuat tekan yang terjadi adalah 12,37% pada penggunaan 2% dan 19,35% pada penggunaan 5%.

Berdasarkan hasil tersebut maka penggunaan cangkang kerang sebagai pengganti semen perlu di kaji ulang dengan menambahkan zat additive tertentu untuk meningkatkan nilai kuat tekan.

REFERENSI

- Andina Prima Putri, & Ade Khairani Tobing. (2018). ANALISIS KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN SUBSTITUSI BAHAN RAMAH LINGKUNGAN. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 3(2), 105–109.
- Fajar, M. N., Parung, H., & Amiruddin, A. A. (2023). Perilaku Lekatan Tulangan Bambu Takikan Terhadap Beton Normal Dan Beton SCC. *Konstruksia*, 14(2), 1. <https://doi.org/10.24853/jk.14.2.1-8>
- Fajar, M. N., Purwantoro, D. S., Arifin, H., Sutiono, W., & Fajri, F. (2024). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Anadara Granosa Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 6(1), 67–72. <https://doi.org/10.26740/proteksi.v6n1.p67-72>
- Fistcar, W. A., Rejeki, S., Utami, L., & Fitriyanti, A. (n.d.). PROKONS: Jurnal Teknik Sipil PEMANFAATAN LIMBAH KERANG DARAH SEBAGAI MATERIAL BUATAN AGREGAT KASAR BERDASARKAN NILAI KUAT TEKAN.
- HUTABARAT, L. E., Marpaung, P. T. N., & Setiyadi, S. (2023). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang dan Abu Jerami Sebagai Substitusi Parsial Terhadap Kuat Tekan Beton. *Journal of Sustainable Civil*

- Engineering (JOSCE), 5(02), 102–108.
<https://doi.org/10.47080/josce.v5i02.2639>
- Moh. Nasih Assyafuq, Ikhwanul Qiram, & Anas Mukhtar. (2021). Pengaruh Dimensi Ujung Pemukul Terhadap Penggilingan Kulit Kerang Dengan Mesin Hammer Mill. *Jurnal V-Mac*, 6(1).
- Oktaviani, R. (2016). PENGGUNAAN BUBUK KULIT KERANG DARAH DAN LOKAN SEBAGAI BAHAN PENGANTI SEMEN. 1–7.
- Pungki Ari Wibowo, & Fia Birtha Al Sabet. (2022). Valuasi Ekonomi Sumberdaya Pesisir dan Laut dalam Kebijakan Penataan Ruang Wilayah Pesisir dan Laut. *OECONOMICUS Journal of Economics*, 6(2).
- Sulistiyaningsih, E., & Yanu Arbi, U. (2020). ASPEK BIO-EKOLOGI DAN PEMANFAATAN KERANG MARGA ANADARA (MOLLUSCA: BIVALVIA: ARCIDAE). 45, 69–85.
- Zulkarnain, F., & Permata Sari, I. (2024). PENGARUH ABU SABUT KELAPA SEBAGAI ALTERNATIF MENGGANTI SEBAGIAN SEMEN DENGAN MEMAKAI BAHAN TAMBAH SIKA VISCOCRATE 8670 MN TERHADAP KUAT TARIK BELAH BETON. *JURNAL TEKNIK SIPIL.: RANCANG BANGUN*, 10(02), 109–114.
<https://doi.org/10.33506/rb.v10i2.3661>

Pengaruh Penggunaan Supperplaticizer Pada Beton Terekspos Paparan Air Laut

Effect of Using Superplasticizer on Concrete Exposed to Sea Water

Didik Setyo Purwantoro¹, dan Muhammad Nur Fajar¹

¹ Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sorong; Jl. Pendidikan, No. 27, Kota Sorong, Indonesia.

Email : muhammad.n.fajar53@gmail.com

Abstrak

Pembangunan di daerah persisir memiliki permasalahan yaitu konstruksi beton akan bersinggungan langsung dengan air laut. Air laut adalah salah satu penyebab kegagalan pada struktur bangunan. Inovasi dibidang teknologi material beton, salah satunya adalah memperbaiki sifat-sifat beton diantaranya dapat dilakukan dengan penambahan bahan tertentu yaitu admixture atau additive ke dalam campuran beton, salah satunya supperplaticizer. Pada penelitian ini akan di bandingkan nilai kuat tekan beton yang direndam pada 3 media curing, yaitu air normal, air laut pada kondisi laboratorium dan air laut secara langsung. Berdasrkan hasil kuat tekan menunjukkan bahwa Beton yang terekspose langsung dengan air laut akan mengalami penurunan kuat tekannya. Dan setelah ditambahkan supperplaticizer beton mengalami peningkatan nilai kuat tekan, hal ini sesuai dengan sifat supperplacizier yang mempercepat pengerasan beton dan meningkatkan kekedapan atau kepadatan beton. Namun, pada komposisi di atas 1% beton sudah mengalami penurunan nilai kuat tekan.

Kata Kunci: Kuat tekan, Air Laut, Supperplaticizer

Abstract

Development in coastal areas has a problem, namely concrete construction will come into direct contact with seawater. Seawater is one of the causes of failure in building structures. Innovations in the field of concrete material technology, one of which is to improve the properties of concrete, including the addition of certain materials, namely admixtures or additives to the concrete mixture, one of which is supperplaticizer. In this study, the compressive strength value of concrete immersed in 3 curing media will be compared, namely normal water, seawater in laboratory conditions and seawater directly. Based on the results of compressive strength, it shows that concrete that is directly exposed to seawater will experience a decrease in compressive strength. And after added the concrete supperplaticizer experiences an increase in the compressive strength value, this is in accordance with the supperplacizier properties which accelerate the hardening of the concrete and increase the sealability or density of the concrete. However, at compositions above 1% concrete, the compressive strength value has decreased.

Keywords: *Compressive strength, Sea Water, Supperplaticizer*

PENDAHULUAN

Bangunan air, seperti pelabuhan, jembatan, dan bendungan, penting untuk infrastruktur dan ekonomi Indonesia. Selain itu, perawatan beton atau curing juga berpengaruh pada kekuatan beton (Pujianto et al., 2019). Beton terdiri dari bahan-bahan utama seperti pasir, kerikil, semen, dan air. Manum saat ini terdapat banyak variasi dalam penggunaan campuran bahan untuk beton. (Andina Prima Putri & Ade Khairani Tobing, 2018; Fajar et al., 2023; Zulkarnain & Permata Sari, 2024).

Pembangunan di daerah persisir memiliki permasalahan yaitu konstruksi beton akan bersinggungan langsung dengan air laut. Air laut adalah salah satu penyebab kegagalan pada struktur bangunan. Intrusi air laut dapat memberikan efek yang merugikan untuk komponen struktural konstruksi bangunan (Zulkarnain & Kamil, n.d.) pada penelitian yang dilakukan oleh Syarifah Khirunnisa pada tahun 2019 menunjukkan semakin besar kontak yang terjadi antara beton dengan air laut maka semakin besar pula penurunan kuat tekan beton yang terjadi.

Inovasi dibidang teknologi material beton, salah satunya adalah memperbaiki sifat-sifat beton diantaranya dapat dilakukan dengan penambahan bahan tertentu yaitu *admixture* atau *additive* ke dalam campuran beton (Jannah et al., 2023). Berdasarkan penelitian yang dilakukan herlina dkk pada tahun 2024, *supperplaticizer* akan meningkatkan nilai kuat tekan seiring penambahan persentase *supperplasticizer*. Namun pada penggunaan *supperplaticizer* 2% tidak di anjurkan, dikarenakan membuat benda mengalami seggregasi yang membuat rongga pada sampel uji dan membuat nilai kuat tekan berkurang (Dzikri & Firmansyah, n.d.).

Sehingga, akan dilakukan pengujian lanjutan dengan menggunakan *supperplasticizer* untuk mengurangi dampak penurunan nilai kuat tekan pada beton yang bersinggungan langsung dengan air laut.

METODE

Penelitian yang dilakukan bersifat uji eksperimental dengan penelitian di Laboratorium yang mengacu pada SNI 03-2834, (2000) tentang “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal” dengan benda uji ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm berbentuk kubus sebanyak 36 sampel. Benda uji dibuat dengan kuat tekan rencana f'_c 24 MPa yang terdiri dari beton normal dan beton variasi dengan tambahan SP (*superplasticizer*) sebesar 1%, 1,5%, dan 2%. Dimana, benda uji berjumlah 3 buah pada setiap variasinya dan pengujian dilakukan pada umur perawatan 28 hari.

Persiapan

Pada tahap persiapan di penelitian ini, dilakukan semua hal yang menyangkut dengan terdukungnya pelaksanaan proses penelitian yang akan dilakukan. Persiapan tersebut meliputi studi literatur, pelaksanaan pengadaan material seperti agregat kasar, pengambilan agregat halus, dan semen dengan melakukan pemesanan, serta pengambilan air laut yang akan digunakan sebagai media perawatan beton di dalam penelitian ini.

Pemeriksaan dan Pengujian Material

Pengujian karakteristik material dilakukan untuk memastikan apakah material yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi spesifikasi atau tidak. Pemeriksaan karakteristik material yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI). dan dilakukan pada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sorong.

Perancangan dan Pencampuran Beton

Perancangan campuran beton dilakukan dengan menggunakan metode DoE (Departement of Environment) berdasarkan SNI 03-2834-2000, serta ditentukannya nilai kuat tekan rencan f'_c 24 MPa. Perancangan campuran beton dilakukan setelah pengujian karakteristik telah ditetapkan agar dapat mendesain bagaimana komposit agregat, semen, air, serta bahan tambah yang diperlukan.. Urutan dalam pencampuran yaitu, kerikil, pasir, semen kemudian air dan bahan tambah jika digunakan. Pembuatan campuran beton mengacu pada SNI-03-2834-2000 “Tata Cara Pembuatan Campuran Beton”.

Perawatan (Curing)

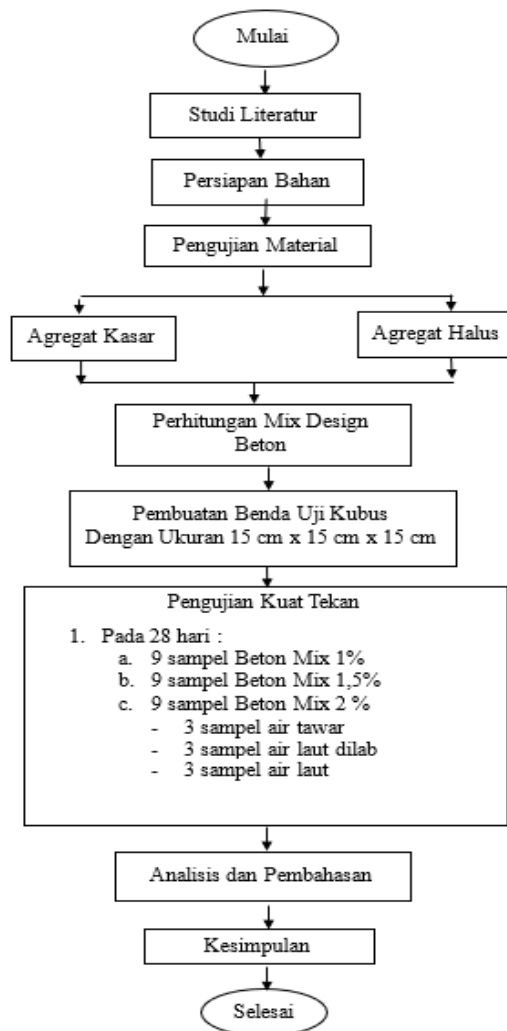
Setelah benda uji dibuka dari cetakannya, dilakukan penimbangan pada setiap benda uji sebelum dilakukan perawatan beton. Perawatan beton (*curing*) dilakukan dengan 3 media berbeda, yaitu perendaman di dalam bak berisi air tawar, perendaman di dalam bak berisi air laut, dan perendaman sampel di laut pesisir pantai. Perendaman benda uji dilakukan selama 28 hari.

Pengujian Kuat Tekan Beton

Setelah masa perawatan berakhir, benda uji kembali ditimbang untuk mengetahui berat setelah perawatan. Kemudian dilakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji dengan umur 28 hari. Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan *Compression Machine Test* pada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sorong.



Gambar 1. Alat Pengujian Kuat Tekan



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Material Penyusun Beton

Setelah seluruh rangkaian pengujian dilakukan, rekapitulasi hasil pengujian karakteristik

material sebagai pencampuran beton dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Material

No	Nama Pengujian	Interval	Acuan	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Gradasi Agregat				Memenuhi
	a. Ag. Halus	Zona 1-4	SNI 03-2834-2000	Zona 3	
	b. Ag. Kasar	Zona 1-3		Zona 2	
2	Berat Isi Agregat				Memenuhi
	a. Ag. Halus	1,4-1,9 gr/cm ³			
	- Padat			1,66 gr/cm ³	
	- Gembur		SNI 1973-2008	1,54 gr/cm ³	
	b. Ag. Kasar	1,6-1,9gr/cm ³			
	- Padat			1,74 gr/cm ³	
	- Gembur			1,60 gr/cm ³	

No	Nama Pengujian	Interval	Acuan	Hasil Pengujian	Keterangan
3	Berat Jenis Agregat				Memenuhi
	a. Ag. Halus	1,6-3,3 %	SNI 03-1970-1990		
	- BJ Curah			2,32 gr/cm ³	
	- BJ Kering Muka			2,33 gr/cm ³	
	- BJ Semu			2,36 gr/cm ³	
	b. Ag. Kasar	1,6-3,2 %	SNI 1961-2016		
	- BJ Curah			2,32 gr/cm ³	
	- BJ Kering Muka			2,53 gr/cm ³	
	- BJ Semu			2,35 gr/cm ³	
4	Penyerapan Air				Memenuhi
	a. Ag. Halus	Maks 2%	SNI 03-1970-1990	1,78 %	
	b. Ag. Kasar	0,2-4 %	SNI 1961-2016	1,80 %	
5	Kadar Lumpur	Maks 5%	SNI 03-2847-2002	0,88 %	Memenuhi

Sumber : Hasil Olah Data Pengujian, 2024

Berdasarkan Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa seluruh pengujian karakteristik semen dan agregat memenuhi syarat yang telah ditetapkan oleh SNI yang menjadi acuan dan dapat digunakan sebagai material pencampuran beton.

Proporsi Campuran Beton

Setelah dilakukan perhitungan (*Job Mix Design*), proporsi campuran beton cangkang kerang dna dengan penambahan *superplasticizer* adalah sebagai berikut.

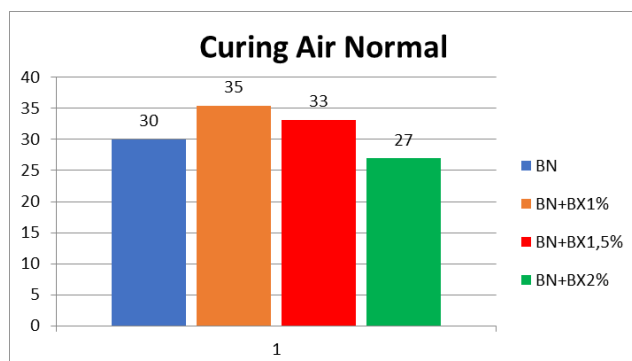
Tabel 2. Proporsi Campuran Beton pada Setiap Variasi (kg)

Kode Benda Uji	Semen	Air	Ag. Halus	Ag. Kasar	SP
BN + SP 1%	13.973	6,087	22,072	38,072	0,140
BN + SP 1,5%	13.973	5,550	22,072	38,072	0,210
BN + SP 2%	13.973	5,013	22,072	38,072	0,279

Sumber : Hasil Olah Data Pengujian, 2024

Hasil Uji Tekan

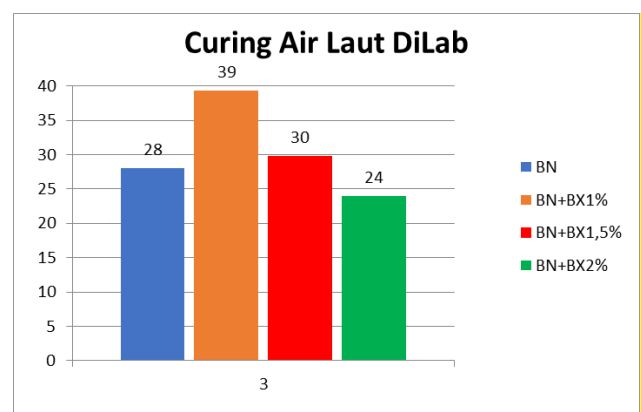
Berikut hasil uji tekan untuk beton menggunakan variasi Supperplaticizer pada umur 28 hari dan direndam pada 3 media curing.



Gambar 2. Hasil Kuat Tekan *Curing* Air Normal

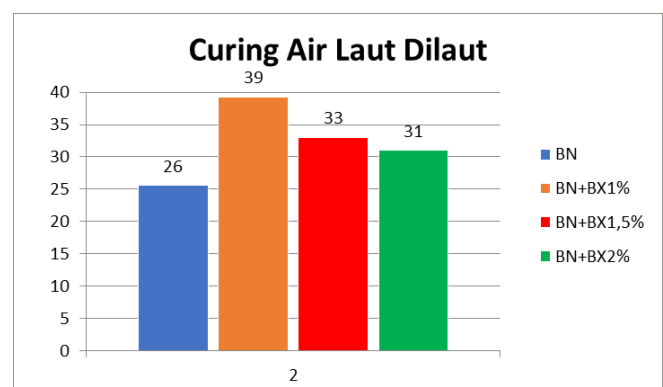
Berdasarkan Gambar 2, dapat di lihat bahwa pada penggunaan SP 1% beton mengalami peningkatan nilai kuat tekan dari 30 MPa ke 35 MPa, namun seiring dengan peningkatan persentase penggunaan SP membuat nilai kuat tekan menurun, hal ini menunjukkan bahwa persentase yang paling

ideal adalah penggunaan SP 1% untuk beton curing air normal



Gambar 3. Hasil Kuat Tekan *Curing* Air Laut di Lab

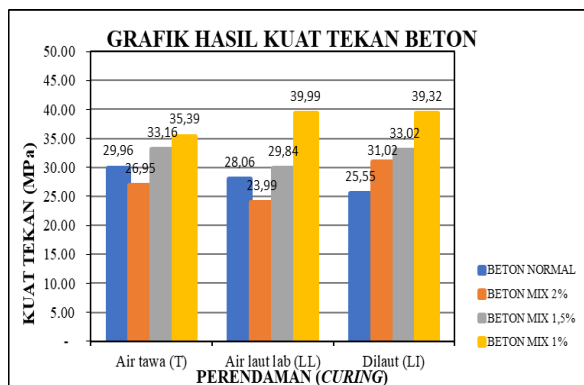
Pada Gambar 3, menunjukkan kondisi laboratorium dengan penggunaan SP 1% beton mengalami peningkatan nilai kuat tekan dari 28 MPa ke 39 MPa. Namun, seiring dengan peningkatan persentase penggunaan SP membuat nilai kuat tekan menurun, hal ini menunjukkan bahwa persentase yang paling ideal adalah penggunaan SP 1% untuk beton curing air laut dan kondisi laboratorium.



Gambar 4. Hasil Kuat tekan *Curing* Air Laut

Gambar 4 menunjukkan kondisi langsung di laut (Pesisir) diperoleh hasil, pada penggunaan SP 1% beton mengalami peningkatan nilai kuat tekan dari 26 MPa ke 39 Mpa. Namun, seiring dengan

peningkatan persentase penggunaan SP membuat nilai kuat tekan menurun, hal ini menunjukkan bahwa persentase yang paling ideal adalah penggunaan SP 1% untuk beton curing air laut kondisi langsung di laut (Pesisir).



Gambar 5. Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan Beton
Sumber: Hasil Data Pengujian, 2024

Dari Gambar 5, menunjukkan bahwa Beton yang terekspose langsung dengan air laut akan mengalami penurunan nilai kuat tekan. Hal ini, dapat di lihat dari hasil uji tekan pada beton normal yang mengalami penurunan signifikan pada beton yang direndam langsung di air laut. Selain itu, hasil uji tekan dengan menggunakan SP menunjukkan bahwa penggunaan SP dapat mengurangi dampak air laut pada beton. Hal ini disebabkan oleh sifat SP yang mempercepat pengerasan beton dan meningkatkan kekedapan atau kepadat beton pada komposisi yang ideal.

KESIMPULAN

Beton yang terekspose langsung dengan air laut akan mengalami penurunan kuat tekannya. Hal ini di sebabkan karena beton terkena *salt damage*, dan setelah dicampurkan dengan SP pada persentase 1%, 1.5%, dan 2%. Beton yang terekspose air laut secara langsung mengalami peningkatan nilai kuat tekan, hal ini dapat terjadi karena sifat SP yang mempercepat pengerasan beton dan meningkatkan kekedapan atau kepadat beton. Namun, pada komposisi di atas 1% beton sudah mengalami penurunan nilai kuat tekan.

REFERENSI

- Andina Prima Putri, & Ade Khairani Tobing. (2018). Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Substitusi Bahan Ramah Lingkungan. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 3(2), 105–109.
- Arifin, H., Fajar, M. N., Purwantoro, D. S., Maysyurah, A., & Aris, M. (2024). Pengaruh Penambahan Superplasticizer Terhadap Kuat

Tekan Pada Beton Campuran Air Laut. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 6(1), 89–93.
<https://doi.org/10.26740/proteksi.v6n1.p89-93>

Dzikri, M., & Firmansyah, M. (n.d.). *Pengaruh Penambahan Superplasticizer Pada Beton Dengan Limbah Tembaga (Copper Slag) Terhadap Kuat Tekan Beton Sesuai Umurnya*.

Fajar, M. N., Parung, H., & Amiruddin, A. A. (2023). Perilaku Lekatan Tulangan Bambu Takikan Terhadap Beton Normal Dan Beton SCC. *Konstruksia*, 14(2), 1.
<https://doi.org/10.24853/jk.14.2.1-8>

Jannah, M., Sariman, S., & Hijriah, H. (2023). Analisis Penggunaan Limbah Karbit Sebagai Agregat Halus Dan Silicafume Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*, 1(2), 94–102.
<https://doi.org/10.56326/jptsk.v1i2.1608>

Khirunnisa, S., Ghulam Rifqi, M., & Shofi'ul Amin, D. M. (n.d.). *Kajian Kuat Tekan Beton Di Lingkungan Laut Tropis Banyuwangi*.

Pujianto, A., Prayuda, H., Zega, B. C., & Afriandini, B. (2019). Kuat Tekan Beton dan Nilai Penyerapan dengan Variasi Perawatan Perendaman Air Laut dan Air Sungai. *Semesta Teknika*, 22(2).
<https://doi.org/10.18196/st.222243>

Nasional, B. S. (1990). Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Sni 03-1968-1990, 1–5.

SNI 03-2834-2000 Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal

SNI 03-2495. (1991). Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton. Yayasan LPMB, Bandung, 1–11.

SNI 1973-2008. (2008). Cara Uji Berat Isi Volume Produksi Campuran Dan Kadar Udara Beton. Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 1–13.

Zulkarnain, F., & Kamil, B. (n.d.). *Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan Pasir Sungai sebagai Agregat Halus Dengan Variasi Bahan*

Tambah Sika Fume Pada Perendaman Air Laut.
<http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit>

Zulkarnain, F., & Permata Sari, I. (2024). Pengaruh
Abu Sabut Kelapa Sebagai Alternatif

Mengganti Sebagian Semen Dengan Memakai
Bahan Tambah Sika Viscocrate 8670 Mn
Terhadap Kuat Tarik Belah Beton. *JURNAL
TEKNIK SIPIL.: RANCANG BANGUN*, 10(02),
109–114.

<https://doi.org/10.33506/rb.v10i2.3661>

Analisis Nilai Kerusakan Ruas Jalan Babat – Batas Kabupaten Jombang (Link.105) Menggunakan Aplikasi *Provincial/Kabupaten Road Management System (PKRMS)*

Analysis of Damage Value on the Babat – Jombang District Boundary Road Segment (Link.105) Using the Provincial/District Road Management System (PKRMS) Application

R. Endro Wibisono¹, Angie Dea Elvira²

¹Fakultas Vokasi, Program Studi Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Jl. Ketintang, Kec. Gayungan, Kota Surabaya, Indonesia. Telp: (085) 791231992. Email : endrowibisono@unesa.ac.id

²Fakultas Vokasi, Program Studi Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Jl. Ketintang, Kec. Gayungan, Kota Surabaya, Indonesia. Telp: (089) 665357606. Email : anggie.22048@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Kerusakan perkerasan jalan dapat terjadi karena beban lalu lintas yang berlebih, cuaca ekstrim dan lain sebagainya yang berdampak pada terhambatnya kegiatan sekitar sehingga pengguna jalan merasa kurang aman dan kurang nyaman. Kerusakan jalan tersebut juga terjadi di ruas jalan Babat – Bts Kabupaten Jombang. Untuk menjaga kondisi jalan tetap dalam performa yang baik perlu adanya evaluasi dengan survei kondisi jalan. Dalam mengolah data hasil survei kondisi jalan, UPT Pengelolaan Jalan dan Jembatan Surabaya menggunakan aplikasi *Provincial/Kabupaten Road Management System (PKRMS)* sebagai *database* keperluan perencanaan yang menampung data kondisi, inventaris, data proyek, data histori, dan peta. Hasil dari PKRMS ini yaitu data laporan statistik tentang kondisi kerusakan jalan dengan metode perhitungan *Treatment Trigger Index (TTI)*. Dari lokasi pengamatan yang ditinjau didapatkan hasil bahwa pada ruas jalan Babat – Bts Kabupaten Jombang yang memiliki panjang ruas 30.785 kilometer dan lebar jalan 7 meter berada dalam kondisi mantap dengan persentase 83.81% atau sepanjang 25.88 kilometer dan 16.19% atau 5 kilometer berada dalam kondisi kurang mantap.

Kata Kunci: Kerusakan Jalan; Survei Kondisi Jalan; PKRMS.

Abstract

Pavement damage can occur due to excessive traffic loads, extreme weather and so on which have an impact on hampering surrounding activities so that road users feel less safe and less comfortable. Road damage also occurs on the Babat - Bts Jombang Regency road section. To keep the road condition in good performance, it is necessary to evaluate it with a road condition survey. In processing the data from the road condition survey, UPT Pengelolaan Jalan dan Jembatan Surabaya uses the Provincial / Regency Road Management System (PKRMS) application as a database for planning purposes that holds condition data, inventory, project data, historical data, and maps. The result of this PKRMS is statistical report data on road damage conditions with the Treatment Trigger Index (TTI) calculation method. From the observation locations reviewed, the results show that the Babat - Bts Jombang Regency road section which has a section length of 30.785 kilometers and a road width of 7 meters is in a stable condition with a percentage of 83.81% or along 25.88 kilometers and 16.19% or 5 kilometers is in a less stable condition.

Keywords: Road Damage; Road Condition Survey; PKRMS.

PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu jenis prasarana transportasi yang memegang peran utama bagi perkembangan suatu daerah. Kondisi jalan yang baik dapat memudahkan mobilitas penduduk dalam kegiatan ekonomi, sosial dan kegiatan lain yang dapat membantu perkembangan suatu daerah dari beberapa faktor. Ruas jalan Babat – Bts. Kabupaten Jombang merupakan jalan provinsi yang jalan alternatif menuju Kabupaten Lamongan. Kerusakan yang terjadi di ruas jalan ini tentunya dapat memengaruhi kenyamanan dan keamanan pengguna jalannya.

Untuk menjaga kondisi jalan tetap pada performa yang baik, perlu adanya evaluasi perkerasan jalan untuk mengetahui apakah kondisi jalan masih dalam performa yang baik atau perlu adanya pemeliharaan rutin atau berkala. Segala bentuk penanganan kondisi jalan tergantung pada hasil penilaian kondisi permukaan jalan yang dilakukan secara visual, adapun metode yang sering digunakan adalah *Provincial/Kabupaten Road Management System* (PKRMS) Bina Marga.

Masalah yang diambil dalam pengamatan perkerasan jalan ruas jalan Babat – Bts. Kabupaten Jombang ini adalah cara menentukan tingkat kerusakan jalan pada ruas jalan Babat – Bts. Kabupaten Jombang yang dilakukan oleh UPT Pengelolaan Jalan dan Jembatan Surabaya. Sehingga didapatkan hasil analisis kondisi perkerasan jalan pada ruas jalan Babat – Bts. Kabupaten Jombang.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui cara menentukan tingkat kerusakan jalan pada ruas jalan Babat – Bts. Kabupaten Jombang menggunakan aplikasi PKRMS. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui hasil analisis kondisi kerusakan jalan pada ruas jalan Babat – Bts. Kabupaten Jombang.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang komprehensif mengenai kondisi kerusakan jalan pada ruas jalan Babat – Bts. Kabupaten Jombang. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi pihak terkait dalam menentukan prioritas pemeliharaan jalan.

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut UU No. 2 Tahun 2022 Tentang Perubahan Kedua Atas UU No 38 Tahun 2004 Tentang Jalan, jalan didefinisikan sebagai prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan penghubung, bangunan pelengkap, dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada di permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah

permukaan tanah, dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel, jalan lori, dan jalan kabel.

Sesuai dengan Permen Pekerjaan Umum No 13/PRT/M/2011 tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan, survei kondisi jalan merupakan bagian dari survei pemeliharaan jalan yang meliputi jalur dan/atau lajur lalu lintas, bahu jalan, bangunan pelengkap, perlengkapan jalan, dan lahan pada Rumaja dan Rumija, yang dilakukan paling sedikit 2 (dua) kali dalam 1 (satu) tahun. Hasil survei kondisi jalan ini digunakan untuk menentukan jenis penanganan yang diperlukan.

Berdasarkan Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No. 01/SE/M/2023 tentang Panduan Penggunaan Aplikasi PKRMS (*Provincial/Kabupaten Road Management System*) dalam Kegiatan Preservasi Jalan Provinsi dan Jalan Kabupaten, aplikasi PKRMS merupakan sistem aplikasi berbasis *Windows* yang menggunakan *Microsoft Access* yang berfungsi sebagai sumber *database* utama untuk menghasilkan laporan analisis proyeksi jalan, analisis kebutuhan penanganan (tahunan dan berkala), peta jalur / *stripmap*, dan analisis statistik yang disertai dengan dukungan aplikasi QGIS (*Quantum Geographic Information System*) dalam penyajian peta kondisi lapangan.

Pemanfaatan aplikasi PKRMS mencakup kegiatan pengumpulan dan pengolahan data untuk menghasilkan informasi dan rekomendasi penanganan preservasi jalan dan bangunan pelengkap yang meliputi kegiatan pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, rehabilitasi, rekonstruksi, dan pelebaran menuju standar. Hasil dari aplikasi PKRMS sangat bergantung pada keakuratan data masukan yang telah tervalidasi sesuai dengan kondisi lapangan.

METODE

Pengamatan dilakukan di ruas jalan Babat – Bts. Kabupaten Jombang. Pengamatan difokuskan pada jenis dan tingkat kerusakan yang terjadi pada ruas jalan Babat – Bts. Kabupaten Jombang pada Triwulan III 2024 (September 2024). Penelitian ini dilakukan secara pendekatan kualitatif dengan proses yang rinci dan spesifik tentang bagaimana pengaturan memperoleh datanya.

Metode pengumpulan data yang digunakan penulis dalam mengumpulkan data, yaitu : metode observasi lapangan, metode literatur, dan metode dokumentasi. Metode observasi lapangan adalah suatu cara mengumpulkan data dengan pengamatan langsung dan pencatatan secara sistematis terhadap objek yang diteliti. Metode literatur adalah

pengumpulan data yang dilakukan penulis dengan mengambil data di pustaka, membaca, dan mengolah bahan pengamatan. Selain itu, referensi penulisan didapat dari artikel ilmiah, jurnal atau *e-book* yang memiliki topik yang sama dengan permasalahan yang dibahas. Metode dokumentasi ialah pengumpulan data kualitatif dengan melihat atau menganalisis dokumen – dokumen yang dibuat oleh subjek sendiri atau orang lain. Metode tersebut dilakukan agar penulis mendapatkan gambaran atau sudut pandang lain.

Pada prosedur pengambilan data dilakukan beberapa tahap, yaitu tahap persiapan, tahap persiapan dilakukan dengan menentukan lokasi ruas jalan yang akan diobservasi. Selanjutnya, tahap pengumpulan data, tahap ini dilakukan dengan pembacaan kerusakan dan pencatatan pada formulir. Selanjutnya melakukan dokumentasi pada ruas jalan yang mengalami kerusakan pada perkerasan. Selanjutnya, analisis data dan mengidentifikasi kerusakan serta menganalisis tingkat kerusakan yang terjadi pada ruas jalan tersebut. Sehingga dapat memberikan solusi berupa pemeliharaan atau metode perbaikan yang sesuai terhadap kerusakan tersebut.



Gambar 1 Diagram Alur Penelitian

Pada tahap analisis data tingkat kerusakan perkerasan jalan pada sistem PKRMS dapat mengkonversikan data kerusakan ruas jalan pada survei kondisi jalan menjadi suatu nilai yang disebut *Treatment Trigger Index* (TTI). Nilai TTI dapat didapatkan dari persamaan berikut sesuai dengan Modul 3 Pengaplikasian PKRMS PUPR Tahun 2022:

$$TTI_0 = 100 * \frac{\sum((Roughness \times IRI_f) + (Distress_i \times w f_i))}{(L \times W)}$$

Dimana :

Roughness = nilai pengukuran ketidakrataan dalam IRI

IRI = nilai IRI menjadi faktor konversi TTI

Distress_i = area kerusakan

L = panjang segmen jalan

W = lebar segmen jalan

wf_i = nilai bobot kerusakan

Tabel 1 Bobot Kerusakan Jalan terhadap Nilai TTI

Kerusakan (Distress)	Nilai Bobot Kerusakan	
	Dengan IRI	Tanpa IRI
1 - Ketidakrataan (<i>Roughness</i>)	1	0
2 - Kegemukan (<i>Bleeding</i>)	0.5	0.5
3 - Butir Lepas (<i>Ravelling</i>)	0.5	0.5
4 - Disintegrasi (<i>Distegration</i>)	1	4
5 - Retak Depresi (<i>Crack with Depression</i>)	1	4
6 - Tambalan (<i>Patching</i>)	1	1
7 - Retak Lain (<i>Other Cracks</i>)	1.75	2
8 - Lubang (<i>Potholes</i>)	0.5	1.5
9 - Jejak Roda (<i>Rutting</i>)	0.5	1
10 - Rusak Tepi (<i>Edge Damage</i>)	1	1

Berdasarkan nilai TTI, kondisi segmen jalan dapat diklasifikasikan menjadi kondisi baik, sedang, rusak ringan, dan rusak berat.

Tabel 2 Klasifikasi Kondisi Segmen Jalan Berdasarkan Nilai TTI

Deskripsi Kondisi	Rentang TTI
Baik (<i>Good</i>)	0 - 20
Sedang (<i>Fair</i>)	20 - 70
Rusak Ringan (<i>Poor</i>)	70 - 100
Rusak Berat (<i>Bad</i>)	>100

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tahap Persiapan Survei Kondisi Jalan

Persiapan survei penting untuk dilakukan agar pelaksanaan survei berjalan dengan efektif. Sebagaimana yang dijelaskan pada Modul 2 tentang Survei Pengumpulan

Data untuk PKRMS oleh PUPR tahun 2022, tahap ini perlu mempersiapkan beberapa keperluan survei seperti berikut:

a. Pendefinisian Jaringan Jalan

Sebelum melakukan survei lapangan, tim jalan akan berdiskusi mengenai daftar ruas jalan mana saja yang akan disurvei. Setelah itu, pastikan setiap ruas jalan memiliki informasi nama ruas, status ruas, fungsi ruas, dan panjang ruas.

b. Perencanaan Survei

Hal – hal yang perlu direncanakan sebelum kegiatan survei yaitu personil survei dan pembagian tugas tim survei, jadwal waktu pelaksanaan survei, anggaran survei, perizinan, serta peralatan dan perlengkapan survei.

c. Personil survei dan pembagian tugas tim survei

Pembagian tugas personil dengan rincian sebagai berikut :

- Satu orang surveyor perkerasan bagian kanan;
- Satu orang surveyor perkerasan bagian tengah;
- Satu orang surveyor perkerasan bagian kiri;
- Satu orang pengemudi dan pembacaan STA pencapaian;
- Satu orang melakukan pencatatan kerusakan yang disebutkan.

d. Perizinan

Sebelum pelaksanaan survei, Dinas Bina Marga Provinsi/Kabupaten/Kota harus menerbitkan surat perintah tugas (SPT) atau surat izin kepada personil sebagai dasar pelaksanaan survei. Kemudian sebelum survei dimulai, personil survei harus menginformasikan kegiatan survei, jadwal pelaksanaan survei, dan hal -hal lain kepada instansi setempat seperti Kantor Kecamatan/Desa/Kelurahan.

e. Mempersiapkan Peralatan dan

Perlengkapan Survei Kondisi Jalan

Berikut merupakan macam – macam peralatan yang diperlukan untuk survei kondisi jalan :

- Kendaraan roda empat;
- GPS navigasi/Garmin;
- Kamera *Blackvue*;
- Perangkat dokumentasi (*Handphone*);

- Peta gitar ruas jalan survei sebelumnya;

Gambar 2 Kerusakan Jalan Jenis Retak

- Papan dada;
- Alat tulis;
- Rompi;
- Spanduk survei.
- *Acrylic foam tape*.

f. Kalibrasi Alat Pengukur Jarak dan Pengaturan GPS

Khusus untuk alat pengukur jarak digital, dibutuhkan proses kalibrasi agar hasil pengukuran jarak yang diperoleh merepresentasikan jarak yang sebenarnya di lapangan. Pada survei pengumpulan data, GPS memiliki fungsi utama sebagai alat untuk merekam garis *centerline* ruas jalan (*tracking*).

2. Tahap Pelaksanaan Survei Kondisi Jalan

Survei kondisi jalan pada umumnya dilakukan dengan pendekatan penilaian visual. Mekanisme pelaksanaan survei kondisi jalan diuraikan sebagai berikut :

- a. Siapkan kamera *blackvue* pada bagian depan mobil dengan cara menempelkan pada kap mobil;
- b. Atur kalibrasi pada garmin;
- c. Siapkan peta gitar survei sebelumnya sebagai acuan kerusakan jalan;
- d. Pembagian tugas pembacaan dan pencatatan personil;
- e. Jalankan mobil ke titik awal ruas jalan;
- f. Lakukan identifikasi tipe kerusakan pada perkerasan jalan (pembacaan) dan kerusakan pada non perkerasan (bukti rekaman kamera *blackvue*);
- g. Hitung luas pendekatan kerusakan perkerasan pada segmen jalan.
- h. Catat data kondisi pada peta gitar yang dibawa sesuai segmen;
- i. Lakukan langkah (6) sampai (8) hingga akhir ruas jalan.

3. Tahap Analisis Data dan Hasil Tingkat Kerusakan

Pada tahap analisis data diperlukan beberapa tahapan yang perlu dilakukan sebagaimana dijelaskan dibawah ini.

- a. Menentukan jenis kerusakan pada rekaman kamera blackvue;



- b. Mencatat hasil pencatatan kerusakan dan meninjau ulang dengan hasil rekaman *blackvue* pada peta gitar terbaru menggunakan *Microsoft Excel*;
- c. Rekap hasil peta gitar pada data laporan sehingga muncul nilai persentase kerusakan;

Tabel 3 Hasil Persentase Kerusakan Jalan Babat - Bts Kabupaten Jombang

Jenis Kerusakan	Persentase
Tambalan	4.20%
Kegemukan	0.06%
Agregat Lepas	1.52%
Disintegrasi	0.43%
Retak Turun	7.75%
Retak Lain	3.63%
Lubang	0.11%
Alur	0.71%
Rusak Tepi	0.20%

- d. Selanjutnya, penginputan data kondisi jalan pada aplikasi PKRMS melalui *Microsoft Access*;
- e. Jika survei inventarisasi jalan dilakukan dengan menggunakan aplikasi PKRMS, maka dilakukan update pada data inventaris pada aplikasi PKRMS. Lalu, diimpor pada aplikasi PKRMS dengan mekanisme pada gambar dibawah ini.
- f. Setelah impor data dan *running*, sistem PKRMS secara otomatis akan menghasilkan penyajian laporan statistik untuk mengetahui hasil tingkat kerusakan dengan nilai TTI.

Tabel 4 Hasil Nilai TTI Ruas Jalan Babat - Bts Kabupaten Jombang

Panjang (Km)	Mantap		Tak Mantap	
	Km	%	Km	%
30.875	25.88	83.81%	5.00	16.19%

KESIMPULAN

Berdasarkan teori dan hasil pengamatan di lapangan yang didapatkan oleh penulis, dapat disimpulkan bahwa cara menentukan tingkat kerusakan jalan pada ruas jalan Babat – Bts. Kabupaten Jombang yang dilakukan oleh UPT Pengelolaan Jalan dan Jembatan Surabaya sebagai berikut:

- a. Menentukan jenis kerusakan pada rekaman kamera blackvue;
- b. Mengolah hasil survei pada peta gitar;
- c. Menginput luasan kerusakan dari peta gitar ke laporan persentase;
- d. Menginput laporan persentase pada aplikasi PKRMS;
- e. Mengimpor hasil data dari *Microsoft Access* ke aplikasi PKRMS;
- f. Klik *running* pada sistem, dan akan mendapatkan hasil analisis peta jalur serta laporan statistik.

Dari tahap analisis data tersebut dihasilkan tingkat kerusakan permukaan jalan pada ruas jalan Babat – Bts Kabupaten Jombang dengan aplikasi PKRMS dan nilai TTI didapatkan kesimpulan bahwa 83.81% atau sepanjang 25.88 km bagian jalan pada kondisi mantap dan 16.19% atau sepanjang 5 km bagian jalan pada kondisi tak mantap.

REFERENSI

- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. No. 001-01/M/BM/2011 tentang Manual Konstruksi dan Bangunan Survei Kondisi Jalan untuk Pemeliharaan Rutin
- Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. No. 01/SE/M/2023 tentang Panduan Penggunaan Aplikasi PKRMS (*Provincial/Kabupaten Road Management System*) dalam Kegiatan Preservasi Jalan Provinsi dan Jalan Kabupaten

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2022. Modul 3 tentang Pengaplikasian PKRMS, Pelatihan *Provincial/Kabupaten Road Management System* (PKRMS).

Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga. 2019. Rencana Strategis Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur 2019 – 2024 awal.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2022. Modul 2 tentang Survei Pengumpulan Data Untuk PKRMS.