



Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (PROTEKSI)

- **Kajian Laboratorium Sika Viscocrete Pada Beton Normal Menggunakan Agregat Kasar Batu Karang**
Alva Yuventus Lukas, Jusuf Wilson Meynerd Rafael, Zulfiani AR
- **Redesain Sistem Drainase Area Gedung A,B,C,D,E dan F di Kampus UNITOMO**
Nurul Jannah Asid, Safrin Zuraidah, Yunus Susilo, Wisnu Abiarto Nugroho, Yusuf Ridwan
- **Studi Kelayakan Rencana Pengembangan Pembangunan Gedung F Universitas Dr. Soetomo Surabaya**
Klotok Budi Hastono, Rizki Astri Apriliansi, Maulidya Octaviani Bustamin, Sekar Ayu Kuncaravita
- **Analisis Nilai Durabilitas Laston HRS-WC dan Laston AC-WC menggunakan Material Agregat Bulat pada Pematatan Sedang**
Krisantos Ria Bela
- **Evaluasi Tingkat Pelayanan Jalan Pada Ruas Jalan Desa Gumawang Kecamatan Belitang Kabupaten Ogan Komering Ulu Timur**
Gian Singgih, Sartika Nisumanti, Khodijah Al Qubro
- **Analisis Kestabilan Dinding Penahan Tanah Tower Sutet 500 KV Ungaran – Pemalang**
Muhammad Shofwan Donny Cahyono, Kevin Candra Darmawan, R. Endro Wibisono, Rina Cahyanti Ningrum
- **Evaluasi Risiko Likuifaksi Berdasarkan Karakteristik Ukuran Butir Tanah dan Hasil Tahanan Standart Penetration test (N-SPT) Studi kasus Bandara Yogyakarta Internasional Airport**
Nur Ayu Diana, Ria Asih Aryani Soemitro, Januarti Jaya Ekaputri, Trihanyndio Rendy Satrya, Dwa Desa Warnana
- **Analisis Kecelakaan Lalu Lintas di Kabupaten Jembrana**
I Gede Fery Surya Tapa, Dewa Ayu Trisna Adhiswari Wedagama, Decky Cipta Indrashawara, I Nyoman Indra Kumara
- **Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Anadara Granosa Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton**
Muhammad Nur Fajar, Didik Setyo Purwantoro, Herlina Arifin, Wilis Sutiono, Fajri
- **Implementasi Metode House of Risk pada Identifikasi Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Pembangunan Gedung Research Center UPNV Jawa Timur**
Qurrotus Shofiyah, Esa Putri Pambudi
- **Manajemen Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Pembangunan Gedung Perpustakaan UIN Sayyid Ali Rahmatullah Tulungagung**
Muhammad Rijal Khorri Atmaja, Sony Susanto, Fitri Rahmawaty
- **Pengaruh Penambahan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Pada Beton Campuran Air Laut**
Herlina Arifin, Muhammad Nur Fajar, Didik Setyo Purwantoro, Alfina Maysyurah, Mohammad Aris
- **Analisis Neraca Air Sesuai Pola Tanam Eksisting Padi Lokal pada Daerah Irigasi Rawa (DIR) Antasan Sutun Kabupaten Banjar**
Nilna Amal, Rizki Ayu Wulandari
- **Analisa Efisiensi Dan Produktivitas Pekerjaan Kolom Pada Proyek Gedung 7 Lantai Universitas Kadiri**
Faiz Muhammad Azhari, Sumargono, Agata Iwan Candra
- **Prediksi Ketersediaan Air Embung Kolong Kebintik Sebagai Sumber Air Baku Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan**
Adriyansyah, Saprizal

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 6, Nomor 1, Juni 2024. 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 ketekniksipilan. Pada Volume 6, Nomor 1 ini menerbitkan 15 judul artikel ilmiah yang kami sajikan. Penulis pada Volume 6, 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.

Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (PROTEKSI)

Pimpinan Redaksi :

R. Endro Wibisono, S.Pd., M.T. (UNESA)

Dewan Penasihat Editor :

Prof. Dr. E. Titiek Winanti, MS. (UNESA)

Prof. Dr. Ir. H. Kusnan, SE., MM., MT. (UNESA)

Prof. Dr. Erina Rahmadyanti, ST., MT. (UNESA)

Dr. Ir. H. Dadang Supriyatno, MT. (UNESA)

Arie Wardhono, ST., M.MT., MT., Ph.D. (UNESA)

Editor :

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

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

Dr. Ir. Hitapriya Suprayitno, M.Eng. (ITS)

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

Putu Aryastana. S.T., M.Eng. M.Si. (WARMADDEWA)

Kencana Verawati, S.S.T., M.M.Tr. (UNJ)

Vivian Karim Ladesi, S.T., M.T. (UNJ)

Mitra Bestari :

Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D (UMS Surakarta)

Mochamad Solikin, ST., MT., Ph.D (UMS Surakarta)

Budi Yulianto ST., MSc., Ph.D (UNS)

Tri Joko Wahyu Adi, ST., MT., Ph.D (ITS)

Ferry Hermawan ST., MT., Ph.D (UNDIP)

Dr. Winoto Hadi, S.T., M.T. (UNJ)

Dr. Ir. Adi Prawito, M.T. (UNNAR)

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.

PROTEKSI

Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil

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

Kajian Laboratorium Sika Viscocrete Pada Beton Normal Menggunakan Agregat Kasar Batu Karang

Alva Yuventus Lukas, Jusuf Wilson Meynerd Rafael, Zulfiani AR..... 1-10

Redesain Sistem Drainase Area Gedung A,B,C,D,E dan F di Kampus UNITOMO

Nurul Jannah Asid, Safrin Zuraidah, Yunus Susilo, Wisnu Abiarto Nugroho, Yusuf Ridwan. 11-17

Studi Kelayakan Rencana Pengembangan Pembangunan Gedung F Universitas Dr. Soetomo Surabaya

Klotok Budi Hastono, Rizki Astri Apriliani, Maulidya Octaviani Bustamin, Sekar Ayu Kuncaravita..... 18-29

Analisis Nilai Durabilitas Laston HRS-WC dan Laston AC-WC menggunakan Material Agregat Bulat pada Pematatan Sedang

Krisantos Ria Bela..... 30-38

Evaluasi Tingkat Pelayanan Jalan Pada Ruas Jalan Desa Gumawang Kecamatan Belitang Kabupaten Ogan Komering Ulu Timur

Gian Singgih, Sartika Nisumanti, Khodijah Al Qubro 39-44

Analisis Kestabilan Dinding Penahan Tanah Tower Sutet 500 KV Ungaran – Pemalang

Muhammad Shofwan Donny Cahyono, Kevin Candra Darmawan, R. Endro Wibisono, Rina Cahyanti Ningrum 45-50

Evaluasi Risiko Likuifaksi Berdasarkan Karakteristik Ukuran Butir Tanah dan Hasil Tahanan Standart Penetration test (N-SPT) Studi kasus Bandara Yogyakarta Internasional Airport

Nur Ayu Diana, Ria Asih Aryani Soemitro, Januarti Jaya Ekaputri, Trihanyndio Rendy Satrya, Dwa Desa Warnana..... 51-58

Analisis Kecelakaan Lalu Lintas di Kabupaten Jembrana.

I Gede Fery Surya Tapa, Dewa Ayu Trisna Adhiswari Wedagama, Decky Cipta Indrashawara, I Nyoman Indra Kumara..... 59-66

Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Anadara Granosa Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton.

Muhammad Nur Fajar, Didik Setyo Purwantoro, Herlina Arifin, Wilis Sutiono, Fajri..... 67-72

Implementasi Metode House of Risk pada Identifikasi Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Pembangunan Gedung Research Center UPNV Jawa Timur

Qurrotus Shofiyah, Esa Putri Pambudi.....	73-80
Manajemen Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Pembangunan Gedung Perpustakaan UIN Sayyid Ali Rahmatullah Tulungagung.	
Muhammad Rijal Khorri Atmaja, Sony Susanto, Fitry Rahmawaty.....	81-88
Pengaruh Penambahan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Pada Beton Campuran Air Laut.	
Herlina Arifin, Muhammad Nur Fajar, Didik Setya Purwantoro, Alfina Maysyurah, Mohammad Aris	89-93
Analisis Neraca Air Sesuai Pola Tanam Eksisting Padi Lokal pada Daerah Irigasi Rawa (DIR) Antasan Sutun Kabupaten Banjar.	
Nilna Amal, Rizki Ayu Wulandari	94-101
Analisa Efisiensi Dan Produktivitas Pekerjaan Kolom Pada Proyek Gedung 7 Lantai Universitas Kadiri.	
Faiz Muhammad Azhari, Sumargono, Agata Iwan Candra	102-109
Prediksi Ketersediaan Air Embung Kolong Kebintik Sebagai Sumber Air Baku Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan.	
Adriyansyah, Saprizal.....	110-117

Judul Jurnal: Pedoman Penulisan Artikel Pada Jurnal Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (PROTEKSI)

*Journal Title in English: Guidelines for Writing Articles in Journal Publication
Research Orientation of Civil Engineering (Proteksi)*

Nama Pengarang Tanpa Gelar¹

¹Cantumkan alamat institusi dan alamat e-mail yang bisa dihubungi, secara lengkap dan jelas. Contoh :
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Jln. Ketintang Surabaya. Telp: (031)
1234567. Email : proteksi@unesa.ac.id

Abstrak

Abstrak dan kata kunci ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. Apabila artikel menggunakan Bahasa Indonesia, maka abstrak yang ditampilkan terlebih dahulu adalah abstrak yang berbahasa Indonesia begitupula sebaliknya. Abstrak ditulis secara ringkas dengan memuat masalah penelitian, tujuan, metode, hasil dan kesimpulan dalam 1 (satu) paragraph dan tidak lebih dari 200 kata. Gunakan font times new roman, format italic, ukuran 10 point, dan dalam format spasi tunggal.

Kata Kunci: Berikan 3-5 kata kunci berdasarkan urutan alphabetic; kata kunci dipisahkan dengan titik koma

Abstract

Abstract and keyword should be written both in English and Bahasa Indonesia. The version that appears first will be of the same language used in writing the manuscript. Abstract should be written in straightforward sentences consisting research problem and or purpose, method, result and conclusion in 1(one) paragraph and not exceed 200 words. Please use italics regular 10 point times new romanfont, in a single space format.

Keywords: Attach 3 to 5 keywords in alphabetical order; keywords separated by semi-colon

PENDAHULUAN

Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi) adalah wadah bagi para akademisi untuk mempublikasikan kegiatan penelitian ilmiah/riset di bidang Civil Engineering. Proteksi diterbitkan oleh Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya – Indonesia dengan periode penerbitan dua kali dalam setahun.

Artikel-artikel yang diterbitkan pada Proteksi melalui proses penyuntingan dan penilaian secara ketat dari pihak ketiga yang tergabung sebagai mitra bestari. Proses penyuntingan ini bertujuan untuk memastikan tingkat akurasi isi artikel serta memberikan jaminan kebenaran informasi seperti yang diharapkan oleh pembaca.

Artikel yang diterbitkan di Proteksi dapat diakses secara online dan dapat didownload. Redaksi Proteksi menerima artikel hasil penelitian dari para peneliti, dosen, mahasiswa maupun praktisi, baik dalam bahasa Inggris maupun dalam bahasa Indonesia.

Format Gaya Selingkung

Format gaya selingkung jurnal Proteksi digunakan untuk menjaga konsistensi tampilan jurnal. Untuk memberikan kemudahan dan efisiensi dalam memformat penulisan, gunakan *template* ini dengan mengcopy, mendownload dan atau meminta email *attachment* dari redaksi, kemudian menggantinya dengan materi penulis sendiri. Berkas (file) *template* ini akan memuat beberapa gaya pemformatan tertentu.

<https://doi.org/10.26740/proteksi.vxn.x>

Bahasa, Gaya Penulisan dan Isi

Penulisan artikel minimum dalam 6 halaman. Jumlah halaman artikel diusahakangenap (8, 10 atau 12 halaman). Urutan penulisan yang diharuskan adalah sebagai berikut; pendahuluan yang memuat masalah yang diangkat termasuk teori/literatur mutakhir yang mendasari arah penyelesaian masalah, metode yang digunakan, hasil dan pembahasan dan diakhiri simpulan, saran dan atau rekomendasi. Apabila diperlukan untuk menyampaikan ucapan terimakasih kepada pihak yang mendukung penelitian, maka ditempatkan sebelum referensi. Penulisan referensi diletakkan paling akhir. Referensi yang ditulis haruslah yang diacu pada seluruh tulisan, dan sebaliknya, literatur yang dikutip dalam tulisan harus dinyatakan dalam daftar referensi.

Untuk lebih meningkatkan kualitas artikel, dianjurkan agar penulis memanfaatkan hasil kajian pustaka untuk mendukung argumentasi, baik dalam pendahuluan (uraian mengapa perlunya penelitian dilakukan) dan dalam pembahasan (uraian perbandingan dengan temuan-temuan penelitian sebelumnya/teori yang ada). Dalam penulisan gunakan gaya langsung dan singkat. Hindarkan kalimat-kalimat yang kompleks dan ambigu. Definisikan secara singkat semua istilah teknik yang mungkin belum umum untuk pembaca. Jelaskan singkatan yang digunakan pada awal kemunculan. Misalnya: '*Optimum Moisture Content (OMC)*'. Jelaskan acuan lokal yang dipakai (istilah-istilah yang tidak semua orang tahu pada suatu pulau tertentu).

Ukuran Kertas, Margin dan Kolom Artikel dicetak dalam kertas ukuran A4(21x29.7cm). Margin atas, bawah, kanan dan kiri masing-masing adalah 2 cm. Penulisan artikel (kecuali abstrak) dilakukan pada 2 kolom. Lebar kolom adalah 8.15 cm dengan jarak antar kolom 0.7 cm. Paragraf diketik dengan alinyemen *justified*. Antar judul bab, sub bab dengan paragraf di bawahnya tidak diberi jarak. Antar paragraf diberi jarak 1 spasi baris.

Format Tabel

Tabel harus diterangkan dalam batang tubuh. Tabel dibuat dalam ukuran huruf yang lebih kecil daripada batang tubuh. Tabel hanya menggunakan border horizontal di tepi atas, bawah dan batas judul kolom, tanpa border vertikal (lihat Tabel 1). Judul tabel ada di atas tabel, menggunakan Times New Roman (TNR) 11, hanging pada 1.5 cm. Tabel yang diperbesar boleh 2 kolom penuh dan diletakkan

pada bagian atas atau bagian bawah suatu halaman. Lihat Tabel 2.

Format Gambar

Semua gambar harus dijelaskan dalam paragraf. Tampilan gambar harus jelas (lihat Gambar 1), tulisan-tulisan harus terbaca. Gambar dapat diperbesar menjadi 2 kolom penuh dan diletakkan pada awal bagian atas atau bagian bawah suatu halaman. Lihat Gambar 2. Gambar berupa foto berwarna harus cukup jelas dicetak dalam warna hitam putih/*Grayscale*.

Tabel 1. Ukuran dan jenis huruf untuk bagian-bagian dalam artikel di jurnal Proteksi

Bagian	Huruf	Point	Keterangan
Judul	Arial narrow	16	Huruf besar, bold, spasi baris 1, justified
Nama pengarang	TNR	12	Title case, bold, spasi baris 1, center
Footnote	TNR	9	Sentence case, spasi baris 1, justified, hanging 0,5 cm
Abstrak, Kata kunci	TNR	10	Sentence case, italic, spasi baris 1, justified
Judul Bab	TNR	12	Huruf besar, bold, spasi baris 1, rata kiri
Judul Sub bab	TNR	11	Title case, bold, spasi baris 1, rata kiri
Paragraf	TNR	11	Sentence case, spasi baris 1, setelah paragraf diberi jarak spasi 1 spasi, justified

Tabel 2. Contoh tabel ukuran besar

Bagian	Huruf	Point	Keterangan
Judul Tabel	TNR	11	Sentence case, spasi baris 1, hanging 1,5 cm
Isi Tabel	TNR	8-10	Sentence case, spasi baris 1
Judul Gambar	TNR	11	Sentence case, spasi baris 1, tengah



Gambar 1. *Indirect Tensile Stiffness Modulus (ITSM) test*

<https://doi.org/10.26740/proteksi.vxn.x.px-x>

Format Persamaan

Persamaan yang sudah biasa digunakan di dunia teknik sipil, tidak perlu dicantumkan dalam artikel. Persamaan-persamaan yang secara langsung mendukung dan merupakan hasil penelitian mutakhir yang dicantumkan, ditulis dengan menggunakan *Microsoft Equation* dan diberi nomor. Penomoran dilakukan dengan tabulasi kanan pada 7.75 cm dengan didahului titik-titik. Contoh dapat dilihat pada Persamaan [1].

$$n = \frac{z_{(\alpha/2)}^2 + \sigma^2}{B^2} \dots\dots\dots[1]$$

Semua singkatan dalam persamaan harus dijelaskan dengan kalimat, contoh: n adalah jumlah simulasi yang diperlukan; Z nilai invers dari distribusi normal; σ standar deviasi dan B adalah interval kesalahan (*margin of error*)

Atau dengan cara sbb:

keterangan :

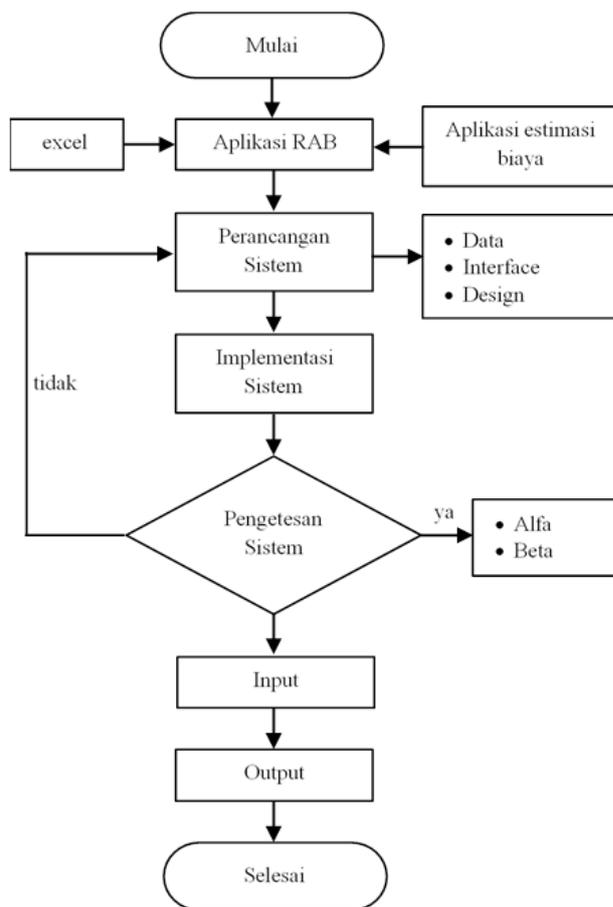
- n = jumlah simulasi yang diperlukan
- Z = nilai invers dari distribusi normal
- σ = standar deviasi
- B = interval kesalahan (*margin of error*)

METODE

Uraikan metode penelitian yang digunakan dengan ringkas. Untuk metode yang tidak umum, uraikan dengan rinci. Prosedur yang digunakan dalam penelitian dapat digambarkan misalkan dalam bentuk antara lain:

- Diagram alir
- Gambar
- Diagram lain yang menunjang.

Contoh diagram alur dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram Alir Perancangan Aplikasi Perhitungan RAB

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dapat dinyatakan dalam narasi, tabulasi, grafik, dan atau gambar. Usahakan untuk menampilkan dengan ringkas dan sekomprensif mungkin. Pembahasan harus terfokus pada hasil dan bagaimana hasil tersebut dapat menjawab masalah yang diangkat.

KESIMPULAN

Simpulkan apa yang telah dihasilkan dalam riset, bukan semata-mata apa yang dibayangkan akan dilakukan. Nyatakan dengan jelas apa kontribusi (unik) yang diberikan dalam bidang kajian ini. Simpulan dinyatakan dalam bentuk narasi.

REFERENSI

Referensi yang digunakan sebagian besar merupakan pustaka primer (hasil penelitian) dan bersifat mutakhir (10 th terakhir). Referensi dicantumkan *Hanging* 1 cm, diurutkan secara Alfabetis. Format penulisan referensi adalah sebagai berikut : nama penulis. Tahun. judul artikel (ditulis tegak dengan diawali dan diakhiri tanda "dobel-apostrof"), nama jurnal/majalah (ditulis miring), volume/Jilid, nomor terbit, bulan terbit, nomor permulaan dan akhir artikel, penerbit, tempat terbit.
Contoh:

British Standard. 2003. "(BS) 4987-1: Coated Macadam (asphalt concrete) for roads and other paved areas".

Nichols J.C. and Lay J., 2002, "Crushed Glass in Macadam for Binder Course and Road Base Layers", *Proceedings of 4th European Symposium on Performance of*

Bituminous and Hydraulic Materials in Pavements, BITMAT 4, University of Nottingham, U.K., 11-12 April 2002, pp. 197-212, A.A.Balkema Publishers, Netherlands.

Sear, L.K.A., 2001, "*The Properties and Use of Coal Fly Ash*", Thomas Telford Ltd. London.

Sear, L.K.A., 2006, "Blocks Made in UK – 100 % Utilization of Bottom Ash", *ECOBAConferencePaper, United Kingdom QualityAshAssociation(UKQAA)*, <http://www.ukqaa.org.uk/Papers/ECOBAConferenceFBAinblock-Sear.pdf>. accessed: 08-02-06.

Smith, E.A., 1983, "Buckling of Four Equal-Leg Angle Cruciform Columns", *Journal of Structural Engineering*. ASCE. Vol. 109 No.2 Feb.

*Panjang kolom di halaman terakhir kurang lebih harus sama,
Template penulisan ini dapat diakses di: <https://journal.unesa.ac.id/index.php/proteksi/index>*

Kajian Laboratorium Sika Viscocrete Pada Beton Normal Menggunakan Agregat Kasar Batu Karang

Sika Viscocrete Laboratory Study on Normal Concrete Using Coarse Aggregate of Coral

Alva Yuventus Lukas¹, Jusuf Wilson Meynerd Rafael², Zulfiani AR³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Kupang, Jl. Adi Sucipto P.O.BOX 139 Kupang

Email : alva.lukas@pnk.ac.id

Abstrak

Coral limestone oleh masyarakat Nusa Tenggara Timur disebut Batu Karang adalah batuan yang tersebar diseluruh Pulau Timor terkhusus wilayah Kupang Barat, namun potensinya tidak termanfaatkan baik untuk kebutuhan industri konstruksi, hanya sebatas bahan pengisi untuk pekerjaan pondasi. Sedangkan superplasticizer adalah aditif yang memiliki efek mengurangi air dan meningkatkan *workability* campuran beton, sehingga kekuatan beton dapat meningkat. Penelitian yang dilakukan sebelumnya menunjukkan 25% batu karang menggantikan kerikil tanpa superplasticizer menghasilkan nilai kuat tekan beton hingga $f_c' = 33$ Mpa, namun belum adanya data terkait nilai kuat tekan beton yang menggunakan superplasticizer, sehingga diperlukan pengembangan penelitian penggunaan coral limestone, dengan inovasi penambahan superplasticizer. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kuat tekan beton menggunakan superplasticizer Sika ViscoCrete-3115N serta hubungan pengaruh penambahan superplasticizer yang tepat terhadap nilai kuat tekan beton tersebut. Metode penelitian bersifat experiment laboratorium dengan variasi superplasticizer 0%, 0,3%, 0,5%, 0,8%. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan *Superplasticizer Sika Viscocrete-3115N* memberikan peningkatan nilai kuat tekan beton diusia 28 hari sebesar 24,72 Mpa, 25,86 Mpa, dan 26,23 Mpa, namun peningkatannya lebih kecil dari benda uji tanpa menggunakan superplasticizer.

Kata Kunci: Batu Karang; Kuat Tekan Beton; *Superplasticizer Sika Viscocrete-3115N*

Abstract

Coral limestone by the people of East Nusa Tenggara called Batu Karang is a rock that is spread throughout Timor Island, especially the West Kupang region, but its potential is not utilized well for the needs of the construction industry, only limited to fillers for foundation work. While superplasticizers are additives that have the effect of reducing water and increasing the workability of concrete mixtures, so that the strength of concrete can increase. Previous research showed that 25% of coral replaces gravel without a superplasticizer resulting in a compressive strength value of concrete up to $f_c' = 33$ Mpa, but there is no data related to the compressive strength value of concrete using superplasticizers, so it is necessary to develop research on the use of coral limestone, with innovations in adding superplasticizers. The purpose of the study was to determine the compressive strength of concrete using the superplasticizer Sika ViscoCrete-3115N and the relationship between the effect of adding the right superplasticizer on the compressive strength value of the concrete. The research method is a laboratory experiment with superplasticizer variations of 0%, 0.3%, 0.5%, 0.8%. The results showed that the use of the superplasticizer Sika Viscocrete-3115N provided an increase in the compressive strength value of concrete at the age of 28 days by 24.72 Mpa, 25.86 Mpa, and 26.23 Mpa, but the increase was smaller than the test specimen without using a superplasticizer.

Keywords: *Compressive Strength of Concrete ; Coraline Limestone ; Superplasticizer Sika Viscocrete-3115N*

PENDAHULUAN

Coral Limestone oleh masyarakat Pulau Timor - Nusa Tenggara Timur dikenal sebagai Batu Karang merupakan batuan yang tersebar hampir diseluruh Pulau Timor (Amheka et al., 2019). Coral Limestone berwarna putih hingga kekuning-kuningan dengan ketebalan lapisan $\pm 4,6\text{m}$ (Setiani et al., 2015). Dinas Pertambangan Kabupaten Kupang tahun 2019, mengungkapkan Coral Limestone merupakan salah satu bahan tambang yang banyak digunakan di Kabupaten Kupang dan penyebarannya meliputi wilayah Kupang Barat, Kupang Tengah, Amarasi, Fatuleu, dan Nekamese (*Sektor Pertambangan Kabupaten Kupang*, 2019). Pemanfaatan Coral Limestone di Nusa Tenggara Timur pada bidang konstruksi bangunan, hanya digunakan sebagai bahan penyusun untuk pekerjaan pondasi menerus. Beberapa penelitian, menunjukkan bahwa Coral Limestone tipe Coralline Algae Pack to Grainstone, dapat dimanfaatkan untuk lantai atau dinding pada bangunan rumah (Amheka et al., 2019). Namun, potensi Coral Limestone itu sendiri belum dimanfaatkan sebagai bahan penyusun beton pengganti kerikil yang kemudian digunakan sebagai beton struktural untuk bangunan rumah sederhana, seperti halnya kolom, balok, sloof.

Penelitian Wu W, 2018 untuk sifat mekanik beton agregat karang (coral aggregate concrete) yang mengandung fly ash (FA) dan silica fume (SF) menunjukkan penurunan nilai kuat tekan beton usia 28 hari jika menggunakan fly ash dan meningkat hingga 59 Mpa jika menggunakan silica fume (SF) (Wu et al., 2018). Sedangkan beberapa penelitian terkait beton agregat karang dari Bengkulu tanpa zat aditif rata-rata nilai kuat tekan adalah 18,57 Mpa (Ria Pangaribuan, 2015), sedangkan batu karang dari Jayapura rata-rata nilai kuat tekan adalah 27,15 Mpa (Bakarbesy, 2015), dan batu karang dari Pulau Timor Nusa Tenggara Timur sebesar 25% menggantikan kerikil, tanpa zat aditif dan pasir berjenis pasir kasar menghasilkan rata-rata nilai kuat tekan adalah 33 Mpa (Lukas & Rafael, 2024). Artinya beton agregat kasar batu karang dapat ditingkatkan nilai kuat tekan betonnya dibandingkan beton agregat batu karang yang tidak menggunakan zat aditif.

Penggunaan silica fume pada campuran beton, mampu meningkatkan kerja beton yaitu nilai kuat tekan, namun apabila penggunaannya berlebihan maka *workabilitas* campuran beton semakin berkurang, ini disebabkan sifat dari silica fume yang menyerap air lebih besar (Sopa N.R et al., 2023).

Selain silica fume, zat aditif lainnya yang sering digunakan untuk meningkatkan kekuatan

beton adalah superplasticizer yaitu campuran kimia (*chemical admixtures*) yang memiliki efek mengurangi air dan secara signifikan meningkatkan *workability* campuran beton (Neville, 2011), sehingga meningkatkan kekuatan beton ke tingkatan yang sesuai (Sadegh-Zadeh et al., 2023). Superplasticizer dapat juga digunakan pada beton berpori dengan takaran 0,6% dapat meningkatkan kuat tekan beton mencapai 16,456 Mpa (Tyas et al., 2020) dan dapat juga digunakan pada beton yang agregat halusnya digantikan dengan limbah egg tray pada takaran 1,5% meningkatkan kuat tekan beton mencapai 23 Mpa (Rafael, 2022). Namun penggunaan superplasticizer pada beton dengan agregat kasarnya menggunakan batu karang belum diterapkan, sehingga diperlukan pengembangan penelitian melalui pemanfaatan *coral limestone* (batu karang) dari Nusa Tenggara Timur dengan inovasi penambahan superplasticizer. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kuat tekan beton yang menggunakan batu karang sebagai agregat kasar pengganti kerikil yang diberikan perlakuan adanya superplasticizer dan tidak adanya superplasticizer pada campuran beton tersebut, serta untuk mengetahui hubungan pengaruh penambahan superplasticizer yang tepat terhadap beton tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan potensi batu gamping koral (batu karang) dari Nusa Tenggara Timur sebagai salah satu bahan penyusun beton non-struktural ataupun beton struktural komposit tulangan baja pada konstruksi bangunan rumah sederhana dan dapat juga memecahkan masalah kurangnya agregat kasar dalam konstruksi disuatu daerah kepulauan seperti halnya Pulau Timor.

TINJAUAN PUSTAKA

Superplasticizers.

Superplasticizer adalah campuran kimia (*chemical admixtures*) yang memiliki efek mengurangi air dan secara signifikan meningkatkan *workability* campuran beton, sehingga meningkatkan kekuatan beton (Neville, 2011). Pada umumnya partikel semen dalam air cenderung saling kohesi dan partikel semen akan menggumpal. Dengan menambahkan *superplasticizer*, partikel semen akan terpisah satu sama lain dan menyebar. Dengan kata lain, superplasticizer memiliki dua fungsi yaitu mendispersikan partikel semen dari gumpalan partikel dan mencegah kohesi antar semen. Fenomena dispersi partikel semen dengan penambahan *superplasticizer* dapat menurunkan kekentalan pasta semen, sehingga pasta semen lebih

cair. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan air dapat dikurangi dengan penambahan *superplasticizer* (Dzikri & Firmansyah, 2018).

Hal senada juga dikemukakan dalam penelitian (Wulandari, 2017). Keuntungan penggunaan *superplasticizer* pada campuran pasta semen dan campuran beton antara lain menjaga kadar air dan semen tetap konstan sehingga diperoleh campuran dengan *workability* yang tinggi, mengurangi jumlah air dan menjaga kadar semen dengan *workability* yang sama serta menghasilkan faktor air semen yang lebih rendah dengan kekuatan yang lebih rendah. lebih besar.

SikaViscoCrete-3115N merupakan *superplasticizer* generasi ketiga untuk beton dan mortar. Dikembangkan untuk produksi beton dengan daya alir tinggi dengan sifat retensi kemampuan kerja yang sangat baik. Sika ViscoCrete-3115N bekerja dengan cara adsorpsi pada permukaan partikel semen yang menghasilkan efek pemisahan sterik (*sterical*). Beton yang diproduksi dengan Sika ViscoCrete-3115 N menunjukkan sifat-sifat berikut : (a) Kemampuan mengalir yang sangat baik (mengurangi upaya dalam pekerjaan pengecoran dan pemadatan). (b) Kemampuan memadatkan diri (*self-compacting*) yang baik. (c) Reduksi air yang sangat tinggi (menghasilkan densitas dan kekuatan yang tinggi). Sika ViscoCrete-3115 N tidak mengandung klorida atau zat lain yang dapat menimbulkan korosi pada baja. Oleh karena itu, dapat digunakan tanpa batasan untuk konstruksi beton bertulang dan prategang. Sika ViscoCrete-3115 N memberikan kemampuan kerja yang lebih lama pada beton dan tergantung pada desain proporsi campuran dan kualitas bahan yang digunakan, sifat pemadatan sendiri dapat dipertahankan selama lebih dari 1 jam pada suhu 30 °C (Building Trust SIKA, 2022).

Pada penelitian menggunakan *superplasticizer* jenis Sika ViscoCrete-3115N dengan komposisi 3% dari berat semen dan reduksi air 1,2 liter, mampu meningkatkan kuat tekan beton sebesar 33,13%. yaitu 346,52 kg/cm² dari target kuat tekan 300 kg/cm² (Riwayati & Habibi, 2020). Jenis *superplasticizer* yang sama juga digunakan dalam penelitian untuk beton ramah lingkungan dari limbah *egg tray* dengan komposisi 1,5% ViscoCrete-3115N menghasilkan peningkatan kuat tekan beton yang baik pada tingkat umur pengamatan 7 hari dan 28 hari. Kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa *superplasticizer* tipe Sika ViscoCrete-3115N dapat digunakan dalam campuran beton untuk meningkatkan kuat tekan beton (Rafael, 2022).

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode percobaan (*experiment*) di laboratorium, sehingga hasil dan data yang diperoleh adalah data primer berdasarkan percobaan di laboratorium tersebut. Keterangan percobaan ini dijelaskan sebagai berikut :

1. Lokasi Penelitian.

Pengujian sampel (benda uji) dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Teknik Sipil - Politeknik Negeri Kupang, Nusa Tenggara Timur.

2. Material Penelitian.

Agregat halus (pasir) menggunakan pasir dari *quarry* kota Takari - NTT, berdasarkan analisa saringan masuk dalam kategori pasir kasar. Sedangkan untuk agregat kasar (kerikil) berukuran gradasi maksimum 40 mm diambil dari *quarry* yang sama dengan pasir.



Gambar 1. Agregat halus dan agregat kasar yang digunakan dalam pengujian.

Batu karang yang digunakan adalah batu karang yang dalam kondisi bersih (dicuci bersih) dengan ukuran batu karang adalah split 2/3 dengan ukuran gradasi maksimum 40 mm.

Presentasi batu karang yang dipakai dalam penelitian ini adalah sebesar 25% menggantikan agregat kasar (kerikil). Nilai tersebut diambil berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dimana menggunakan 25% batu karang menggantikan kerikil dan pasir berjenis pasir kasar, maka nilai kuat tekan yang dihasilkan adalah sebesar 33 Mpa (Lukas & Rafael, 2024).



Gambar 2. Material batu karang yang akan dipakai dalam penelitian.

Sedangkan zat aditif yang dipakai adalah superplasticizer berjenis Sika ViscoCrete-3115N. Pemberian dosis superplasticizer yang berlebihan akan menyebabkan penundaan setting yang lama hingga beton justru kehilangan kekuatan akhir (Neville, 2011). Berdasarkan katalog PT. Sika Indonesia, karakteristik superplasticizer Sika Viscocrete-3115N adalah untuk beton soft plastic 0,3 – 0,8% dari berat binder (bahan pengikat atau semen) (Building Trust SIKA, 2022). Sehingga variasi penggunaan superplasticizer Sika ViscoCrete-3115N pada campuran beton digunakan 0,0% ; 0,3% ; 0,5% ; 0,8% dari berat binder.



Gambar 3. Superplasticizer berjenis Sika ViscoCrete-3115N, kapasitas 20 liter.

3. Benda Uji.

Benda uji atau sampel yang dipakai dalam penelitian ini berbentuk silinder 15 cm × 30 cm dengan mutu beton target adalah $f_c' = 30\text{Mpa}$. Sedangkan untuk jumlah benda uji dijelaskan pada tabel dibawah ini :

Tabel 1. Jumlah benda uji.

Rencana Hari Pengamatan	Variasi <i>Superplasticizer</i>	Jumlah Benda Uji
7 hari	0,0%	3
	0,3%	3
	0,5%	3
	0,8%	3
14 hari	0,0%	3
	0,3%	3
	0,5%	3
	0,8%	3
21 hari	0,0%	3
	0,3%	3
	0,5%	3
	0,8%	3
28 hari	0,0%	3
	0,3%	3
	0,5%	3

0,8%	3
Total Benda Uji	48

4. Pengujian Kuat Tekan.

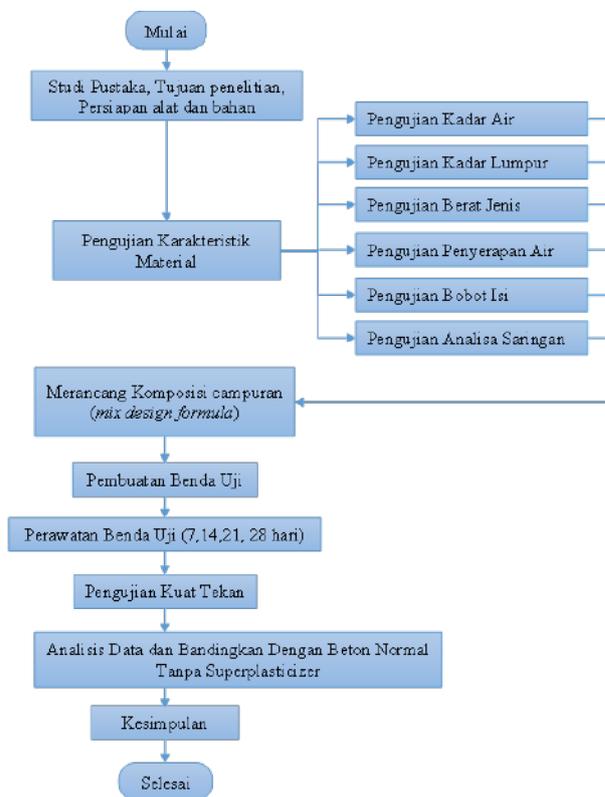
Pengujian kuat tekan dilakukan pada 48 benda uji menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) sedangkan untuk menghitung kuat tekan beton benda uji didasarkan pada rumus :

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- f_c' = Kuat tekan beton (MPa)
- P = Beban maksimum (N) yang dihasilkan oleh mesin UTM.
- A = Luas penampang benda uji (mm^2)

5. Diagram Alur Penelitian.



Gambar 4. Diagram alir Penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Komposisi Campuran.

Komposisi campuran merupakan jumlah atau takaran dari masing-masing bahan penyusun beton, yang melalui proses perhitungan mix design menggunakan standar SNI SNI-03-2834-2000. Komposisi campuran pada masing-masing

penggunaan Superplasticizer Sika Viscocrete-3115N disajikan dalam dibawah ini :

Tabel 2. Komposisi campuran beton

Variasi Sika Viscocrete-3115N (%)	0,0 %	0,3 %	0,5 %	0,8 %
Semen (kg)	26,405	26,405	26,405	26,405
Agregat Halus (Pasir) (kg)	54,736	54,736	54,736	54,736
Agregat Kasar (Kerikil) (kg)	42,370	42,370	42,370	42,370
Air (liter)	13,53	13,53	13,53	13,53
Batu Karang (kg)	13,988	13,988	13,988	13,988

2. Pengurangan Air Akibat Penggunaa Superplasticizer Sika Viscocrete-3115N.

Proses pencampuran bahan penyusun beton dilaksanakan pada Laboratorium Bahan Politeknik Negeri Kupang dengan menggunakan mesin molen elektrik. Pencampuran bahan penyusun beton disesuaikan komposisinya seperti yang disajikan dalam tabel 2 diatas. Dalam proses pencampuran bahan penyusun beton pada setiap variasi penambahan superplasticizer Sika Viscocrete-3115N terjadi pengurangan penggunaan air untuk mencapai nilai slump yang direncanakan, yaitu sebesar 9 cm.

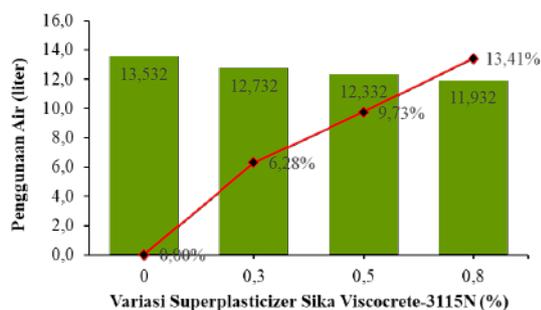
Tabel 3. Pengurangan akibat penggunaan superplasticizer sika viscocrete-3115N.

Variasi Sika Viscocrete-3115N (%)		0,0 %	0,3 %	0,5 %	0,8 %
Penggunaan air	Yang dibutuhkan	13,53 liter	13,53 Liter	13,53 liter	13,53 liter
	Yang Terjadi	13,53 liter	12,73 liter	12,33 liter	11,93 liter
Air Yang Berkurang		0,00 liter	0,80 liter	1,20 liter	1,60 liter
Presentasi Pengurangan Air		0,00 %	6,28 %	9,73 %	13,41 %
Nilai Slump Test		9 cm	9 cm	9 cm	9 cm

Perhitungan pengurangan kebutuhan air sebagai salah satu bahan penyusun beton, langsung menggunakan gelas ukur saat proses pencampuran bahan penyusun beton dilaksanakan menggunakan mesin molen. Hasil pengukuran disajikan dalam tabel 3. Berdasarkan tabel 3 diatas, pengurangan air pada saat menggunakan superplasticizer Sika Viscocrete-3115N sebesar 0,30% dalam campuran beton adalah sebesar 0,80 liter, berkurang 6,28% dari kebutuhan air yang seharusnya yaitu 13,53 liter.

Pengurangan air pada saat menggunakan superplasticizer Sika Viscocrete-3115N sebesar 0,50% dalam campuran beton adalah sebesar 1,2 liter, berkurang 9,73% dari kebutuhan air yang seharusnya. Sedangkan pengurangan air pada variasi superplasticizer Sika Viscocrete-3115N sebesar 0,80% dalam campuran beton adalah sebesar 1,6 liter, berkurang 13,41% dari kebutuhan air yang seharusnya.

Gambar 6. Proses pengukuran massa jenis campuran beton.



Gambar 5. Grafik hubungan penambahan superplasticizer terhadap penggunaan air serta persentase pengurangan air.

Berdasarkan gambar 5 diatas, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan superplasticizer Sika Viscocrete-3115N pada beton normal yang menggunakan batu karang sebesar 25% pengganti kerikil (agregat kasar) apabila ditambahkan dari persentase 0,3% dari berat semen hingga persentase 0,5% akan mengakibatkan pengurangan penggunaan air hingga 13,41%, dengan nilai slump target adalah 9 cm.

3. Massa Jenis Benda Uji.

Proses pengukuran massa jenis benda uji dilakukan setelah pencampuran bahan penyusun beton tercampur merata dan dikeluarkan dari mesin molen, kemudian dimasukan kedalam bejana silinder 19,50 cm × 19,20 cm, dilakukan rojok agar campuran tersebar merata dalam bejana, kemudian dilakukan penimbangan untuk dicatat berat bejana ditambah isi campuran beton dalam bejana, seperti ditunjukkan dalam gambar 5 dibawah ini :



Data hasil dilakukannya penimbangan, dilanjutkan dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut ini :

$$D = \frac{(M_c - M_m)}{V_m} \dots\dots\dots (2)$$

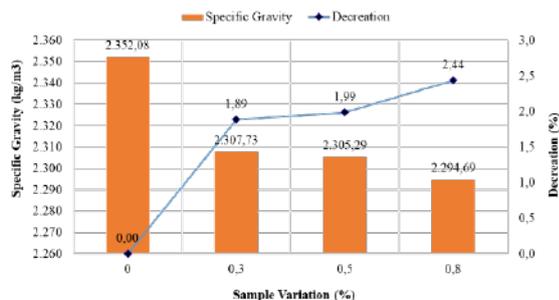
Dimana nilai M_c adalah berat cetakan ditambah berat beton segar dalam cetakan (satuan kg), M_m adalah berat cetakan kosong (satuan kg), sedangkan nilai V_m adalah volume cetakan (satuan m^3). Hasil perhitungan disajikan dalam tabel 4 dibawah ini :

Tabel 4. Masa jenis benda uji pada setiap variasi penggunaan superplasticizer Sika Viscocrete-3115N.

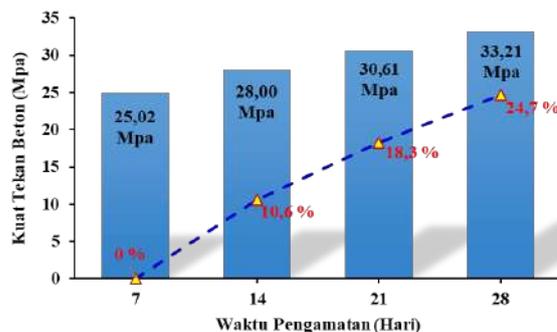
Variasi (%)	M_c (gr)	M_m (gr)	V_m (gr)	D (kg/m^3)
0,0	16.897,90	3.417,80	0,00573	2.352,08
0,3	16.643,70	3.417,80	0,00573	2.307,73
0,5	16.629,70	3.417,80	0,00573	2.305,29
0,8	16.568,95	3.417,80	0,00573	2.294,69

Massa jenis benda uji yang diberi perlakuan tanpa penggunaan superplasticizer Sika Viscocrete-3115N adalah sebesar 2.352,08 kg/m^3 , sedangkan benda uji yang mendapat perlakuan penggunaan superplasticizer Sika Viscocrete-3115N dari 0,3% hingga 0,8% mengalami penurunan massa jenis hingga 2.294,69 kg/m^3 .

Penurunan massa jenis pada benda uji yang mendapat perlakuan penggunaan superplasticizer Sika Viscocrete-3115N sebesar 0,3% adalah sebesar 1,89% dari benda uji yang tanpa menggunakan superplasticizer Sika Viscocrete-3115N. pada variasi 0,5% dan 0,8% penurunan massa jenisnya berturut-turut adalah 1,99% dan 2,44%. Seperti yang ditunjukkan dalam gambar 6 dibawah ini :



Gambar 7. Grafik penurunan nilai massa jenis beton pada setiap variasi penggunaan superplasticizer Sika Viscocrete-3115N.



Gambar 9. Grafik hubungan nilai kuat tekan beton pada variasi superplasticizer 0% terhadap hari pengamatan.

4. Pengujian Kuat Tekan Beton.

Pengujian kuat tekan pada benda uji dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* dan proses pengujian ini disajikan pada gambar dibawah ini :



Gambar 8. Proses pengujian benda uji pada setiap variasi penggunaan superplasticizer Sika Viscocrete-3115N.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton pada benda uji dengan perlakuan tanpa menggunakan superplasticizer Sika Viscocrete-3115N ditunjukkan pada tabel dan grafik dibawah ini :

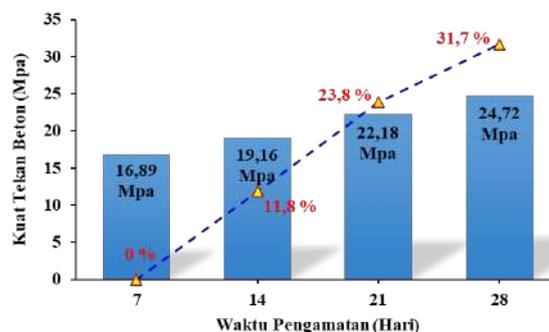
Tabel 5. Nilai kuat tekan beton pada variasi superplasticizer 0 %.

Hari Pengamatan (Hari)	Nilai Kuat Tekan, f_c' (Mpa)
7	25,02
14	28,00
21	30,61
28	33,21

Dari tabel 5, nilai kuat tekan beton benda uji yang menggunakan 25% batu karang menggantikan kerikil (agregat kasar), mengalami peningkatan (gambar 9) dari setiap usia pengamatan, yaitu usia benda uji 7 hari, kuat tekan beton berada pada nilai 25,02 Mpa, kemudian meningkat 10,6% pada usia benda uji 14 hari dengan nilai kuat tekan beton adalah 28 Mpa, kemudian meningkat 18,3% pada usia benda uji 21 hari dengan nilai kuat tekan beton adalah 30,61 Mpa, dan kemudian meningkat menjadi 24,7% pada usia benda uji 28 hari dengan nilai kuat tekan beton adalah 33,21 Mpa.

Tabel 6 superplasticizer 0,3 %.

Hari Pengamatan (Hari)	Nilai Kuat Tekan, f_c' (Mpa)
7	16,89
14	19,16
21	22,18
28	24,72

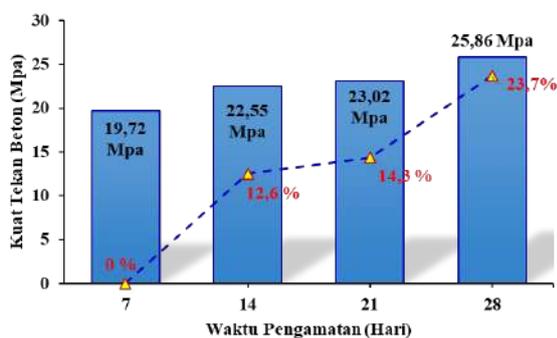


Gambar 10. Grafik hubungan nilai kuat tekan beton pada variasi superplasticizer 0,3% terhadap hari pengamatan.

Penggunaan superplasticizer Sika Viscocrete-3115N sebesar 0,3% pada benda uji yang menggunakan 25% batu karang menggantikan kerikil (agregat kasar), memberikan dampak peningkatan nilai kuat tekan beton pada setiap hari pengamatan, seperti yang ditunjukkan dalam tabel 6 dan gambar 10. Usia benda uji 7 hari, nilai kuat tekan beton berada pada 16,89 Mpa, kemudian meningkat 11,6% pada usia benda uji 14 hari dengan nilai kuat tekan beton adalah 19,16 Mpa, kemudian meningkat 23,8% pada usia benda uji 21 hari dengan nilai kuat tekan beton adalah 22,18 Mpa, dan kemudian meningkat menjadi 31,7% pada usia benda uji 28 hari dengan nilai kuat tekan beton adalah 24,72 Mpa. Tabel 7. Nilai kuat tekan beton pada variasi superplasticizer 0,5 %.

Hari Pengamatan (Hari)	Nilai Kuat Tekan, f_c' (Mpa)
7	19,72
14	22,55
21	23,02
28	25,86

Tabel 7. Menunjukkan hasil kuat tekan beton yang ditinjau disetiap hari pengamatan, yang mana benda ujinya menggunakan 25% batu karang menggantikan kerikil (agregat kasar) dan diberikan perlakuan penambahan superplasticizer Sika Viscocrete-3115N sebesar 0,5%. Dari hasil pengujian tersebut, menunjukkan peningkatan nilai kuat tekan beton pada setiap hari pengamatan.



Gambar 11. Grafik hubungan nilai kuat tekan beton pada variasi superplasticizer 0,5% terhadap hari pengamatan.

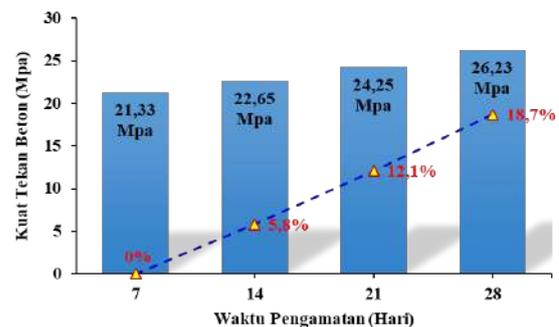
Berdasarkan gambar 11, usia benda uji 7 hari, nilai kuat tekan beton berada pada 19,72 Mpa, kemudian meningkat 12,6% pada usia benda uji 14 hari dengan nilai kuat tekan beton adalah 22,55 Mpa,

kemudian meningkat 14,3% pada usia benda uji 21 hari dengan nilai kuat tekan beton adalah 23,02 Mpa, dan kemudian meningkat menjadi 23,7% pada usia benda uji 28 hari dengan nilai kuat tekan beton adalah 25,86 Mpa.

Tabel 8. Nilai kuat tekan beton pada variasi superplasticizer 0,8 %.

Hari Pengamatan (Hari)	Nilai Kuat Tekan, f_c' (Mpa)
7	21,33
14	22,65
21	24,25
28	26,23

Tabel 8. Menunjukkan hasil kuat tekan beton yang ditinjau disetiap hari pengamatan, yang mana benda ujinya diberikan perlakuan penambahan superplasticizer Sika Viscocrete-3115N sebesar 0,8%. Dari hasil pengujian tersebut, menunjukkan peningkatan nilai kuat tekan beton pada setiap hari pengamatan.



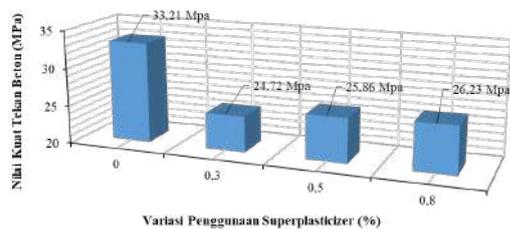
Gambar 12. Grafik hubungan nilai kuat tekan beton pada variasi superplasticizer 0,8% terhadap hari pengamatan.

Berdasarkan gambar 12, usia benda uji 7 hari, nilai kuat tekan beton berada pada 21,33 Mpa, kemudian meningkat 5,8% pada usia benda uji 14 hari dengan nilai kuat tekan beton adalah 22,65 Mpa, kemudian meningkat 12,1% pada usia benda uji 21 hari dengan nilai kuat tekan beton adalah 24,25 Mpa, dan kemudian meningkat menjadi 18,7% pada usia benda uji 28 hari dengan nilai kuat tekan beton adalah 26,23 Mpa.

Berdasarkan gambar 9 hingga gambar 12, menunjukkan bahwa penggunaan superplasticizer Sika Viscocrete-3115N 0,3%, 0,5%, dan 0,8% pada sampel beton yang menggunakan 25% batu karang

menggantikan kerikil (agregat kasar), memberikan peningkatan nilai kuat tekan disetiap usia pengamatan.

kehancuran kerucut, bentuk kehancuran kerucut dan belah, bentuk kehancuran kerucut dan geser, bentuk kehancuran geser, bentuk kehancuran sejajar sumbu tegak (kolumnar).



Gambar 13. Grafik hubungan nilai kuat tekan beton terhadap variasi superplasticizer pada usia pengamatan 28 hari.

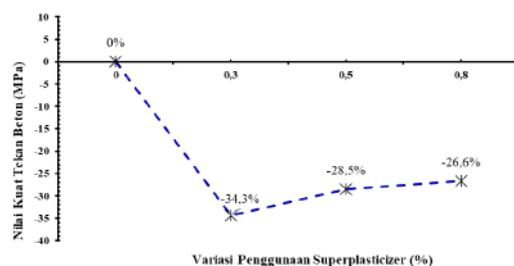
Namun peningkatan nilai kuat tekan tersebut tidak lebih besar dari sampel beton yang diberikan perlakuan tanpa menggunakan superplasticizer Sika Viscocrete-3115N, variasi 0% (gambar 13).



Gambar 15. Pola retak (pola kehancuran) benda uji pada usia pengamatan 28 hari.

Pada sampel usia 28 hari, menghasilkan nilai kuat tekan beton untuk variasi 0% adalah 32,21 Mpa, kemudian menurun 34,3% untuk variasi superplasticizer Sika Viscocrete-3115N sebanyak 0,3% dengan nilai kuat tekan beton 24,72 Mpa, kemudian menurun 28,5% untuk variasi superplasticizer Sika Viscocrete-3115N sebanyak 0,5% dengan nilai kuat tekan beton 25,86 Mpa, dan menurun 26,5% untuk superplasticizer Sika Viscocrete-3115N sebesar 0,8% dengan nilai kuat tekan beton 26,23 Mpa.

Pengujian kuat tekan beton terhadap 46 benda uji didapatkan hasil pola retak untuk benda uji dengan perlakuan tanpa superplasticizer Sika Viscocrete-3115N (variasi 0,0%) adalah pola retak kehancuran kolumnar. Untuk benda uji dengan perlakuan superplasticizer Sika Viscocrete-3115N sebesar 0,3% dan 0,5%, pola retak yang terjadi cenderung mengalami pola retak kehancuran geser. Sedangkan untuk benda uji dengan perlakuan superplasticizer Sika Viscocrete-3115N sebesar 0,8% Cenderung mengalami pola retak kehancuran kerucut dan geser.



Gambar 14. Grafik penurunan nilai kuat tekan beton terhadap variasi superplasticizer pada usia pengamatan 28 hari.

5. Pola Retak Benda Uji.

Pola retak merupakan kehancuran benda uji yang membentuk pola sebagai akibat uji kuat tekan pada benda uji tersebut. Menurut SNI 1974 : 2011, pola retak merupakan data yang menjadi laporan dari setiap dilakukannya pengujian uji kuat tekan. Terdapat lima pola kehancuran yaitu bentuk

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan sebagai berikut : (1). Superplasticizer Sika Viscocrete-3115N yang di gunakan pada beton normal yang menggunakan 25% batu karang menggantikan kerikil (agregat kasar) dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton jika digunakan pada takaran 0,8% dari berat binder. Namun nilai kuat tekan tersebut masih lebih kecil dari nilai kuat tekan pada beton normal yang tidak menggunakan Superplasticizer Sika Viscocrete-3115N. (2) penggunaan Superplasticizer Sika Viscocrete-3115N pada beton yang menggunakan 25% batu karang

menggantikan kerikil (agregat kasar), menurunkan berat jenis beton (*specific of gravity*) hingga 2,44%.

Terhadap Kuat Tekan Mutu Beton K-300 Umur 14 Hari. Jurnal Tekno Global, Vol. 9, No. 2, 44–49.

REFERENSI

- Amheka, A., Tuati, F., Rumbino, Y., Teknik, D., Politeknik, M., Kupang, N., Dosen,), Pertambangan, T., & Undana, F. 2019. Environmental Study Of Potential And Benefits Of Coral Stone Timor Island Province Nusa Tenggara Timur. Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana, 13(1).
https://ejurnal.undana.ac.id/index.php/jurnal_teknologi/article/view/1330
- Bakarbessy, D. 2015. Presentasi Karang Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton Normal (Vol. 2, Issue 12).
<https://ojs.ustj.ac.id/dinamis/article/view/302>
- Building Trust Sika. 2022. Lembar Data Teknis Sika® ViscoCrete®-3115 N.
- Dzikri, M., & Firmansyah, M. 2018. Pengaruh Penambahan Superplasticizer Pada Beton Dengan Limbah Tembaga (Copper Slag) Terhadap Kuat Tekan Beton Sesuai Umurnya.
- Lukas, A. Y., & Rafael, J. W. M. 2024. Uji Ultrasonic Pulse Velocity Pada Beton Normal Yang Menggunakan Batu Karang Sebagai Pengganti Kerikil Ultrasonic Pulse Velocity Test On Normal Concrete Using Corallimestone As A Replacement Of Gravel. In Jurnal Teknik Sipil (Vol. 19, Issue 1).
- Neville, A. M. 2011. Properties of Concrete 5th Edition.
- Rafael, J. 2022. Pengaruh Penambahan Superplasticizer Pada Beton Dengan Limbah Egg Tray Terhadap Kuat Tekan Beton Untuk Pembuatan Beton Ramah Lingkungan. JUTEKS - Jurnal Teknik Sipil, Vol. VII No. II, 69–73.
- Ria Pangaribuan, M. 2015. Penggunaan Batu Karang, Tanah Sebagai Pengganti Agregat Dalam Pembuatan Beton K-175 Untuk Bangunan Sederhana. Arsitektur & Teknik Sipil, 6.
- Riwayati, R. R. S., & Habibi, R. 2020. Pengaruh Penambahan Zat Aditif Sika Viscocrete Terhadap Kuat Tekan Mutu Beton K-300 Umur 14 Hari. Jurnal Tekno Global, Vol. 9, No. 2, 44–49.
- Sadegh-Zadeh, S. A., Dastmard, A., Montazeri Kafshgarkolaei, L., Movahedi, S., Shiry Ghidary, S., Najafi, A., & Saadat, M. 2023. Machine Learning Modelling for Compressive Strength Prediction of Superplasticizer-Based Concrete. Infrastructures, 8(2).
<https://doi.org/10.3390/infrastructures8020021>
- Sektor Pertambangan Kabupaten Kupang. 2019, May 9. Diskominfo Kab. Kupang.
<https://kupangkab.go.id/hal-sektor-pertambangan.html>
- Setiani, E., Lepong, P., Kris Budiono, dan, Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan Bandung Jalan Barong Tongkok No, P., Gunung Kelua Samarinda, K., & Timur, K. 2015. Studi Identifikasi Litologi Batu Gamping Koral (Coral Limestone) Berdasarkan Metode GPR di Pesisir Pantai Nemberala, Kabupaten Rote, Provinsi Nusa Tenggara Timur. In Prosiding Seminar Sains dan Teknologi FMIPA Unmul (Vol. 1, Issue Desember).
- Sopa N.R, Y. M., Nisumanti, S., & Chandra, D. 2023. Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Beton Fc'25. Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi), 5(1), 1–6. <https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n1.p1-6>
- Tyas, Y. W., Nurtanto, D., & Krisnamurti, K. 2020. Pengaruh Variasi Prosentase Superplasticizer terhadap Sifat Mekanik dan Porositas Beton Berpori. Media Teknik Sipil, 18(1), 33–41.
<https://doi.org/10.22219/jmts.v17i2.11053>
- Wu, W., Wang, R., Zhu, C., & Meng, Q. 2018. The effect of fly ash and silica fume on mechanical properties and durability of coral aggregate concrete. Construction and Building Materials, 185, 69–78.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.06.097>
- Wulandari, R. A. D. 2017. Pengaruh Penambahan Fly Ash Dan Superplasticizer Dalam Mencapai Low Cement Concrete. Jurnal Media Informasi Teknik Sipil, Vol. 5, No.1, 15–19.

Redesain Sistem Drainase Area Gedung A,B,C,D,E dan F di Kampus UNITOMO

Re-Planning of Drainage Channels in A, B, C,D,E and F Building in UNITOMO

Nurul Jannah Asid¹ Safrin Zuraidah² Yunus Susilo³ Wisnu Abiar⁴ Yusuf Ridlwan⁵

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya, Jl. Semolowaru 84 Surabaya.

Email : nurul.jannah@unitomo.ac.id

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya, Jl. Semolowaru 84 Surabaya.

Email : safrin.zuraidah@unitomo.ac.id

³Program Studi Teknik Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya, Jl. Semolowaru 84 Surabaya.

Email : Yunus.susilo@unitomo.ac.id

⁴Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya, Jl. Semolowaru 84 Surabaya.

Email :-

⁵Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya, Jl. Semolowaru 84 Surabaya.

Email : ridlwanyusuf33@gmail.com

Abstrak

Gedung A, B, C, D, E, dan F adalah Gedung yang digunakan untuk perkuliahan dan kantor bagi aktivitas dosen dan tendik di Universitas Dr Soetomo. Pada saat terjadi hujan dengan intensitas yang lama sering terjadi banjir. Banjir menyebabkan aktivitas terganggu dan rentan untuk merusak dokumen dan peralatan penting yang ada pada Gedung tersebut. Banjir terjadi karena saluran drainase yang tidak berfungsi dengan baik, beda tinggi lahan yang tidak beraturan, beda tinggi dengan saluran pembuangan yang lebih rendah, sehingga mengakibatkan air cenderung tidak berjalan dan menggenang. Studi ini akan mengkaji saluran drainase yang ada untuk mengetahui kondisi eksisting saluran dilanjutkan dengan analisa hidrologi untuk mengetahui limpasan debit yang harus ditampung, analisa hidrolika untuk menentukan dimensi saluran, dan analisis kontur tanah untuk menentukan arah aliran air. Berdasarkan temuan analisis, penelitian akan didapatkan rencana drainase terbaru dan rekomendasi sumur resapan. Hasil penelitian didapatkan dari 21 Saluran 17 Saluran memiliki dimesi yag tidak bias menampung air limpasan. Perencanaan ulang desain saluran drainase terbuat dari U-Ditch dengan ukuran 0,3 x 0,3 m – 0,5 x 0,7 m. a. Kebutuhan sumur resapan pada area lapangan Gedung f sampai pintu masuk kampus adalah 40 titik dengan ukuran panjang 1,2 m, lebar 1 m dan tinggi 3 m.

Kata kunci : Drainase, Genangan Air, Sumur Resapan

Abstract

A, B, C, D, E, and F are buildings used for lectures and offices for lecturer and staff activities at Dr Soetomo University. When it rains with prolonged intensity, flooding often occurs. Flooding causes activities to be disrupted and is vulnerable to damaging important documents and equipment in the building. Flooding occurs because drainage channels are not functioning properly, irregular land height differences, different heights and lower drainage channels, resulting in water tending not to flow and pooling. This study will examine existing drainage channels to determine the condition of the existing channels, followed by hydrological analysis to determine the runoff discharge that must be accommodated, hydraulic analysis to determine channel dimensions, and soil contour analysis to determine the direction of water flow. Based on the analysis findings, the research will obtain the latest drainage plan and recommendations for infiltration wells. The research results were obtained from 21 channels. 17 channels have dimensions that cannot accommodate runoff water. Re-planning the drainage channel design made from U-Ditch with dimensions of 0.3 x 0.3 m – 0.5 x 0.7 m. a. The need for infiltration wells in the field area of Building F to the campus entrance is 40 points with a length of 1.2 m, width of 1 m and height of 3 m.

Keywords : Drainage Channels, Puddles, Infiltration Wells

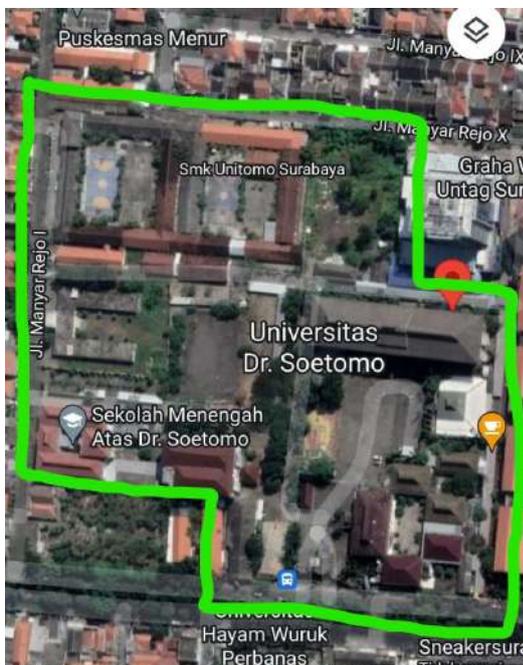
PENDAHULUAN

Gedung A,B,C,D,E dan F terletak di Kampus Unitomo digunakan sebagai Gedung perkuliahan dan kantor bagi dosen dan tendik. Gedung A,B,C,D,E dan F Sering mengalami banjir ketika musim penghujan dan intensitas hujan yang tinggi akibat dari saluran drainase yang tidak bisa menampung air limpasan banjir dan resapan yang kurang.

Kondisi saat ini, lokasi tersebut memiliki beberapa saluran drainase, meskipun belum dapat berfungsi secara maksimal. Kondisi saluran saat ini ada yang kondisinya baik, ada yang kondisinya kurang baik dan banyak sedimen, dan ada pula yang kondisi rusak dan banyak sedimen. Jika sistem drainase kawasan tidak mampu menangani limpasan air hujan secara memadai selama periode hujan deras, lokasi di kawasan ini akan mengalami genangan air. Oleh karena itu, saluran drainase perlu didesain ulang agar dapat berfungsi dengan benar dan mencegah genangan air pada saat curah hujan yang tinggi dan juga perencanaan penambahan resapan ketanah langsung dengan sumur resapan.

Lokasi penelitian ini berada di lahan Yayasan Pendidikan Cendekia Utama Universitas Dr Soetomo yang terletak di Jl. Semolowaru 84 Surabaya.

Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

TINJAUAN PUSTAKA

Analisis Hidrologi

Hujan Kawasan

Data hujan yang diperoleh dari alat penakar hujan merupakan hujan yang terjadi hanya pada satu tempat atau titik saja (point rainfall). Dalam hal ini diperlukan hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada didalam dan/atau disekitar kawasan tersebut.

Ada tiga macam cara yang umum dipakai dalam menghitung hujan rata-rata kawasan:

1. Rata-rata aljabar
2. Polygon Thiessen
3. Isohyet

Analisis Frekuensi dan Probabilitas

Analisis frekuensi diperlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan, baik yang manual maupun yang otomatis. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa yang akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistic kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu.

Dalam ilmu statistic dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah :

1. Distribusi Normal
2. Distribusi Log Normal
3. Distribusi Log-Person III
4. Distribusi Gumbel

Uji Distribusi Data

Untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi, peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut, diperlukan pengujian parameter. Pengujian tersebut meliputi :

1. Uji Chi – Kuadrat
2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Analisis Debit Banjir

Perhitungan Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi suatu DAS adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol) setelah tanah menjadi jenuh dan depresi-depresi kecil terpenuhi.

Waktu konsentrasi pada perencanaan saluran drainase ini menggunakan rumus Kirpich yaitu :

$$t_c = \left(\frac{0.87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0.385} \dots\dots\dots [1]$$

Keterangan :

- t_c = Waktu konsentrasi (jam)
 - L = Panjang Saluran sub das (meter)
 - S = Kemiringan
- (Suripin, 2004)

Perhitungan Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung lebih tinggi dan makin besar suatu periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Hubungan intensitas, lama hujan dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam Intensitas - Durasi - Frekuensi (IDF = Intensity – Duration – Frequency Curve).

Menurut Mononobe, untuk menghitung intensitas curah hujan dapat digunakan rumus empiris sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3} \dots\dots\dots [2]$$

Keterangan :

- I = Intensitas hujan (mm/jam)
 - t = Lamanya hujan (jam)
 - R_{24} = Curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)
- (Suripin, 2004)

Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah suatu variabel yang didasarkan pada kondisi daerah pengaliran dan karakteristik hujan jatuh didaerah tersebut. Adapun kondisi daerah pengaliran dan karakteristik yang dimaksud adalah keadaan hujan, tata guna lahan, luas dan bentuk daerah aliran, kemiringan daerah aliran daya infiltrasi dan perkolasi tanah.

Perhitungan Debit

Analisis debit banjir menggunakan Metode Rasional, berikut rumus umum dari Metode Rasional :

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots [3]$$

Keterangan:

- Q = Debit tertinggi untuk periode ulang t tahun (m^3/det)
 - C = Koefisien pengaliran
 - I = Intensitas hujan (mm/jam)
 - A = Luas daerah aliran hujan (km^2)
- (Anggraeni, 2019)

Perhitungan Debit Limbah Domestik

Estimasi debit air limbah di peroleh dengan persamaan berikut :

$$Q_{ave} \text{ air bersih} = \text{Kebutuhan air bersih per orang} \times \text{jumlah penduduk} \dots\dots\dots [4]$$

$$Q_{ave} \text{ air limbah} = (70-80\%) \times Q_{ave} \text{ air bersih} \dots\dots\dots [5]$$

(Pratiwi, 2015)

Analisis Hidrolika

Dilakukannya analisis hidrolika sangat diperlukan untuk merencanakan dimensi saluran drainase yang dapat menampung limpasan baik ditinjau dari hidrolis maupun dari elevasi lapangan. Kapasitas saluran adalah sebagai debit maksimum yang mampu dilewatkan oleh setiap penampang saluran.

Debit Hidrolika

Dalam merencanakan dimensi penampang saluran, digunakan rumusan :

Rumus Manning :

$$Q_s = V \cdot A \dots\dots\dots [6]$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S_o^{1/2} \dots\dots\dots [7]$$

Keterangan :

- Q_s = Debit saluran (m^3/dt)
- V = Kecepatan aliran (m/dt)
- A = Luas penampang basah (m^2)
- n = Koefisien manning
- R = Jari-jari hidrolis (m)
- S = Kemiringan saluran

(Krisnayanti, 2017)

Perencanaan Saluran Drainase

$$A = B \cdot h \dots\dots\dots [8]$$

$$P = B + 2 \cdot h \dots\dots\dots [9]$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots [10]$$

Keterangan :

- B = Lebar saluran (m)
- h = tinggi muka air (m)
- A = Luas penampang basah saluran (m^2)
- R = Jari-jari hidrolis (m)
- P = Keliling basah

(Suripin, 2004)

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3 sebagai berikut:

Perencanaan Sumur Resapan

Sumur resapan merupakan rekayasa teknik dengan bentuk sumur, akan tetapi berfungsi sebagai tempat penampungan air dari atas tanah. (Dinas Lingkungan Hidup Kota Cimahi, 2019) Sumur resapan merupakan sumur atau lubang pada permukaan tanah yang dibuat untuk menampung air hujan agar dapat meresap ke dalam tanah. Sumur resapan ini kebalikan dari sumur air minum. Sumur resapan merupakan lubang untuk memasukkan air ke dalam tanah, sedangkan sumur air minum berfungsi untuk menaikkan air tanah ke permukaan. Sumur resapan adalah upaya untuk memperbanyak resapan air hujan ke dalam tanah dan memperkecil aliran permukaan sebagai penyebab banjir dan genangan air sementara. (UMM Jurnal, t.t.)

METODE

Tahap Persiapan

Beberapa tahapan dalam tahap persiapan, antara lain :

1. Studi Literatur
2. Survei Lapangan
3. Pengumpulan data

Tahap Analisis Data dan Perhitungan

Beberapa tahapan dalam Tahap Analisis Data dan Perhitungan, antara lain :

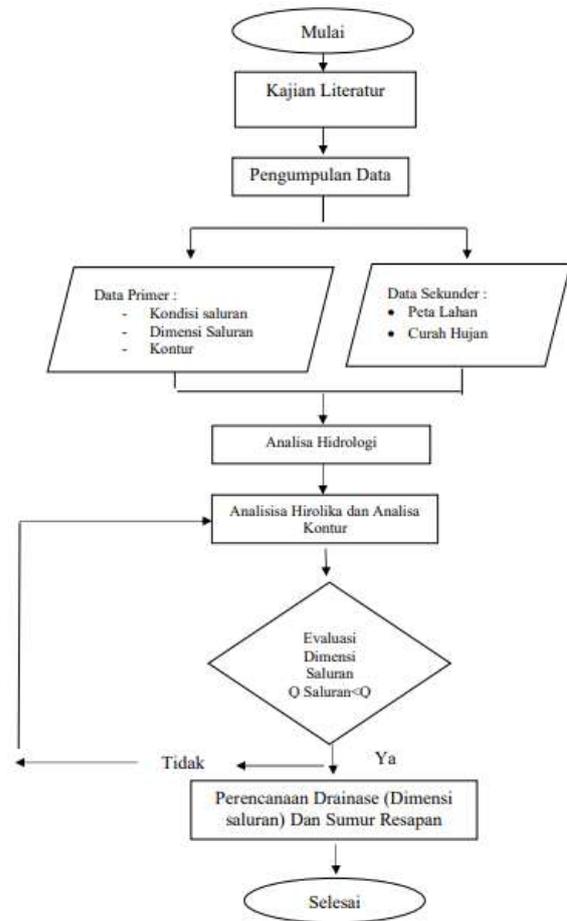
1. Analisis Hidrologi
2. Analisis Hidrolika

Lokasi Penelitian

Layout lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Layout Lokasi Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi yang bertujuan menghitung debit rencana dengan menggunakan metode rasional dan analisa hidrolika untuk menghitung kapasitas debit saluran eksisting dan saluran baru. Kedua hasil ini dibandingkan ($Q_{kaps} > Q_{rencana}$) untuk melihat kemampuan dari setiap saluran. (Pania et al., 2013)

Distribusi Curah Hujan Wilayah

Curah hujan yang diperlukan dalam penyusunan Skripsi ini adalah curah hujan rata-rata. Stasiun hujan terdekat dari lokasi penelitian, yaitu stasiun hujan Wonokromo, stasiun hujan Gubeng, stasiun hujan Keputih dan stasiun hujan Wonorejo.

Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi adalah analisis mengenai pengulangan suatu kejadian untuk menentukan periode ulang beserta nilai probabilitasnya.

Tabel 1. Curah Hujan Maksimum Rata - Rata diurutkan dari Besar ke Kecil

No.	Tahun	Curah Hujan Rata-Rata R(mm)
1	2016	122,50
2	2017	119,00
3	2014	106,50
4	2020	102,00
5	2013	87,75
6	2021	85,75
7	2022	85,25
8	2015	79,25
9	2018	68,00
10	2019	67,00

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Analisis Frekuensi

Tabel 2. Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi

Pers Dis	Uji Kecocokan							
	Chi - Kuadrat				Smimov - Kolmogorov			
	Xh ²	Nilai	X ²	Ket	Dmks	Nilai	Do	Ket
Normal	0	<	5,991	Ok	0,16	<	0,41	Ok
Log Pearson	0	<	5,991	Ok	0,121	<	0,41	Ok

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dari hasil perhitungan, disimpulkan bahwa kedua persamaan distribusi tersebut telah memenuhi syarat, yang selanjutnya digunakan untuk perhitungan curah hujan periode ulang.

Untuk perhitungan selanjutnya digunakan persamaan Distribusi Log Person Tipe III.

Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang

Tabel 3. Curah Hujan Periode Ulang Distribusi Log Pearson Tipe III.

Periode Ulang	Log \bar{x}	KT	S Log \bar{x}	Log X max	X max
1,001	1,96	-3,05	0,092	1,6794	47,797
1,25	1,96	-0,84	0,092	1,88272	76,334
2	1,96	0	0,092	1,96	91,201

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Intensitas Hujan

Intensitas hujan merupakan banyaknya hujan yang turun dalam 1 jam pada wilayah tertentu. Perhitungan Intensitas Hujan dengan menggunakan rumus Mononobe : (Suripin, 2014)

$$I = \frac{R24}{24} \times \left[\frac{24}{tc} \right]^{\frac{2}{3}}$$

Contoh perhitungan pada Saluran Primer SP1 UNITOMO :

$$I = \frac{47,797}{24} \times \left[\frac{24}{0,382} \right]^{\frac{2}{3}} = 31,542 \text{ mm/hour}$$

Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi merupakan waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari ujung saluran ke ujung saluran lainnya. Waktu Konstentrasi (tc) dapat dihitung menggunakan rumus Kirpieh. (Suripin 2004)

$$tc = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385}$$

Contoh perhitungan pada Saluran Primer SP1 UNITOMO :

$$tc = \left(\frac{0,87 \times 0,091^2}{1000 \times 0,000088} \right)^{0,385} = 0,382 \text{ hour}$$

Debit Rencana

Perhitungan Debit saluran menggunakan rumus berikut:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

(Rahmani et al., 2016)

Contoh perhitungan pada Saluran Primer SP1 UNITOMO

$$Q = 0,278 \times 0,7 \times 31,542 \times 0,00118 = 0,007 \text{ m}^3/\text{second}$$

Perhitungan Debit Air Limbah

Perhitungan debit air limbah

Q air limbah = 80% x Kebutuhan Air bersih (Kementerian PUPR, 2018)

Q air bersih = Kebutuhan air bersih/orang x Jumlah penduduk

Kebutuhan : Jumlah Dosen, Karyawan dan Mahasiswa

$$Q \text{ air bersih} = 80 \times 9606$$

$$= 768480 \text{ Liter/hari}$$

$$Q \text{ air limbah} = 80\% \times Q \text{ air bersih}$$

$$= 0,8 \times 768480 = 614784 \text{ Liter/hari}$$

Analisis Hidrolika

Berikut merupakan hasil perbandingan dari perhitungan debit rencana dan kapasitas saluran drainase eksisting.

Contoh perhitungan pada Saluran Primer SP1 UNITOMO :

$$A = 0,525 \times 0,45 = 0,236 \text{ m}^2$$

$$P = 0,525 + (2 \times 0,45) = 1,425 \text{ m}$$

$$R = \frac{0,236}{1,425} = 0,166 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{0,014} \times 0,166^{2/3} \times 0,000088^{1/2}$$

$$= 71,429 \times 0,302 \times 0,009 = 0,202 \text{ m/second}$$

$$Q = 0,202 \times 0,236 = 0,048 \text{ m}^3/\text{second}$$

Hasil perhitungan kapasitas Drainase eksisting di bandingkan dengan perhitungan kapasitas drainase rencana, sehingga akan didapatkan data mana saluran yang masih bias memenuhi dan tidak memenuhi kapasitas debit rencana, seperti ditunjukkan pada table berikut ini:

Tabel 5. Perbandingan Perhitungan Qrencana dan Qsaluran

No.	Nama Saluran	Qrencana (m ³ /s)	Qsaluran (m ³ /s)	Keterangan
1	SP1	0,007	0,048	Memenuhi
2	SP2	0,092	0,085	Tidak
3	SS1	0,014	0,015	Memenuhi
4	SS2	0,006	0,006	Tidak
5	SS3	0,024	0,023	Tidak
6	SS4	0,016	0,041	Memenuhi
7	SS5	0,008	0,005	Tidak
8	SS6	0,008	0,005	Tidak
9	SS7	0,013	0,005	Tidak
10	SS8	0,002	0,001	Tidak
11	SS9	0,004	0,004	Tidak
12	SS10	0,017	0,006	Tidak
13	SS11	0,014	0,009	Tidak
14	SS12	0,008	0,006	Tidak
15	SS13	0,008	0,002	Tidak
16	SS14	0,018	0,004	Tidak
17	SS15	0,007	0,005	Tidak
18	SS16	0,028	0,024	Tidak
19	SS17	0,003	0,002	Tidak
20	SS18	0,003	0,008	Memenuhi
21	SS19	0,015	0,005	Tidak

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dari tabel diatas didapatkan ada beberapa saluran yang tidak memenuhi kapasitasnya. Menurut hasil analisa saluran-saluran tersebutlah yang menyebabkan terjadinya banjir. Saluran-saluran tersebut perlu dilakukan perubahan dimensi, untuk menambung debit rencana.

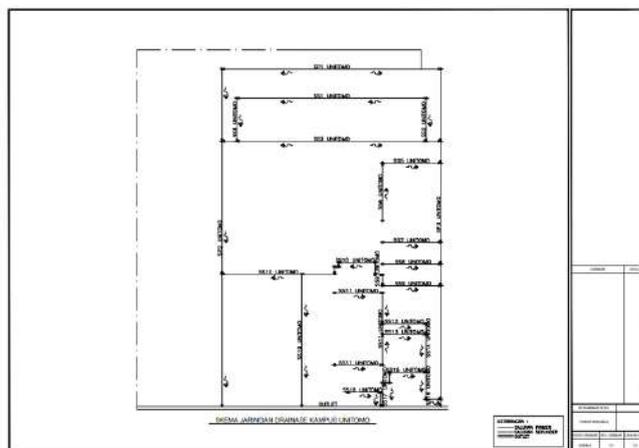
Desain Drainase Baru

Tabel 6. Perencanaan Ulang Desain Dimensi Saluran Drainase

No.	Nama	n	Dimensi (m)		Slope	V (m/s)	Q (m ³ /s)
			B (m)	H (m)			
1	SP1	0,014	0,3	0,4	0,000091	0,156	0,019
2	SP2	0,014	0,5	0,7	0,000246	0,363	0,127
3	SS1	0,014	0,4	0,6	0,000088	0,189	0,045
4	SS2	0,014	0,4	0,6	0,000022	0,095	0,023
5	SS3	0,014	0,4	0,6	0,000098	0,200	0,048
6	SS4	0,014	0,4	0,6	0,000022	0,095	0,023
7	SS5	0,014	0,4	0,4	0,000031	0,104	0,017
8	SS6	0,014	0,4	0,4	0,000032	0,105	0,017
9	SS7	0,014	0,4	0,4	0,000025	0,093	0,015
10	SS8	0,014	0,3	0,3	0,000025	0,077	0,007
11	SS9	0,014	0,3	0,3	0,000043	0,101	0,009
12	SS10	0,014	0,3	0,5	0,000080	0,151	0,023
13	SS11	0,014	0,3	0,4	0,000100	0,163	0,020
14	SS12	0,014	0,3	0,5	0,000021	0,078	0,012
15	SS13	0,014	0,3	0,5	0,000021	0,078	0,012
16	SS14	0,014	0,4	0,6	0,000021	0,092	0,022
17	SS15	0,014	0,3	0,4	0,000031	0,091	0,011
18	SS16	0,014	0,5	0,6	0,000025	0,112	0,034
19	SS17	0,014	0,3	0,3	0,000016	0,062	0,006
20	SS18	0,014	0,3	0,3	0,000032	0,087	0,008
21	SS19	0,014	0,4	0,5	0,000052	0,141	0,028

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Skema jaringan drainase rencana dapat dilihat pada gambar 4 sebagai berikut.



Gambar 4. Skema Jaringan Drainase Rencana

Sumur Resapan

Perencanaan Sumur Resapan

Volume andil banjir

$$\begin{aligned} V_{ab} &= 0,855 \times C_{tadah} \times A_{tadah} \times R \\ &= 0,855 \times 0,7 \times 5909 \times 47,797 \\ &= 169035 \text{ L} \\ &= 169,035 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Anggapan awal : } L_{sumur} &= 1,2 \text{ m} \\ H_{rencana} &= 3 \text{ m} \end{aligned}$$

Volume air hujan yang meresap

$$\begin{aligned} te &= 0,9 \times R_{0,92} / 60 \\ &= 0,9 \times 47,7970,92 / 60 \\ &= 0,526 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sumur} &= \text{luas dinding} + \text{luas alas} \\ &= (4 \times L \times H) + (L^2) \\ &= (4 \times 1,2 \times 3) + (1,2^2) \\ &= 14,4 + 1,44 \\ &= 15,84 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{rsp} &= te/24 \times A_{totalsumur} \times k \\ &= 0,526/24 \times 15,84 \times 0,434 \\ &= 0,151 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume penampung air hujan

$$\begin{aligned} V_{storasi} &= V_{ab} - V_{rsp} \\ &= 169,035 - 0,151 \\ &= 168,884 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{total} &= (V_{ab} - V_{rsp})/A_h = 168,884/1,44 \\ &= 117,281 \text{ m} \end{aligned}$$

Jumlah sumur resapan

$$\begin{aligned} n &= H_{total}/H_{rencana} \\ &= 117,281/3 = 39,094 = 40 \text{ buah} \end{aligned}$$

Diperlukan 40 Buah sumur resapan.

KESIMPULAN

- Kebutuhan sumur resapan pada area lapangan Gedung f sampai pintu masuk kampus adalah 40 titik dengan ukuran panjang 1,2 m, lebar 1 m dan tinggi 3 m.
- Perencanaan ulang desain saluran drainase terbuat dari U-Ditch dengan ukuran 0,3 x 0,3 m – 0,5 x 0,7 m.

REFERENSI

Anggraeni, A. & Tahadjuddin, 2019, “Analisis Hidrolika Untuk Saluran Drainase Perumahan

(Kasus : Puri Dander Asri Ngumpakdalem Kabupaten Bojonegoro)”,1,(1).

Dinas Lingkungan Hidup Kota Cimahi. 2019, Mei 24. Sumur Resapan - Website Resmi Dinas Lingkungan Kota Cimahi. <https://dlh.cimahikota.go.id/article/detail?id=5>

Google Maps. 2023, September 13. Universitas Dr. Soetomo - Google Maps. Google Maps. <https://www.google.com/maps/place/Universitas+Dr.+Soetomo/@-7.2989765,112.7631837,733m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x2dd7fa5255320f11:0x4678da89e4b8906f!8m2!3d-7.2989818!4d112.7657586!16s%2Fg%2F121kw0kk?entry=ttu>

Kementerian PUPR. 2018. Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) (Buku Utama). Direktur Jenderal Cipta Karya, 1.

Krisnayanti, D. S., Hunggurami, E., & Dhima-Wea, K. N.. 2017. “Perencanaan Drainase Kota Seba”, *Jurnal Teknik Sipil*, 6(1), 89-102.

Pania, H. G., Tangkudung, H., Kawet, L., & Wuisan, E. M.. 2013. “Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Kampus Universitas Sam Ratulangi”. *Jurnal Sipil Statik*, 1(3).

Suripin. 2004. “Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan”, ANDI OFFSET, Yogyakarta.

Pania, H. G., Tangkudung, H., Kawet, L., & Wuisan, E. M. (2013). Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Kampus Universitas Sam Ratulangi. *Jurnal Sipil Statik*, 1(3).

UMM Jurnal. (t.t.). BAB II. Universitas Muhammadiyah Malang. Diambil 13 September 2023, dari <https://etd.umm.ac.id/id/eprint/1528/3/BAB%20II.pdf>

Studi Kelayakan Rencana Pengembangan Pembangunan Gedung F Universitas Dr. Soetomo Surabaya

Feasibility Study of Building F Development Plan, Dr. University. Soetomo Surabaya

Klotok Budi Hastono¹, Rizki Astri Apriliani², Maulidya Octaviani Bustamin³, Sekar Ayu Kuncaravita⁴, Ibnu Mundzir⁵, Abid Maulidan Fauz Alakbar⁶

^{1,2,3,4,5,6}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya, Jln. Semolowaru No. 84.
Telp: (031)5944744. Email : budi.hastono@unitomo.ac.id

Abstrak

Gedung F Universitas Dr. Soetomo Surabaya memiliki beberapa fungsi utama yang terdiri dari Ruang Perpustakaan, Ruang Dosen, Ruang Kelas dan Auditorium yang sudah berdiri sejak tahun 1981, sehingga perlu dilakukan penilaian kondisi bangunan gedung tersebut sebagai bahan evaluasi lanjutan. Penelitian dilakukan dengan survei bangunan untuk meninjau ulang seperti melakukan investigasi pada bangunan, pengukuran atau pengecekan, melihat posisi komponen struktur, arsitek, tata ruang, utilitas bangunan, pada bangunan publik 5 lantai ini, diantaranya pemeriksaan arsitektural, pemeriksaan struktural, pengamatan utilitas bangunan, serta kelaikan bangunan. Hasil dari penelitian didapatkan yakni, pertama teknis arsitektur meliputi aspek kenyamanan, kesehatan, keselamatan, Bangunan Gedung F Universitas Dr. Soetomo telah memenuhi semua poin penilaian dengan baik. Kedua, teknis struktur didapatkan hasil pengujian dengan menggunakan Hammer Test menunjukkan rerata nilai kekuatan tekan beton pada struktur bangunan gedung F memberikan nilai yang dibawah 250 kg/cm² yang merupakan nilai mutu beton minimal yang digunakan dalam struktur bangunan, sehingga hal ini menunjukkan kekuatan beton yang tidak memenuhi syarat apabila digunakan untuk struktur bangunan bertingkat. Ketiga, teknis utilitas didapatkan Sistem Listrik arus kuat berfungsi baik dan dapat dioperasikan secara aman. Peralatan utama listrik, label pada panel, jalur instalasi listrik baik dan rapi kurang tertata dengan baik, diperlukan *maintenance* untuk merapikan jalur kabel listrik.

Kata Kunci: Gedung; Kelayakan; Survei; UNITOMO

Abstract

Building F Dr. University Soetomo Surabaya has several main functions consisting of a Library Room, Lecturer Room, Classroom and Auditorium which has been established since 1981, so it is necessary to assess the condition of the building as material for further evaluation. The research was carried out with a building survey to review such as carrying out investigations on the building, measuring or checking, looking at the position of structural components, architects, spatial layout, building utilities, in this 5-story public building, including architectural inspection, structural inspection, observation of building utilities, as well as building worthiness. The results of the research obtained are, firstly, technical architecture including aspects of comfort, health, safety, Building F, Dr. University. Soetomo has fulfilled all assessment points well. Second, the structural technical test results obtained using the Hammer Test show that the average compressive strength value of concrete in the building structure of building F gives a value below 250 kg/cm² which is the minimum concrete quality value used in building structures, so this shows that the strength of the concrete is not meets the requirements when used for multi-storey building structures. Third, the technical utility shows that the strong current electrical system functions well and can be operated safely. The main electrical equipment, labels on panels, good and neat electrical installation lines are not well organized, maintenance is needed to tidy up the electrical cable lines.

Keywords: Building; Appropriateness; Survey; UNITOMO

PENDAHULUAN

Analisa Kelayakan merupakan hal yang paling mendasar untuk dapat dilakukannya suatu proyek pembangunan atau pengembangan pembangunan. Keterbatasan ruangan menjadi salah satu pertimbangan perlu dilakukannya pengembangan pada Gedung F sebagai sarana pembelajaran mahasiswa serta memastikan kondisi belajar mengajar dapat berjalan dengan optimal. Peningkatan Kualitas Gedung F Universitas Dr. Soetomo Surabaya memungkinkan UNITOMO dapat menyediakan fasilitas modern dan memadai untuk mendukung pembelajaran yang interaktif dan inovatif. Hal ini akan meningkatkan kualitas pendidikan yang diberikan kepada mahasiswa. Untuk menilik tingkat kebutuhan tersebut, perlu adanya kajian atau analisa kelayakan rencana pengembangan pembangunan yang dapat mendukung pemenuhan kebutuhan ruang dan meningkatkan kualitas fasilitas Gedung F UNITOMO. Penelitian dilakukan dengan survei bangunan untuk meninjau ulang seperti melakukan investigasi pada bangunan, pengukuran atau pengecekan, melihat posisi komponen struktur, arsitek, tata ruang, utilitas bangunan, pada bangunan publik 5 lantai Gedung F UNITOMO.

METODE

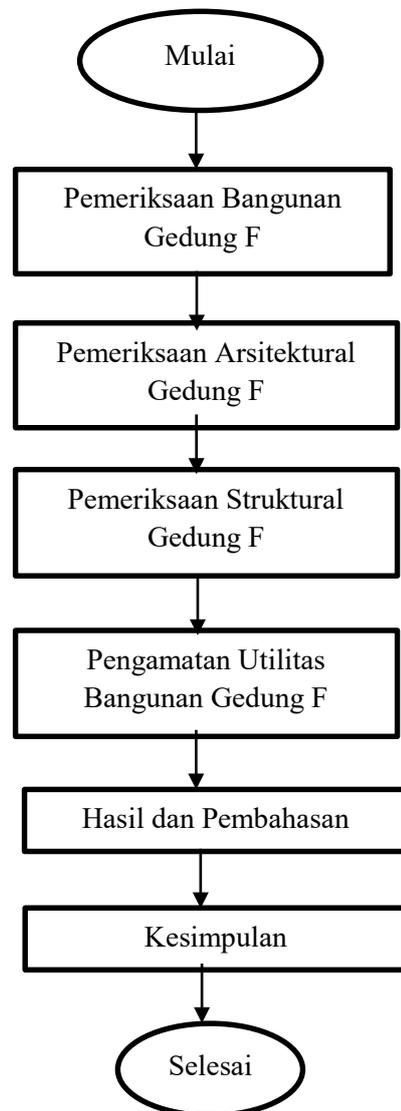
Pemeriksaan kelayakan bangunan gedung akan dilakukan dengan menggunakan metode berikut:

- Tinjauan dokumen: Menganalisis dokumen terkait bangunan, termasuk denah, spesifikasi, sertifikat, dan izin konstruksi;
- Pemeriksaan visual: Melakukan pemeriksaan langsung pada bangunan untuk mengidentifikasi kerusakan atau kelemahan struktural secara visual pada elemen struktur, utilitas, tata ruang dan arsitektur. Serta melakukan peninjauan dengan melakukan uji non destruktif dan uji destruktif pada elemen struktur
- Wawancara: Berkomunikasi dengan pemilik bangunan, pengelola, atau penghuni untuk mendapatkan informasi tambahan tentang masalah atau perubahan yang telah terjadi.

Tabel 1. Proses Metode Pelaksanaan

No	Proses	Luaran
1	Uji Non Destruktif	Hasil Uji kekuatan
2	Uji Destruktif	Hasil Uji kekuatan
3	Pengamatan visual	Laporan hasil pengamatan visual

No	Proses	Luaran
4	Hasil analisa kelayakan	Laporan hasil analisa kelayakan
5	Hasil penelitian uji kelayakan	Teknis Arsitektur, Teknis Struktur, Teknis Utilitas



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

PEMERIKSAAN ARSITEKTURAL GEDUNG

• Luasan Bangunan

Pemeriksaan pada bangunan Gedung F dilakukan setelah mengkaji *information* yang diperoleh dari hasil pemeriksaan di lapangan. Berikut adalah hasil dari survei lapangan.

Tabel 2. Luasan Bangunan

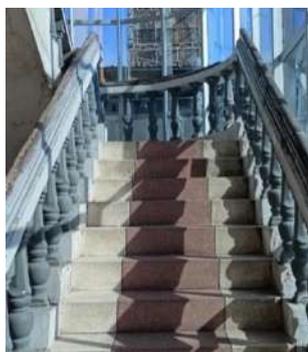
No	Penggunaan Lahan	Luas (m ²)
1.	Lantai 1	25 m x 84 m = 2100 m ²
2.	Lantai 2	25 m x 84 m = 2100 m ²
3.	Lantai 3	25 m x 84 m = 2100 m ²
4.	Lantai 4	25 m x 84 m = 2100 m ²
5.	Lantai 5	25 m x 84 m = 2100 m ²
	Total	10.500m ²

• **Aspek Keselamatan**

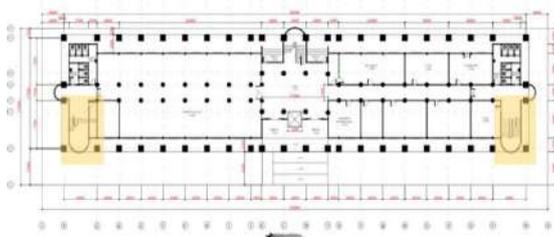
Aspek keselamatan sangatlah penting pada setiap bangunan, terutama yang memiliki tingkat aktivitas dalam ruangan yang tinggi, karena menyangkut jiwa manusia yang berada di dalamnya (Ismara et al., 2014). Oleh karena itu pengamatan visual terkait aspek keselamatan ini dibahas pada bagian berikut :

➤ **Tangga Darurat**

Gedung F terdiri dari 5 lantai, dimana setiap lantai terdiri dari 2 tangga darurat. Yang terletak pada sisi barat dan timur bangunan. Maka total terdapat 10 tangga darurat pada Gedung F. Jumlah ini dinilai cukup untuk mengakomodir kondisi darurat jika dibutuhkan.



Gambar 2. Tangga Darurat



Gambar 3. Letak Tangga Darurat (denah)

• **Aspek Kesehatan**

➤ **Sistem Penghawaan**

Dari hasil pemeriksaan pada Bangunan gedung F diketahui pengkondisian udara (penghawaan) menggunakan sistem mekanik (AC Split) lebih diutamakan. Namun juga terdapat jendela hidup di setiap ruangan yang langsung terhubung dengan luar sebagai alternative penghawaan secara alami (Suhardi et al., 2020).



Gambar 4. Indoor Unit Sistem Spill Pada Ruangn Gedung F



Gambar 5. Indoor Unit Sistem Spill Pada Ruangn Gedung F

➤ **Sistem Pencahayaan**

Pada Gedung F sistem pencahayaan menggunakan sistem pencahayaan campuran. Yaitu alami dan buatan. Pada pagi siang hari untuk ruangan yang langsung menhhadap langsung dengan luar mengutamakan matahari langsung, sedangkan untuk bagian dalam bangunan seperti koridor cenderung menggunakan pencahayaan buatan mulai pagi hari.

➤ **Tempat Pembuangan Sampah**

Pada Gedung F terdapat Tempat Pembuangan Sampah di setiap lantai. Pendistribusian pembuangan sampah dilakukan secara terjadwal 2 kali dalam sehari, sehingga sampah tidak menumpuk dan bangunan tampak indah dan bersih.

- **Aspek Kemudahan**

- **Hubungan Horizontal dan Vertikal**

Berdasarkan hasil evaluasi, sirkulasi horizontal bangunan berbentuk koridor yang menghubungkan fungsi ruang depan, kedua sisi, serta ruang kiri dan kanan bangunan sudah sangat memadai. Dimensi jalur cukup untuk memenuhi kebutuhan. Untuk sirkulasi vertical berupa tangga. Dinilai cukup memadai kebutuhan dan aktivitas yang terjadi pada bangunan Gedung F.



Gambar 6. Sirkulasi Secara Horizontal



Gambar 7. Sirkulasi Secara Vertikal

Jalur Keluar/ Masuk Sesuai Fungsi (Dimensi, Susunan, Jarak Tempuh)

Hasil pengamatan jalurmasuk/keluar berdasarkan fungsi (dimensi, susunan, jarak tempuh) dinilai sangat memadai dan akses alat pemadam kebakaran menuju gedung cukup memadai dan mudah dilakukan menuju bangunan.



Gambar 8. Jalan Masuk Menuju Bangunan Gedung F

Sarana dan Pra Sarana Pemanfaatan Bangunan Gedung, diantaranya:

- Perpustakaan yang berada di Lantai 1, yang dilengkapi dengan ruang membaca.
- Ruang Kelas yang berfungsi sebagai tempat untuk kegiatan tatap muka sebagai bagian dari kegiatan belajar mengajar (KBM). Ruang Kelas terletak di lantai 2 sampai lantai 5. Secara keseluruhan kondisi ruang kelas cukup nyaman, bersih dan terawat. Rasio jumlah pengguna ruangan dan luas ruangan disertai dengan sirkulasinya cukup baik dan terawat. Dilengkapi dengan peralatan pengajaran yang memadai antara lain meja, kursi, papan *white board*, LCD.
- Ruang Pertemuan Aula pada gedung F Lantai 5 dimanfaatkan sebagai ruang pertemuan, acara kemahasiswaan, dan acara kampus. Pada ruang pertemuan terdapat beberapa sarana yakni AC, Audio, Layar LCD, Panggung. Jumlah pengguna ruang pertemuan dengan dengan besaran ruang memiliki rasio yang sesuai.
- Pada lantai 1 juga terdapat beberapa laboratorium yang digunakan untuk kebutuhan praktikum para mahasiswa. Pada beberapa laboratorium dilengkapi alat peraga dan alat uji sesuai dengan fungsi dan kebutuhan pada masing- masing laboratorium.
- Pada Gedung F memiliki 2 titik toilet di setiap lantai. Terpisah antara laki-laki dan perempuan. Secara keseluruhan untuk jumlah toilet sudah cukup memenuhi kebutuhan. Namun untuk kondisinya saat ini diperlukan perawatan dan perbaikan agar lebih nyaman digunakan.

PEMERIKSAAN STRUKTURAL BANGUNAN GEDUNG

Pengamatan Visual Struktur

Pengamatan Visual Struktur diperlukan sebagai indikasi awal ada atau tidaknya kerusakan seperti adanya keretakan, lendutan, korosi dan yang lainnya, yang nantinya akan diidentifikasi untuk dilakukan Tindakan selanjutnya (Herlambang & Ardika, 2016). Struktur utama gedung F terbuat dari

struktur rangka beton dengan fungsi utama bangunan sebagai gedung perkuliahan. Berdasarkan hasil pengamatan visual struktur bangunan gedung F pada bulan November tahun 2023. Dari kegiatan pengamatan visual dikategorikan menjadi beberapa elemen sebagai berikut:

Kolom merupakan bagian dari suatu kerangka bangunan yang menempati posisi terpenting dalam sistem struktur bangunan. Bila terjadi kegagalan pada kolom maka dapat berakibat keruntuhan komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan terjadi keruntuhan total pada keseluruhan struktur bangunan (Dipohusodo, n.d.) Hasil pengamatan visual kolom pada Gedung F, Pada Gambar 3. Kondisi kolom pada lantai 1 mengalami kerusakan berupa pengelupasan beton, keretakan beton dan terjadinya korosi tulangan yang mengakibatkan putusnya tulangan. Pada Gambar ini merupakan kondisi kolom lantai 2 yang juga mengalami pengelupasan beton dan keretakan yang mengakibatkan kemampuan kolom dalam menahan beban menjadi berkurang.



Gambar 9. Kondisi Kolom Bangunan Lantai 1



Gambar 10. Kondisi Kolom Bangunan Lantai 2



Gambar 11. Kondisi Balok Lantai 2

Balok adalah suatu element struktur bangunan yang bersifat kaku serta dirancang untuk menanggung dan menahan beban menuju ke kolom untuk diteruskan ke fondasi. Selain itu balok juga berfungsi untuk mengikat antar kolom supaya kuat dari gaya horizontal (Darmansyah & Chairani, 2022). Hasil pengamatan visual balok pada Gedung F. Pada beberapa lantai, kondisi balok pada lantai 2 seperti pada gambar 11 mengalami perembesan kebocoran pada kamar mandi dikarenakan balok tepat berada dibawah kamar mandi pada lantai atasnya. Hal ini akan menyebabkan terjadinya pengelupasan beton dan korosi pada tulangan yang menyebabkan penurunan kekuatan struktur. Kondisi serupa juga terjadi pada balok di lantai 3, seperti pada gambar 12 tampak beberapa balok mengalami perembesan yang mengakibatkan terjadinya keretakan dan pengelupasan beton sehingga perkaratan pada tulangan. Pada pengamatan visual balok di lantai 4. Kondisi nya hampir sama dengan yang terjadi di lantai 2 seperti pada gambar 13. Hal tersebut yang akan menyebabkan terjadinya pengelupasan beton dan korosi pada tulangan yang menyebabkan penurunan kekuatan struktur.



Gambar 12. Kondisi Balok Lantai 3



Gambar 13. Kondisi Balok Lantai 4

Pekerjaan pelat merupakan salah satu elemen dari konstruksi yang membutuhkan waktu lama dalam proses pembuatannya dan merupakan elemen pada konstruksi gedung yang memiliki biaya besar (Kusmila et al., 2020). Hasil pengamatan visual pelat lantai pada Gedung F. Pada kondisi visual tampak pelat Lantai yang mengalami perembesan yang diindikasikan terjadinya kebocoran pada Lantai 4 kamar mandi dikarenakan tepat berada dibawah kamar mandi pada lantai atasnya seperti pada gambar 14. Hal ini akan menyebabkan terjadinya korosi pada tulangan yang menyebabkan penurunan kekuatan struktur.



Gambar 14. Kondisi Pelat lantai 4

Dinding merupakan salah satu komponen pembentuk bangunan yang berperan penting untuk konstruksi dan estetika bangunan (Sary & Asysyauki, 2020). Pada hasil pengamatan visual dinding pada Gedung F. Pada pengamatan dinding lantai 1 mengalami rembesan akibat air hujan serta dinding berada di dekat pelat kamar mandi lantai 2. Dinding mengalami keretakan yang diakibatkan adanya deformasi pada balok dan kolom yang pada awalnya mengalami keretakan seperti yang terlihat pada gambar 15. Kondisi pada lantai 2, lantai 3, dan lantai 4 seperti pada gambar 16. Tampak dinding mengalami perembesan kebocoran pada

kamar mandi dikarenakan dinding tepat berada dibawah kamar mandi pada lantai atasnya. Hal tersebut yang akan menyebabkan terjadinya pengelupasan beton dan korosi pada tulangan yang menyebabkan penurunan kekuatan struktur.



Gambar 15. Kondisi dinding Lantai 1 yang mengalami rembesan dan keretakan



Gambar 16. Kondisi dinding Lantai 1 yang mengalami rembesan dan keretakan

Pada hasil pengamatan Rangka atap pada gedung F masih menunjukkan rangka atap dalam kondisi baik hanya saja untuk plafonnya terjadi kerusakan pada atap/plafon yang diindikasikan karena terjadinya kebocoran atau rembesan yang pada akhirnya mengenai plafon penutup berbahan gypsum yang mudah lapuk seperti yang terlihat pada gambar 17.



Gambar 17. Kondisi Rangka Atap

Kemiringan Bangunan dan Beda Elevasi di sekitar Gedung

Pengukuran ketegakan bangunan gedung F Universitas Dr. Soetomo dilakukan dengan metodologi controlling verticality terhadap sudut - sudut pilar dari Gedung dan untuk mengetahui adanya penurunan atau tidak, dilakukan pengukuran beda elevasi di sekitar Gedung F Universitas Dr. Soetomo. Karena tidak memungkinkan mengukur ketegakan dari struktur, maka yang diukur adalah ketegakan hasil *finishing* bangunan.



Gambar 19. Survei Menggunakan Theodolit

Pelaksanaan survei dilakukan pada gedung berlantai 5 (lima). Hasil pengukuran pada pilar-pilar utama gedung sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kemiringan Gedung

No. Pilar	Ket.	Tinggi Pilar (m)	Bacaan Horizontal			Arah
			o	'	''	
	0Set	0	0	0	0	
Pilar (Timur Gedung F) TA = 141 cm	Lt 1	4	0	1	59	Luar/timur
	Lt 2	8	0	4	12	Luar/timur
	Lt 3	12	0	9	56	Luar/timur
	Lt 4	16	0	11	10	Luar/timur
	Lt 5	20	0	19	51	Luar/timur
	0Set	0	0	0	0	
Pilar (Barat Gedung F) TA = 139 cm	Lt 1	4	0	8	47	Luar/barat
	Lt 2	8	359	55	4	Dalam/barat
	Lt 3	12	0	16	4	Luar/barat
	Lt 4	16	0	10	22	Luar/barat
	Lt 5	20	0	17	59	Luar/barat

Berdasarkan hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa bangunan tersebut mengalami kemiringan, hasil kemiringan yang diperoleh dari pengukuran tersebut disebabkan oleh faktor beban

struktur yang terus bertambah yang terjadi di bangunan gedung F Universitas Dr. Soetomo.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Beda Elevasi Gedung

No	Keterangan	Bacaan			Tingg Alat	Beda Tinggi (mm)
		BA	BT	BB		
Depan Gedung F					1410	
1	Selasar (Pintu masuk gedung F)	999	982	965		428
	Paving	1409	1402	1394		8
2	Kolom 1 (Timur Pintu masuk)	1300	1240	1179		170
	Paving	1455	1398	1340		12
3	Kolom 3 (Timur Pintu Masuk)	1335	1235	1135		175
	Paving	1500	1400	1300		10
4	Kolom 1 (Barat Pintu masuk)	1305	1240	1175		170
	Paving	1461	1398	1335		12
5	Kolom 3 (Barat Pintu Masuk)	1355	1252	1148		158
	Paving	1501	1400	1298		10
Belakang Gedung					1420	
1	Pintu Tengah (Belakang Gedung F)	1125	1055	985		365
	Kolom Tengah (Belakang Gedung F)	1500	1455	1409		-35
2	Paving Gedung UKM	1815	1775	1735		-355
	Gedung UKM	1392	1384	1375		36
2	Kolom 2 (Timur)	1497	1444	1390		-24
	Paving Gedung UKM	1843	1797	1750		-377
3	Gedung UKM	1405	1385	1365		35
	Kolom 2 (Barat)	1565	1490	1415		-70
3	Paving Gedung UKM	1822	1750	1678		-330
	Gedung UKM	1448	1379	1310		41

Berdasarkan hasil tersebut maka dapat disimpulkan gedung tersebut mengalami penurunan yang cukup kecil, hasil penurunan tanah tersebut yang didapatkan dari pengukuran tersebut dikarenakan faktor beban struktur yang terus bertambah yang terjadi di bangunan gedung F Universitas Dr. Soetomo yang menyebabkan tanah disekitar Gedung naik dan tanah di area Gedung mengalami penurunan. Hal ini yang harus sebagai perhatian untuk ditinjau lanjuti.

Kekuatan dan Kualitas Beton Pada Gedung

Pengujian struktur beton dilakukan dengan pengujian di lapangan. Untuk struktur beton,, elemen struktur seperti pelat lantai, balok, dan kolom. Pengujian yang dilakukan di lapangan ini adalah menggunakan alat *Schmidt Rebound Hammer Test* (Chairunisa, 2020). Pada penelitian ini tidak menggunakan destruktif coredrill karena lebih cocok untuk bangunan yg baru, pertama dilakukan dengan cara hammer, namun dirasa tidak mencukupi dan hasilnya memuaskan baru dilakukan uji destruktif, jika evaluasi bangunan lama tidak perlu dilakukan kerusakan destruktif, karena tujuannya hanya untuk melakukan suatu evaluasi nilai kelayakan. Jumlah data uji acak yang dikumpulkan untuk seluruh gedung adalah enam titik uji, Pemukulan untuk pengujian *Hammer Test* dilakukan sebanyak 10 kali pada masing-masing titik uji, kemudian hasil pembacaan alat pada masing-masing titik uji ini dihitung nilai rata - ratanya.

Tabel 4. Hasil Rekapitulasi Test Hammer

Elemen	Kuat Tekan Rerata (Kg/cm ²)
Pelat Lantai	217,154
Balok	203,169
Kolom	219,289



Gambar 20. Dokumentasi Hammer Tes pada Plat



Gambar 21. Dokumentasi Hammer Tes pada Balok



Gambar 22. Dokumentasi Hammer Tes pada Kolom

Berdasarkan hasil pengujian terhadap beton dengan menggunakan Hammer Test menunjukkan rerata nilai kekuatan tekan beton pada struktur bangunan gedung F memberikan nilai yang dibawah 250 kg/cm² yang merupakan nilai mutu beton minimal yang digunakan dalam struktur bangunan, sehingga hal ini menunjukkan kekuatan beton

PENGAMATAN UTILITAS BANGUNAN

Pengamatan utilitas bangunan mencakup aspek keselamatan, aspek kesehatan, aspek kenyamanan dan aspek kelistrikan.

Konstruksi bangunan harus diimbangi dengan pencegahan terhadap bahaya kebakaran. Pencegahan ini harus direncanakan sejak perencanaan hingga pelaksanaan dan pasca konstruksi, sehingga penanganan bahaya kebakaran menjadi bagian integral dari proyek konstruksi (Hariyanto, 2022).

Berdasarkan hasil pemeriksaan pada Gedung F, tidak terdapat sistem kebakaran aktif sebagai perlengkapan bangunan. Pada sebuah bangunan 5 lantai seperti Gedung F dengan peruntukan sebagai bangunan public perlu dilengkapi dengan peralatan hydrant yakni reservoir, pompa hydrant, panel pompa hydrant, hydrant pillar, hydrant box unit dan sistem sprinkle kebakaran. Namun pada Gedung F terdapat sistem keselamatan lainnya yakni penangkal petir yang terletak di atas atap bangunan seperti pada Gambar 24.



Gambar 23. Penangkal Petir

Sistem penghawaan udara untuk Gedung F dirancang untuk bisa memperoleh temperature kelembapan dan distribusi udara yang sesuai dengan yang dipersyaratkan oleh proses peralatan yang dipergunakan di dalam ruangan. Dengan adanya bukaan berupa pintu dan jendela diharapkan udara segar bisa mengalir sehingga jika tidak menggunakan penghawaan buatan udara tetap mengalir dengan baik dan sirkulasi udara bisa lancar. Udara yang nyaman, kecepatan angin dibawah 5 km/jam, dengan suhu dibawah 30⁰ C, kelembapan relatif 5%, kadar debu yang memenuhi standard dan penambahan udara segar yang memadai disesuaikan dengan jumlah penghuni bangunan dan aktifitasnya (Sativa & Adilline, 2021). Gedung F memiliki fungsi sebagai perpustakaan, ruang baca, ruang dosen dan ruang perkuliahan kesemuanya memiliki sistem penghawaan buatan yakni AC Split. Pada sistem penghawaan buatan berupa AC Spilt memiliki unit indoor dan outdoor yang diletakkan di bagiangdepan muka gedung F. Untuk unit outdoornya saat ini sudah tercover rapi did dalam ACP pada fasad bangunan.

Persyaratan kenyamanan bangunan gedung harus mencakup kebebasan bergerak dan ruang yang nyaman, kondisi internal, pandangan, tingkat getaran dan kebisingan (Burhanuddin & Syahputra, 2020). Pada bangunan Gedung F dilihat dari kondisi dalam ruang, aspek nyaman dapat melalui Suhu dan kelembapan

Sumber listrik utama pada Gedung F berasal dari PT. PLN (Persero). Untuk saat ini Gedung F belum memiliki generator Set sebagai arus listrik cadangan jika terjadi kematian listrik. Kondisi perkabelan di area Gedung F baik di eksterior maupun interior sangat minim perawatan. Kabel tidak tersusun dengan baik dan rapi, jalur perkabelan

juga tidak dibuat khusus sehingga banyak dijumpai kabel-kabel melintang di jalur pejalan tempat dilewati. Hal ini dapat membahayakan pengguna bangunan. Perlu dilakukan perbaikan jaringan listrik beserta kabel distribusi listrik perlu dilakukan penataan agar bisa lebih baik dan rapi.



Gambar 25. Kondisi Panel dan Kabel Gedung F

KELAIKAN BANGUNAN

Setelah mengkaji dari hasil pemeriksaan terhadap bangunan Gedung F Universitas Dr. Soetomo kemudian dikaji dengan standar dan peraturan, kemudian disusun kelaikan bangunan gedung berdasarkan 3 (tiga) teknis yaitu teknis arsitektur, teknis struktur dan teknis utilitas (Janizar et al., 2020). Adapun penilaian ketiga teknis tersebut dapat dilihat dibawah ini.

A. Teknis Arsitektur

Dari segi teknis arsitektur penilaian kelaikan bangunan dibagi lagi menjadi 3 (tiga) sub utama kriteria, yaitu aspek keselamatan, aspek kesehatan serta aspek kemudahan (Dwi Anggreni, 2022). Bangunan Gedung F Universitas Dr. Soetomo mempunyai persentase penilaian sebagai berikut: Penilaian 1 = 12.5 %, Penilaian 2 = 50%, Penilaian 3 = 37.5%

Dari hasil penilaian tersebut bangunan Gedung F Universitas Dr. Soetomo memperoleh Penilaian 3 sebesar 37.5 %, Penilaian 2 sebesar 50%, Penilaian 1 sebesar 12.5%. Sehingga bisa diambil kesimpulan jika kelaikan Arsitektur Bangunan Gedung F Universitas Dr. Soetomo masuk dalam kategori "*Laik Bersyarat*".

B. Teknis Struktur

Untuk hasil penilaian Teknis Struktur dapat dilihat pada Tabel 6 dibawah ini

Tabel 6. Penilaian Kelaikan Struktur

No	Komponen yang di Uji	Standard	Hasil Pemeriksaan	Kesesuaian	Penilaian
1	Pengamatan Visual	Kerusakan ringan struktur	Dinding plester retak rambut	Tidak Sesuai	2
		Kerusakan sedang struktur	Dinding, kolom dan balok mengalami retak struktur	Tidak sesuai	1
		Kerusakan berat struktur	Grouting/ beton keropos pada Balok dan Kolom	Tidak Sesuai	2
		Kemiringan Gedung	Kemiringan Derajat	Tidak sesuai	2
			Tidak sesuai	2	

Berdasarkan tabel penilaian terhadap Teknis Struktur diatas dapat dilihat bahwa bangunan Gedung F Universitas Dr. Soetomo mempunyai presentase penilaian sebagai berikut: Penilaian 1 = 20 %, Penilaian 2 = 80%, Penilaian 3 = 0 %

Dari hasil penilaian tersebut bangunan Gedung F Universitas Dr. Soetomo memperoleh Penilaian 3 sebesar 0 %, Penilaian 2 sebesar 75 %, Penilaian 1 sebesar 25 %. Sehingga bisa diambil kesimpulan jika kelaikan Struktur Bangunan Gedung F Universitas Dr. Soetomo masuk dalam kategori **“Laik Bersyarat”**.

C. Teknis Utilitas

Berdasarkan hasil pemeriksaan visual dan pengujian yang telah dilakukan maka dapat dilihat bahwa bangunan Gedung F Universitas Dr. Soetomo mempunyai presentase penilaian sebagai berikut:

Penilaian 1 = 33.3%, Penilaian 2 = 55.5%,
Penilaian 3 = 11%

Dari hasil penilaian tersebut bangunan Gedung F Universitas Dr. Soetomo memperoleh Penilaian 1 sebesar 33.3 %, Penilaian 2 sebesar 55.5 %, Penilaian 1 sebesar 11 %. Sehingga bisa diambil

kesimpulan jika kelaikan Utilitas sistem Listrik Arus Kuat Bangunan Gedung F Universitas Dr. Soetomo masuk dalam kategori **“Laik Bersyarat”**.

Tabel 7. Penilaian Kelaikan Utilitas Sistem Listrik Arus Lemah

No	Sistem	Penilaian	Kesesuaian	Penilaian
1	Sistem LAN			
	CPU	Fungsional / Operasional Optimal		2
	Monitor	Fungsional / Operasional Optimal		2
	Internet	Fungsional / Operasional Optimal		2
	Router	Fungsional / Operasional Optimal		2
	Wi-Fi	Fungsional / Operasional Optimal	Tidak terdapat	2
	Instalasi kabel	Mudah dikembangkan/dimodifikasi/up to date	sebagian Terkadang koneksi tidak terhubung	3	Perlu Maintenance

Berdasarkan tabel penilaian terhadap Teknis Struktur diatas dapat dilihat bahwa bangunan Gedung F Universitas Dr. Soetomo mempunyai presentase penilaian sebagai berikut: Penilaian 1 = 0%, Penilaian 2 = 83.3%, Penilaian 3 = 16.6%

Dari hasil penilaian tersebut bangunan Gedung F Universitas Dr. Soetomo memperoleh Penilaian 1 sebesar 0 %, Penilaian 2 sebesar 83.3 %, Penilaian 1 sebesar 16.6 %. Sehingga bisa diambil kesimpulan jika kelaikan Utilitas sistem Listrik Arus Lemah Bangunan Gedung F Universitas Dr. Soetomo masuk dalam kategori **“Laik Bersyarat”**.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis penelitian didapat Berdasarkan hasil pembahasan pemeriksaan bangunan gedung F Universitas Dr. Soetomo dari persyaratan administrasi dan persyaratan teknis dapat disimpulkan untuk masing – masing Teknis Arsitektur, Teknis Struktur Dan Teknis Utilitas sebagai berikut:

- **Teknis Arsitektur**

Berdasarkan hasil Pengamatan di lapangan untuk Teknis Arsitektur meliputi aspek kenyamanan, kesehatan, keselamatan, Bangunan Gedung F Universitas Dr. Soetomo telah memenuhi semua poin penilaian dengan baik (ada beberapa catatan). Oleh karenanya dapat disimpulkan bahwa bangunan Gedung F

Universitas Dr. Soetomo telah memenuhi dan direkomendasikan untuk mendapatkan predikat Laik Fungsi.

• **Teknis Struktur**

Berdasarkan hasil pengamatan visual struktur Bangunan gedung Gedung F Universitas Dr. Soetomo, yang telah dilakukan pada bulan November 2023, struktur gedung masih cukup kuat dan kokoh masih layak huni. Akan tetapi terdapat kerusakan non struktur yang ringan, seperti retak-retak halus pada elemen dinding plesteran agar bisa diperbaiki secepatnya. Sementara kondisi balok dan kolom pada bangunan berdasarkan pengamatan visual terjadi grouting yakni keadaan keropos pada beton. Hal ini memerlukan pengujian untuk memastikan kondisi keamanan dan ketahanan struktur pada gedung F. Berdasarkan hasil pengukuran dilapangan dengan menggunakan theodolite menunjukkan adanya kemiringan Gedung. Hal ini disebabkan oleh beban struktur yang dihasilkan dari Gedung yang menyebabkan Gedung mengalami kemiringan. Dengan menggunakan alat theodolite juga dapat dilihat adanya penurunan tanah oleh perilaku Gedung terhadap tanah disekitar. Begitupun dengan hasil pengujian dengan menggunakan Hammer Test menunjukkan rerata nilai kekutan tekan beton pada struktur bangunan gedung F memberikan nilai yang dibawah 250 kg/cm^2 yang merupakan nilai mutu beton minimal yang digunakan dalam struktur bangunan, sehingga hal ini menunjukkan kekuatan beton yang tidak memenuhi syarat apabila digunakan untuk struktur bangunan bertingkat

• **Teknis Utilitas**

Sistem Listrik arus kuat atau LAK berfungsi baik dan dapat dioperasikan secara aman. Peralatan utama listrik, label pada panel, jalur instalasi listrik baik dan rapi kurang tertata dengan baik, diperlukan maintenance untuk merapikan jalur kabel listrik. Sistem Pencahayaan berfungsi baik, lebih banyak menggunakan penerangan buatan.

REFERENSI

Burhanuddin, B., & Syahputra, K. A. 2020. Pemodelan Penentuan Kualitas Kenyamanan

dan Bangunan Hotel. *Sisfo: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, 4(2), 99–111. <https://doi.org/10.29103/sisfo.v4i2.6296>

Chairunisa, N. 2020. Evaluasi Sifat Mekanis Beton di Lapangan dengan Penerapan Metode Core Drilled Test dan Schmidt Hammer Test. *Buletin Profesi Insinyur*, 3(2), 89–94. <https://doi.org/10.20527/bpi.v3i2.79>

Darmansyah, M., & Chairani, E. 2022. Analisa Struktur Balok Beton Pada Pembangunan Rumah Tempat Usaha 6 Lantai Di Jalan Perniagaan N0.55 Medan. *Jtsip*, 1(1).

Dipohusodo, I. (n.d.). *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia Pustaka Utama.

Dwi Anggreni, K. 2022. *Evaluasi Laik Fungsi Bangunan Gedung Apartemen Vida View Makassar Ditinjau Dari Kepuasan Penghuni*. 01, 1–23.

Fahik, Y. S. 2022. *Pemanfaatan Theodolite Digital Sebagai Upaya*. 1(1), 39–49.

Hariyanto. 2022. Analisis Keandalan Keselamatan Bangunan terhadap Bahaya Kebakaran. *Jurnal Ilmiah Teknosains*, 8(1), 30–38. <http://journal.upgris.ac.id/index.php/JITEK/article/view/12034>

Herlambang, F. S., & Ardika, I. N. 2016. Penyelidikan Struktur Untuk Mendapatkan Data Bagi Analisis Peningkatan Kapasitas Gedung. *Jurnal Poli-Teknologi*, 15(1). <https://doi.org/10.32722/pt.v15i1.782>

Ismara, K. I., Slamet, Hargiyarto, P., Solikhin, M., Yuniarti, N., Sugiyono, L, B., Khayati, E. Z., Jatmiko, R. D., Fatah, A., Wulandari, B., Hidayat, N., & Wahyuni, I. 2014. *Buku Ajar Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3)*. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta, 62–74.

Janizar, S., Setiawan, F., & Kurniawan, E. 2020. Pemeriksaan Kelaikan Fungsi Bangunan Gedung Rumah Sakit. *Jurnal Teknik Sipil Cendekia (Jtsc)*, 1(1), 58–67. <https://doi.org/10.51988/vol1no1bulanjulitahun2020.v1i1.8>

Kusmila, W., Herni, M., & Dewi, S. U. 2020. Analisis Struktur Pelat Lantai Beton

- Konvensional Dan Pelat Lantai Bondek (Gedung Kuliah Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan Uin Raden Intan Lampung). *JUMATISI: Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil*, 1(2), 74–80. <https://doi.org/10.24127/jumatisi.v1i2.3664>
- Praganingrum, T. I., & Mirayani, N. 2022. Faktor–Faktor Yang Mempengaruhi Keandalan Bangunan Gedung Rektorat Universitas Mahasaraswati Denpasar. ... *Bakti Saraswati (JBS)* ..., 11(02). <https://e-journal.unmas.ac.id/index.php/baktisaraswati/article/view/5356>
- Sary, R. K., & Asyasyauki, A. H. 2020. Kajian Kerusakan Finishing Dinding Bata Pada Bangunan Gedung Study of The Problems of Brick Wall Finishing in The Building Dinding beton . Dan dinding Partisi (Gypsum). 54 | *Arsir* , Volume 3 , Nomor 1 , Desember 2019. *Jurnal Arsitektur Arsir Universitas Muhammadiyah Palembang*, 3(1), 54–61.
- Sativa, S., & Adilline, P. S. 2021. Evaluasi Kenyamanan Termal Ruang Kuliah IKIP PGRI Wates Kulon Progo DIY. *INERSIA Lnformasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 17(2), 165–174. <https://doi.org/10.21831/inersia.v17i2.46751>
- Suhardi, Marwati, & Nursyam. 2020. Penerapan Konsep Penghawaan Alami Pada Desain Sanatorium di Kabupaten Gowa. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.,

Analisis Nilai Durabilitas Laston HRS-WC dan Laston AC-WC menggunakan Material Agregat Bulat pada Pemadatan Sedang

Analysis of Durability Values of HRS-WC and AC-WC Asphalt using Rounded Aggregate Material with Medium Compaction

Krisantos Ria Bela

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandira Kupang, Jl. San Juan No.1, Penfui, Kec. Kupang Tengah, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur. Telp: (0380) 833395. Email : krisantosbela@unwira.ac.id

Abstrak

Durabilitas campuran aspal merupakan faktor penting dalam menentukan kualitas infrastruktur jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai durabilitas dari campuran beraspal panas, baik *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) maupun *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC), menggunakan agregat bulat pada pemadatan sedang. Metode uji laboratorium dilakukan untuk menguji durabilitas dengan fokus pada parameter Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Keawetan Pertama (IDP), dan Indeks Keawetan Kedua (IDK). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan agregat bulat mengakibatkan penurunan nilai IKS pada kedua campuran, hanya nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) 1 hari dengan variasi pencampuran batu bulat 0% dan 10% yang memenuhi syarat Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2. Selain itu, campuran AC-WC menunjukkan variasi signifikan dalam IDP pada waktu perendaman 48 jam dengan penambahan batu bulat hingga 30%, nilai IDP yang dihasilkan melebihi 1%, menandakan bahwa campuran AC-WC pada kondisi tersebut tidak dapat dianggap *durable*. IDK menunjukkan kecenderungan penurunan nilai seiring bertambahnya waktu perendaman, menandakan peningkatan kehilangan kekuatan. Kesimpulannya, penggunaan agregat bulat dalam campuran beraspal panas mempengaruhi durabilitasnya, menekankan pentingnya pertimbangan matang dalam penggunaan material untuk meningkatkan kualitas infrastruktur jalan.

Kata Kunci: Durabilitas; HRS-WC; AC-WC; Agregat bulat; Pemadatan sedang

Abstract

Durability of asphalt mixtures is a crucial factor in determining the quality of road infrastructure. This research aims to analyze the durability value of hot asphalt mixtures, both Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) and Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC), using rounded aggregates with moderate compaction. Laboratory testing methods were conducted to examine durability, focusing on parameters such as Residual Strength Index (IKS), First Durability Index (IDP), and Second Durability Index (IDK). The research findings indicate that the addition of rounded aggregates resulted in a decrease in IKS values for both mixtures. Only the 1-day Residual Strength Index (IKS) with variations of 0% and 10% rounded aggregate mixing met the requirements of the 2018 Road Construction Specification Revision 2. Additionally, AC-WC mixtures exhibited significant variations in IDP at a soaking time of 48 hours with the addition of up to 30% rounded aggregate, producing IDP values exceeding 1%, indicating that AC-WC mixtures under those conditions cannot be considered durable. IDK showed a tendency of decreasing values with increasing soaking time, indicating increased strength loss. In conclusion, the use of rounded aggregates in hot asphalt mixtures affects their durability, emphasizing the importance of careful consideration in material usage to enhance road infrastructure quality.

Keywords: Durability; HRS-WC; AC-WC; Rounded aggregate; Moderate compaction

PENDAHULUAN

Cuaca tropis yang sering terjadi di Indonesia berpengaruh besar terhadap kinerja dan umur perkerasan jalan. Terutama saat musim penghujan, banjir sering terjadi dan menyebabkan genangan air di atas jalan. Lapisan paling atas pada aspal (lapis aus/*wearing course*) akan terkena dampak langsung dari genangan air banjir tersebut. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada permukaan jalan dan lama-kelamaan dapat mengakibatkan lapisan atas aspal kehilangan ketahanannya atau durabilitas (Sutazril dan Sentosa, 2014). Durabilitas merupakan kemampuan beton aspal untuk menahan beban yang dihasilkan oleh lalu lintas, seperti berat kendaraan, gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur (Attamimi dkk, 2021).

Struktur perkerasan jalan yang langsung terkena dampak cuaca dan kendaraan, terdiri dari dua jenis lapisan permukaan yaitu *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) atau Lapis Tipis Aspal Beton (LATASTON), dan *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) atau Lapis Aspal Beton (LASTON). Dalam konteks analisis nilai durabilitas antara HRS-WC dan AC-WC dengan menggunakan material agregat bulat pada pemadatan sedang, maka durabilitas menjadi parameter penting untuk dipertimbangkan dalam memilih jenis campuran beton yang akan digunakan. HRS-WC adalah campuran beton aspal yang memiliki keunggulan dalam hal ketahanan aus dan gesekan, serta tahan terhadap cuaca ekstrem dan beban berat. Sementara AC-WC adalah campuran beton aspal yang biasanya digunakan sebagai lapisan permukaan jalan dan memiliki ketahanan aus dan gesekan yang baik.

Pemilihan material yang tepat dan sesuai dengan karakteristik daerah masing-masing untuk perkerasan jalan juga sangat penting, guna menjaga kualitas perkerasan agar konsisten dan dapat bertahan sesuai dengan umur layan yang direncanakan, terutama pada perkerasan lentur yang menggunakan lapisan permukaan aspal beton. Salah satu material yang berperan penting pada perkerasan ini adalah agregat, dimana agregat merupakan butiran-butiran batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya yang dapat berasal dari alam maupun bahan buatan, dan tersedia dalam ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen mineral padat (Sukirman, 2003).

Penggunaan agregat buatan pada campuran aspal beton merupakan langkah yang tepat karena memiliki kelebihan dibandingkan dengan agregat alami dalam membentuk kondisi lapisan perkerasan yang baik. Namun, pada kenyataannya, penggunaan

agregat buatan sebagai material utama pada campuran aspal beton membutuhkan sumber daya yang sangat tinggi. Hal ini dikarenakan biaya yang besar dalam proses pengolahan dan pengangkutan ke lokasi proyek. Selain itu, terkadang ditemukan agregat alam yang masih memenuhi persyaratan sebagai material agregat pada perkerasan, meskipun memiliki permukaan yang tidak rata (bulat) atau masih seperti bentuk semula (Bulgis dan Alkam, 2017).

Pemadatan adalah proses mekanis di mana partikel solid dirapatkan sehingga volume rongga dalam campuran mengecil dan kepadatan campuran meningkat. Proses ini juga membantu dalam mengatur distribusi partikel agregat dalam campuran sehingga mencapai konfigurasi agregat optimum untuk mencapai kepadatan yang diinginkan (Kurnia, 2016). Pada pemadatan sedang dengan menggunakan material agregat bulat, kualitas adhesi antara aspal dan agregat menjadi faktor penting yang mempengaruhi durabilitas. Agregat bulat cenderung memiliki luas permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan agregat kasar, sehingga adhesi antara aspal dan agregat menjadi lebih kuat. Hal ini dapat meningkatkan durabilitas campuran beton aspal tersebut dalam jangka waktu yang lama. Namun demikian, faktor lingkungan juga dapat mempengaruhi durabilitas campuran beton aspal, seperti kelembaban udara, temperatur, dan paparan sinar ultraviolet.

Berdasarkan pokok pemikiran yang sudah diuraikan diatas, penulis merasa perlu menganalisis nilai durabilitas yang dihasilkan oleh kedua jenis campuran beraspal panas, baik itu *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) dan *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) menggunakan material agregat bulat pada proses pemadatan sedang.

METODE

Penelitian ini dilakukan melalui metode uji laboratorium dengan fokus pada analisis nilai durabilitas Lataston HRS-WC dan Laston AC-WC menggunakan material agregat bulat pada pemadatan sedang. Pengujian ini penting untuk memahami bagaimana agregat bulat berperan dalam meningkatkan durabilitas campuran beton aspal, terutama dalam menghadapi dampak cuaca tropis yang sering terjadi di Indonesia. Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan meliputi agregat, bahan pengisi (*filler*), dan aspal. Agregat berupa batu pecah diambil dari *stone crusher* pada *Asphalt Mixing Plant* (AMP), sedangkan agregat bulat (*rounded aggregate*) diambil dari sungai Takari. Bahan pengisi (*filler*) yang digunakan adalah semen *Portland* dan bahan pengikat yang digunakan adalah

Aspal penetrasi 60/70. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Provinsi Nusa Tenggara Timur. Parameter yang dianalisis mencakup durabilitas campuran agregat alami berupa batu bulat dengan interval 0%, 10%, 20%, 30% dan Perendaman benda uji selama 30 menit, 24 jam, dan 48 jam pada suhu 60°C. Analisis ini bertujuan untuk memperoleh nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Keawetan Pertama (IDP), dan Indeks Keawetan Kedua (IDK). Parameter Marshall yang ditinjau meliputi nilai stabilitas, kelelahan (*flow*), kepadatan (*density*), rongga udara dalam agregat atau *Voids in material aggregate* (VMA), rongga udara dalam campuran atau *Voids In Mix* (VIM), rongga terisi aspal atau *Voids Filled Bitumen* (VFA), *Marshall Quotient* (MQ), dan Rasio Partikel.

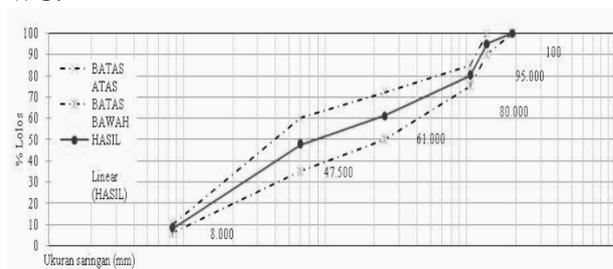
Berikut adalah diagram alir penelitian yang tersedia dalam Gambar 1.



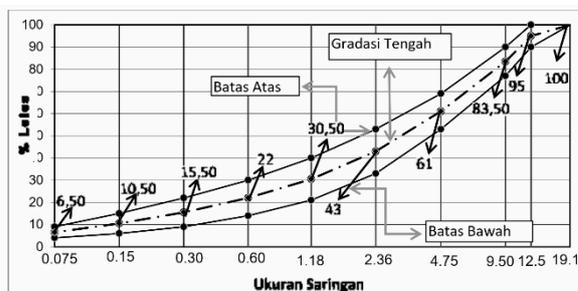
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian
HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melalui serangkaian pengujian yang meliputi analisa saringan, berat jenis dan penyerapan air, abrasi, serta angularitas, semua material yang digunakan untuk lapisan permukaan baik jenis *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) maupun *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) telah terbukti memenuhi Standar Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 untuk campuran beton aspal. Langkah berikutnya dalam proses ini adalah merancang Proporsi Agregat Gabungan. Tujuannya adalah untuk menentukan persentase masing-masing fraksi agregat sehingga nilai kadar aspal rencana (*Pb*), atau yang dikenal sebagai kadar aspal tengah, dapat ditetapkan.

Untuk merancang proporsi agregat gabungan, pertama-tama kita harus memperhitungkan komposisi agregat kasar dan halus, serta bahan pengisi (*filler*) yang digunakan. Agregat kasar terdiri dari batu pecah $\frac{3}{4}$ inch, batu pecah $\frac{1}{2}$ inch, sementara agregat halus terdiri dari abu batu dan pasir. Sebagai bahan pengisi, digunakan semen kupang. Hasil pengujian gradasi agregat gabungan digambarkan ke dalam *line* gradasi atau kurva hubungan antara presentase lolos dan ukuran saringan yang berada di tengah antara batas atas dan batas bawah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 untuk kurva gradasi agregat gabungan laston HRS-WC dan Gambar 3 untuk kurva gradasi agregat gabungan laston AC-WC.



Gambar 2. Gradasi Agregat Gabungan HRS-WC



Gambar 3. Gradasi Agregat Gabungan AC-WC

Setelah menetapkan komposisi gradasi agregat gabungan, langkah selanjutnya adalah merencanakan kadar aspal perkiraan (*Pb*).

Berdasarkan perhitungan didapatkan variasi kadar aspal untuk laston HRS-WC adalah 6.0%, 6.5%, 7.0%, 7.5%, 8.0%, sedangkan untuk laston AC-WC adalah 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5%, 7.0%. Untuk jumlah benda uji dibutuhkan 2 buah sampel pada setiap variasi kadar aspal yang akan diuji Marshall.

Dari hasil pengujian Marshall Tahap 1 menggunakan pemadatan sedang 2 x 50 tumbukan, diperoleh karakteristik Marshall yaitu stabilitas, flow, kepadatan, VMA, VIM, VFA, *Marshall Quetient* (MQ), dan Rasio Partikel. Berikut ini adalah hasil Marshall test untuk laston HRS-WC dan laston AC-WC.

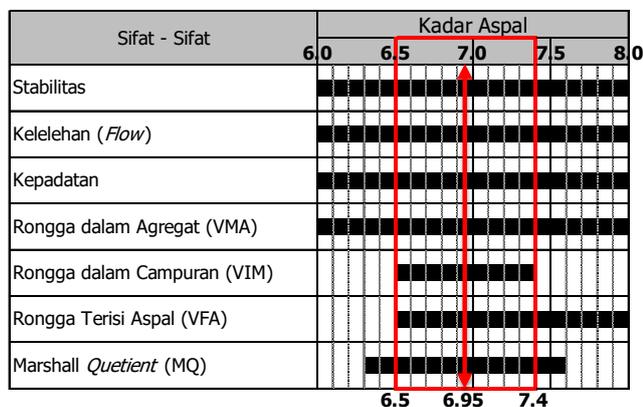
Tabel 1. Hasil Pengujian Marshall Tahap 1 Laston HRS-WC

Parameter Marshall	Kadar Aspal				
	6.0%	6.5%	7.0%	7.5%	8.0%
Stabilitas	742.75	846.29	1035.35	859.79	756.26
Flow	3.40	3.33	3.43	3.55	3.75
Kepadatan	2.23	2.25	2.26	2.26	2.27
VMA	19.30	19.05	18.93	19.31	19.42
VIM	7.50	6.06	4.74	4.01	2.94
VFA	61.14	68.20	74.97	79.26	84.86
MQ	218.82	255.80	302.21	242.33	201.74

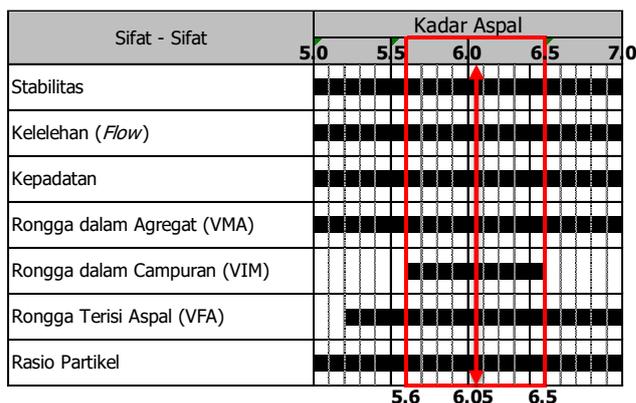
Tabel 2. Hasil Pengujian Marshall Tahap 1 Laston AC-WC

Parameter Marshall	Kadar Aspal				
	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%
Stabilitas	873.30	940.82	1012.85	956.58	877.99
Flow	2.88	3.05	3.25	3.50	3.67
Kepadatan	2.25	2.27	2.28	2.28	2.28
VMA	17.30	17.08	17.12	17.36	17.77
VIM	6.63	5.22	4.10	3.20	2.50
VFA	61.66	69.44	76.03	81.55	85.96
Rasio Partikel	1.33	1.21	1.10	1.02	0.94

Kadar aspal optimum (KAO) dapat ditentukan dengan membuat diagram batang berdasarkan nilai hasil pengujian parameter Marshall yang memenuhi persyaratan dan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2. Berikut merupakan diagram batang penentuan kadar aspal optimum.



Gambar 4. Diagram Batang Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Laston HRS-WC



Gambar 5. Diagram Batang Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Laston AC-WC

Pada Gambar 4 terlihat bahwa kadar aspal yang memenuhi sifat campuran adalah pada rentang kadar aspal 6.50% hingga 7.40%, dengan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh untuk campuran beraspal panas *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) adalah 5.90 %. Sedangkan Pada Gambar 5 terlihat bahwa kadar aspal yang memenuhi sifat campuran adalah pada rentang kadar aspal 5.60% hingga 6.50%, dengan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh untuk campuran beraspal panas *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) adalah 6.05 %.

Setelah menentukan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO), selanjutnya adalah membuat kembali benda uji dengan variasi penambahan agregat alami berupa batu bulat sebesar 0%, 10%, 20%, dan 30% berdasarkan nilai KAO tersebut. Diperlukan 3 buah sampel untuk setiap variasi dengan jumlah tumbukan sebanyak 2 x 50 untuk pemadatan sedang dan waktu perendaman 30 menit, 24 jam dan 48 jam.

Langkah berikutnya adalah melakukan pengujian Marshall Tahap 2 untuk memperoleh nilai stabilitas, *flow*, kepadatan, VMA, VIM, VFA, *Marshall Quetient* (MQ), dan Rasio Partikel berdasarkan hasil variasi agregat alami berupa batu bulat dan waktu perendaman. Berikut ini adalah hasil Marshall test untuk laston HRS-WC dan laston AC-WC.

Tabel 3. Hasil Pengujian Marshall Tahap 2 Laston HRS-WC dengan Variasi Batu Bulat 0%

Parameter Marshall	Durasi Rendaman (Jam)		
	0.5	24	48
Stabilitas	1044.36	978.33	912.31
Flow	3.14	3.47	3.50
Kepadatan	2.26	2.25	2.25
VMA	19.13	19.26	19.37
VIM	5.02	5.18	5.30
VFA	73.77	73.14	72.63
MQ	302.95	284.91	260.56

Tabel 4. Hasil Pengujian Marshall Tahap 2 Laston AC-WC dengan Variasi Batu Bulat 0%

Parameter Marshall	Durasi Rendaman (Jam)		
	0.5	24	48
	Stabilitas	1034.73	959.70	881.55
Flow	3.02	3.08	3.45
Kepadatan	2.28	2.28	2.27
VMA	17.00	17.10	17.49
VIM	3.73	3.84	4.30
VFA	78.06	77.53	75.43
Rasio Partikel	1.09	1.09	1.09

Tabel 5. Hasil Pengujian Marshall Tahap 2 Laston HRS-WC dengan Variasi Batu Bulat 10%

Parameter Marshall	Durasi Rendaman (Jam)		
	0.5	24	48
	Stabilitas	915.31	834.28	774.26
Flow	3.87	3.90	4.01
Kepadatan	2.26	2.25	2.25
VMA	19.13	19.32	19.45
VIM	5.03	5.25	5.40
VFA	73.73	72.85	72.25
MQ	236.65	214.33	193.90

Tabel 6. Hasil Pengujian Marshall Tahap 2 Laston AC-WC dengan Variasi Batu Bulat 10%

Parameter Marshall	Durasi Rendaman (Jam)		
	0.5	24	48
	Stabilitas	912.56	836.54	732.25
Flow	2.96	3.47	4.04
Kepadatan	2.28	2.27	2.27
VMA	17.25	17.36	17.35
VIM	4.02	4.14	4.13
VFA	76.72	76.15	76.19
Rasio Partikel	1.09	1.09	1.09

Tabel 7. Hasil Pengujian Marshall Tahap 2 Laston HRS-WC dengan Variasi Batu Bulat 20%

Parameter Marshall	Durasi Rendaman (Jam)		
	0.5	24	48
	Stabilitas	855.29	768.26	705.24
Flow	4.34	4.39	4.43
Kepadatan	2.26	2.25	2.25
VMA	19.20	19.37	19.47
VIM	5.11	5.30	5.42
VFA	73.39	72.64	72.17
MQ	205.45	176.28	159.22

Tabel 8. Hasil Pengujian Marshall Tahap 2 Laston AC-WC dengan Variasi Batu Bulat 20%

Parameter Marshall	Durasi Rendaman (Jam)		
	0.5	24	48
	Stabilitas	727.75	654.22	564.19
Flow	2.86	4.80	5.36
Kepadatan	2.25	2.25	2.23
VMA	18.17	18.24	18.79
VIM	5.09	5.17	5.81
VFA	72.01	71.67	69.10

Rasio Partikel	1.09	1.09	1.09
----------------	------	------	------

Tabel 9. Hasil Pengujian Marshall Tahap 2 Laston HRS-WC dengan Variasi Batu Bulat 30%

Parameter Marshall	Durasi Rendaman (Jam)		
	0.5	24	48
	Stabilitas	825.28	726.25	666.23
Flow	4.62	4.73	4.81
Kepadatan	2.25	2.25	2.25
VMA	19.28	19.43	19.51
VIM	5.20	5.38	5.47
VFA	73.02	72.32	72.00
MQ	179.91	154.22	138.58

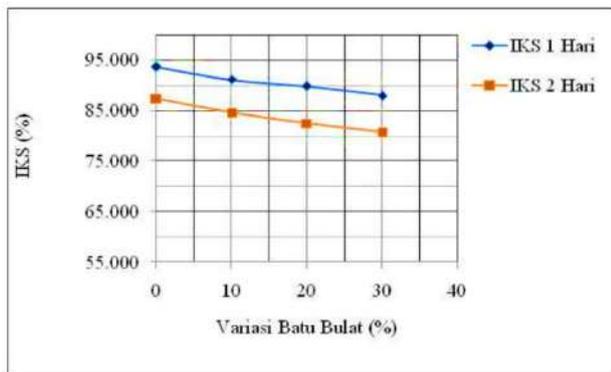
Tabel 10. Hasil Pengujian Marshall Tahap 2 Laston AC-WC dengan Variasi Batu Bulat 30%

Parameter Marshall	Durasi Rendaman (Jam)		
	0.5	24	48
	Stabilitas	630.22	555.19	480.16
Flow	2.81	4.53	5.49
Kepadatan	2.24	2.24	2.22
VMA	18.43	18.59	19.19
VIM	5.39	5.57	6.27
VFA	70.76	70.06	67.36
Rasio Partikel	1.09	1.09	1.09

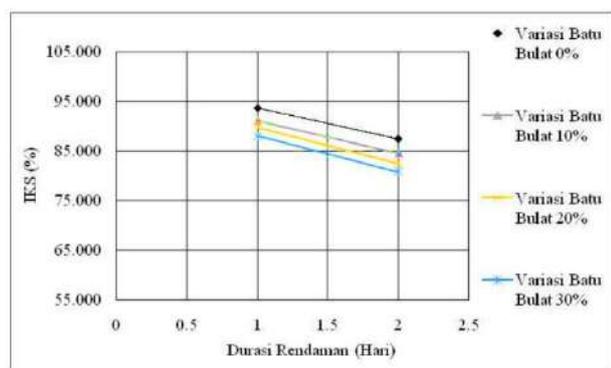
Setelah melakukan serangkaian pengujian Marshall seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 sampai dengan Tabel 10 untuk penambahan agregat alami berupa batu bulat 0%, 10%, 20%, dan 30% dengan jumlah tumbukan sebanyak 2 x 50 untuk pemadatan sedang dan waktu perendaman 30 menit, 24 jam dan 48 jam, maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap durabilitas laston HRS-WC dan laston AC-WC. Parameter yang akan dianalisis meliputi Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Keawetan Pertama (IDP), dan Indeks Keawetan Kedua (IDK).

Tabel 11. Nilai IKS Laston HRS-WC

Durasi Rendaman (Jam)	Variasi Batu Bulat			
	0%	10%	20%	30%
Stabilitas Awal (0.5 Jam)	1044.36	915.31	855.29	825.28
Stabilitas 1 Hari (24 Jam)	978.33	834.28	768.26	726.25
Indeks Kekuatan Sisa (IKS) 1 Hari (%)	93.68	91.15	89.83	88.00
Stabilitas Awal (0.5 Jam)	1044.36	915.31	855.29	825.28
Stabilitas 2 Hari (48 Jam)	912.31	774.26	705.24	666.23
Indeks Kekuatan Sisa (IKS) 2 Hari (%)	87.36	84.59	82.46	82.73



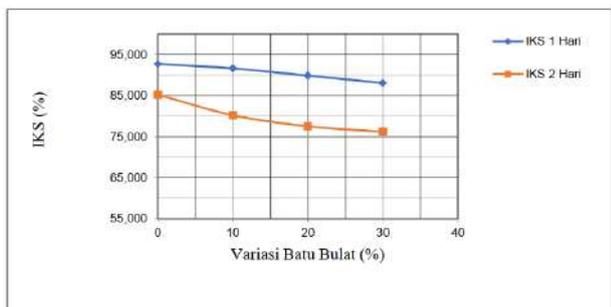
Gambar 6. Hubungan IKS Terhadap Variasi Batu Bulat (Lataston HRS-WC)



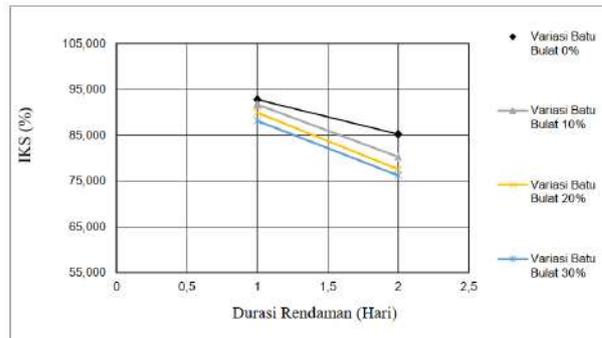
Gambar 7. Hubungan IKS Terhadap Durasi Rendaman (Lataston HRS-WC)

Tabel 12. Nilai IKS Laston AC-WC

Durasi Rendaman (Jam)	Variasi Batu Bulat			
	0%	10%	20%	30%
Stabilitas Awal (0.5 Jam)	1034.73	912.56	727.75	630.22
Stabilitas 1 Hari (24 Jam)	959.7	836.54	654.22	555.19
Indeks Kekuatan Sisa (IKS) 1 Hari (%)	92.75	91.67	89.90	88.10
Stabilitas Awal (0.5 Jam)	1034.73	912.56	727.75	630.22
Stabilitas 2 Hari (48 Jam)	881.55	732.25	564.19	480.16
Indeks Kekuatan Sisa (IKS) 2 Hari (%)	85.20	80.24	77.53	76.19



Gambar 8. Hubungan IKS Terhadap Variasi Batu Bulat (Laston AC-WC)

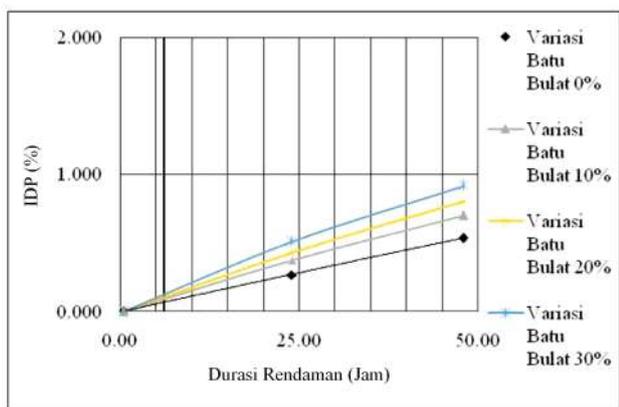


Gambar 9. Hubungan IKS Terhadap Durasi Rendaman (Laston AC-WC)

Berdasarkan data pada Tabel 11 dan 12 atau pada Gambar 6, 7, 8 dan 9, terlihat bahwa nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) untuk campuran beraspal panas *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) dan *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC), mengalami penurunan seiring dengan peningkatan variasi pencampuran agregat alami (batu bulat), dari 0%, 10%, 20%, hingga 30%. Hasil pengujian perendaman selama 1 hari (24 Jam) dan 2 hari (48 Jam) menunjukkan bahwa hanya nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) 1 hari dengan variasi pencampuran batu bulat 0% dan 10% yang memenuhi syarat Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2, yakni memiliki nilai IKS minimum 90%.

Tabel 13. Nilai IDP Lataston HRS-WC

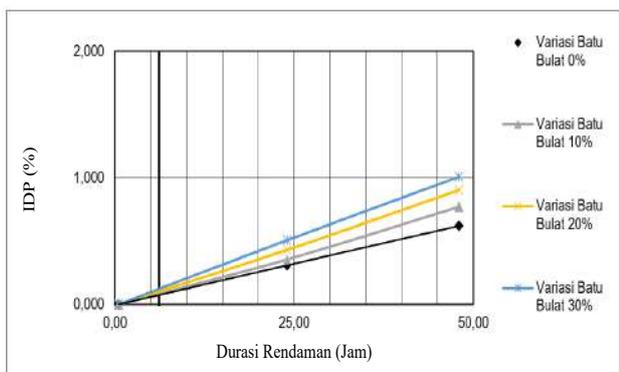
Variasi Batu Bulat 0%			
Durasi Rendaman	0.5	24	48
Stabilitas	1044.36	978.33	912.31
IKS	100	93.68	87.36
Si-Si+1	0	6.32	12.64
ti+1-ti	0	23.50	47.50
r = (Si-Si+1) / (ti+1-ti)	0	0.27	0.54
Variasi Batu Bulat 10%			
Durasi Rendaman	0.5	24	48
Stabilitas	915.31	834.28	774.26
IKS	100	91.15	84.59
Si-Si+1	0	8.85	15.41
ti+1-ti	0	23.50	47.40
r = (Si-Si+1) / (ti+1-ti)	0	0.38	0.70
Variasi Batu Bulat 20%			
Durasi Rendaman	0.5	24	48
Stabilitas	855.29	768.26	705.24
IKS	100	89.82	82.46
Si-Si+1	0	10.18	17.54
ti+1-ti	0	23.50	47.50
r = (Si-Si+1) / (ti+1-ti)	0	0.43	0.80
Variasi Batu Bulat 30%			
Durasi Rendaman	0.5	24	48
Stabilitas	825.28	726.25	666.23
IKS	100	88.00	80.73
Si-Si+1	0	12.00	19.27
ti+1-ti	0	23.50	47.50
r = (Si-Si+1) / (ti+1-ti)	0	0.51	0.92



Gambar 10. Hubungan IDP Terhadap Durasi Rendaman (Laston HRS-WC)

Tabel 14. Nilai IDP Laston AC-WC

Variasi Batu Bulat 0%			
Durasi Rendaman	0.5	24	48
Stabilitas	1034.73	959.70	881.55
IKS	100	92.75	85.20
Si-Si+1	0	7.25	14.80
ti+1-ti	0	23.50	47.50
r = (Si-Si+1) / (ti+1-ti)	0	0.31	0.62
Variasi Batu Bulat 10%			
Durasi Rendaman	0.5	24	48
Stabilitas	912.56	836.54	732.25
IKS	100	91.67	80.24
Si-Si+1	0	8.33	19.76
ti+1-ti	0	23.50	47.50
r = (Si-Si+1) / (ti+1-ti)	0	0.36	0.77
Variasi Batu Bulat 20%			
Durasi Rendaman	0.5	24	48
Stabilitas	727.75	654.22	564.19
IKS	100	89.90	77.53
Si-Si+1	0	10.10	22.47
ti+1-ti	0	23.50	47.50
r = (Si-Si+1) / (ti+1-ti)	0	0.43	0.90
Variasi Batu Bulat 30%			
Durasi Rendaman	0.5	24	48
Stabilitas	630.22	555.19	480.16
IKS	100	88.10	76.19
Si-Si+1	0	11.90	23.81
ti+1-ti	0	23.50	47.50
r = (Si-Si+1) / (ti+1-ti)	0	0.51	1.01



Gambar 11. Hubungan IDP Terhadap Durasi Rendaman (Laston AC-WC)

Dari analisis terhadap data yang tersaji dalam Tabel 13 dan 14, terlihat bahwa nilai Indeks Durabilitas Pertama (IDP) untuk campuran beraspal panas *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) menunjukkan bahwa campuran tersebut masih mempertahankan durabilitasnya terhadap perendaman. Hal ini terlihat dari nilai sensitivitas campuran terhadap perendaman yang relatif rendah, dengan nilai (r) yang didapatkan $\leq 1\%$. Berbeda dengan itu, pada campuran beraspal panas *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC), terlihat variasi hasil yang lebih signifikan tergantung pada waktu perendaman dan penambahan agregat alami berupa batu bulat. Meskipun untuk waktu perendaman 30 menit, 24 jam, dan 48 jam dengan penambahan batu bulat hingga 20%, nilai sensitivitas campuran terhadap perendaman tetap dalam kisaran yang masih *durable* ($\leq 1\%$). Namun, pada waktu perendaman 48 jam dengan penambahan batu bulat hingga 30%, nilai IDP yang dihasilkan melebihi 1%, menandakan bahwa campuran AC-WC pada kondisi tersebut tidak dapat dianggap *durable*.

Tabel 15. Nilai IDK Laston HRS-WC

Variasi Batu Bulat 0%				Total
Durasi Rendaman	0.5	24	48	-
Stabilitas	1044.36	978.33	912.31	-
IKS	100	93.68	87.36	-
Si-Si+1	0	6.32	12.64	-
ti+ti+1	0	24.50	48.50	-
2tn - (ti+ti+1)	0	23.50	47.50	-
a=[1/(2.tn)]*				
(Si-Si+1) * {2tn -	0	3.10	6.26	9.35
(ti+ti+1)}				
Sa=100 - a	0	96.91	93.74	-
A = (a/100)*S0	0	28.33	57.26	-
SA = S0 - A	0	886.98	858.05	-
Variasi Batu Bulat 10%				Total
Durasi Rendaman	0.5	24	48	-
Stabilitas	915.31	834.28	774.26	-
IKS	100	91.15	84.59	-
Si-Si+1	0	8.85	15.41	-
ti+ti+1	0	24.50	48.50	-
2tn - (ti+ti+1)	0	23.50	47.50	-
a=[1/(2.tn)]*				
(Si-Si+1) * {2tn -	0	4.33	7.63	11.96
(ti+ti+1)}				
Sa=100 - a	0	95.67	92.38	-
A = (a/100)*S0	0	39.67	69.79	-
SA = S0 - A	0	875.64	845.52	-
Variasi Batu Bulat 20%				Total
Durasi Rendaman	0.5	24	48	-
Stabilitas	855.29	768.26	705.24	-
IKS	100	89.82	82.46	-
Si-Si+1	0	10.18	17.54	-
ti+ti+1	0	24.50	48.50	-
2tn - (ti+ti+1)	0	23.50	47.50	-
a=[1/(2.tn)]*				
(Si-Si+1) * {2tn -	0	4.98	8.68	13.66
(ti+ti+1)}				
Sa=100 - a	0	95.02	91.32	-
A = (a/100)*S0	0	45.60	79.45	-

SA = S0 - A	0	869.71	835.86	-
Variasi Batu Bulat 30%				Total
Durasi Rendaman	0.5	24	48	-
Stabilitas	825.28	726.25	666.23	-
IKS	100	88.00	80.73	-
Si-Si+1	0	12.00	19.27	-
ti+ti+1	0	24.50	48.50	-
2tn - (ti+ti+1)	0	23.50	47.50	-
$a=[1/(2.tn)]^*$				
(Si-Si+1) * {2tn - (ti+ti+1)}	0	5.88	9.54	15.41
Sa=100 - a	0	94.13	90.46	-
A = (a/100)*S0	0	53.78	87.28	-
SA = S0 - A	0	861.54	828.03	-

Tabel 16. Nilai IDK Laston AC-WC

Variasi Batu Bulat 0%				Total
Durasi Rendaman	0.5	24	48	-
Stabilitas	1034.73	959.70	881.55	-
IKS	100	92.75	85.20	-
Si-Si+1	0	7.25	14.80	-
ti+ti+1	0	24.50	48.50	-
2tn - (ti+ti+1)	0	23.50	47.50	-
$a=[1/(2.tn)]^*$				
(Si-Si+1) * {2tn - (ti+ti+1)}	0	3.55	7.33	10.88
Sa=100 - a	0	96.45	92.68	-
A = (a/100)*S0	0	32.40	66.84	-
SA = S0 - A	0	880.17	845.72	-
Variasi Batu Bulat 10%				Total
Durasi Rendaman	0.5	24	48	-
Stabilitas	912.56	836.54	732.25	-
IKS	100	91.67	80.24	-
Si-Si+1	0	8.33	19.76	-
ti+ti+1	0	24.50	48.50	-
2tn - (ti+ti+1)	0	23.50	47.50	-
$a=[1/(2.tn)]^*$				
(Si-Si+1) * {2tn - (ti+ti+1)}	0	4.08	9.78	13.86
Sa=100 - a	0	95.92	90.22	-
A = (a/100)*S0	0	37.22	89.22	-
SA = S0 - A	0	875.34	823.34	-
Variasi Batu Bulat 20%				Total
Durasi Rendaman	0.5	24	48	-
Stabilitas	727.75	654.22	564.19	-
IKS	100	89.90	77.53	-
Si-Si+1	0	10.10	22.47	-
ti+ti+1	0	24.50	48.50	-
2tn - (ti+ti+1)	0	23.50	47.50	-
$a=[1/(2.tn)]^*$				
(Si-Si+1) * {2tn - (ti+ti+1)}	0	4.95	11.12	16.07
Sa=100 - a	0	95.05	88.88	-
A = (a/100)*S0	0	45.14	101.48	-
SA = S0 - A	0	867.42	811.08	-
Variasi Batu Bulat 30%				Total
Durasi Rendaman	0.5	24	48	-
Stabilitas	630.22	555.19	480.16	-
IKS	100	88.10	76.19	-
Si-Si+1	0	11.90	23.81	-
ti+ti+1	0	24.50	48.50	-
2tn - (ti+ti+1)	0	23.50	47.50	-
$a=[1/(2.tn)]^*$				
(Si-Si+1) * {2tn - (ti+ti+1)}	0	5.83	11.78	17.61
Sa=100 - a	0	94.17	88.22	-

A = (a/100)*S0	0	53.19	107.51	-
SA = S0 - A	0	859.37	805.05	-

Berdasarkan data yang ditampilkan dalam Tabel 15 dan 16, dapat diamati bahwa nilai Indeks Durabilitas Kedua (IDK) untuk campuran beraspal panas *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) dan *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) menunjukkan kecenderungan yang menurun seiring dengan bertambahnya waktu perendaman dari 30 menit hingga 24 jam. Nilai "a" yang positif pada IDK mengindikasikan adanya kehilangan kekuatan, sementara nilai "a" yang negatif menandakan pertambahan kekuatan. Semakin kecil nilai IDK, semakin kecil pula kehilangan kekuatan. Hal ini menunjukkan bahwa campuran mengalami peningkatan kekuatan atau penurunan kehilangan kekuatan seiring berjalannya waktu perendaman. Secara konsisten, semakin lama proses perendaman dilakukan, semakin rapuh atau mudah hancur benda uji tersebut.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dijabarkan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan agregat bulat dalam campuran beraspal panas, baik itu *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) maupun *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC), memberikan pengaruh terhadap nilai durabilitas campuran tersebut. Penambahan agregat bulat menyebabkan penurunan nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) pada kedua jenis campuran, dimana hanya campuran dengan variasi pencampuran batu bulat 0% dan 10% yang memenuhi syarat Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 dengan memiliki nilai IKS minimum 90%. Indeks Durabilitas Pertama (IDP) menunjukkan bahwa campuran HRS-WC cenderung lebih stabil terhadap perendaman dibandingkan dengan campuran AC-WC. Meskipun demikian, penambahan agregat bulat dalam campuran AC-WC dapat menghasilkan variasi yang signifikan tergantung pada waktu perendaman, dimana penambahan batu bulat hingga 30% pada waktu perendaman 48 jam menghasilkan nilai IDP yang melebihi 1%, menunjukkan ketidakdurable-an campuran. Indeks Durabilitas Kedua (IDK) menunjukkan kecenderungan penurunan nilai seiring dengan bertambahnya waktu perendaman, menandakan bahwa campuran mengalami peningkatan kehilangan kekuatan atau penurunan kekuatan seiring berjalannya waktu perendaman. Dengan demikian, penelitian ini memberikan gambaran bahwa penggunaan agregat bulat dalam campuran beraspal panas perlu dipertimbangkan secara cermat, karena dapat mempengaruhi

durabilitas campuran tersebut. Selain itu, penelitian ini juga menyoroti pentingnya pemahaman terhadap karakteristik campuran beraspal panas dalam konteks keawetan dan kekuatan untuk meningkatkan kualitas infrastruktur jalan.

REFERENSI

- Attamimi, M. F., Achmad, F., & Desei, F. L., 2021. "Kajian Durabilitas Dan Penuaan Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Asbuton Pracampur Terhadap Variasi Lama Rendaman". *Composite Jurnal*, Vol. 1, No. 1, January, 32–40.
- Badan Standart Nasional, 1990. "SNI 03-1964-1990 Metode Pengujian Tentang Berat Jenis Tanah", Jakarta.
- Badan Standart Nasional, 1990. "SNI 03-1968-1990 Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar", Jakarta.
- Badan Standart Nasional, 1990. "SNI 03-1969-1990 Metode Pengujian Tentang Berat Jenis dan Penyerapan Air", Jakarta.
- Badan Standart Nasional, 1990. "SNI 03-1970-1990 Metode Pengujian Tentang Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus", Jakarta.
- Badan Standart Nasional, 1991. "SNI 03-2417-1991 Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles", Jakarta.
- Badan Standart Nasional, 1996. "SNI 03-4142-1996 Metode Pengujian Tentang Jumlah Ba-han dalam Agregat yang Lolos Saringan No-mor 200 (0,0075 mm)", Jakarta.
- Bulgis dan Alkam, R. B., 2017. "Pemanfaatan Agregat Alami Dan Agregat Batu Pecah Sebagai Material Perkerasan Pada Campuran Aspal Beton". *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, Vol. 19, No. 1, Maret, 23–32.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018. "Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan Revisi 2", Jakarta.
- Kurnia, R., 2016. "Perbandingan Kepadatan Marshall Dan Kepadatan Mutlak (PRD) Pada Campuran Beraspal". *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, Vol. 18, No. 2, September, 97–104.
- Sukirman, S., 2003. "Beton Aspal Campuran Panas", Granit. Jakarta.
- Sutazril M. dan Sentosa L., 2014. "Durabilitas AC-WC Spesifikasi Bina Marga 2010 Menggunakan Pasir Alam Kampar Dengan Uji Rendaman Modifikasi Marshall". *Jom FTEKNIK*, Volume 1, No. 2, Oktober, 1-11.

Evaluasi Tingkat Pelayanan Jalan Pada Ruas Jalan Desa Gumawang Kecamatan Belitang Kabupaten Ogan Komering Ulu Timur

Evaluation of Road Service Level on Road Segments Gumawang Village, Belitang Sub-district, East Ogan Komering Ulu Regency

Gian Singgih¹, Sartika Nisumanti², Khodijah Al Qubro³

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indo Global Mandiri Telp: (0711)357754.

Email : giansinggih@icloud.com

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indo Global Mandiri Telp: (0711)357754.

Email : sartika.nisumanti@uigm.ac.id

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indo Global Mandiri Telp: (0711)357754.

Email : khodijah@uigm.ac.id

Abstrak

Ruas Jalan Desa Gumawang Kecamatan Belitang Kabupaten Ogan Komering Ulu Timur sebagai Jalan lintas Kota Terpadu Mandiri (KTM) dimana di sekitar daerah tersebut terdapat aktivitas pasar, dan pertokoan di sepanjang ruas jalan tersebut yang memiliki panjang kurang lebih 2 km. Ruas jalan ini sering mengalami kemacetan disebabkan oleh kurangnya kesadaran masyarakat dalam berkendara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pelayanan jalan menggunakan metode MKJI (1997). Dari hasil Analisa Nilai kapasitas dengan rumus Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 untuk ruas jalan Desa Gumawang Kabupaten Oku Timur pada titik AB sebesar 1927,363 smp/jam, sedangkan nilai kapasitas untuk ruas jalan Desa Gumawang Kabupaten Oku Timur pada titik CD sebesar 1969,262 smp /jam. Dari hasil penelitian juga di dapat tingkat pelayanan ruas jalan Desa Gumawang Kabupaten Oku Timur pada titik AB dengan nilai ratio $V/C = 0,26$ termasuk dalam kategori tingkat pelayanan jalan arteri kelas B, sedangkan tingkat pelayanan ruas jalan Desa Gumawang Kabupaten Oku Timur pada titik CD dengan nilai ratio $V/C = 0,12$ termasuk dalam kategori tingkat pelayanan jalan arteri kelas A

Kata Kunci: Tingkat pelayanan jalan; Kapasitas jalan; Ruas jalan

Abstract

The road section of Gumawang Village, Belitang Subdistrict, East Ogan Komering Ulu Regency as a crossroad of the Mandiri Integrated City (KTM) where around the area there are market activities, and shops along the road section which has a length of approximately 2 km. This road section often experiences congestion due to lack of public awareness in driving. This study aims to determine the level of road service using the MKJI method (1997). From the results of the analysis, the capacity value with the 1997 Indonesian Road Capacity Manual formula for the Gumawang Village road section of East Oku Regency at point AB is 1927.363 smp / hour, while the capacity value for the Gumawang Village road section of East Oku Regency at point CD is 1969.262 smp / hour. From the results of the study also obtained the level of service of the Gumawang Village road section of East Oku Regency at point AB with a V/C ratio value = 0.26 included in the category of class B arterial road service level, while the level of service of the Gumawang Village road section of East Oku Regency at point CD with a V/C ratio value = 0.12 included in the category of class A arterial road service level.

Keywords: Road service level; Road capacity; Road section

PENDAHULUAN

Jalan raya adalah transportasi darat yang mendapatkan peran yang sangat penting dalam berkembangnya suatu daerah. Namun dalam hal ini mendapatkan permasalahan dalam lalu lintas, dimana saat volume lalu lintas yang tinggi dapat mengakibatkan suatu kemacetan (Firdaus, 2013). Dengan Bertambahnya penduduk mengakibatkan ramainya pengguna jalan yang menyebabkan pengguna jalan sangat memanfaatkannya untuk beraktifitas (Widari et al., 2021). Hal ini akan memicu terjadinya kemacetan dan permasalahan di kabupaten oku timur termasuk pada Ruas Jalan Desa Gumawang.

Ruas Jalan Desa Gumawang sebagai Jalan lintas Kota Terpadu Mandiri (KTM) dimana di sekitar daerah tersebut terdapat aktivitas pasar, dan pertokoan di sepanjang ruas jalan tersebut yang memiliki Panjang kurang lebih 2 kilo meter. Ruas jalan ini sering mengalami kemacetan disebabkan oleh kurangnya kesadaran masyarakat dalam berkendara. Banyak masyarakat yang parkir sembarangan di pinggir jalan, pedagang kaki lima yang berjualan di pinggir jalan, dan bengkel, selain itu kurang tertibnya masyarakat dlam berlalu lintas juga mengakibatkan ruas jalan menjadi semakin sempit dan arus lalu lintas menjadi tidak stabil sehingga mengakibatkan kemacetan pada jam-jam sibuk. Hal ini berdampak kepada penurunan tingkat pelayanan jalan. Pada ruas sepanjang Kawasan ini terdapat pusat-pusat kegiatan dan bertambah lamanya waktu tempuh ke suatu tempat. Fungsi jalan ini sangat vital dikarenakan arus lalu lintas dari luar kota ke pusat kota.

Maka di lakukan penelitian mengenai Evaluasi Pelayanan Jalan Pada Ruas Jalan Desa Gumawang Kecamatan Belitang Kabupaten Ogan Komering Ulu Timur.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas jalan pada ruas jalan menganalisis pelayanan di ruas jalan desa Gumawang Kabupaten OKU Timur.

TINJAUAN PUSTAKA

Lalu Lintas

Menurut Poerwadarminta (1993:55) lalu lintas ialah suatu perjalanan bolak balik serta merupakan suatu perjalanan di jalan dan yang berhubungan dengan sebuah tempat. Sedangkan menurut Undang-undang No.22 (2009) *traffic* atau lalu lintas adalah kegiatan lalu lalangnya sebuah kendaraan baik hewan maupun manusia. Dalam

mengemudi individu memiliki kemampuan yang berbeda dalam memberlakukan kendaraanya (Nisumanti and Krisna 2020).

Hambatan Samping

MKJI (1997) menyatakan hambatan samping adalah kegiatan yang mungkin mengakibatkan suatu permasalahan dalam pergerakan kelancaran pada suatu lalu lintas dan juga mengakibatkan penurunan dalam kinerja jalan. Dalam hal ini hambatan samping memiliki tingkatan dari yang terendah sampai yang tertinggi yang merupakan frekuensi dalam hambatan samping itu sendiri. Hambatan samping adalah penetapan total dari nilai frekuensi setia terjadinya hambatan samping (Ningrum et al, 2023). Dalam hal ini hambatan samping dikelompokkan dalam beberapa seperti pada tabel 1

Tabel 1 Kelas Hambatan Samping dalam Perkotaan

Kelas hambatan samping (SFC)	Kode	Jumlah berbobot kejadian per 200 m perjam (dua sisi)	Kondisi Khusus
Sangat rendah	VL	< 100	Daerah permukiman ; Jalan dengan jalan samping
Rendah	L	100 – 299	Daerah permukiman ; Beberapa kendaraan umum.
Sedang	M	300 – 499	Daerah industri ; Beberapa toko di sisi jalan
Tinggi	H	500 – 899	Daerah komersial ; Aktivitas sisi jalan sangat tinggi
Sangat tinggi	VH	> 900	Daerah komersial ; Aktivitas pasar disamping jalan

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Jaringan Jalan

Dalam Buku Panduan Penentuan Klasifikasi Fungsi Jalan di wilayah Perkotaan yang di terbitkan Direktorat Jenderal Bina Marga No. 010/T/BNKT/1990, Jaringan jalan merupakan suatu kesatuan sistem yaitu jaringan sekunder dengan hubungan yang hirarki.

Volume Lalu Lintas

Didefinisikan sebagai total kendaraan yang melewati titik pengamatan dengan menggunakan satuan waktu (hari, jam, atau menit).

Lalu Lintas harian rata-rata tahunan (LHRT)

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas Dalam Satuan Tahun}}{365} \quad (1)$$

Sedangkan LHR adalah jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dibandingkan atau dibagi dengan lama pengamatan.

$$LHR = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas Selama Pengamatan}}{\text{Lama Pengamatan}} \quad (2)$$

Derajat Kejenuhan Jalan

Derajat kejenuhan jalan adalah suatu rasio dalam kapasitas. Dalam hal ini derajat kejenuhan menjadi faktor utama untuk menentukan tingkatan kinerja simpang serta segmen jalan.

Dengan rumus:

$$DS = Q/C \quad (3)$$

METODE

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada Ruas Jalan sepanjang 2 km di Desa Gumawang Kabupaten Oku Timur. Sepanjang kawasan ini sering mengalami kemacetan pada jam – jam padat. Area ini merupakan area pasar di Desa Gumawang, kemacetan di sebabkan oleh banyaknya kendaraan yang parkir atau berhenti di pinggir jalan.

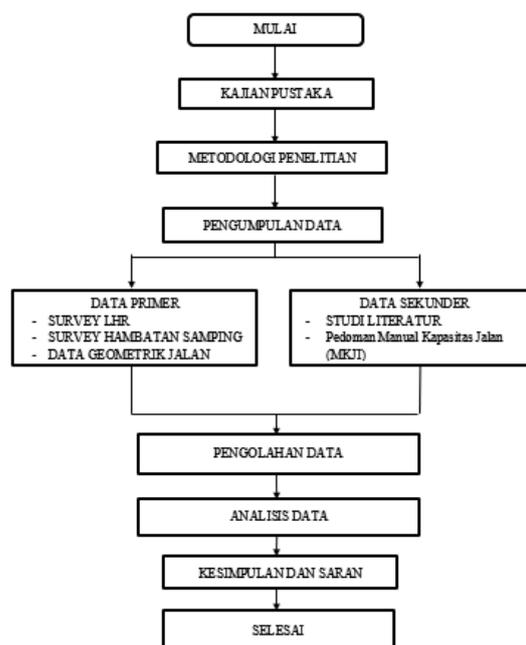
Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data Primer dan Sekunder. Metode pengambilan data di lakukan dengan cara survey langsung ke lokasi. Dan di lakukan pada 2 (dua) titik lokasi yaitu, di pangkal dan di ujung ruas jalan Desa Gumawang.

Metode Analisa

Pengolahan data menggunakan metode Pedoman Manual kapasitas jalan (MKJI) 1997 dengan analisa data fluktuasi lalu lintas (jumlah lalu-lintas yang naik turun). Data diperoleh dari data lapangan yaitu data lalu lintas harian rata-rata, data geometrik jalan dan data hambatan samping kemudian menghitung hambatan samping dan kapasitas jalan.

Bagan Alir Penelitian



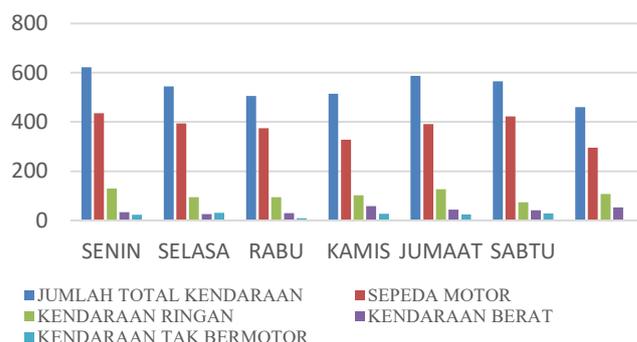
Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

Volume Lalu – Lintas Titik A-B Selama Satu Minggu

Rekapitulasi dalam satu minggu dan penggolongan volume kendaraan di ambil dari jam tersibuk pada hari- hari selama melakukan survey dapat dilihat pada Gambar 2



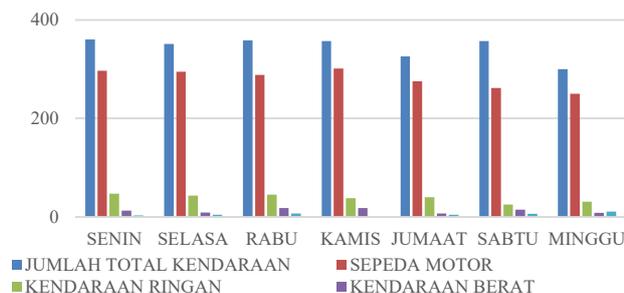
Gambar 2. Perbandingan Volume Lalu Lintas Harian pada jam Puncak pada Titik AB

Dari hasil survey yang dilakukan, dapat dilihat bahwa jumlah dan volume tertinggi di jalan Desa Gumawang pada titik AB terdapat pada hari senin pukul 06.00 – 07.00 wib yaitu

dengan jumlah kendaraan 622 kend/jam dan jumlah volume 509,2 smp/jam yaitu di mana jam tersebut pekerja berangkat ke kantor dan jam pergi anak-anak ke sekolah.

Volume Lalu – Lintas Titik C-D Selama Satu Minggu

Volume lalu lintas pada titik C-D selama satu minggu dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Perbandingan Volume Lalu Lintas Harian pada jam Puncak pada Titik CD

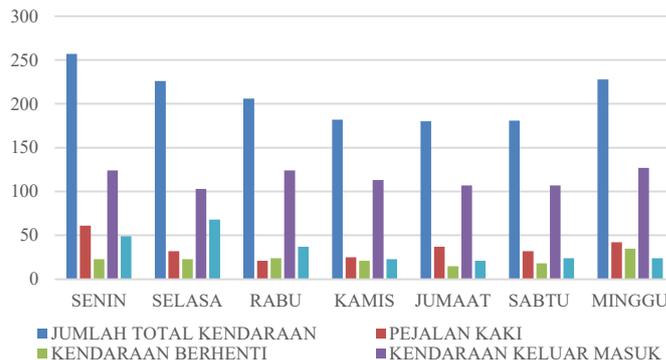
Dari hasil survey yang dilakukan, dapat dilihat bahwa jumlah dan volume tertinggi di jalan pada titik CD terdapat pada hari senin pukul 10.00 – 11.00 wib yaitu dengan jumlah kendaraan 360 kend/jam dan jumlah volume 203,7 smp/jam yaitu dimana jam tersebut pedagang didesa pulang dari pasar pagi.

Perhitungan Hambatan Samping Pada Titik A-B

Rekapitulasi dalam satu minggu dan penggolongan volume hambatan samping di ambil dari jam puncak pada hari-hari selama melakukan survey.

Tabel 2 Rekapitulasi data hambatan samping dalam satu minggu pada Titik AB

Hari	Waktu	Pejalan Kaki/ Penyebrang Jalan(PK)		Kendaraan Berhenti/ Parkir (KP)		Kendaraan Keluar (KM)		Kendaraan Lambat (KL)		Jumlah (kend/ skr/ jam)	
		Orang/ jam	skr/ jam	kend/ jam	skr/ jam	skr/ jam	kend/ jam	skr/ jam	kend/ jam	skr/ jam	kend/ jam
Senin	12.00-13.00	61	30,5	23	23	124	86,8	49	19,6	257	159,9
Selasa	09.00-10.00	32	16	23	23	103	72,1	68	27,2	226	138,3
Rabu	15.00-16.00	21	10,5	24	24	124	86,8	37	14,8	206	136,1
Kamis	12.00-13.00	25	12,5	21	21	113	79,1	23	9,2	182	121,8
Jumat	10.00-11.00	37	18,5	15	15	107	74,9	21	8,4	180	116,8
Sabtu	11.00-12.00	32	16	18	18	107	74,9	24	9,6	181	118,5
Minggu	14.00-15.00	42	21	35	35	127	88,9	24	9,6	228	154,5



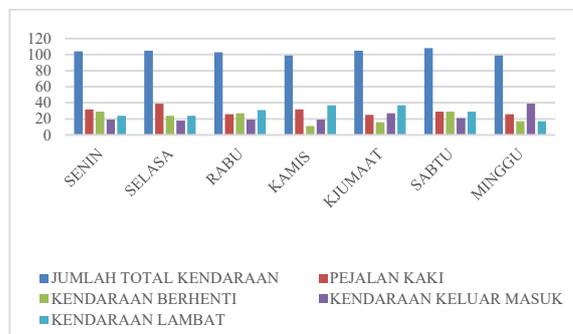
Gambar 4 Perbandingan Volume Hambatan Samping Harian pada jam Puncak pada Titik AB

Hambatan samping tertinggi pada ruas jalan titik AB yaitu sebesar 257 kendaraan / jam atau 159,9 skr/jam, menurut ketentuan MKJI 1997 dengan ketentuan 100-299 yaitu rendah (L) dengan kondisi khusus yaitu daerah permukiman : dapat dilihat pada tabel 1.

Berikut hasil survey lalu-lintas harian pada jalan Desa Gumawang titik CD, dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 3 Rekapitulasi data hambatan samping dalam satu minggu pada Titik CD

Hari	Waktu	Pejalan Kaki/ Penyebrang Jalan(PK)		Kendaraan Berhenti/ Parkir (KP)		Kendaraan Keluar Masuk(KM)		Kendaraan Lambat (KL)		Jumlah (kend/ jam)	Jumlah (skr/ jam)
		Orang/ jam	skr/ jam	kend/ jam	skr/ jam	kend/ jam	skr/ jam	kend/ jam	skr/ jam		
Senin	12.00-13.00	32	16	29	29	19	13,3	24	9,6	104	67,9
Selasa	11.00-12.00	39	19,5	24	24	18	12,6	24	9,6	105	65,7
Rabu	14.00-15.00	26	13	27	27	19	13,3	31	12,4	103	65,7
Kamis	08.00-09.00	32	16	11	11	19	13,3	37	14,8	99	55,1
Jumat	16.00-17.00	25	12,5	16	16	27	18,9	37	14,8	105	62,2
Sabtu	14.00-15.00	29	14,5	29	29	21	14,7	29	11,6	108	69,8
Minggu	11.00-12.00	26	13	17	17	39	27,3	17	6,8	99	64,1



Gambar 5 Perbandingan Volume Hambatan Samping Harian jam Puncak pada Titik CD

Hambatan samping tertinggi pada ruas jalan titik CD dilihat yaitu sebesar 69,8 skr/jam, menurut ketentuan MKJI 1997 dengan ketentuan <100 yaitu sangat rendah (VL) dengan kondisi khusus yaitu daerah permukiman : jalan dengan jalan samping, dapat dilihat pada tabel 1.

Tingkat Pelayanan Pada Titik A-B

Tabel 4. Tingkat pelayanan pada ruas jalan Desa Gumawang Kecamatan Belitang Kabupaten Oku Timur pada Titik AB

Kondisi jalan	Volume lalu-lintas smp/jam	Kapasitas	Tingkat pelayanan
(2/2 UD)	509,2	1969,262	0,26 = B

Sumber : Hasil analisa perhitungan

Sehingga didapat nilai V/C ratio = 0,26 pada rusa jalan Desa Gumawang Kecamatan Belitang Kabupaten Oku Timur ini termasuk ke dalam kategori tingkat pelayanan jalan arteri kelas B,

Tingkat Pelayanan Pada Titik C-D

Tabel 5. Tingkat pelayanan pada ruas jalan Desa Gumawang Kecamatan Belitang Kabupaten Oku Timur pada Titik CD

Kondisi jalan	Volume lalu- lintas smp/jam	Kapasitas	Tingkat pelayanan
(2/2 UD)	253,7	1969,262	0,13 = A

Sumber : Hasil analisa perhitungan

Sehingga didapat nilai V/C ratio = 0,13 pada ruas jalan Desa Gumawang Kecamatan Belitang Kabupaten Oku Timur ini termasuk ke dalam kategori tingkat pelayanan jalan arteri kelas A, berikut hasil dari tingkat pelayanan dapat dilihat pada tabel diatas.

Volume pergerakan arus lalu-lintas pada jam puncak dan hari tertinggi untuk ruas jalan Desa Gumawang Kabupaten Oku Timur pada titik AB adalah hari senin pada pukul 06.00-07.00 wib yaitu jumlah kendaraan 622 kend/jam dengan volume lalu-lintas yaitu 509,2 smp/jam dan pada titik CD jalan terjadi pada hari senin pukul 10.00-11.00 wib yaitu jumlah kendaraan 360 kend/jam dengan volume 253,7 smp/jam. Kemudian volume hambatan samping pada jam puncak dan hari tertinggi untuk ruas jalan Desa Gumawang Kabupaten Oku Timur pada titik AB adalah hari senin pada pukul 12.00-13.00 wib yaitu jumlah hambatan samping 257 kend/jam dengan volume 159,9 smp/jam dan pada titik CD terjadi pada hari

sabtu pada pukul 14.00-15.00 wib yaitu jumlah hambatan samping 108 kend/jam dengan volume 69,8 smp/jam.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil survei, analisa dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kapasitas dengan rumus Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 untuk ruas jalan Desa Gumawang Kabupaten Oku Timur pada titik AB sebesar 1927,363 smp/jam, sedangkan nilai kapasitas untuk ruas jalan Desa Gumawang Kabupaten Oku Timur pada titik CD sebesar 1969,262 smp /jam.
2. Berdasarkan perhitungan kapasitas maka didapat tingkat pelayanan ruas jalan Desa Gumawang Kabupaten Oku Timur pada titik AB dengan nilai ratio V/C = 0,26 termasuk dalam kategori tingkat pelayanan jalan arteri kelas B, sedangkan tingkat pelayanan ruas jalan Desa Gumawang Kabupaten Oku Timur pada titik CD dengan nilai ratio V/C = 0,12 termasuk dalam kategori tingkat pelayanan jalan arteri kelas A.

REFERENSI

- Anonim, 1990. Panduan Penentuan Fungsi Jalan di Wilayah Perkotaan No.010/T/BNKT/1990. Direktorat Jendral Bina Marha Direktorat Pembinaan Jalan Kota, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2005. *Modul RDE – 10 : Perencanaan Geometrik Jalan*.
- Direktorat Jendral Bina Marga.1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta.
- Firdaus, O. (2013). “Analisis Tingkat Pelayanan Jalan pada Ruas Jalan Utama Kota PangkalPinang”. *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)*, 1(1), 55936. <https://doi.org/10.33019/fropil.v1i1.255>.
- Poerwadarminta,W.J.S. 1993. Kamus Umum Bahasa Indonesia.
- Nisumanti, S., & Krisna, E. 2020. “Evaluasi Kinerja Jalan Nasional Terhadap Karakteristik Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Nasional Kota Palembang”. *Jurnal Tekno Global*, 9(1). <https://doi.org/10.36982/jtg.v9i1.108>.

- Ningrum, E. R. S., Nisumanti, S., & Qubro, K. A. 2023. "Evaluasi Kemacetan Lalu Lintas Di Ruas Jalan Doktor Muhammad Isa Kota Palembang". *Jurnal Deformasi*, 8(1),45–57.
<https://doi.org/10.31851/deformasi.v8i1.9541>
- Syaputra, R. 2015. *Pengaruh Hambatan Samping Terhadap Kinerja Lalu Lintas Jalan Nasional*. Bandarjaya
- Rahman, Abdul. 2016. "Analisis Kinerja Ruas Jalan (Studi Kasus : Jalan Waturenggong Di Kota Denpasar)". Denpasar: *Universitas Warmadewa - Jurusan Teknik Sipil, Denpasar*.
- Undang – Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas Angkutan Jalan Peraturan Menteri Perhubungan, (2006). *Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan*.
- Widari, L. A., Akbar, S. J., & Fajar, R. (2021). "Analisis Tingkat Pelayanan Jalan (Studi Kasus Jalan Medan–Banda Aceh km 254+800 s.d km 256+700)". *TERAS JURNAL*,5(2).<https://doi.org/10.29103/tj.v5i2.11>.

Analisis Kestabilan Dinding Penahan Tanah Tower Sutet 500 KV Ungaran – Pemalang

Analysis of Soil Reservation Stability 500 KV Sutet Tower Ungaran – Pemalang

**Muhammad Shofwan Donny Cahyono¹⁾, Kevin Candra Darmawan²⁾, R. Endro
Wibisono³⁾, Rina Cahyanti Ningrum⁴⁾**

¹⁾ Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widya Kartika
Jl. Sutorejo Prima Utara II/1 Surabaya, 60113
shofwandonny@widyakartika.ac.id

²⁾ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widya Kartika
Jl. Sutorejo Prima Utara II/1 Surabaya, 60113
kevincandradarmawan@gmail.com

³⁾ Prodi D4 Transportasi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Jl. Kampus Unesa Ketintang Surabaya, 60231
endrowibisono@unesa.ac.id

⁴⁾ Prodi D4 Transportasi, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya
Jl. Kampus Unesa Ketintang Surabaya, 60231
rinacahyanti.21045@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Lereng di T.388 Sutet Ungaran – Pemalang merupakan lereng tanah dengan kedalaman 30 m dan jarak dengan sutet sangatlah dekat, sehingga perlu dilakukan analisis kestabilan lereng pada tanah di Ungaran – Pemalang. Untuk mengetahui faktor keamanan pada lereng serta langkah pencegahan guna menghindari kelongsoran berikutnya yang akan berdampak pada sutet T.388. Jenis Penelitian ini adalah penelitian kasus/lapangan. Dalam memperoleh data teknis peneliti menggunakan metode observasi pada lokasi dan objek penelitian dengan mengamati objek penelitian dan mencatat secara sistematis. Dari beberapa simulasi perkuatan lereng yang dilakukan pada program plaxis ditemukan bahwa kestabilan lereng didapatkan pada nilai $1,78 > 1,5$, dimana nilai tersebut dianggap kondisi lereng masih dalam kondisi stabil, perkuatan dengan cara membuat terasiring tanah + DPT dapat menambah kestabilan lereng hingga mencapai 3,19, perkuatan dengan cara menyusun geotekstil secara terasiring + DPT tidak menambah SF daripada lereng tersebut, tetap pada nilai 1,78, perkuatan dengan cara membuat kontur tanah menjadi terasiring + slope + DPT menambah SF daripada lereng tersebut, tetap pada nilai 3,32, perkuatan dengan bore pile 40 cm sedalam 9 m menambah SF daripada lereng tersebut, tetap pada nilai 3,08. Dari beberapa simulasi yang dilakukan, didapatkan kontur tanah yang dibuat terasiring ternyata mampu menambah SF daripada kestabilan lereng tersebut.

Kata Kunci: Dinding penahan tanah; Faktor keamanan; Geotekstil; Kelongsoran; Kestabilan lereng; Terasiring.

Abstract

The slope at T.388 Sutet Ungaran – Pemalang is a land slope with a depth of 30 m and the distance to the sutet is very close, so it is necessary to analyze the stability of the slope on the land at Ungaran – Pemalang. To find out the safety factors on slopes and preventive measures to avoid subsequent landslides which will impact the T.388 duct. This type of research is casefield research. In obtaining technical data, researchers used the observation method at the location and research object by observing the research object and taking notes systematically. From several slope strengthening simulations carried out in the plaxis program, it was found that slope stability was obtained at a value of $1.78 > 1.5$, where this value is considered to be in stable condition. Strengthening by terracing the soil + DPT can increase slope stability until it reaches 3.19, strengthening by arranging geotextiles in terracing + DPT does not increase the SF of the slope, remains at a value of 1.78, strengthening by making the soil contour terracing + slope + DPT increases the SF of the slope, remains at a

value of 3, 32, strengthening with 40 cm bore piles 9 m deep increases the SF of the slope, remaining at a value of 3.08. From several simulations carried out, it was found that the terracing of the land contour was able to increase SF rather than the stability of the slope

Keywords: Geotextile; Retaining wall; Safety factor; Slides; Slope stability; Terraces.

PENDAHULUAN

Kontur atau kondisi eksisting pada permukaan tanah tidak selalu membentuk suatu bidang yang datar atau memiliki perbedaan ketinggian antara posisi yang pertama dengan posisi yang lainnya, maka dari itu dapat membentuk suatu dataran yang miring atau dikenal dengan lereng (slope). Lereng adalah salah satu bentuk topografi yang sering ditemui pada pekerjaan konstruksi bangunan. Lereng dapat terbentuk secara alami atau dibuat oleh manusia dengan tujuan-tujuan tertentu. Tanah longsor adalah bencana alam yang banyak terjadi pada lereng – lereng alami ataupun buatan manusia. Kelongsoran pada lereng sering terjadi ketika musim hujan. Hal tersebut dapat terjadi akibat adanya peningkatan pada tekanan air pori di lereng. Kondisi ini menyebabkan terjadinya penurunan nilai kuat geser atau kohesi pada tanah (c) dan sudut geser dalam pada tanah (ϕ) yang berpotensi mengakibatkan kelongsoran. Analisis stabilitas lereng mempunyai peran yang sangat penting pada perencanaan konstruksi – konstruksi sipil. Lereng yang tidak stabil sangat berbahaya bagi kondisi sekitarnya, sehingga analisis stabilitas pada lereng sangat dibutuhkan. Nilai kestabilan pada lereng diperoleh dengan menghitung besar nilai faktor keamanan.

Analisis kestabilan tanah pada T.388 Ungaran-Pemalang khususnya di daerah lereng sekitar tower dimaksudkan untuk mengambil sebuah keputusan terkait

langkah-langkah pengamanan tower. Karena terdapat daerah patahan atau retakan tanah yang itu hanya berjarak 6 m dari tower. Hal ini tentu akan sangat membahayakan tower tersebut. Sehingga hasil analisis data di lapangan terkait sondir boring, dan beberapa pengukuran yang didapatkan diharapkan bisa dijadikan landasan dalam membuat suatu solusi terbaik untuk mengamankan tower tersebut. Hasil analisis yang dilakukan di lapangan akan diolah kembali ke dalam program bantu aplikasi Plaxis untuk mengetahui seberapa besar nilai kestabilan lereng tersebut, dan langkah perkuatan pada tower tersebut jika ditemukan kestabilan lereng memiliki nilai yang kecil.

Oleh sebab itu, maka permasalahan yang timbul akibat kondisi tersebut dijabarkan sebagai berikut :

Lereng di T.388 Sutet Ungaran – Pemalang merupakan lereng tanah dengan kedalaman 30 m dan jarak dengan sutet sangatlah dekat dimana dikhawatirkan akan mengganggu kondisi sutet yang ada saat ini;

Setelah mendapatkan data dari tanah lereng yang diambil melalui uji lab, maka akan dihitung dan melalui software plaxis.

Berdasarkan uraian diatas perlu dilakukan analisis kestabilan lereng padatanah di Ungaran – Pemalang. Untuk mengetahui faktor keamanan pada lereng serta langkah pencegahan guna menghindari kelongsoran berikutnya yang akan berdampak pada sutet T.388. Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu Mengetahui kestabilan pada lereng yang diperoleh dari perhitungan nilai faktor keamanan melalui aplikasi plaxis; Memberikan solusi perkuatan lereng pada sutet T.388 Ungaran –Pemalang.

METODE

Peneliti memperoleh data melalui studi kasus di lokasi penelitian sehingga jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian studi kasus/lapangan. Penelitian kasus/ lapangan adalah suatu penelitian yang dilakukan dengan memahami atau mengkaji secara intensif dari latar belakang atau keadaan di lokasi penelitian serta memberikan solusi terhadap permasalahan yang dikaji.

Sumber Data

Dalam memperoleh data penelitian, peneliti menggunakan metode observasi pada lokasi dan objek yang dikaji dengan mengobservasi objek penelitian dan mencatat hasil pengamatan secara sistematis. Setelah itu peneliti mengolah data yang diperoleh dengan bantuan data penunjang atau data sekunder, yaitu formula rumus dan hasil dari uji laboratorium. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

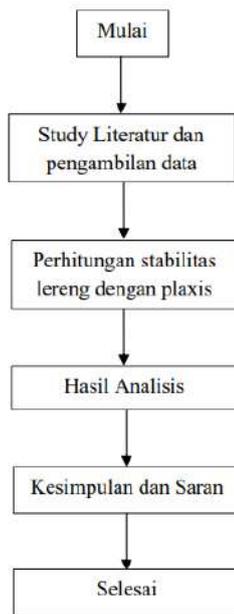
Data Primer

Berupa data lokasi hasil survey lapangan pada objek penelitian. Data primer merupakan data tanah yang diambil dari hasil sondir boring yang didalamnya berupa kohesi tanah, sudut geser tanah lereng, tekanan air, berat tanah.

Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian di Lereng di Ungaran – Pemalang, sehingga diharapkan lereng di daerah tersebut akan lebih baik, demi mencegah terjadi tanah longsor dan mengamankan tower tersebut. Berdasarkan lokasi penelitian didapat data – data sebagai berikut : Tinggi lereng adalah 30 m. Sudut kemiringan lereng adalah 90° di salah satu sisinya.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam pengerjaan penelitian ini sebagai berikut:

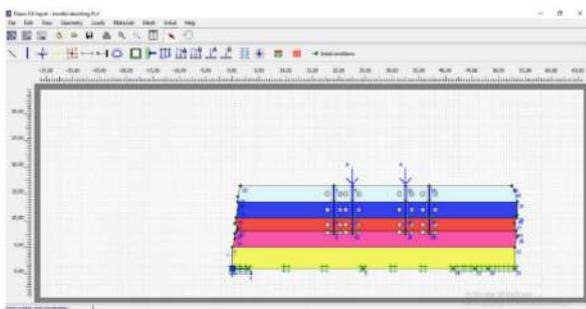


Gambar 1. Diagram Alir
Sumber: Penulis (2022)

HASIL DAN PEMBAHASAN

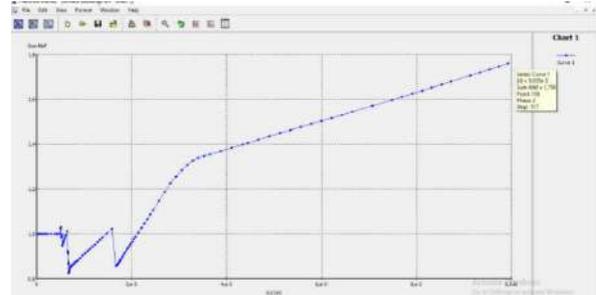
Pemodelan Plaxis Eksisting

Dari data yang ada di modelkan kontur tanah pada plaxis. Gambar pemodelannya dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 2. Kondisi eksisting
Sumber: Penulis, Plaxis (2023)

Gambar diatas menjelaskan kondisi eksisting lereng. Dimana fs atau nilai kestabilan lerengnya sebesar 1,78.



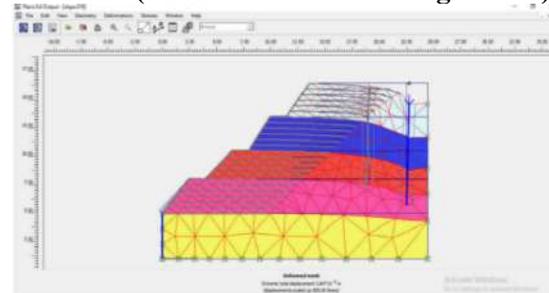
Gambar 3. Nilai kestabilan lereng eksisting
Sumber: Penulis, Plaxis (2023)

Nilai kestabilan pada lereng diuraikan sebagai berikut :

- $F > 1,50 \rightarrow$ lereng stabil
- $F < 1,50 \rightarrow$ lereng tidak stabil
- $F = 1,50 \rightarrow$ lereng diambang kelongsoran.

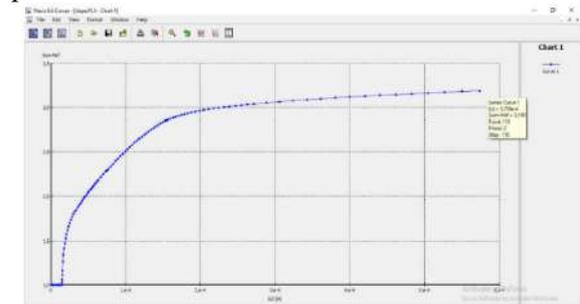
Dari hasil grafik kestabilan lereng eksisting didapatkan nilai F_{snya} sebesar $1,78 > 1,5$ dimana menunjukkan bahwa lereng tersebut masih stabil. Namun, mengingat terdapat beberapa kejadian dilapangan seperti terjadinya patahan, dimana jarak patahan dengan tower hanya berjarak 6 m ditambah ketinggian lereng yang cukup dalam hingga 30 m di salah satu sisi tower dengan kemiringan 90°. maka perlu dilakukan upaya mitigasi untuk mencegah hal-hal yang tidak diharapkan terjadi pada area tower tersebut.

Simulai I (kontur dibuat terasiring + DPT)



Gambar 4. Simulasi I
Sumber: Penulis, Plaxis (2023)

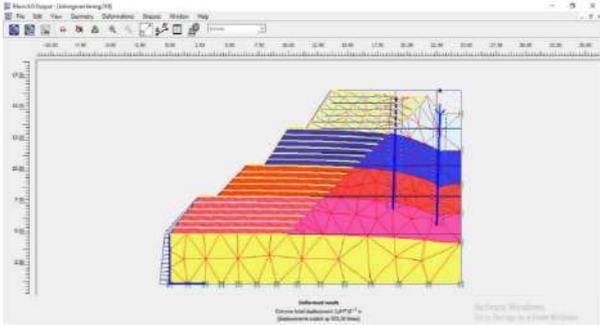
Didapatkan hasil dari pemodelan tersebut, terjadi penurunan sebesar 38 cm.



Gambar 5. Nilai kestabilan lereng simulasi I
Sumber: Penulis, Plaxis (2023)

Nilai SF mencapai $3,19 > 1,5 \rightarrow$ Stabil

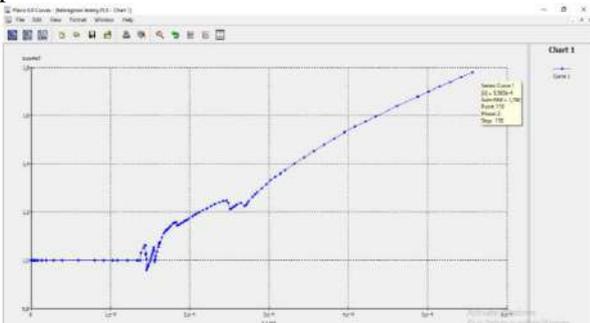
Simulasi II (DPT + geotextile dengan model terasiring)



Gambar 6. Simulasi II

Sumber: Penulis, Plaxis (2023)

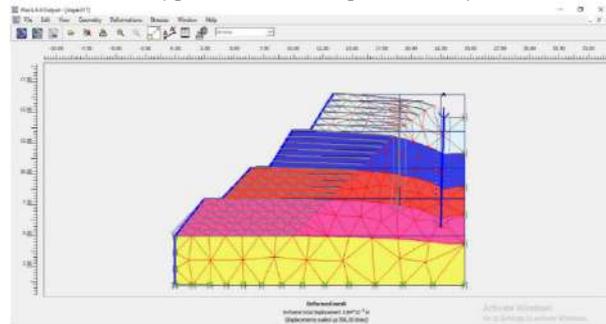
Didapatkan hasil dari pemodelan tersebut, terjadi penurunan sebesar 38 cm.



Gambar 7. Nilai kestabilan lereng simulasi II
Sumber: Penulis, Plaxis (2023)

Didapatkan hasil SFnya sebesar $1,78 > 1,5 \rightarrow$ stabil

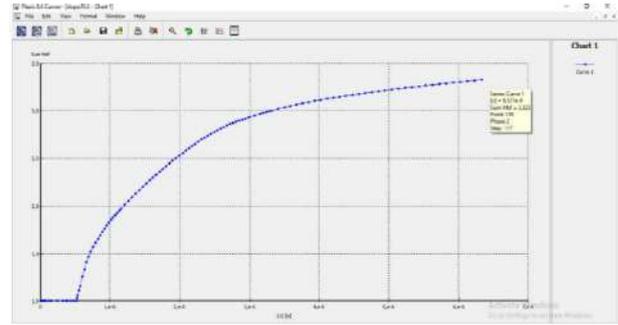
Simulasi III (perkuatan slope + DPT)



Gambar 8. Simulasi III

Sumber: Penulis, Plaxis (2022)

Didapatkan hasil dari pemodelan tersebut, terjadi penurunan sebesar 38 cm.

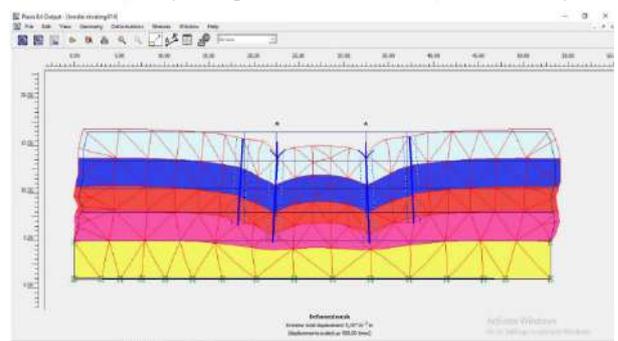


Gambar 9. Nilai kestabilan lereng simulasi III

Sumber: Penulis, Plaxis (2023)

Didapatkan hasil Sfnya sebesar $3,32 > 1,5 \rightarrow$ stabil

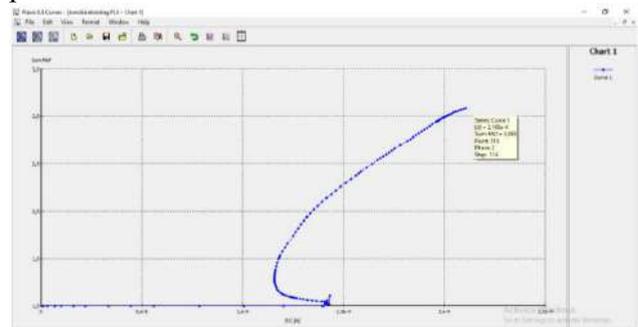
Simulasi IV (bore pile 40 cm kedalaman 9 m)



Gambar 10. Simulasi IV

Sumber: Penulis, Plaxis (2023)

Didapatkan hasil dari pemodelan tersebut, terjadi penurunan sebesar 50 cm.



Gambar 11. Nilai kestabilan lereng simulasi IV

Sumber: Penulis, Plaxis (2022)

Didapatkan hasil SFnya sebesar $3,08 > 1,5 \rightarrow$ stabil

Mengatasi area patahan



Gambar 12. Area patahan

Sumber : PT. PLN

Kondisi di lapangan menunjukkan lebar patahan setiap waktu bertambah lebar, hal ini tentu saja akan berdampak langsung kepada tower ke depannya. Maka untuk mengatasi daerah patahan ada beberapa hal yang dapat dilakukan, yaitu :

- Mencegah agar air hujan tidak langsung mengenai area patahan dengan cara membuat penutup berbentuk pelana di sepanjang area patahan. Penutup tersebut dapat terbuat dari kayu, baja ringan, ataupun beton bertulang. Hal ini dapat dilakukan untuk jangka pendeknya.
- Untuk area patahan yang terlihat dapat ditutupi sementara dengan tanah hasil pengeboran bore pile.
- Untuk jangka panjangnya, disarankan untuk ditanam pepohonan yang dimana akarnya itu dapat memperkuat struktur tanah seperti tanaman petai cina (*Leucaena leucocephala*), pohon nangka (*Artocarpus heterophyllus*), dan pohon jengkol (*Archidendron pauciflorum*), Tanaman-tanaman tersebut memiliki kekuatan lebih besar untuk menahan longsor karena akar tanaman tersebut dapat menembus kedalaman tanah dan bebatuan. Pernyataan tersebut diutarakan oleh Dr. Ir. Supriyanto, peneliti tumbuhan senior di *Southeast Asian Region Centre for Tropical Biology* (SEAMEO BIOTROP)

KESIMPULAN

Dari beberapa simulasi perkuatan lereng yang dilakukan pada program plaxis ditemukan bahwa :

Kestabilan lereng didapatkan pada nilai $1,78 > 1,5$, dimana nilai tersebut dianggap kondisi lereng masih dalam kondisi stabil. Perkuatan dengan cara membuat terasiring tanah + DPT dapat menambah kestabilan lereng hingga mencapai 3,19. Perkuatan dengan cara menyusun geotekstil secara terasiring + DPT tidak menambah SF daripada lereng tersebut, tetap pada nilai 1,78. Perkuatan dengan cara membuat kontur tanah menjadi terasiring + slope + DPT menambah SF daripada lereng tersebut, tetap pada nilai 3,32. Perkuatan dengan bore pile 40 cm sedalam 9 m menambah SF daripada lereng tersebut, tetap pada nilai 3,08.

REFERENSI

Aditya, W.B.P., Ardelia, S. Perhitungan Dinding Penahan Tanah. Diploma III Teknik Konstruksi Gedung. Politik Negeri Bandung.
Amalin, R. E. 2017. Kriteria Pembangunan Tower BTS (Base Transceiver System) Di Kota

Kediri. *Undergraduate Theses, Institut Teknologi 10 November, Surabaya.*
Atmojo, M.G., Wibowo, H.T. 2019. Analisis Perkuatan Dinding Penahan Tanah Dan Pondasi Minipile Net Jalan Kereta Api di Stasiun Ujungnegoro KM 73+675 – 73+750. *Undergraduate Theses, Universitas Semarang, Semarang.*
Azizah, Nur A. *Pengertian infrastruktur.* Gramedia.com. diakses pada 6 Mei 2022 melalui : <https://www.gramedia.com/literasi/>
Braja M. Das. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Alih Bahasa : Mochtar, N.E., Mochtar, I.B. Institut Teknologi 10 Nopember. Surabaya.
BPBD Purbalingga. *Faktor Penyebab Terjadi Longsor.* diakses pada 28 November 2022 melalui : <https://bpbd.purbalinggakab.go.id/>
Fatma, Desy. (Maret 2017). *Tanah Longsor: Penyebab, Jenis, Dampak, dan Penanggulangan.* diakses pada 28 November 2022 melalui : <https://ilmugeografi.com/>
Febe, M., Sasongko, I.H. 2019. Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dengan Perkuatan Bronjong Pada Jalan Tol Ulujami Pondok Ranji Ramp Bintaro Viaduct. *Construction and Material Jurnal, Volume 1 no.1.*
Indonesia. Departemen Pekerjaan Umum. *Petunjuk Teknis Pengujian Tanah.* PDF
Kurniawan, I., Maslan. (2019). Desain Bronjong Untuk Perkuatan Tebing Pada Hilir jembatan Moncongloe Di Sungai Jenelata Kabupaten Gowa. *Undergraduate Theses, Universitas Muhammadiyah, Makassar.*
Lumy, D. 2016. Tinjauan Pondasi Rakit Dan Metode Pelaksanaan Pada Pembangunan Gedung Sekolah Dian Harapan Manado. *Undergraduate Theses. Politeknik Negeri Manado, Sulawesi Utara.*
Materi Kuliah Universitas Pembangunan Jaya. *Mekanika Tanah 2 – Kestabilan Lereng.*
Monintja, S. 2014. *Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bishop (Studi Kasus: Kawasan Citraland sta.1000m).* Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.3, Maret 2014 (139-147) ISSN: 2337-6732
Oemar, R.R. 2010. Analisis Sambungan Kolom Baja Dengan Pondasi Beton Yang Menerima Beban Aksial, Geser, Dan Momen. *Undergraduate Theses. Universitas Sebelas Maret Surakarta. Jawa Tengah.*
Padagi, E.A., Priadi, E. dkk. Korelasi Nilai N-SPT Terhadap Sifat-Sifat Fisik dan Mekanis Tanah. *Jurnal Prodi Teknik Sipil FT Untan. Pontianak.*

Redana, I Wayan. *Dinding Penahan Tanah*. Power Point, Universitas Udayana, Bali.

Tim Penulis SCI-Geoteknik. 2012. *Software Plaxis Untuk Geoteknik*. Blogspot.com. diakses pada 13 September 2022 melalui : <https://sci-geoteknik.blogspot.com/>

Triarso, A. 2021. Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data CPT dan Data SPT

Pada Pondasi Gedung Parkir RSUD Soedono. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 3(1), 28-33.

Warman, R.S. 2019. *Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik*. Kementrian PUPR.

Evaluasi Risiko Likuifaksi Berdasarkan Karakteristik Ukuran Butir Tanah dan Hasil Tahanan Standart Penetration Test (N-SPT) Studi kasus Bandara Yogyakarta Internasional Airport

Evaluation of Liquefaction Risk Based on Soil Grain Size Characteristics and Resistivity Results Standard Penetration Test (N-SPT) Yogyakarta International Airport Case Study

Nur Ayu Diana^{1,2}, Ria Asih Aryani Soemitro¹, Januarti Jaya Ekaputri¹, Trihanyndio Rendy Satrya¹, Dwa Desa Warnana¹

¹Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Keputih, Sukolilo, Surabaya East Java, Indonesia 60111

²Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Janabadra

Jl. Tentara Rakyat Mataram No.55-57, Bumijo, Kec. Jetis, Kota Yogyakarta, D.I Yogyakarta 55231

Email: ria@ce.its.ac.id

Abstrak

Salah satu bentuk kerusakan pada struktur tanah adalah likuifaksi, di mana tanah berubah dari keadaan padat menjadi cair karena tekanan air pori meningkat dan tekanan efektif tanah menurun akibat beban siklis dinamis. Efeknya bisa sangat signifikan terutama pada tanah berpasir yang sudah jenuh. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemungkinan likuifaksi berdasarkan data N-SPT serta mengidentifikasi hubungan antara karakteristik tanah dan gempa terhadap risiko likuifaksi. Penelitian dilakukan di area *Yogyakarta International Airport* (YIA). Metode analisis potensi likuifaksi dimulai dengan menggunakan persamaan dari *National Center For Earthquake Engineering Research* (NCEER) USA, yang menggunakan data N-SPT untuk menilai potensi likuifaksi secara deterministik menggunakan rasio tahanan siklik tanah (CRR), rasio tekanan siklik beban gempa (CSR), dan koefisien variansi dari kedua rasio tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa area penelitian memiliki potensi tinggi untuk likuifaksi terdapat pada permukaan tanah hingga pada kedalaman data SPT 15 m. Korelasi antara parameter tanah menunjukkan bahwa peningkatan nilai N-SPT berhubungan dengan peningkatan nilai CRR, namun peningkatan nilai CRR. Selain itu, peningkatan magnitudo gempa berhubungan dengan peningkatan potensi likuifaksi, dimana pada magnitudo gempa 6,5 SR, nilai CRR lebih besar dibandingkan pada magnitudo 7,5 SR dan 8,5 SR. Semakin besar nilai CRR, semakin kecil potensi likuifaksi.

Kata Kunci: CRR; CSR; Likuifaksi; N-SPT; YIA

Abstract

The occurrence of earthquakes has the potential to damage both building structures and soil structures. One form of damage to soil structures is liquefaction, wherein the soil transitions from a solid to a liquid state due to increased pore water pressure and decreased effective stress from dynamic cyclic loading. The effect can be particularly significant, especially in saturated sandy soils. This research aims to assess the likelihood of liquefaction based on N-SPT data and to identify the relationship between soil characteristics and earthquakes concerning liquefaction risk. The study was conducted at Yogyakarta International Airport (YIA). The method for analyzing liquefaction potential begins by utilizing equations provided by the National Center for Earthquake Engineering Research (NCEER) in the USA, which utilizes N-SPT data to assess liquefaction potential deterministically. The method incorporates the cyclic resistance ratio (CRR), cyclic stress ratio (CSR), and the coefficient of variance of both ratios. The results of the analysis indicate that the research area has a high potential for liquefaction at depths 15 m. The correlation between soil parameters reveals that an increase in N-SPT values is associated with an increase in CRR values, however, an increase in CRR values. Additionally, an increase in earthquake magnitude is associated with an increase in liquefaction potential, where at an earthquake

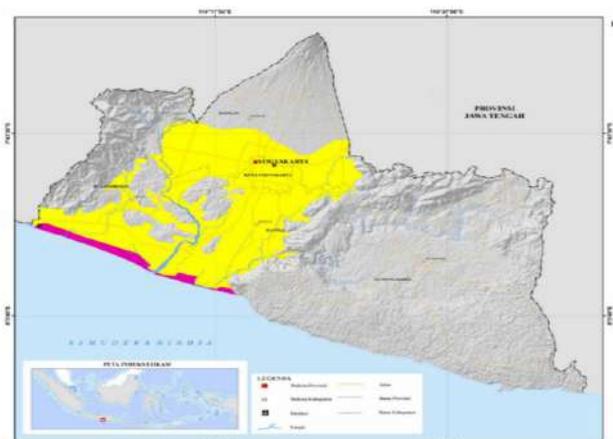
magnitude of 6.5 SR, the CRR value is greater compared to earthquake magnitudes of 7.5 SR and 8.5 SR. A higher CRR value corresponds to a lower liquefaction potential.

Keywords: CRR; CSR; Liquefaction; N-SPT; YIA

PENDAHULUAN

Kawasan pesisir pantai selatan Yogyakarta merupakan kawasan rawan bencana dilihat dari historical, hal ini juga dibuktikan dengan gambaran peta zona kerentanan likuifaksi pada Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang ditandai dengan warna kuning yang artinya zona kerentanan likuifaksi sedang, sedangkan zona yang ditandai dengan warna ungu di wilayah pesisir pantai selatan Yogyakarta artinya zona dengan kerentanan likuifaksi tinggi yang dapat dilihat pada gambar 1 yang merupakan peta zona kerentanan likuifaksi pada Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

Perkembangan infrastruktur, tempat wisata dan juga permukiman kini mulai banyak di jumpai di sepanjang pesisir pantai Yogyakarta apalagi setelah dibangunnya Bandara Yogyakarta Internasional Airport yang berlokasi dekat dengan pantai selatan Yogyakarta. Hal ini menimbulkan ide bagaimana melakukan stabilisasi dan perkuatan tanah potensi likuifaksi di pesisir pantai dengan kandungan salinitas yang tinggi supaya tanah menjadi stabil dan mengurangi karakteristik dari tanah yang potensi likuifaksi.



Gambar 1. Peta zona kerentanan likuifaksi pada Provinsi DI Yogyakarta

Sumber : Kementrian Energi dan Sumber daya Mineral Badan Geologi, 2019

Telah dilakukan berbagai penelitian mengenai potensi likuifaksi, termasuk oleh (Gautam et al., 2017; Pramono et al., 2014; Prayitno & Artati, 2021) yang mengeksplorasi potensi likuifaksi di pantai Padang melalui analisis gradasi butiran. Mereka menemukan bahwa tanah yang berpotensi

terlikuifaksi umumnya memiliki lebih dari 60% pasir halus, kurang dari 20% lolos saringan nomor 200, dan median ukuran butir (D_{50}) antara 0,15 mm hingga 0,35 mm. Selain itu, berdasarkan metode Seed & Idriss (1971), likuifaksi cenderung terjadi pada lapisan tanah pasir antara kedalaman 4 m dan 12 m. (García et al., n.d.; Herina, 2010; Pramono et al., 2014) juga menyelidiki pengaruh ukuran butir pada kekuatan likuifaksi tanah pasir dengan menggunakan uji triaksial siklik *consolidated undrained* (CU), menemukan bahwa pasir halus lebih rentan terhadap likuifaksi dibandingkan pasir sedang dan alami, karena likuifaksi terjadi pada siklus yang lebih sedikit.

Detail lokasi penelitian bisa dilihat pada gambar 2, berada di Pantai Congot dan Bandara Yogyakarta Internasional Airport, Kulon Progo, D.I Yogyakarta.



Gambar 2. Peta lokasi pengambilan sampel penelitian

Sumber :

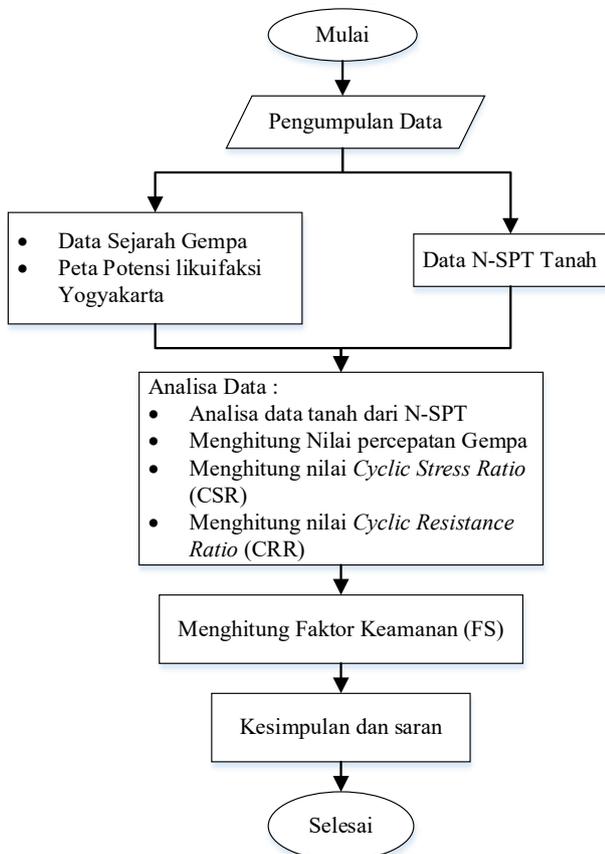
(<https://www.openstreetmap.org/note/2844233#map=14/-7.8975/110.0714&layers=N>)

Dalam konteks kota Padang, Sabri (2020) mengkaji likuifaksi berdasarkan data *cone penetration test* (CPT), menganalisis faktor-faktor seperti *earthquake-induced cyclic stress ratio* (CSR) dan *cyclic resistance ratio* (CRR) menggunakan metode Idriss & Boulanger, serta mempertimbangkan settlement berdasarkan teori (Pramono et al., 2014). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kota Padang sangat rentan terhadap likuifaksi dengan rata-rata penurunan tanah antara 20 cm hingga 60 cm, serta nilai LPI rata-rata di atas 30 yang mengindikasikan risiko likuifaksi yang sangat tinggi.

Di Kabupaten Bantul, penelitian oleh (Prayitno & Artati, 2021) mengungkap bahwa kawasan tersebut mengandung endapan pasir dengan kohesi rendah dan sudut gesek tinggi hingga kedalaman 30 meter. Hal ini menunjukkan potensi likuifaksi yang signifikan di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) dalam kondisi tanah jenuh. Kesemua temuan ini mendorong kebutuhan untuk mengevaluasi lebih lanjut potensi likuifaksi di kawasan Bandara YIA, yang memiliki risiko gempa tinggi dan karakteristik tanah berpasir. Evaluasi ini akan berbasis pada distribusi ukuran butir tanah dan data CPT.

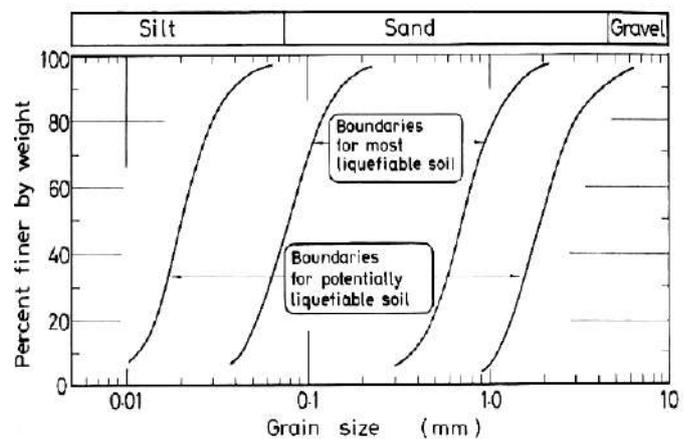
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap yang meliputi Pengumpulan data, Analisis potensi likuifaksi berdasarkan distribusi ukuran butir tanah, dan Analisis potensi likuifaksi menggunakan data SPT. Dalam penelitian ini, data yang digunakan terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari grafik distribusi ukuran butir tanah yang hasil dari analisis saringan dan hidrometer di laboratorium, dengan sampel tanah diambil dari kawasan Bandara YIA. Data sekunder melibatkan data SPT yang diperoleh dari Bandara YIA. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Tsucida pada tahun 1970 menyusun hasil analisis saringan dari berbagai tanah endapan alluvial dan diluvial yang telah mengalami atau tidak mengalami likuifaksi selama gempa bumi. Berdasarkan hasil tersebut, Tsucida (1970) mengusulkan sebuah kurva yang menunjukkan rentang ukuran butir tanah yang bisa atau tidak bisa mengalami likuifaksi, seperti yang terlihat pada Gambar 4. Menurut Tsucida, wilayah yang berada di antara dua kurva lebih dalam menggambarkan pasir dan pasir lanauan, yang menunjukkan tanah dengan tingkat resistensi terhadap likuifaksi yang paling rendah. Tanah dengan kurva gradasi yang berada di zona antara dua kurva, yang terluar dan yang paling dalam, cenderung kurang mengalami likuifaksi.



Gambar 4. kurva gradasi butiran tanah terlikuifaksi
Sumber : Tsucida, 1970

Metode evaluasi likuifaksi

Dalam penelitian ini dilakukan analisis potensi likuifaksi dengan metode probabilistik prosedur sederhana (*simplified procedure*) berdasarkan data uji N-SPT. Adapun tahapan dan cara yang akan dilakukan dalam analisis ini adalah sebagai berikut.

Perhitungan Potensi Likuifaksi Metode Determinan

Potensi likuifaksi berdasarkan data CPT secara umum dilakukan dengan menganalisis nilai CSR dan CRR sehingga didapat nilai FS suatu lapisan tanah yang kemudian dapat digunakan untuk menentukan tingkat potensi likuifaksi dengan menentukan nilai LPI. CSR merupakan nilai tegangan geser yang umumnya diakibatkan oleh beban siklik dari guncangan gempa bumi. (Hasibuan

& Ismaili, 2019; Tandirerung, 2017; Tijow et al., 2018) telah memformulasikan persamaan untuk perhitungan CSR yang dapat dilihat pada Persamaan 1 dan 2.

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{rv}} = 0,65 \frac{\tau_{max}}{\sigma'_{rv}} = 0,65 \left(\frac{amax}{g} \right) \left(\frac{\sigma v}{\sigma'_{rv}} \right) rd \dots\dots[1]$$

Kemampuan tanah untuk menahan likuifaksi atau *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) dapat ditentukan berdasarkan data hasil uji. Nilai CRR bergantung dari data hasil uji seperti hasil uji CPT atau SPT karena pada umumnya berkorelasi dengan parameter in situ, seperti nilai penetrasi resisten CPT, jumlah pukulan SPT, atau kecepatan gelombang geser (VS) (Prayitno & Artati, 2021).

Jika nilai tahanan tanah terhadap likuifaksi atau *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) lebih besar dari pembebanan yang terjadi atau *Cyclic Stress Ratio* (CSR) maka tanah aman dari likuifaksi. Namun apabila nilai CRR lebih kecil dari CSR maka tanah tidak aman dari likuifaksi (Hsein Juang et al., 2018; HUTAGALUNG & TARIGAN, 2019).

$$CRR_{7,5} = \frac{1}{34 - (N1)60cs} + \frac{(N1)60cs}{135} + \frac{50}{[10 \times (N1)60cs + 45]^2} - \frac{1}{200} \dots\dots\dots[2]$$

Nilai Factor Safety (FS)

Nilai FS merupakan nilai hasil perbandingan antara nilai tegangan geser akibat beban siklik dengan nilai tahanan lapisan tanah, sehingga diperoleh prediksi keamanan suatu lapisan tanah yang dilihat pada Persamaan 3.

$$FS = CRR/CSR \dots\dots\dots[3]$$

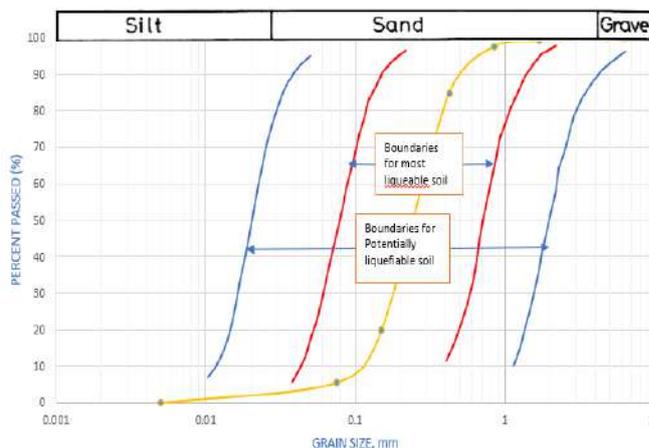
Dengan $FS < 1$ (berpotensi likuifaksi), $FS = 1$ (kondisi kritis), dan $FS > 1$ (tidak berpotensi likuifaksi)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi likuifaksi berdasarkan distribusi ukuran butir tanah

Potensi likuifaksi berdasarkan distribusi ukuran butir tanah ditentukan dengan melakukan pengujian berupa analisis saringan di laboratorium dengan menggunakan sampel tanah yang diambil pada dua titik di kawasan Bandara Yogyakarta

Internasional Airport dengan titik lokasi - 7.8971800, 110.0605500. Berdasarkan grafik distribusi butiran yang telah di plotkan kedalam kurva Tsuchida (1970) maka diperoleh hasil bahwa tanah sampel Titik dominan mengandung pasir-lanau, serta memiliki ukuran butiran yang berada di dalam batasan zona berpotensi likuifaksi (Diana et al., 2024).



Gambar 5. Kurva potensi likuifaksi berdasarkan ukuran butir tanah

Sumber : Hasil penelitian, 2023

Analisis Likuifaksi Metode Determinan

Analisis ini bertujuan untuk menemukan potensi kejadian likuifaksi dengan memanfaatkan nilai FS (*Factor of Safety*) sesuai dengan metode yang disarankan oleh *National Centre For Earthquake Engineering Research* (NCEER). FS adalah perbandingan antara CSR (*cyclic stress ratio*) dan CRR (*cyclic resistance ratio*), yang akan digunakan sebagai parameter dalam menganalisis kemungkinan likuifaksi pada tahap berikutnya (Ansori, 2020; Ikhsan, 2011; Yudi, 2021).

Cylic Resistance Ratio dan Cylic Stress Ratio

Menilai kemungkinan terjadinya likuifaksi, diperlukan penghitungan rasio tegangan siklik (CSR) dan rasio tahanan siklik (CRR). Informasi ini bisa didapatkan dari hasil uji CPT (penetrasi konus), SPT (ujian palu dalam), Vs (kecepatan gelombang geser), dan sejumlah tes tanah lainnya, termasuk Uji Penetrasi Becker (BPT). Tetapi, dalam penelitian ini, penekanannya ada pada analisis yang menggunakan data dari uji SPT.

Gempa dengan magnitudo $M = 7,5$ dianggap sebagai gempa (Tijow et al., 2018), yang

mengindikasikan perlunya penyesuaian untuk gempa dengan magnitudo yang lebih rendah atau lebih tinggi dari 7,5. Untuk menghitung CRR dengan besar magnitudo jgempa selain 7,5, diperlukan faktor koreksi yang disebut *Magnitude Scale Factor* (MSF). Seed (1983) memberikan persamaan, yaitu :

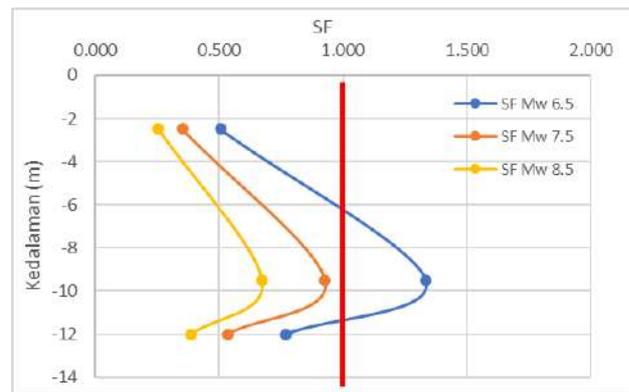
$$CRR_{Mw} = CRR_{7.5} * MSF * K_{\sigma} * K_{\alpha} \dots\dots\dots [4]$$

Perhitungan *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) dan *Cyclic Stress Ratio* (CSR) dilakukan pada setiap kedalaman dimana nilai N-SPTnya diketahui. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa besarnya nilai CSR tersebar secara acak pada setiap kedalaman tanpa pola tertentu sehingga besarnya CRR juga acak bervariasi dan berbeda sesuai dengan magnitudo gempanya (Atangana Njock et al., 2020; Emanuela, 2019; Hakam & Suhelmidawati, 2013). Magnitude gempa yang dipolakan pada penelitian ini dilakukan dengan perhitungan nilai CRR_{6.5}, CRR_{7.5}, dan CRR_{8.5}, hal ini dipilih dengan menyesuaikan magnitudo gempa yang pernah terjadi secara historical di Bantul, Yogyakarta. Rekapitulasi analisis potensi likuifaksi dengan metode determinan dapat dilihat dalam tabel 1.

Hubungan nilai N-SPT terhadap potensi likuifaksi dari hasil analisis menunjukkan bahwa pertambahan nilai N-SPT akan berkorelasi dengan penurunan nilai potensi likuifaksi. Penambahan nilai N-SPT terkoreksi ((N1)_{60cs}) yang pada penelitian berkisar antara 4.57 sampai 26.27 berkorelasi dengan meningkatnya nilai *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) dengan rentang nilai 0,05 sampai 0,4601. Selanjutnya pertambahan nilai *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) menyebabkan penurunan nilai probabilitas likuifaksi.

Dari hasil perhitungan tabel diatas menunjukkan bahwa setiap lapisan tanah terhadap variasi magnitudo gempa, bisa dilihat bahwa semakin kecil nilai Magnitude gempa maka nilai potensi likuifaksinya akan semakin kecil seiring dengan bertambahnya besaran skala magnitude gempa yang terjadi.

Berdasarkan hasil dari penilaian CSR dan CRR, kita bisa menentukan apakah tegangan geser (CSR) yang terjadi lebih besar dari tahanan lapisan tanah (CRR) atau sebaliknya. Jika CSR melebihi CRR, maka nilai Faktor Keamanan (FS) akan kurang dari 1, yang mengindikasikan bahwa lapisan tanah mungkin mengalami likuifaksi. Sebaliknya, jika CSR lebih kecil dari CRR, maka nilai FS akan lebih dari 1, menunjukkan bahwa lapisan tanah tidak cenderung mengalami likuifaksi. Analisis potensi likuifaksi dilakukan berdasarkan data N-SPT tergambar pada Gambar 6 hingga 13.



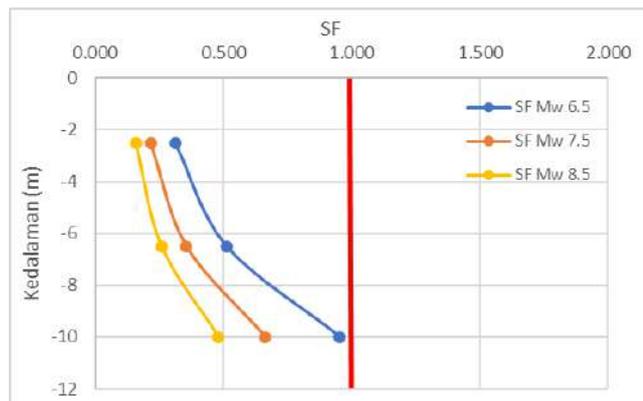
Gambar 6. Potensi likuifaksi di titik BH 01
Sumber : Hasil penelitian, 2023

Tabel 1. Rekapitulasi Analisis Potensi Likuifaksi dengan Metode Determinan

Titik Bor	Lapisan	H (m)	h	Jenis Tanah	Gs	amax/g	N-SPT		MSF	Density		rd	o0'	o0'	CSR	(N1) _{cs}	(N1) _{cs}	CRR 6.5	SF	Cek Metode Determinan		CRR 7.5	SF	Cek Metode Determinan		CRR 8.5	SF	Cek Metode Determinan	
							Blow	cm		γs (kN/m³)	γsat (kN/m³)									kN/m²	kN/m²			kN/m²	CRR 6.5			SF	CRR 7.5
BH 01 A	1	2.5	2.5	Pasir	3.36	0.55	10	30	1	15.22	19.72	0.981	49.3	49.3	0.357	11.42	11.42	0.1813	0.507	LIKURFAKSI	0.1259	0.352	LIKURFAKSI	0.0914	0.256	LIKURFAKSI			
	2	9.5	7	Pasir	3.09	0.55	21	30	1	15.22	19.72	0.946	138	138	0.345	26.27	26.27	0.4601	1.334	LIKURFAKSI	0.3195	0.928	LIKURFAKSI	0.2319	0.672	LIKURFAKSI			
BH 02 A	1	2.5	2.5	Pasir	3.26	0.55	5	30	1	13.69	14.04	0.981	49.3	35.1	0.357	5.71	5.71	0.1115	0.312	LIKURFAKSI	0.0775	0.217	LIKURFAKSI	0.0562	0.157	LIKURFAKSI			
	2	6.5	4	Pasir	3.52	0.55	10	30	1	13.69	14.04	0.969	56.16	56.16	0.353	11.42	11.42	0.1813	0.513	LIKURFAKSI	0.1259	0.356	LIKURFAKSI	0.0914	0.259	LIKURFAKSI			
BH 07 A	1	2	2	Pasir	3.08	0.55	11	30	1	13.8	14.42	0.985	28.08	28.04	0.359	12.56	12.56	0.1905	0.546	LIKURFAKSI	0.1364	0.380	LIKURFAKSI	0.099	0.276	LIKURFAKSI			
	2	9.5	7.5	Pasir	3.13	0.55	21	30	1	13.8	14.42	0.943	108.2	108.2	0.344	23.99	23.99	0.3934	1.145	LIKURFAKSI	0.2732	0.795	LIKURFAKSI	0.1963	0.577	LIKURFAKSI			
BH 08 A	1	2.5	2.5	Pasir	3.29	0.55	7	30	1	13.04	13.04	0.981	36.05	32.6	0.357	8.00	8.00	0.1381	0.386	LIKURFAKSI	0.0959	0.268	LIKURFAKSI	0.0698	0.195	LIKURFAKSI			
	2	8.5	6	Pasir	3.34	0.55	16	30	1	13.04	13.04	0.954	78.24	78.24	0.348	18.28	18.28	0.2807	0.807	LIKURFAKSI	0.1949	0.561	LIKURFAKSI	0.1415	0.407	LIKURFAKSI			
BH 10 A	1	1.55	1.55	Pasir berlanau	2.58	0.55	11	30	1	12.43	18.3	0.988	20.21	28.37	0.36	12.56	12.56	0.1905	0.546	LIKURFAKSI	0.1364	0.379	LIKURFAKSI	0.099	0.275	LIKURFAKSI			
	2	3	1.45	Pasir	3.04	0.55	15	30	1	12.43	18.3	0.989	26.54	26.54	0.36	17.13	17.13	0.2625	0.728	LIKURFAKSI	0.1823	0.506	LIKURFAKSI	0.1323	0.367	LIKURFAKSI			
BH 14 A	1	2.5	2.5	Pasir	3.26	0.55	8	30	1	14.06	19.98	0.981	45.75	49.95	0.357	9.14	9.14	0.1521	0.425	LIKURFAKSI	0.1056	0.295	LIKURFAKSI	0.0766	0.214	LIKURFAKSI			
	2	7.5	5	Pasir	3.38	0.55	10	30	1	14.06	19.98	0.962	99.9	99.9	0.35	11.42	11.42	0.1813	0.517	LIKURFAKSI	0.1259	0.359	LIKURFAKSI	0.0914	0.261	LIKURFAKSI			
BH 19 A	1	2.5	2.5	Pasir	3	0.55	5	30	1	14.47	19.23	0.981	49.95	48.08	0.357	5.71	5.71	0.1115	0.312	LIKURFAKSI	0.0775	0.217	LIKURFAKSI	0.0562	0.157	LIKURFAKSI			
	2	10.5	8	Pasir	2.88	0.55	12	30	1	14.47	19.23	0.939	153.8	153.8	0.340	13.71	13.71	0.2121	0.620	LIKURFAKSI	0.1473	0.431	LIKURFAKSI	0.1069	0.313	LIKURFAKSI			
	3	12.5	2	Pasir	3.01	0.55	15	30	1	14.47	19.23	0.985	38.46	38.46	0.359	17.13	17.13	0.2625	0.731	LIKURFAKSI	0.1823	0.508	LIKURFAKSI	0.1323	0.369	LIKURFAKSI			
BH 20 A	4	16.5	4	Pasir	3.91	0.55	23	30	1	14.47	19.23	0.969	76.92	76.92	0.353	26.27	26.27	0.4601	1.302	LIKURFAKSI	0.3195	0.904	LIKURFAKSI	0.2319	0.657	LIKURFAKSI			
	1	3.5	3.5	Pasir	3.42	0.55	4	30	1	15.51	19.5	0.973	67.31	68.25	0.355	4.57	4.57	0.0992	0.280	LIKURFAKSI	0.0689	0.194	LIKURFAKSI	0.05	0.141	LIKURFAKSI			
BH 20 A	2	8.5	5	Pasir	2.83	0.55	9	30	1	15.51	19.5	0.962	97.5	97.5	0.35	10.28	10.28	0.1665	0.475	LIKURFAKSI	0.1156	0.330	LIKURFAKSI	0.0839	0.239	LIKURFAKSI			

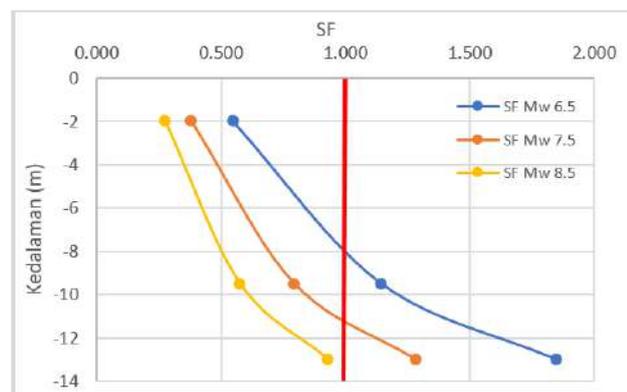
Sumber : Hasil penelitian, 2023

Gambar 6 menunjukkan bahwa potensi likuifaksi di titik BH 01 dengan skala magnitudo 6.5, 7.5 dan 8.5 terjadi pada permukaan tanah sampai dengan kedalaman 12 m. Sedangkan dengan skala magnitudo 6.5 potensi likuifaksi terjadi pada permukaan tanah sampai dengan kedalaman 6 m, kemudian dilanjutkan pada kondisi aman pada kedalaman 6-11.5 m, dan setelah itu kondisi aman sampai kedalaman 11 m dan keadaan likuifaksi pada kedalaman lebih dari 11 m.



Gambar 7. Potensi likuifaksi di titik BH 02
Sumber : Hasil penelitian, 2023

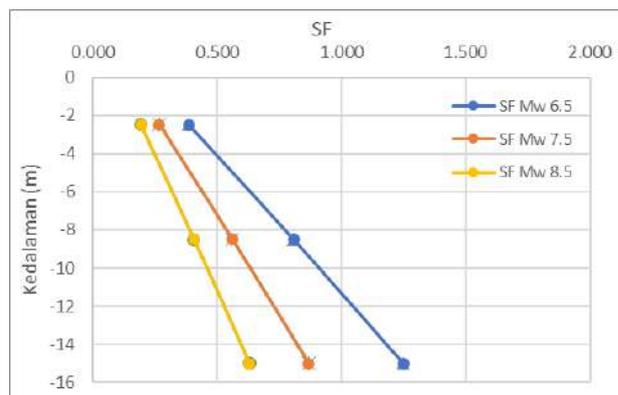
Gambar 7 menunjukkan bahwa potensi likuifaksi di titik BH 02 dengan skala magnitudo 6.5, 7.5 dan 8.5 terjadi pada permukaan tanah sampai dengan kedalaman 10 m.



Gambar 8. Potensi likuifaksi di titik BH 07
Sumber : Hasil penelitian, 2023

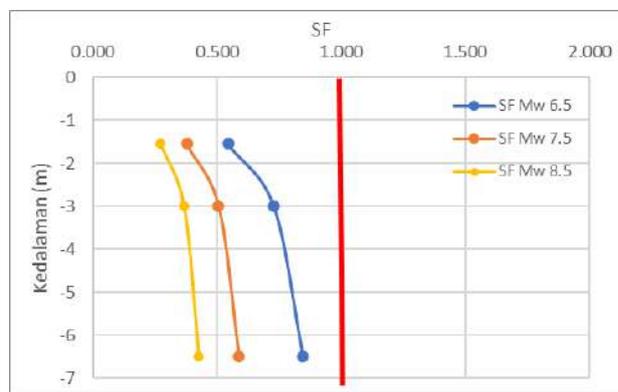
Gambar 8 menunjukkan bahwa potensi likuifaksi di titik BH 07 dengan skala magnitudo 6.5, terjadi pada permukaan tanah sampai dengan kedalaman 8 m. Sedangkan dengan skala magnitudo 7.5 potensi likuifaksi terjadi pada permukaan tanah sampai dengan kedalaman 11 m, kemudian

dilanjutkan pada kondisi likuifaksi pada permukaan hingga kedalaman 13 m pada magnitudo 8.5.



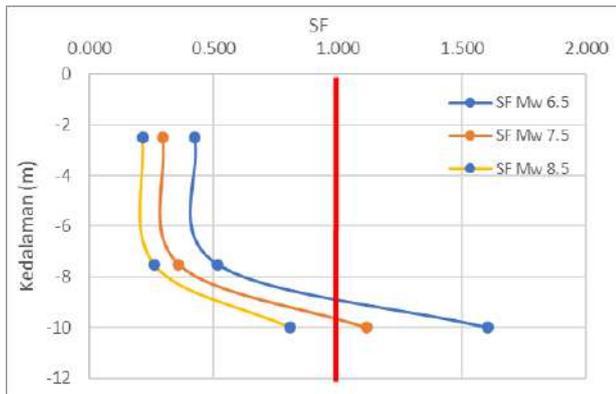
Gambar 9. Potensi likuifaksi di titik BH 08
Sumber : Hasil penelitian, 2023

Gambar 9 menunjukkan bahwa potensi likuifaksi di titik BH 08 dengan skala magnitudo 7.5 dan 8.5 terjadi pada permukaan tanah sampai dengan kedalaman 15 m. Sedangkan dengan skala magnitudo 6,5 potensi likuifaksi terjadi pada permukaan tanah sampai dengan kedalaman 11 m, kemudian dilanjutkan pada kondisi aman pada kedalaman 11-15 m.



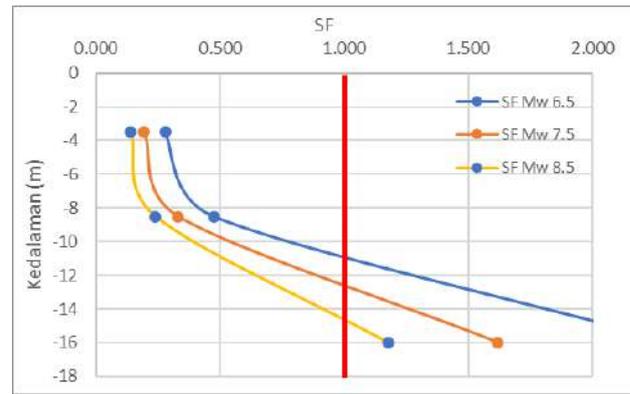
Gambar 10. Potensi likuifaksi di titik BH 10
Sumber : Hasil penelitian, 2023

Gambar 10 menunjukkan bahwa potensi likuifaksi di titik BH 10 dengan skala magnitudo 6.5, 7.5 dan 8.5 terjadi pada permukaan tanah sampai dengan kedalaman 6.5 m.



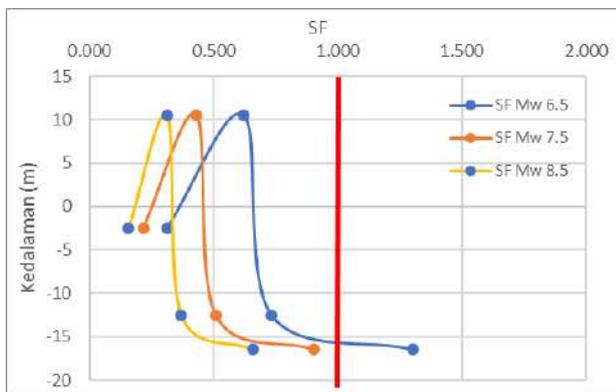
Gambar 11. Potensi likuifaksi di titik BH 14
Sumber : Hasil penelitian, 2023

Gambar 11 menunjukkan bahwa potensi likuifaksi di titik BH 14 dengan skala magnitudo 6.5, terjadi pada permukaan tanah sampai dengan kedalaman 8.5 m. Sedangkan dengan skala magnitudo 7.5 potensi likuifaksi terjadi pada permukaan tanah sampai dengan kedalaman 9 m, kemudian dilanjutkan pada kondisi likuifaksi pada permukaan hingga kedalaman 10 m pada magnitudo 8.5.



Gambar 13. Potensi likuifaksi di titik BH 20
Sumber : Hasil penelitian, 2023

Gambar 13 menunjukkan bahwa potensi likuifaksi di titik BH 20 dengan skala magnitudo 6.5, terjadi pada permukaan tanah sampai dengan kedalaman 11 m. Sedangkan dengan skala magnitudo 7.5 potensi likuifaksi terjadi pada permukaan tanah sampai dengan kedalaman 12.5 m, kemudian dilanjutkan pada kondisi likuifaksi pada permukaan hingga kedalaman 14.5 m pada magnitudo 8.5.



Gambar 12. Potensi likuifaksi di titik BH 19
Sumber : Hasil penelitian, 2023

Gambar 12 menunjukkan bahwa potensi likuifaksi di titik BH 19 dengan skala magnitudo 7,5 dan 15.5 terjadi pada permukaan tanah sampai dengan kedalaman 12 m. Sedangkan dengan skala magnitudo 6,5 potensi likuifaksi terjadi pada permukaan tanah sampai dengan kedalaman 15 m, kemudian dilanjutkan pada kondisi aman pada kedalaman lebih dari 15 m.

KESIMPULAN

Berdasarkan grafik distribusi butiran yang telah dipetakan ke dalam kurva Tsuchida (1970), temuan menunjukkan bahwa tanah di Titik Dominan mengandung campuran pasir dan lanau, serta memiliki ukuran butiran yang berada dalam zona berpotensi likuifaksi. Analisis menunjukkan bahwa peningkatan nilai N-SPT berhubungan dengan penurunan potensi likuifaksi. Nilai N-SPT yang berkisar antara 4,57 hingga 26,27 memiliki korelasi dengan peningkatan nilai *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) dalam rentang 0,05 hingga 0,4601. Seiring dengan peningkatan nilai CRR, probabilitas likuifaksi cenderung menurun. Penelitian juga mengidentifikasi bahwa area studi memiliki potensi tinggi untuk likuifaksi hingga kedalaman 15 meter berdasarkan data SPT. Korelasi antara parameter tanah menunjukkan bahwa peningkatan nilai N-SPT berhubungan dengan kenaikan nilai CRR, meskipun kenaikan nilai CRR. Selain itu, peningkatan magnitudo gempa juga berhubungan dengan peningkatan potensi likuifaksi, di mana pada magnitudo gempa 6.5 SR, nilai CRR lebih besar dibandingkan pada magnitudo 7.5 SR dan 8.5 SR.

Semakin tinggi nilai CRR, semakin rendah potensi likuifaksi.

REFERENSI

- Andajani, N., & Risdianto, Y. (2022). Penambahan Kapur Sebagai Stabilisasi Tanah Ekspansif untuk Lapisan Tanah Dasar (Subgrade). *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(2), 90-95.
- Ansori, A. latiful. 2020. *Analisis Potensi Likuifaksi Akibat Gempa Bumi Berdasarkan Data Insitu Test Menggunakan Metode Probabilitas (Analysis Of Liquefaction Potential Due To Earthquake Based on Insitu Test using Probability Method)*. 1–27.
- Atangana Njock, P. G., Shen, S. L., Zhou, A. & Lyu, H. M. 2020. Evaluation of soil liquefaction using AI technology incorporating a coupled ENN / t-SNE model. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 130(December 2019), 105988. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2019.105988>
- Diana, N. A., Ekaputri, J. J., Satrya, T. R. & Warnana, D. D. 2024. *Biocementing Process to Improve the Physical and*.
- Emanuela, Y. 2019. Analisis Potensi Likuifaksi Tanah dengan Data SPT dan Data CPT (Studi Kasus Underpass Jalan Brigjen. Katamso–AH Nasution Medan). *Jurnal Sipil Usu Repository*.
- García, M., Manzanal, D., B, Carvajal-Díaz, E., Slu, C. & Madrid, S. (n.d.). *Liquefaction analysis of undrained cyclic tests by calibration of constitutive models*.
- Gautam, D., de Magistris, F. S. & Fabbrocino, G. 2017. Soil liquefaction in Kathmandu valley due to 25 April 2017 Gorkha, Nepal earthquake. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 97(February), 37–47. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2017.03.001>
- Hakam, A. & Suhelmidawati, E. 2018. Liquefaction due to September 30th 2009 earthquake in Padang. *Procedia Engineering*, 54, 140–146. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.03.013>
- Hasibuan, D. H. & Ismaili, A. F. 2019. *Bumi Berdasarkan Data Standard Penetration Test (SPT) Studi Kasus Proyek Bandara Baru Yogyakarta International Airport*. 06(150), 1–9.
- Hsein Juang, C., Shen, M., Wang, C. & Chen, Q. 2018. Random field-based regional liquefaction hazard mapping — data inference and model verification using a synthetic digital soil field. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 77(3), 1273–1286. <https://doi.org/10.1007/s10064-017-1071-y>
- Hutagalung, M. & Tarigan, S. D. 2019. Analisis Potensi Likuifaksi Akibat Gempa (Studi Kasus : Reklamasi Pelabuhan Kontainer Belawan Fase-2). *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 2(1), 15–34. <https://doi.org/10.54367/jrkms.v2i1.433>
- Ikhsan, R. 2019. Analisis Potensi Likuifaksi dari Data CPT dan SPT dengan Studi Kasus PLTU Ende Nusa Tenggara Timur. *Fakultas Teknik Universitas Indonesia*, 117.
- Pramono, P. P., Widjaja, D. B. & Herina, D. S. 2016. Kajian Geoteknik Untuk Infrastruktur Kota Padang Menghadapi Ancaman GEMPA dan TSUNAMI. *Research Report - Engineering Science*, Iii, 1–67. <http://journal.unpar.ac.id/index.php/rekayasa/article/view/1300>
- Prayitno, P. & Artati, H. K. 2021. Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Distribusi Ukuran Butir Tanah dan Data Cone Penetration Test (CPT). *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 27(2), 242–249.
- Tandirerung, R. 2017. *Kementerian Riset, Teknologi, Dan Pendidikan Tinggi Universitas Gadjah Mada Program Pascasarjana Fakultas Teknik Program Studi S-2 Teknik Geologi Tesis*.
- Tijow, K. C., Sompie, O. B. A. & Ticoh, J. H. 2018. Analisis Potensi Likuifaksi Tanah Berdasarkan Data Standart Penetration Test (SPT), Studi Kasus : Dermaga Bitung, Sulawesi Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 6(7), 491–500.
- Yudi, H. 2021. *Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT dan CPT (Studi Kasus Pembangunan Jalur KA Bandara New Yogyakarta International Airport)*. 1–148.

Analisis Kecelakaan Lalu Lintas di Kabupaten Jembrana

Analysis of Traffic Accident in Jembrana Regency

I Gede Fery Surya Tapa¹, Dewa Ayu Trisna Adhiswari Wedagama², Decky Cipta Indrashawara³, I Nyoman Indra Kumara⁴

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Pendidikan Nasional
Email : ferysuryatapa@undiknas.ac.id

²Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Pendidikan Nasional
Email : adhiswariwedagama@undiknas.ac.id

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Pendidikan Nasional
Email : ciptaindrashwara@undiknas.ac.id

⁴Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Pendidikan Nasional
Email : indrakumara@undiknas.ac.id

Abstrak

Kecelakaan yang tinggi di Kabupaten Jembrana memerlukan analisis untuk mengetahui karakteristik kecelakaan, daerah rawan kecelakaan (black site) dan lokasi rawan kecelakaan (black spot), yang bertujuan untuk memutuskan titik dimana diperlukan solusi untuk menekan angka kecelakaan. Data yang dipergunakan pada penelitian ini adalah data yang diperoleh dari Polres Jembrana dari tahun 2015 sampai dengan 2017. Data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan metode Angka Ekuivalensi Kecelakaan dan metode Z-score, yang teridentifikasi dari kedua metode tersebut digunakan sebagai lokasi black site. Lokasi black site yang didapat dianalisis kembali untuk mencari black spot menggunakan metode Upper Control Limit (UCL). Hasil analisis menunjukkan lokasi yang teridentifikasi black site adalah Jalan Denpasar-Gilimanuk dan Jalan Ngurah Rai. Sedangkan untuk black spot tertinggi setiap ruas jalan, yaitu: Jalan Denpasar – Gilimanuk Sta 121 – Sta 122.

Kata Kunci: *Black site; Black spot; Karakteristik; Kecelakaan; Upper control limit*

Abstract

The high number of accidents in Jembrana Regency requires analysis to determine the characteristics of accidents, accident-prone areas and accident-prone locations, which aims to determine the point where a solution is needed to reduce the number of accidents. The data used in this research is data obtained from the Jembrana Police from 2015 to 2017. The data obtained will be analyzed using the Accident Equivalence Rate method and the Z-score method, which are identified from both methods as being used as black site locations. The black site locations obtained were analyzed again to look for black spots using the Upper Control Limit (UCL) method. The analysis results show that the locations identified as black sites are Jalan Denpasar-Gilimanuk and Jalan Ngurah Rai. Meanwhile, the highest black spots on each road section are: Jalan Denpasar – Gilimanuk Sta 121 – Sta 122.

Keywords: *Black site; Black spots; Characteristics; Accident; Upper control limits*

PENDAHULUAN

Kegiatan transportasi yang melibatkan dan memanfaatkan fasilitas jalan raya merupakan kegiatan transportasi yang paling sering di gunakan jika dibandingkan dengan kegiatan transportasi lainnya. Oleh karna itu permasalahan yang dirasakan oleh pengguna jalan raya hampir semua

sama diantaranya kemacetan dan kecelakaan. Menurut Undang-undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, kecelakaan lalu lintas adalah suatu peristiwa di jalan yang tidak diduga dan tidak disengaja yang melibatkan kendaraan dengan atau tanpa pengguna jalan lain yang mengakibatkan korban manusia dan/atau kerugian harta benda. Walaupun tidak disengaja,

banyak faktor yang mempengaruhi terjadinya kecelakaan. Faktor tersebut biasanya terdiri dari faktor manusia, faktor kendaraan, faktor jalan dan factor cuaca.

Kabupaten Jembrana merupakan kabupaten yang terletak di ujung barat pulau Bali, dimana Negara merupakan ibu kota dari Kabupaten Jembrana. Berdasarkan data sensus penduduk tahun 2023 jumlah penduduk di Kabupaten Jembrana adalah 274.900 orang dengan tingkat pertumbuhan penduduk sebesar 1,005% dari tahun 2022-2023 Tingginya tingkat pertumbuhan penduduk di Kabupaten Jembrana menyebabkan perkembangan transportasi menjadi lebih pesat. Hal ini mengakibatkan adanya peningkatan arus lalu lintas di Kabupaten Jembrana. Secara tidak langsung hal ini dapat menimbulkan terjadinya masalah lalu lintas seperti kemacetan sampai dengan kecelakaan.

Sementara itu studi mengenai kecelakaan di Kota Denpasar sebelumnya telah dilakukan oleh Bismoko (2004), kemudian studi tentang kecelakaan yang terjadi di Kabupaten Gianyar telah dilakukan oleh Arthaguna (2006), dan juga di Kabupaten Karangasem juga sudah dilakukan oleh Pradana (2017). Maka dari itu Kabupaten Jembrana dipilih sebagai tempat penelitian karena belum adanya analisa mengenai kecelakaan sebelumnya. Kecelakaan yang terjadi di Kabupaten Jembrana merupakan yang tertinggi keempat di Provinsi Bali menurut data dari BPS Bali tahun 2023. Maka dari itu perlu dilakukan analisa tentang kecelakaan di Kabupaten Jembrana untuk mengetahui karakteristik kecelakaan lalu lintas pada ruas jalan Kabupaten Jembrana, daerah rawan kecelakaan, dan juga titik rawan kecelakaan di Kabupaten Jembrana untuk mengurangi tingginya angka kecelakaan yang terjadi.

Kecelakaan

Menurut Peraturan Pemerintah No. 43 Tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan, kecelakaan lalu lintas merupakan suatu peristiwa di jalan raya yang tidak disangka-sangka dan tidak disengaja yang melibatkan kendaraan dengan atau tanpa pemakai jalan lainnya, mengakibatkan korban manusia dan kerugian material. Kecelakaan lalu lintas juga bias melibatkan satu kendaraan dengan pejalan kaki atau dengan objek lainnya yang diam. Di dalam terjadinya suatu kejadian kecelakaan selalu mengandung unsur yang tidak disengaja atau tidak disangka-sangka serta akan menimbulkan perasaan kaget, heran dan tercengang serta trauma bagi yang mengalami kecelakaan tersebut. Apabila seseorang yang dengan sengaja menabrak atau telah direncanakan terlebih dahulu, maka hal itu bukan

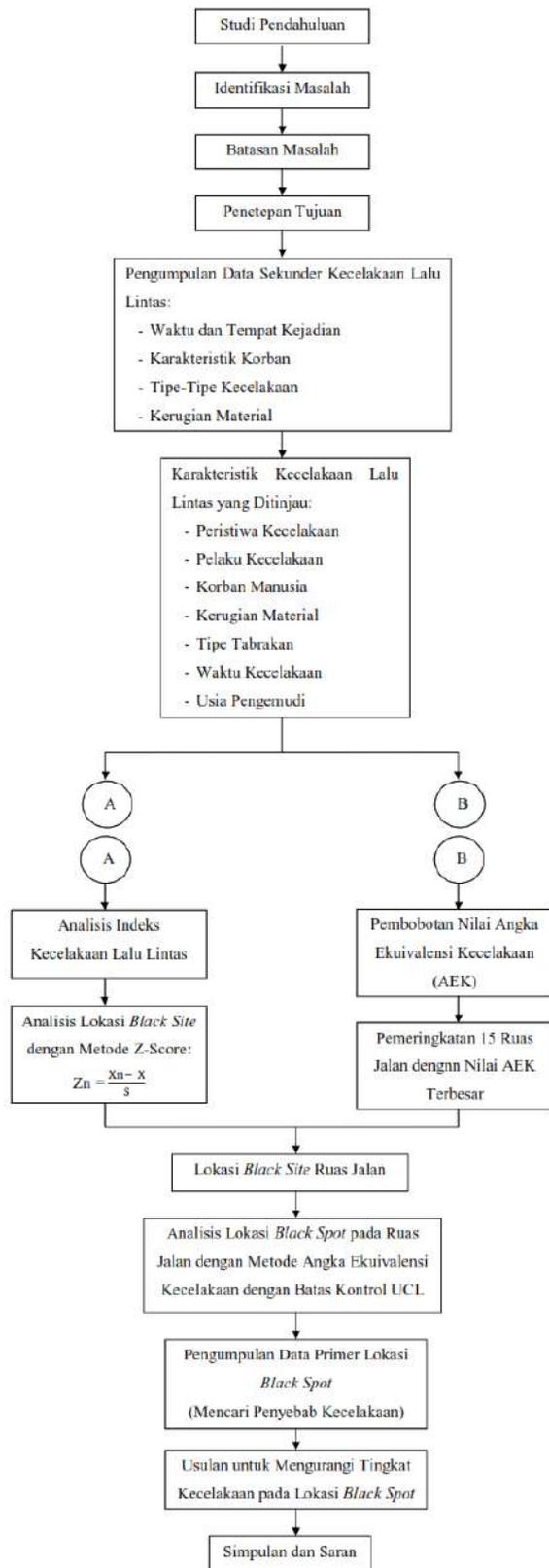
merupakan kecelakaan lalu lintas melainkan dapat digolongkan sebagai pembunuhan atau penganiayaan yang berencana dan merupakan tindak kriminal.

Faktor-faktor Peenyebab Kecelakaan Lalu Lintas

Kecelakaan adalah suatu kejadian yang disebabkan oleh banyak faktor, yang pada dasarnya disebabkan oleh kurang efektifnya gabungan dari faktor-faktor utama yaitu: pemakai jalan (manusia), lingkungan, jalan dan kendaraan (Harahap,1995). Ada tiga unsur dasar yang menentukan keamanan jalan raya, yaitu: kendaraan, pengemudi serta fisik jalan itu sendiri. Untuk mengatur ketiga unsur utama tersebut diperlukan peraturan perundang-undangan, standar-standar yang mengatur syarat keamanan jalan.

METODE

Metode penelitian menjelaskan tentang langkah kerja yang dilaksanakan dalam penelitian ini dari awal hingga selesai. Langkah pertama terdapat pada Gambar 1. Dimana yang dilakukan adalah studi pendahuluan, kemudian diikuti identifikasi masalah yang dilanjutkan dengan penetapan tujuan penelitian dan tinjauan pustaka, pengumpulan data yaitu data sekunder yang diperoleh dari instansi-instansi terkait, hal ini bertujuan untuk mengetahui parameter-parameter yang akan digunakan dalam penelitian ini. Dalam penelitian ini data kecelakaan yang diperoleh dari Polres Jembrana. Langkah-langkah dalam menganalisis data antara lain: analisis data kecelakaan dan penentuan angka kecelakaan menggunakan kriteria-kriteria yang ditetapkan oleh Departemen Perhubungan. Setelah itu dilakukan analisis mengenai penentuan indeks kecelakaan. Selanjutnya data dianalisis untuk menentukan tingkat kecelakaan dan angka pertumbuhan kecelakaan lalu lintas sehingga akan didapat daerah-daerah rawan kecelakaan (black Site dan black Spot).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

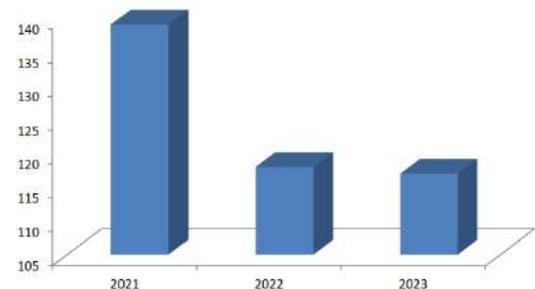
Karakteristik Kecelakaan Lalu Lintas

Karakteristik kecelakaan lalu lintas pada ruas jalan di Kabupaten Jembrana memuat tentang

peristiwa kecelakaan yang terjadi selama kurun waktu 3 tahun yaitu dari tahun 2021 sampai dengan tahun 2023, yang merupakan data sekunder yang diperoleh dari Polres Jembrana. Data ini digunakan untuk menggambarkan kecenderungan kecelakaan yang terjadi pada ruas jalan di Kabupaten Jembrana.

1. Jumlah Peristiwa Kecelakaan

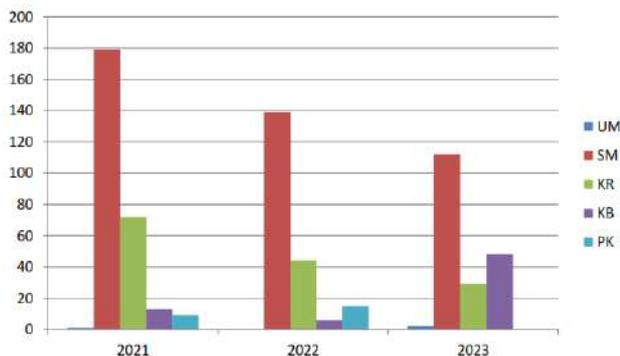
Jumlah peristiwa kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Jembrana pada tahun 2021 sampai dengan 2023 berturut-turut, dimana jumlah peristiwa kecelakaan pada tahun 2021 sebanyak 139 kejadian, pada tahun 2022 jumlah peristiwa kecelakaan sebanyak 118 kejadian, dan pada tahun 2023 jumlah peristiwa kecelakaan sebanyak 117 kejadian. Gambar 2 memaparkan jumlah peristiwa kecelakaan yang terjadi dari tahun 2021 sampai dengan tahun 2023



Gambar 2. Jumlah Peristiwa Kecelakaan
Sumber: Hasil Analisis (2024)

2. Karakteristik Kecelakaan berdasarkan Kendaraan dan Orang yang Terlibat Kecelakaan Lalu Lintas (Pelaku Kecelakaan)

Pelaku kecelakaan yang paling banyak terlibat dalam kecelakaan lalu lintas di ruas jalan di Kabupaten Jembrana adalah sepeda motor. Dalam waktu 3 tahun, yaitu dari tahun 2021 sampai dengan 2023, jumlah sepeda motor yang terlibat kecelakaan lalu lintas menduduki angka tertinggi sebanyak 430 unit dengan persentase 63,61%. Kelincahan gerak dari sepeda motor membuat kendaraan ini mudah untuk menyalip kendaraan lain dan kecelakaan sendiri disebabkan oleh pengemudi itu sendiri. Sedangkan pelaku kecelakaan yang paling sedikit terlibat kecelakaan adalah kendaraan tidak bermotor yaitu 3 orang (0,44%).

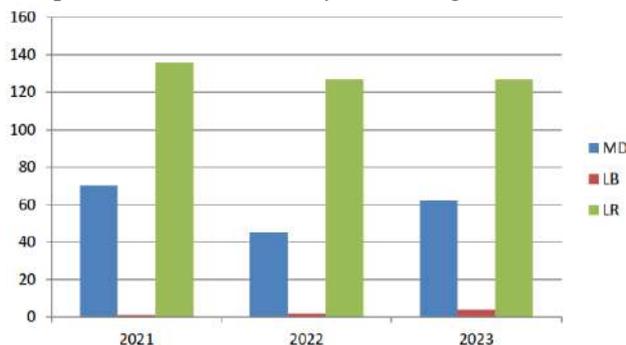


Gambar 3. Karakteristik Kecelakaan berdasarkan Kendaraan dan Orang yang Terlibat Kecelakaan (Pelaku Kecelakaan)

Sumber: Hasil Analisis (2024)

3. Karakteristik Kecelakaan berdasarkan Korban Manusia

Jumlah korban meninggal dunia dari tahun 2021-2023 sebanyak 177 orang dengan rata-rata 59 orang/tahun. Jumlah korban meninggal dunia paling banyak terjadi pada tahun 2021 sebanyak 70 orang. Sedangkan jumlah korban luka berat dari tahun 2015 -2023 sebanyak 7 orang dengan rata-rata 2,33 orang/tahun. Jumlah korban luka berat paling banyak terjadi pada tahun 2023 sebanyak 4 orang.

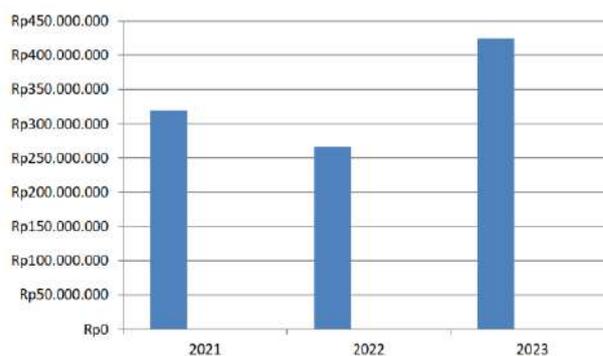


Gambar 4. Karakteristik Kecelakaan berdasarkan Korban Manusia

Sumber: Hasil Analisis (2024)

4. Karakteristik Kecelakaan berdasarkan Kerugian Material

Jumlah kerugian material akibat kecelakaan lalu lintas di ruas jalan di Kabupaten Jembrana dari tahun 2021-2023 sebesar Rp 1.008.700.000 dengan rata-rata Rp 597.550.000 pertahun. Jumlah kerugian material menunjukkan angka tertinggi pada tahun 2023 dengan jumlah kerugian material sebesar Rp 424.200.000 dan terendah pada tahun 2022 dengan kerugian material sebesar Rp 265.700.000.

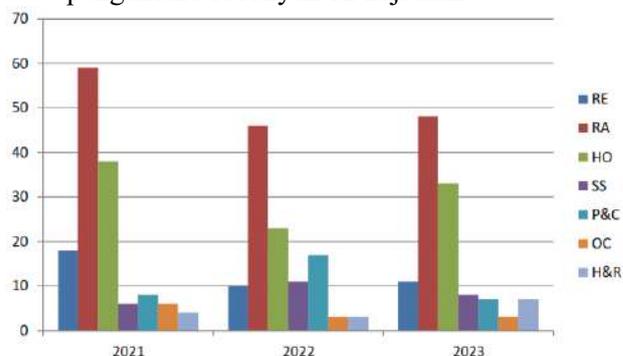


Gambar 5. Karakteristik Kecelakaan berdasarkan Kerugian Material

Sumber: Hasil Analisis (2024)

5. Karakteristik Kecelakaan berdasarkan Tipe Tabrakan

Dari data jumlah kecelakaan lalu lintas berdasarkan tipe tabrakan dapat diketahui tipe tabrakan yang paling sering terjadi di ruas jalan di Kabupaten Jembrana. Tipe tabrakan yang paling banyak untuk kurun waktu dari tahun 2021-2023 adalah tipe tabrakan rear angle yaitu tipe tabrakan yang terjadi antara depan dengan samping kendaraan dengan jumlah 153 kejadian. Kecelakaan rear angle paling banyak terjadi pada tahun 2023 sebesar 48 kejadian. Tipe tabrakan yang paling jarang terjadi dalam kurun waktu 3 tahun adalah out control yaitu kehilangan kendali dari pengendara sebanyak 12 kejadian.



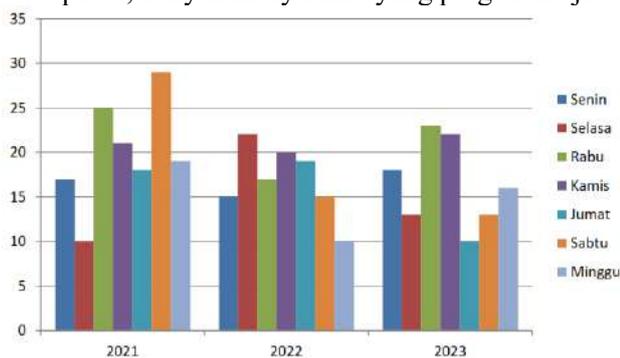
Gambar 6. Karakteristik Kecelakaan berdasarkan Tipe Tabrakan

Sumber: Hasil Analisis (2024)

6. Karakteristik Kecelakaan berdasarkan Hari Terjadi Kecelakaan

Dari jumlah kecelakaan lalu lintas berdasarkan hari terjadinya kecelakaan, dapat diketahui kecelakaan lalu lintas di ruas jalan di Kabupaten Jembrana dalam kurun waktu 3 tahun dari tahun 2021-2023 paling banyak terjadi pada hari rabu dengan jumlah kejadian yaitu sebanyak 65 kejadian, dan terendah pada hari minggu sebanyak 45 kejadian. Kecelakaan lalu lintas di ruas jalan di Kabupaten Jembrana banyak terjadi pada hari kerja dikarenakan

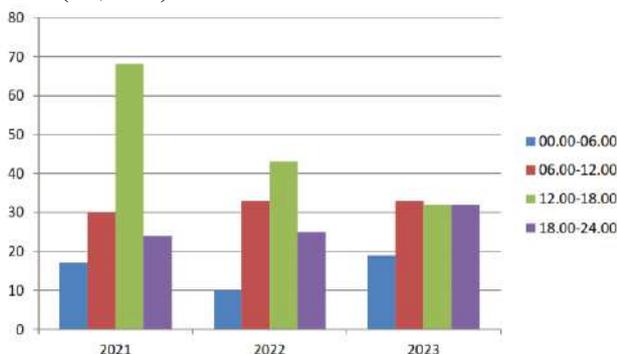
aktivitas kendaraan pada hari tersebut lebih padat, banyak masyarakat yang pergi bekerja.



Gambar 7. Karakteristik Kecelakaan berdasarkan Hari terjadi Kecelakaan
Sumber: Hasil Analisis (2024)

7. Karakteristik Kecelakaan berdasarkan Waktu Terjadinya Kecelakaan

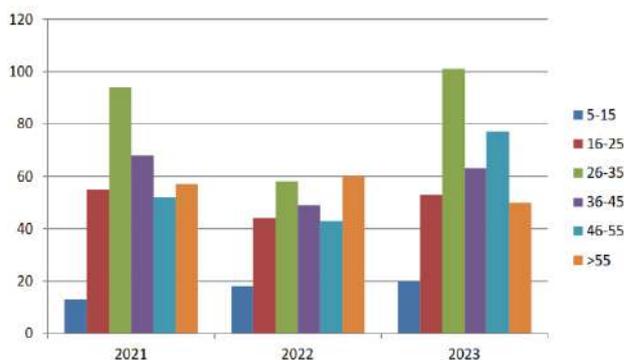
Berdasarkan waktu terjadinya kecelakaan dibagi atas dini hari (00.00-06.00), pagi hari (06.00-12.00), siang hari (12.00-18.00), malam hari (18.00-24.00). Hasil analisis memperlihatkan kecelakaan banyak terjadi pada waktu pagi hari (12.00-18.00) sebanyak 143 kejadian (39,07%), dan terendah pada dini hari (00.00-06.00) sebanyak 46 kejadian (12,57%).



Gambar 8. Karakteristik Kecelakaan berdasarkan Waktu Terjadinya Kecelakaan
Sumber: Hasil Analisis (2024)

8. Karakteristik Kecelakaan berdasarkan Usia Pengemudi

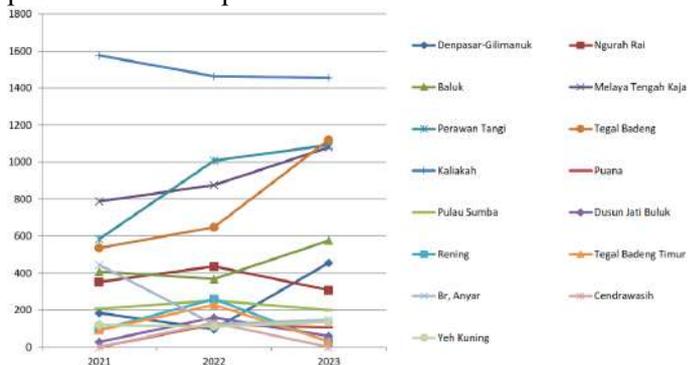
Berdasarkan usia pengemudi dikelompokkan dalam beberapa usia, yaitu: usia 5 th-15 th, usia 16 th-25 th, usia 26 th-35 th, usia 36 th-45 th, 46 th-55 th, >55 th. Analisa data menunjukkan bahwa pengemudi berusia 26 th-35 th adalah penyebab terbesar kecelakaan lalu lintas dengan 253 kejadian yang melibatkan kelompok usia tersebut. Kelompok usia 15 th kebawah menjadi penyebab kecelakaan terkecil dengan jumlah kejadian yaitu 51 kejadian.



Gambar 9. Karakteristik Kecelakaan berdasarkan Usia Pengemudi
Sumber: Hasil Analisis (2024)

Analisis Indeks Kecelakaan

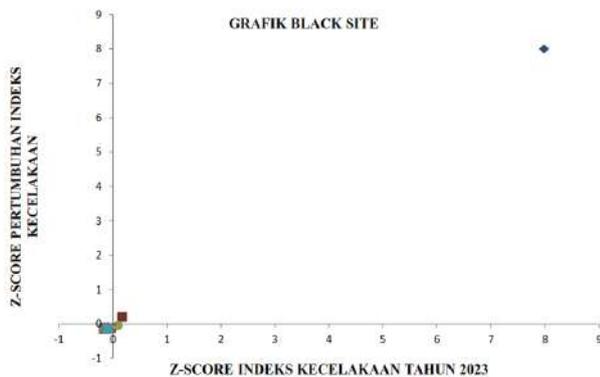
Indeks kecelakaan adalah suatu angka yang menunjukkan tingkat kecelakaan pada ruas jalan. Indeks kecelakaan merupakan suatu hasil perhitungan dari beberapa angka kecelakaan yang diperhitungkan secara bersamaan, yaitu peristiwa kecelakaan, jumlah kendaraan, dan orang yang terlibat dalam kecelakaan dan banyaknya korban manusia. Sehingga pada indeks kecelakaan dapat digambarkan kecenderungan kecelakaan pertahun pada ruas di Kabupaten Jembrana.



Gambar 10. Grafik Indeks Kecelakaan pada Ruas Jalan di Kabupaten Jembrana
Sumber: Hasil Analisis (2024)

Analisis Black Site Dengan Metode Z-Core

Perhitungan Black Site dengan Metode Z-Core di kabupaten Jembrana, Gambar 11 dapat dijelaskan bahwa daerah yang teridentifikasi sebagai black site yaitu Jalan Denpasar – Gilimanuk dan Jalan Ngurah Rai. Jalan Denpasar – Gilimanuk merupakan ruas jalan yang memiliki nilai Z-score pertumbuhan indeks kecelakaan tertinggi di ruas jalan Kabupaten Jembrana.



Gambar 11. Grafik *Black Site* pada Ruas Jalan di Kabupaten Jembrana
Sumber: Hasil Analisis (2024)

Analisis *Black Site* dengan Metode AEK

Angka Ekuivalensi Kecelakaan (AEK) adalah angka yang digunakan untuk pembobotan kelas kecelakaan. Ruas jalan yang teridentifikasi sebagai *black site* yaitu Jalan Denpasar - Gilimanuk, Jalan Ngurah Rai, Jalan Baluk, Jalan Lelateng, Jalan Tegal Badeng, Jalan Kaliakah, Jalan Puana, Jalan Pulau Sumba, Jalan dsu Jati Buluk, Jalan Rening, Jalan Tegal Badeng timur, Jalan Br Anyar, Jalan Cendrawasih, dan Jalan Yeh Kuning, Jalan Melaya Tengah Kaja.

Perbandingan *Black Site* Metode Z-Core dan Metode AEK

Daerah yang teridentifikasi sebagai *black site* antara metode Z-score dengan metode AEK ada sedikit perbedaan. Perbedaan tersebut dikarenakan dalam metode AEK hanya mengurutkan nilai dari korban manusia yang tertinggi, sedangkan pada metode Z-score, pertumbuhan indeks kecelakaan yang terjadi dan juga indeks kecelakaan pada tahun terbaru diperhitungkan, sehingga jika salah satu tidak memenuhi, tidak diidentifikasi sebagai *black site*.

Tabel 1. Perbandingan Antara *Black Site* Metode Z-score Dengan *Black Site* Metode AEK

No	<i>Black Site</i> Metode Z-score	<i>Black Site</i> Metode AEK
1	Jalan Denpasar - Gilimanuk	Jalan Denpasar - Gilimanuk
2	Jalan Ngurah Rai	Jalan Ngurah Rai
3		Jalan Baluk
4		Jalan Lelateng
5		Jalan Tegal Badeng
6		Jalan Kaliakah
7		Jalan Puana
8		Jalan Pulau Sumba
9		Jalan dsu Jati Buluk
10		Jalan Rening
11		Jalan Br. Anyar
12		Jalan Cendrawasih
13		Jalan Yeh Kuning
14		Jalan Melaya Tengah Kaja
15		Jalan Tegal Badeng Timur

Analisis Titik Rawan Kecelakaan (Black Spot)

Berdasarkan hasil analisis, maka Jalan Denpasar – Gilimanuk sta 121 – sta 122 merupakan lokasi rawan kecelakaan (*black spot*). Oleh sebab itu, perlu dicari karakteristik kecelakaan yang terjadi di jalan tersebut yang digunakan untuk memberikan alternatif solusi guna menekan angka kecelakaan yang terjadi. Adapun karakteristik kecelakaan yang terjadi di Jalan Denpasar – Gilimanuk sta 121 – sta 122, yaitu:

1. Jumlah peristiwa kecelakaan dari tahun 2021-2023 yang terjadi sebanyak 3 kejadian.
2. Pelaku kecelakaan yang paling banyak terlibat dalam kecelakaan adalah sepeda motor yaitu sebanyak 4 pelaku. Hal ini diakibatkan lincah gerak sepeda motor dalam mengemudi dan kesalahan manusia itu sendiri.
3. Jumlah korban yang meninggal dunia sebanyak 9 orang, korban luka berat sebanyak 3 orang, dan korban luka ringan sebanyak 3 orang.
4. Kerugian materi yang diakibatkan oleh kecelakaan yaitu Rp. 58.400.000,00.
5. Tipe tabrakan yang paling sering terjadi yaitu RA (Right Angle) sebanyak 2 kejadian.
6. Kecelakaan paling sering terjadi pada waktu malam hari dari pukul 00.00-06.00 2 kejadian
7. Usia pengemudi yang paling banyak terlibat kecelakaan adalah usia 36-45 tahun sebanyak 3 kejadian.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pengolahan data yang ada maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: 1. Karakteristik kecelakaan lalu lintas yang terjadi pada ruas jalan di Kabupaten Jembrana. a) Karakteristik Kecelakaan Berdasarkan Jumlah Peristiwa Kecelakaan Jumlah peristiwa yang terjadi pada ruas jalan di Kabupaten Jembrana dari tahun 2021-2023 adalah 374 kejadian dengan rata-rata sebesar 127 kejadian/tahun. Jumlah peristiwa kecelakaan lalu lintas menunjukkan angka tertinggi pada tahun 2021 dengan 139 kejadian dan terendah pada tahun 2023 dengan 117 kejadian. B) Karakteristik Kecelakaan Berdasarkan Jumlah Kendaraan dan Orang yang Terlibat (Pelaku Kecelakaan) Jumlah pelaku kecelakaan yang paling banyak terlibat dalam kecelakaan lalu lintas pada ruas jalan di Kabupaten Jembrana adalah sepeda

motor yaitu sebanyak 430 unit dengan persentase sebesar 63,61%. Sedangkan pelaku kecelakaan paling sedikit terlibat adalah kendaraan tidak bermotor yaitu dengan jumlah 3 orang (0,44%). c) Karakteristik Kecelakaan Berdasarkan Jumlah Korban Manusia Jumlah korban manusia akibat kecelakaan lalu lintas yang terjadi pada ruas jalan di Kabupaten Jembrana dalam kurun waktu tahun 2021 sampai dengan tahun 2023 yaitu jumlah korban meninggal dunia sebesar 177 orang dengan rata-rata 59 orang/tahun, jumlah korban luka berat sebesar 7 orang dengan rata-rata 2,33 orang/tahun, dan jumlah korban luka ringan sebesar 390 orang dengan rata-rata 130 orang/tahun. d) Karakteristik Kecelakaan Berdasarkan Kerugian Material Jumlah kerugian material akibat kecelakaan lalu lintas yang terjadi pada ruas jalan di Kabupaten Jembrana dalam kurun waktu tahun 2021-2023 sebesar Rp. 1.008.700.000 dengan rata-rata Rp. 326.233.333 per tahun. Jumlah kerugian material menunjukkan angka tertinggi pada tahun 2023. dengan kerugian sebesar Rp. 424.200.000 dan terendah pada tahun 2022 yaitu sebesar Rp. 265.700.000. e) Karakteristik Kecelakaan Berdasarkan Jumlah Tipe Tabrakan Tipe tabrakan yang terjadi pada ruas jalan di Kabupaten Jembrana kurun waktu 2021-2023, yang paling sering terjadi adalah tabrakan depan dengan samping yaitu sebanyak 154 kejadian dengan persentase 41,5% dan yang paling jarang terjadi adalah kehilangan kontrol (out control) yaitu 12 kejadian dengan persentase 3,3%. f) Karakteristik Kecelakaan Berdasarkan Waktu Terjadinya Kecelakaan Kecelakaan lalu lintas pada ruas jalan di Kabupaten Jembrana kurun waktu 2021-2023, paling sering terjadi pada siang hari yaitu pukul 12.00-18.00 WITA sebanyak 143 kejadian dengan persentase 39,07%. Sedangkan paling sedikit terjadi pada waktu dini hari yaitu pukul 00.00-06.00 sebanyak 46 kejadian dengan persentase 12,57%. g) Karakteristik Kecelakaan Berdasarkan Hari Terjadinya Kecelakaan Kecelakaan lalu lintas pada ruas jalan di Kabupaten Jembrana dari tahun 2021-2023 paling sering terjadi pada hari rabu dengan jumlah kejadian sama yaitu 65 kejadian dengan persentase 17,47% dan terendah terjadi pada hari minggu dengan 45 kejadian (12,1%). h) Karakteristik Kecelakaan Berdasarkan Usia Pengemudi Usia pengemudi yang paling banyak terlibat kecelakaan lalu lintas pada ruas jalan di Kabupaten Jembrana adalah pada usia 26-35 tahun sebanyak 253 orang, dengan persentase 25,95%. Kelompok usia ini menjadi penyebab kecelakaan yang relative tinggi karena kurang hati-hatinya dalam mengendarai kendaraannya. 2. Penentuan ruas jalan yang rawan terjadi kecelakaan lalu lintas (black site). a) Berdasarkan metode Z-score. Ruas

jalan di Kabupaten Jembrana yang teridentifikasi sebagai ruas jalan rawan terjadi kecelakaan (black site) dengan metode Z-score, yaitu: Jalan Denpasar – Gilimanuk dan Jalan Ngurah Rai. b) Berdasarkan metode AEK Ruas jalan di Kabupaten Jembrana yang teridentifikasi sebagai ruas jalan rawan terjadi kecelakaan (black site) dengan metode AEK, yaitu: Jalan Denpasar - Gilimanuk, Jalan Ngurah Rai, Jalan Baluk, Jalan Melaya Tengah Kaja, Jalan Perawan Tangi, Jalan Tegal Badeng, Jalan Kaliakah, Jalan Puana, Jalan Pulau Sumba, Jalan dsn Jati Buluk, Jalan Rening, Jalan Tegal Badeng timur, Jalan Br Anyar, Jalan Cendrawasih, dan Jalan Yeh Kuning. c) Berdasarkan metode Z-score dan metode AEK Daerah rawan kecelakaan yang digunakan dalam penentuan lokasi rawan kecelakaan (black spot) adalah ruas jalan yang teridentifikasi black site dengan metode Z-score dan metode AEK, yaitu: Jalan Denpasar - Gilimanuk, Jalan Ngurah Rai. 3. Penentuan lokasi rawan kecelakaan (black spot) menggunakan metode UCL Berdasarkan lokasi black site yang paling rawan maupun berdasarkan panjang keseluruhan ruas jalan di Kabupaten Jembrana menunjukkan lokasi yang sama yaitu pada jalan Denpasar – Gilimanuk Sta 121 – Sta 122. Karakteristik kecelakaan lalu lintas yang terjadi pada Sta 90 – Sta 91 dari tahun 2021–2023 yaitu: a) Jumlah peristiwa kecelakaan dari tahun 2021-2023 yang terjadi sebanyak 3 kejadian. b) Pelaku kecelakaan yang paling banyak terlibat dalam kecelakaan adalah sepeda motor yaitu sebanyak 4 pelaku. Hal ini diakibatkan lincah gerak sepeda motor dalam mengemudi dan kesalahan manusia itu sendiri. c) Jumlah korban yang meninggal dunia sebanyak 9 orang, korban luka berat sebanyak 3 orang, dan korban luka ringan sebanyak 3 orang. d) Kerugian materi yang diakibatkan oleh kecelakaan yaitu Rp. 58.400.000,00. e) Tipe tabrakan yang paling sering terjadi yaitu RA (Right Angle) sebanyak 2 kejadian. f) Kecelakaan paling sering terjadi pada waktu malam hari dari pukul 00.00-06.00 2 kejadian. g) Usia pengemudi yang paling banyak terlibat kecelakaan adalah usia 36-45 tahun sebanyak 3 kejadian. 4. Faktor penyebab kecelakaan yang terjadi pada ruas jalan di Kabupaten Jembrana: a) Secara geometric, kecelakaan dapat disebabkan oleh kondisi jalan yang relatif lurus dan kondisi arus lalu lintas yang sedang dapat mengakibatkan pengguna jalan memacu kendaraannya dengan kecepatan tinggi dan ketika ada kendaraan yang mengerem mendadak dari depan akan dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan. b) Faktor lingkungan juga dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan, cuaca yang sedang hujan dan gelap menyebabkan pengemudi sulit mengendalikan

kendaraannya. c) Dari data kepolisian dapat diketahui bahwa kecelakaan terjadi akibat kelalaian pengemudi. Para pengemudi mengendarai kendaraan dalam keadaan lelah, mengantuk, mengemudi dengan kecepatan tinggi dan terburu-buru, dan tidak menjaga jarak sehingga banyak terjadi tabrakan dari arah belakang.

REFERENSI

- Anonim, 1993. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 1993 Tentang Jalan. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
- Anonim, 2009. Undang-undang Republik Indonesia No.22 Tahun 2009 tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
- Arthaguna, S. (2006). Analisis Kecelakaan Lalu Lintas di Kabupaten Gianyar. *Tugas Akhir Universitas Udayana*.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2023. Kabupaten Jembrana Dalam Angka 2023. Kabupaten Jembrana.
- Bismoko. (2004). Analisis Kecelakaan Lalu Lintas di Kota Denpasar. *Tugas Akhir Universitas Udayana*.
- Clarkson H. Oglesby dan R. Gary Hicks, 1999, *Teknik Jalan Raya (ahli bahasa)*, Edisi Keempat Jilid Satu.
- Departemen Perhubungan dan Prasarana Wilayah. 2004. *Pedoman Penanganan Lokasi Rawan Kecelakaan Lalu Lintas (Pd T-09-2004-B)*. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Goesman, V. K., Rahardjo, B., & Pranoto, P. 2021. Analisis Kecelakaan Lalu Lintas Studi Kasus Jalan Raya Pantura Tuban – Widang Km 0,00 – Km 29,00. *Jurnal Bangunan*, 26(1), 45.
- <https://doi.org/10.17977/um071v26i12021p45-62>.
- Gunawan, A., Azwansyah, H., & Erwan, K. (2015). Identifikasi Lokasi Titik Rawan Kecelakaan (Black Spot) Pada Ruas Jalan Adi Sucipto. *Jelast : Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 3(2).<https://doi.org/10.26418/JELAST.V3I2.1356>
- Harahap, G. 1995. *Masalah Lalu Lintas dan Pembagian Jalan (DPU)*. Bandung.
- Isa Al Qurni. 2013. *Analisis Rawan Kecelakaan Lalu Lintas Di Jalan Nasional Kabupaten Kendal*.
- Muryanto, D., & Suryoatmojo, Y. 2020. Kajian Peningkatan Keselamatan Pada Simpang Dengan Menerapkan Ruang Henti Khusus Sepeda Motor (Studi Kasus Simpang Empat Bersinyal Srikandi Kabupaten Pasuruan). *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 2(1), 1-8.
- Pradana, H. (2017). Analisis Kecelakaan Lalu Lintas di Kabupaten Karangasem. *Tugas Akhir Universitas Udayana*.
- Soesantiyo, 1985. *“Teknik Lalu Lintas, Traffic Engineering “* Jilid I. Jakarta
- Sukirman, S. 1999. *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Edisi ke 3. Bandung: Nova.
- Transport Research Laboratory. 1997. *Engineering Approach to Accident Prevention & Reduction*, RRDP, Report No RRDP 19. Institute of Road Engineering. Bandung.
- Warpani, S.P. 2001. *Rekayasa Lalu Lintas*. Jakarta: Bharata.
- Wedasana A.S. 2011. Analisis Daerah Rawan Kecelakaan dan Penyusunan Database Berbasis Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus Kota Denpasar). *Tesis S-2 Program Magister Program Studi Teknik Sipil, Program Pascasarjana Universitas Udayana*.
- Wells G.R. 1993. *Rekayasa Lalu Lintas*. Cetakan ke 3. Diterjemahkan oleh: Warpani. Jakarta: Bharatara.

Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang *Anadara Granosa* sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton

*Utilization of *Anadara Granosa* Shell Waste as a Substitute for Fine Aggregate for Concrete Compressive Strength Values.*

Muhammad Nur Fajar¹, Didik Setyo Purwantoro², Herlina Arifin³, Alfina Maysyurah⁴, Fajri⁵

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sorong, Jln. Pendidikan No. 27 Kota Sorong.

Email: muhammad.n.fajar53@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan akan beton yang terus meningkat dapat menyebabkan terjadinya eksploitasi yang berlebihan terhadap sumber alam sebagai material utama penyusun beton. Perlu dilakukan inovasi material lain untuk dijadikan bahan penyusun beton agar dapat mengurangi eksploitasi berlebihan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh beton dalam penggunaan Cangkang *Anadara Granosa* dan mengetahui batas persentase yang ideal dalam penggunaan Cangkang *Anadara Granosa* sebagai substitusi agregat halus dari hasil kuat tekan beton. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan penggunaan cangkang *Anadara Granosa* sebagai substitusi agregat halus dengan variasi persentase 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%. Pengaruh penggunaan Cangkang *Anadara Granosa* mengalami penurunan seiring penambahan persentase yang digunakan. Di dapatkan nilai kuat tekan beton variasi substitusi Cangkang *Anadara Granosa* pada agregat halus yaitu 2,5% (26,73 MPa), 5% (26,36 MPa), 7,5% (22,95 MPa), dan 10% (21,77 MPa). Dan batas ideal penggunaan cangkang kerang pada persentase 2% dan 5%. Penurunan ini dapat disebabkan karena pasir yang digunakan merupakan pasir dengan kategori Gradasi No. 3 (agak halus) dimana ketika pasir ditambahkan dengan cangkang kerang yang dominan agak kasar membuat terjadinya perubahan gradasi pasir menjadi gradasi agak kasar sehingga komposisi yang digunakan sudah tidak ideal untuk pasir kasar

Kata Kunci: Beton; Cangkang kerang dara; Kuat tekan

Abstract

*The increasing need for concrete can lead to excessive exploitation of natural resources as the main material for concrete. It is necessary to innovate other materials to be used as concrete constituents in order to reduce overexploitation. This study aims to determine the influence of concrete in the use of *Anadara Granosa* Shell and determine the ideal percentage limit in the use of *Anadara Granosa* Shell as a substitute for fine aggregate from concrete compressive strength results. This study used an experimental method with the use of *Anadara Granosa* shells as a substitute for fine aggregates with percentage variations of 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, and 10%. The effect of using *Anadara Granosa* Shell decreased with the addition of the percentage used, obtained the compressive strength value of concrete variations of *Anadara Granosa* Shell substitution on fine aggregates, namely 2.5% (26.73 MPa), 5% (26.36 MPa), 7.5% (22.95 MPa), and 10% (21.77 MPa). And the ideal limit of the use of clam shells at a percentage of 2% and 5%. This decrease can be caused because the sand used is sand with the category of Gradation No. 3 (rather fine) where when sand is added with a predominantly coarse shell, it makes a change in sand gradation to a rather coarse gradation so that the composition used is not ideal for coarse sand*

Keywords: Concrete; *Anadara granosa* shell; Compressive strength

PENDAHULUAN

Penggunaan beton sebagai bahan konstruksi saat ini sudah begitu meluas terutama pada bangunan-bangunan gedung bertingkat. (Azza Arena, 2018), hal ini tentu membuat eksploitasi berlebihan pada tiap-tiap material penyusun struktur beton (Fajar et al., 2023) beton pada dasarnya adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan agregat halus serta kadang-kadang ditambahkan additive (Andina Prima Putri & Ade Khairani Tobing, 2018)

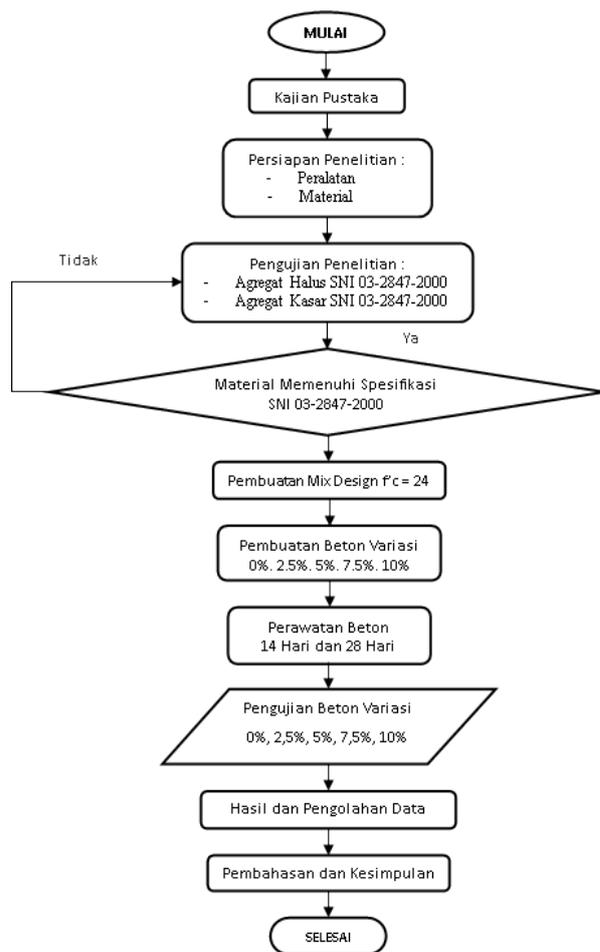
Dalam proporsi campuran beton material dengan persentase terbanyak merupakan agregat halus, agregat merupakan material yang di dapat dari alam dan bukan merupakan material yang dapat diperbarui (Refiyanni & Ikhsan, 2019), sehingga perlu dilakukan inovasi untuk mencari alternatif material lain sebagai pengganti agregat halus pada beton.

Kerang laut merupakan salah satu sumber daya laut yang melimpah di kota Sorong dikarenakan kota Sorong terletak di daerah pesisir. Selain menjadi salah satu bahan pangan untuk masyarakat lokal, limbah cangkang kerang di manfaatkan untuk dijadikan kerajinan tangan oleh masyarakat. Penggunaan kulit kerang sebagai bahan campuran beton telah banyak digunakan. Hal ini disebabkan adanya kandungan CaO yang cukup tinggi pada kulit kerang. berbagai jenis kerang seperti kerang darah, tiram, periwinkle Shells, remis, Scallop, crepidula shells, dan conk shells, dapat digunakan sebagai pengganti pasir, pengganti agregat kasar, Filler, dan sebagai pengganti semen (Rahmawati et al., 2021; Syafpoetri et al., 2018)

Menurut (Karimah et al., 2020) penggunaan serbuk yang digunakan sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30% dari berat agregat halus dengan FAS 0,6. Hasil pengujian diperoleh nilai kuat tekan beton mengalami kenaikan pada prosentase 10% dan selanjutnya kuat tekan beton menurun seiring dengan pertambahan prosentase penggunaan serbuk kulit kerang. Berbeda dengan hasil sebelumnya menurut (Afrianto Sulaiman et al., 2022) yang menggunakan kerang sebagai pengganti pasir sebesar 7%, 15% dan 20% diperoleh nilai kuat tekan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya persentase penggunaan kerang.

Berdasarkan latar belakang di atas perlu adanya percobaan lebih lanjut untuk memvalidasi hasil dari pengujian sebelum.

METODE



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode eksperimental, yaitu metode yang dilakukan dengan tujuan pengumpulan data. Berikut merupakan tahapan penelitian :

- **Persiapan**
Tahapan persiapan merupakan suatu alasan dimana segala sesuatu yang berkaitan dengan penelitian diantaranya persiapan peralatan, persiapan bahan, tempat pengujian, karakteristik bahan, penentuan Mix Design dan teknis pelaksanaan.
- **Pengujian Karakteristik Agregat**
Pengujian karakteristik agregat untuk memastikan apakah bahan yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi spesifikasi atau tidak. Pemeriksaan karakteristik agregat yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada SNI 03-2847-2000.
- **Perancangan Campuran Beton**
Perencanaan campuran (*Mix Design*) dilakukan dengan mengacu pada SNI 03-2834-2000.

Perencanaan yang dilakukan berdasarkan hasil pemeriksaan dari masing-masing bahan sebelumnya untuk merencanakan pencampuran beton.

- **Pembuatan Benda Uji**
Pencampuran semua material mulai dari agregat halus, agregat kasar, semen dan air serta ditambahkan bahan tambah jika digunakan untuk sebuah tujuan dan kemudian diaduk menggunakan mesin pencampur (mixer) hingga adukan beton menjadi homogen.
- **Perawatan Benda Uji**
Tahap perawatan benda uji dilaksanakan selama sehari sebelum uji kuat tekan dimana benda uji di angkat dari bak perendaman pada benda uji umur 14 hari dan 28 hari.
- **Pengujian Kuat Tekan**
Tahapan pengujian kuat tekkan beton ini dilakukan pada benda uji dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine* dengan kapasitas 1500 kN. Kuat tekan dapat dicari menggunakan Persamaan 1 berdasarkan SNI 1947-2011 berikut.

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots [1]$$

Dimana :

- σ : Kuat tekan (Mpa)
- A : Luas penampang benda uji (mm²)
- P : Gaya tekan (N)

Berikut set up pengujian kuat tekan menggunakan alat *Compression Testing Machine* :



Gambar 2. Set up alat pengujian kuat tekan

Cangkang kerang *Anadara Granosa*

Cangkang kerang yang digunakan adalah limbah cangkang kerang *Anadara granosa* dari rumah makan, yang selanjutnya dibersihkan, dikeringkan, dan hancurkan hingga lolos saringan no. 4 untuk selanjutnya digunakan sebagai pengganti material agregat halus pada beton. Pada penelitian ini menggunakan persentase

substitusi cangkang kerang anadara granosa sebesar 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, dan 10%. Untuk contoh material kerang yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Cangkang Kerang Yang Telah di Hancurkan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agregat Halus

Dalam pengujian karakteristik dilakukan pengujian kadar air, berat jenis, berat isi, analisa saringan, dan kadar lumpur.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Halus

No .	Jenis Pengujian	Interval	SNI	Hasil Pengamatan	Keterangan
1.	Kadar Air	2% - 5%	SNI 1981:2011	2,75%	Meme nuhi
2.	Berat Jenis				
	Berat Jenis Kering	1,6-3,3	SNI 03-1970-1990	2,32	Meme nuhi
	Berat Jenis SSD	1,6-3,3	SNI 03-1970-1990	2,33	Meme nuhi
	Berat Jenis Nyata	1,6-3,3	SNI 03-1970-1990	2,36	Meme nuhi
3.	Berat Isi				
	a. Kondisi Gembur	1,4-1,9 gr/cm ³	SNI 1973-2008	1,54 gr/cm ³	Meme nuhi
	b. Kondisi Padat	1,4-1,9 gr/cm ³	SNI 1973-2008	1,66 gr/cm ³	Meme nuhi

No	Jenis Pengujian	Interval	SNI	Hasil Pengamatan	Keterangan
4.	Analisa Saringan	Daerah 1-4	SNI 03-2847-2002	Daerah 3	Memenuhi
5.	Kadar Lumpur	Maks. 5%	SNI 03-2847-2002	0,88	Memenuhi

Berdasarkan Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa pemeriksaan karakteristik agregat halus memenuhi syarat sesuai dengan spesifikasi SNI.

Hasil Pengujian Agregat Kasar

Dalam pengujian karakteristik dilakukan pengujian kadar air, berat jenis, berat isi, analisa saringan, dan keausan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Interval	SNI	Hasil Pengamatan	Keterangan
1.	Kadar Air	0,5% - 2%	SNI 1981:2011	1,78	Memenuhi
2.	Berat Jenis				
	Berat Jenis Kering	1,6 - 3,2	SNI 1961-2016	2,24	Memenuhi
	Berat Jenis SSD	1,6 - 3,2	SNI 1961-2016	2,53	Memenuhi
	Berat Jenis Nyata	1,6 - 3,2	SNI 1961-2016	3,14	Memenuhi
3.	Berat Isi				
	Kondisi Padat	1,6 - 1,9 gr/cm ³	SNI 1973-2008	1,74 gr/cm ³	Memenuhi
	Kondisi Gembur	1,6 - 1,9 gr/cm ³	SNI 1973-2008	1,60 gr/cm ³	Memenuhi
4.	Analisa Saringan	Daerah 1-4	SNI 03-2847-2002	Daerah 2	Memenuhi
5.	Keausan	15% - 50%	SNI 2417-2008	16,41%	Memenuhi

Rancangan Campuran

Berdasarkan Tabel 2, dapat dilanjutkan menghitung berat dan volume per kubik pada beton variasi Cangkang Anadara Granosa sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. *Mix Design* Rancangan Campuran

Material	Berat/m ³ Beton (Kg)	Volume Benda Uji	Berat per 1 Sampel (Kg)
Air	205,00	0,004	0,796
Semen	400,00	0,004	1,553
Agregat Kasar	1089,90	0,004	4,230
Agregat Halus + CK 0 %	640,10	0,004	2,484
Agregat Halus + CK 2,5 %	16,00	0,004	0,062

Agregat Halus + CK 5 %	32,01	0,004	0,124
Agregat Halus + CK 7,5 %	48,01	0,004	0,186
Agregat Halus + CK 10 %	64,01	0,004	0,248

Berdasarkan Tabel 3, dengan Mix Design substitusi Cangkang Anadara Granosa yang telah ditentukan dengan pengurangan agregat halus terhadap persentase cangkang kerang sehingga dapat dilanjutkan untuk dilakukan pencampuran.

Hasil Uji Kuat Beton

Berikut rekapitulasi hasil kuat tekan pada benda uji umur 28 hari pada benda uji yang divariasikan menggunakan Cangkang Anadara Granosa dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

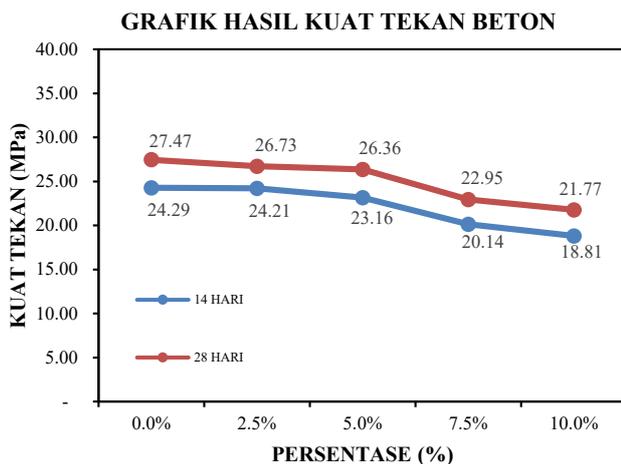
Tabel 4. Hasil Uji Kuat Tekan Rata-Rata Beton Umur 28 Hari.

Notasi	Slump Cm	Kuat Tekan Rata-Rata Umur 28 Hari MPa	Target Benda Uji MPa	Keterangan
Persentase 0%	15	27,47	24	Memenuhi
Persentase 2,5%	16	26,73	24	Memenuhi
Persentase 5%	15	26,36	24	Memenuhi
Persentase 7,5%	14	22,95	24	Tidak Memenuhi
Persentase 10%	13	21,77	24	Tidak Memenuhi

Berdasarkan Tabel 4, diatas, hasil kuat tekan rata-rata rata pada benda uji yang divariasikan belum seluruhnya memenuhi kuat tekan yang ditargetkan yakni 24 MPa.

Pengaruh Cangkang Anadara Granosa Terhadap Kuat Tekan Beton

Berdasarkan Tabel 4, dapat digambarkan grafik pengaruh beton normal terhadap substitusi cangkang anadara granosa sebagai substitusi agregat halus dengan persentase bebas 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dari total agregat halus sebagai berikut.



Gambar 3. Grafik Kuat Tekan Beton 14 Hari dan 28 Hari

Berdasarkan grafik hasil uji kuat tekan pada Gambar 1, dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan beton menurun seiring bertambahnya persentase Cangkang Anadara Granosa yang digunakan untuk mengganti agregat halus (pasir), hal ini disebabkan pasir yang digunakan merupakan pasir dengan kategori Gradasi No. 3 (agak halus) dimana ketika pasir ditambahkan dengan cangkang kerang yang dominan agak kasar membuat terjadinya perubahan gradasi pasir menjadi gradasi agak kasar sehingga komposisi yang digunakan sudah tidak ideal untuk pasir kasar. Adapun nilai kuat tekan yang diperoleh pada persentase 2,5% sebesar 27,73 MPa, 5% sebesar 26,36 MPa, 7,5% sebesar 22,95 MPa dan 10% sebesar 21,77 MPa.

Tabel 5. Penurunan Kuat Tekan Beton Variasi Pada Beton Normal

Notasi	Hasil Kuat Tekan Beton Normal (0%) MPa	Hasil Kuat Tekan Beton Variasi MPa	Selisih MPa	Penurunan %
Persentase 0%	27,47	27,47	0,00	0,00
Persentase 2,5%	27,47	26,73	0,74	2,70
Persentase 5%	27,47	26,36	1,11	4,04
Persentase 7,5%	27,47	22,95	4,52	16,44
Persentase 10%	27,47	21,77	5,70	20,75

Berdasarkan nilai kuat tekan yang diperoleh, berikut penurunan yang terjadi pada kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 5.

Dapat dijelaskan penurunan dari hasil kuat tekan pada beton normal yang memiliki nilai kuat tekan sebesar 27,47 MPa terhadap kuat tekan pada persentase cangkang sebagai substitusi agregat halus

yang digunakan yakni untuk 2,5% terdapat penurunan kekuatan sebesar 2,70%, untuk persentase 5% terdapat penurunan kekuatan sebesar 4,04%, untuk persentase 7,5% terdapat penurunan kekuatan sebesar 16,44% dan untuk persentase 10% terdapat penurunan kekuatan sebesar 20,45%. Dengan begitu untuk persentase 2,5% dan 5% masih memenuhi nilai kuat tekan beton yang ditargetkan yaitu 24 MPa, sedangkan untuk penggunaan kerang di atas 5% terjadi penurunan yang signifikan dan tidak memenuhi nilai kuat tekan beton yang ditargetkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pengaruh terhadap penggunaan Cangkang Anadara Granosa mengalami penurunan seiring penambahan persentase yang digunakan. Di dapatkan nilai kuat tekan beton variasi substitusi Cangkang *Anadara Granosa* pada agregat halus yaitu untuk 2,5% diperoleh nilai kuat tekan sebesar 26,73 MPa, untuk 5% diperoleh nilai kuat tekan sebesar 26,36 MPa, untuk 7,5% diperoleh nilai kuat tekan sebesar 22,95 MPa, dan untuk 10% diperoleh nilai kuat tekan sebesar 21,77 MPa. Penurunan ini dapat disebabkan karena pasir yang digunakan merupakan pasir dengan kategori Gradasi No. 3 (agak halus) dimana ketika pasir ditambahkan dengan cangkang kerang yang dominan agak kasar membuat terjadinya perubahan gradasi pasir menjadi gradasi agak kasar sehingga komposisi yang digunakan sudah tidak ideal untuk pasir kasar

Selain itu pada penelitian ini didapatkan batas persentase ideal penggunaan Cangkang *Anadara Granosa* sebagai substitusi agregat halus sebesar 2,5% dan 5%. Dimana pada penggunaan 2,5% dan 5% cangkang kerang mengalami penurunan yang tidak terlalu signifikan dan masih memenuhi untuk mutu beton yang ditargetkan.

REFERENSI

- Afrianto Sulaiman, Satria Agung Wibawa, & Yuyu Sriwahyuni Hamzah. 2022. Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus (Pasir) Pada Campuran Beton Untuk Mengetahui Nilai Workability dan Kuat Tekan Beton. *Rancang Bangun Teknik Sipil*, 8(3), 19–27. <http://e-journal.janabadra.ac.id/>
- Andina Prima Putri, & Ade Khairani Tobing. (2018). Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Substitusi Bahan Ramah Lingkungan. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 3(2), 105–109.

- Azza Arena. (2018). Tinjauan Kerusakan Hutan Akibat Pelaksanaan Konstruksi Beton pada Pembangunan Gedung di Pontianak Azza Arena.
- Karimah, R., Rusdianto, Y., & Susanti, D. P. 2020. Pemanfaatan Serbuk Kulit Kerang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap (Vol. 6). Halaman Artikel. <http://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/rancangbangun>
- 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>
- Fansuri, S., Diana, A. I., & Desharyanto, D. 2020. Penggunaan Campuran Serbuk Kerang Lokal Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Pembuatan Beton. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 2(1), 15-20.
- Rahmawati, N., Lakawa, I., & Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Wakatobi, D. 2021. Pengaruh Cangkang Kerang Laut Terhadap Kuat Tekan Beton. *Sultra Civil Engineering Journal (SCiEJ)*, 2(1).
- Refiyanni, M., & Ikhsan, M. 2019. Pemanfaatan Limbah Cangkang Kemiri dan Terak Tanur sebagai Pengganti Agregat Halus pada Campuran AC-WC.
- SNI 03-1970-1990. (n.d.). Berat Jenis dan Penyerapan. 1990.
- SNI 03-2834-2000. (n.d.). Standar Nasional Indonesia Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal.
- SNI 03-2847-2002. 2002. Standar Nasional Indonesia.
- SNI 2417:2008. (n.d.). Tata Cara Uji Keausan.
- SNI 2493-. 2011. SNI 2493-2011. www.bsn.go.id
- Syafpoetri, N. A., Djauhari, Z., & Olivia, M. 2018. Karakteristik Mortar Dengan Campuran Abu Kerang Lokan Dalam Rendaman NaCl. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 14(1), 63. <https://doi.org/10.25077/jrs.14.1.63-72.2018>

Implementasi Metode *House of Risk* pada Identifikasi Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Pembangunan Gedung *Research Center* UPNV Jawa Timur

Implementation of the House of Risk Method in Identifying the Factors Causing Delays in the Construction Project of the Research Center Building UPNV East Java

Qurrotus Shofiyah¹, Esa Putri Pambudi²

^{1,2}Program Studi D3 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jl. Raya Jember Kilometer 13 Labanasem, Kabat, Banyuwangi. Telp: (0333) 636780.

Email : qurrotus@poliwangi.ac.id

Abstrak

Proyek pembangunan Gedung *Research Center* UPNV Jawa Timur dilaksanakan selama 300 hari kalender jika mengikuti ketentuan dalam kontrak. Proyek dimulai sejak tanggal 4 Februari 2022 dan direncanakan selesai pada bulan Desember 2022. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang berpengaruh terhadap keterlambatan penyelesaian proyek pembangunan Gedung *Research Center* UPNV Jawa Timur. Adapun metode yang dapat digunakan pada penelitian ini yaitu metode *House Of Risk* (HOR) fase 1 yang mana metode ini mengelola risiko dengan tujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab keterlambatan proyek yang dilakukan dengan cara mengumpulkan faktor-faktornya melalui tahap wawancara secara *focus group discussion* (FGD) bersama dengan 2 responden. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dengan menggunakan metode *House of Risk* (HOR) fase 1 ditemukan sebanyak 8 kejadian keterlambatan yang menghasilkan 17 agen/penyebab keterlambatan. Faktor dominan penyebab keterlambatan didapatkan sebanyak 10 faktor. Berdasarkan nilai ADP tertinggi faktor-faktor penyebab keterlambatan yang didapatkan adalah perubahan desain oleh *owner*, keadaan tanah tidak stabil, ada proyek lain, perhitungan kebutuhan kurang tepat, kesalahan dalam penyelidikan tanah, keterlambatan pengiriman material, kualitas peralatan buruk, *human error*, kesalahan *schedule material*, dan kesalahan *schedule* peralatan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebab utama terjadinya keterlambatan disebabkan oleh pihak *owner*, namun mayoritas penyebab lainnya disebabkan oleh pihak kontraktor.

Kata Kunci: *House of Risk*; Kejadian; Keterlambatan; Penyebab

Abstract

The construction project of the *Research Center* building at UPNV East Java was scheduled to be completed within 300 calendar days according to the terms of the contract. The project commenced on February 4, 2022, with an intended completion date in December 2022. This research aims to identify the factors contributing to the delay in the completion of the *Research Center* building project at UPNV East Java. The method utilized in this study is the *House Of Risk* (HOR) phase 1 method, which manages risks to identify the factors causing project delays by gathering these factors through focus group discussions (FGD) involving 2 respondents. Based on the research conducted using the *House of Risk* (HOR) phase 1 method, 8 delay events resulting in 17 agents/causes of delay were identified. The dominant factors causing delays were found to be 10 in number. Based on the highest ADP value, the factors causing delays included design changes by the owner, unstable soil conditions, concurrent projects, inaccurate needs assessment, errors in soil investigation, delayed material delivery, poor equipment quality, human error, material scheduling errors, and equipment scheduling errors. Thus, it can be concluded that the primary cause of delay lies with the owner, while the majority of other causes are attributable to the contractor.

Keywords: Causes; Delays; House of risk; Incidents

PENDAHULUAN

Dalam perencanaan kerja seringkali timbul masalah-masalah yang dapat menghambat aktivitas penyelesaian suatu proyek seperti halnya kurangnya sumber daya, alokasi sumber daya yang kurang tepat, keterlambatan pelaksanaan proyek, dan masalah masalah lainnya yang diluar jadwal rencana kerja (Saputra, 2017). Pada proyek pembangunan Gedung Research Center UPNV Jawa Timur yang direncanakan dengan bangunan gedung 7 lantai namun mengalami keterlambatan. Pembangunan Gedung *Research Center* UPNV Jawa Timur ini dimulai sejak tanggal 4 Februari 2022 dan direncanakan selesai pada bulan Desember 2022. Namun proyek tersebut mengalami keterlambatan sehingga proyek tersebut baru terselesaikan pada bulan Maret 2023. Pada proyek pembangunan Gedung *Research Center* UPNV Jawa Timur yang mana proyek tersebut mengalami permasalahan dengan perubahan desain dan lokasi proyek berada di tanah rawa serta belum dilakukan pengujian sondir sehingga pihak kontraktor mengajukan addendum waktu dengan rencana pertama pada 31 November progress 100% menjadi 31 Desember progress 100% namun terealisasi hanya 85%. Dengan adanya keterlambatan tersebut kontraktor diharuskan membayar denda sebesar 1% dari sisa kontrak per harinya.

Berdasarkan latar belakang penelitian didapat rumusan masalah yaitu faktor-faktor apa saja yang berpengaruh terhadap keterlambatan penyelesaian proyek pembangunan Gedung *Research Center* UPNV Jawa Timur dengan metode *house of risk*. Dengan tujuan penelitian untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang berpengaruh terhadap keterlambatan penyelesaian proyek pembangunan Gedung *Research Center* UPNV Jawa Timur dengan metode *house of risk*. Hasil identifikasi faktor penyebab keterlambatan pada penelitian ini diharapkan agar dapat dimanfaatkan untuk membantu dalam proses manajemen proyek selanjutnya yang sejenis dengan proyek pembangunan Gedung *Research Center* UPNV Jawa Timur sehingga keterlambatan proyek bisa

dikurangi. Untuk mengidentifikasi penyebab keterlambatan, penelitian ini akan menggunakan metode *house of risk*.

Keterlambatan Proyek

Keterlambatan adalah sebuah kondisi yang tidak dikehendaki, karena akan sangat merugikan kedua belah pihak dari segi waktu dan biaya (Proboyo, 2019). Suatu proyek mungkin terjadi peningkatan waktu ataupun kemunduran waktu penyelesaian proyek. Ada beberapa penyebab keterlambatan (Aditya., 2022), sebagai berikut:

1. *Excusable compensable delay* merupakan keterlambatan yang disebabkan oleh tindakan kelalaian atau kesalahan pemilik proyek (*owner*).
2. *Non-excusable delay* merupakan keterlambatan yang disebabkan oleh tindakan kelalaian kontraktor.
3. *Excusable non-compensable delay* merupakan keterlambatan yang disebabkan oleh kejadian-kejadian diluar kendali dari pihak pemilik maupun kontraktor.

Dampak Keterlambatan Proyek

Adapun dampak keterlambatan bagi pihak *owner*, konsultan, dan kontraktor sebagai berikut:

1. Pihak *owner*
Dampak keterlambatan bagi owner adalah hilangnya kesempatan untuk menggunakan atau memanfaatkan bangunan sesuai waktu yang direncanakan. Kesempatan tersebut seperti menerima pendapatan dari sewa bangunan atau fungsi lainnya (Wijayanto, 2014)
2. Pihak konsultan
Dampak keterlambatan bagi konsultan adalah mengalami kerugian waktu, yang seharusnya dapat dimanfaatkan untuk mengerjakan proyek lainnya, namun harus tertunda karena adanya keterlambatan penyelesaian (Intan, 2020).
3. Pihak kontraktor
Dampak keterlambatan bagi kontraktor adalah pembengkakan biaya, dan pemborosan waktu (Winoto, dkk., 2023).

Metode *House of Risk* Fase 1

House of Risk adalah metode terbaru dalam menganalisis risiko (Magdalena, 2019). Metode *House of Risk* adalah metode untuk mengelola risiko secara proaktif yang berfokus pada tindakan pencegahan, dimana agen risiko yang teridentifikasi sebagai penyebab kejadian risiko dapat dikelola dengan langkah proaktif yang efektif untuk dapat mengurangi kemungkinan terjadinya agen risiko, sehingga kejadian risiko dapat dikurangi atau dicegah. Langkah proaktif tersebut dilakukan sesuai dengan urutan besarnya dampak yang mungkin ditimbulkan (Saputra, 2017).

Model dengan dua penyebaran ini disebut *House of Risk* (HOR) yang merupakan modifikasi dari model *House of Quality* (HOQ) sebagai berikut:

1. HOR 1 digunakan untuk menentukan tingkat prioritas agen risiko yang harus diberikan sebagai prioritas agen risiko yang harus diberikan sebagai tindakan pencegahan
2. HOR 2 adalah prioritas dalam pengambilan tindakan yang dianggap efektif.

HOR fase 1 merupakan tahap awal dalam metode house of risk, HOR fase 1 ini merupakan tahap identifikasi risiko dimana pada fase ini untuk menentukan sumber risiko prioritas untuk tindakan pencegahan. Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam HOR fase 1 ini yaitu mengidentifikasi risiko dan melakukan penilaian risiko seperti penilaian tingkat keparahan (*severity*), penilaian tingkat frekuensi kemunculan (*occurrence*), penilaian korelasi (*correlation*) dan perhitungan nilai aggregate risk potential (ARP) (Ridwan et al., 2020). Tujuan dari HOR fase 1 ini untuk mencari nilai ARP (*Aggregate Risk Potential*) sehingga diketahui penyebab keterlambatan yang dilanjut dengan penggunaan prinsip pareto 80:20 untuk mendapatkan faktor dominan penyebab keterlambatan.

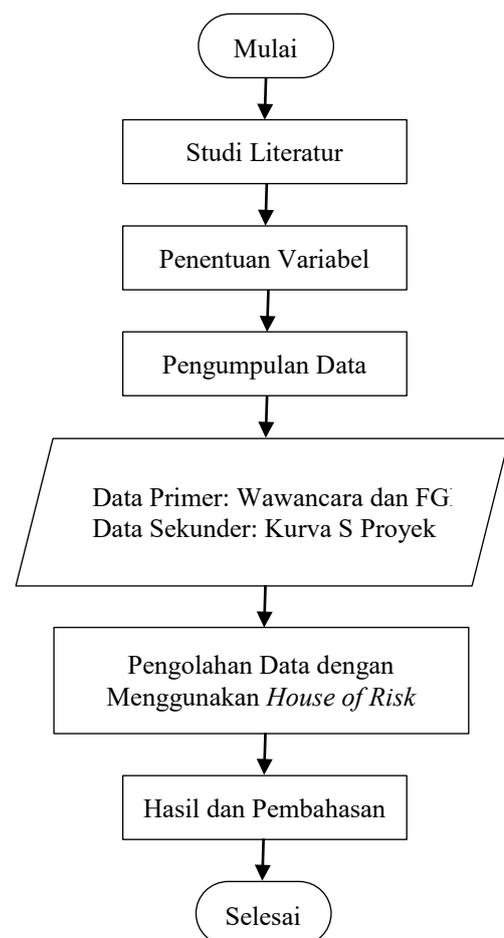
METODE

Flowchart atau diagram alir pada metode penelitian ini menjelaskan tentang alur penyelesaian suatu permasalahan berdasarkan data yang diperoleh hingga mendapatkan hasil

penelitian sesuai dengan yang diharapkan. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 1 berikut.

Tahap-tahap dari diagram alir akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi Literatur
Studi literatur dapat dilakukan dengan mencari informasi yang sesuai dengan topik bahasan yang diteliti pada artikel-artikel yang terdapat pada jurnal.
2. Pengumpulan Variabel
Mengumpulkan variabel-variabel berupa risiko-risiko yang mungkin terjadi pada saat proses pelaksanaan konstruksi yang terdiri dari penyebab terjadinya risiko. Pengumpulan variabel didapat dari penelitian terdahulu dengan sumber penelitian yang sejenis (proyek konstruksi gedung).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. Pengumpulan Data
Data yang dikumpulkan berupa data primer

dengan cara wawancara dengan setiap responden. Wawancara dilaksanakan dengan *focus group discussion* (FGD). Pada proses FGD narasumber menyampaikan argumen terhadap pertanyaan yang diberikan pewawancara yang mana pertanyaan tersebut diberikan terlebih dahulu agar narasumber mengetahui pokok bahasan dan dapat mempersiapkan jawaban yang akan diberikan untuk mempermudah jalannya diskusi.

4. Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data dilakukannya identifikasi kejadian risiko, penilaian tingkat keparahan, identifikasi agen faktor keterlambatan, penilaian kemungkinan munculnya agen, mengembangkan matriks keterkaitan, menghitung agen potensial keterlambatan, perangkingan agen faktor keterlambatan. Berikut merupakan penjelasan pada tiap tahapan pengolahan data:

a. Identifikasi *Risk Event*

Identifikasi *risk event* yang terjadi dalam proyek pembangunan Gedung *Research Center* UPNV Jawa Timur.

b. Identifikasi Besarnya Dampak Keparahan

Identifikasi besarnya dampak keparahan (*severity*) jika *risk event* tersebut terjadi. Gunakan skala 1 hingga 5 untuk menilai dampak tersebut, yang mana 5 menggambarkan dampak keparahan sangat sulit

c. Identifikasi *Risk Agent*

Identifikasi *risk agent* dan lakukan penilaian terhadap probabilitas terjadinya (*occurrence*) setiap *risk agent*

d. Penilaian Probabilitas Kejadian Setiap *Risk Agent*

Gunakan skala 1 hingga 6, yang mana 1 berarti hampir tidak pernah terjadi dan 6 adalah hampir pasti terjadi.

e. Tentukan Matriks Korelasi

Tentukan matriks korelasi antar masing-masing agen risiko dan kejadian setiap risiko, gunakan skala 0, 1, 3, 9, dimana 0 mewakili tidak ada korelasi, 1 menyatakan korelasi rendah,

3 berarti sedang, dan 9 korelasi tinggi

f. Hitung Agen Potensial Keterlambatan Agregat
Hitung nilai *Aggregate Risk Potential agent J* (ARP_j) menggunakan Persamaan 1.

$$ADP_j = O_j \sum_i S_i R_{ij} \quad (1)$$

g. Merangking *Risk Agent*

Merangking agen risiko sesuai dengan nilai ADP, diurutkan mulai dengan nilai terbesar ke nilai yang terendah. Kemudian diterapkannya prinsip pareto 80:20 menggunakan Persamaan 2 untuk mendapatkan hasil 80% penyebab risiko.

$$Pareto = \frac{ADP_j}{Total\ ADP} \times 100\% \quad (2)$$

5. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari pengolahan data yang dilakukan kemudian dilakukan pembahasan secara mendalam dan detail.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan metode *House Of Risk* fase 1 yang mana metode pengumpulan data yaitu dengan wawancara sistem *focus group discussion* dengan 2 responden. Responden yang dimaksud yaitu *project manager* dan *site manager* yang dianggap memberikan penilaian selayaknya *expert judgment* (penilaian ahli).

Identifikasi *Risk Event*

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari hasil wawancara dengan *project manager* dan *site manager* sebagai responden penelitian dengan pertanyaan “Apa saja faktor -faktor penyebab keterlambatan pada proyek Pembangunan Gedung *Research Center* UPNV Jawa Timur?” yang ditunjukkan dalam tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Identifikasi *Risk Event*

No	<i>Delay Event</i>	Kode
1	Faktor dari tenaga kerja	E1
2	Faktor dari material	E2
3	Faktor dari karakteristik tempat	E3
4	Faktor dari peralatan	E4
5	Faktor dari keuangan	E5
6	Faktor dari desain	E6

7	Faktor dari kejadian alam	E7
8	Faktor dari perencanaan	E8

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa pada proyek pembangunan Gedung *Research Center* UPNV Jawa Timur terdapat 8 *delay event*.

Identifikasi Besarnya Dampak Keparahan

Dari data *delay event* keterlambatan proyek pembangunan Gedung *Research Center* UPNV Jawa Timur yang diidentifikasi dalam wawancara dilanjut penilaian dengan nilai yang digunakan untuk menentukan dampak keparahan atau *severity* yang dapat dilihat pada tabel 2. Berikut penilaian faktor keparahan:

- 5 = Berdampak sangat serius dan menyebabkan kegagalan proyek
- 4 = Berdampak serius pada penyelesaian proyek
- 3 = Berdampak sedang terhadap penyelesaian proyek
- 2 = Berdampak sedikit pada penyelesaian proyek
- 1 = Dampak terhadap sasaran waktu penyelesaian dapat diabaikan

Tabel 2. Penilaian Besarnya Dampak Keparahan

No	Kode	Delay Event	Penilaian
1	E1	Faktor dari tenaga kerja	3
2	E2	Faktor dari material	4
3	E3	Faktor dari karakteristik tempat	4
4	E4	Faktor dari peralatan	4
5	E5	Faktor dari keuangan	5
6	E6	Faktor dari desain	4
7	E7	Faktor dari kejadian alam	3
8	E8	Faktor dari perencanaan	4

Nilai dampak yang terdapat pada tabel 2 merupakan nilai *severity of delay event* (Si) yang akan digunakan dalam perhitungan *Aggregate Delay Potential* (ADP), yaitu untuk menentukan agen/penyebab keterlambatan yang paling berpengaruh berdasarkan perhitungan.

Identifikasi Risk Agent

Setelah dilakukannya identifikasi *risk event* dan penilaian *severity* maka dilanjutkan dengan identifikasi *risk agent* dari wawancara

responden dengan pertanyaan “Apa penyebab munculnya faktor keterlambatan tersebut?” yang dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Identifikasi Risk Agent

No	Delay Agent	Kode
1	Kurangnya keahlian tenaga kerja	A1
2	Tidak adanya standar pemilihan tenaga kerja	A2
3	Keterlambatan pengiriman	A3
4	Ketidaktepatan waktu pemesanan	A4
5	Keadaan tanah tidak stabil	A5
6	Ketersediaan peralatan yang tidak lengkap	A6
7	Peralatan tidak sesuai	A7
8	Kualitas peralatan buruk	A8
9	Keterlambatan pengiriman peralatan	A9
10	Ada project lain	A10
11	Perubahan desain oleh owner	A11
12	Cuaca yang berubah-ubah	A12
13	Perhitungan Kebutuhan kurang tepat	A13
14	Kesalahan schedule material	A14
15	Kesalahan schedule peralatan	A15
16	Human error	A16
17	Kesalahan dalam penyelidikan tanah	A17

Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa pada proyek pembangunan Gedung *Research Center* UPNV Jawa Timur terdapat 17 *delay agent*. Dari data tersebut akan dilanjutkan pada tahap penilaian kejadian setiap *risk agent*.

Penilaian Probabilitas Kejadian Setiap Risk Agent

Dari data *risk agent* keterlambatan proyek pembangunan Gedung *Research Center* UPNV Jawa Timur yang diidentifikasi dalam wawancara dilanjut penilaian dengan nilai yang digunakan untuk menentukan probabilitas kejadian setiap *risk agent* yang dapat dilihat pada tabel 4. Berikut penilaian probabilitas kejadian setiap *risk agent*:

- 6 = Probabilitas pasti terjadi dan menyebabkan kegagalan proyek
- 5 = Probabilitas kejadian sangat tinggi sehingga sangat sering terjadi pada proyek
- 4 = Probabilitas kejadian tinggi 75%
- 3 = Probabilitas kejadian sedang 50%
- 2 = Probabilitas kejadian rendah 25%
- 1 = Probabilitas kejadian yang hampir tidak terjadi

Tabel 4. Penilaian Probabilitas Setiap Risk Agent

No	Kode	Delay Agent	Penilaian
1	A1	Kurangnya keahlian tenaga kerja	3

2	A2	Tidak adanya standar pemilihan tenaga kerja	2
3	A3	Keterlambatan pengiriman	3
4	A4	Ketidaktepatan waktu pemesanan	3
5	A5	Keadaan tanah tidak stabil	4
6	A6	Ketersediaan peralatan yang tidak lengkap	3
7	A7	Peralatan tidak sesuai	2
8	A8	Kualitas peralatan buruk	3
9	A9	Keterlambatan pengiriman peralatan	3
10	A10	Ada project lain	4
11	A11	Perubahan desain oleh owner	5
12	A12	Cuaca yang berubah-ubah	3
13	A13	Perhitungan Kebutuhan kurang tepat	4
14	A14	Kesalahan schedule material	4
15	A15	Kesalahan schedule peralatan	4
16	A16	Human error	3
17	A17	Kesalahan dalam penyelidikan tanah	4

Nilai probabilitas yang terdapat pada tabel 4 merupakan nilai *Occurrence* (O_j) yang akan digunakan dalam perhitungan *Aggregate Delay Potential* (ADP), yaitu untuk menentukan agen/penyebab keterlambatan yang paling berpengaruh berdasarkan perhitungan.

Penentuan Matriks Korelasi

Dari data *delay event* dan *delay agent* keterlambatan proyek pembangunan Gedung *Research Center* UPNV Jawa Timur yang diidentifikasi dalam wawancara dilanjut penilaian matriks korelasi dengan nilai yang digunakan untuk menentukan matriks korelasi yang dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

Nilai matriks korelasi yang terdapat pada tabel 5 merupakan nilai relasi relasi *delay event* dengan *delay agent* (R_{ij}) yang akan digunakan dalam perhitungan *Aggregate Delay Potential* (ADP), yaitu untuk menentukan agen/penyebab keterlambatan yang paling berpengaruh berdasarkan perhitungan.

Tabel 5. Penilaian Matriks Korelasi

No	Delay Event (E_i)	Delay Agent (A_j)																
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
1	E1	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2	E2	0	0	9	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
3	E3	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	E4	0	0	0	0	0	3	9	9	3	0	0	0	0	0	3	1	0
5	E5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
6	E6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	3	0
7	E7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0
8	E8	0	0	0	0	3	1	0	0	3	0	9	0	9	3	3	3	9

Perhitungan Agen Potensial Keterlambatan Agregat (ADP)

Perhitungan nilai ADP ini dapat dilihat

pada Tabel 6 berikut. Nilai ADP ini diperoleh dari penjumlahan hasil perkalian tingkat *severity* dengan relasi dikalikan tingkat *occurrence* sesuai dengan persamaan 1.

Tabel 6. Hasil Perhitungan ADP

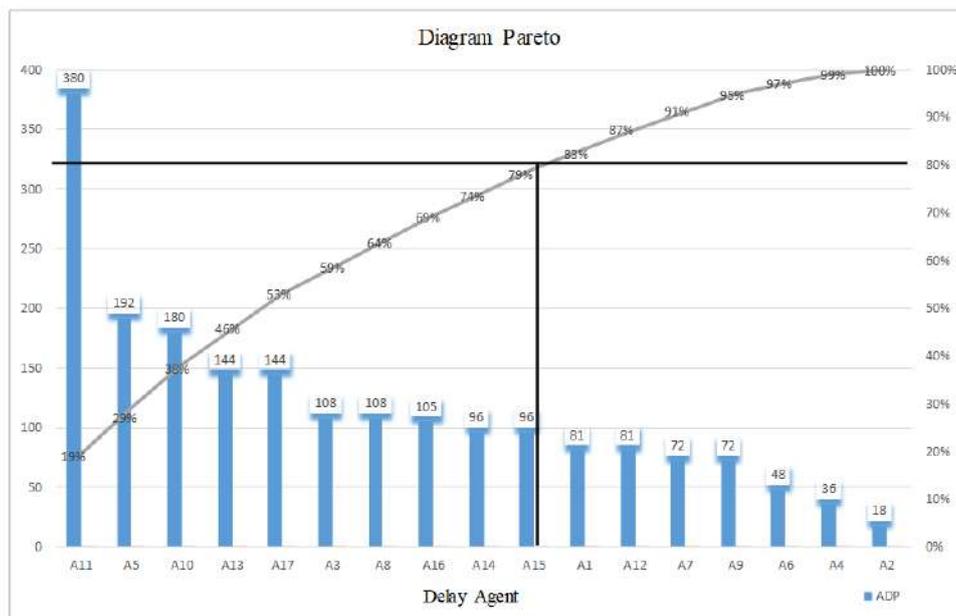
No	Delay Event (E_i)	Delay Agent (A_j)																	Severity of Delay Event (S_i)
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	
1	E1	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3
2	E2	0	0	9	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	4
3	E3	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
4	E4	0	0	0	0	0	3	9	9	3	0	0	0	0	0	3	1	0	4
5	E5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	5
6	E6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	3	0	4
7	E7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	3
8	E8	0	0	0	0	3	1	0	0	3	0	9	0	9	3	3	3	9	4

Oj	3	2	3	3	4	3	2	3	3	4	5	3	4	4	4	3	4	Total ADP _j
ADP _j	81	18	108	36	192	48	72	108	72	180	380	81	144	96	96	105	144	1961
Rank j	11	17	6	16	2	15	13	7	14	3	1	12	4	9	10	8	5	

Dari hasil perhitungan ADP yang terdapat pada tabel 6, maka dilanjutkan dengan penggunaan prinsip pareto guna mengetahui faktor dominan penyebab keterlambatan berdasarkan nilai ADP.

Perangkingan Risk Agent

Dari hasil HOR1 didapat nilai ADP dan peringkatnya tertinggi hingga terendah dan kemudian dilanjut dengan diagram pareto 20:80 untuk mengetahui 80% nilai tertinggi atau faktor dominan penyebab keterlambatan proyek. Hasil penempatan diagram pareto ditunjukkan pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Diagram Pareto Delay Agent

Berdasarkan prinsip pareto 80:20 yang artinya 80% keterlambatan timbul dari 20% penundaan yang mana akhirnya diambil 80% penyebab risiko dengan ADP tertinggi. Maka dari gambar 2 dapat disimpulkan bahwa faktor dominan penyebab keterlambatan proyek pembangunan Gedung *Research Center* UPNV Jawa Timur sebanyak 10 *delay agent* yang terdiri dari A11, A5, A10, A13, A17, A3, A8, A16, A14, dan A15.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang sudah dilakukan dengan menggunakan metode *House of Risk* mendapatkan hasil 8 kejadian keterlambatan yang menghasilkan 17 agen/penyebab keterlambatan. Dari 17

agen/penyebab keterlambatan didapatkan 10 faktor penyebab keterlambatan yang paling dominan. Berdasarkan urutan nilai ADP dari yang paling besar faktor-faktor tersebut adalah perubahan desain oleh *owner* (A11), keadaan tanah tidak stabil (A5), ada *project* lain (A10), perhitungan kebutuhan kurang tepat (A13), kesalahan dalam penyelidikan tanah (A17), keterlambatan pengiriman material (A3), kualitas peralatan buruk (A8), *human error* (A16), kesalahan *schedule* material (A14), dan kesalahan *schedule* peralatan (A15). Dapat disimpulkan bahwa penyebab utama terjadinya keterlambatan pada Proyek pembangunan Gedung *Research Center* UPNV Jawa Timur ditemukan pada pihak *owner*, yaitu dikarenakan adanya perubahan desain oleh *owner*. Namun

selain itu, penyebab lainnya ditemukan pada pihak kontraktor seperti kontraktor yang melaksanakan *project* lain, perhitungan kebutuhan yang kurang tepat, kesalahan dalam penyelidikan tanah, kualitas peralatan yang buruk, *human error*, kesalahan penjadwalan material, dan kesalahan penjadwalan penggunaan peralatan. Faktor lain yang ditemukan di luar pihak *owner* dan kontraktor, yaitu keadaan tanah yang tidak stabil serta keterlambatan pengiriman material oleh *supplier*.

REFERENSI

- Aditya, B. 2022. Analisis Penyebab Keterlambatan Pekerjaan Fisik Pada Bidang Cipta Karya Dinas Puprp Kabupaten Tanah Datar Tahun 2021. Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat
- Intan, S., Sapulette, W., & Soukotta, R. C. 2020. Analisa Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi di Kota Ambon: Klasifikasi dan Perangkat dari Penyebab-Penyebabnya. *Jurnal Manumata*, 6(1): 19-23.
- Kamaruzzaman, F. 2012. Studi Keterlambatan Penyelesaian Proyek Konstruksi (Study of Delay in The Completion Of Construction Projects). *Jurnal Teknik Sipil Untan*, 12(2): 175–190.
- Magdalena, R. 2019. Analisis Risiko Supply Chain Dengan Model House of Risk (Hor) Pada PT Tatalogam Lestari. *Jurnal Teknik Industri*, 14(2): 53–62.
- Prasetyono, P. N., & Dani, H. 2022. Identifikasi Risiko pada Pekerjaan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung sebagai Tempat Tinggal. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(1), 42-47.
- Proboyo, B. 2019. Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek : Klasifikasi Dan Peringkat Dari Penyebab-Penyebabnya. *Dimensi Teknik Sipil*, 1(1): 49–58.
- Ridwan, A., Ferdinant, P. F., & Ekasari, W. 2020. Perancangan Mitigasi Risiko Rantai Pasok Produk Pallet Dan Dunnage Menggunakan Metode House Of Risk. *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 16(1): 35-44.
- Rita, E., Carlo, N., & Nandi .2021. Penyebab dan Dampak Keterlambatan Pekerjaan Jalan di Sumatera Barat Indonesia. *Jurnal Rekayasa*, 11(1): 27-37.
- Saputra, R. Y. 2017. Analisa Faktor Penyebab Keterlambatan Penyelesaian Proyek Pembangunan Mall ABC. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wijayanto, A., T. 2014. Analisis Perbandingan Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek Konstruksi di Provinsi Jateng dan DIY. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Winoto, M. C., Guwinarto, K., & Limanto, S. 2023. Faktor Penyebab dan Dampak Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Konstruksi Menurut Kontraktor Terhadap Indikator Performa Proyek. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*. 12(1): 56-63.

Manajemen Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pembangunan Gedung Perpustakaan UIN Sayyid Ali Rahmatullah Tulungagung

Occupational Safety and Health Risk Management of The Construction of The Library Building at Sayyid Ali Rahmatullah State Islamic University in Tulungagung

Muhammad Rijal Khorri Atmaja¹, Sony Susanto², Fitri Rahmawaty³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kadiri.
Jl. Selomangleng No 1. Kota Kediri – Jawa Timur Telp: (0354) 773032

Email : rijalatmaja31@gmail.com

Abstrak

Fokus manajemen proyek adalah memastikan proyek berjalan sesuai dengan jadwal dan anggaran yang telah direncanakan. Kurangnya manajemen yang efektif dalam mengelola risiko kecelakaan kerja, kurangnya komitmen perusahaan terhadap keselamatan dan kesejahteraan pekerja, serta budaya lingkungan kerja yang tidak aman merupakan penyebab utama kecelakaan kerja. Gedung perpustakaan UIN Sayyid Ali Rahmatullah Tulungagung dianggap memiliki risiko tinggi terkait kecelakaan kerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi risiko K3 serta mengidentifikasi praktik pengelolaan risiko K3 selama pembangunan gedung tersebut. Dalam penelitian ini, terdapat 40 responden yang menjadi sampel. Data dikumpulkan melalui penggunaan kuesioner. Metode yang digunakan melibatkan penggunaan matriks risiko yang bersumber dari AS/NZS 4360:2004. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor risiko kategori tinggi adalah kinerja buruk, dengan nilai sebesar 0,812. Untuk menangani risiko yang muncul selama pembangunan gedung, diperlukan koordinasi antara penanggung jawab, pertemuan berkala, penyampaian informasi yang relevan, pelatihan bagi pekerja, serta pemantauan langsung terhadap pekerja lapangan

Kata Kunci: Alat pelindung diri; Kecelakaan kerja; Keselamatan dan kesehatan kerja; Manajemen risiko

Abstract

The focus of project management is to ensure the project runs according to the planned schedule and budget. Lack of effective management in managing occupational accident risks, lack of company commitment to worker safety and welfare, and unsafe work environment culture are the main causes of occupational accidents. The UIN Sayyid Ali Rahmatullah Tulungagung library building is considered to have a high risk of work-related accidents. This study aims to evaluate OHS risks and identify OHS risk management practices during the construction of the building. In this study, 40 respondents were sampled. Data was collected through the use of a questionnaire. The method used involved the use of a risk matrix sourced from AS/NZS 4360:2004. The results showed that the high category risk factor was poor performance, with a value of 0.812. To address the risks that arise during building construction, coordination between responsible persons, periodic meetings, delivery of relevant information, training for workers, and direct monitoring of field workers are required.

Keywords: Safety equipment; Work accidents; Occupational safety and health; Risk management.

PENDAHULUAN

Proyek konstruksi berkaitan dengan pembangunan bangunan yang harus diselesaikan dalam waktu tertentu untuk mencapai tujuan tertentu. Kinerja karyawan sangat penting dalam menyelesaikan proyek konstruksi dengan baik. Pelaksanaan pekerjaan yang baik akan memberikan dampak positif bagi perusahaan, sementara kinerja yang buruk dapat menyebabkan kemunduran. Kinerja karyawan menjadi aspek penting dalam kesuksesan sebuah perusahaan, karena hal ini menentukan apakah perusahaan akan maju atau mundur. Jika karyawan kurang produktif, ini dapat mengakibatkan penurunan kinerja perusahaan. Sebaliknya, jika karyawan rajin, inovatif, dan memenuhi tanggung jawab mereka, ini akan menghasilkan kemajuan positif bagi perusahaan (Afief,dkk, 2016)

Konstruksi bangunan gedung merupakan sebuah hasil fisik dari pekerjaan konstruksi yang terintegrasi dengan lokasinya, yang berfungsi sebagai tempat untuk berbagai aktivitas manusia, seperti tempat tinggal, pendidikan, pekerjaan, kegiatan keagamaan, dan usaha. Adapun faktor yang memengaruhi konstruksi termasuk efektivitas kerja, otoritas atau wewenang, inisiatif pekerja, serta disiplin yang mencakup kepatuhan terhadap aturan perusahaan, dan standar kerja yang diterapkan. Selain itu, fasilitas pendukung, sarana, dan prasarana juga sangat penting, termasuk kesehatan dan keselamatan kerja, untuk menciptakan kinerja yang optimal.

Dalam sebuah proyek konstruksi pasti memiliki suatu resiko. Resiko merujuk pada potensi dampak negatif atau kerugian, seperti cedera, kebakaran, dan sebagainya. Sedangkan Kesehatan Kerja berkaitan dengan usaha untuk mencegah dan mengendalikan bahaya-bahaya yang terkait dengan pekerjaan. (Rizki, dkk, 2014)

Pembangunan ini merupakan termasuk bangunan cukup berisiko dalam hal kecelakaan kerja. Saat ini UIN Sayyid Ali Rahmatullah Tulungagung melakukan pembangunan infrastruktur yang cukup banyak, salah satunya adalah pembangunan gedung perpustakaan UIN Sayyid Ali Rahmatullah Tulungagung. Dalam proyek konstruksi, baik yang dikelola oleh sektor swasta maupun pemerintahan, risiko selalu menjadi bagian dari setiap tahap pekerjaan. Ini terutama terkait dengan kontrak konstruksi yang melibatkan berbagai pihak. (Anthony,2019). Oleh karena itu, penting untuk melakukan kajian manajemen risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada proyek konstruksi. Tujuan penelitian ini

adalah untuk mengetahui kemungkinan faktor risiko dan menilai risiko yang terkait dengannya, serta mengembangkan langkah-langkah pengendalian untuk mengurangi risiko K3. Resiko terbesar dalam proyek konstruksi adalah kecelakaan kerja. Kecelakaan-kecelakaan ini biasanya disebabkan oleh kurangnya manajemen yang efektif dalam mengatasi risiko bahaya kerja, kurangnya komitmen perusahaan terhadap keselamatan dan kesejahteraan pekerja, serta kurangnya budaya keselamatan kerja yang kuat. Yang paling penting dari sistem manajemen keselamatan dan Kesehatan kerja adalah Identifikasi bahaya, penilaian risiko dan manajemen risiko atau disebut HIRARC.

TINJAUAN PUSTAKA

Manajemen Risiko

Manajemen risiko adalah hasil akumulasi kemungkinan-kemungkinan yang tidak pasti yang dapat mempengaruhi tujuan proyek. Manajemen risiko proyek menggabungkan keterampilan dan ilmu pengetahuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan merespons risiko selama siklus hidup proyek, dengan fokus pada pencapaian tujuan proyek secara optimal (Salain, 2019). Secara umum, manajemen risiko didefinisikan sebagai pendekatan terstruktur untuk mengelola ketidakpastian yang terkait dengan bahaya. Dalam konteks ini, manajemen risiko juga menggunakan metode dan teknik yang membantu manajer proyek secara efektif mengelola berbagai kemungkinan dan konsekuensi risiko. Manajemen proyek dapat didefinisikan sebagai penerapan manajemen risiko pada proyek di mana risiko diidentifikasi, dianalisis, dan ditanggapi selama siklus hidup proyek dengan tujuan untuk memastikan bahwa tujuan proyek tercapai.

Alat Pelindung Diri

Peralatan standar keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada proyek konstruksi merupakan hal yang penting untuk melindungi pekerja dari kecelakaan yang mungkin terjadi selama proses konstruksi. Karena pentingnya K3, maka seluruh kontraktor mempunyai kewajiban untuk menyediakan alat dan alat pelindung diri yang sesuai kepada pekerja (Shofiana, 2015). Menentukan APD yang dibutuhkan untuk setiap pekerjaan, kondisi penggunaan APD dan perencanaan yang tepat merupakan langkah penting untuk menjamin keselamatan pekerja. Selain itu, disiplin dalam pelatihan dan

pengawasan terus-menerus diperlukan untuk menjaga standar K3 selama pelaksanaan proyek.

Kecelakaan Kerja

Definisi dari kecelakaan kerja adalah segala peristiwa yang tidak diinginkan dan kejadiannya tidak ada yang tau yang bisa mengakibatkan beberapa kerugian.

Jadi, kecelakaan kerja merupakan suatu peristiwa yang terjadi secara tidak disengaja yang mengakibatkan cedera atau luka secara fisik atau mental yang disebabkan oleh manusia, peralatan, material ataupun alam dan dapat mengalami kerugian secara pribadi maupun umum.

Pengendali Risiko K3

Langkah penting dalam menetapkan keseluruhan manajemen risiko adalah pengendalian risiko. Pengendalian risiko memiliki peran penting dalam mengurangi tingkat risiko dari tingkat tertinggi hingga tingkat terendah atau pada tingkat yang dapat diterima. Berikut Hierarki pengendalian risiko :



Gambar 1. Hierarki pengendalian risiko K3

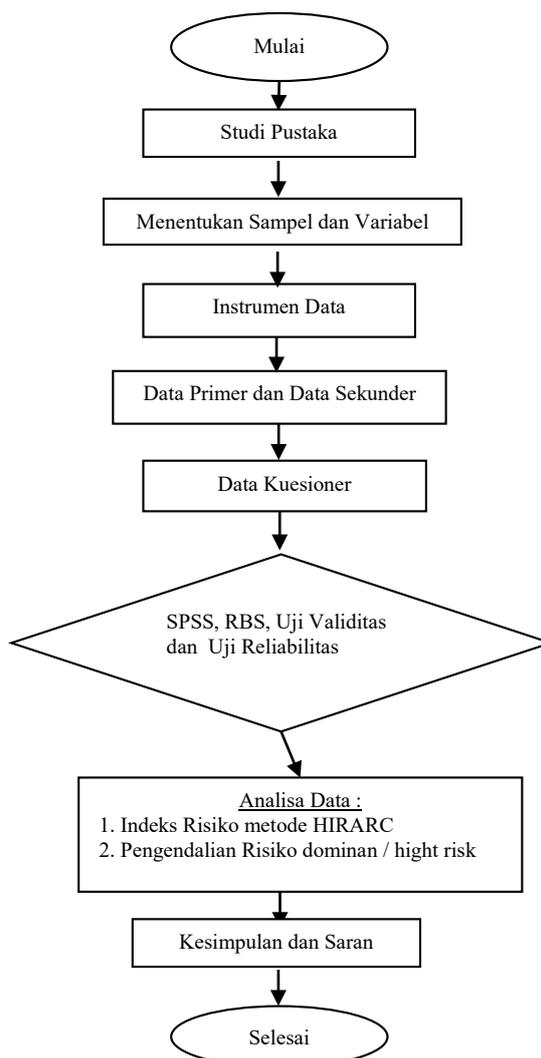
Berikut penjelasan tahapan-tahapan pengendalian risiko :

- **HIRARC**
HIRARC (*Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control*) merupakan serangkaian proses mengidentifikasi bahaya yang dapat terjadi dalam aktifitas rutin ataupun non rutin diperusahaan, kemudian melakukan penilaian risiko dari bahaya tersebut lalu membuat program pengendalian bahaya tersebut agar dapat diminimalisir tingkat risikonya ke yang lebih rendah dengan tujuan mencegah terjadi kecelakaan (Soputan, dkk,2014)

METODE

Berikut adalah urutan langkah-langkah yang akan dijelaskan dalam diagram alir :

- Eliminasi: Pengendalian yang dilakukan dengan menghilangkan sumber bahaya secara langsung.
- Substitusi: Mengurangi risiko dari bahaya dengan mengganti proses, bahan, atau alat dengan yang lebih aman
- Engineering: Mengurangi risiko dari bahaya dengan menerapkan teknik rekayasa pada alat, mesin, infrastruktur, dan lingkungan kerja untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan.
- Administratif: Mengurangi risiko bahaya dengan menerapkan prosedur, kebijakan, dan aturan yang ketat, serta melakukan pemasangan tanda peringatan, pelatihan, dan pengawasan yang ketat.
- Alat Pelindung Diri: Mengurangi risiko bahaya dengan menggunakan alat perlindungan diri seperti helm keselamatan, masker, sepatu keselamatan, pakaian pelindung, kacamata keselamatan, dan perlengkapan pelindung diri lainnya sesuai dengan jenis pekerjaan yang dilakukan.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Populasi dan Sampel

Populasi dan sampel penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Populasi
2. Dalam konteks ini, populasi merujuk pada wilayah generalisasi yang terdiri dari obyek yang mempunyai ciri-ciri tertentu yang ditentukan oleh peneliti dan kemudian diambil kesimpulannya. Seluruh pekerja yang terlibat dalam pembangunan gedung bertingkat, termasuk pekerja konstruksi dan pekerja kantoran, dilibatkan dalam penelitian ini.
3. Sampel
4. Sedangkan sampel adalah bagian dari populasi. Dalam penelitian ini sampelnya terdiri dari seluruh tenaga kerja yang meliputi manajer, pekerja kantoran, pelaksana, mandor dan buruh. Besaran sampel dalam penelitian ini ditentukan menggunakan rumus Slovin.

$$n = \frac{N}{1+(Ne^2)} \dots\dots\dots [1]$$

Keterangan :

n = Besaran sampel

N = Besaran populasi

e = Nilai kritis (batas ketelitian) yang diinginkan (persen kelonggaran

ketidak telitian karena kesalahan penarikan sampel (1%, 5%, dan 10%)

l = Angka konstan

Uji Instrumen

Instrumen penelitian adalah alat yang digunakan untuk mengukur fenomena yang diamati. Dalam penelitian ini dibuat instrumen untuk mengukur risiko-risiko yang teridentifikasi dalam penelitian. Penulis menggunakan program aplikasi SPSS (Statistical Product and Service Solution) sebagai alat pengolahan dan analisis data..

1. Uji Validitas

Uji validitas instrumen pada penelitian ini menggunakan rumus Pearson Product Moment sebagai berikut :

$$R_{xy} = \frac{N\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{N\sum X^2 - (\sum X)^2\} \{N\sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \dots\dots\dots [2]$$

Keterangan :

R_{xy} = Koefisien korelasi butir dari Manajer, Staff kantor, Pelaksana, Mandor, dan Pekerja.

$\sum X$ = Jumlah skor tiap butir

$\sum Y$ = Jumlah skor total butir dari keseluruhan responden

N = Jumlah subjek uji coba (Sampel)

2. Uji Realibilitas

Uji reliabilitas dilakukan dengan menganalisis data dari satu penelitian. Reliabilitas diukur dengan koefisien Alpha. Jika koefisien alpha (Cronbach's alpha) > 0,60 maka instrumen dinyatakan reliabel. Suatu instrumen penelitian

Dengan rumus :

$$R_{11} = \left(-\frac{k}{(k-1)} \right) \left(1 - \frac{\sum \sigma b^2}{\sigma^2 t} \right) \dots\dots\dots [3]$$

Keterangan :

R11 = Koefisien Reliabilitas.

$\sum \sigma b^2$ = Jumlah varian total.

Pada penelitian ini, untuk pengisian kuesioner dibagikan kepada 40 responden secara acak dengan uraian sebagai berikut :

Manager berjumlah 2 orang

$$Manager = \frac{2}{40} \times 100\% = 5,00\%$$

Staf kantor berjumlah 4 orang

$$Staf\ kantor = \frac{4}{40} \times 100\% = 10,00\%$$

Pelaksana berjumlah 3 orang

$$Pelaksana = \frac{3}{40} \times 100\% = 7,50\%$$

Mandor berjumlah 3 orang

$$Mandor = \frac{3}{40} \times 100\% = 7,50\%$$

Penentuan Skala Penilaian

Penilaian dilakukan terhadap tingkat respons dari responden menggunakan skala Likert, yang merupakan skala ordinal yang menunjukkan tingkat atau peringkat respons dari responden terhadap risiko yang teridentifikasi. Skala penilaian ini terdiri dari skor 1 hingga 5, dengan makna sebagai berikut:

- a. Sangat Tidak Setuju: Responden sangat tidak setuju dengan pernyataan yang diberikan.
- b. Tidak Setuju: Responden tidak setuju dengan pernyataan yang diberikan.
- c. Netral: Responden netral terhadap pernyataan yang diberikan.
- d. Setuju: Responden setuju dengan pernyataan yang diberikan.

- e. Sangat Setuju: Responden sangat setuju dengan pernyataan yang diberikan..
(Sumber : Sugiyono, 2017)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Responden dalam hal ini adalah seluruh tenaga kerja yang terdiri dari Manajer, Staff kantor, Pelaksana, Mandor, dan Pekerja. Pada tahap ini pakar tersebut melakukan pengumpulan informasi dan analisis. Proses pengumpulan informasi menggunakan study literatur dan expert adjustmen. Dan hasil dari pilihan variabel dari pakar tersebut seperti yang tampak pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Kelompok Risiko

Kategori Penyebab Risiko	Variabel Sub Risiko
A Risiko Pekerja Lapangan	1 Kekurangan skill pekerja
	2 Kinerja buruk
	3 Tidak mengerti gambar
	4 Kurangnya pengalaman kerja
	5 Tidak menggunakan alat pelindung diri
	6 Masalah komunikasi
B Risiko Alam	7 Tersambar petir
	8 Kebakaran
	9 Cuaca tidak menentu
	10 Banjir
C Risiko Informasi Proyek	11 Kesalahan pengaturan tanah bekas galian
	12 Pemilihan bekisting yang tidak tepat
	13 Data tanah tidak akurat
	14 Penempatan peralatan konstruksi yang tidak tepat
	15 Kualitas material yang tidak sesuai spek
D Risiko proses konstruksi	16 Lokasi belum siap
	17 Sistem komunikasi dan koordinasi
	18 Iklim ekstrim yang mengganggu produktivitas
	19 Tidak persisnya kolom struktur
	20 Kualitas Perencanaan
E Risiko Engineer	21 Peraturan K3 yang tidak dilaksanakan di lapangan
	22 Kurang bertanggung jawab

Kategori Penyebab Risiko	Variabel Sub Risiko
F Risiko Desain	23 Metode kerja kurang mengerti
	24 Kurang kompeten
	25 Kurang berpengalaman
	26 Masalah komunikasi dan koordinasi
	27 Kesalahan saat penerapan design pada lapangan
	28 Ketidaksesuaian antara gambar dan metode
	29 Diperlukan inovasi metode kerja
	30 Kemungkinan perubahan desain
	31 Kesalahan gambar
	32 Detail gambar tidak standart
G Risiko Peralatan	33 Menyebabkan kesalahan estimasi biaya
	34 Metode pelaksanaan yang salah
	35 Penggunaan Alat pancang pada pondasi
	36 Concrete pump pada pembetonan
	37 Penggunaan Crane mobile
	38 Penggunaan Tower Crane
	39 Peralatan Las Listrik
	40 Penggunaan Excavator

Dari tabel diatas, dapat disimpulkan jumlah risiko saat pembangunan gedung sebanyak 40 variabel sub risiko

• Uji Validitas

Hasil Pengujian Validitas dan Reabilitas dengan N= 40, dimana r table = 0,312.

Tabel 3. Uji Validitas

No	Variabel Sub Risiko	r(hitung)	R(table) =5%(40)	Sig.	Kriteria
1	Kekurangan skill pekerja	0,628	0,312	0,000	Valid
2	Kinerja buruk	0,604	0,312	0,000	Valid
3	Tidak mengerti gambar	0,610	0,312	0,000	Valid
4.	Kurangnya pengalaman kerja	0,584	0,312	0,000	Valid
5.	Tidak menggunakan	0,464	0,312	0,003	Valid

No	Variabel Sub Resiko	r(hitung)	R(table)=5%(40)	Sig.	Kriteria
	alat pelindung diri				
7.	Masalah komunikasi	0,586	0,312	0,000	Valid
8.	Tersambar petir	0,628	0,312	0,000	Valid
9.	Kebakaran	0,604	0,312	0,000	Valid
10	Cuaca tidak menentu	0,610	0,312	0,000	Valid
11.	Banjir	0,464	0,312	0,003	Valid
12.	Kesalahan pengaturan tanah bekas galian	0,628	0,312	0,000	Valid
13	Pemilihan bekisting yang tidak tepat	0,604	0,312	0,000	Valid
14.	Data tanah tidak akurat	0,610	0,312	0,000	Valid
15.	Penempatan peralatan konstruksi yang tidak tepat	0,584	0,312	0,000	Valid
16.	Kualitas material yang tidak sesuai spek	0,464	0,312	0,003	Valid
17.	Lokasi belum siap	0,586	0,312	0,000	Valid
18.	Sistem komunikasi dan koordinasi	0,628	0,312	0,000	Valid
19.	Iklim ekstrim yang mengganggu produktivitas	0,604	0,312	0,000	Valid
20.	Tidak persisnya kolom struktur	0,610	0,312	0,000	Valid
21.	Kualitas Perencanaan	0,464	0,312	0,003	Valid
22.	Peraturan K3 yang tidak dilaksanakan di lapangan	0,628	0,312	0,000	Valid
23.	Kurang bertanggung jawab	0,604	0,312	0,000	Valid
24.	Metode kerja kurang mengerti	0,610	0,312	0,000	Valid
25.	Kurang kompeten	0,584	0,312	0,000	Valid
26.	Kurang berpengalaman	0,464	0,312	0,003	Valid
27.	Masalah komunikasi dan koordinasi	0,586	0,312	0,000	Valid
28.	Kesalahan saat penerapan design pada lapangan	0,628	0,312	0,000	Valid
29.	Ketidaksesuaian antara gambar dan metode	0,604	0,312	0,000	Valid
30.	Diperlukan inovasi metode kerja	0,610	0,312	0,000	Valid

No	Variabel Sub Resiko	r(hitung)	R(table)=5%(40)	Sig.	Kriteria
31.	Kemungkinan perubahan desain	0,464	0,312	0,003	Valid
32.	Kesalahan gambar	0,628	0,312	0,000	Valid
33.	Detail gambar tidak standart	0,604	0,312	0,000	Valid
34.	Menyebabkan kesalahan estimasi biaya	0,610	0,312	0,000	Valid
35.	Metode pelaksanaan yang salah	0,584	0,312	0,000	Valid
36.	Penggunaan Alat pancang pada pondasi	0,464	0,312	0,003	Valid
37.	Concrete pump pada pembetonan	0,586	0,312	0,000	Valid
38.	Penggunaan Crane mobile	0,628	0,312	0,000	Valid
39.	Penggunaan Tower Crane	0,604	0,312	0,000	Valid
40.	Peralatan Las Listrik	0,610	0,312	0,000	Valid
41.	Penggunaan Excavator	0,464	0,312	0,003	Valid

(Sumber: Hasil data pengolahan SPSS)

• Uji Reliabilitas

Berikut hasil uji reliabilitas dengan nilai N adalah 40

Tabel 4. Uji Reabilitas

Reliability Statistics

<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>N of Items</i>
0,996	40

(Sumber: Hasil data pengolahan program SPSS)

Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa data diatas reliabel, dikarenakan nilai koefisien reliabilitas diatas lebih dari 0,6 yaitu nilai *cronbach's alpha* 0,996 dengan kategori nilai baik.

Nilai Tingkat Risiko

Rumus *Risk Score* yang diperoleh dengan mengalikan probabilitas kejadian dengan dampak atau konsekuensi dari kejadian tersebut.

$$\text{Risk Score} = \text{Probability} \times \text{Impact}$$

Probabilitas merupakan estimasi atau ukuran dari kemungkinan terjadinya suatu kejadian, sedangkan Impact adalah tingkat dampak atau konsekuensi yang akan timbul jika kejadian tersebut terjadi.

Didapatkan nilai tingkat risikonya seperti pada tabel berikut:

Tabel 5. Nilai Tingkat Risiko

Sub Risiko	Probabilitas	Dampak	Tingkat Kepentingan Risiko
1. Kekurangan skill tukang	0,90	0,80	0,72

Sub Risiko	Probabilitas	Dampak	Tingkat Kepentingan Risiko
2. Kinerja buruk	0,50	0,80	0,40
3. Tidak mengerti gambar	0,90	0,80	0,72
4. Produktivitas rendah	0,90	0,80	0,72
5. Masalah komunikasi	0,30	0,80	0,24
6. Banjir	0,50	0,20	0,10
7. Hujan lebat	0,50	0,80	0,40
8. Kebakaran	0,50	0,80	0,40
9. Kesalahan pengaturan tanah bekas galian	0,30	0,80	0,24
10. Pemilihan bekisting yang tidak tepat	0,10	0,80	0,08
11. Keruntuhan dinding penahan tanah	0,50	0,20	0,10
12. Kesalahan pelaksanaan	0,30	0,80	0,24
13. Sistem komunikasi dan koordinasi	0,50	0,80	0,40
14. Iklim ekstrim mengganggu produktivitas	0,50	0,80	0,40
15. Pekerjaan tidak tercantum di BOQ	0,30	0,80	0,24
16. Kurang bertanggung jawab	0,30	0,80	0,24
17. Metode kerja kurang mengerti	0,50	0,80	0,40
18. Kurang kompeten	0,10	0,80	0,08
19. Ketidakjelasan spesifikasi	0,30	0,80	0,24
20. Ketidaksesuaian antara gambar & metode	0,50	0,80	0,40
21. Diperlukan inovasi metode kerja	0,10	0,80	0,08
22. Kemungkinan perubahan desain	0,10	0,80	0,08
23. Menyebabkan kesalahan estimasi biaya	0,10	0,80	0,08
24. Penggunaan Alat pancang pada pondasi	0,10	0,20	0,02
25. Concrete pump pada pembetonan	0,10	0,20	0,02
26. Penggunaan Tower Crane	0,10	0,20	0,02
27. Peralatan Las Listrik	0,10	0,20	0,02

Sub Risiko	Probabilitas	Dampak	Tingkat Kepentingan Risiko
28. Penggunaan Excavator	0,10	0,20	0,02
29. Diperlukan inovasi metode kerja	0,20	0,30	0,06
30. Kemungkinan perubahan desain	0,10	0,20	0,03
31. Kesalahan gambar	0,10	0,20	0,02
32. Detail gambar tidak standart	0,10	0,20	0,02
33. Menyebabkan kesalahan estimasi biaya	0,10	0,20	0,02
34. Metode pelaksanaan yang salah	0,20	0,40	0,08
35. Penggunaan alat pancang pada pondasi	0,30	0,40	0,12
36. Concrete pump pada pembetonan	0,10	0,30	0,03
37. Penggunaan Crane mobile	0,90	0,80	0,72
38. Penggunaan Tower Crane	0,90	0,80	0,72
39. Peralatan Las Listrik	0,30	0,20	0,06
40. Penggunaan Excavator	0,30	0,30	0,09

(Sumber: Olahan Peneliti, 2024)

KESIMPULAN

Dari penelitian diatas, dapat disimpulkan m bahwa penilaian risiko K3 yang dilakukan pada saat pembangunan gedung perpustakaan UIN Sayyid Ali Rahmatullah Tulungagung menggarisbawahi adanya faktor risiko yang tinggi , termasuk kurangnya keterampilan pekerja. para pekerja. nilai 0,628. Langkah awal dalam proses manajemen risiko K3 adalah mengidentifikasi risiko, yaitu dengan menyusun risiko berdasarkan efeknya terhadap tujuan proyek. Analisis ini memungkinkan untuk menentukan tingkat kepentingan dari risiko-risiko tertentu. Setelah mengidentifikasi risiko K3 yang terjadi, diperlukan tindakan pengendalian risiko atau penanganan risiko. Ini dapat dilakukan melalui koordinasi antar penanggung jawab, pelaksanaan pertemuan berkala, penyampaian informasi yang relevan, serta pelaksanaan pelatihan dan pemantauan terhadap pekerja lapangan. Dengan demikian, langkah-langkah ini diharapkan dapat membantu mengurangi risiko dan meningkatkan keselamatan serta kesehatan kerja selama pembangunan gedung.

REFERENSI

- Afief, dkk. Analisis Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Peran Petugas K3 Dalam Mendorong Partisipasi, vol. 4, 2016
- Anthony, Analisa Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Menggunakan Standar AS/NZS 4360:2004 Di Perusahaan Pulp&Paper, *Jati Unik J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 2, no. 1, p. 84, 2019.
- Marthinus, A. P., Pratasias, P. A. K., & Arsjad, T. T. (2023). Evaluasi Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pada Proyek Kontruksi Puri Kelapa Gading Minahasa Utara. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 5(2), 92-98.
- Prasetyono, P. N., & Dani, H. 2022. Identifikasi Risiko pada Pekerjaan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung sebagai Tempat Tinggal. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(1), 42-47.
- Prasetyono, P. N., & Dani, H. 2022. Identifikasi Risiko Pembangunan Ruko dari Aspek Ekonomi, Finansial, dan Pemasaran. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(2), 102-107.
- Rizki, dkk Usulan Perbaikan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) Menggunakan Metode Hazard Identification and Risk Assesment (HIRA) vol. 02, no.02, 2014.
- Salain, Analisis Risiko Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Konstruksi Hotel Di Bali, *J. Spektran*, vol. 7, no. 2, pp. 212–221, 2019.
- Shofiana, Identifikasi Potensi Bahaya Pekerjaan Di Ketinggian Pada Proyek Pembangunan Gedung Parkir Rumah Sakit Telogorejo (Studi Deskriptif Pada Proyek Konstruksi oleh PT. Adhi Karya Semarang), *Tek. Sipil dan Lingkung.*, vol. 13, no. 3, pp. 1–12, 2015
- Unitomo, S., Bustamin, M. O., Nugroho, W. A., & Kuroumang, U. U. 2022. Analisis Risiko Kecelakaan Kerja pada Proyek Apartemen Klaska Residence Surabaya. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(2), 82-89.
- Wiyasa, dkk .Manajemen Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Proyek Pembangunan Ciputra World Jakarta, *J. Spektran*, vol. 3, no. 1, pp. 1–9, 1970.2015.

Pengaruh Penambahan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan pada Beton Campuran Air Laut

Effect of Superplasticizer Addition on the Compressive Strength of Seawater Mixed Concrete

**Herlina Arifin¹, Muhammad Nur fajar², Didik Setya Purwantoro³, Alfina Maysyurah⁴,
Mohammad Aris⁵**

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sorong, Jln. Pendidikan No. 27 Kota Sorong.

Email: herlinaafn22@gmail.com

Abstrak

Untuk mengatasi kekurangan air bersih yang berada di pulau terpencil yang sulit mengakses air bersih, perlu dipertimbangkan material alternatif seperti penggunaan air laut untuk konstruksi beton dalam dalam pembangunan infrastruktur dengan mempertimbangkan berbagai aspek seperti kuat tekan beton, berdasarkan penelitian terdahulu penggunaan air laut mengurangi kekuatan dari beton, sehingga untuk meningkatkan kekuatan dari beton dapat menggunakan superplasticizer. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan uji tekan Dengan variasi beton normal, beton campuran air laut, dan beton campuran air laut + superplasticizer dengan variasi 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% untuk perendaman umur sampel 14 hari dan 28 hari. Dari hasil penelitian pada umur sampel 14 hari dan 28 hari beton air laut mengalami penurunan hasil pengujian kuat tekan. Pada beton campuran air laut mengalami penurunan 3,18% pada umur sampel 14 hari dan 1,92% pada umur sampel 28 hari dibandingkan beton normal, selanjutnya untuk persentase penambahan superplasticizer minimum untuk membuat beton dengan campuran air laut menyamai nilai kuat tekan beton normal adalah 1% untuk di umur 14 dan 1,5% untuk 28 hari.

Kata Kunci: Beton; Air laut; Superplasticizer; Kuat tekan

Abstract

To overcome lack of clean water on remote islands that are difficult to access clean water, it is necessary to consider alternative materials such as the use of seawater for concrete construction in infrastructure development by considering various aspects such as concrete compressive strength, based on previous research the use of seawater reduces the strength of concrete, so as to increase the strength of concrete can use superplasticizer. method used is to conduct a compressive test with variations of normal concrete, seawater mixed concrete and seawater mixed concrete + superplasticizer with variations of 0.5%, 1%, 1.5% and 2% for soaking sample life of 14 and 28 days. From the results of the study at the age of samples of 14 days and 28 days, seawater concrete experienced a decrease in compressive strength test results. In seawater mixed concrete, there was a decrease of 3.18% at the age of sample of 14 days and 1.92% at the age of sample of 28 days compared to normal concrete, then for minimum addition of superplasticizers to make concrete with a mixture of seawater equaled the compressive strength value of normal concrete was 1% for the age of 14 and 1.5% for 28 days.

Keywords: Concrete; Sea water; Superplasticizers; Compressive strength

PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur menjadi aspek penting dalam mempercepat laju pembangunan nasional di Indonesia (1). Salah satu konstruksi yang sering digunakan adalah konstruksi beton (2). Beton kini telah menjadi salah satu material utama pada bangunan untuk memenuhi kebutuhan industri

properti dan bangunan sipil (3). Beton juga merupakan bahan yang paling banyak dikonsumsi di dunia selain air (4). Pada tahun 2016, jumlah perkiraan beton produksinya sekitar 25 miliar ton (5). Beton adalah campuran agregat kasar, agregat halus, semen, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran (6). Kekhawatiran ketersediaan sumber daya air semakin meningkat terutama dalam

beberapa tahun terakhir karena jumlah penarikan di beberapa wilayah telah melebihi batasnya sumber daya alam yang terbarukan. Konsumsi air meningkat dua kali lipat angka populasi global (7). Data PBB dan organisasi meteorologi dunia memprediksi sekitar 5 miliar orang akan kekurangan air bersih bahkan air minum pada tahun 2025 (8).

Air yang berlebihan dalam pembuatan beton membebani sumber daya air setempat, terutama di lokasi yang kekurangan air menjadi sebuah masalah (9). Bumi mungkin terdiri dari 70% air, namun planet biru hanya terdiri dari 2,5% air tawar. Oleh karena itu, air tawar adalah salah satu sumber daya alam paling berharga di bumi, dan perlindungannya merupakan tantangan utama demi kemajuan umat manusia di masa depan. Menjadi semakin mendesak untuk mencari sumber alternative lain agar dapat menghemat sumber daya air tawar, contohnya seperti alternative air laut (10). Penelitian terbaru menunjukkan tidak ada dampak buruk air laut yang signifikan terhadap mekanis sifat beton air laut dan uji paparan jangka panjang menunjukkan prospek yang tinggi penggunaan air laut sebagai material beton (11). Selain itu, kota-kota pesisir sangat bergantung pada pesisir dan infrastruktur laut (misalnya pelabuhan, jembatan dan pembangkit listrik tenaga angin lepas pantai pertanian) untuk pembangunan sosial ekonomi (12). Dengan menggunakan air laut sebagai pengganti air tawar bersih maka akan meningkatkan dan memudahkan pembangunan konstruksi beton pula pada daerah pesisir.

Konstruksi beton memiliki kemampuan kuat tekan yang baik. Banyak parameter yang memengaruhi kekuatan tekan beton. Kekuatan tekan adalah kapasitas dari suatu bahan atau struktur dalam menahan beban yang akan mengurangi ukurannya (13, (14). Kinerja mutu beton salah satunya berada pada nilai kuat tekannya, sehingga beton harus di rencanakan sebaik mungkin (15), (16). Sehingga penelitian mengutamakan mutu beton untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Dengan metode eksperimen yang dilakukan pada Laboratorium, akan diberikan tambahan zat Additive (Superplasticizer) yang berfungsi sebagai metode untuk peningkatan mutu beton air laut. Berdasarkan penjabaran diatas maka urgensi penelitian ini adalah perlunya mengoptimalkan pemanfaatan air laut sebagai alternative pengganti air tawar pada pembuatan campuran beton sebagai upaya dalam efisiensi penggunaan air tawar dalam lingkungan hidup. Meninjau potensi semakin berkurangnya air tawar bersih yang dibutuhkan untuk masyarakat sehingga penggunaan air laut dalam campuran beton akan mengurangi konsumsi air tawar bersih serta peningkatan minat konstruksi pada daerah pesisir

yang lebih mudah dengan mengakses air laut sebagai bahan campur pada beton.

METODE

Berikut adalah beberapa tahapan yang akan dilakukan pada penelitian kali ini :

● Tahap Pengujian Agregat

Pengujian karakteristik agregat untuk memastikan apakah bahan yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi spesifikasi atau tidak. Pemeriksaan karakteristik agregat yang dilakukan terdiri dari pengujian berat jenis dan penyerapan, berat isi, analisa saringan, kadar lumpur dan keausan. Pengujian ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI).

● Tahap perancangan campuran beton

Perencanaan campuran (mix design) dilakukan mengacu pada SNI 03- 2834-2000. Hasil dari mix design ini berupa perbandingan antara bahan-bahan penyusun beton yang selanjutnya akan digunakan sebagai dasar dalam pembuatan benda uji.

● Tahap pembuatan sampel uji beton

Sampel uji yang digunakan berupa kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm dengan kuat tekan rencana $f'c$ 24 Mpa yang terdiri dari beton normal, beton campuran air laut, beton campuran air laut + superplasticizer 0,5%, beton campuran air laut + superplasticizer 1%, beton campuran air laut + superplasticizer 1,5%, dan beton campuran air laut + superplasticizer 2%.

● Tahapan perendaman sampel uji

Perawatan untuk semua sampel uji dilakukan selama 14 hari dan 28 hari dengan cara merendam sampel uji di dalam bak perendaman dengan air tawar.

● Tahap pengujian kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan cara memasukkan benda uji ke dalam alat uji kuat tekan kemudian alat tersebut akan bekerja dengan cara memberikan beban maksimal sehingga benda uji tidak bisa lagi menahan beban dari alat tersebut. Pengujian kuat tekan ini dilakukan pada umur 14 hari dan 28 hari. Untuk nilai kuat tekan dapat di hitung menggunakan persamaan 1.

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots [1]$$

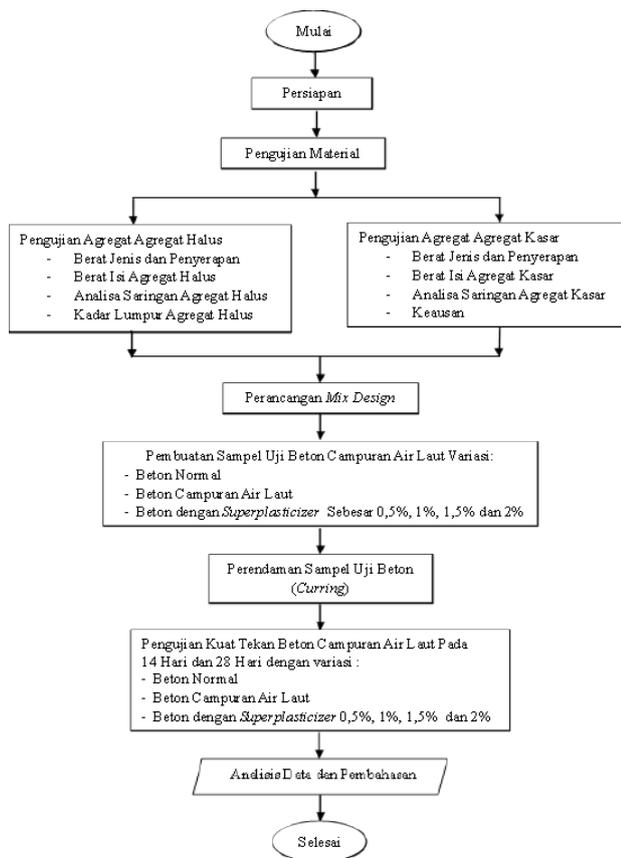
Dimana :

σ : Kuat tekan (Mpa)

A : Luas penampang benda uji (mm²)

P : Gaya tekan (N)

Dari uraian tahapan penelitian, berikut adalah flowchart yang akan dilaksanakan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Campuran Beton

Dari hasil perhitungan dan uji coba rancangan campuran (mix design) beton, diperoleh volume campuran uji sebagai berikut:

Tabel 1. Komposisi Campuran Beton

Banyak bahan (teoritis)	Semen (Kg)	Air (Kg/L)	Air Laut (Kg/L)	Agr. halus (Kg)	Agr. Kasar (Kg)	Superplasticizer (Kg/L)
Beton Normal	9,32	4,77	0,00	14,91	25,38	0,00
Beton Campuran Air Laut	9,32	0,00	4,77	14,91	25,38	0,00
Beton Campuran Air Laut + Superplasticizer 0,5%	9,32	0,00	4,42	14,91	25,38	0,05
Beton Campuran Air Laut + Superplasticizer 1%	9,32	0,00	4,06	14,91	25,38	0,09
Beton Campuran Air Laut + Superplasticizer 1,5%	9,32	0,00	3,70	14,91	25,38	0,14

Banyak bahan (teoritis)	Semen (Kg)	Air (Kg/L)	Air Laut (Kg/L)	Agr. halus (Kg)	Agr. Kasar (Kg)	Superplasticizer (Kg/L)
Beton Campuran Air Laut + Superplasticizer 2%	9,32	0,00	3,34	14,91	25,38	0,19

Dari Tabel 3 didapatkan komposisi campuran untuk beton normal, beton campuran air laut dan beton campuran air laut + superplasticizer dengan masing-masing terdiri dari 6 sampel uji. Pada beton campuran air laut + superplasticizer terdapat pengurangan air terhadap persentase superplasticizer yang digunakan.

Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Pada tahapan pertama dilakukan pengujian untuk melihat pengaruh penggunaan air laut untuk beton pada umur 14 hari dan 28 hari. Untuk hasil uji tekannya dapat di lihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Normal dan Beton Air Laut.

Notasi	Kuat Tekan Rata-rata	
	Umur Sampel 14 Hari Mpa	Umur Sampel 28 Hari Mpa
Beton Normal	25,20	28,05
Beton Air Laut	21,68	23,15

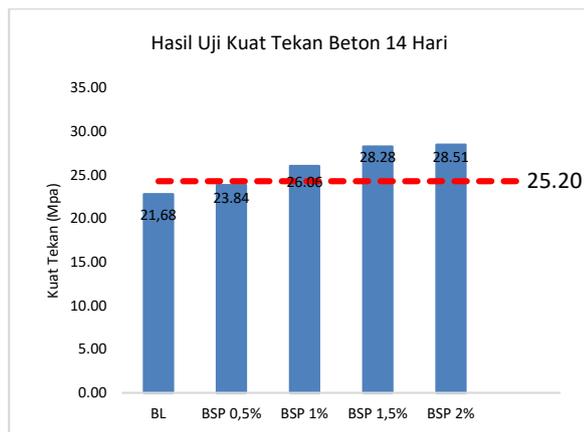
Berdasarkan tabel 2. Dapat di lihat pengaruh penggunaan air laut terhadap beton normal membuat nilai kuat tekan beton menurun di umur 14 hari sebesar 25,20 Mpa untuk beton normal dan 21,68 Mpa untuk beton dengan air laut. Selanjutnya untuk umur 28 hari sebesar 28,05 Mpa untuk beton normal dan 23,15 Mpa untuk beton dengan air laut. Hal ini dapat disebabkan terjadinya salt damage pada beton sehingga terjadi penurunan nilai kuat tekan.

Untuk mengatasi penurunan nilai kuat tekan setelah beton di tambahkan dengan air laut, di coba menggunakan zat additive berupa superplasticizer untuk meningkatkan nilai kuat tekan beton dengan air laut. Untuk persentase penggunaan superplasticizer dicoba 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% untuk selanjutnya ditentukan penggunaannya yang minimal bisa mengembalikan nilai kuat tekan betonnya menyamai beton normal. Untuk hasilnya dapat di lihat di tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Air Laut + Supperplaticizer

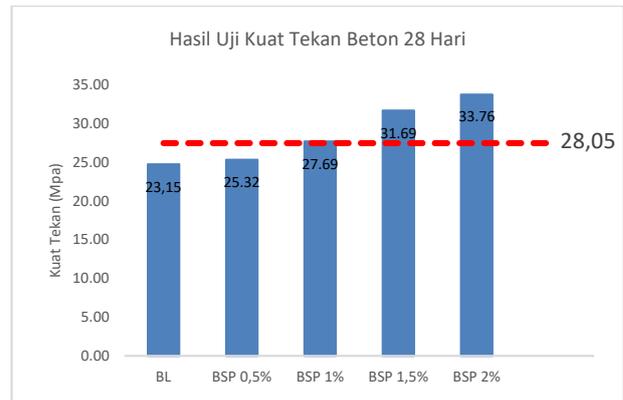
Notasi	Kuat Tekan Rata-rata	
	Umur Sampel 14 Hari Mpa	Umur Sampel 28 Hari Mpa
Beton Normal	25.20	28.05
Beton Air Laut	21.68	23.15
Beton Air Laut + Superplasticizer 0,5%	23,84	25,32
Beton Air Laut + Superplasticizer 1%	26,06	27,69
Beton Air Laut + Superplasticizer 1,5%	28,28	31,69
Beton Air Laut + Superplasticizer 2%	28,51	33,76

Dari tabel 3 dapat di lihat bahwa rata-rata nilai kuat tekan dari 3 sampel pada masing-masing variasi sampel mengalami peningkatan kekuatan pada umur 14 hari dan umur 28 hari. Selanjutnya untuk melihat persentase supperplasticizer + air laut yang menyamai kuat tekan dari beton normal dapat di lihat pada gambar 2 untuk umur 14 hari dan gambar 3 untuk umur 28 hari.



Gambar 2. Perbandingan Nilai Kuat Tekan Pada Umur 14 Hari

Berdasarkan gambar 2 dapat dilihat setelah ditambahkan supperplasticizer pada beton menggunakan air laut untuk 14 hari nilai kuat tekan mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya persentase penambahan supperplaticizer. Untuk persentase penggunaan supperplaticizer yang mencapai kuat tekan beton normal adalah 1% dengan nilai kuat tekan sebesar 26,06 MPa dan meningkat seiring penambahan supperplaticizer. Untuk penambahan 1,5% memiliki kuat tekan 28,28 Mpa dan untuk 2% memiliki nilai kuat tekan sebesar 28,51%.



Gambar 3. Perbandingan Nilai Kuat Tekan Pada Umur 28 Hari

Berdasarkan gambar 3 dapat dilihat setelah ditambahkan supperplasticizer pada beton menggunakan air laut nilai kuat tekan pada 28 hari mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya persentase penambahan supperplaticizer. Untuk persentase penggunaan supperplaticizer yang mencapai kuat tekan beton normal adalah 1,5% dengan nilai kuat tekan sebesar 31,69 MPa dan meningkat seiring penambahan supperplaticizer. Untuk untuk 2% memiliki nilai kuat tekan sebesar 33,76%. Pada dasarnya untuk persentase 1% nyaris mencapai nilai kuat tekan beton normal, dengan nilai kuat tekan 27,69 MPa.

Namun pada penggunaan supperplaticizer 2% tidak dianjurkan, dikarenakan membuat proses pembuatan benda uji sulit dan terjadi seggregasi yang membuat terdapat rongga pada sampel uji.



Gambar 4. Hasil Sampel Persentase Supperplaticizer 2% Dan Terdapat Rongga.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh pengaruh penggunaan air laut terhadap beton normal membuat nilai kuat tekan beton menurun di umur 14 hari sebesar 25,20 Mpa untuk beton normal dan 21,68 Mpa untuk beton dengan air laut. Selanjutnya

untuk umur 28 hari sebesar 28,05 Mpa untuk beton normal dan 23,15 Mpa untuk beton dengan air laut. Hal ini dapat disebabkan terjadinya salt damage pada beton sehingga terjadi penurunan nilai kuat tekan. Dan setelah di tambahkan superplasticizer untuk mencapai nilai kuat tekan normal pada umur 14 hari dibutuhkan minimal 1% superplasticizer dan meningkatkan nilai kuat tekan seiring penambahan persentase superplasticizer. Sedangkan pada umur 28 hari di butuhkan minimal 1,5% superplasticizer dan meningkatkan nilai kuat tekan seiring penambahan persentase superplasticizer. Namun pada penggunaan superplasticizer 2% tidak di anjurkan, dikarenakan membuat benda mengalami segregasi yang membuat rongga pada sampel uji.

REFERENSI

- Ahmad SB. Investigasi Pengaruh Air Laut Sebagai Air Pencampuran Dan Perawatan Terhadap Sifat Beton. *INTEK J Penelit.* 2018;5(1):48.
- Ashariyanto, Y., Diana, A. I. N., & Deshariyanto, D. (2022). Pengaruh Penggunaan Serbuk Kulit Cangkang Telur Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(2), 114-119.
- Guo M, Hu B, Xing F, Zhou X, Sun M, Sui L, et al. Characterization of the mechanical properties of eco-friendly concrete made with untreated sea sand and seawater based on statistical analysis. *Constr Build Mater* [Internet]. 2020;234:117339. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117339>
- Irmawaty R, Tjaronge MW. Effect of Seawater as Mixing Water on the Mechanical Properties of Mortar and Concrete. *ConCERN (Conference Civ Eng Res Networks)* 2014. 2014;61-4.
- Miller SA, Horvath A, Monteiro PJM. Impacts of booming concrete production on water resources worldwide. *Nat Sustain* [Internet]. 2018;1(1):69-76. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41893-017-0009-5>
- Nobuaki Otsuki, Tsuyoshi Saito, Yutaka Tadokoro. Possibility of Sea Water as Mixing Water in Concrete. *J Civ Eng Archit.* 2012;6(11):1273-9.
- SNI 03-2834-2000. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Sni 03-2834-2000, 1-34.
- Teng JG, Xiang Y, Yu T, Fang Z. Development and mechanical behaviour of ultra-high-performance seawater sea-sand concrete.
- Vafaei D, Hassanli R, Ma X, Duan J, Zhuge Y. Sorptivity and mechanical properties of fiber-reinforced concrete made with seawater and dredged sea-sand. *Constr Build Mater* [Internet]. 2021;270(xxxx):121436. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121436>
- Xiao J, Qiang C, Nanni A, Zhang K. Use of sea-sand and seawater in concrete construction: Current status and future opportunities. *Constr Build Mater* [Internet]. 2017;155:1101-11. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.08.130>
- Xu W, Yang L, Gao D, Tang J, Sun G, Zhang Y. Mechanical properties of seawater-mixed steel fiber reinforced concrete. *J Build Eng* [Internet]. 2023;73:106823. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710223010021>
- Zhou Y, Gao H, Hu Z, Qiu Y, Guo M, Huang X, et al. Ductile, durable, and reliable alternative to FRP bars for reinforcing seawater sea-sand recycled concrete beams: steel/FRP composite bars. *Constr Build Mater* [Internet]. 2021;269:121264. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820332682>
- Zulkarnain F, Kamil B, Utara S, Kapten Mukhtar Basri No J. Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ Website Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan Pasir Sungai sebagai Agregat Halus Dengan Variasi Bahan Tambah Sica Fume Pada Perendaman Air Laut. [Internet]. 2021;1-10.

Analisis Neraca Air Sesuai Pola Tanam Eksisting Padi Lokal pada Daerah Irigasi Rawa (DIR) Antasan Sutun Kabupaten Banjar

Water Balance Analysis Based on Existing Planting Pattern of Local Rice in Swamp Irrigation Area (DIR) Antasan Sutun Banjar Regency

Rizki Ayu Wulandari¹, Nilna Amal²

^{1,2}Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jl. Jendral A.Yani Km. 35,5, Banjarbaru, 70714, Indonesia
E-mail: nilna.amal@ulm.ac.id

Abstrak

Daerah Irigasi Rawa (DIR) Antasan Sutun yang terletak di Sungai Tabuk, Provinsi Kalimantan Selatan, merupakan sumber air bagi lahan pertanian lokal yang meliputi area persawahan seluas 737,8 Ha. Petani lokal menerapkan pola tanam setahun sekali, namun kebutuhan air lebih banyak terjadi pada musim kemarau. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jumlah ketersediaan dibandingkan dengan kebutuhan air berdasarkan pola tanam yang ada. Metode penelitian dilakukan dengan menganalisis kebutuhan dan ketersediaan air dengan model neraca air. Evapotranspirasi potensial dihitung dengan menggunakan metode Modifikasi Penman. Ketersediaan air dihitung dengan menggunakan metode Mock. Hasil penelitian menunjukkan debit kebutuhan air maksimum sebesar 1,09 m³/detik pada bulan Maret II dan minimum sebesar 0,19 m³/detik pada bulan Juli II. Hasil debit ketersediaan dengan debit andalan maksimum (Q₈₀) sebesar 2,11 m³/detik pada bulan Januari I dan debit minimum pada bulan Oktober II sebesar 0,19 m³/detik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua ngengat mengalami surplus air, artinya air yang tersedia di DIR Antasan Sutun dapat memenuhi kebutuhan lahan pertanian dengan masa tanam yang digunakan masyarakat.

Kata Kunci: Kebutuhan air; Ketersediaan air; Metode mock; Neraca air; Penman modifikasi

Abstract

The Antasan Sutun Swamp Irrigation Area (DIR), which is located in Sungai Tabuk, South Kalimantan Province, is the source of water for local agricultural land that covers a rice field area of 737.8 Ha. Local farmers have implemented a once-a-year cropping pattern, but there is a need for more water during the dry season. Therefore, this study aims to analyze the amount of availability compared to water demand based on existing cropping patterns. The research method was carried out by analyzing the need and availability of water with a water balance model. Potential evapotranspiration is calculated using the Penman Modification method. The availability of water is calculated using the Mock method. The results showed that the maximum water demand discharge was 1.09 m³/sec in March II and a minimum of 0.19 m³/sec in July II. The results of the availability discharge with a maximum mainstay discharge (Q₈₀) of 2.11 m³/sec in January I and a minimum discharge in October II of 0.19 m³/sec. The result showed that all of the moths are water surplus, meaning that the water available in DIR Antasan Sutun can meet the needs of agricultural land with the planting period that the community uses.

Keywords: Water demand; Water availability; Mock method; Water balance; Penman modification

PENDAHULUAN

Sektor pertanian adalah salah satu sektor yang besar perannya dalam perekonomian nasional dengan sebagian besar penduduk Indonesia yang berprofesi sebagai petani. Pengelolaan yang baik mensyaratkan terpenuhinya kebutuhan air tanpa

dibebani air yang berlebihan atau tergenang akibat banjir atau pun kekurangan yang mengakibatkan kekeringan. Untuk alasan ini diperlukan irigasi untuk pengaturan air pertanian. Penghitungan kebutuhan air dapat meliputi kebutuhan khusus seperti kebutuhan untuk kepentingan air domestik (Dewi & Chayati, 2020) maupun hitungan kebutuhan air irigasi termasuk di daerah rawa (Sofia et al., 2023).

Daerah Irigasi Rawa (DIR) Antasan Sutun merupakan saluran irigasi yang digunakan sebagai sumber air pada lahan pertanian setempat. Fungsi penting ini menjadikan Daerah Irigasi Rawa tersebut memegang peranan penting dalam menunjang kehidupan para petani. DIR Antasan Sutun ini terletak pada bagian hilir sehingga mendapatkan lebih sedikit air karena pendistribusian air yang tidak merata dan akibatnya banyak lahan yang kekeringan saat menghadapi musim kemarau hingga terjadi gagal panen. Besarnya kebutuhan air untuk irigasi, dapat digunakan untuk menentukan luas wilayah irigasi yang seharusnya ada, serta pola tanam yang sesuai dengan ketersediaan air yang ada (Setiyawan et al., 2017).

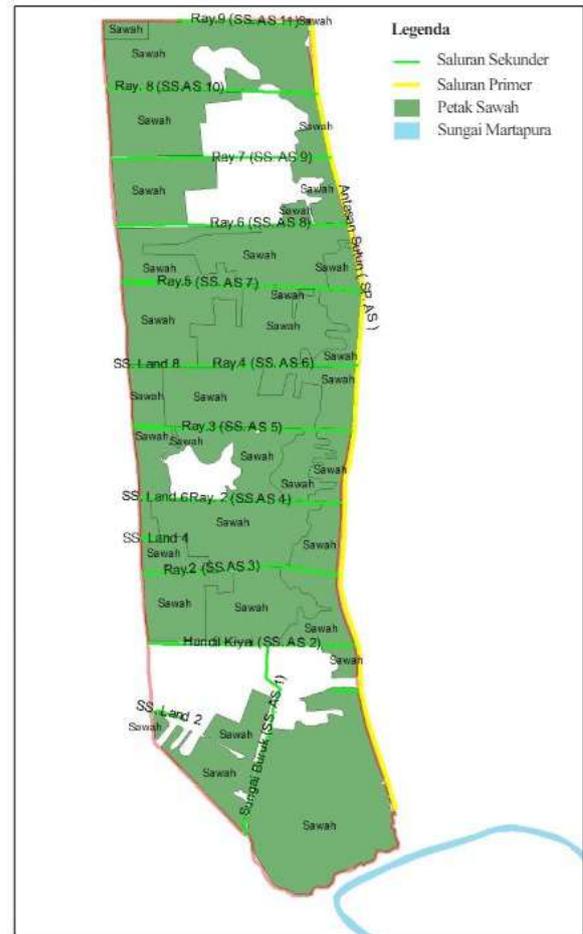
Penelitian sebelumnya di Sungai Tabuk yang dilakukan untuk menghitung debit andalan dengan analisis evapotranspirasi dihitung berdasarkan data bangkitan (Fakhrurrazi et al., 2018) dengan pola tanam padi biasa-padi unggulan. Pada penelitian ini evapotranspirasi akan dihitung dengan Metode Penman Modifikasi dan kebutuhan air akan dihitung dengan pola penanaman padi eksisting yaitu padi biasa sekali tanam setahun. Ketersediaan air dihitung dengan menggunakan Metode Mock. Metode Penman Modifikasi digunakan pada penelitian untuk menghitung debit andalan pada DAS Bulango Ulu Sulawesi dan dianggap sebagai metode yang baik untuk menggambarkan evapotranspirasi yang terjadi (Baskoro et al., 2024). Metode evapotranspirasi lain di daerah rawa dan gambut yang pernah digunakan adalah Metode Penman dan Metode Penman Monteith, Blainey Criddle Modifikasi dan Hargreaves Modifikasi (N. Amal et al., 2022; Nilna Amal, 2023; Baskoro et al., 2024; Vania et al., 2022).

Penelitian ini bertujuan menghitung jumlah kebutuhan air untuk lahan pertanian pada DIR Antasan Sutun, menghitung jumlah ketersediaan air, serta menganalisis apakah air pada DIR Antasan Sutun dapat memenuhi kebutuhan untuk lahan pertaniannya. Hasil penelitian diharapkan dapat menjawab pertanyaan apakah ketersediaan air mencukupi untuk pola tanam sekarang ini.

METODE

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian merupakan Daerah Irigasi Rawa (DIR) Antasan Sutun berada pada Kecamatan Sungai Tabuk yang berbatasan langsung dengan Kecamatan Martapura Barat dan Kecamatan Cintapuri Darussalam, Kabupaten Banjar, Provinsi Kalimantan Selatan. Berdasarkan peta wilayah yang diberikan oleh dinas PUPR Kabupaten Banjar area persawahan yang dicakup oleh DIR Antasan Sutun memiliki luas sebesar 737,8 Ha sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Skema Jaringan DIR Antasan Sutun
Sumber: Dinas PUPR Kab.Banjar

Pengumpulan Data

Penelitian ini memanfaatkan data primer dan data sekunder yang meliputi data pola tanam dan data meteorologi. Pola tanam adalah merupakan padi lokal dalam periode tanam 6 bulan yang dilakukan sekali setahun, data diperoleh dari hasil wawancara. Awal musim tanam tidak menentu karena harus memperhatikan kondisi air pada lahan pertanian, namun secara umum pada bulan-bulan air cukup dan pada tahun diadakannya penelitian yaitu tahun 2024 awal musim tanam direncanakan bulan Maret dengan bulan September sebagai musim panen. Data lainnya yang dikumpulkan adalah data sekunder. Data yang diperlukan berupa data curah hujan dan data klimatologi (temperatur rata-rata, kelembapan rata-rata, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin rata-rata) selama 20 tahun. Data tersebut diperoleh dari Stasiun Meteorologi Syamsudin Noor Banjarmasin.

Diagram Alir Penelitian

Berikut dapat dilihat bagan alir penelitian pada Gambar 2 yang menyajikan alur penelitian yang dimulai dari persiapan literatur, penelitian lapangan

2019). Dalam penelitian ini, evapotranspirasi dihitung menggunakan metode Penman Modifikasi sebagaimana ditunjukkan pada persamaan berikut: (Sri Harto,2000)

$$Eto = c \times (W \times Rn + (1 - w) \times f(U) \times (ea - ed) \quad [2]$$

Keterangan:

- Eto : Index Evapotranspirasi
- c : Faktor Penyesuaian kondisi akibat cuaca siang dan malam
- W : Faktor yang mempengaruhi penyinaran matahari
- f(U) : Fungsi kecepatan angin
- Rn : Radiasi penyinaran matahari dalam perbandingan penguapan atau radiasi matahari (mm/hari)
- ed : Tekanan uap jenuh (mbar)
- ea : Tekanan uap nyata (mbar)

Selanjutnya besaran kebutuhan air irigasi pada DIR Antasan Sutun ditentukan dengan berdasarkan pada pola tanam eksisting yaitu pola padi biasa dengan masa tanam satu kali setahun. Besarnya nilai kebutuhan air bisa dihitung menggunakan persamaan berikut (Standar Perencanaan Irigasi KP - 01, 2013)

$$NFR = ETC + P + WLR - Re \quad [3]$$

Keterangan

- NFR : (*Net Field Water Requirement*) kebutuhan air irigasi sawah (lt/dt/ha)
- Etc : Kebutuhan air konsumtif (mm/hari)
- P : Perkolasi (mm/hari)
- WLR : Penggantian lapisan air (mm/hari)
- Re : Curah hujan efektif (mm/hari)

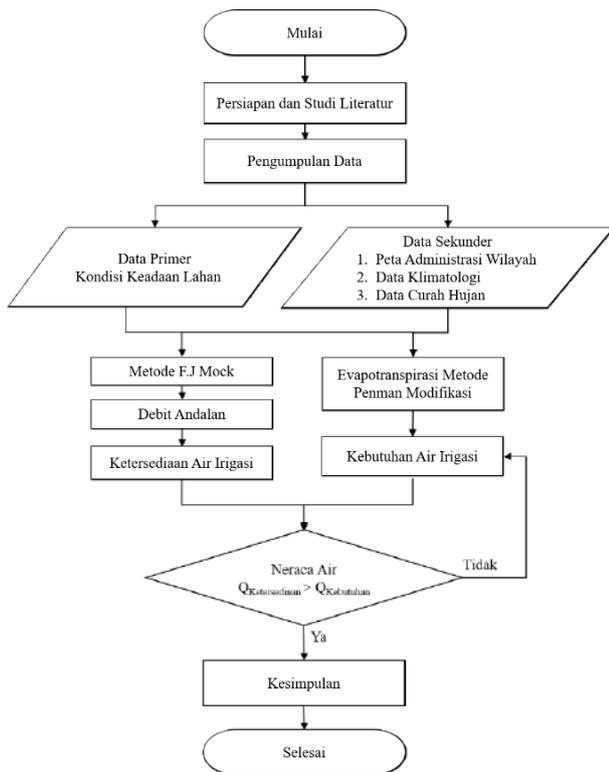
Debit andalan untuk ketersediaan air irigasi dihitung menggunakan metode Mock. Metode ini mengasumsikan bahwa sebagian hujan yang jatuh akan hilang melalui evapotranspirasi dan menjadi limpasan langsung, juga masuk ke tanah sebagian sebagai air yang ter-infiltrasi (Agusri et al., 2022). Debit andalan digunakan peluang terpenuhi 80% dengan persamaan Weibull, dengan mengurutkan data dari yang terbesar ke data terkecil menggunakan perhitungan probabilitas (Oktaviansyah et al., 2021).

Neraca air sebagai hasil akhir hitungan diperoleh dengan melakukan analisis neraca air dengan metode *surplus* atau *defisit* air dengan menggunakan persamaan berikut

$$Neraca = Q \text{ Ketersediaan} - Q \text{ Kebutuhan} \quad [4]$$

Keterangan:

- Neraca : neraca air



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Analisis Data dan Metode

Proses analisis data dalam penelitian ini meliputi tahap analisis data harian curah hujan dan klimatologi berdasarkan rentang waktu 20 tahun pengamatan. Data yang digunakan adalah tahun yang memiliki jumlah data terbanyak. Perhitungan ini menghasilkan data rata-rata bulanan pada tiap tahunnya. Proses selanjutnya adalah menghitung curah hujan efektif untuk data curah hujan setengah bulanan dengan metode perhitungan curah hujan andalan (R80) yang berarti 80% nilai curah hujan yang dapat dilampaui. Sedangkan besarnya curah hujan efektif untuk tanaman padi adalah 70% dari data curah hujan terpenuhi 80% dengan persamaan sebagai berikut: (Triatmodjo, 2008).

$$Re \text{ padi} = 0,7 \times (R_{80}) \times (1/15) \quad [1]$$

Keterangan:

- Re Padi : Curah hujan efektif (mm/set.bulan)
- R80 : Curah hujan terpenuhi 80% (mm)

Jumlah penguapan dan transpirasi dari tanaman di permukaan bumi ke atmosfer-disebut dengan istilah evapotranspirasi. Tingkat evapotranspirasi dipengaruhi oleh berbagai faktor iklim seperti radiasi sinar matahari, kecepatan angin, kelembaban relatif dan suhu (Sutopo & Utomo,

sebesar 4,21 mm/hari pada bulan September dan nilai minimum pada bulan Juni sebesar 2,68 mm/hari. Hasil evapotranspirasi harian setiap bulan dapat dilihat pada Tabel 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Curah Hujan Efektif

Perhitungan curah hujan efektif dilakukan untuk data curah hujan setengah bulanan. Hasil rekapitulasi dari data curah hujan setengah bulanan selama 20 tahun diurutkan dari nilai yang paling tinggi ke nilai terendah pada setiap bulannya. Curah hujan efektif adalah curah hujan andalan yang terjadi di suatu wilayah dan dimanfaatkan oleh tanaman untuk laju pertumbuhannya. Besarannya dapat ditentukan dengan curah hujan bulanan dengan 80% kemungkinan terjadi. Adapun curah hujan efektif untuk tanaman padi diambil 70% dan besarnya terdapat pada Tabel 1.

Perhitungan Re padi setengah bulanan menghasilkan nilai maksimum pada bulan Januari I dengan nilai 6,01 mm/hari sedangkan nilai minimum pada bulan September II dengan nilai 0,02 mm/hari. Berdasarkan rekapitulasi data curah hujan setengah bulanan diketahui bulan basah terjadi pada bulan Januari, Februari, Maret, April, November, dan Desember. Bulan kering terjadi pada bulan Mei, Juni, Juli, Agustus, September dan Oktober.

Rekapitulasi dari nilai perhitungan evapotranspirasi untuk setiap tahunnya diperoleh dengan rata-rata evapotranspirasi harian setiap bulan. Hasil perhitungan rata-rata evapotranspirasi selama 20 tahun mendapatkan nilai maksimum

Tabel 1. Curah Hujan Efektif R80 Padi (mm/hari)

Bulan		R ₈₀ (mm)	Re Padi	
			70%R ₈₀	70%R ₈₀ Harian
Januari	I	128.7	90.09	6.01
	II	101.48	71.04	4.44
Februari	I	104.72	73.30	5.24
	II	84.38	59.07	4.22
Maret	I	98.64	69.05	4.60
	II	71.66	50.16	3.14
April	I	74.4	52.08	3.47
	II	57.72	40.40	2.69
Mei	I	42.74	29.92	1.99
	II	46.94	32.86	2.05
Juni	I	21.42	14.99	1.00
	II	33.24	23.27	1.55
Juli	I	40.96	28.67	1.91
	II	7.48	5.24	0.33
Agustus	I	13.3	9.31	0.62
	II	9.08	6.36	0.40
September	I	0.58	0.41	0.03
	II	0.4	0.28	0.02
Oktober	I	11.56	8.09	0.54
	II	23.7	16.59	1.04
November	I	43.84	30.69	2.05
	II	64	44.80	2.99
Desember	I	89.26	62.48	4.17
	II	119.82	83.87	5.24

Tabel 2. Rekapitulasi Nilai Evapotranspirasi

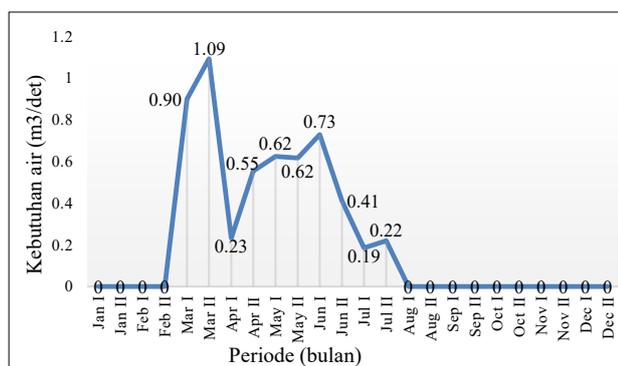
Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1990	3.66	4.03	3.49	3.30	2.93	3.14	2.94	3.84	5.03	4.72	4.23	3.39
1992	3.84	3.78	3.59	3.16	2.97	2.91	2.62	3.83	3.39	4.12	3.43	3.53
1993	3.80	3.30	3.16	2.88	2.82	2.95	3.08	4.27	5.21	5.05	3.92	3.43
1994	3.17	3.72	3.31	3.14	3.12	2.88	3.40	4.32	5.78	5.57	4.28	3.91
1995	3.39	3.76	3.35	3.15	2.93	2.86	3.05	3.75	4.53	4.50	3.76	3.69
1996	3.81	3.67	3.58	3.35	3.20	2.90	2.99	3.41	4.33	3.86	3.68	3.60
1997	3.74	3.85	3.94	3.27	3.21	3.54	3.64	4.51	5.47	5.85	4.51	3.60
1998	4.33	4.34	3.96	3.39	3.06	2.95	2.81	3.38	3.80	3.89	3.84	3.51
1999	3.71	3.71	3.33	3.18	2.78	2.95	2.93	3.79	4.37	3.80	3.69	3.65
2007	3.25	3.08	3.03	2.51	2.47	2.23	2.25	3.08	4.05	3.45	3.06	3.14
2008	3.09	3.28	3.29	2.87	3.21	2.35	2.72	3.41	4.14	3.59	3.52	3.19
2014	3.14	3.20	2.80	2.67	2.46	2.28	2.51	3.19	4.30	4.57	3.78	3.12
2015	3.09	3.02	2.93	2.71	2.56	2.51	2.85	3.76	4.56	4.66	3.79	3.40
2016	3.57	3.41	3.11	2.82	2.72	2.51	2.53	3.14	3.37	3.47	3.35	3.39
2017	3.25	3.44	3.14	2.75	2.56	2.29	2.45	2.99	3.55	3.38	3.17	3.13
2018	3.31	3.36	2.96	2.71	2.69	2.40	2.47	3.17	4.06	3.78	3.33	3.13
2019	3.36	3.59	3.18	2.77	2.74	2.43	2.87	3.66	4.41	4.24	3.77	3.17
2020	3.34	3.45	3.14	2.79	2.56	2.63	2.71	3.25	3.45	3.72	3.39	3.27
2021	3.13	3.39	3.17	2.81	2.55	2.43	2.39	2.78	3.15	3.44	3.26	3.14
2022	3.43	3.37	3.03	2.73	2.51	2.39	2.42	2.75	3.32	3.24	3.32	3.40

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Rata-rata	3.47	3.54	3.27	2.95	2.80	2.68	2.78	3.51	4.21	4.14	3.66	3.39

Analisis Kebutuhan Air Irigasi

Sistem penanaman dan tinggi genangan air memiliki pengaruh yang nyata terhadap hasil dan pertumbuhan padi, air yang sesuai memberikan pertumbuhan dan hasil yang terbaik sebaliknya dengan kurangnya air mampu menurunkan kualitas dan kuantitas hasil (Laksono & Irawan, 2018). Mengetahui kebutuhan air yang sesuai dengan pola tanam tentunya dianggap penting dalam menunjang hasil pertanian yang diharapkan.

Pada penelitian ini perhitungan kebutuhan air dilakukan dengan mengambil musim tanam sesuai dengan keadaan eksisting yaitu padi biasa dengan masa tanam satu kali setahun. Masa penyiapan lahan dengan luas 737,8 ha dilakukan selama bulan Maret dan diperoleh kebutuhan airnya adalah 1,99 m³/det. Musim tanam dimulai pada bulan Maret II, analisis hitungannya menghasilkan kebutuhan air maksimum yaitu bulan Maret II sebesar 1,09 m³/det dan debit kebutuhan air minimum yaitu bulan Juli I sebesar 0,19 m³/det. Selanjutnya hasil perhitungan kebutuhan air setiap setengah bulan diberikan pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3 Grafik Kebutuhan Air

Hasil perhitungan analisis kebutuhan air menunjukkan bahwa rata-rata setiap setengah bulan diperlukan air sebesar 0,56 m³/det dengan maksimum adalah bulan Maret dan minimum pada bulan Juli. Pada akhir bulan Juli hampir tidak diperlukan lagi air disebabkan tanaman sedang memasuki usia akan panen.

Analisis Ketersediaan Air Irigasi

Ketersediaan air untuk kebutuhan padi dapat dianalisis dengan menggunakan Metode Mock yang didasarkan pada penghitungan dengan mempertimbangkan parameter yang sesuai dengan keadaan setempat. Metode ini telah digunakan baik

pada daerah irigasi biasa maupun irigasi rawa, juga digunakan pada daerah lain untuk menghitung aliran ke bendung (Baskoro et al., 2024; Sofia et al., 2023; Vania et al., 2022). Data parameter setempat memerlukan kalibrasi dalam penghitungannya, pada penelitian ini parameter tersebut diambil dari penelitian sebelumnya yang dilakukan di daerah kabupaten Banjar (Sonata, 2021). Data parameter yang dibutuhkan tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Nilai Kalibrasi Parameter-parameter DAS

Parameter	Nilai
Koefisien Infiltrasi Musim Basah (<i>C_{ws}</i>)	0,450
Koefisien Infiltrasi Musim Kering (<i>C_{ds}</i>)	0,550
<i>Initial Soil Moisture (ISM)</i>	150
<i>Soil Moisture Capacity (SMC)</i>	105
<i>Initial Groundwater Storage (IGWS)</i>	2800
<i>Groundwater Recession (k)</i>	0,890

Sumber : (Sonata, 2021)

Besaran debit andalan ditentukan sebagai nilai dengan probabilitas peluang terpenuhi 80%. Ketika keandalan debit hanya sebesar 80% maka kepentingan dari kemampuan jaringan irigasi untuk dapat menyuplai kebutuhan tanaman menjadi sangat besar (Amalia et al., 2022). Hal tersebut seiring dengan diketahuinya nilai ketersediaan air sehingga dapat membantu para petani untuk melakukan pengaturan air irigasi agar air yang masuk pada lahan pertanian sesuai dengan kebutuhan.

Debit hasil perhitungan ini ditampilkan dalam periode setengah bulanan. Besaran nilai ketersediaan air pada DIR Antasan Sutan yaitu diperoleh debit puncak tertinggi terjadi pada bulan Januari I dengan nilai debit 2,11 m³/det sedangkan debit minimum terjadi pada bulan Oktober II dengan nilai debit 0,21 m³/det. Hasil perhitungan seluruhnya dapat dilihat pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai Debit Andalan Q80

Bulan	Debit (m ³ /det)	Bulan	Debit (m ³ /det)
Jan I	2.11	Jul I	0.72
Jan II	1.90	Jul II	0.59
Feb I	1.92	Agt I	0.52
Feb II	1.74	Feb II	0.41
Mar I	1.55	Sep I	0.32
Mar II	1.25	Sep II	0.28
Apr I	1.24	Okt I	0.24

Bulan	Debit (m ³ /det)	Bulan	Debit (m ³ /det)
II	1.09	II	0.21
Mei I	1.03	Nov I	0.29
II	0.89	II	0.33
Jun I	0.82	Des I	0.47
II	0.79	II	0.64

Hasil penelitian menunjukkan nilai terbesar yaitu 2,11 m³/det terjadi di bulan Januari I dan debit minimum 0,21 m³/det terdapat di bulan Oktober 2. Penelitian lain yang mendukung penelitian ini adalah yang dilakukan di Desa Pematang Panjang Kecamatan Sungai Tabuk (Sofia et al., 2023) yaitu diperoleh debit maksimum adalah 1,961 m³/det yang terjadi pada Februari I dan debit minimum 0,103 m³/det yang terjadi pada bulan Agustus I. Selain nilai maksimum dan minimum yang relatif dekat bulan terjadinya maksimum juga berdekatan. Perbedaan dapat disebabkan oleh perbedaan penggunaan formula di mana penelitian sebelumnya menggunakan metode Penman-Monteith sementara penelitian ini menggunakan metode Penman Modifikasi.

Faktor penting yang mempengaruhi nilai ketersediaan air di sebuah lahan persawahan merupakan perubahan curah hujan yang sangat menentukan terhadap ketersediaan air (Hamdani & Susanti, 2017). Terjadinya perubahan iklim dapat dilihat seperti kejadian-kejadian ekstrim yang lebih

sering terjadi, seperti banjir, kekeringan, dan permasalahan yang erat hubungannya dengan pengelolaan sumber daya air untuk pertanian (Herlina & Prasetyorini, 2020). Jumlah ketersediaan air sendiri berpengaruh besar terhadap hasil produksi padi di sawah, hal tersebut karena dalam pertumbuhannya padi memerlukan takaran air yang sesuai yaitu tidak berlebih atau kurang agar pertumbuhan menjadi optimum.

Neraca Air

Penghitungan neraca air digunakan untuk mengevaluasi apakah air yang tersedia cukup untuk memenuhi kebutuhan air irigasi. Ini melibatkan perbandingan antara jumlah air yang tersedia dan yang dibutuhkan di suatu lokasi pada periode tertentu, untuk menentukan apakah terdapat jumlah kelebihan (*surplus*) atau kekurangan (*defisit*) air. Neraca dikatakan "*surplus*" ketika hasil persamaan adalah positif sedangkan "*defisit*" terjadi ketika hasil persamaan negatif.

Analisis neraca air dengan metode *surplus* dan *defisit* air diperoleh dari membandingkan debit ketersediaan air dikurangkan dengan kebutuhan air. Ketersediaan air sebelumnya telah dihitung menggunakan metode Mock dengan luas lahan pertanian 737,8 Ha berdasarkan data tengah bulanan selama 20 tahun. Kebutuhan air dihitung berdasarkan perhitungan satu kali masa tanam dalam setahun dengan padi biasa. Hasil perhitungannya ditampilkan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Neraca Air DIR Antarasan Sutan

Bulan		Ketersediaan Air m ³ /det	Kebutuhan Air m ³ /det	Neraca Air m ³ /det	Keterangan
Jan	I	2.11	0	2.11	Surplus
	II	1.90	0	1.90	Surplus
Feb	I	1.92	0.00	1.92	Surplus
	II	1.74	0.00	1.74	Surplus
Mar	I	1.55	0.90	1.55	Surplus
	II	1.25	1.09	1.25	Surplus
Apr	I	1.24	0.23	1.24	Surplus
	II	1.09	0.55	1.09	Surplus
May	I	1.03	0.62	1.03	Surplus
	II	0.89	0.62	0.89	Surplus
Jun	I	0.82	0.73	0.82	Surplus
	II	0.79	0.41	0.79	Surplus
Jul	I	0.72	0.19	0.72	Surplus
	II	0.59	0.22	0.59	Surplus
Aug	I	0.52	0	0.52	Surplus
	II	0.41	0	0.41	Surplus
Sep	I	0.32	0	0.32	Surplus
	II	0.28	0	0.28	Surplus
Oct	I	0.24	0	0.24	Surplus
	II	0.21	0	0.21	Surplus
Nov	I	0.29	0	0.29	Surplus

Bulan	Ketersediaan Air m ³ /det	Kebutuhan Air m ³ /det	Neraca Air m ³ /det	Keterangan	
	II	0.33	0	0.33	Surplus
Dec	I	0.47	0	0.47	Surplus
	II	0.64	0	0.64	Surplus

Hasil perhitungan neraca air menunjukkan bahwa debit maksimum terjadi pada bulan Januari I sebesar 2,11 m³/det. Ketersediaan air tidak terdapat bulan yang *defisit* air atau seluruhnya bulan *surplus* air. Dapat disimpulkan bahwa ketersediaan air mencukupi kebutuhannya. Pengelolaan air irigasi di daerah rawa pasang surut tetap diperlukan karena dapat terjadi perubahan iklim sehingga dapat menyebabkan terjadinya kekeringan (Suciantini et al., 2008).

KESIMPULAN

Kesimpulan

Penelitian memperoleh kesimpulan bahwa debit kebutuhan air dengan pola tanam padi biasa masa tanam satu kali setahun sesuai dengan keadaan eksisting dengan luas 737,8 Ha dan musim tanam dimulai pada bulan Maret menunjukkan bahwa nilai maksimum yaitu bulan Maret II sebesar 1,09 m³/det dan debit kebutuhan air minimum yaitu bulan Juli II sebesar 0,19 m³/det.

Debit minimum DIR Antasan Sutun untuk memenuhi keperluan pertanian dengan peluang terpenuhi sebesar 80%, diperoleh nilai debit andalan (Q80) maksimum sebesar 2,11 m³/det pada bulan Januari I, dan debit andalan (Q80) minimum pada bulan Oktober II sebesar 0,21 m³/det.

Dari hasil data ketersediaan air dan data kebutuhan air diperoleh analisis neraca air pada DIR Antasan Sutun yang seluruhnya menyatakan *suplus* air. Hal ini berarti bahwa air yang tersedia di DIR Antasan Sutun dapat memenuhi kebutuhan lahan pertaniannya dengan masa tanam satu kali setahun (bulan Maret – September).

REFERENSI

Agusri, E., Martini, R. A. S., & Aprilyansah, A. 2022. Analisis Ketersediaan Air Irigasi dalam Memenuhi Kebutuhan Air Persawahan Desa Sumberjo Kabupaten Pali. *Deformasi*, 7(2), 161–173.

Amal, N., Helda, N., Rusdiansyah, A., & Wijayanto, M. . . 2022. Analysis of hydrology parameters in a tropical wetland as an early approach to identify a drought risk in a peatland area. *IOP*

Conf. Series Earth and Environmental Science.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/999/1/012011>

Amal, Nilna. 2023. Hubungan Evapotranspirasi, Hujan dan Elevasi Muka Air Tanah pada Lahan Gambut Tropis Sebagai Awal Penentuan Kondisi Lahan Basah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(4), 830–838.

Amalia, M., Sofia, E., & Munanjar, M. C. 2022. Analisis Potensi Air Untuk Peningkatan Indeks Pertanaman Pada Lahan Pertanian DIR Danda Jaya Barito Kuala. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Basah*, 7(3), 105–110.

Baskoro, A., Suripin, & Suprpto. 2024. Analisis Evapotranspirasi Metode Penman Modifikasi dan Thornthaite terhadap Pemodelan Debit FJ. Mock. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 12(1), 39–50.

Dewi, E. Y., & Chayati, C. 2020. Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih Untuk Menanggulangi Bencana Kering Kritis Di Desa Monek Timur Kabupaten Sumenep. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 2(1), 9. <https://doi.org/10.26740/proteksi.v2n1.p9-14>

Fakhrurrazi, F., Agoes, H. F., & Anggeriyani, D. 2018. Tinjauan Debit Andalan Untuk Irigasi Di Kecamatan Sungai Tabuk Kabupaten Banjar. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 2(1), 33. <https://doi.org/10.31961/gradasi.v2i1.537>

Hamdani, A. F., & Susanti, N. E. 2017. Analisis Kajian Meteorologis Ketersediaan dan Tingkat Kekritisan Air Domestik Desa Girimoyo, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang. *Seminar Nasional Hasil Penelitian Universitas Kanjuruhan Malang*, 5(1), 10–15.

Herlina, N., & Prasetyorini, A. 2020. Pengaruh Perubahan Iklim pada Musim Tanam dan Produktivitas Jagung (*Zea*). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(1), 118–128. <https://doi.org/10.18343/jipi.25.1.118>

- Kamiana, I. M., Nindito, D. A., & Wulandari, A. 2022. Pemodelan Fisik Konstruksi Kelompok Tiang dalam Mereduksi Aliran Super Kritis di Hilir Pintu Air Tipe Flap. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(2), 67-73
- Laksono, R. A., & Irawan, Y. 2018. Pengaruh sistem tanam dan tinggi genangan air terhadap produktivitas tanaman padi kultivar Mekongga di Kabupaten Karawang Effect of planting system and flooding on productivity of paddy cultivar Mekongga in Karawang District Pendahuluan. *Jurnal Kultivasi*, 17(2), 639–647.
- Oktaviansyah, T., Asta, & Handayani, R. 2021. Estimasi Analisis Hidrologi Pada Sistem Jaringan Irigasi Daerah Sajau Hilir Ujung Kecamatan Tanjung. *Rancang Bangun Teknik Sipil*, 7(1), 10–18.
- Rosytha, A., & Cristiyani, A. 2022. Perencanaan Sistem Distribusi Air Bersih Kecamatan Maduran Kabupaten Lamongan. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(1), 48-58.
- Setiyawan, Andise, V. W., & Anzar, L. A. 2017. Analisis Ketersediaan Air Dengan Metode F.J Mock Pada Daerah Persawahan Desa Poboya Palu Sulawesi Tengah. *Infrastruktur*, 7(2), 18–26.
- Sofia, E., Hidayat, G., Risyandha, M. A., & Rasyid, M. M. 2023. Analisis Ketersediaan Air Pada Lahan Pertanian Daerah Pematang Panjang, Kecamatan Sungai Tabuk. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 9(2), 55–62. <https://doi.org/10.20527/jukung.v9i2.17572>
- Sonata, E. S. A. 2021. Analisis Ketersediaan Air pada Polder Rakyat Tambak Anyar di Kabupaten Banjar. In *Tugas Akhir*. Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- Suciantini, ., Impron, ., & Boer, R. 2008. Penilaian Risiko Iklim Pada Sistem Pertanian Ekosistem Lahan Rawa Pasang Surut (Studi Kasus Di Delta Telang I, Delta Telang II Dan Delta Air Saleh, Banyuasin, Sumatera Selatan). *Agromet*, 22(2), 118–131.
- Sutopo, Y., & Utomo, karuniadi S. 2019. *Irigasi & Bangunan Air*. LPPM Universitas Negeri Semarang.
- Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset.
- Vania, F. D., Nomeritae, & Kamiana, I. M. 2022. Analisis Neraca Air Pada Daerah Irigasi Rawa Gambut Di Desa Talio Hulu. *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 21(2), 150–160. <https://doi.org/10.35760/dk.2022.v21i2.7087>
- Wiguna, P.P.K. 2019. Metode Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi, Udayana, Denpasar.

Analisa Efisiensi dan Produktivitas Pekerjaan Kolom Pada Proyek Gedung 7 Lantai Universitas Kadiri

Analysis of Efficiency and Productivity of Column Work in the 7-Story Building Project of Kadiri University

Faiz Muhammad Azhari¹, Sumargono², Agata Iwan Candra³

¹²³Fakultas Teknik, Universitas Kadiri, Jawa Timur, Indonesia
Email : faiz_azhari@unik-kediri.ac.id

Abstrak

Pembangunan gedung Universitas Kadiri terus berkembang pesat. Kolom beton bertulang merupakan pilihan yang paling umum digunakan dalam pembangunan gedung-gedung tinggi. Namun, pekerjaan kolom membutuhkan tenaga kerja yang cukup banyak. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penambahan tenaga kerja terhadap produktivitas dan efisiensi pekerjaan kolom. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Data waktu kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap aktivitas kerja kolom diperoleh dari observasi menggunakan alat stopwatch. Data tersebut kemudian digunakan untuk menghitung waktu normal, allowance, waktu standar, output standar, produktivitas, dan efisiensi. Penambahan tenaga kerja dari 6 menjadi 7 dapat meningkatkan produktivitas sebesar 3,29% dan efisiensi sebesar 6,54%. Peningkatan produktivitas relatif kecil dibandingkan dengan peningkatan efisiensinya. Temuan ini memberikan bukti empiris bahwa penambahan tenaga kerja dapat meningkatkan efisiensi pekerjaan kolom.

Kata Kunci: Produktivitas, Efisiensi, Penambahan tenaga kerja, Pekerjaan kolom

Abstract

The construction of Kediri University buildings continues to develop rapidly. Reinforced concrete columns are the most commonly used choice in the construction of tall buildings. However, column work requires quite a lot of labor. The aim of this research is to analyze the effect of increasing labor on the productivity and efficiency of column work. This research uses quantitative methods. Data on working time required to complete each column work activity obtained from observations using a stopwatch. This data is then used to calculate normal time, allowances, time standards, output standards, productivity and efficiency. Adding workers from 6 to 7 can increase productivity by 3.29% and efficiency by 6.54%. The increase in productivity is relatively small compared to the increase in efficiency. These findings provide empirical evidence that additional labor can increase the efficiency of column work.

Keywords: *Productivity, Efficiency, Additional labor, Column work*

PENDAHULUAN

Pembangunan di wilayah Jawa Timur terus berkembang pesat. Hal ini ditandai dengan meningkatnya jumlah pembangunan gedung-gedung tinggi (Ervianto, 2019). Untuk mendukung pembangunan gedung-gedung tinggi, khususnya gedung lantai 7 Universitas Kadiri diperlukan kolom bangunan yang kuat dan tahan lama. Kolom beton bertulang merupakan pilihan yang paling umum digunakan dalam pembangunan di wilayah Jawa

Timur. Hal ini karena kolom beton bertulang memiliki kekuatan yang tinggi dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan desain bangunan. Selain kolom beton bertulang, kolom baja juga mulai banyak digunakan dalam pembangunan di wilayah Jawa Timur (Tan Sri Muhyiddin Yassin, 2013). Hal ini karena kolom baja memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan kolom beton bertulang. Namun, kolom baja memiliki biaya yang lebih mahal dibandingkan kolom beton bertulang.

Dalam aktivitas kerja kolom dibutuhkan tenaga kerja yang mampu melaksanakan pekerjaan sesuai target. Secara eksisting target dari perusahaan konstruksi untuk pembangunan gedung ini adalah 10 unit kolom dimensi 40 cm x 40 cm x 420 cm dengan durasi kerja 9 jam menggunakan 6 tenaga kerja. Namun, dalam kasus lapangan kurun waktu 6 bulan target tersebut masih sulit dicapai. Ketidak capaian tersebut dikarenakan durasi waktu kerja setiap kolom berbeda-beda, karena masing – masing tenaga kerja didapati masih melakukan terlalu banyak kelonggaran dalam bekerja, sehingga kinerja mereka tidak seimbang dengan kelonggaran waktu yang diberikan. Untuk meningkatkan kinerja tapi tidak menutup kapasitas kelonggaran kerja, diperlukan pengukuran kerja yang tepat terkait dengan efisiensi dan produktivitas bagi mereka.

Telah ada studi tentang produktivitas dan efisiensi kerja yang menggunakan motion study dengan mengukur waktu baku yang tepat dengan mempertimbangkan massa benda yang digunakan antara 45 Newton hingga 800 Newton dengan parameter observasi menggunakan stopwatch dengan aktivitas kerja bervariasi (Liu et al., 2023; Lopetegui et al., 2014; You & You, 2023). Target produksi 8 ton hanya mampu dicapai 7,7 ton sehingga dengan analisa motion study, dapat tercapai dengan menambah 1 tenaga kerja untuk meningkatkan kinerja sebesar 63% dengan estimasi waktu 116,55 detik pada aktivitas produktif (Dewi et al., 2019; Fajrina et al., 2019; Septian & Herwanto, 2022; Zamrudi & Nursanti, 2020). Namun, berbeda dengan aktivitas produksi yang menghasilkan 121.350 unit, dalam kasus ini mampu meningkat sebesar 134.100 unit dengan produktivitas sebesar 10,5%.

Berdasarkan temuan yang ada, belum ada yang mengulas tentang performance rating, allowance dan efisiensi aktivitas kerja pada kolom dimensi 40 cm x 40 cm x 420 cm di Gedung Universitas Kadiri. Untuk memperbaiki temuan yang ada, studi ini akan meningkatkan efisiensi aktivitas pekerjaan kolom dimensi 40 cm x 40 cm x 420 cm yang akan meningkat > 1 % agar waktu kerja dapat berkurang. Selain itu untuk meningkatkan produktivitas > 1% dengan menambah 1 tenaga kerja agar optimal. Parameter yang digunakan mencakup Penentuan Ukuran dan Pematangan Tripleks, Penentuan As Kolom, Pemasangan Bekisting pada Marka, Persiapan Material Pasir, Kerangka Tulangan dan Batuan, Proses Pengecoran dan Pembongkaran Bekisting dan Curring pada gedung Universitas Kadiri. Pengukuran efisien dan produktivitas menggunakan dasar (Liu et al., 2023; Septian & Herwanto, 2022) untuk meningkatkan

akurasi pengaturan waktu waktu standar dan output standar menggunakan perspektif performance rating dan allowance (de la Riva et al., 2015). Dengan kedua perspektif tersebut, dalam aktivitas kerja pemasangan kolom dimensi 40 cm x 40 cm x 420 cm telah memiliki tingkat kinerja dan tingkat kelonggaran kerja baik digunakan untuk waktu istirahat, waktu konsumsi maupun rehat sejenak saat kerja.

Tujuan penelitian untuk menganalisis pengaruh penambahan tenaga kerja terhadap produktivitas dan efisiensi pekerjaan kolom. Penelitian ini dilakukan dengan data waktu standar per aktivitas kerja kolom yang diperoleh dari observasi menggunakan alat stopwatch untuk menentukan waktu per aktivitas antara lain: Penentuan Ukuran dan Pematangan Tripleks, Penentuan As Kolom, Pemasangan Bekisting pada Marka, Persiapan Material Pasir, Kerangka Tulangan dan Batuan, Proses Pengecoran dan Pembongkaran Bekisting dan Curring, kemudian digunakan untuk menghitung produktivitas dan efisiensi pekerjaan kolom dengan jumlah tenaga kerja yang berbeda.

Penelitian ini memberikan kontribusi mengenai penambahan tenaga kerja terhadap produktivitas dan efisiensi pekerjaan kolom dan meningkatkan efisiensi pekerjaan kolom. Dengan mengetahui pengaruh penambahan tenaga kerja terhadap efisiensi, maka dapat dilakukan perencanaan dan penganggaran yang lebih optimal.

METODE

Desain penelitian menggunakan kuantitatif (Sugiyono, 2016). Keputusan ini dikarenakan analisa efisiensi dan produktivitas menggunakan acuan waktu masing – masing aktivitas pekerjaan kolom dimensi 40 cm x 40 cm x 420 cm di Universitas Kadiri.

Populasi penelitian merupakan aktivitas pekerjaan bangunan gedung di Universitas Kadiri. Teknik pengambilan sampel menggunakan non probability sampling dengan model sampling purposive untuk mempertimbangkan evaluasi aktivitas di pembangunan gedung tersebut, yaitu dipilih hanya pada aktivitas pekerjaan kolom dimensi 40 cm x 40 cm x 420 cm dengan ukuran sampel sejumlah 6 aktivitas pekerjaan kolom menggunakan pertimbangan 1 kolom dapat selesai 6 tenaga kerja (Sugiyono, 2021; Zamrudi & Nursanti, 2020).

Stopwatch adalah alat yang digunakan untuk mengukur waktu secara akurat (Dewi et al., 2019; Liu et al., 2023; Yudisha, 2021). Dalam penelitian ini, stopwatch digunakan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap

aktivitas kerja kolom (Afiani & Pujotomo, 2017; Lopetegui et al., 2014; You & You, 2023). Waktu kerja yang diukur meliputi waktu untuk penentuan ukuran dan pemotongan tripleks, penentuan as kolom, pemasangan bekisting pada marka, persiapan material pasir, kerangka tulangan dan batuan, proses pengecoran, dan pembongkaran bekisting dan curring. Pengukuran waktu kerja dilakukan dengan menggunakan stopwatch. Pengamatan dilakukan terhadap setiap aktivitas kerja kolom (Ervianto, 2019; Fajrina et al., 2019; Kusumadewi et al., 2022; Shiha et al., 2023). Waktu kerja yang diukur adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan aktivitas kerja secara lengkap, mulai dari persiapan hingga penyelesaian (Herlina, 2019; Panjaitan et al., 2021; Septian & Herwanto, 2022).

Uji keseragaman data digunakan untuk menguji apakah data yang diperoleh berdistribusi normal (Cindy Vidya Devina et al., 2021; de Hond et al., 2021; Mustafa et al., 2022). Uji kecukupan data digunakan untuk menguji apakah data yang diperoleh cukup untuk melakukan analisis (Beuschel et al., 2023; Sinsky et al., 2021). Melakukan perhitungan tingkat performa menggunakan perspektif skill, effort, condition, dan consistency (Formentini & Ramanujan, 2023; Gunawan & Wahyudin, 2022; Miranda & Tripiawan, 2019). Perhitungan waktu normal digunakan untuk menghitung waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu aktivitas kerja secara normal dan efisien (Puvanasvaran et al., 2013; Widagdo, 2016). Menentukan tingkat kelonggaran masing – masing aktivitas kerja kolom menggunakan kapasitas tenaga yang dikeluarkan, sikap kerja, gerakan kerja, kelelahan mata, dan temperatur lingkungan kerja (Mufida et al., 2018; Pratiwi et al., 2022) Perhitungan output standar digunakan untuk menghitung jumlah unit pekerjaan yang dapat diselesaikan dalam waktu tertentu (Maulana, 2017; Rog et al., 2023; Soleh et al., 2020). Perhitungan produktivitas digunakan untuk menghitung jumlah unit pekerjaan yang dapat diselesaikan dalam satuan waktu tertentu (Bassi et al., 2023; Kasaw Kibret et al., 2020; Noprianty et al., 2020). Perhitungan efisiensi digunakan untuk menghitung perbandingan antara waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan secara aktual dengan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan secara normal dan efisien (Ervianto, 2019; Fardiansyah et al., 2022; Khadijah et al., 2016).

Diagram alur penelitian gambar 1, sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Keseragaman Data dan Kecukupan Data

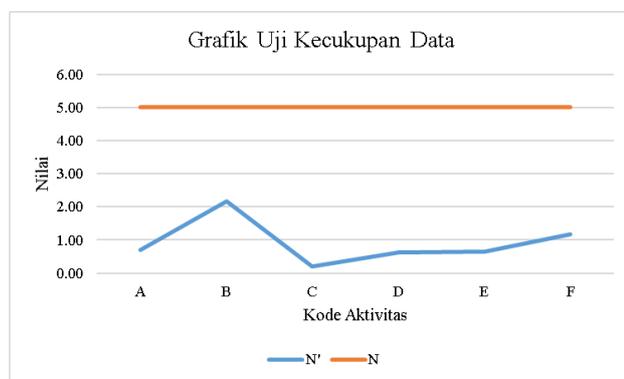
Tabel 1. Keseragaman Data

Aktivitas Bekisting	Kode	Percobaan (menit)	ke-					Rata-rata	Deviasi	BKA	BKB	
			1	2	3	4	5					
Penentuan Ukuran dan Pemotongan Tripleks	A	5	5	5	5	5	5	2	5	0	5	5
			.	.	.	.	.	8	.	.	.	.
			5	5	7	8	6	.	6	1	8	3
Penentuan As Kolom	B	5	0	0	0	0	0	1	2	2	5	9
			3	3	3	3	3	1	3	0	3	3
			.	.	.	.	.	6	.	.	.	.
Pemasangan Bekisting pada Marka	C	5	2	1	4	2	4	.	2	1	5	0
			0	0	0	0	0	3	6	2	0	2
			1	1	1	1	1	7	1	0	1	1
Persiapan Material Pasir, Kerangka Tulangan dan Batuan	D	5	4	4	4	4	4	1	4	.	4	4
		
			5	3	2	6	2	.	3	1	6	0
Proses Pengecoran	E	5	0	0	0	0	0	8	6	6	8	4
			1	1	1	1	1	6	1	0	1	1
			3	3	4	3	3	7	3	0	4	3
Proses Pengecoran	E	5	.	.	.	.	.	8	.	.	.	.
			4	6	0	6	2	.	5	2	0	0
			0	0	0	0	0	8	6	7	8	4
Proses Pengecoran	E	5	2	2	2	2	2	1	2	0	2	2
			8	8	7	7	7	3	7	0	8	6
			.	.	.	.	.	8	.	.	.	.
Proses Pengecoran	E	5	5	4	4	1	5	.	7	5	8	6
			0	0	0	0	0	9	8	6	8	8
		

Pembongkaran Bekisting dan Curring	F	5	4	4	4	4	2	4	0	4	4
			5	3	6	5	3	4	1	6	2
			0	0	0	0	0	2	4	2	8

Sumber: olah data, 2023

Aktivitas yang paling lama adalah proses pengecoran, yaitu sekitar 27,8 menit. Hal ini disebabkan oleh proses pengecoran yang membutuhkan waktu untuk menuangkan beton, meratakan beton, dan menutup permukaan beton. Aktivitas yang paling cepat adalah penentuan as kolom, yaitu sekitar 3,26 menit. Hal ini disebabkan oleh aktivitas ini hanya membutuhkan waktu untuk mengukur dan menandai titik as kolom. Secara keseluruhan, waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan bekisting kolom adalah wajar dan sesuai dengan standar yang berlaku.



Gambar 2. Grafik Uji Kecukupan Data

Nilai N' untuk aktivitas ini lebih kecil dari N, sehingga dapat disimpulkan bahwa data yang diperoleh sudah cukup untuk melakukan analisis.

3.2 Performance Rating

Tabel 2. Performance Rating Aktivitas Kerja Kolom

Kode	Skill	Effort	Condition	Consistency	Performance Rating
A	0.08	0.08	0.02	0.02	1.20
B	0.05	0.004	0.04	0.01	1.10
C	0.05	0.1	0.02	0.01	1.18
D	0.06	0.05	0.07	0.02	1.20
E	0.05	0.05	0.04	0.01	1.15
F	0.06	0.08	0.02	0.01	1.17

Kinerja kerja kolom secara keseluruhan adalah baik. Hal ini ditunjukkan oleh nilai Performance Rating yang berkisar antara 1,10 hingga 1,20. Nilai Performance Rating yang lebih tinggi menunjukkan kinerja kerja yang lebih baik.

3.3 Penentuan Waktu Normal Per Aktivitas Kerja Kolom

Tabel 1. Penentuan Waktu Normal Per Aktivitas Kerja Kolom

Kode	Waktu Siklus (Ws) (jam)	Performance Rating	Waktu Normal (menit)
A	5.62	1.20	6.74
B	3.26	1.10	3.60
C	14.36	1.18	16.94
D	13.56	1.20	16.27
E	27.78	1.15	31.95
F	4.44	1.17	5.19

Waktu normal per aktivitas kerja kolom dapat ditentukan dengan mengalikan waktu siklus dengan Performance Rating. Waktu normal merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu aktivitas kerja secara normal, yaitu dengan keterampilan, usaha, kondisi, dan konsistensi yang tinggi. Waktu normal per aktivitas kerja kolom adalah wajar dan sesuai dengan standar yang berlaku. Hal ini ditunjukkan oleh nilai waktu normal yang berkisar antara 3,60 hingga 31,95 menit. Nilai waktu normal yang lebih tinggi menunjukkan aktivitas kerja yang lebih kompleks dan membutuhkan waktu lebih lama untuk diselesaikan. Waktu normal per aktivitas kerja kolom dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan waktu baku. Waktu baku merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu aktivitas kerja secara normal dan efisien.

3.4 Allowance

Allowance untuk pekerjaan bekisting kolom adalah 18%. Hal ini berarti bahwa waktu baku untuk menyelesaikan pekerjaan bekisting kolom adalah 1,18 kali waktu normal. Allowance yang tinggi pada beberapa aktivitas kerja kolom, yaitu 23% untuk aktivitas pemasangan bekisting pada marka, 27% untuk aktivitas persiapan material pasir, kerangka tulangan dan batuan, dan 21% untuk aktivitas proses pengecoran, menunjukkan bahwa aktivitas kerja tersebut membutuhkan waktu yang lebih lama untuk diselesaikan karena faktor-faktor tertentu, seperti tenaga yang dikeluarkan, sikap kerja, gerakan kerja, kelelahan mata, dan temperatur. Dengan adanya allowance, waktu baku yang ditentukan akan lebih akurat dan realistis. Hal ini penting untuk memastikan bahwa pekerjaan dapat diselesaikan dengan efisien dan efektif.

3.5 Waktu Standar Aktivitas Kerja dan Output Standar Per Kolom

Tabel 4. Waktu Standar Aktivitas Kerja Kolom

Kode	Penentuan Waktu Normal (Wn)	Wb (menit)
A	6.74	8.20
B	3.60	4.38
C	16.94	20.60
D	16.27	19.78
E	31.95	38.84
F	5.19	6.32
Total Waktu (menit)		98.12
Output Standar (unit)		5.5

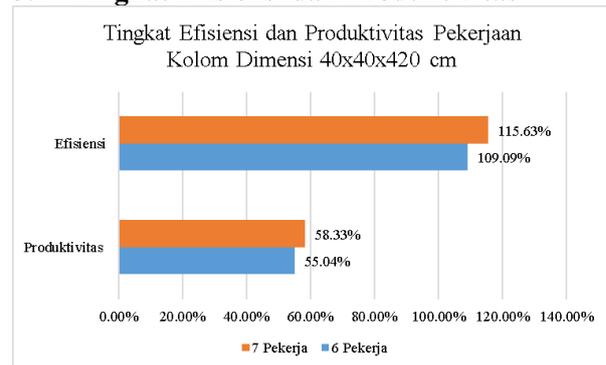
Waktu standar per aktivitas kerja kolom adalah wajar dan sesuai dengan standar yang berlaku. Hal ini ditunjukkan oleh nilai waktu standar yang berkisar antara 4,38 hingga 38,84 menit. Nilai waktu standar yang lebih tinggi menunjukkan aktivitas kerja yang lebih kompleks dan membutuhkan waktu lebih lama untuk diselesaikan. Waktu standar total untuk pekerjaan bekisting kolom adalah 98,12 menit. Hal ini berarti bahwa untuk menyelesaikan pekerjaan bekisting kolom secara normal dan efisien, dibutuhkan waktu sekitar 1 jam 38 menit. Output standar per kolom adalah 5,5 unit. Hal ini berarti bahwa dengan waktu standar 98,12 menit, dapat diselesaikan 5,5 kolom bekisting.

3.6 Simulasi Jumlah Tenaga Kerja, Produktivitas dan Efisiensi Pekerjaan Kolom

Kondisi eksisting dalam pekerjaan kolom membutuhkan 6 tenaga kerja untuk menyelesaikan pekerjaan 1 kolom dimensi 40 x 40 x 420 cm. Temuan yang dihasilkan dari output standar dalam menentukan penyelesaian kolom dapat di selesaikan sejumlah 5,5 kolom dengan jumlah 6 tenaga kerja dalam kurun waktu 9 jam sesuai jam kerja eksisting.

Untuk menyelesaikan pekerjaan kolom lebih cepat akan digunakan simulasi sejumlah 7 tenaga kerja, sehingga simulasi 6 tenaga kerja dan 7 tenaga kerjamemiliki tingkat produktivitas sebagai berikut.

3.7 Tingkat Efisiensi dan Produktivitas



Gambar 3. Tingkat Efisiensi dan Produktivitas Pekerjaan Kolom Dimensi 40x40x420 cm

Penambahan tenaga kerja dari 6 menjadi 7 dapat meningkatkan produktivitas sebesar 3,29%. Penambahan tenaga kerja dari 6 menjadi 7 dapat meningkatkan efisiensi sebesar 6,54%. Peningkatan produktivitas sebesar 3,29% dapat diartikan bahwa dengan penambahan 1 tenaga kerja, produktivitas dapat meningkat sebesar 0,54%. Peningkatan ini disebabkan oleh adanya pembagian kerja yang lebih baik dan pemanfaatan tenaga kerja yang lebih optimal. Peningkatan efisiensi sebesar 6,54% dapat diartikan bahwa dengan penambahan 1 tenaga kerja, waktu kerja dapat berkurang sebesar 0,71 jam. Peningkatan ini disebabkan oleh adanya pengurangan waktu menganggur akibat pembagian kerja yang lebih baik.

Penambahan tenaga kerja dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi pekerjaan kolom. Namun, peningkatan produktivitasnya relatif kecil dibandingkan dengan peningkatan efisiensinya. Peningkatan produktivitas sebesar 3,29% dapat dikatakan relatif kecil karena dipengaruhi oleh berbagai faktor lain, seperti keterampilan dan pengalaman tenaga kerja, peralatan dan perlengkapan yang digunakan, serta perencanaan dan pengkoordinasian yang baik. Sementara itu, peningkatan efisiensi sebesar 6,54% dapat dikatakan relatif besar karena disebabkan oleh adanya pembagian kerja yang lebih baik dan pemanfaatan tenaga kerja yang lebih optimal.

KESIMPULAN

Penambahan tenaga kerja dari 6 menjadi 7 dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi pekerjaan kolom. Peningkatan produktivitas sebesar 3,29% dapat diartikan bahwa dengan penambahan 1 tenaga kerja, produktivitas dapat meningkat sebesar 0,54%. Peningkatan efisiensi sebesar 6,54% dapat diartikan bahwa dengan penambahan 1 tenaga kerja,

waktu kerja dapat berkurang sebesar 0,71 jam. Peningkatan produktivitas relatif kecil dibandingkan dengan peningkatan efisiensinya. Peningkatan produktivitas sebesar 3,29% dapat dikatakan relatif kecil karena dipengaruhi oleh berbagai faktor lain, seperti keterampilan dan pengalaman tenaga kerja, peralatan dan perlengkapan yang digunakan, serta perencanaan dan pengkoordinasian yang baik. Sementara itu, peningkatan efisiensi sebesar 6,54% dapat dikatakan relatif besar karena disebabkan oleh adanya pembagian kerja yang lebih baik dan pemanfaatan tenaga kerja yang lebih optimal.

Penambahan tenaga kerja dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi pekerjaan kolom. Peningkatan produktivitasnya relatif kecil dibandingkan dengan peningkatan efisiensinya. Untuk meningkatkan produktivitas pekerjaan kolom secara optimal, perlu dipertimbangkan berbagai faktor lain, seperti keterampilan dan pengalaman tenaga kerja, peralatan dan perlengkapan yang digunakan, serta perencanaan dan pengkoordinasian yang baik.

Temuan ini memberikan bukti empiris bahwa penambahan tenaga kerja dapat meningkatkan efisiensi pekerjaan kolom. Peningkatan efisiensi sebesar 6,54% dapat dikatakan relatif besar karena disebabkan oleh adanya pembagian kerja yang lebih baik dan pemanfaatan tenaga kerja yang lebih optimal. Temuan ini juga sebagai referensi dalam meningkatkan efisiensi pekerjaan kolom. Dengan mengetahui pengaruh penambahan tenaga kerja terhadap efisiensi, maka dapat dilakukan perencanaan dan penganggaran yang lebih optimal..

REFERENSI

- Afiani, R., & Pujotomo, D. 2017. Penentuan Waktu Baku dengan Metode Stopwatch TIME Study Studi Kasus Cv.mans Group. *None*, 6(1).
- Bassi, M., Apolito, P., Aspide, R., Cappello, A., Allegri, D., Fabbri, C., Ghersi, S., Indelicato, G., Cascone, C., Tiacci, M., Tubertini, P., Ghedini, P., Guicciardi, S., & Cennamo, V. 2023. Workforce availability on the intraprocedural stage of endoscopy procedures: a single-center time and motion preliminary efficiency study. *IGIE*, 2(2), 161–169. <https://doi.org/10.1016/j.igie.2023.03.002>
- Beuschel, T., Gootee, E., Jordan, M., Sikkenga, T., Klepser, D. G., Holmquist, H., de Voest, A., & Klepser, M. E. 2023. Time and motion study of hepatitis C virus point-of-care testing in community pharmacies. *Journal of the American Pharmacists Association*, 63(1), 435–439.

<https://doi.org/10.1016/j.japh.2022.11.002>

- Bustamin, M. O., Asid, N. J., & Alnurtama, M. R. 2023. Analisis Pengaruh Penerapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Terhadap Kinerja Pekerja Konstruksi Menggunakan Metode Random Sampling. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 5(2), 99-107.
- Cindy Vidya Devina, R., Satori, M., & Aviasti. 2021. Implementasi Time and Motion Study dan Analisis Beban Kerja pada Stasiun Kerja Packing Produk Iberet Folic PT. Abbott Indonesia. *Prosiding Teknik Industri*, 1, 52–59.
- De Hond, T., Keuning, B., Oosterheert, J. J., Blom-Ham, W., Schoonhoven, L., & Kaasjager, K. 2021. Differences in Documented and Actual Medication Administration Time in the Emergency Department: A Prospective, Observational, Time-Motion Study. *Journal of Emergency Nursing*, 47(6), 860–869. <https://doi.org/10.1016/j.jen.2021.07.002>
- De la Riva, J., Garcia, A. I., Reyes, R. M., & Woocay, A. 2015. Methodology to Determine Time Allowance by Work Sampling Using Heart Rate. *Procedia Manufacturing*, 3(Ahfe), 6490–6497. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.934>
- Dewi, N. F., Yulistiy, D., & Hidayat, C. 2019. Analisis Beban Kerja Dengan Metode Time and Emotion Study Di Unit Sekretariat Rumah Sakit X. *Jurnal Administrasi Bisnis Terapan*, 2(1). <https://doi.org/10.7454/jabt.v2i1.70>
- Ervianto, W. I. 2019. Pengukuran Produktivitas Kelompok Pekerja Bangunan Dalam Proyek Konstruksi (Studi Kasus Proyek Gedung Bertingkat di Surakarta). *Jurnal Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, 9(1), 31–42.
- Fajrina, N. N., Taviyastuti, T., & Rustono, R. 2019. Pengaruh Implementasi Time and Motion Study Dan Biaya Bahan Baku Terhadap Biaya Finishing Produk Pada Departemen Finishing Pt Harrison & Gil Java Semarang. *Admisi Dan Bisnis*, 20(1), 75. <https://doi.org/10.32497/ab.v20i1.1427>
- Fardiansyah, I., Widodo, T., & Anggraini, W. 2022. Pengukuran Waktu Kerja Dengan Metode Time Motion Study Untuk Meningkatkan Produktivitas Kerja Produksi Greenware (Studi kasus : PT XYZ). *Journal Industrial*

- Manufacturing*, 7(2), 85.
<https://doi.org/10.31000/jim.v7i2.6924>
- Formentini, G., & Ramanujan, D. 2023. Accounting For Product End-of-Life Status in Disassembly Time Estimation Using Modified Maynard Operation Sequences. *Procedia CIRP*, 116, 305–311.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.02.052>
- Gunawan, R., & Wahyudin, W. 2022. Usulan Penentuan Waktu Baku Metode Jam Henti Pada Proses Pengemasan Produk Kangkung Akar 250gr. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 8(2), 223.
<https://doi.org/10.24014/jti.v8i2.19631>
- Herlina, R. L. 2019. Analisis Gerakan-Gerakan Kerja Pada Pembuatan Rumah Kunci Dengan Menggunakan Metode Motion Study. *Ensains Journal*, 2(3), 215–221.
- Kasaw Kibret, A., Fisseha Gebremeskel, B., Embaye Gezae, K., & Solomon Tsegay, G. 2020. Work-Related Musculoskeletal Disorders and Associated Factors Among Bankers in Ethiopia, 2018. *Pain Research & Management*, 2020, 8735169.
<https://doi.org/10.1155/2020/8735169>
- Khadijah, I., Kusumawardhani, A., & Manajemen, J. 2016. Analisis Pengukuran Kerja Untuk Mengoptimalkan Produktivitas Menggunakan Metode Time and Motion Study. *Diponegoro Journal of Management*, 5(3), 1–15.
- Kusumadewi, A., Pravitasari, F., & Nurherawati, F. 2022. Determination of Production Targets on Sewing for the Front Body of H&M Pajamas Jogger Pants. *Sainteks: Jurnal Sains Dan Teknik*, 4(2), 154–162.
<https://doi.org/10.37577/sainteks.v4i2.458>
- Liu, Y., Tan, J., Ngwayi, J. R. M., Zhuang, X., Ding, Z., Chen, Y., Zhou, Y., & Porter, D. E. 2023. Work Patterns and Intensity of Chinese Surgical Residents- A Multicenter Time-and-Motion Study. *Journal of Surgical Education*, 76–83.
<https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2023.09.005>
- Lopetegui, M., Yen, P. Y., Lai, A., Jeffries, J., Embi, P., & Payne, P. 2014. Time motion studies in healthcare: What are we talking about? *Journal of Biomedical Informatics*, 49, 292–299.
<https://doi.org/10.1016/j.jbi.2014.02.017>
- Maulana, R. 2017. *Analisa Produktivitas Kinerja Dengan Metode Time and motion study Pada Bengkel Motor di Palembang Performance Productivity Analysis Using Time and motion study Method in Motorcycle Workshop in Palembang*. 2(1), 25.
- Miranda, S., & Tripiawan, W. 2019. Perbandingan Penentuan Waktu Baku Menggunakan Metode Time Study dan Critical Path Method (CPM). *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*, 3(1), 19. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v3i1.1418>
- Mufida, M., Seputro, H., & Romli, M. 2018. Evaluasi Metode Kerja Pekerjaan Pemasangan Bata Dengan Menggunakan Metode Time And Motion Study (Studi Kasus: Pembangunan Seed Bank Unit Usaha Agro Techno Park). *Jurnal Ilmu – Ilmu Teknik - Sistem*, 15(3), 12–22.
- Mustaffa, K. H., Shafie, A. A., & Ngu, L. H. 2020. A Comparison of Self-evaluated Survey and Work Sampling Approach for Estimating Patient-care Unit Cost Multiplier in Genetic Nursing Activities. *Asian Nursing Research*, 16(3), 170–179.
<https://doi.org/10.1016/j.anr.2022.06.001>
- Noprianty, R., Febianti, S. A., & Fikri, J. 2020. Analysis of Nurses Staff Needs Using Workload Indicate Staff Need in Pediatric Ward With Time Motion Study. *Jurnal Medicoeticolegal Dan Manajemen Rumah Sakit*, 9(1), 13–22.
<https://doi.org/10.18196/jmmr.91112>
- Panjaitan, R., Andriana, M., & Sumarlin, T. 2021. Sistem Informasi Manajemen Penentuan Standar Waktu Kerja Metode Time Study Berbasis Web (Studi Kasus PT Eka Sandang Duta Prima). *EVOLUSI: Jurnal Sains Dan Manajemen*, 9(2).
<https://doi.org/10.31294/evolusi.v9i2.11158>
- Pratiwi, A., Arif, M. N., Wisardoyo, W., Muhlisin, A., & Hudiyawati, D. 2022. A Time-Motion Study in Intensive Care Unit Using Direct Care Nursing Tool. *Indonesian Journal of Global Health Research*, 4(2), 353–360.
- Puvanasvaran, A. P., Mei, C. Z., & Alagendran, V. A. 2013. Overall equipment efficiency improvement using time study in an aerospace industry. *Procedia Engineering*, 68, 271–277.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.12.179>

- Rog, D., Brownlee, W., Carod-artal, F. J., Kalra, S., Barker, N., Lowndes, C., Pendlebury, J., Leclerc, S., Amin, A., Ashton, L., Evans, H., & Cock, E. De. 2023. Quantifying the administration and monitoring time burden of several disease-modifying therapies for relapsing multiple sclerosis in the United Kingdom: A Time and Motion study. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 105380. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2023.105380>
- Sa'adah, N., & Rijanto, T. 2021. Evaluasi Proyek Pembangunan Gedung Stroke Center (Paviliun Flamboyan) Menggunakan Metode Critical Path Method (CPM) Dan Crashing. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 3(2), 55-62.
- Septian, M., & Herwanto, D. 2022. Penentuan target produksi paint roller berdasarkan perhitungan waktu baku menggunakan metode stopwatch time study. *Journal Industrial Servicess*, 7(2), 206. <https://doi.org/10.36055/jiss.v7i2.12756>
- Shiha, M., Cygler, J. E., MacRae, R., & Heath, E. 2023. 4D Monte Carlo dose reconstructions using surface motion measurements. *Physica Medica*, 114(August), 103135. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2023.103135>
- Sinsky, C. A., Brown, R. L., Stillman, M. J., & Linzer, M. 2021. COVID-Related Stress and Work Intentions in a Sample of US Health Care Workers. *Mayo Clinic Proceedings: Innovations, Quality & Outcomes*, 5(6), 1165–1173. <https://doi.org/10.1016/j.mayocpiqo.2021.08.007>
- Soleh, M., Dian Pratiwi, Y., & Tinggi Teknik Wiworotmo Purwokerto Corresponding Author, S. 2020. Implementasi Metode Line Balancing dan Motion Study untuk Meningkatkan Produktivitas Lini Produksi Spring Bed Line Balancing and Motion Study Methods Implementation to Increase Productivity of Spring Bed Production Line. *Intuisi Teknologi Dan Seni*, 12(2), 94–104.
- Sugiyono. 2021. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D* (28th ed.). Alfabeta.
- Sugiyono, S. 2016. Metodologi Penelitian. In R. Prasetyo (Ed.), *ANDI* (2nd ed.). Andi Publisher.
- Tan Sri Muhyiddin Yassin. 2013. Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia 2013-2025. *Petikan Ucapan Tan Sri Muhyiddin Yassin Ketika Membentangkan Laporan Awal Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia 2013-2025 Pada 13/9/2012*.
- Widagdo, G. U. 2016. Analisis Perhitungan Waktu Baku dengan menggunakan Metode Jam Henti Pada Produk Pulley di CV. Putra Mandiri Jakarta. *Jurnal PASTI*, XII(2), 169–183.
- You, F., & You, F. 2023. Computer Simulation Modeling for Pressure Visualization Measurement in Human Motion Mechanics Experiment Measurement in Human Motion Mechanics Expe. *Procedia Computer Science*, 228, 223–230. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.11.026>
- Yudisha, N. 2021. Perhitungan waktu baku menggunakan metode Jam Henti pada proses Bottling. *Jurnal VORTEKS*, 2(2), 85–90. <https://doi.org/10.54123/vorteks.v2i2.73>
- Zamrudi, I., & Nursanti, E. 2020. Perbaikan Metode Kerja Melalui Time and Motion Study Untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi Aluminium Foil. *Jurnal Valtech (Jurnal Mahasiswa Teknik Industri) Vol.*, 3(1), 46–51.

Prediksi Ketersediaan Air Embung Kolong Kebintik Sebagai Sumber Air Baku Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan

Prediction of Water Availability of Kebintik Reservoir as a Source of Raw Water Using Artificial Neural Networks

Adriyansyah¹, Saprizal²

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Bangka Belitung, Balunijuk, Kabupaten Bangka.

²Balai Wilayah Sungai Bangka Belitung, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian PUPR.

Email : adriyan_ubb@yahoo.com

Abstrak

Jaringan syaraf tiruan merupakan salah satu metode *deep learning* yang proses kerjanya terinspirasi dari cara kerja otak manusia. Pada proses pelatihan, metode jaringan syaraf tiruan akan memperbaharui nilai bobot sehingga nilai bobot tersebut terlatih untuk mengetahui pola data. Sedangkan pada proses pengujian, jaringan syaraf tiruan melakukan prediksi data yang menjadi target dalam pengujian. Penelitian ini menggunakan data ketersediaan air Embung Kolong Kebintik dari bulan Januari 2009 hingga Desember 2022. Data tersebut kemudian dibagi menjadi 90% data pelatihan dan 10% data pengujian. Metode *feed-forward* yang digunakan pada proses pelatihan yaitu Levenberg Marquardt (LM) dan *Adaption learning function* menggunakan LearnGDM. Arsitektur jaringan yang digunakan yaitu arsitektur (12,144,1). Ketika dilakukan simulasi, diperlukan beberapa kali uji coba untuk mendapatkan arsitektur jaringan yang menghasilkan nilai MSE kecil. Hasil simulasi pada *epoch* 154 iterasi, menghasilkan nilai MSE = 0.0071 untuk pelatihan dan MSE = 0.010 untuk pengujian. Akan tetapi, jika dilihat dari hasil prediksi ketersediaan air Embung Kolong Kebintik dari bulan Januari 2023 hingga Desember 2026, maka hasil prediksi cenderung menghasilkan nilai yang sama untuk prediksi dalam rentang waktu yang panjang. Nilai MSE yang kecil pada proses pelatihan dan pengujian, tidak menjamin bahwa hasil prediksi akan menghasilkan prediksi yang baik.

Kata Kunci: Air baku; Jaringan syaraf tiruan; Ketersediaan air; Kolong kebintik

Abstract

An artificial neural network is a deep learning method whose work process is inspired by how the human brain works. In the training process, the neural network method will update the weight values so that the weight values are trained to find out data patterns. While in the testing process, the artificial neural network makes predictions on the test data that is the target of the test. The data used in this study is data on the availability of Kolong Kebintik from January 2009 to December 2022. The data is then divided into 90% training data and 10% testing data. The feed-forward method used in the training process is Levenberg Marquardt (LM), and the adaptation learning function uses LearnGDM. The network architecture used is (12,144,1). When simulating, several trials are required to obtain a network architecture that produces a small MSE value. In the simulation result at epoch 154 iterations, it was found that the value of MSE was 0.0071 for training and MSE was 0.010 for testing. However, if we look at the prediction results for the water availability of Embung Kolong Kebintik from January 2023 to December 2026, then the prediction results tend to produce the same values for predictions over a long period of time. A small MSE value in the training and testing process does not guarantee that the prediction results will produce good predictions.

Keywords: Raw water; Artificial neural networks; Water availability; Kolong kebintik

1. PENDAHULUAN

Pengelolaan sumber daya air merupakan kegiatan perencanaan, pelaksanaan, pengawasan, konservasi, dan pemanfaatan sumber daya air, serta pengendalian terhadap menurunnya kualitas air (UU SDA No.17, 2019). Pengelolaan sumber daya air harus dilakukan secara optimal sehingga mampu menjadi solusi dalam menghadapi tantangan berupa perubahan iklim yang terjadi secara global. Beberapa tantangan yang dihadapi pada pengelolaan sumber daya air yaitu kekeringan, pencemaran air, dampak pemanfaatan pola ruang terhadap ketersediaan air, keberlanjutan daya dukung sumber daya air, dan imbalanced antara pasokan dan kebutuhan air.

Perubahan iklim yang sekarang ini menjadi isu global juga berdampak pada sumber daya air yang tersedia di alam. Perubahan iklim yang mempengaruhi suhu udara dan curah hujan mempunyai pengaruh terhadap siklus hidrologi dan ketersediaan air. Dampak perubahan iklim terhadap sumber daya air yaitu meningkatkan intensitas curah hujan pada musim basah sehingga menyebabkan banjir (Wasko and Nathan, 2019; Tabari, 2020; Wasko *et al.*, 2021). Perubahan iklim juga berdampak pada peningkatan temperatur suhu yang ekstrim sehingga menyebabkan lamanya musim kering (Alizadeh-Choobari and Najafi, 2018; Fraga *et al.*, 2021). Hal ini menyebabkan kecilnya intensitas curah hujan yang berakibat keringnya sumber air seperti embung dan sungai. Perubahan iklim yang menyebabkan kekeringan dan banjir akan mengakibatkan krisis air bersih.

Usaha yang dapat dilakukan untuk mitigasi dari dampak perubahan iklim adalah melakukan inventarisasi sumber air yang mempunyai potensi ketersediaan dan keberlanjutan sumber air tersebut. Salah satu bentuk inventarisasi sumber air yaitu dengan melakukan prediksi ketersediaan sumber air baku. Prediksi ketersediaan air merupakan acuan untuk mengetahui debit air yang tersedia pada suatu sumber air. Jika ketersediaan air pada sumber air baku diketahui maka air tersebut dapat dikelola secara optimal (Shiklomanov, 2000; Gorelick and Zheng, 2015; Sulaiman *et al.*, 2019). Sumber daya air yang dapat dimanfaatkan seperti sungai, danau, air tanah, waduk, akuifer, dan lain-lain (Qadir *et al.*,

2007; Wisser *et al.*, 2010; Hassanzadeh, Zarghami and Hassanzadeh, 2012).

Bidang hidrologi mempunyai hubungan yang kuat terhadap prediksi suatu data. Hidrologi di bidang teknik sipil cenderung bermain pada ruang lingkup data primer dan data sekunder sebagai data pendukung. Beberapa metode yang umumnya digunakan dalam memprediksi data hidrologi yaitu Holt-Winter's, *exponential smoothing*, dan ARIMA (Hong, 2011; Puah *et al.*, 2016; Yang *et al.*, 2017; Katimon, Shahid and Mohsenipour, 2018). Selain itu metode rantai Markov dan Monte Carlo juga sering diterapkan dalam permalan data hidrologi (Smith and Marshall, 2008; Hassan, Bekhit and Chapman, 2009; Schoups *et al.*, 2010). Baru-baru ini prediksi data hidrologi yang awalnya menggunakan metode konvensional beralih menggunakan metode kecerdasan buatan. Metode kecerdasan buatan yang digunakan untuk meramalkan data antara lain *adaptive neural-based fuzzy inference system* (ANFIS), *genetic programming* (GP), *support vector machine* (SVM), dan *artificial neural network* (ANN) (Wang *et al.*, 2009; Buyukyildiz, Tezel and Yilmaz, 2014; Meshram *et al.*, 2022).

Jaringan syaraf tiruan merupakan algoritma *deep learning* yang proses kerjanya terinspirasi dari cara kerja otak manusia ('Building brain-inspired computing', 2019; Mehonic *et al.*, 2020; Zebari *et al.*, 2021; Schmidgall *et al.*, 2023). Jaringan syaraf tiruan merupakan teknik yang dapat memodelkan, memetakan dan menunjukkan hubungan nonlinear dari permasalahan kompleks. Jaringan syaraf tiruan memiliki kemampuan mengenali pola tertentu dengan menggunakan algoritma pembelajaran dan pelatihan (Kim, 2010; Reddy, 2013; Yu *et al.*, 2014). Proses pelatihan jaringan syaraf tiruan *backpropagation* terdiri dari tiga fase yaitu fase maju, fase mundur, dan fase perubahan bobot. Algoritma *backpropagation* menggunakan perambatan maju untuk mendapatkan nilai *error* dari suatu prediksi. Kemudian nilai *error* tersebut digunakan untuk *update* nilai bobot pada arah mundur.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja metode jaringan syaraf tiruan dalam memprediksi ketersediaan air sumber air baku yaitu

Embung Kolong Kebintik di Kabupaten Bangka Tengah. Kinerja metode jaringan syaraf tiruan dilihat dari nilai MSE yang dihasilkan pada proses pelatihan dan pengujian. Penelitian ini juga akan melihat pengaruh nilai MSE pada proses pelatihan dan pengujian terhadap hasil prediksi yang dihasilkan. Input data yang digunakan yaitu data debit air Embung Kolong Kebintik bulan Januari 2009 hingga Desember 2022. Data tersebut akan digunakan untuk memprediksi debit ketersediaan air selama empat tahun kedepan yaitu Januari 2023 hingga Desember 2026.

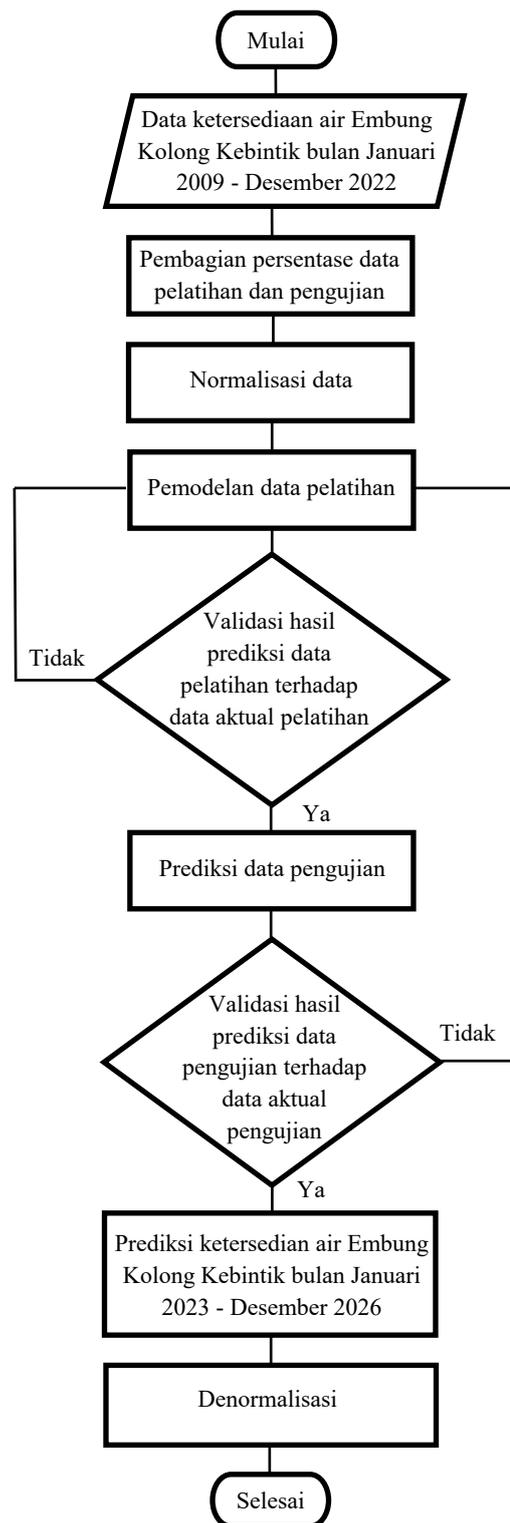
2. METODE PENELITIAN

2.1 Data Penelitian

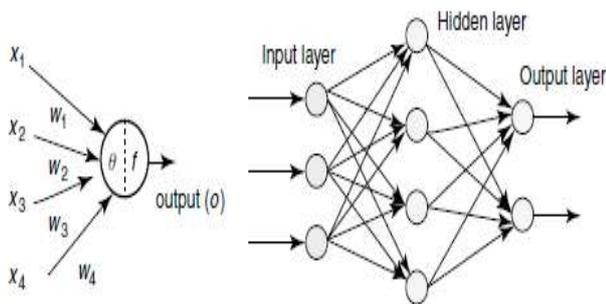
Penelitian ini menggunakan data ketersediaan air Embung Kolong Kebintik di Kabupaten Bangka Tengah dari bulan Januari 2009 hingga Desember 2022 (Sabri and Adriyansyah, 2020). Penelitian sebelumnya menggunakan metode rantai markov dalam memprediksi ketersediaan air Embung Kolong Kebintik. Penelitian saat ini akan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan untuk memprediksi ketersediaan air Embung Kolong Kebintik dari bulan Januari 2023 hingga Desember 2026. Diagram alir penelitian ditampilkan pada Gambar 1.

2.2 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan dibedakan menjadi dua yaitu *single layer* dan *multi-layer*. *Single layer* hanya mempunyai satu lapisan bobot atau tidak memiliki *hidden layer*. Sedangkan *multilayer* mempunyai *hidden layer* yang terletak diantara *input layer* dan *output layer*. *Hidden layer* akan menjadi *input* bagi lapisan berikutnya yang dihubungkan oleh pembobotan (*weight*). Jaringan syaraf tiruan memproses informasi dengan dua tahap yaitu tahap pelatihan dan tahap pengujian. Proses pelatihan dimulai dengan memasukkan data pelatihan kedalam jaringan. Pola data pelatihan akan mengupdate nilai bobot untuk mendapatkan nilai bobot terbaik. Kemudian bobot pada pelatihan digunakan kembali untuk memprediksi pola data pengujian. Arsitektur jaringan syaraf tiruan dapat dilihat pada Gambar 2 .



Gambar 1. Diagram Alir Prediksi Ketersediaan Air Embung Kolong Kebintik



Gambar 2. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan (Abraham, 2005)

2.3 Input Data

Penelitian ini menggunakan data ketersediaan air Embung Kolong Kebintik dimulai dari Januari 2009 hingga Desember 2022. Data tersebut kemudian dibagi menjadi 90% data pelatihan dan 10% data pengujian.

2.4 Arsitektur Jaringan

Arsitektur pada jaringan syaraf tiruan terdiri dari *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. Penelitian ini menggunakan Arsitektur (12,144,1) yaitu *input layer* = 12, *hidden layer* = 144 dan *output layer* = 1.

2.5 Arsitektur Jaringan

Normalisasi data merupakan suatu proses merubah data aktual kedalam suatu rentang tertentu. Besaran rentang pada normalisasi data tergantung dengan fungsi aktivasi yang digunakan. Jika fungsi aktivasi yang digunakan adalah fungsi sigmoid biner maka data memiliki rentang (0,1). Sedangkan jika menggunakan fungsi sigmoid bipolar maka data memiliki rentang (-1,1). Normalisasi data dilakukan dengan persamaan berikut ini:

$$x' = \frac{0.8(x - a)}{b - a} + 0.1 \quad (1)$$

dengan x' merupakan data yang ditransformasi, x merupakan data aktual, a merupakan data minimum, dan b merupakan data maksimum.

2.6 Proses Pelatihan dan Pengujian

Proses pelatihan merupakan proses jaringan syaraf tiruan melakukan pembelajaran terhadap pola data. Pola suatu data dipelajari oleh jaringan syaraf tiruan menggunakan nilai bobot yang di *update*. Untuk mendapatkan bobot yang tepat, jaringan syaraf tiruan menggunakan perambatan maju dan

perambatan mundur. Proses pelatihan memerlukan perhitungan berulang-ulang sampai mendapatkan *output* yang mempunyai *error* kecil terhadap target yang diinginkan. Terdapat beberapa model *backpropagation* yang dapat digunakan untuk pelatihan yaitu *Scaled Conjugate Gradient* (*traincsg*), *Fletcher-Reeves Update* (*traincgf*), *Polak-Ribie're* (*traincgp*), *Powel-Beale Restars* (*traincgb*), *Broyden Fletcher Goldfarb Shanno* (*trainbfg*), *One Step Secant* (*trainoss*), *Gradient Descent with Adaptive Learning Rate* (*traingda*), *Gradien Descent with Momentum and Adaptive Learning Rate* (*traingdx*), *Resilent Backpropagation* (*trainrp*), dan *Levenberg-Marquardt* (*trainlm*).

Proses pelatihan pada penelitian ini menggunakan metode Lavenberg-Marquardt (LM). Metode LM dipilih karena cepat dalam mencapai target sehingga jumlah iterasi sedikit dan menghasilkan *output* dengan *error* kecil. Hal yang dilakukan pada proses pengujian yaitu melakukan prediksi terhadap target pengujian. Tahap pengujian pada metode *backpropagation* hanya melakukan proses perambatan maju.

2.7 Fungsi Aktivasi

Terdapat beberapa jenis fungsi aktivasi yang dapat digunakan pada jaringan syaraf tiruan yaitu fungsi identitas, fungsi biner dengan *threshold* 0, fungsi biner sigmoid, fungsi bipolar sigmoid, regresi linear, regresi logistik, tangen hiperbolik, hiperbolik sigmoid, dan ReLu. Dalam penelitian ini fungsi aktivasi yang digunakan yaitu fungsi tangen sigmoid (*tansig*). Fungsi *tansig* merupakan fungsi yang mempunyai rentang (-1,1). Jika data memiliki rentang yang lebih besar dari 1 maka data tersebut harus ditransformasi agar memiliki rentang yang sama dengan fungsi aktivasi yang digunakan. Fungsi *tansig* dirumuskan sebagai berikut:

$$f(x) = \frac{2}{1 + e^{-2x}} - 1 \quad (2)$$

2.8 Evaluasi Kinerja Model

Evaluasi kinerja model merupakan pengujian tingkat akurasi antara hasil prediksi terhadap data aktual. Evaluasi kinerja merupakan ukuran bahwa penentuan jumlah *hidden layer* pada arsitektur jaringan sudah baik atau tidak. Penentuan jumlah *hidden layer* akan berpengaruh pada nilai bobot

dalam mempelajari pola suatu data. Akurasi terbaik mempunyai *error* yang paling kecil atau nilai *error* mendekati 0. Hasil kinerja dari simulasi jaringan syaraf tiruan akan di evaluasi menggunakan *mean squared error* (MSE). MSE dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (y_n - \hat{y}_n)^2 \quad (3)$$

dengan N merupakan Jumlah sampel data, y_n merupakan nilai data sebenarnya untuk data ke- n , dan \hat{y}_n merupakan nilai prediksi untuk data ke- n .

2.9 Denormalisasi Data

Denormalisasi merupakan proses mengembalikan data yang telah di normalisasi ke bentuk awal. Denormalisasi dilakukan menggunakan persamaan berikut :

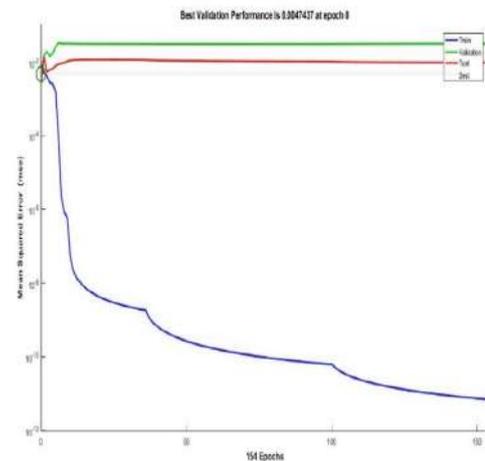
$$x = \frac{(x' - 0.1)(b - a)}{0.8} + a \quad (4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

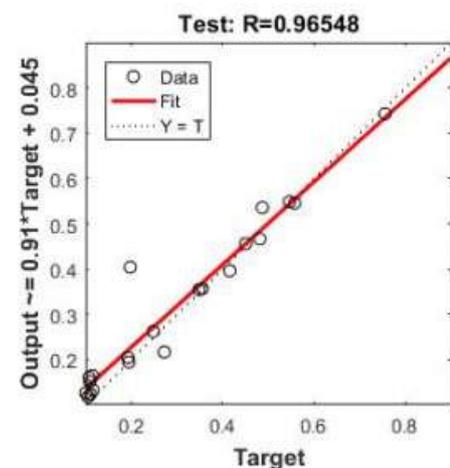
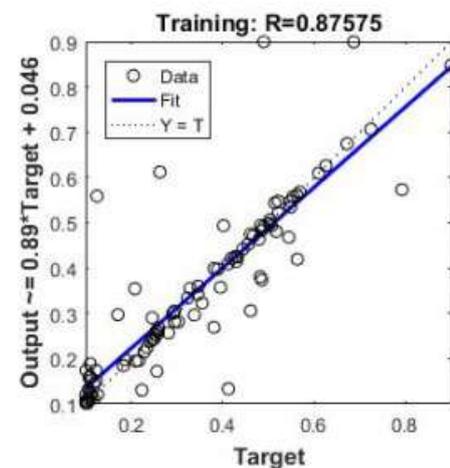
Prediksi ketersediaan air Embung Kolong Kebintik disimulasikan menggunakan nntool yang terdapat dalam MATLAB dengan meninjau *fitting* data. Metode *feed forward* yang digunakan pada proses pelatihan yaitu menggunakan Levenberg Marquardt (LM) dan *Adaption learning function* menggunakan LearnGDM. Simulasi dilakukan dengan jumlah maksimum *epoch* sebanyak 200 iterasi dengan parameter *learning rate* (lr) = 0.01

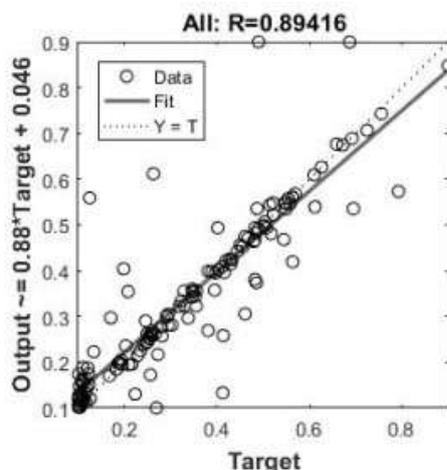
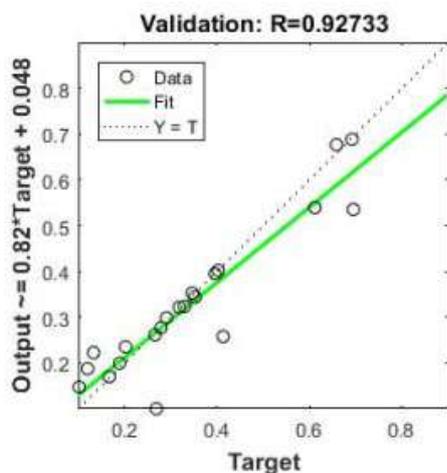
Gambar 3 menunjukkan evaluasi kinerja jaringan syaraf tiruan menggunakan 144 neuron *hidden layer*. Hasil validasi kinerja pada *epoch* 154 iterasi menunjukkan bahwa MSE = 0.0071 untuk pelatihan dan MSE = 0.010 untuk pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kinerja jaringan syaraf tiruan menggunakan 144 neuron *hidden layer* memiliki akurasi yang baik karena nilai MSE mendekati 0.

Gambar 4 menunjukkan regresi dengan menggunakan 144 neuron *hidden layer*. Hasil analisis regresi menghasilkan nilai $R = 0.89416$. Hal ini menunjukkan bahwa hasil data prediksi terhadap data target memiliki keakuratan yang tinggi.

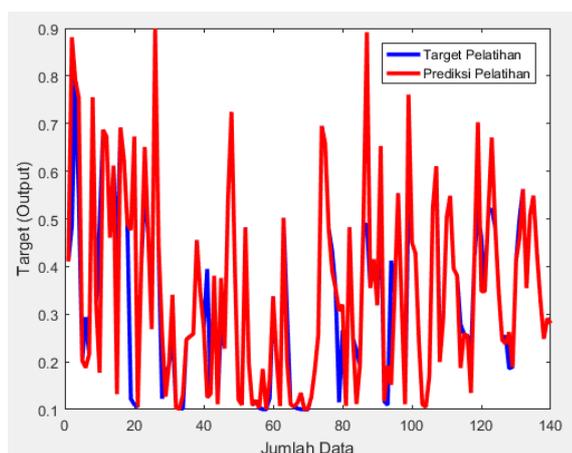


Gambar 3. Validasi Kinerja Menggunakan 144 Neuron *Hidden Layer*

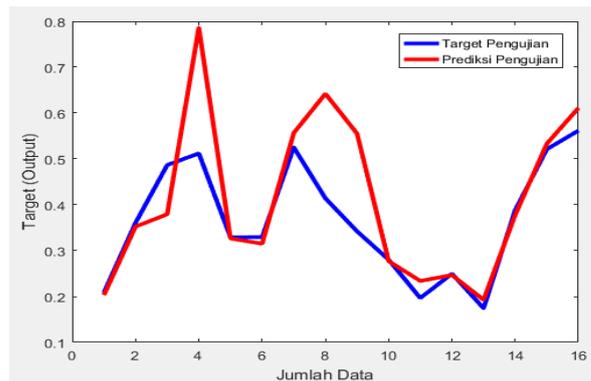




Gambar 4. Hasil Regresi Menggunakan 144 Neuron *Hidden Layer*



Gambar 5. Perbandingan Prediksi Pelatihan dan Target Pelatihan

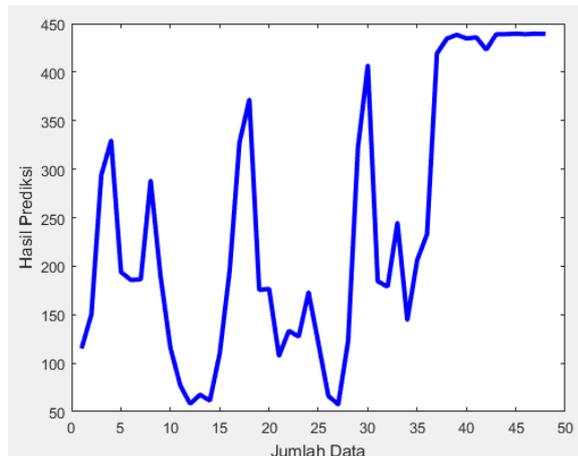


Gambar 6. Perbandingan Prediksi Pengujian dan Target Pengujian

Setelah melakukan simulasi pelatihan dan pengujian, proses berikutnya yaitu melakukan prediksi data tiga tahun yang akan datang. Prediksi data dilakukan dengan cara membuat *syntax* di *command window* di MATLAB dengan *syntax* Prediksi = sim(net,input). Hasil prediksi data menggunakan *syntax* sim(net,input) kemudian dilakukan denormalisasi agar data kembali dalam bentuk data asli. Hasil prediksi ketersediaan air Embung Kolong Kebintik selama empat tahun kedepan yang telah dilakukan denormalisasi ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Prediksi Ketersediaan Air Embung Kolong Kebintik Bulan Januari 2023 - Desember 2026

Bulan	Debit (l/s)			
	2023	2024	2025	2026
Januari	115.12	67.56	120.30	419.31
Februari	150.19	61.41	66.34	434.49
Maret	293.85	110.19	57.65	438.55
April	329.5	194.87	122.40	434.84
Mei	193.94	327.35	322.47	435.86
Juni	185.83	371.79	406.90	423.21
Juli	186.47	175.48	184.56	439.04
Agustus	288.24	176.70	178.85	439.18
September	189.89	107.60	244.78	439.67
Oktober	116.1	133.39	144.67	439.13
November	77.18	127.43	206.30	439.67
Desember	58.13	173.14	233.06	439.48



Gambar 7. Grafik Hasil Prediksi Ketersediaan Air Embung Kolong Kebintik Bulan Januari 2023 – Desember 2026

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa metode jaringan syaraf tiruan mampu memprediksi ketersediaan air Embung Kolong Kebintik dan memiliki nilai MSE yang kecil. Ketika simulasi diperlukan beberapa kali uji coba untuk mendapatkan arsitektur jaringan syaraf tiruan agar mendapatkan nilai MSE yang kecil. Hasil analisis pada *epoch* 154 iterasi menghasilkan nilai MSE = 0.0071 untuk pelatihan dan MSE = 0.010 untuk pengujian. Akan tetapi jika dilihat dari hasil prediksi ketersediaan air Kolong Kebintik dari bulan Januari 2023 hingga Desember 2026, maka hasil prediksi cenderung menghasilkan nilai yang sama untuk prediksi dalam rentang waktu yang panjang. Nilai MSE yang kecil pada proses pelatihan dan pengujian, tidak menjamin bahwa hasil prediksi akan menghasilkan prediksi yang baik.

REFERENSI

- Abraham, A. 2005. "Artificial Neural Networks", in Handbook of Measuring System Design. Wiley.
<https://doi.org/10.1002/0471497398.mm421>.
- Alizadeh, C.O. and Najafi, M.S. 2018. Extreme weather events in Iran under a changing climate, *Climate Dynamics*, 50(1–2), pp.249–260.
<https://doi.org/10.1007/s00382-017-3602-4>.

- Strukov, D., Indiveri, G., Grollier, J. and Fusi, S. 2019 Building brain-inspired computing, *Nature Communications. Nature Research*.
<https://doi.org/10.1038/s41467-019-12521-x>.
- Buyukyildiz, M., Tezel, G. and Yilmaz, V. 2014 Estimation of the Change in Lake Water Level by Artificial Intelligence Methods, *Water Resources Management*, 28(13), pp.4747–4763.
<https://doi.org/10.1007/s11269-014-0773-1>.
- Fraga, H. *et al.* (2021) Mediterranean olive orchards under climate change: A review of future impacts and adaptation strategies, *Agronomy*. MDPI AG.
<https://doi.org/10.3390/agronomy11010056>.
- Gorelick, S.M. and Zheng, C. 2015 Global change and the groundwater management challenge, *Water Resources Research*, pp. 3031–3051.
<https://doi.org/10.1002/2014WR016825>.
- Hassan, A.E., Bekhit, H.M. and Chapman, J.B. 2009. Using Markov Chain Monte Carlo to quantify parameter uncertainty and its effect on predictions of a groundwater flow model, *Environmental Modelling and Software*, 24(6), pp. 749–763.
<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2008.11.002>.
- Hassanzadeh, E., Zarghami, M. and Hassanzadeh, Y. 2012. Determining the Main Factors in Declining the Urmia Lake Level by Using System Dynamics Modeling, *Water Resources Management*, 26(1), pp. 129–145.
<https://doi.org/10.1007/s11269-011-9909-8>.
- Katimon, A., Shahid, S. And Mohsenipour, M. 2018. Modeling water quality and hydrological variables using ARIMA: a case study of Johor River, Malaysia, *Sustainable Water Resources Management*, 4(4), pp. 991–998.
<https://doi.org/10.1007/s40899-017-0202-8>.
- Undang- Undang Republik Indonesia Nomor 17 .2019. Tentang Sumber Daya Air.
- Mehonic, A. *et al.* 2020 .Memristors—From In-Memory Computing, Deep Learning Acceleration, and Spiking Neural Networks to the Future of Neuromorphic and

- Bio-Inspired Computing, *Advanced Intelligent Systems*, 2(11).
<https://doi.org/10.1002/aisy.202000085>.
- Meshram, S.G. *et al.* 2022. Streamflow Prediction Based on Artificial Intelligence Techniques”, *Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Civil Engineering*,46(3), pp.2393-2403.
<https://doi.org/10.1007/s40996-021-00696-7>.
- Puah, Y.J. *et al.* 2016. River catchment rainfall series analysis using additive holt–Winters method, *Journal of Earth System Science*, 125(2), pp. 269–283.
<https://doi.org/10.1007/s12040-016-0661-6>.
- Reddy, E.K. 2013. Neural networks for intrusion detection and its applications, in *Proceedings of the World Congress on Engineering*, pp. 3–5.
- Rosytha, A., & Cristiyana, A. 2022. Perencanaan Sistem Distribusi Air Bersih Kecamatan Maduran Kabupaten Lamongan. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(1), 48-58.
- Sabri, F. and Adriyansyah .2020. Reliability analysis of the Kolong Kebintik as water resources for special economic zone in Tanjung Gunung, Pangkalan Baru District, Central Bangka Regency, in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing Ltd.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/599/1/012045>.
- Schoups, G. *et al.* 2010. Corruption of accuracy and efficiency of Markov chain Monte Carlo simulation by inaccurate numerical implementation of conceptual hydrologic models, *Water Resources Research*,46(10).
<http://doi.org/10.1029/2009WR008648>.
- Sulaiman, S.O. *et al.* 2019. Water resources management and sustainability over the Western desert of Iraq, *Environmental Earth Sciences*, 78(16).
<https://doi.org/10.1007/s12665-019-8510-y>.
- Tabari, H. 2020. Climate change impact on flood and extreme precipitation increases with water availability, *Scientific Reports*, 10(1).
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-70816-2>.
- Wasko, C. *et al.* 2021. Evidence of shorter more extreme rainfalls and increased flood variability under climate change, *Journal of Hydrology*, 603, p. 126994.
- Wasko, C. and Nathan, R. 2019. Influence of changes in rainfall and soil moisture on trends in flooding, *Journal of Hydrology*, 575, pp. 432–441.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.05.054>.
- Wisser, D. *et al.* 2010. The significance of local water resources captured in small reservoirs for crop production - A global-scale analysis, *Journal of Hydrology*, 384(3–4), pp. 264–275.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.07.032>.
- Yang, Q. *et al.* 2017. A comparative study of shallow groundwater level simulation with three time series models in a coastal aquifer of South China, *Applied Water Science*, 7(2), pp. 689–698.
<https://doi.org/10.1007/s13201-015-0282-2>.
- Yu, Q. *et al.* 2014. A brain-inspired spiking neural network model with temporal encoding and learning, *Neurocomputing*, 138, pp. 3–13.
<https://doi.org/10.1016/j.neucom.2013.06.052>
- Zebari, R.R. *et al.* 2021. A Review on Automation Artificial Neural Networks based on Evolutionary Algorithms, in *2021 14th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE)*. IEEE, pp. 235–240.

