

JURNAL TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN

Analisis Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever dalam Pengendalian Longsor di Sungai Pelus Purwokerto

Diah Dwi Lestari, M. Agus Salim, Amris Azizi

Analisis Lendutan pada Struktur Pelat Lantai Jembatan Tajum Karang Bawang Banyumas

Putri Nabiilah, Amris Azizi, Mukti Agung Wibowo

Analisa Komposisi Sampah yang Dihasilkan Berdasarkan Sifat dan Karakternya di Kampus Institut Teknologi Sumatera 2023

Muhammad Hakiem Sedo Putra

Analisis Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Dusun Rinjing, Desa Gununglurah Kec. Cilongok, Kab. Banyumas, Jawa Tengah

Hamid Nurin Alimani, Iskahar, Teguh Marhendi

Analisis Durabilitas pada Campuran Aspal Pertamina Pen 60/70 dengan Penambahan Lignin pada Lapis Perkerasan Jalan Baru

Harap Saroha Mendrofa, Fadrizal Lubis, Alfian Saleh

Analisis Program *Kenpave* pada Perancangan Perkerasan Lentur Metode AASTHO 1993 dan MDP 2017

Muhamad Iqbal, Nuzul Barkah Prihutomo

Analisis Penjadwalan Proyek Konstruksi dengan Metode *Precedence Diagram Method* (studi kasus: Proyek Pembangunan Mitra 10 Purwokerto)

Puput Wulan Dari, Sulfah Anjarwati, Arif Kurniawan Suksmono

Penerapan Sistem Informasi Geografis pada Evaluasi Kondisi Fisik dan Fungsi pada Prasarana Sungai Serang

Aan Andriawan, Iskahar



**Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Muhammadiyah Purwokerto**



CIVeng

Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan

Terbit pertama kali tahun 2020
SK Rektor Nomor A11.IV/373-S.Kep./UMP/VIII/2020
e-ISSN 2774-8413

Publisher

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Editor in Chief

Cremona Ayu Novita Sari, S.T., M.T.

Editorial Board

Amris Azizi, S.T., M.Si.
Aan Andriawan, S.T., M.T., MCE., IPP.

Peer Reviewers

Moechamad Agus Salim Al Fathoni, S.T., M.T. (Universitas Muhammadiyah Purwokerto)
Dr. T. Ir. Iskahar, S.T., M.T. (Universitas Muhammadiyah Purwokerto)
Dr. Juanita, S.T., M.T., ACPE. (Universitas Muhammadiyah Purwokerto)
Dr. Dyah Ari Wulandari, S.T., M.T. (Universitas Diponegoro)
Dr. Yulita Arni Priastiwi, S.T., M.T. (Universitas Diponegoro)
Dr. Endah Safitri, S.T., M.T. (Universitas Sebelas Maret)
Dr. Henny Herawati, S.T., M.T. (Universitas Tanjungpura)
Dr. Subekti, S.T., M.T. (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)

Layout Editor

Ibnu Fata, S.T.
P. Budi Prasetyo, S.T.

Address

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Jl. K. H. Ahmad Dahlan PO Box 202, Purwokerto 53182
Telp. 0281-636751 Ext.165

<http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/civeng>

Email : jurnalciveng@ump.ac.id

CIVeng diterbitkan oleh Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto sebagai media informasi dan forum pembahasan masalah Teknik Sipil dan Lingkungan, berisi tulisan-tulisan ilmiah hasil penelitian serta gagasan-gagasan baru yang orisinal. Redaksi mengundang para ahli, peneliti, dan praktisi untuk berdiskusi dan menulis secara bebas dan kreatif. CIVeng terbit dua kali setahun setiap bulan Januari dan Juli

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
Analisis Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever dalam Pengendalian Longsor di Sungai Pelus Purwokerto Diah Dwi Lestari, M. Agus Salim, Amris Azizi	(1 – 6)
Analisis Lendutan pada Struktur Pelat Lantai Jembatan Tajum Karang Bawang Banyumas Putri Nabillah, Amris Azizi, Mukti Agung Wibowo	(7 – 12)
Analisa Komposisi Sampah yang Dihasilkan Berdasarkan Sifat dan Karakternya di Kampus Institut Teknologi Sumatera 2023 Muhammad Hakiem Sedo Putra	(13 – 18)
Analisis Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Dusun Rinjing, Desa Gununglurah Kec. Cilongok, Kab. Banyumas, Jawa Tengah Hamid Nurin Alimani, Iskahar, Teguh Marhendi	(19 – 30)
Analisis Durabilitas pada Campuran Aspal Pertamina Pen 60/70 dengan Penambahan Lignin pada Lapis Perkerasan Jalan Baru Harap Saroha Mendrofa, Fadrizal Lubis, Alfian Saleh	(31 – 38)
Analisis Program <i>Kenpave</i> pada Perancangan Perkerasan Lentur Metode AASTHO 1993 dan MDP 2017 Muhamad Iqbal, Nuzul Barkah Prihutomo	(39 – 48)
Analisis Penjadwalan Proyek Konstruksi dengan Metode <i>Precedence Diagram Method</i> (studi kasus: Proyek Pembangunan Mitra 10 Purwokerto) Puput Wulan Dari, Sulfah Anjarwati, Arif Kurniawan Suksmono	(49 – 56)
Penerapan Sistem Informasi Geografis pada Evaluasi Kondisi Fisik dan Fungsi pada Prasarana Sungai Serang Aan Andriawan, Iskahar	(57 – 64)

Analisis Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever dalam Pengendalian Longsor di Sungai Pelus Purwokerto

Analysis of the Strengthening Cantilever Retaining Wall in Landslide Control at Pelus River Purwokerto

Diah Dwi Lestari¹, M. Agus Salim², Amris Azizi³

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Informasi Artikel

Dikirim, 8 Agustus 2024
Direvisi, 16 Januari 2025
Diterima, 21 Januari 2025

Korespondensi Penulis:

Diah Dwi Lestari
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah
Purwokerto
JL. K.H. Ahmad Dahlan
Purwokerto, 53182
Email:
diahdwi204@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Pelus Arcawinangun Purwokerto mengalami tingkat erosi yang signifikan, berpotensi terjadinya longsor yang dapat mengakibatkan kerusakan infrastruktur dan pemukiman. Kondisi ini tidak hanya mengancam keselamatan masyarakat, tetapi juga menimbulkan ancaman terhadap keberlanjutan ekosistem sungai. Salah satu upaya dalam mengatasi masalah longsor adalah dengan membuat dinding penahan tanah. Pada penelitian ini digunakan dinding penahan tanah tipe kantilever, karena dinding penahan kantilever dapat digunakan dengan ketinggian lebih dari 6 meter. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui dimensi dinding penahan tanah yang aman, mengetahui gaya geser, momen guling, dan daya dukung tanah, serta mengetahui nilai SF (*Safety Factor*) dinding penahan. Analisis dinding penahan kantilever ini dimulai dari pengumpulan data tanah, kemudian membuat pemodelan, serta dilakukan perhitungan secara manual dan menggunakan aplikasi plaxis v8.2. Hasil analisis diperoleh dimensi dinding penahan kantilever dengan tinggi 8 m, lebar atas 0,3 m, dan lebar bawah 4 m. Besarnya gaya geser sebesar 95,153 kN, momen guling 279,116 kN/m, dan daya dukung tanah 95898 kN/m. Berdasarkan Perhitungan manual diperoleh faktor keamanan terhadap guling sebesar $2,7 > 2$, faktor keamanan terhadap geser sebesar $2,04 > 1,5$, dan faktor keamanan terhadap daya dukung sebesar $943,73 > 3$. Sedangkan dari Perhitungan plaxis diperoleh faktor keamanan (SF) sebesar 62,0080

Kata Kunci : Longsor, Dinding Penahan Tanah Kantilever, Sungai Pelus

ABSTRACT

The Arcawinangun Pelus River, built in Purwokerto, undergoes a significant level of erosion, carrying the potential risk of a spill that could result in damage to infrastructure and settlements. This condition not only threatens public safety, but also poses a threat to the sustainability of the river ecosystem. One of the attempts to solve the problem of slide was to make a ground wall. In this study, a cantilever type ground wall was used, because the cantilever wall could be used with a height of more than 6 meters. The purpose of this study is to find the appropriate dimensions of the ground wall, to know the sliding style, rolling moment, and ground support strength, as well as the SF (Safety Factor) values of the wall. The analysis of the cantilever wall starts with the collection of ground data, then makes the modeling, and performs calculations manually and using the application plaxis v8.2. The results of the analysis are obtained from the wall of the cantilever with a height of 8 m, width above 0.3 m, and width below 4 m. The size of the style value is 95.153 kN, the grinding moment is 279.116 kN/m, and the ground support power is 95898 kN /m. Manual calculations obtained a safety factor against rolling of $2.7 > 2$, a security factor against sliding of $2.04 > 1.5$, and a safety faktor against supporting power of $943.73 > 3$. Whereas from plaxis calculations the safety factor (SF) was 62.0080.

Keyword : Landslide, Cantilever Retaining Wall, Pelus River

1. PENDAHULUAN

Longsor merupakan pergerakan massa tanah secara tiba-tiba dari satu tempat ke tempat lain, sering kali di lereng gunung atau bukit. Peristiwa longsor dapat mencakup berbagai bentuk, termasuk pergeseran tanah, batuan, atau campuran keduanya. Longsor dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti hujan berlebihan, gempa bumi, aktivitas manusia yang merusak struktur tanah, atau perubahan alamiah dalam lingkungan. Sungai Pelus Arcawinangun Purwokerto, mengalami tingkat erosi yang signifikan, membawa risiko potensial terjadinya longsor yang dapat mengakibatkan kerusakan infrastruktur dan pemukiman. Kondisi ini tidak hanya mengancam keselamatan masyarakat, tetapi juga menimbulkan ancaman terhadap keberlanjutan ekosistem sungai. Berdasarkan observasi dilapangan, akibat longsor di Sungai Pelus, Arcawinangun Purwokerto menyebabkan ditutupnya akses jalan (kompas.com/dok dpu Banyumas, 12 Desember 2023). Perbaikan atau penanganan sudah pernah dilakukan dengan menggunakan bronjong, namun pada kenyataannya terjadi longsor kembali dan bronjong tidak dapat menahan longsor yang terjadi akibat debit air sungai yang tinggi. Salah satu upaya dalam mengatasi masalah longsor yaitu dapat digunakan dinding penahan tanah. Pada penelitian ini akan digunakan dinding penahan tanah tipe kantilever, karena dinding ini bisa digunakan tinggi lebih dari 6 meter. Untuk kemudahan permodelan analisis digunakan perangkat lunak Plaxis 8.2.

2. METODE PENELITIAN

1. Pengumpulan Data

Pada Penelitian ini data yang dibutuhkan ada dua jenis yaitu primer dan sekunder.

- Data Primer yang digunakan dalam penelitian ini berupa kondisi topografi di lapangan.
- Data Sekunder yang dipakai berupa Data Hasil Uji Sondir, dan lain-lain.

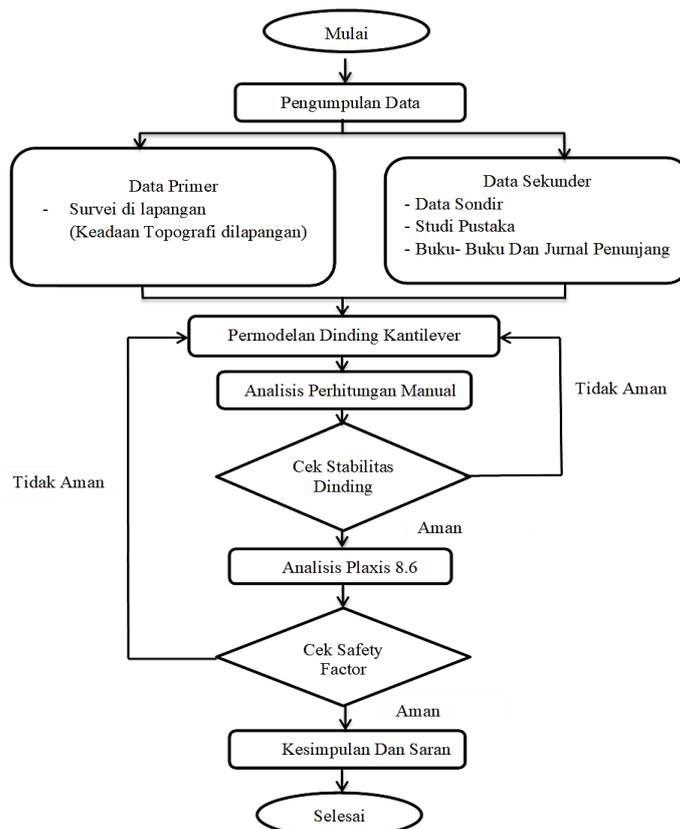
2. Permodelan Dinding Penahan Tanah

Proses permodelan dinding penahan tanah dengan gambar untuk dimodelkan dalam program aplikasi.

3. Analisis Perhitungan dan Hasil Pembahasan

Pada tahap ini, analisis perhitungan manual digunakan dalam menghitung gaya guling, geser, dan daya dukung tanah. Pada analisis menggunakan program plaxis akan mendapatkan nilai faktor aman.

Tahapan prosedur penelitian seperti tergambar dalam diagram alir penelitian sebagai berikut



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Topografi Lereng

Pada titik kelongsoran Tinggi lereng sungai Pelus 8 m dan panjang 50 m.

3.2. Data Tanah

Tabel 1. Tabel Korelasi Data Sondir Sungai Pelus

No	Kedalaman	Qc (kg/cm2)	Qc (kPa)	Qc Kpa(x100)	FR (%)	Jenis Tanah
1	0,2	56	5491,72	54,92	1,0714	Pasir berlanau
2	0,4	62	6080,12	60,8	1,2903	Pasir kerikil
3	0,6	72	7060,79	70,61	0,8333	Pasir kerikil
4	0,8	91	8924,05	89,24	0,6593	Pasir kerikil
5	1	120	11767,98	117,68	0,4167	Pasir kerikil
6	1,2	180	17651,97	176,52	0,3333	Pasir kerikil

Sumber : BBWS Serayu Opak dan Analisis, 2024

Dari data korelasi sondir diatas di kelompokkan untuk lapisan tanah 1 yaitu pasir berlanau diambil dari nilai qc terkecil dan lapisan tanah 2 yaitu pasir kerikil diambil dari qc terbesar pada kedalaman 1,2 m. Untuk menentukan parameter pada plaxis v8.2 diperoleh dari mengkorelasi berdasarkan qc dan tabel jenis tanah.

Tabel 2. Parameter Material Permodelan Plaxis

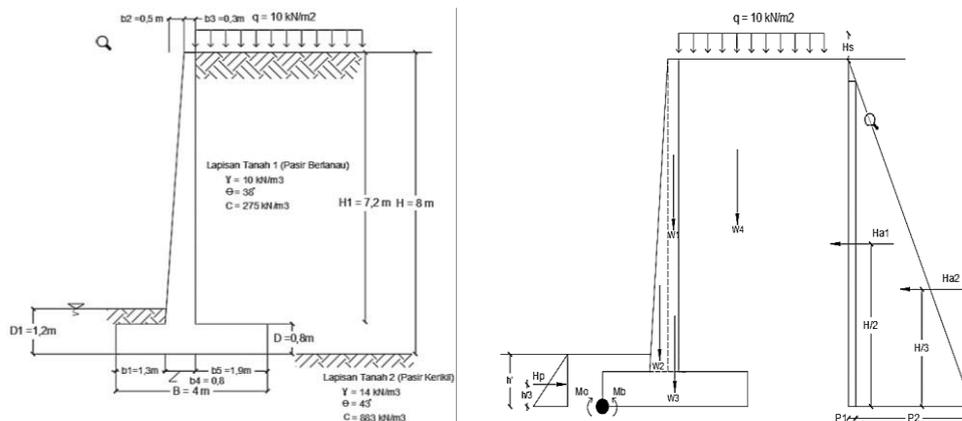
No	Parameter	Unit	Lapisan 1	Lapisan 2	Dinding Penahan
			Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Linier-elastic
			Undrained	Drained	Non-porous
1	γ Unsaturated	kN/m3	4,9	6,86	24
	γ Saturated	kN/m3	10	14	-
2	Kohesi (c)	kN/m2	275	883	-
3	Sudut Geser Dalam (Ø)	o	38	43	-
4	Koefisien Permeabilitas (k)	m/hari	0,00864	86,4	-
5	Modulus Elastis Tanah (E)	kN/m2	16475	52960	21409518,91
6	Angka Poisson (ν)	-	0,32	0,15	0,15

Sumber : Analisis, 2024

3.3. Dinding Penahan Tanah

Dalam membuat permodelan atau desain dinding penahan tanah kantilever digunakan SNI 8460 : 2017 dan buku menurut Hakam 2010.

1. Perhitungan Manual Dinding Penahan Tanah



Gambar 2. Permodelan Dinding Kantilever

Tabel 3. Dimensi Dinding Penahan Kantilever

Dimensi Diding Penahan Tanah Kantilever			
Dimensi	Batas	Hasil	Satuan
H		8	m
H1	H-D	7,2	m
D	H/12-H/10	0,8	m
D1	0,5 H (min 50 cm)	1,2	m
B	0,4 H-0,7 H	4	m
b1	B/3	1,3	m
b2	Lebar Kemiringan min 0,02 (b4-b3)	0,5	m
b3	Min 0,3	0,3	m
b4	0,1 H	0,8	m
b5	B-(b1-b4)	1,9	m

Sumber : Analisis, 2024

Kontrol Terhadap Guling

Momen Guling :

$$M_o = Ha_1 \times H/2 + Ha_2 \times H/3 = 19,031 \times 4 + 76,123 \times 2,667 = 279,116 \text{ kNm}$$

Momen Penahan (Mb) :

$$M_b = 740,58 \text{ kNm}$$

Faktor Keamanan Terhadap Guling :

$$\begin{aligned} FK_{\text{Guling}} &= M_b / M_o \\ &= 740,58 / 279,116 \\ &= 2,7 > 2 \text{ (AMAN)} \end{aligned}$$

Kontrol Terhadap Geser

$$\text{Gaya Geser} = Ha_1 + Ha_2 = 19,031 + 76,123 = 95,153 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya Penahan} = (\mu \times R) + (H_p \times h' / 3) = 193,877 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} FK_{\text{Geser}} &= (\mu \times R) + (H_p \times 1,2 / 3) / (Ha_1 + Ha_2) \\ &= 193,877 / 95,153 \\ &= 2,04 > 1,5 \text{ (AMAN)} \end{aligned}$$

Kapasitas Daya Dukung tanah (qu) :

$$\begin{aligned} q_u &= i_c C N_c + i_y 0,5 B' \gamma N_y \\ &= (0,994 \times 883 \times 105,11) + (0,991 \times 0,5 \times 3,014 \times 14 \times 171,14) \\ &= 95799 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

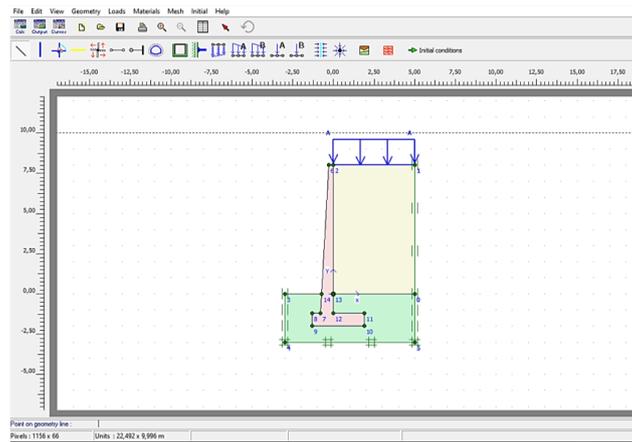
$$q' = W / B' = 306,24 / 3,014 = 101,615$$

$$\begin{aligned} FK &= q_u / q' \\ &= 95799 / 101,615 \\ &= 942,76 > 3 \text{ (AMAN)} \end{aligned}$$

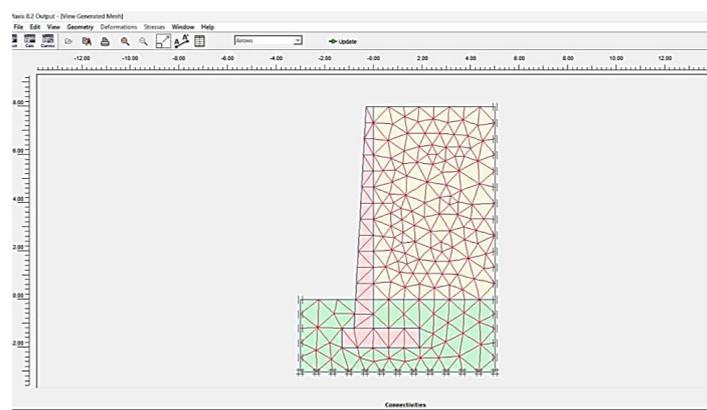
2. Perhitungan Plaxis v8.2

Tahapan yang perlu dilakukan (Undayani dan Nur, 2023):

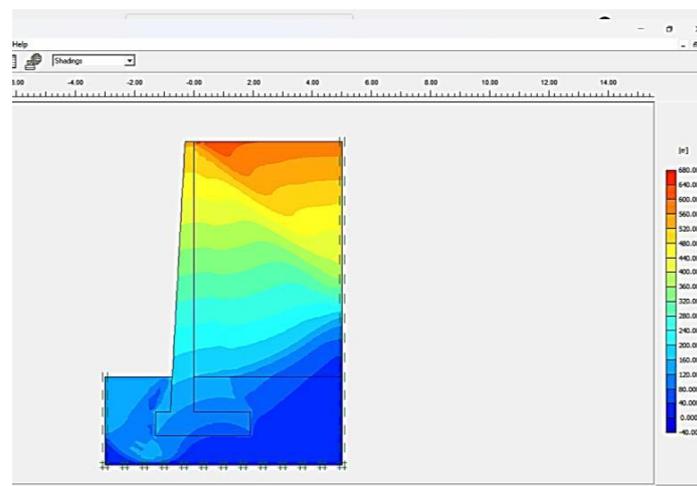
- Tahap 1 (Kondisi Asli Lereng)
- Tahap 2 (Pemberian Beban)
- Tahap 3 (Dinding Penahan dan Beban)



Gambar 3. Tampilan Geometri Permodelan Awal



Gambar 4. Tampilan Hasil Meshing Permodelan



Gambar 5. Tampilan Hasil Perpindahan Setelah adanya Dinding Penahan

Hasil analisis menggunakan plaxis menunjukkan adanya peningkatan angka keamanan (SF) pada setiap tahapannya sebagai berikut :

- Tahap 1 (tanah asli lereng) = 62,2890
- Tahap 2 (dengan beban) = 62, 2800
- Tahap 3 (dengan beban dan dinding penahan) = 62,3080

Peningkatan angka keamanan dari tahap ke tahap menunjukkan peningkatan stabilitas dan keamanan konstruksi. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya penerapan Dinding Penahan Tanah pada tahap 3,

stabilitas keseluruhan model meningkat secara signifikan, yang menunjukkan angka keamanan (SF) mencapai 62,3080. Hasil ini memberikikan indikasi bahwa dengan adanya dinding penahan, potensi resiko keruntuhan dapat ditekan dengan efektif, dan struktur lereng menjadi lebih aman dari sebelumnya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada Sungai Pelus Purwokerto menggunakan dinding penahan tanah kantilever dalam pengendalian longsor, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Dimensi dinding penahan tanah kantilever yang digunakan yaitu Tinggi dinding (H) : 8 m, Lebar dinding vertikal atas (b3) : 0,3 m, Lebar dinding vertikal bawah (B) : 4 m. Besarnya nilai gaya geser sebesar 95,153 kN, momen guling sebesar 279,116 kN/m, dan daya dukung tanah sebesar 95898 kN/m. Berdasarkan Perhitungan manual diperoleh faktor keamanan terhadap guling sebesar $2,7 > 2$, faktor keamanan terhadap geser sebesar $2,04 > 1,5$, dan faktor keamanan terhadap daya dukung sebesar $943,73 > 3$. Sedangkan dari Perhitungan plaxis diperoleh faktor keamanan (SF) sebesar 62,0080.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hakam, A. (2010). Stabilitas Lereng dan Dinding Penahan Tanah. Padang: CV. FERILA.
- [2] Hardiyatmo, H. C. (2011). Analisa & Perencanaan Fondasi bagian I. Yogyakarta : Gajah mada Unversity Press.
- [3] Setiawan, A. (2016). Perancangan Struktur Beton Bertulang Bedasarkan SNI 2847- 2013 : PT. Erlangga.
- [4] SNI-8460. (2017). Persyaratan perancangan geoteknik. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- [5] Sari, C.U and Sholeh, N.M. (2023). Konsep Dasar Dan Cara Mudah Penggunaan Plaxis v8.2 : Pustaka Pranala.

Analisis Lendutan pada Struktur Pelat Lantai Jembatan Tajum Karang Bawang Banyumas

Deflection Analysis on the Floor Slab Structure of the Tajum Karang Bawang Bridge in Banyumas

Putri Nabiilah¹, Amris Azizi², Mukti Agung Wibowo³

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Informasi Artikel

Dikirim, 16 Agustus 2024
Direvisi, 16 Januari 2025
Diterima, 21 Januari 2025

Korespondensi Penulis:

Putri Nabiilah
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah
Purwokerto
JL. K.H. Ahmad Dahlan
Purwokerto, 53182
Email:
punabiilah12@gmail.com

ABSTRAK

Jembatan merupakan suatu konstruksi yang memiliki fungsi untuk meneruskan jalan dengan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah dibawahnya untuk menghubungkan wilayah satu dengan yang lainnya. Salah satu elemen pada struktur jembatan adalah pelat lantai yang berfungsi mendukung beban hidup maupun beban mati kemudian di teruskan ke struktur bawah jembatan. Masalah utama yang terdapat pada pelat lantai jembatan adalah lendutan, jika tidak di perhitungkan dengan baik maka lendutan pada sebuah struktur jembatan akan melebihi batas toleransi yang diijinkan. Hal tersebut dapat menyebabkan keretakan yang melebihi batas izin dan tidak aman bagi pengguna jalan. Jembatan Tajum Karang Bawang Banyumas adalah jembatan yang berlokasi di Jalan Nasional Ajibarang – Wangon, Desa Pancasan Karang Bawang, Kecamatan Ajibarang, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah yang dibangun pada bulan desember 2022 hingga bulan november 2023. Jembatan ini memiliki panjang 130 m dan lebar 10 m. Penelitian ini bertujuan menganalisis lendutan pada struktur pelat lantai jembatan yang mengacu pada SNI 1725-2016. Analisis menggunakan SAP2000. Hasil penelitian menunjukkan lendutan sebesar 20,483 mm lebih kecil dari lendutan izin maksimum yang di perbolehkan sebesar 280 mm. Hasil analisis lendutan tersebut dinyatakan aman.

Kata Kunci : Jembatan, Pelat Lantai, Lendutan.

ABSTRACT

The bridge is a construction that has a function to continue the road through an obstacle that is lower below to connect one area with another. One of the elements in the bridge structure is the floor plate which functions to support the live load and dead load then forwarded to the lower structure of the bridge. The main problem found on the bridge floor plate is deflection, if not properly calculated, the deflection of a bridge structure will exceed the allowable tolerance limit. This can cause cracks that exceed the permit limit and are unsafe for road users. Tajum Karang Bawang Banyumas Bridge is a bridge located on the Ajibarang - Wangon National Road, Pancasan Karang Bawang Village, Ajibarang District, Banyumas Regency, Central Java which was built from December 2022 to November 2023. This bridge is 130 m long and 10 m wide. This study aims to analyze the deflection of the bridge floor plate structure which refers to SNI 1725-2016. Analysis using SAP2000. The results showed that the deflection of 20,483 mm was smaller than the maximum allowable deflection of 280 mm. The results of the deflection analysis are declared safe.

Keyword : Bridge, Floor Slab, Deflection

1. PENDAHULUAN

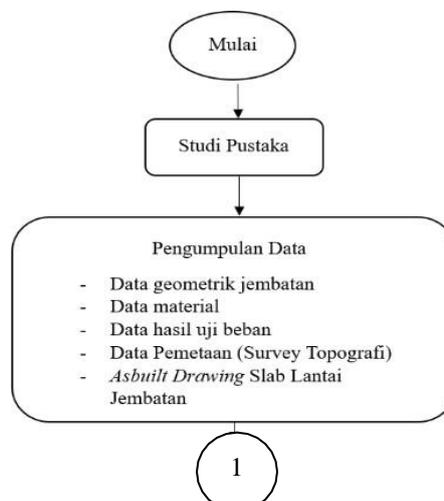
Jembatan merupakan suatu konstruksi yang memiliki fungsi untuk meneruskan jalan dengan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Jembatan dapat menghubungkan antar wilayah satu dengan lainnya yang diputus oleh zona seperti Sungai, jurang, rel kereta api, dan lain sebagainya sehingga wilayah yang sebelumnya terisolir menjadi dapat dijangkau dan membawa keuntungan bagi wilayah tersebut. Salah satu elemen struktur yang terdapat pada jembatan adalah pelat lantai jembatan. Pelat lantai jembatan adalah elemen struktur yang mendukung beban hidup maupun beban mati dan menyalurkannya ke *girder* kemudian selanjutnya ke struktur bawah jembatan. Adapun masalah utama pada perencanaan pelat lantai pada jembatan adalah lendutan. Jika tidak diperhitungkan dengan baik, lendutan pada saat pembangunan sebuah struktur pada jembatan akan melebihi batas toleransi. Hal tersebut dapat menyebabkan keretakan yang lebih besar dari yang diizinkan dan kurang aman bagi pengguna jalan. Masalah ini dapat disebabkan karena kesalahan pada saat perencanaan dimensi dan tulangan sehingga tulangan yang dipasang tidak cukup kuat untuk menahan beban yang bekerja. Selain itu, penyebab lainnya adalah penggunaan bahan atau material yang kurang baik pada saat pemasangan tulangan, sehingga dapat mengurangi kekuatan pelat lantai jembatan yang akan menggunakan beton bertulang dasarnya perencanaan pelat lantai pada jembatan yang baik adalah apakah pelat lantai tersebut cukup kuat untuk menahan beban yang bekerja atau tidak. Bila perhitungannya sesuai dan tidak keliru, maka dapat meminimalisir perbedaan dimensi dan penulangan dari hasil perhitungan yang dipasang di lapangan. Penelitian dilakukan pada proyek penggantian dan/atau duplikasi Jembatan Callender Hamilton Tajum Karang Bawang Kabupaten Banyumas, penelitian dilakukan dengan menganalisis lendutan pada struktur pelat lantai jembatan untuk mengetahui apakah dengan material, dimensi tulangan, dan pembebanan yang digunakan cukup menahan lendutan yang terjadi pada pelat lantai jembatan dan apakah lendutan yang terjadi aman.

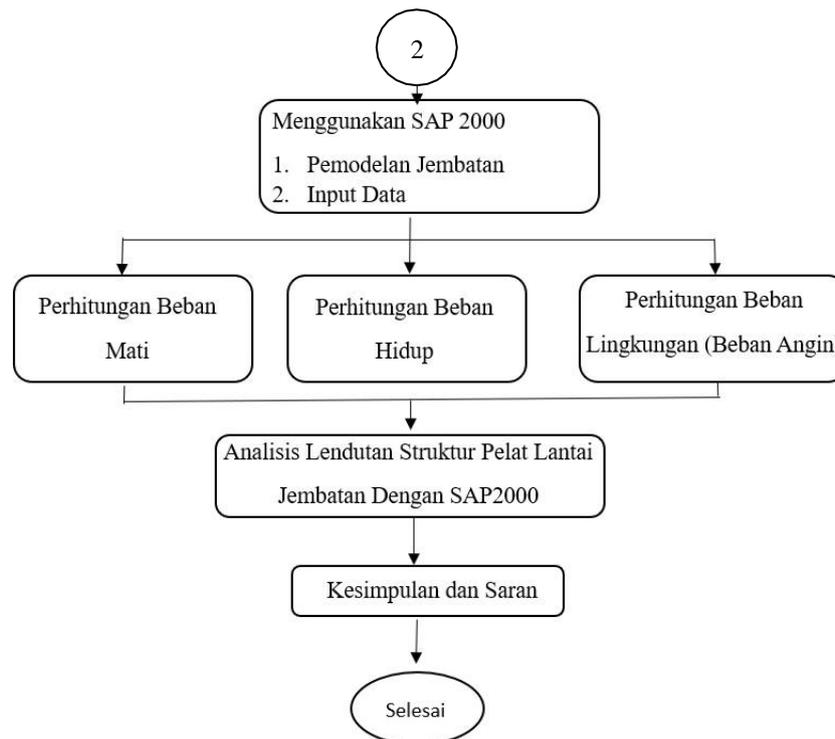
2. METODE PENELITIAN

Berikut tahapan dalam rencana perhitungan penelitian ini, sebagai berikut :

1. Pengumpulan data
Pada Penelitian ini data yang dibutuhkan adalah data sekunder.
 - Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah Data Geometrik Jembatan, Data Material, Data Hasil Uji Beban, Data Pemetaan (Topografi), Asbuilt Drawing Slab Lantai Jembatan
2. Pemodelan Jembatan
Proses pemodelan jembatan dengan gambar dimodelkan dalam software SAP2000
3. Analisis Perhitungan dan Hasil Pembahasan
Pada analisis perhitungan lendutan pada pelat lantai jembatan, digunakan perhitungan manual dan perhitungan menggunakan software SAP2000 yang akan mendapatkan nilai faktor aman.
4. Kesimpulan dan Saran
Kesimpulan pada analisis penelitian ini berupa hasil dan rekomendasi yang membantu untuk merencanakan penelitian berikutnya.

Tahapan prosedur penelitian seperti tergambar dalam diagram alir penelitian sebagai berikut





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Jembatan

Jembatan Tajum Karang Bawang Banyumas merupakan jembatan komposit yang terdiri dari 2 jalur kendaraan dengan lebar 8 m dan trotoar untuk pejalan kaki selebar 1 m pada setiap sisinya. Memiliki bentang sepanjang 130 m yang terletak di ruas jalan nasional Ajibarang-Wangon. Adapun spesifikasi dan bahan yang digunakan pada jembatan ini adalah :

- a. Panjang Jembatan = 130 m (A1-P1-P2-A2)
- b. Lebar Jembatan = 10 meter
- c. Type *Abutment* = *Abutment* T terbalik
- d. Mutu Material :
 - Beton Pelat lantai jembatan = $f'c$ 30 Mpa
- e. Mutu Baja Tulangan :
 - $D < 13$ mm BJTP – 280 f_y : Min. 280 Mpa
 - $D > 13$ mm BJTS – 420a f_y : Min. 420 Mpa
- f. *Steel Box Girder (SBG)* = JIS G3106 (*Rolled Steels for Welded Structure*)
Grade SM490 atau ekuivalen

3.2. Input Pembebanan Pada Pemodelan Jembatan

1. Beban Permanen

Yang termasuk dalam beban permanen yaitu berat sendiri (MS) dan berat mati tambahan (MA) yang terdiri dari aspal, trotoar beton, dan railing (sandaran). Perhitungan beban permanen terdapat pada tabel 1.

Tabel 1. Beban Permanen

No	Beban	Intensitas	Input Beban	Faktor Beban
1.	Berat Sendiri (MS)	Beton $f'c = 30$ MPa Baja $B_j = 7,85$ ton/m ³	Dihitung otomatis pada SAP2000	1,1

2.	Berat Mati Tambahan	· Aspal 1 lapis (50 mm) Bj = 2,2 ton/m ³	· 0,05 x 2,2 = 0,11 ton/m ²	1,4
		· Trotoar Beton tebal 0,2 m Bj = 2,2 ton/m ³	· 0,20 x 2,2 = 0,44 ton/m ²	1,4
		· Railing ukuran 16 x 10 cm, t=1,25m	· kolom + pipa = (0,16 x 0,10 x 1,25 x 2,4) + 0,0452 =	1,4
		· pipa 2 baris jarak 2m	0,0932 ton/mtk	

Sumber : SNI 1725 : 2016

2. Beban Hidup

Tabel 2. Beban Lalu Lintas

No	Beban	Intensitas	Input Beban	Faktor Beban
1.	Beban Lajur "D" (BTR)	Per- luasan lajur lalu lintas jembatan	q= 9,0 (0,5 + 5/L)kPa q=0,553 ton/m ²	2
2.	Beban Garis Terpusat (BGT)	Di tengah bentang jembatan	49 kN/m' = 4,9 ton/m'	2
3.	Beban Pejalan Kaki	Trotoar kiri dan kanan	5 kPa = 0,5 ton/m ²	2

Sumber : SNI 1725-2016

Catatan :

- Beban BTR Jika $L \leq 30$ m, $q = 0,9$ kPa jika $L \geq 30$ m, $q = 0,9 (0,5 + 15/L)$ kPa
- Beban BTG dikalikan dengan faktor beban dinamis SNI 1725 : 2016 apabila bentang jembatan kurang dari 40 m yang faktor perbesarannya 40%

3. Beban Lingkungan

Tabel 3. Beban Aksi Lingkungan

Beban	Intensitas	Input Beban	Faktor Beban
Beban Angin	Balok / Gelagar = 0,0024 MPa	0,0489 ton/joint	1,4

Sumber : SNI 1725-2016

- Perhitungan Beban Angin
Bentang Jembatan = 130 m
Tinggi Gelagar = 834 mm
Tinggi Lantai = 200 mm
Tinggi total struktur = 1034 mm
Luasan total struktur = $1034 \times 130000 = 13,468 \times 10^7$ mm²
Beban angin pada struktur = $0,0024 \times 13,468 \times 10^7 = 323232$ N = 3,2323 ton
Beban angin di-aplikasikan sebagai beban joint EWs = $3,2323 / 66$ joint = 0,0489 / joint

3.3. Kombinasi Pembebanan

Memasukan kombinasi pembebanan terfaktor yang mengacu pada SNI 1725:2016 tentang pembebanan pada jembatan untuk pelat lantai jembatan:

Kuat I = 1,1 MS + 1,4 MA + 1,8 (TD+TP)

Kuat III = 1,0 MS + 1,4 MA + 1,4 EWs

Daya Layan II = 1,0 MS + 1,0 MA + 1,3 (TD+TP)

3.4. Kntrol Perhitungan

1. Perhitungan Manual Lendutan Pelat Lantai Jembatan

Kuat Tekan Beton ($f'c$)	= 30 MPa
Baja Tulangan (f_y)	= 280 MPa
Modulus elastisitas beton (E_c)	= 25742 MPa
Modulus elastisitas baja (E_s)	= 200000 MPa

Tebal Slab (h)	= 250 mm
Luas tulangan slab (As)	= 3500 mm
Panjang bentang slab (L)	= 70000 mm
Lebar Slab (b)	= 6665 mm
Lendutan izin maksimum	= (L / 250) = (70000/250) = 280 mm
Beban Merata	= Q = PMs + MA = 3,0932 kN/m
Inersia penampang plat (Ig)	= 1/12 x b x h ³ = 1/12 x 6665 x 250 ³ = 8678385417 mm
Modulus keruntuhan lentur beton (Ff)	= 0,7 x √f'c = 0,7 x √30 = 3,834 MPa
Nilai perbandingan modulus elastis (n)= Es / Ec	= 200000 / 25742 = 7,769 = n x As = 7,769 x 3500 = 27191,5
Jarak garis netral terhadap sisi atas beton (c)	= n x As / b = 7,769 x 3500 / 6665 = 4,079
Inersia penampang retak yang di transformasikan ke beton (Icr)	= 1 / 3 x b x (c ³ + n) x As x (d - c) ² = 2088599105 x 10 ³
Yt	= h / 2 = 250 / 2 = 125 mm
Momen retak (Mcr)	= Ff x Ig / Yt = 3,834 x 8678385417 / 125 = 26618247,91
Momen maksimum aktif beban (Ma)	= 1/8 x Q x (L ² + 1/4) x P x L = 1894591766
Inersia efektif perhitungan lendutan (Ie)	= (Mcr / Ma) ³ x Ig + (1 - (Mcr/Ma)) ³ x L = 1,2825 x 8678385417 + 0,958 x 70000 = 11130096360
Lendutan elastis akibat beban mati dan beban hidup (δe)	= 5/384 x Q x L ⁴ x (Ec/Ie) + 1/48 x P x L ³ /Ec x Ie = 22,37199552
Rasio tulangan slab lantai jembatan	= As x b / d = 3500 / (6665 x 200) = 2,625
Faktor ketergantungan waktu beban mati (λ)	= 2 / (1 + 50 x 1,75) = 0,0225
Lendutan jangka panjang (akibat rangkai dan susut) (δg)	= λ x 5/384 x Q x (L ⁴ / (Ec x Ie)) = 75,94168855
Lendutan total pada pelat (δtotal)	= δe + δg = 22,37199552 + 75,94168855 = 98,313 = 98,313 mm < 280 mm (OK!)

2. Perhitungan Lendutan Pelat Lantai Jembatan pada *Software* SAP2000

Setelah penginputan beban pada pemodelan jembatan yang ada dalam *software* SAP2000 kemudian dilakukan analisis perhitungan dengan *Run Analysis*, kemudian cek lendutan pada kombinasi pembebanannya, dihasilkan nilai lendutan 20,483 mm < 280 mm yang aman dan tidak melebihi nilai izin lendutan maksimum pada struktur pelat lantai Jembatan Tajum Karang Bawang Banyumas.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan manual pada pelat lantai jembatan, dihasilkan lendutan sebesar 98,31 mm. Pada uji beban truk menghasilkan lendutan sebesar 11,37 mm. Hasil analisis menggunakan SAP2000 lendutan pada jembatan sebesar 20,483 mm < 280 mm. Hasil analisis lendutan pada pelat lantai jembatan dinyatakan aman karena tidak melebihi nilai lendutan izin maksimum yang terdapat pada SNI T – 12 – 2004 tentang Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan pada pasal 9 tentang Batas Layan pada aspek lendutan dan retak, bagian 9. 2. 1 Perbatasan dari lendutan balok dan pelat pada point c yang menjelaskan bahwa lendutan akibat beban rencana untuk daya layan pada Peraturan Pembebanan untuk Jembatan Jalan Raya tidak melampaui $L/250$ bentang yang di analisis pada bentang tengah jembatan tumpuan P1 – P2 yang berjarak 70 m, sehingga dihasilkan nilai lendutan izin maksimum sebesar 280 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Munawir, dkk “, 2023, Pengaruh Ketebalan Pelat Terhadap Ketahanan Struktur Lantai Jembatan Alue Pange” Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu Pendidikan Tinggi Melalui Dudi Melalui Merdeka Belajar, vol.4 no.1.
- [2] RSNI T-12-2004 Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan. Jakarta: Balai Standardisasi Nasional Indonesia
- [3] SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan. Jakarta: Balai Standarisasi Nasional Indonesia
- [4] SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Balai Standardisasi Nasional Indonesia
- [5] Supriyadi dan Muntohar, 2017. *Jembatan*. Yogyakarta : Beta Offset Kavling Madukismo 28.

Analisa Komposisi Sampah yang Dihasilkan Berdasarkan Sifat dan Karakternya di Kampus Institut Teknologi Sumatera 2023

Analysis of the Composition of Waste Generated Based on Its Nature and Character at the Sumatera Institute of Technology Campus 2023

Muhammad Hakiem Sedo Putra

Program Studi S1 Rekayasa Tata Kelola Air Terpadu, Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan
Institut Teknologi Sumatera

Informasi Artikel

Dikirim, 6 Oktober 2024
Direvisi, 17 Januari 2025
Diterima, 21 Januari 2025

Korespondensi Penulis:

Muhammad Hakiem Sedo
Putra
Program Studi Rekayasa Tata
Kelola Air Terpadu
Institut Teknologi Sumatera
Jalan Terusan Ryacudu, Desa
Way Hui, Kecamatan
Jatiagung, Lampung Selatan
35365
Email:
muhammad.sedo@tka.itera.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komposisi sampah yang dihasilkan di Kampus Institut Teknologi Sumatera (ITERA) berdasarkan sifat dan karakternya. Metode deskriptif kuantitatif diterapkan selama satu bulan dengan pengambilan sampel sampah di berbagai titik pengumpulan di kampus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampah anorganik mendominasi dengan persentase rata-rata 75%, terdiri dari plastik (40%), kertas (20%), dan bungkus makanan (15%). Sementara itu, sampah organik mencakup sekitar 25%, dengan sisa makanan dan kulit buah sebagai jenis yang paling umum. Temuan ini mengindikasikan tingginya ketergantungan pada produk kemasan sekali pakai dan menunjukkan perlunya langkah-langkah pengelolaan yang lebih baik untuk mengurangi dampak lingkungan. Pengelolaan sampah yang berkelanjutan dan upaya pengomposan sampah organik dapat menjadi solusi untuk menciptakan lingkungan kampus yang lebih bersih dan ramah lingkungan.

Kata Kunci : Institut Teknologi Sumatera, Komposisi sampah, pengelolaan sampah, sampah anorganik, sampah organik

ABSTRACT

This study aims to analyze the composition of waste generated at the Institut Teknologi Sumatera (ITERA) campus based on its properties and characteristics. A descriptive quantitative method was applied over a one-month period, with waste sampling conducted at various collection points across the campus. The results indicate that inorganic waste dominates, comprising an average of 75% of the total waste, including plastic (40%), paper (20%), and food packaging (15%). In contrast, organic waste accounts for approximately 25%, primarily consisting of food scraps and fruit peels. These findings highlight a significant reliance on single-use packaging products and underscore the need for improved waste management strategies to mitigate environmental impacts. Sustainable waste management and composting of organic waste present viable solutions for creating a cleaner and more environmentally friendly campus.

Keyword : inorganic waste, Institut Teknologi Sumatera, Waste composition, waste management, organic waste.

1. PENDAHULUAN

Penelitian mengenai karakteristik sampah di lingkungan kampus masih terus berkembang. Penelitian ini bertujuan untuk menambah khasanah pengetahuan mengenai komposisi sampah yang dihasilkan di lingkungan kampus Institut Teknologi Sumatera (ITERA) pada tahun 2023. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan terkait pengelolaan sampah perkotaan, khususnya di lingkungan institusi pendidikan. Analisis komposisi sampah merupakan langkah awal yang krusial dalam merancang sistem pengelolaan sampah yang optimal[1]. Dengan mengetahui jenis dan karakteristik sampah yang dihasilkan, kita dapat menentukan metode pengolahan yang paling tepat, baik itu melalui pengurangan, reuse, daur ulang, maupun pengolahan akhir[2]. Penelitian ini secara khusus akan menganalisis komposisi sampah yang dihasilkan di lingkungan kampus Institut Teknologi Sumatera (ITERA) pada tahun 2023. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berharga bagi pihak kampus dalam menyusun kebijakan dan program pengelolaan sampah yang lebih baik.

1.1. Sampah

Sampah adalah sisa buangan yang tidak berguna lagi dan dianggap sebagai limbah. Sampah dapat berasal dari berbagai sumber, seperti aktivitas rumah tangga, industri, pertanian, dan perkantoran[3].

Secara umum, sampah dapat dibagi menjadi beberapa jenis berdasarkan sifat dan karakteristiknya, antara lain:

- a. Sampah Organik, Sampah yang mudah terurai oleh mikroorganisme, seperti sisa makanan, daun-daun kering, dan kotoran hewan.
- b. Sampah Anorganik, Sampah yang sulit terurai, seperti plastik, kaca, logam, dan kertas.
- c. Sampah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun), Sampah yang mengandung zat berbahaya dan beracun, seperti baterai, cat bekas, dan limbah medis.

Jika tidak dikelola dengan baik, sampah dapat menimbulkan berbagai masalah, seperti pencemaran lingkungan[4]. Sampah dapat mencemari tanah, air, dan udara. Penyebaran penyakit, Tempat pembuangan sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat menjadi sarang penyakit[5]. Estetika lingkungan, Tumpukan sampah dapat merusak pemandangan dan mengurangi kenyamanan lingkungan.

1.2. Analisa Sampah

Analisis pemilahan sampah merupakan langkah strategis yang krusial dalam pengelolaan limbah modern. Dengan melakukan analisis mendalam terhadap jenis dan volume sampah yang dihasilkan, kita dapat merancang sistem pemilahan yang efektif dan efisien[6]. Informasi yang diperoleh dari analisis ini akan menjadi dasar dalam menentukan metode pengolahan sampah yang tepat, seperti komposisi, daur ulang, atau pembuangan akhir. Manfaat dari pemilahan sampah sangatlah beragam, mulai dari mengurangi volume sampah yang berakhir di tempat pembuangan akhir, memperpanjang umur TPA[7], hingga mengurangi pencemaran lingkungan. Selain itu, pemilahan sampah juga dapat meningkatkan nilai ekonomis dari limbah, menciptakan lapangan kerja baru di sektor daur ulang, serta mendorong masyarakat untuk lebih peduli terhadap lingkungan[1]. Dengan kata lain, analisis pemilahan sampah bukan hanya sekadar kegiatan teknis[8], tetapi juga merupakan investasi jangka panjang untuk mewujudkan lingkungan yang bersih, sehat, dan berkelanjutan[2].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif untuk menganalisis komposisi sampah yang dihasilkan di Kampus Institut Teknologi Sumatera (ITERA) berdasarkan sifat dan karakternya. Penelitian dilaksanakan selama periode satu bulan, yaitu pada tahun 2023, dengan pengambilan data harian di berbagai titik pengumpulan sampah di kampus, seperti kantin, asrama, dan area akademik.

2.1. Lokasi dan Populasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di area kampus ITERA, meliputi beberapa titik strategis seperti kantin, area perkuliahan, asrama mahasiswa, dan area hijau kampus. Populasi penelitian mencakup seluruh jenis sampah yang dihasilkan oleh aktivitas sivitas akademika, termasuk mahasiswa, dosen, dan tenaga kependidikan.

2.2. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel sampah dilakukan setiap hari selama 7 hari berturut-turut. Sampah yang terkumpul dipisahkan ke dalam dua kategori utama, yaitu sampah organik (seperti sisa makanan, daun, kulit buah) dan anorganik (seperti plastik, kertas, botol, dan bungkus makanan)[8].

Setiap jenis sampah ditimbang untuk mendapatkan persentase total sampah organik dan anorganik. Pengambilan sampel dilakukan secara acak dengan metode stratified random sampling untuk memastikan representasi sampah dari berbagai lokasi di kampus[9].



Gambar 1. Pengambilan sampel sampah

2.3. Instrumen Penelitian

Instrumen utama dalam penelitian ini adalah timbangan digital yang digunakan untuk mengukur berat sampah. Selain itu, dilakukan pengamatan langsung untuk mengidentifikasi jenis-jenis sampah secara manual. Data juga dikumpulkan melalui pencatatan jumlah dan jenis sampah setiap harinya, serta dokumentasi foto sebagai bukti fisik.

2.4. Pengolahan dan Analisis Data

Data yang terkumpul dianalisis menggunakan metode kuantitatif dengan menghitung persentase setiap jenis sampah organik dan anorganik dari total sampah yang dihasilkan [10]. Data ini kemudian dibandingkan antar lokasi dan hari pengambilan sampel untuk mendapatkan gambaran komposisi sampah yang lebih jelas. Hasil dari analisis ini disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan visualisasi komposisi sampah berdasarkan sifat dan karakternya.

2.5. Validasi Data

Validasi data dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dari berbagai lokasi di kampus dan melakukan verifikasi ulang terhadap hasil pencatatan yang dilakukan oleh tim penelitian untuk memastikan keakuratan dan konsistensi hasil [11].

Metode penelitian ini dirancang untuk memberikan gambaran yang akurat mengenai komposisi sampah di kampus ITERA, yang nantinya dapat menjadi dasar dalam merumuskan strategi pengelolaan sampah yang lebih efektif dan berkelanjutan di lingkungan kampus [12].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan hasil ini mengindikasikan bahwa pola konsumsi di lingkungan kampus ITERA masih sangat bergantung pada produk kemasan yang sekali pakai, yang menyebabkan tingginya produksi sampah anorganik, terutama plastik dan bungkus makanan. Hal ini menunjukkan perlunya upaya yang lebih terstruktur dalam pengelolaan sampah, seperti penerapan kebijakan penggunaan produk ramah lingkungan dan pengurangan plastik sekali pakai. Di sisi lain, meskipun sampah organik berada dalam jumlah yang lebih sedikit, potensi untuk memanfaatkan sampah organik melalui pengomposan sangat besar, mengingat adanya area hijau di kampus yang dapat memanfaatkan kompos tersebut.

Selain itu, ditemukan bahwa sampah anorganik di beberapa titik strategis, seperti kantin dan area perkuliahan, lebih tinggi dibandingkan dengan di area asrama dan ruang hijau. Ini mengindikasikan bahwa aktivitas sehari-hari mahasiswa di luar ruang lebih banyak menghasilkan sampah yang sulit terurai, seperti plastik dan kertas. Oleh karena itu, kampus ITERA perlu mempertimbangkan langkah-langkah pengurangan limbah, misalnya dengan menyediakan fasilitas daur ulang dan meningkatkan edukasi terkait manajemen sampah bagi mahasiswa dan seluruh sivitas akademika.

Tabel 1. Rekapitulasi identifikasi hasil sampah 3 kelompok dalam 7 hari

Hari ke-	SAMPAH			
	Organik		Anorganik	
	jumlah sampah (%)	Jenis Sampah	jumlah sampah (%)	Jenis Sampah
1	18%	Sisa makanan, kulit buah	81,67%	plastik, bungkus makanan & minuman
2	23%	Sisa makanan, kulit buah	76,67%	kaleng, kertas, bungkus makanan
3	13%	sisa makanan, tulang, nasi, dsb	86,67%	kardus, botol, bungkus makanan
4	12%	nasi, bekas makanan, daun pisang	88,33%	kardus, botol, bungkus makanan
5	30%	bekas makanan, snack/kue sisa	70,00%	botol, plastik, kertas, bungkus makanan
6	22%	kulit buah, nasi, sisa makan	78,33%	kaleng botol, plastik, kertas
7	33%	kayu furniture, sisa makanan	66,67%	bungkus makanan, plastik, botol minuman

Sumber : survey kampus Itera 2023

Tabel ini menunjukkan distribusi sampah organik dan anorganik dalam persentase selama 7 hari, dengan jenis sampah yang dikategorikan berdasarkan jenis bahan atau sisa-sisa yang ditemukan. Berikut adalah beberapa poin interpretasi.

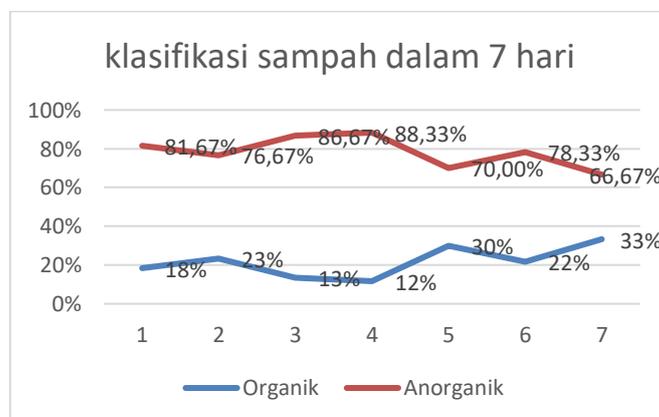
3.1. Sampah Organik

Persentase sampah organik bervariasi dari 12% hingga 33%. Jenis sampah organik yang paling umum adalah sisa makanan, kulit buah, nasi, dan beberapa bahan alami lainnya (misalnya, tulang, daun pisang, kayu). Hari ke-5 memiliki persentase sampah organik tertinggi (30%), dan hari ke-4 terendah (12%).

3.2. Sampah Anorganik

Persentase sampah anorganik lebih tinggi dibandingkan sampah organik setiap harinya, berkisar dari 66,67% hingga 88,33%. Jenis sampah anorganik didominasi oleh plastik, bungkus makanan, botol, kardus, dan kertas. Pada hari ke-4, persentase sampah anorganik mencapai titik tertinggi (88,33%).

sampah organik tampaknya berfluktuasi sepanjang minggu, tanpa pola yang jelas. Sampah anorganik, khususnya plastik dan bungkus makanan, secara konsisten dominan, menunjukkan potensi masalah dalam manajemen sampah anorganik seperti plastik yang tidak mudah terurai. Jenis sampah organik cenderung berasal dari aktivitas rumah tangga (sisa makanan), sementara sampah anorganik lebih banyak dari kemasan dan bahan sekali pakai. Hari ke-7 mencatat jenis sampah organik yang lebih tidak biasa, yaitu kayu furniture, yang mungkin menunjukkan peristiwa pembuangan sampah yang berbeda dari hari-hari lainnya. Hari ke-3 hingga ke-5 menunjukkan dominasi bungkus makanan, plastik, dan botol di kategori sampah anorganik, mengindikasikan konsumsi produk yang dikemas dengan bahan-bahan ini. Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa sampah anorganik, terutama plastik dan bungkus makanan, adalah komponen utama dari sampah yang dihasilkan, sementara sampah organik lebih bervariasi tetapi dalam proporsi yang lebih rendah.



Gambar 2. Persentase hasil sampah dalam 7 Hari

Tabel 2. Rekapitulasi Identifikasi Sampah

SAMPAH			
Organik		Anorganik	
jumlah sampah (%)	Jenis Sampah	jumlah sampah (%)	Jenis Sampah
22%	sisa makan, kulit buah makanan, sayur, nasi	78,33%	kertas, stereofom, bungkus makanan, botol minuman kaleng & plastik

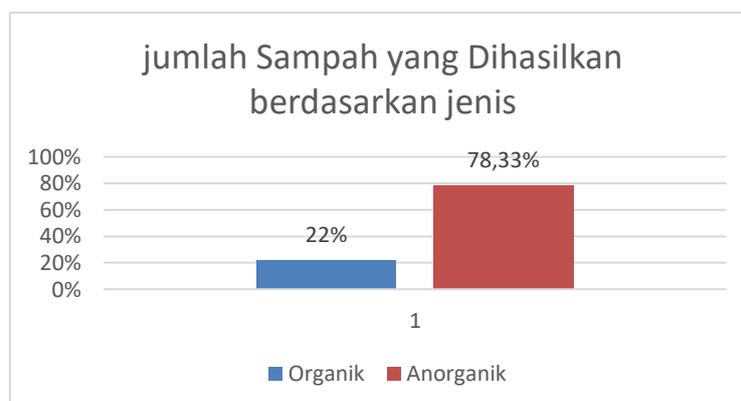
Sumber : survey kampus Itera 2023

Tabel di atas menunjukkan rekapitulasi pemilahan sampah selama 7 hari di kampus ITERA, yang membagi sampah menjadi kategori organik dan anorganik. Berikut adalah interpretasinya.

Sampah organik mencakup 22% dari total sampah yang dihasilkan. Jenis sampah organik yang dominan adalah sisa makanan, kulit buah, sayuran, dan nasi, yang merupakan sisa-sisa dari aktivitas konsumsi makanan sehari-hari. Persentase yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa volume sampah organik yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan dengan sampah anorganik.

Sampah anorganik mendominasi dengan 78,33% dari total sampah. Jenis sampah anorganik yang paling umum ditemukan meliputi kertas, stereofom, bungkus makanan, serta botol minuman dari kaleng dan plastik. Ini menunjukkan tingginya penggunaan produk sekali pakai, terutama yang berbahan dasar plastik dan kemasan makanan. Volume sampah anorganik yang jauh lebih besar dibandingkan sampah organik menandakan adanya tantangan dalam manajemen sampah, terutama terkait dengan bahan yang sulit terurai seperti stereofom dan plastik. Data ini menyoroti bahwa mayoritas sampah yang dihasilkan di kampus ITERA adalah sampah anorganik, terutama dari kemasan makanan dan minuman. Hal ini bisa mengindikasikan pola konsumsi yang bergantung pada produk kemasan. Tingginya proporsi sampah anorganik juga menekankan pentingnya pengelolaan sampah yang lebih baik, khususnya melalui daur ulang dan pengurangan penggunaan bahan-bahan sekali pakai di lingkungan kampus.

Secara keseluruhan, data ini menggarisbawahi perlunya inisiatif yang lebih kuat untuk mengurangi sampah anorganik di kampus, serta meningkatkan kesadaran untuk memilah dan mengelola sampah dengan benar.



Gambar 3. Rekapitulasi hasil sampah sesuai jenis

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) mengenai pemilahan sampah di kampus ITERA adalah bahwa mayoritas sampah yang dihasilkan di kampus berasal dari jenis anorganik, khususnya plastik, kertas, stereofom, serta bungkus makanan dan minuman. Sampah anorganik mencakup 78,33% dari total sampah, menunjukkan tingginya penggunaan produk sekali pakai dan kemasan. Sementara itu, sampah organik hanya mencakup 22%, yang sebagian besar berasal dari sisa makanan dan sayuran.

Dari data ini, terlihat bahwa kampus ITERA perlu memperkuat upaya pengurangan sampah anorganik dengan memperbanyak inisiatif daur ulang, pengurangan plastik sekali pakai, serta peningkatan kesadaran sivitas kampus untuk membawa wadah makanan dan minuman yang dapat digunakan kembali. Selain itu, program pengelolaan sampah organik juga dapat ditingkatkan, seperti melalui pengomposan, agar sampah organik dapat dimanfaatkan secara optimal. Inisiatif ini penting untuk mewujudkan lingkungan kampus yang lebih bersih, hijau, dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Monitoring BSWH and E, 2024 undefined. Peran kampus dan mahasiswa dalam meningkatkan peran serta masyarakat dalam pengelolaan sampah kota. *journal-iasssf.com* [Internet]. 2024 [cited 2024 Oct 6]; Available from: <https://journal-iasssf.com/index.php/WHEM/article/view/625>
- [2] Hidayanti N, kepada ZAJAJ, 2022 undefined. Edukasi pengelolaan sampah berbasis atm sampah bagi petugas kebersihan universitas muhammadiyah mataram dalam mendukung program sedekah sampah. *bajangjournal.com* [Internet]. 2022 [cited 2024 Oct 6];2(1). Available from: <https://bajangjournal.com/index.php/J-ABDI/article/view/2272>
- [3] Hilal M, Universitas R, Tirtayasa A, Raharja RM. Kurangnya Kesadaran Mahasiswa dalam Membuang Sampah Pada Tempatnya di Lingkungan Kampus. *prosiding.aripi.or.id* [Internet]. 2024 [cited 2024 Oct 6];1:41–51. Available from: <https://prosiding.aripi.or.id/index.php/PROSEMNASIPI/article/view/6>
- [4] Ruslinda Y, Tri Putri N, Mardatillah R, Kurnia Mulya F. Analisis Data Perencanaan untuk Sistem Pengolahan Sampah Kampus Universitas Andalas Limau Manis Padang. *jurnal.serambimekkah.ac.id* [Internet]. 2024 [cited 2024 Oct 6];IX(1). Available from: <https://www.jurnal.serambimekkah.ac.id/index.php/jse/article/download/802/582>
- [5] Komarudin A, Rosmajudi A, Hilman Program Pascasarjana STIA YPPT Priatim Tasikmalaya A. Implementasi kebijakan dalam pengelolaan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga di Kecamatan Indihiang Kota Tasikmalaya. *ijoehm.rcipublisher.org* [Internet]. 2023 [cited 2024 Oct 6];3. Available from: <http://ijoehm.rcipublisher.org/index.php/ijoehm/article/view/105>
- [6] Apriyani A, Putri M, Inovasi SWMBD, 2020 undefined. Pemanfaatan sampah plastik menjadi ecobrick. *mayadani.org* [Internet]. 2020 [cited 2024 Oct 6];1(1):48–50. Available from: <http://mayadani.org/index.php/MAYADANI/article/view/11>
- [7] Suni SM, Kunci K, Dampak : Kajian Dampak Keberadaan Kampus terhadap Lingkungan Permukiman Masyarakat di Kota Kupang. *sosains.greenvest.co.id* [Internet]. [cited 2024 Oct 6]; Available from: <https://sosains.greenvest.co.id/index.php/sosains/article/view/692>
- [8] Pengabdian Halaman J, Nilawati I, Novi Lasmadasari dan, Studi Agroteknologi P, Pertanian F, Ratu Samban U, et al. Sinergisitas Kampus Merdeka dan Merdeka Sampah Di Kelurahan Cempaka Permai Kecamatan Gading Cempaka Kota Bengkulu. *journal.bengkuluinstitute.com* [Internet]. [cited 2024 Oct 6]; Available from: <https://journal.bengkuluinstitute.com/index.php/jp/article/view/2>
- [9] Masyarakat Bantaran Sungai dalam Pendirian Bank Sampah untuk Meminimalisir Sampah Sungai di Kelurahan Pegirian Kota Surabaya Khuliyah Candraning Diyanah P, Sukma Pawitra A, Luh Putu Arum Puspitaning Ati N, Bastian M, Septyaningsih I, Adi Prasetyo Pendampingan Masyarakat Bantaran Sungai dalam Pendirian Bank Sampah untuk Meminimalisir Sampah Sungai di Kelurahan Pegirian Kota Surabaya Khuliyah Candraning Diyanah R, et al. Pendampingan Masyarakat Bantaran Sungai dalam Pendirian Bank Sampah untuk Meminimalisir Sampah Sungai di Kelurahan Pegirian Kota Surabaya. *engagement.fkdp.or.id* [Internet]. [cited 2024 Oct 6]; Available from: <http://engagement.fkdp.or.id/index.php/engagement/article/view/32>
- [10] Siagian DEN, Hakiem M, Putra S. SERAT ALAM SEBAGAI BAHAN KOMPOSIT RAMAH LINGKUNGAN. *CIVeng J Tek Sipil dan Lingkung* [Internet]. 2024 Jan 29 [cited 2024 Oct 6];5(1):55–60. Available from: <https://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/CIVENG/article/view/17879>
- [11] Sasoko DM, Sampah B, Mengurangi U. Bank Sampah, Sebuah Upaya Mengurangi Jumlah Produksi Sampah Rumah Tangga (Studi Kasus Bank Sampah Barokah, RW. 07 Kompleks Perumahan BDN. *ejournal-jayabaya.id* [Internet]. [cited 2024 Oct 6]; Available from: <http://ejournal-jayabaya.id/Perspektif/article/view/7>
- [12] Wahyono S, Sahwan FL, Feddy D, Peneliti S, Pusat D, Lingkungan T, et al. Pengelolaan Sampah Berbasis Masyarakat di Rawasari, Kelurahan Cempaka Putih Timur, Jakarta Pusat. *academia.edu* [Internet]. [cited 2024 Oct 6]; Available from: <https://www.academia.edu/download/81254892/1208.pdf>

Analisis Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Dusun Rinjing, Desa Gununglurah Kec. Cilongok, Kab. Banyumas, Jawa Tengah

An Analysis on Efficiency of Micro Hydropower Plant (PLTMH) in Dusun Rinjing, Gununglurah Village, Cilongok District, Banyumas Regency, Central Java

Hamid Nurin Alimani¹, Iskahar², Teguh Marhendi³

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Informasi Artikel

Dikirim, 14 Januari 2024
Direvisi, 20 Januari 2025
Diterima, 22 Januari 2025

Korespondensi Penulis:

Hamid Nurin Alimani
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah
Purwokerto
JL. K.H. Ahmad Dahlan
Purwokerto, 53182
Email:
lhazelnut0@gmail.com

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan energi yang bersih karena tidak mengeluarkan limbah yang dapat merusak lingkungan. PLTMH juga menjadi solusi bagi desa terpencil yang memiliki sungai tetapi masih belum memiliki daya listrik yang cukup, dengan pengelolaan yang tepat akan menghasilkan manfaat yang baik pula. Dengan demikian perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait PLTMH agar potensi PLTMH dapat meluas sampai ke pelosok negeri yang masih kekurangan pasokan energi listrik. Tahapan dalam penelitian ini adalah pengukuran besar debit air Sungai Pengaji yang ada di Dusun Rinjing, Gununglurah, Kecamatan Cilongok, Kabupaten Banyumas yang didalamnya berupa pengukuran luas penampang dan kecepatan aliran air sungai dengan menggunakan alat bantu sederhana kemudian dilanjut dengan pengukuran ketinggian (*head*) bangunan PLTMH terhadap bak penampung / *forebay*. Debit air yang didapat sebesar 0,3975 m³/s dan *head* efektif sebesar 31,96 m, jenis turbin yang ada pada PLTMH di lokasi penelitian adalah jenis turbin *crossflow* atau banki. Besar daya generator 90,04 kW dan daya output turbin 105,93 kW dengan besar potensi daya listrik minimum teoritik 12,46 kW dan daya listrik maksimum teoritik 99,7 kW didapat besar nilai efisiensi tertinggi 18,22%. Besar daya output turbin tersebut jika digunakan untuk 20 Rumah maka setiap rumah mendapat pasokan listrik sebesar 5,30 kW.

Kata Kunci : Mikrohidro, Energi Listrik, Turbin *Crossflow*, Efisiensi,

ABSTRACT

The Micro Hydro Power Plant (PLTMH) is a clean energy source, producing no environmentally harmful waste. It serves as a solution for remote villages with rivers but insufficient electricity, offering substantial benefits with proper management. Research is crucial to extend PLTMH potential to energy-deprived areas. In this study, measurements of the Pengaji River's water flow in Rinjing, Gununglurah, Cilongok Subdistrict, Banyumas Regency were conducted. This included assessing cross-sectional area, flow velocity using simple tools, and measuring the head of the PLTMH structure relative to the forebay. The obtained water flow is 0.3975 m³/s, with an effective head of 31.96 m. The turbine type is a crossflow or banki turbine. The generator's capacity is 90.04 kW, turbine output is 105.93 kW, with theoretical minimum and maximum electrical power potentials of 12.46 kW and 99.7 kW, respectively. The highest efficiency achieved is 18.22%. The turbine's output can supply 5.30 kW of electricity to each of the 20 houses if evenly distributed.

Keyword : Microhydro, Electrical Energy, Crossflow Turbin, Efficiency,

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan pembangkit listrik dengan memanfaatkan aliran Sungai untuk menghasilkan daya listrik dengan menggunakan turbin air dengan generator. Energi yang dihasilkan air yang mengalir dari ketinggian dikonversi menjadi putaran pada turbin. Putaran dari turbin akan memutar poros sehingga generator akan berputar dan putaran dari generator ini akan menimbulkan Listrik. Besar daya Listrik yang dihasilkan bergantung dari rancangan ketinggian dan besar debit air yang digunakan. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan energi yang bersih karena tidak mengeluarkan limbah yang dapat merusak lingkungan. PLTMH juga menjadi solusi bagi desa terpencil yang memiliki sungai tetapi masih belum memiliki daya listrik yang cukup, dengan pengelolaan yang tepat akan menghasilkan manfaat yang baik pula. Seperti yang dilakukan oleh puluhan warga di Dusun Pesawahan dan Dusun Rinjing Desa Gununglurah Kecamatan Cilongok yang hingga kini masih giat memelihara PLTMH bantuan dari pemerintah Provinsi Jawa Tengah. Mereka menyadari betapa berharganya energi listrik. Pasalnya sebelum ada PLTMH ini, mereka harus sibuk dan repot memperbaiki kincir air penghasil listrik yang rusak. [6][3][5]

Sejak dibangun pada 2010, masyarakat di Dusun Rinjing, Desa Gununglurah membentuk kelompok bernama PLTMH Tirta Mengaji. Kelompok ini bertugas untuk mengelola hal-hal yang berhubungan dengan PLTMH, mulai dari instalasi, pelanggan dan iuran. [4]

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi pada penelitian ini yaitu Dusun Rinjing Desa Gunung Lurah, Dusun III, Gununglurah, Kec. Cilongok, Kec. Cilongok, Kab. Banyumas, Jawa Tengah berada pada koordinat 7°21'29.7"S 109°09'10.8"E.

2.2. Data Penelitian

Data yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu data primer yang diperoleh dari hasil pengamatan dilapangan. Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

Adapun data-data yang dibutuhkan untuk penelitian yaitu :

1. Data Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Dusun Rinjing Desa Gununglurah, Cilongok antara lain :
 - a. Daya yang dihasilkan (kWh)
 - b. Jumlah rumah yang menggunakan listrik dari PLTMH
 - c. Jenis turbin yang dipakai
 - d. Jenis generator yang dipakai
 - e. Jadwal perawatan PLTMH
2. Data Sungai sebagai sumber energi, antara lain :
 - a. Debit Air (m³/s)
 - b. Luas Penampang Sungai (m²)
 - c. Kecepatan Aliran Sungai (m/s)
 - d. *Head* (m)

2.3. Alat yang Digunakan

1. Satu unit laptop
Laptop berperan sebagai wadah untuk menampung semua data yang didapat dan yang akan digunakan selama proses penelitian. Dalam penelitian ini, peneliti memakai Laptop tipe Lenovo Thinkpad T440p.
2. Aplikasi Microsoft Word 2019
Microsoft word berfungsi sebagai media dalam pembuatan laporan proposal skripsi. Pada penelitian kali ini, peneliti memakai aplikasi Microsoft Word versi 2019.
3. Aplikasi Microsoft Excel 2019
Microsoft Excel berperan sebagai media dalam mengolah data perhitungan yang peneliti dapat saat melaksanakan penelitian di lapangan. Pada penelitian kali ini, peneliti memakai Microsoft Excel versi 2019.
4. Kamera
Kamera pada penelitian ini berfungsi sebagai pengabadian momen saat peneliti melakukan penelitian. Pada penelitian ini, peneliti memakai kamera ponsel tipe Realme Narzo 50A.
5. Kalkulator
Kalkulator sebagai media perhitungan sementara dalam pengolahan data yang didapat dilapangan sebelum diinputkan kedalam Excel.
6. Meteran
Meteran berfungsi sebagai alat pengukur di lapangan. Dalam penelitian ini, peneliti memakai meteran tipe TM-ARM10 dengan panjang maksimal 10 meter.

7. Kertas HVS dan Alat Tulis
Kertas HVS dan Alat Tulis berfungsi sebagai media penginputan data sementara yang didapat dilapangan sebelum diinputkan kedalam Excel.
8. Tali Rafia
Tali Rafia berfungsi sebagai pembatas pada permukaan Sungai sebagai penanda batas mulai dan berakhir dalam pengukuran kecepatan aliran, juga tali rafia berfungsi sebagai penanda batas pada tiap segmen dalam pengukuran luas penampang Sungai.
9. Botol Plastik
Botol plastik berfungsi sebagai benda apung pada pengambilan data kecepatan aliran Sungai yang digunakan oleh peneliti.
10. Gunting
Gunting berfungsi sebagai alat pemotong yang digunakan peneliti Ketika dilapangan.
11. Batang Kayu
Batang kayu berfungsi sebagai alat pengukur kedalaman Sungai yang digunakan peneliti ketika dilapangan.
12. GPS Garmin 78s
GPS berfungsi sebagai alat pengukuran head di lapangan yang dipakai peneliti. Head yang diukur adalah head kotor (*Head Gross*) yang kemudian menjadi Head bersih setelah dikurangi faktor gesekan dan faktor kehilangan (*Losses*) ketika air mengalir.
13. Multimeter SANWA CD800a
Multimeter berfungsi sebagai alat pengukuran besar tegangan pada MCB yang terletak di lokasi penelitian. Pada penelitian ini, peneliti memakai Multimeter merek SANWA dengan tipe CD800a
14. Amperemeter MT87
Amperemeter berfungsi sebagai alat pengukur besar Arus yang terjadi pada kabel fasa R,S dan T yang ada di lokasi penelitian. Pada penelitian ini, peneliti memakai Amperemeter type MT87.

2.4. Prosedur Penelitian dan Analisis Data Penelitian

2.4.1. Pengukuran Head di Lapangan

Head yang diukur tersebut merupakan head kotor (head gross), setelah di kurangi dengan faktor gesekan dan faktor kehilangan (losses) lainnya ketika air mengalir maka akan menjadi head bersih (head net). Pengukuran *head* ini menggunakan alat ukur GPS.

Adapun Langkah-langkah nya sebagai berikut :

- a. Melakukan pengukuran, dimulai diatas elevasi perkiraan permukaan air pada posisi *Forebay* yang telah di tentukan.
- b. Melakukan penandaan Titik 1 pada permukaan air pada *forebay* menggunakan batang kayu.
- c. Melakukan pengambilan titik koordinat pada titik 1 menggunakan GPS Garmin 78s dan Catat pada HVS.
- d. Melakukan pengukuran kedua dan selanjutnya dengan melanjutkan pada titik yang lebih rendah dari pengukuran sebelumnya.
- e. Melanjutkan pengukuran sampai di lokasi turbin ditempatkan.
- f. Menghitung seluruh hasil pengukuran untuk mendapatkan total *head* kotor.

2.4.2. Pengukuran Luas Penampang Sungai

Adapun langkah-langkah nya sebagai berikut :

- a. Memilih bagian sungai yang relatif lurus dan penampangnya seragam, dan tentukan relatif nya.
- b. Mengukur luas penampang bagian sungai dengan membagi kedalam beberapa segmen.
- c. Menghitung luas dari masing-masing segmen tersebut dan menghitung luas penampang secara keseluruhan.

2.4.3. Pengukuran Kecepatan Aliran

Adapun langkah-langkah nya sebagai berikut :

- a. Memilih bagian sungai yang relatif lurus dan penampangnya seragam dan tentukan panjangnya.
- b. Menjatuhkan benda apung tersebut sebelum garis start yang telah ditentukan.
- c. Mengukur waktu yang diperlukan benda apung tersebut untuk melewati jarak yang telah ditentukan.
- d. Menghitung kecepatan benda apung dengan rumus :

$$Vf = \frac{\text{Jarak (m)}}{\text{waktu (s)}} \quad (1)$$

- e. Menghitung kecepatan rata-rata kecepatan aliran sungai tersebut dengan menggunakan rumus :

$$V_a = V_f \times c \text{ (m/s)} \quad (2)$$

Nilai faktor koreksi (Sulistiyono et al., 2013):

- Saluran beton, persegi panjang, mulus
c = 0.85
- Sungai luas, tenang, aliran bebas (>10m²)
c = 0.75
- Sungai dangkal, aliran bebas (<10 m²)
c = 0.65
- Dangkal (<0.5 m), aliran turbulen
c = 0.45
- Sangat dangkal (<0.2 m), aliran turbulen
c = 0.25

- f. Menghitung debit air sungai tersebut dengan persamaan rumus :

$$Q = V_a \times A \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Hasil Pengamatan

Tabel 1. Data Debit Sungai

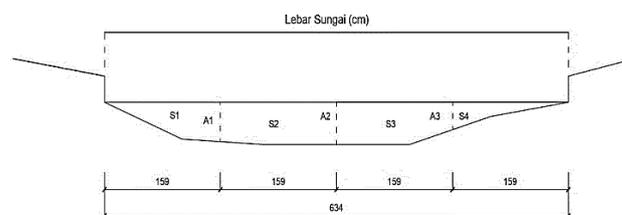
No	Jarak Laju Benda Apung (L)	Waktu (t)	Kecepatan (Vf)
1	7,6 m	17,52 s	0,43 m/s
2	7,6 m	12,95 s	0,59 m/s
3	7,6 m	10,40 s	0,73 m/s
4	7,6 m	17,30 s	0,44 m/s
Total		58,17 s	2,19 m/s
Rata-Rata			0,36 m/s

Sumber : Peneliti, 2023

Tabel 2. Data Kedalaman Sungai

Nama Titik	Kedalaman (Cm)
A1	42,5
A2	48,4
A3	16,2
Total	107,1
Rata- Rata	35,7

Sumber : Peneliti, 2023



Gambar 1. Profil Melintang Sungai Pengaji

Berdasarkan data primer yang diperoleh dan dengan lebar sungai untuk penelitian 634 cm dan Panjang lintasan benda apung 760 cm. Besar debit sungai pengaji dapat ditentukan dengan rumus :

$$V_a = V_f \times c \text{ (m/s)} \quad (4)$$

$$Q = V_a \times A \quad (5)$$

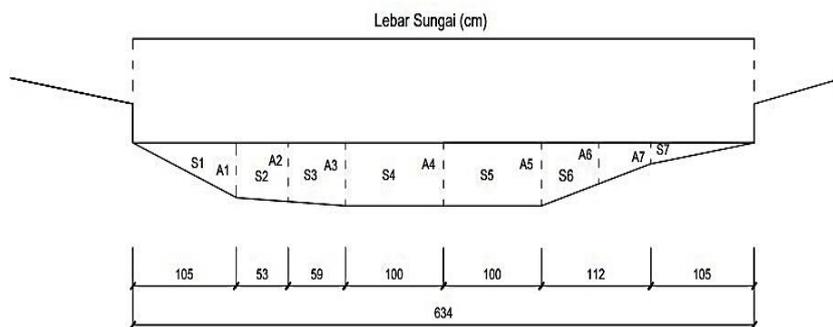
Dimana :

- Saluran beton, persegi panjang, mulus
c = 0.85
- Sungai luas, tenang, aliran bebas (>10m²)
c = 0.75
- Sungai dangkal, aliran bebas (<10 m²)
c = 0.65
- Dangkal (<0.5 m), aliran turbulen
c = 0.45
- Sangat dangkal (<0.2 m), aliran turbulen
c = 0.25

Maka :

$$V_a = 0,36 \text{ m/s} \times 0,45 = 0,162 \text{ m/s}$$

A = Dikarenakan bentuk sungai tidak beraturan maka untuk menentukan luas penampang aliran perlu menggunakan pendekatan matematis yaitu dengan membagi keseluruhan penampang aliran ke beberapa segmen berbentuk segitiga, persegi panjang dan trapesium.



Gambar 2. Profil Melintang Sungai Pengaji dalam Segmen

Tabel 3. Data Penampang Sungai Pengaji

Kedalaman (cm)		Lebar Segmen (cm)	
A1	42	S1	105
A2	42,5	S2	53
A3	48,4	S3	59
A4	48,4	S4	100
A5	48,4	S5	100
A6	16,2	S6	112
A7	16	S7	105
TOTAL	261,9	TOTAL	634

Sumber : Peneliti, 2023

Tabel 4. Analisis Luas Penampang

LUAS PENAMPANG SUNGAI (m ²)							
Nama Segmen	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Luas Penampang	0,221	0,335	0,394	0,484	0,484	0,452	0,084
Total L. Penampang	2,454						

Sumber : Peneliti, 2023

$$\begin{aligned}
 Q &= V_a \times A \\
 &= 0,162 \text{ m/s} \times 2,454 \text{ m}^2 \\
 &= 0,3975 \text{ m}^3/\text{s} \approx 397,5 \text{ l/s}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, maka Besar Debit Sungai Pengaji adalah sebesar 0,3975 m³/s atau 397,5 l/s.

3.2. Data Head Gross

Hasil Pengukuran dan Analisis :

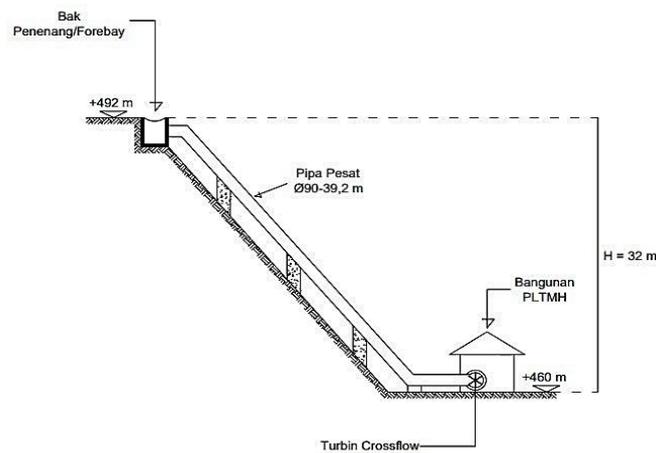
a. GPS Garmin 78s :

- Titik 1 = 492 m (terletak di arah timur, tepat disamping Bak Penampungan/*Forebay*.)
- Titik 2 = 484 m (terletak di arah timur dari Bak Penampungan/ *Forebay*, tepat disamping Saluran Pelimpah)
- Titik 3 = 468 m (terletak di arah selatan dari titik 2, dekat belokan pipa)
- Titik 4 = 460 m (terletak di arah Selatan, berada disamping Bangunan PLTMH)

b. *Head Gross* :

$$= 492 \text{ m} - 460 \text{ m}$$

$$= 32 \text{ meter}$$



Gambar 3. Sketsa *Head Gross*

3.3. Data Head Efektif

3.3.1. Friction Loss (Mayor Loss)

$$hf = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad (6)$$

Dimana :

1. Kecepatan Rata-Rata

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,3975 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi}{4} \times 0,88^2 \text{ m}^2} = 0,65 \text{ m/s}$$

2. *Reynolds Number*

Dilansir dari jurnal Quintana, 2001 pada penelitian nya didapat suhu rata-rata air sungai di Indonesia berkisar 26 – 26,9°C, maka :

Tabel 5. Sifat-sifat air untuk berbagai temperature

Temp °C	Kerapatan ρ (kg/m ³)	Viscositas dinamis μ (m ² /det)	Viscositas kinematis ν (m ² /det)	Tegangan permukaan τ (N/m)	Tinggi tekanan uap p_v/γ (m)	Modulus elastisitas K (N/m ²)
18	998,62	1,052 x10 ⁻³	1,052 x10 ⁻⁶	0,0730		
20	998,23	1,000 x10 ⁻³	1,002 x10 ⁻⁶	0,0728	0,25	2,19x10 ⁹
25	997,08	0,887 x10 ⁻³	0,890 x10 ⁻⁶	0,0720	0,33	
30	995,65	0,795 x10 ⁻³	0,795 x10 ⁻⁶	0,0712	0,44	2,25x10 ⁹
35	994,06	0,715 x10 ⁻³	0,719 x10 ⁻⁶	0,0704	0,58	

40	992,25	0,648 x10 ⁻³	0,653 x10 ⁻⁶	0,0696	0,76	2,26x10 ⁹
45	990,25	0,590 x10 ⁻³	0,596 x10 ⁻⁶	0,0689	0,98	
50	988,07	0,540 x10 ⁻³	0,547 x10 ⁻⁶	0,0680	1,26	2,26 x10 ⁹
60	983,24	0,459 x10 ⁻³	0,467 x10 ⁻⁶	0,0661	2,03	2,25 x10 ⁹
70	977,81	0,395 x10 ⁻³	0,404 x10 ⁻⁶	0,0643	3,20	2,22 x10 ⁹
80	971,83	0,345 x10 ⁻³	0,355 x10 ⁻⁶	0,0626	4,86	2,17 x10 ⁹
90	965,34	0,304 x10 ⁻³	0,315 x10 ⁻⁶	0,0607	7,18	
100	958,38	0,270 x10 ⁻³	0,282 x10 ⁻⁶	0,0589	10,33	

Sumber : Asrori et al., 2021

$$v = \frac{(30-26)0,890 \times 10^{-6} + (26-25)0,798 \times 10^{-6}}{30-25}$$

$$v = \frac{(4)0,890 \times 10^{-6} + (1)0,798 \times 10^{-6}}{5}$$

$$v = \frac{3,56 \times 10^{-6} + 0,798 \times 10^{-6}}{5}$$

$$v = \frac{4,358 \times 10^{-6}}{5}$$

$$v = 0,872 \times 10^{-6}$$

$$RE = \frac{V \times D}{v} = \frac{0,65 \text{ m/s} \times 0,88 \text{ m}}{0,872 \times 10^{-6}} = 660181 \approx 6,60 \times 10^5$$

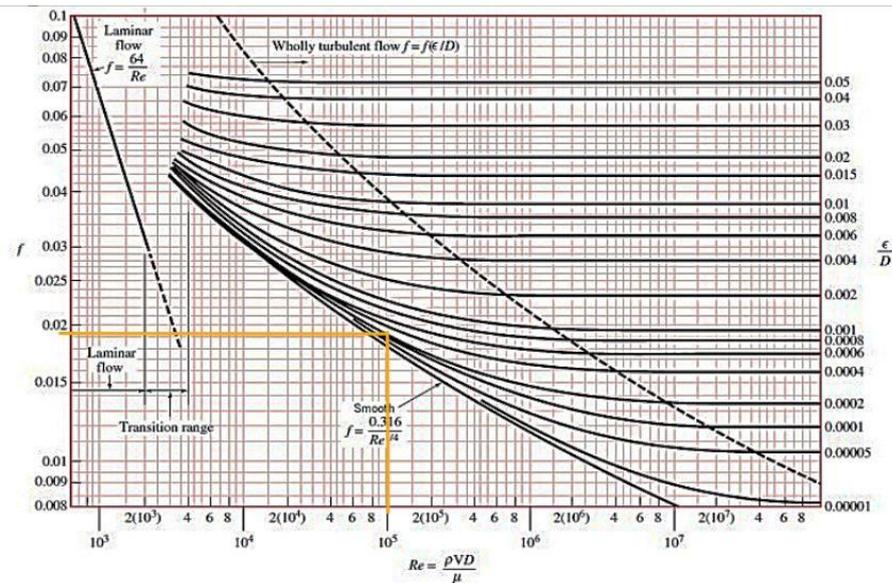
3. Relative Roughness

Tabel 6. Harga Kekasaran Relatif Pipa

Pipe	Equivalent Roughness, ϵ	
	Feet	Millimeters
Riveted steel	0.003–0.03	0.9–9.0
Concrete	0.001–0.01	0.3–3.0
Wood stave	0.0006–0.003	0.18–0.9
Cast iron	0.00085	0.26
Galvanized iron	0.0005	0.15
Commercial steel or wrought iron	0.00015	0.045
Drawn tubing	0.000005	0.0015
Plastic, glass	0.0 (smooth)	0.0 (smooth)

Sumber : Subagyo & Mursadin, 2017

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{0,15 \text{ mm}}{880 \text{ mm}} = 0,00017$$



Gambar 4. Diagram Moody

Maka :

$$\begin{aligned}
 H_f &= f \frac{L V^2}{D 2g} \\
 &= 0,019 \frac{39,20 \times 0,65^2}{0,88 (2 \times 9,81)} \\
 &= 0,015 \text{ m} \approx 0,015 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3.3.2. Minor Friction Loss

- Kehilangan Tenaga pada Saluran Masuk (*Inlet Loss*)

$$H_c = \frac{f_c \times V}{2g} = \frac{0,5 \times 0,65}{2 \times 9,81} = 0,0165 \text{ m} \approx 0,017 \text{ m}$$

$$f_c = 0,5 \text{ (koefisien inlet dalam skema mikrohidro)}$$
- Kehilangan Tenaga pada Katup (*Valve Loss*)

$$H_c = \frac{f_c \times V}{2g} = \frac{0,2 \times 0,65}{2 \times 9,81} = 0,0066 \text{ m} \approx 0,007 \text{ m}$$

$$f_c = 0,2 \text{ (Penche, 1988)}$$
- Kehilangan Tenaga pada Belokan (*Bend Loss*)

$$\begin{aligned}
 H_c &= 10\% \times (H_f + H_c + H_v) \\
 &= 10\% \times (0,015 + 0,017 + 0,007) \\
 &= 0,0039 \approx 0,004 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga *Head* Efektif nya adalah :

$$\begin{aligned}
 H_{net} &= \text{Head Gross} - \text{Head Loss} (H_f + H_c + H_v + H_o) \\
 &= 10\% \times (0,015 + 0,017 + 0,007 + 0,003) \\
 &= 31,962 \approx 31,96 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3.4. Analisis Turbin Air

3.4.1. Air

$$P_a = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m} \times 0,3975 \text{ m}^3/\text{s} \times 31,96 \text{ m}$$

$$P_a = 124.627,22 \text{ W} \approx 124,63 \text{ kW}$$

3.4.2. Daya Keluaran Turbin

$$p = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s} \times 0,3975 \text{ m}^3/\text{s} \times 31,96 \text{ m} \times 0,85$$

$$p = 105.933,13 \text{ W} \approx 105,93 \text{ kW}$$

3.4.3. Kecepatan Putaran

$$n = \frac{40}{0,88 \text{ m}} \sqrt{31,96 \text{ m}}$$

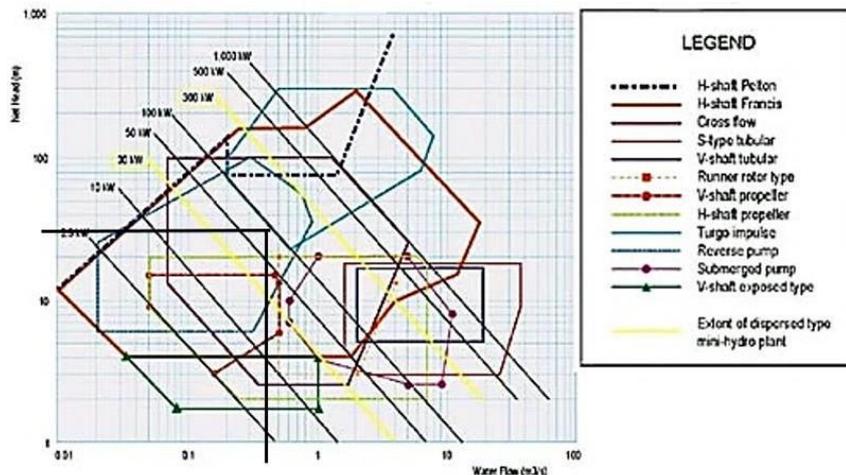
$$n = 256,96 \text{ Rpm} \approx 257 \text{ Rpm}$$

3.4.4. Kecepatan Spesifik Turbin

$$N_s = 257 \times \frac{105,93^{0,5}}{31,96^{1,5}}$$

$$N_s = 257 \times 0,057$$

$$N_s = 14,63 \text{ m/Kw}$$



Gambar 5. Memilih Jenis Turbin Berdasarkan Hubungan Head dan Debit Air

3.5. Perhitungan Potensi Daya Listrik Teoritik (P_{in})

Efisiensi turbin diberikan rentang 10 % - 80%. Pada penelitian ini, peneliti membatasi maksimum 80%, hal ini dikarenakan tidak mungkin suatu alat memiliki daya output 100%. Dan batas minimum daya output nya ditetapkan sebesar 10%, tidak 0% karena jika output nya 0% berarti alat PLTMH tidak dapat bekerja dengan baik atau bahkan rusak.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad (7)$$

Untuk Perhitungan efisiensi minimum yang ditetapkan 10%, sehingga untuk besar daya input minimum yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$\eta_{teoritik} = \frac{P_{min}}{P_{in}} \times 100 \%$$

$$10 \% = \frac{P_{min}}{124,63 \text{ kW}} \times 100 \%$$

$$P_{min} = 124,63 \text{ kW} \times 10 \%$$

$$P_{min} = 12,463 \text{ kW} \approx 12,46 \text{ kW}$$

Dan untuk besar daya input maksimumnya :

$$\eta_{\text{teoritik}} = \frac{P_{\text{maks}}}{P_{\text{in}}} \times 100 \%$$

$$80 \% = \frac{P_{\text{maks}}}{124,63 \text{ kW}} \times 100 \%$$

$$P_{\text{min}} = 124,63 \text{ kW} \times 80 \%$$

$$P_{\text{min}} = 99,704 \text{ kW} \approx 99,7 \text{ kW}$$

3.6. Efisiensi Alat Daya PLTMH

Data Arus (I) dan Tegangan (V) didapat dengan menggunakan alat Multimeter dan Amperemeter, pengukuran untuk mendapatkan efisiensi alat dilakukan sebanyak 5x pengukuran di waktu yang berbeda.

Untuk menghitung energi Listrik dapat dicari dengan rumus :

$$P_{\text{Listrik}} = V \times I \quad (8)$$

Untuk efisiensi alat dapat dicari dengan rumus :

$$\eta_{\text{alat}} = \frac{P_{\text{out real}}}{P_{\text{in teoritik}}} \times 100\% \quad (9)$$

Dimana :

$$P_{\text{out Real}} = 14,4 \text{ kW}$$

Hasil Pengukuran Efisiensi Alat Daya

1. Pukul 10.00 WIB

Tabel 7. Data Pengukuran Arus dan Tegangan 1

Keterangan	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya Real (kw)
I_R	3,4	229,7	0,78
I_S	0,7	227,9	0,16
I_T	0,3	227,3	0,07
JUMLAH			1,01

Sumber : Hasil Pengukuran, 2023

Tabel 8. Data Efisiensi Pengukuran 1

Keterangan	Minimum Teoritik	Alat	Maksimum Teoritik
Daya Listrik (P)	12,46 kW	1,01 kW	99,7 kW
Efisiensi (η)	10%	7,00%	80%

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Pada pengukuran pertama, didapat efisiensi alat daya PLTMH sebesar 7%. Nilai ini sangatlah jauh dari nilai minimum teoritik yaitu 10% sehingga peneliti melakukan pengukuran kembali di jam yang berbeda untuk mendapatkan nilai efisiensi yang maksimal.

2. Pukul 13.00 WIB

Tabel 9. Data Pengukuran Arus dan Tegangan 2

Keterangan	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya Real (kw)
I_R	4,6	230,1	1,06
I_S	1,2	228,4	0,28
I_T	0,6	227,9	0,14
JUMLAH			1,49

Sumber : Hasil Pengukuran, 2023

Tabel 10. Data Efisiensi Pengukuran 2

Keterangan	Minimum Teoritik	Alat	Maksimum Teoritik
Daya Listrik (P)	12,46 kW	1,49 kW	99,7 kW
Efisiensi (η)	10%	10,31%	80%

Sumber : Hasil Analisis, 2023

3. Pukul 16.00 WIB

Tabel 11. Data Pengukuran Arus dan Tegangan 3

Keterangan	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya Real (kw)
<i>IR</i>	4,9	230,3	1,12
<i>IS</i>	1,6	228,8	0,36
<i>IT</i>	0,7	228,2	0,16
JUMLAH			1,64

Sumber : Hasil Pengukuran, 2023

Tabel 12. Data Efisiensi Pengukuran 3

Keterangan	Minimum Teoritik	Alat	Maksimum Teoritik
Daya Listrik (P)	12,46 kW	1,64 kW	99,7 kW
Efisiensi (η)	10%	11,41%	80%

Sumber : Analisis, 2023

4. Pukul 17.30 WIB

Tabel 13. Data Pengukuran Arus dan Tegangan 4

Keterangan	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya Real (kw)
<i>IR</i>	5,5	231,3	1,27
<i>IS</i>	1,8	229,6	0,42
<i>IT</i>	0,9	229,2	0,21
JUMLAH			1,89

Sumber : Hasil Pengukuran, 2023

Tabel 14. Data Efisiensi Pengukuran 4

Keterangan	Minimum Teoritik	Alat	Maksimum Teoritik
Daya Listrik (P)	12,46 kW	1,89 kW	99,7 kW
Efisiensi (η)	10%	13,12%	80%

Sumber : Hasil Analisis, 2023

5. Pukul 19.00 WIB

Tabel 15. Data Pengukuran Arus dan Tegangan 5

Keterangan	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya Real (kw)
<i>IR</i>	6,8	231,6	1,58
<i>IS</i>	1,9	229,9	0,44
<i>IT</i>	2,6	229,4	0,60
JUMLAH			2,62

Sumber : Hasil Pengukuran, 2023

Tabel 16. Data Efisiensi Pengukuran 5

Keterangan	Minimum Teoritik	Alat	Maksimum Teoritik
Daya Listrik (P)	12,46 kW	2,62 kW	99,7 kW
Efisiensi (η)	10%	18,22%	80%

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Besar potensi daya listrik minimum teoritik yang dihasilkan dari perhitungan debit air adalah sebesar 12,46 kW, sedangkan daya maksimum nya adalah 99,7 Kw. Pada alat yang ada dilapangan besar daya

yang dihasilkan terbesar ada pada pukul 19.00 WIB sebesar 2,62 kW.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian terhadap PLTMH di Dusun Rinjing, Desa Gununglurah, Kec.Cilongok, Kab.Banyumas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Berdasarkan hasil analisis turbin *Crossflow*, dapat peneliti simpulkan bahwa dari data perancangan menunjukkan Sungai Pengaji yang memiliki debit aliran (Q) 0,3975 m³/s dan *Head* efektif 31,96 m, dengan diameter dalam pipa 0,88 m, serta panjang pipa 39,20 m dapat menghasilkan daya turbin *Crossflow* sebesar 105,93 kW dengan efisiensi turbin *Crossflow* tertinggi didapat 18,22%. Sementara itu total *losses* yang terjadi akibat rugi-rugi aliran dari analisis turbin *Crossflow* adalah 0,043 m.

Berdasarkan hasil analisis turbin air dengan efisiensi tertinggi 18,22% dengan potensi Sungai Pengaji dapat menghasilkan daya listrik 105,93 kW. Maka daya ini jika digunakan untuk 20 rumah maka setiap rumah mendapat pasokan listrik sebesar 5,30 kW.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aida, S., Sahrul, S., Lety, T., & Tahdid, T. (2019). Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Turbin Pelton Kapasitas 300 Watt Kajian Debit Dan Arah Aliran Pada Alat. *Prosiding SENIATI*, 5(4), 118-122.
- [2] Almanda, D., & Kartono, R. (2020). Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Sistem Distribusi Air di PT Astra Honda Motor Plant 5 Karawang. *RESISTOR (Elekteonika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 3(1), 1-8.
- [3] Asri, A. (2021). Kapasitas daya pembangkit listrik tenaga mikrohidro di alue dua Aceh Utara (Doctoral dissertation, Universitas Andalas).
- [4] Banyumas, S. (2019). Warga Dusun Perbukitan Cilongok Masih Jaga PLTMH - Suara Banyumas. Retrieved 4 June 2023, from <https://suarabanyumas.com/warga-dusun-perbukitan-cilongok-masih-jaga-pltmh/>
- [5] Citranatha, I. G. N. A., Jasa, L., & Suartika, I. M. (2022). ANALISIS DAYA OUTPUT GENERATOR BERDASARKAN VARIASI DEBIT AIR PADA PROTOTYPE PLTMH DENGAN TURBIN VORTEX. *Jurnal SPEKTRUM Vol*, 9(3).
- [6] Christiawan, D., Jasa, L., & Sudarmojo, Y. P. (2017). Studi Analisis Pengaruh Model Sudu Turbin Terhadap Putaran Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 16(2), 104-111.
- [7] Irawan, D. (2014). Prototype Turbin Pelton Sebagai Energi Alternatif Mikrohidro Di Lampung. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(1).
- [8] Koehuan, V. A., & Sampealo, A. (2015). Analisis Desain Turbin Air Tipe Aliran Silang (Crossflow) dan Aplikasinya di Desa Were I Kabupaten Ngada-NTT. *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana (LJTMU)*, 2(1), 1-8.
- [9] Maridjo, M. (2020). Studi Perencanaan Turbin Air PLTMH di Sungai Cilaki. *Jurnal Teknik Energi*, 10(1), 29-35.
- [10] Maruf Al Bawani, A., & Sudarti, S. (2022). Analisis Kelemahan dan Kelebihan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Sebagai Alternatif Sumber Energi Listrik. *Jurnal Kumparan Fisika*, 5(2), 99-104.
- [11] Nurdin, N. (2017). Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Dengan Pembuatan Kolam Tando Studi Kasus Sungai Way Kunyir Menggunakan Jenis Turbin Crossflow. *JURNAL TEKNIK MESIN*, 4(2).
- [12] Penche1998, C. Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant.
- [13] Ranald V.Giles, B.S., M.S. in C.E (1984). Teori dan Soal-Soal Mekanika Fluida dan Hidraulika, Edisi ke 2, (Diterjemahkan oleh: Ir.Herman Widodo Soemitro), Jakarta, Erlangga.
- [14] Syarif, A. (2017). Rancang bangun prototipe pembangkit listrik tenaga mikro hidro (pltmh) turbin pelton. *Kinetika*, 8(2), 1-6.
- [15] Setiawan, E., Sujana, I., & Ivanto, M. (2021). Evaluasi Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Untuk Mengetahui Efisiensi Turbin Pada Desa Rirang Jati Kecamatan Nanga Taman Kabupaten Sekadau. *JTRAIN: Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, 2(2), 90-96.
- [16] Sulistiyono, S., Sugiri, A., & Risano, A. Y. E. (2013). Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Di Sungai Cikawat Desa Talang Mulia Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Propinsi Lampung (Doctoral dissertation, Lampung University).
- [17] Supratmanto, D. (2016). Kajian Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Helik Untuk Model Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).
- [18] Valuby, A. H., Shalahudidin, Y., Yumono, F., & Rizal, R. F. (2022). Rancang Bangun PLTMH Menggunakan Turbin Pelton. *Jurnal Teknik Informatika dan Elektro*, 4(2), 100-111.
- [19] Wahyudi, S., Cahyadi, D. N., & Purnami, P. (2012). Pengaruh Variasi Tebal Sudu Terhadap Kinerja Kincir Air Tipe Sudu Datar. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 3(2), 337-342.
- [20] Wijaya, R. K. (2017). Simulasi Mulasi Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Turbin Pelton Ditinjau Dari Variasi Jumlah Sudu Terhadap Daya Listrik Yang Dihasilkan (Doctoral dissertation, POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA).
- [21] Yandri, V. R. (2015). Pemilihan Tipe Generator Yang Cocok Untuk PLTMH Desa Guo, Kecamatan Kuranji, Kota Padang. *Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), 25-28.
- [22] Jim, M. (2011). Technical Note: Friction Factor Diagrams for Pipe Flow. Dublin Institute of Technology.
- [23] Zuffa, A. & Herta, N. (1984). Pembangkit Listrik Tenaga Air PLTMH, Edisi ke 1, Yogyakarta, Bintang Pustaka Madani.

Analisis Durabilitas pada Campuran Aspal Pertamina Pen 60/70 dengan Penambahan Lignin pada Lapis Perkerasan Jalan Baru

Durability Analysis of Pertamina Pen 60/70 Asphalt with Addition of Lignin on New Road Pavement Layer

Harap Saroha Mendrofa¹, Fadrizal Lubis², Alfian Saleh³

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Lancang Kuning

Informasi Artikel

Dikirim, 5 September 2024
Direvisi, 22 Januari 2025
Diterima, 23 Januari 2025

Korespondensi Penulis:

Alfian Saleh
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Lancang Kuning
Jalan Yos Sudarso Km. 08
Rumbai Pekanbaru Telp.
(0761) 52324
Email: alfian.saleh@unilak.ac.id

ABSTRAK

Lapis perkerasan jalan, yang merupakan bagian terluar dari struktur jalan yang menanggung langsung beban lalu lintas, harus kokoh untuk menopang kendaraan. Peningkatan kualitas jalan dilakukan dengan memperbaiki lapis perkerasan, seperti lapis AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). Penelitian dilakukan untuk meningkatkan durabilitas menggunakan aspal Pertamina PEN 60/70 dengan tambahan lignin. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis durabilitas campuran tersebut dengan variasi kadar lignin (0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%), direndam pada suhu 60°C selama 24 jam. Dari hasil penelitian menunjukkan nilai durabilitas yang sudah memenuhi spesifikasi bina marga 2018 revisi II tahun 2020 pada campuran aspal yang sudah termodifikasi dengan kadar lignin didapatkan pada kadar 1% (91,47%), 2% (92,01%), dan 3% (94,10%), Namun, kadar lignin 4% dan 5% menunjukkan penurunan nilai durabilitas menjadi 87,08% dan 78,23% secara berturut-turut. Kesimpulan pada penelitian ini, nilai analisis durabilitas pada campuran aspal pertamina pen 60/70 dengan penambahan lignin pada lapis perkerasan jalan AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) sebagai bahan tambah adalah semakin banyaknya kadar lignin yang digunakan nilai (IKS) atau Indek Kekuatan Sisa akan semakin menurun.

Kata Kunci : Aspal panas, durabilitas, lignin

ABSTRACT

The road pavement layer, which is the outermost part of the road structure directly bearing traffic loads, must be strong enough to support vehicles. Improving road quality involves enhancing the pavement layers, such as AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course). Research was conducted to enhance durability using Pertamina PEN 60/70 asphalt with lignin additives. The aim of this study was to analyze the durability of this mixture with varying lignin content (0%, 1%, 2%, 3%, 4%, and 5%), soaked at 60°C for 24 hours. Research results indicated durability values meeting the 2018 Bina Marga specifications, revised in 2020, for asphalt mixtures modified with lignin, achieving 91.47% at 1% lignin, 92.01% at 2%, and 94.10% at 3%. However, lignin contents of 4% and 5% showed decreased durability values of 87.08% and 78.23%, respectively. In conclusion, this research demonstrates that the durability analysis values of Pertamina PEN 60/70 asphalt mixtures with lignin addition in AC-WC road pavement layers decrease with increasing lignin content.

Keyword : Hot asphalt, durability, lignin

1. PENDAHULUAN

Lapis perkerasan adalah bagian terluar dari struktur jalan yang langsung menerima beban lalu lintas dan berfungsi sebagai permukaan yang kokoh untuk kendaraan [1]. Peningkatan kualitas jalan dapat dilakukan dengan peningkatan kualitas dari lapis perkerasan yang di gunakan dalam perkerjaan lapis perkerasan lentur. Salah satu Jenisnya yakni lapis AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). Tantangan muncul ketika mempertahankan kekuatan dan daya tahan campuran aspal terhadap berbagai kondisi lingkungan, termasuk paparan sinar Matahari, suhu ekstrem, Oleh karena itu, penelitian terus dilakukan untuk meningkatkan durabilitas campuran aspal. Salah satu pendekatan yang menarik adalah penggunaan lignin sebagai bahan tambahan dalam campuran aspal. dimana lignin berperan sebagai pengikat tambahan yang meningkatkan kekuatan dan stabilitas campuran aspal dalam meningkatkan nilai Durabilitas. Lignin dapat berfungsi sebagai bahan pengisi, mengisi celah di antara agregat dan meningkatkan kepadatan campuran secara keseluruhan. Sehingga dengan menambahkan lignin dapat meningkatkan kembali nilai durabilitas campuran aspal dengan memanfaatkan sifat dari lignin yang bersifat seperti Lem. Dengan penggunaan lignin sebagai bahan tambah dapat membantu meningkatkan sifat-sifat mekanis dan durabilitas campuran aspal, serta memperpanjang umur pakai perkerasan jalan secara keseluruhan [2].

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis nilai durabilitas campuran aspal pertamina pen 60/70 dengan penambahan lignin pada lapis perkerasan jalan AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) sebagai bahan tambah pada pencampuran. Dimana dalam penelitian ini aspal yang di gunakan adalah aspal penetrasi 60/70 dengan menggunakan variasi penambahan kadar lignin mulai dari 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% dengan variasi perendaman suhu standar dari spesifikasi Bina Marga tahun 2018 revisi II sebesar 60 °C

1.1 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian adalah nilai durabilitas campuran aspal pertamina pen 60/70 dengan penambahan lignin pada lapis perkerasan jalan AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) sebagai bahan tambah pada pencampuran.

1.2 Identifikasi Masalah

Dalam penelitian ini identifikasi masalah terkait durabilitas aspal pertamina PEN 60/70 dengan penambahan lignin pada lapis perkerasan jalan baru ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

1. Belum diketahui penambahan lignin dalam campuran aspal Pertamina PEN 60/70 dapat meningkatnya nilai durabilitas.
2. Bagaimana karakteristik nilai durabilitas pada campuran AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) dengan pemanfaatan lignin pada aspal pertamina PEN 60/70?
3. Kinerja dalam kondisi lingkungan yang ekstrim Bagaimana campuran aspal termodifikasi menanggapi pengaruh air, suhu ekstrem, dan perubahan cuaca terhadap kinerjanya, serta apakah penambahan lignin dapat meningkatkan ketahanan terhadap faktor-faktor lingkungan.
4. Bagaimana sifat-sifat mekanis dan fisik campuran aspal, termasuk kekuatan, dan durabilitas yang sudah termodifikasi campuran lignin.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian adalah bagaimana nilai durabilitas campuran aspal pertamina pen 60/70 dengan penambahan lignin pada lapis perkerasan jalan AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) sebagai bahan tambah pada pencampuran.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis nilai durabilitas campuran aspal pertamina pen 60/70 dengan penambahan lignin pada lapis perkerasan jalan AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) sebagai bahan tambah pada pencampuran.

Manfaat dari penelitian adalah:

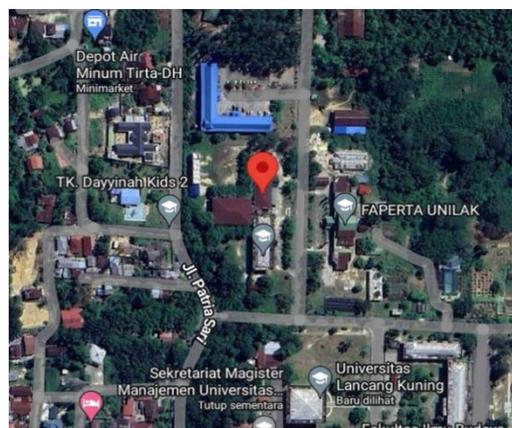
1. Memberikan informasi kepada pihak jasa infrastruktur jalan terhadap nilai durabilitas campuran aspal termodifikasi lignin yang lebih tahan lama, dapat meningkatkan masa pakai perkerasan jalan dan mengurangi biaya pemeliharaan jangka panjang.
2. Memmberikan informasi dan pengetahuan kepada masyarakat tentang inovasi baru perkerjaan infastruktur jalan yang sudah termodifikasi bahan tambah.
3. Peningkatan keberlanjutan dengan mengembangkan teknologi kepada mahasiswa yang melakukan penelitian selanjutnya agar dapat meningkatkan keberlanjutan infrastruktur jalan dalam jangka panjang.

2. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning (UNILAK) dan dilakukan juga di lakukan pengujian kadar lignin di Laboratorium Kimia Dasar Di Universitas Riau (UR). Pengujian yang akan dilakukan meliputi pengujian propertis agregat, propertis aspal, kadar lignin, dan perendaman sempel selama 24 jam untuk mencari nilai durabilitas, pengujian marshall, dan penentuan kadar aspal optimum (KAO). Untuk lokasi penelitian bisa kita lihat pada gambar 1 dan gambar 2.



Gambar 1. Laboratorium Teknik Kimia dasar Universitas Riau



Gambar 2. Laboratorium Jalan Raya Universitas Lancang Kuning

2.1. Gambar dan Tabel

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Lancang Kuning. Dan ada beberapa penelitian yang dilakukan untuk mengumpulkan data yang akan di lakukan analisis data mulai dari pengujian propertis agregat, baik itu halus maupun kasar dengan metode analisa saringan, untuk mendapatkan berat jenis agregat dan di lanjutkan dengan pengujian propertis aspal, untuk mendapatkan nilai dari penetrasi dan titik lembek. Pembuatan sempel dengan variasi aspal yang sudah di rencanakan dan melakukan pengujian marshall test, yang digunakan untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO).

Di dalam penelitian ini juga dilakukan di laboratorium Teknik kimia dasar Universitas Riau, dimana dilakukan pengujian kadar lignin dengan menggunakan metode Gravimetri n spektro dan analisis nilai indeks kekuatan sisa (IKS) berdasarkan spesifikasi bina marga revisi II 2018.

2.2. Analisis Nilai Durabilitas

Durabilitas dalam konteks campuran aspal mengacu pada kemampuan aspal atau campuran aspal untuk tetap kuat, stabil dalam suhu cuaca. Durabilitas adalah kemampuan campuran aspal dalam menahan beban kendaraan dan faktor perubahan dalam bitumen yang disebabkan oleh oksidasi, agregat, dan pelepasan lapisan-lapisan bitumen dari agregat akibat kondisi basah dan beban lalu lintas. [1]. Direktorat Jenderal Bina Marga (2018) untuk pengujian keawetan campuran aspal adalah dengan melakukan perendaman benda uji selama 30 menit di dalam waterbath dengan suhu 60 °C, dirumuskannya dengan persamaan berikut.

$$IKS = \frac{S_2}{S_1} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan :

S1 = Nilai rata-rata stabilitas marshall setelah perendaman selama 30 Menit (kg)

S2 = Nilai rata-rata stabilitas marshall setelah perendaman selama 24 Jam (kg)

IKS = Indek kekuatan sisa/ durabilitas indek (%).

Nilai IKS yang disyaratkan menurut direktorat jenderal bina marga, 2018 Revisi 2 syarat minimum IKS sebesar 90%.

Untuk mendapatkan nilai IKS rata-rata dapat digunakan persamaan berikut.

$$IKS_{rata-rata} = \frac{IKS \text{ sampel 1} + IKS \text{ sampel 2} + IKS \text{ Sampel 3}}{\text{Total Sampel}} \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan pemuatan benda uji dan mendapatkan hasil dalam penelitian ini terlebih dahulu akan dilakukan beberapa pengujian antara lain pengujian propertis aspal, pengujian propertis agregat dan pengujian kadar lignin. Yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan spesifikasi meterial yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji.

3.1. Pemeriksaan Propertis

1. Pemeriksaan Propertis Aspal

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Propertis Aspal

No	Uraian pemeriksaan	Persyaratan (spesifikasi bina marga 2018 revisi II tahun 2020)	Hasil pemeriksaan	Keterangan
1	Berat jenis aspal	>1.000	1.003	Memenuhi
2	Titik lembek aspal	Dilaporkan	55°C	-
3	Penetrasi	Dilaporkan	64,3	-
4	Titik nyala	Dilaporkan	345°C	-
5	Titik bakar	Dilaporkan	355°C	-

2. Hasil Pemeriksaan Propertis Agregat Kasar

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Propertis agregat kasar

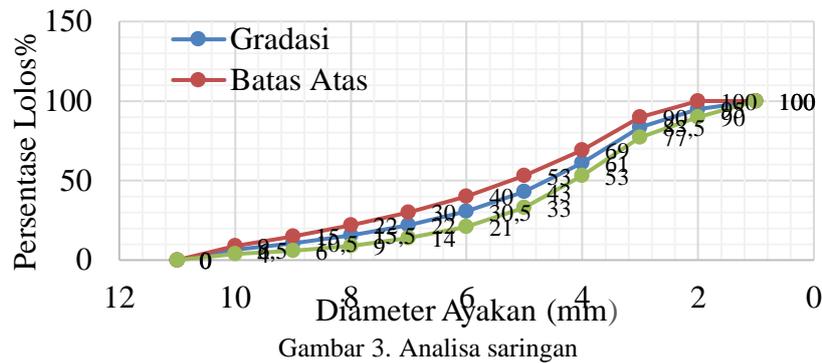
No	Uraian pemeriksaan	Persyaratan (spesifikasi bina marga 2018 revisi II tahun 2020)	Hasil pemeriksaan	Keterangan
1	Berat jenis agregat kasar	≥2,50	2,92	Memenuhi
2	Penyerapan agregat	<3,00	2,14	Memenuhi
3	Keausan agregat dengan mesin los angeles %	Maks. 40%	21%	Batu baik

3. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Tabel 3 Hasil Pemeriksaan Propertis Agregat Halus

No	Uraian pemeriksaan	Persyaratan (spesifikasi bina marga 2018 revisi II Tahun 2020)	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
1	Berat Jenis Agregat halus	≥2,500	2,545	Memenuhi
2	Sand <i>equivalent</i>	>50,000	94,11%	Memenuhi
3	Penyerapan agregat	<3,000	2,292	Memenuhi

4. Pemeriksaan analisa saringan agregat



Gambar 3. Analisa saringan

5. Pemeriksaan Kadar Lignin

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Propertis Lignin

No	Jenis Sampel	Analisa Lignin Soluble Acid	Analisa lignin in soluble acid
1	Lignin	80,68%	8,78%

3.2. Pemeriksaan Nilai Kadar Aspal Optimum Teoritis

Pemeriksaan nilai KAO (kadar aspal optimum) teoritis di dapatkan dari hasil pengujian analisa saringan yang di dapatkan:

- CA = 39,00 % (Agregat kasar yan tertahan saringan no.8)
- FA = 54,50 % (Agregat halus yang lolos saringan no.8)
- FF = 6,5 % (Agregat halus yang lolos saringan no.200)

Dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.1 dan untuk nilai konstantan (K) menggunakan persyaratan dari Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi II Tahun 2020 dengan hitungan sebagai berikut :

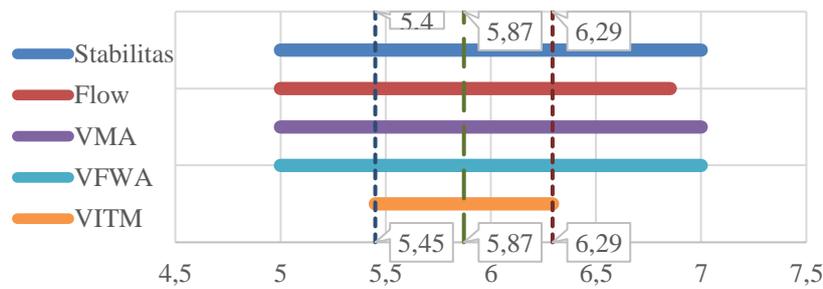
$$\begin{aligned}
 Pb &= 0,035 \times (\%CA) + 0,045 \times (\%FA) + 0,18 \times (\%FF) + 1 \\
 Pb &= 0,035 \times (39,00) + 0,045 \times (54,50) + 0,18 \times (6,5) + 1 \\
 Pb &= 1,370 + 2,450 + 1,170 + 1 \\
 Pb &= 5,99\%
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas di dapatkan KAO teoritis 5,99% sehingga nilai KAO tersebut di posisikan sebagai nilai tengah kadar aspal optimum yang akan di rencanakan untuk mendapatkan nilai Kadar aspal optimum secara laboratorium, dimana akan direncanakan kadar persentase aspal sebesar 5,0%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%. Dimana variasi persentase aspal yang direncanakan diatas akan digunakan untuk pemeriksaan KAO secara laboratorium dengan pengujian marshall.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall Test

%Aspal	Density	VFWA	VITM	VMA	Stability	Flow	MQ
5,0	2,34	66,26	6,38	17,60	1305,69	2,70	512,75
5,5	2,36	72,65	4,85	17,48	1485,48	2,50	558,83
6,0	2,34	76,01	4,43	18,43	2220,29	3,08	743,00
6,5	2,39	86,78	2,34	17,72	3243,88	3,76	791,27
7,0	2,38	93,37	0,92	17,58	2025,15	4,10	712,46
Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi II Tahun 2020		> 65	3.0 sampai 5.0	> 15	> 800	> 2 - 4	> 250

Sehingga didapatkan kadar aspal optimum sebesar 5,87%. Pada penetapan kadar aspal optimum terdapat 5 (lima) point yang harus terpenuhi yaitu nilai VITM, VMA, VFWA, stabilitas dan flow.



Gambar 4. Kadar Aspal Optimun

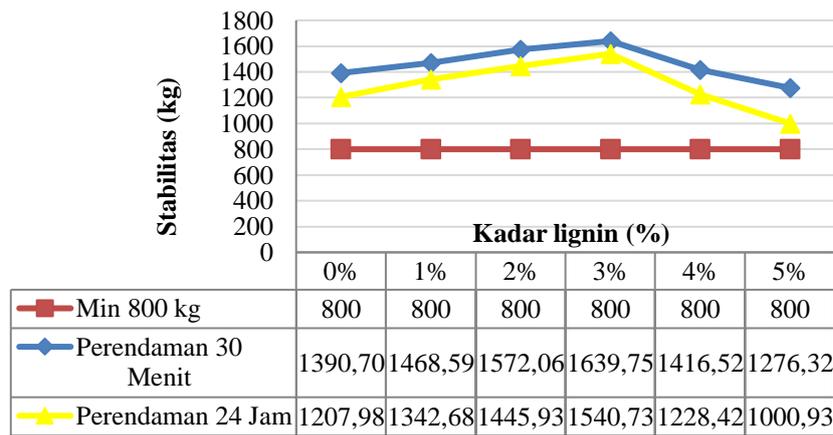
3.3. Hasil Uji Perendaman (immersion test)

Setelah dilakukan pengujian marshall test untuk mendapatkna kadar aspal optimum (KAO) dengan variasi kadar aspal maka dilakukan pembuatan uji kembali untuk mendapatkan nilai IKS dengan lama perendaman 30 menit dan 24 jam di bak perendaman (waterbath) dengan suhu 60°C. Dalam pelaksanaan pemeriksaan ini terdapat dua pemeriksaan yakni pemeriksaan immersion test dan pemeriksaan marshall test, yang menjadi perbedaan dari kedua pemeriksaan ini adalah waktu perendaman benda uji di dalam waterbath. Dimana untuk pemeriksaan marshall test dibutuhkan waktu selama 30 menit dengan suhu 60°C sedangkan untuk immersion test digunakan variasi perendaman selama 30 menit dan 24 jam dengan suhu 60°C.

Dalam pemeriksaan ini digunakan aspal pertamina PEN 60/70 dengan penambahan kadar lignin dengan variasi 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% sebagai bahan tambah untuk dilakukan pemeriksaa terhadap nilai durabilitas. Dalam pembuatan dan pencampuran benda uji menggunakan (Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi II Tahun 2020) dengan total agregat yang digunakan sebanyak 1200 kg dengan total aspal yang digunakan berdasarkan hasil dari pemeriksaan kadar aspal optimum skala laboratorium sebesar 5,87% atau sama dengan 70 gram dari total berat agregat 1200kg. Sehingga di dapatkan nilai stabilitas uji perendaman (immersion test) 30 menit dan 24 jam dan nilai stabilitas rata-rata :

Tabel 6. Nilai Stabilitas Uji Perendaman (Immersion Test)

Variasi Kadar Lignin (%)	Benda Uji	Pembacaan Dial Pada Alat Marshall		Nilai Stabilitas (Kg)		Nilai Stabilitas Rata-Rata (Kg)	
		30 Menit	24 Jam	30 Menit	24 Jam	30 Menit	24 Jam
0%	1	70	58	1378,88	1200,82		
	2	60	59	1186,90	1190,90	1390,70	1207,98
	3	79	60	1606,31	1232,22		
1%	1	73	70	1423,76	1356,63		
	2	77	65	1468,31	1286,71	1468,59	1342,68
	3	78	70	1513,69	1384,72		
2%	1	85	80	1622,12	1456,12		
	2	82	78	1528,40	1419,72	1572,06	1445,93
	3	84	79	1565,67	1461,94		
3%	1	88	85	1593,58	1651,11		
	2	89	80	1621,59	1448,71	1639,75	1540,73
	3	88	78	1704,09	1522,37		
4%	1	79	60	1484,19	1119,23		
	2	71	69	1298,89	1233,52	1416,52	1228,42
	3	79	70	1466,47	1332,49		
5%	1	75	60	1319,94	1032,04		
	2	75	65	1314,72	1108,40	1276,32	1000,93
	3	70	50	1194,31	862,35		



Gambar 5. Nilai Stabilitas Hasil Uji Rendaman (Immersion Test)

Adapun perhitungan untuk mendapatkan nilai indeks kekuatan sisa (IKS) sebagai pemeriksaan nilai durabilitas, dimana nilai stabilitas rata-rata pada uji perendaman 30 menit (S1) di bagi dengan nilai stabilitas rata-rata pada uji perendaman 24 jam (S2) dapat di hitung dengan persamaan 1.

$$IKS = \frac{S2}{S1} \times 100\%$$

$$IKS = \frac{1200,82}{1378,88} \times 100\%$$

$$IKS = 75,07\%$$

Dan untuk mendapatkan nilai IKS rata-rata dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.

$$IKS_{rata-rata} = \frac{IKS \text{ sampel 1} + IKS \text{ sampel 2} + IKS \text{ Sampel 3}}{\text{Total Sampel}}$$

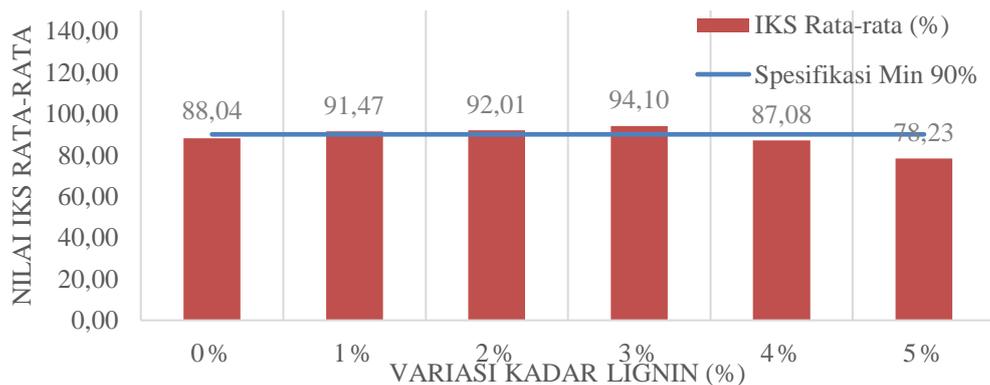
$$IKS_{rata-rata} = \frac{75,07 + 93,53 + 76,71}{3}$$

$$IKS_{rata-rata} = 88,04\%$$

Tabel 7. Hasil Uji Perendaman (Immersion Test)

Variasi Kadar Lignin (%)	Benda Uji	Suhu (°C) Perendaman	Nilai Stabilitas (kg)		IKS (%)	IKS Rata-rata (%)
			30 Menit	24 Jam		
0%	1	60	1378,88	1200,82	75,07	88,04
	2		1186,90	1110,16	93,53	
	3		1606,31	1232,22	76,71	
1%	1	60	1423,76	1356,63	95,28	91,47
	2		1468,31	1286,71	87,63	
	3		1513,69	1384,72	91,48	
2%	1	60	1622,12	1456,12	89,77	92,01
	2		1528,40	1419,72	92,89	
	3		1565,67	1461,94	93,37	
3%	1	60	1593,58	1651,11	103,61	94,10
	2		1621,59	1448,71	89,34	
	3		1704,09	1522,37	89,34	
4%	1	60	1484,19	1119,23	75,41	87,08
	2		1298,89	1233,52	94,97	
	3		1466,47	1332,49	90,86	
5%	1	60	1319,94	1032,04	78,19	78,23
	2		1314,72	1108,40	84,31	
	3		1194,31	862,35	72,20	

Dari tabel 7. dapat dilihat semakin banyaknya kadar lignin yang digunakan nilai dari stabilitas rata-ratanya akan mengalami penurunan bisa kita lihat pada gambar dibawah.



Gambar 6. Nilai IKS Rata-rata

4. KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini, nilai analisis durabilitas pada campuran aspal pertamina pen 60/70 dengan penambahan lignin pada lapis perkerasan jalan AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) sebagai bahan tambah adalah semakin banyaknya kadar lignin yang digunakan nilai IKS atau Indek Kekuatan Sisa akan semakin menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agung, I., G., dan Lestari, A., L., 2014, Perbandingan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur. *Jurnal Transportasi*, Vol.7 No1, hal. 128–134.
- [2] M. K. Raditya Rukmananda, Sasana Putra, “Kualitas Bahan Bitumen Akibat Penambahan Kadar Lignin Yang Berbeda,” *Kualitas_Bahan_Bitumen_Akibat_Penambahan*, vol. 6, no. 4, pp. 433–444, 2018.
- [3] ASTM C136:2012, “SNI ASTM C136:2012. Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar,” *Badan Stand. Nas.*, pp. 1–24, 2012.
- [4] SNI 2439:2011, “Cara uji penyelimutan dan pengelupasan pada campuran agregat-aspal,” *Badan Stand. Nas.*, pp. 1–11, 2011.
- [5] SNI 2432:2011, “Cara uji penetrasi aspal,” *Standar Nas. Indones.*, 2011.
- [6] SNI 2434:2011, “Standar Nasional Indonesia SNI 2434:2011 Cara uji titik lembek aspal dengan alat cincin dan bola (ring and ball),” *Badan Stand. Nas.*, 2011.
- [7] SNI 06-2489-1991, “Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall,” *Standar Nas. Indones. SNI*, no. 1, p. 7, 1991.
- [8] SNI 0492:2008, “Cara uji kadar lignin -,” *Standar Nas. Indones. SNI*, 2008.
- [9] Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi Ii Tahun 2020, “Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi II,” *Direktorat Jendral Bina Marga*, vol. 2010, no. Revisi 3, pp. 1–6, 2020
- [10] A. Prada, S. Putra, and I. wayan Diana., “Pengaruh Penambahan Lignin Terhadap Karakteristik Mekanik Campuran Aspal Panas,” vol. 7, no. 1, pp. 2–18, 2019.

Analisis Program *Kenpave* pada Perancangan Perkerasan Lentur Metode AASTHO 1993 dan MDP 2017

Analysis of the *Kenpave* Program in Flexible Pavement Design using the AASTHO 1993 and MDP 2017 Methods

Muhamad Iqbal¹, Nuzul Barkah Prihutomo²

¹Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta

²Program Studi D4 Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan Konsentrasi Jalan Tol Politeknik Negeri Jakarta

Informasi Artikel

Dikirim, 27 Agustus 2024
Direvisi, 23 Januari 2025
Diterima, 24 Januari 2025

Korespondensi Penulis:

Muhamad Iqbal
Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta
Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy,
Kampus Universitas
Indonesia, Depok, Indonesia,
16425
Email:
muhamadiqbal76@gmail.com

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk suatu daerah menyebabkan volume lalu lintas meningkat dan berpengaruh terhadap kualitas perkerasan jalan raya. Penelitian ini bertujuan untuk merancang tebal perkerasan dan menganalisis kerusakan serta menghitung sisa umur layan. Metode yang digunakan adalah metode AASTHO 1993 dan MDP 2017 sedangkan analisis kerusakan menggunakan program *Kenpave*. Hasil penelitian diperoleh tebal lapis perkerasan metode AASTHO 1993 yaitu, lapis permukaan 9 cm, lapis pondasi atas 23 cm dan lapis pondasi bawah 15 cm, sedangkan metode MDP 2017 yaitu, AC-WC 4 cm, AC-BC 6 cm, AC Base 14,5 cm dan LFA kelas A 30 cm serta hasil analisis kerusakan metode AASTHO 1993 diperoleh N_f 10.355.203,44 dan N_d 7.083.875,27 sedangkan metode MDP 2017 diperoleh N_f 185.121.576,79 dan N_d 90.849.794,70. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tebal perkerasan metode AASTHO 1993 dan MDP 2017 mampu menahan retak lelah dan retak alur. Sisa umur layan metode AASTHO 1993 untuk retak lelah 65,52% dan untuk retak alur 49,60% sedangkan metode MDP 2017 untuk retak lelah 90,9% dan untuk retak alur 81,46%.

Kata Kunci : AASTHO 1993, *Kenpave*; MDP 2017, Perkerasan Lentur.

ABSTRACT

Population growth in an area leads to an increase in traffic volume and affects the quality of road pavement. This study aims to design pavement thickness, analyze damage, and calculate the remaining service life. The methods used are the AASHTO 1993 and MDP 2017, while damage analysis is using the *Kenpave* program. The research results show that the pavement layer thickness according to the AASHTO 1993 method is 9 cm for the surface layer, 23 cm for the base course, and 15 cm for the subbase course, while the MDP 2017 method is AC-WC of 4 cm, AC-BC of 6 cm, AC Base of 14.5 cm, and LFA class A of 30 cm. The damage analysis results using the AASHTO 1993 method yield N_f of 10,355,203.44 and N_d of 7,083,875.27, while the MDP 2017 method yields N_f of 185,121,576.79 and N_d of 90,849,794.70. These values indicate that the pavement thicknesses the AASHTO 1993 and MDP 2017 methods are capable of withstanding fatigue cracking and rutting. The remaining service life values using the AASHTO 1993 method are 65.52% for fatigue cracking and 49.60% for rutting, while the MDP 2017 method yields 90.9% for fatigue cracking and 81.46% for rutting.

Keyword : AASTHO 1993, *Flexible Pavement*, *Kenpave*; MDP 2017

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya perkembangan di suatu wilayah dibutuhkan adanya infrastruktur yang memadai. Perkembangan di suatu wilayah juga berjalan bersamaan dengan pertumbuhan jumlah penduduk yang menyebabkan volume lalu lintas menjadi bertambah dari tahun ke tahun. Bertambahnya volume lalu lintas ini sangat mempengaruhi kualitas sarana jalan karena, semakin besar volume lalu lintas yang melewati suatu jalan semakin besar pula beban yang akan diterima oleh jalan sehingga jalan akan mengalami penurunan kekuatan struktur atau kerusakan.

Kasus kerusakan jalan di Indonesia banyak terjadi pada jalan perkerasan lentur. Hal ini disebabkan karena volume lalu lintas tidak sesuai dengan yang direncanakan, perubahan iklim ekstrim, kualitas tanah dasar yang kurang baik dan bahan perkerasan tidak memenuhi spesifikasi teknis.[1] Oleh karena itu, diperlukan adanya perencanaan tebal perkerasan jalan yang mengikuti aturan atau metode tertentu agar hasilnya memenuhi spesifikasi teknis.

Dalam perencanaan tebal perkerasan jalan banyak metode yang dapat dipilih dalam merancang seperti metode AASTHO 1993 dan MDP 2017. Kedua metode tersebut sudah menjadi pedoman dalam perencanaan tebal perkerasan jalan.[2] Perencanaan tebal perkerasan lentur juga harus didukung dengan adanya analisis untuk mengetahui kemampuan jalan dalam menahan beban-beban kendaraan yang bekerja di atasnya serta mengetahui nilai kerusakannya. Analisis tebal perkerasan lentur dapat menggunakan program *Kenpave*. Program *Kenpave* memiliki fungsi mengetahui nilai regangan dan tegangan dari tebal perkerasan lentur. Nilai hasil dari program *Kenpave* dapat digunakan untuk menganalisis kerusakan berupa retak leleh dan retak alur.[3]

Penelitian dengan judul “Analisis Program *Kenpave* Pada Perancangan Tebal Perkerasan Lentur Metode AASTHO 1993 dan MDP 2017” ini bertujuan untuk merancang tebal perkerasan lentur dengan metode AASTHO 1993 dan metode Manual Desain Perkerasan 2017 serta menganalisa hasil perancangan tebal perkerasan lentur dengan menggunakan program *Kenpave*. Dengan demikian, dapat diketahui tebal perkerasan lentur dan nilai kemampuan jalan dalam mengalami kerusakan leleh (*fatigue*) dan alur (*rutting*) serta nilai sisa umur layan.

1.2. Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) merupakan salah satu jenis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Perkerasan lentur ini terdiri dari lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan perkerasan tersebut bersifat menahan serta menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.[4] Struktur perkerasan lentur mempunyai susunan lapisan yang terdiri atas:[5]

1. Lapisan permukaan (*Surface Course*)
2. Lapisan pondasi atas (*base course*)
3. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)
4. Lapisan tanas dasar (*subgrade*)

1.3. Metode AASTHO 1993

Metode AASTHO 1993 merupakan sebuah penelitian yang pada awalnya sebuah penelitian berkelanjutan yang dibiayai oleh pemerintah federal. Dasar dari metode ini merupakan perhitungan dengan metode empiris. Metode AASTHO merupakan metode perancangan tebal perkerasan yang berkembang di Amerika Serikat.[6]

1.4. Metode MDP 2017

Metode desain yang digunakan pada Manual Desain Perkerasan adalah metode Mekanistik Empiris yang dewasa ini telah digunakan secara meluas di berbagai negara yang telah berkembang. Dengan metode ini analisis struktur perkerasan dilakukan menggunakan prinsip-prinsip mekanik yang keluarannya digunakan untuk memprediksi kinerja struktur berdasarkan pengalaman empiris.[7]

1.5. Program *Kenpave*

Kenpave merupakan program yang dikembangkan oleh Yang H. Huang. Program ini hanya bisa dijalankan dengan versi *Windows 95* atau versi *Windows* di atasnya. Dasar bahasa pemrograman *software* ini menggunakan *Visual Basic*. *Kenpave* dibagi menjadi dua bagian untuk menganalisis perkerasan yaitu perkerasan lentur yang berdasarkan pada teori sistem lapisan, sedangkan perkerasan kaku yang berdasarkan metode elemen tak hingga.[8] Data atau parameter yang perlu diinput pada *Kenpave* yaitu parameter setiap lapis perkerasan berupa modulus elastisitas dan nilai *poisson's ratio*, ketebalan setiap lapis perkerasan dan kondisi beban berupa beban sumbu, tekanan roda, jarak ban pada roda dan jari jari bidang kontak.[9]

1.6. Analisis Kerusakan

Pada umumnya kerusakan suatu perkerasan disebabkan oleh beban berlebih kendaraan dan pengaruh cuaca. Analisis kerusakan yang dianalisis yaitu retak lelah (*fatigue cracking*) dan retak alur (*rutting*) dikarenakan hanya retak lelah dan retak alur yang dapat digunakan sebagai kinerja perkerasan serta menjadi suatu fungsi yang menghubungkan repons perkerasan terhadap beban (berupa tegangan atau regangan).[10]

1.7. Retak Lelah

Retak lelah (*fatigue cracking*) merupakan hubungan dari serangkaian retakan yang menimbulkan potongan-potongan kecil tidak beraturan yang terjadi karena pembebanan yang berulang ulang secara terus menerus.[11]

$$N_f = 0,0796 \times \varepsilon_t^{-3,921} \times E_{AC}^{-0,854} \quad (1)$$

Dimana:

N_f = nilai repetisi beban retak lelah

ε_t = regangan tarik vertikal pada bagian bawah lapis permukaan

E_{AC} = modulus elastisitas lapisan permukaan

1.8. Retak Alur

Retak alur (*rutting*) merupakan kerusakan yang terjadi akibat semua deformasi plastis yang terjadi pada setiap lapisan perkerasan jalan yang ada.[12]

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} \times \varepsilon_c^{-4,477} \quad (2)$$

Dimana:

N_d = nilai repetisi beban retak alur

ε_c = regangan tekan horizontal pada bagian bawah lapis permukaan

1.9. Nilai Sisa Umur Layan

Umur pelayanan perkerasan adalah kemampuan daya dukung jalan terhadap beban lalu lintas yang terjadi secara berulang hingga saat jalan tersebut diperlukan perbaikan.[13]

$$RL = 100(1 - \frac{N_p}{N_{1,5}}) \quad (3)$$

Dimana:

RL = *remaining life*

N_p = Σ kumulatif W18 per tahun,

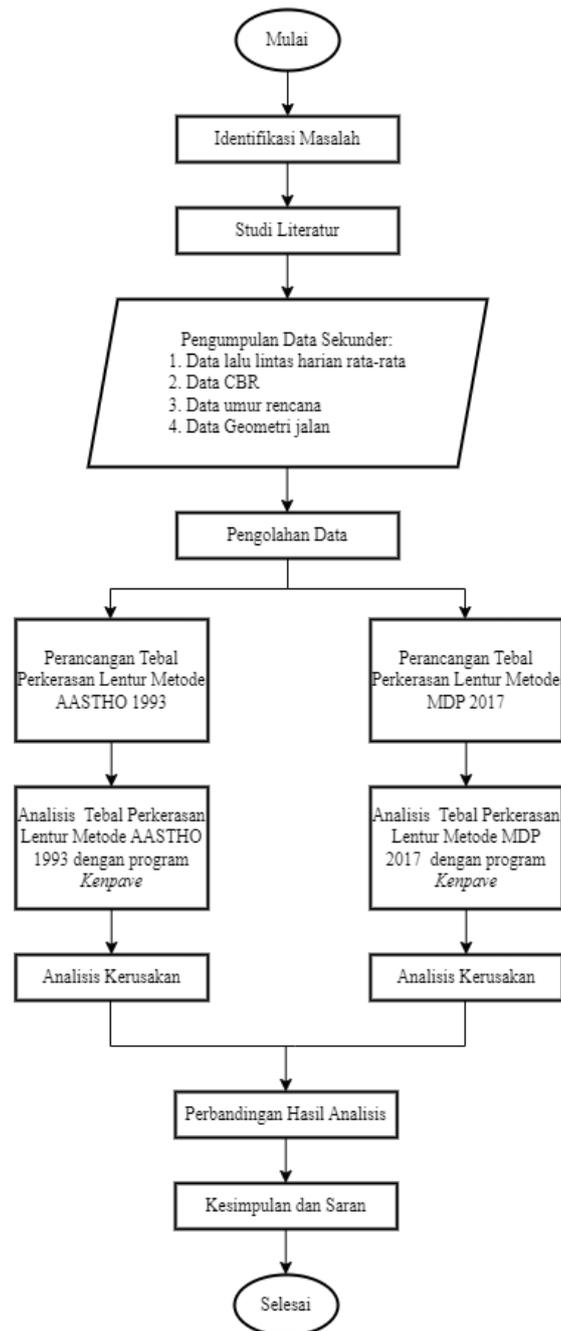
$N_{1,5}$ = kumulatif W18 tahun terakhir umur rencana.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif karena penelitian ini menggunakan angka dan statistik dalam pengumpulan serta analisis data yang dapat diukur. Penelitian dilakukan pada Ruas Jalan Tol Jakarta-Bogor-Ciawi (Jagorawi) KM 10 s.d. KM 21. Lokasi penelitian akan ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengumpulan Data

Tabel 1. Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahun 2023

No.	Gol Kendaraan	Jumlah
1.	1	43.368
2.	2	1.333
3.	3	438
4.	4	88
5.	5	54
Total Kendaraan		45.281

Sumber: PT Jasa Marga Persero TBK

Tabel 2. Data CBR Tanah Dasar

NO.	LOKASI	NILAI CBR
1.	KM 17+143 A	7,64 %
2.	KM 17+800 A	12,651 %
3.	KM 16+600 A	9,73 %
4.	KM 16+400 A	9,22 %
5.	KM 19+040 A	6,23 %
6.	KM 19+200 B	11,14 %
Rata – rata CBR Tanah Dasar		9,44%

Sumber: PT Jasa Marga Persero TBK.

Persentase untuk pemisahan golongan 1 (satu) antara jenis kendaraan Sedan / Angkot / Pickup / Station Wagon dan kendaraan Bus Besar yaitu sebesar 95% dari total kendaraan golongan 1 (satu) untuk jenis kendaraan Sedan / Angkot / Pickup / Station Wagon dan sebesar 5% dari total kendaraan golongan 1 (satu) untuk jenis kendaraan Bus Besar.[14] Oleh karena itu, didapat lalu lintas harian rata – rata berdasarkan jenis kendaraan pada tabel berikut.

Tabel 3. Lalu Lintas Harian Rata-rata berdasarkan Jenis Kendaraan

No.	Gol.	Jenis Kendaraan	Jumlah
1.	2,3,4	Sedan / Angkot / Pickup / Station Wagon	41.199
2.	5b	Bus Besar	2.168
3.	6b	Truk 2 sumbu - berat	1.333
4.	7a3	Truk 3 sumbu – berat	438
5.	7c1	Truk 4 sumbu – trailer	88
6.	7c2.1	Truk 5 sumbu - trailer	54
Total Kendaraan			45.281

3.2. Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur Metode AASTHO 1993

a. Konfigurasi Beban Sumbu Kendaraan

Tabel 4. Konfigurasi Beban Sumbu Kendaraan

No.	Jenis Kendaraan	Berat Max. Ton
1.	Sedan / Angkot / Pickup / Station Wagon	2
2.	Bus Besar	8
3.	Truk 2 sumbu - berat	13
4.	Truk 3 sumbu – berat	20
5.	Truk 4 sumbu – trailer	30
6.	Truk 5 sumbu - trailer	40

b. Nilai VDF Kendaraan

Tabel 5. Nilai VDF Metode AASTHO 1993

No.	Jenis Kendaraan	VDF
1.	Sedan / Angkot / Pickup / Station Wagon	0.0005
2.	Bus Besar	0.1592
3.	Truk 2 sumbu - berat	1.0648
4.	Truk 3 sumbu – berat	1.0375
5.	Truk 4 sumbu – trailer	3.2930
6.	Truk 5 sumbu - trailer	3.5324

c. Nilai ESAL Tahun 2024

Nilai faktor distribusi arah (D_D) yaitu 0,3 – 0,7 dan umumnya diambil 0,5.[15] Distribusi Lajur (D_L)= 50%
Jumlah hari dalam 1 tahun = 365 hari

Tabel 6. Nilai ESAL 2024

No.	Jenis Kendaraan	ESAL 2024
1.	Sedan / Angkot / Pickup / Station Wagon	1.714,12
2.	Bus Besar	31.846,60
3.	Truk 2 sumbu - berat	130.900,44
4.	Truk 3 sumbu – berat	41.924,00
5.	Truk 4 sumbu – trailer	26.796,91
6.	Truk 5 sumbu - trailer	17.634,54
TOTAL		250.816,62

d. Pertumbuhan Lalu Lintas

Persentase pertumbuhan lalu lintas (i) 7,63 %; Umur rencana 10 tahun. Pertumbuhan lalu lintas (R):

$$= \frac{(1+i\%)^n - 1}{i\%}$$

$$= \frac{(1+7,63\%)^{10} - 1}{7,63\%}$$

$$= 14,234$$

e. Nilai Esal Kumulatif Umur Rencana

Besar ESAL kumulatif (W_{18}):

$$= \text{Total ESAL tahun 2024} \times R$$

$$= 250.816,62 \times 14,234$$

$$= 3.570.247,12$$

f. *Serviceability*

- *Terminal Serviceability* (P_t) = 2,5
- *Initial Serviceability* (P_o) = 4,2
- *Serviceability loss* (ΔP_{si}) = 1,7

g. Tingkat Realibilitas

- *Realibility* (R) = 95%
- *Standar Normal Deviasi* (Z_r) = -1,645
- *Drainage Coefficient* (a_i) = 1,25
- *Standar Deviasi* (S_o) = 0,4

h. *Layer Coefficient* (a_i)

Nilai koefisien lapisan dapat dihitung menggunakan grafik nilai koefisien sebagai berikut.

- Lapis permukaan (a_1) = 0,40
- Lapis pondasi atas (a_2) = 0,14
- Lapis pondasi bawah (a_3) = 0,14

i. Modulus Elastitas Lapisan

Nilai modulus elastisitas tiap lapisan dapat dihitung menggunakan grafik nilai modulus elastisitas tiap lapisan sebagai berikut.

- Lapis permukaan = 360.000 psi
- Lapis pondasi atas = 30.000 psi
- Lapis pondasi bawah = 20.000 psi

j. *Structural Number* (SN)

Data dan persamaan yang dibutuhkan untuk mendapatkan nilai SN adalah sebagai berikut.

- *Standar Deviasi* (S_o) = 0,4
- *Realibility* = 95%
- $W_{18} = 3.570.247,12$
- $\Delta P_{si} = 1,7$
- $Z_r = -1,645$

Nilai SN = 1.1 (Lapis permukaan)

Nilai SN = 3 (Lapis Pondasi Atas)

Nilai SN = 3.4 (Lapis Pondasi Bawah)

k. Tebal Lapis Perkerasan

Tabel 7. Tebal Lapis Perkerasan

Lapisan	Tebal (inch)	Tebal (cm)
Lapis Permukaan	3,5	9
Lapis Pondasi Atas	9	23
Lapis Pondasi Bawah	6	15
Total Tebal Perkerasan	18,5	47

3.3. Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur Metode MDP 2017

a. Pertumbuhan Lalu Lintas

Persentase pertumbuhan lalu lintas (i) 7,63 %; Umur rencana 10 tahun. Pertumbuhan lalu lintas (R):

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(1+i\%)^n - 1}{i\%} \\
 &= \frac{(1+7,63\%)^{10} - 1}{7,63\%} \\
 &= 14,234
 \end{aligned}$$

b. Lalu Lintas Lajur Rencana

Nilai faktor distribusi arah (D_D) yaitu 0,3 – 0,7 dan umumnya diambil 0,5.[15] Distribusi Lajur (D_L) 50%.

c. Faktor Ekuivalen Beban (VDF)

Tabel 8. Nilai VDF Kendaraan

Gol.	Jenis Kendaraan	Jawa			
		Beban Aktual		Beban Normal	
		VDF4	VDF5	VDF4	VDF5
2,3,4	Sedan / Angkot / Pickup / Station Wagon	-	-	-	-
5b	Bus Besar	1	1	1	1
6b	Truk 2 sumbu - berat	5,3	9,2	4	5,1
7a3	Truk 3 sumbu – berat	10,2	19,0	4,3	5,6
7c1	Truk 4 sumbu – trailer	11,0	19,8	7,4	9,7
7c2.1	Truk 5 sumbu - trailer	17,7	33,0	7,6	10,2

Sumber: Manual Desain Perkerasan Perkerasan Jalan 2017

d. Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESAL)

Perhitungan nilai ESAL metode MDP 2017 tidak melibatkan kendaraan dengan berat ≤ 5 ton, sehingga kendaraan golongan 2,3, dan 4 tidak masuk dalam hitungan.

Tabel 9. Nilai ESAL 2024

No.	Jenis Kendaraan	ESAL 2024
1.	Sedan / Angkot / Pickup / Station Wagon	-
2.	Bus Besar	199.994,96
3.	Truk 2 sumbu - berat	626.957,21
4.	Truk 3 sumbu – berat	226.294,88
5.	Truk 4 sumbu – trailer	78.935,23
6.	Truk 5 sumbu - trailer	50.920,02
	TOTAL	1.183.102,30

e. Stuktur Perkerasan

Tabel 10. Desain Tebal Perkerasan Lentur

	STRUKTUR PERKERASAN							
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8
Solusi yang dipilih	Lihat Catatan 2							
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^8 ESA5)	<2	≥2-7	>7-10	>10-20	>20-30	>30-50	>50-100	>100-200

KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	80	105	145	160	180	210	245
LFA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1	2					3	

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

Tabel 11.

Lapisan	Tebal (mm)	Tebal (cm)
AC WC	40	4
AC BC	60	6
AC Base	145	14,5
LFA Kelas A	300	30
Total Tebal Perkerasan	545	54,5

3.4. Analisis Karakteristik Tebal Pekerasan Lentur dengan Program *Kenpave*

Tabel 12. Hasil Analisis dengan Program *Kenpave* metode AASTHO 1993

Pengulangan Beban	Vertical Strain pada kedalaman 8,99 cm	Horizontal Strain pada kedalaman 8,99 cm
1	0,0003449	0,0002925
2	0,0003449	0,0002925
3	0,0003449	0,0002925
Maksimum	0,0003449	0,0002925

Tabel 13. Hasil Analisis dengan Program *Kenpave* metode MDP 2017

Pengulangan Beban	Vertical Strain pada kedalaman 9,99 cm	Horizontal Strain pada kedalaman 9,99 cm
1	0,0001937	0,00016480
2	0,0001937	0,00016480
3	0,0001937	0,00016480
Maksimum	0,0001937	0,00016480

3.5. Analisis Kerusakan

Tabel 14. Hasil Analisis Repetisi Beban

Metode	Repetisi Beban	Nilai (ESAL)
AASTHO 1993	Retak Lelah (Nf)	10.355.202,44
	Retak Alur (Nd)	7.083.875,27
	Beban Rencana (Nr)	3,570,247.12
MDP 2017	Retak Lelah (Nf)	185.121.576,79
	Retak Alur (Nd)	90.849.794,70
	Beban Rencana (Nr)	16.840.860,16

Berdasarkan hasil perhitungan repetisi beban diperoleh hasil nilai repetisi pada metode AASTHO 1993 dan metode MDP 2017 mampu menahan kerusakan retak lelah dan kerusakan alur karena nilai beban repetisi retak lelah dan retak alur lebih besar dibandingkan nilai beban rencana.



Gambar 3. Hasil Analisis Sisa Umur Layan

Berdasarkan perhitungan sisa umur layan perkerasan diperoleh hasil bahwa sisa umur layan pada perkerasan lentur metode MDP 2017 lebih besar dibandingkan dengan perkerasan lentur metode AASTHO 1993. Dan perkerasan lentur akan lebih cepat mengalami kerusakan retak alur dibandingkan retak lelah. Maka dari itu, tebal perkerasan lentur Metode MDP 2017 lebih disarankan untuk digunakan karena mempunyai sisa umur layan lebih lama dibandingkan perkerasan lentur Metode AASTHO 1993.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis program *kenpave* pada perancangan tebal perkerasan lentur metode AASTHO 1993 dan MDP 2017 pada ruas Jalan Tol Jakarta-Bogor-Ciawi KM 10 – KM 21 dapat diambil kesimpulan sebagai berikut. Tebal lapis perkerasan dengan menggunakan metode AASTHO 1993 diperoleh sebesar 9 cm untuk tebal lapis permukaan, 23 cm untuk lapis pondasi atas dan 15 cm untuk lapis pondasi bawah. Sedangkan tebal lapis perkerasan dengan menggunakan metode MDP 2017 diperoleh sebesar 4 cm untuk lapis AC – WC, 6 cm untuk lapis AC – BC, 14,5 cm untuk lapis AC Base dan 30 cm untuk lapis LFA kelas A.

Hasil analisis menggunakan program *Kenpave* untuk metode AASTHO 1993 diperoleh nilai *vertical strain* kedalaman 8,99 cm sebesar 0,0003449 dan nilai *horizontal strain* pada kedalaman 8,99 cm sebesar 0,0002925. Sedangkan untuk metode MDP 2017 diperoleh nilai *vertical strain* kedalaman 9,99 cm sebesar 0,0001937 dan nilai *horizontal strain* pada kedalaman 9,99 cm sebesar 0,0001648.

Nilai repitisi beban tebal perkerasan lentur metode AASTHO 1993 untuk kerusakan retak lelah diperoleh sebesar 10.355.202,44 dan untuk kerusakan retak alur sebesar 7.083.875,27. Hasil tersebut menunjukkan metode AASTHO 1993 mampu menahan kerusakan retak lelah dan retak alur karena nilai tersebut melebihi nilai beban rencana. Dan untuk sisa umur layan retak lelah diperoleh 65,52% dan sisa umur layan retak alur 49,60%. Sedangkan nilai repitisi beban tebal perkerasan lentur metode MDP 2017 untuk kerusakan retak lelah diperoleh sebesar 185.121.576,79 dan untuk kerusakan retak alur sebesar 90.849.794,70. Hasil tersebut menunjukkan metode MDP 2017 mampu menahan kerusakan retak lelah dan retak alur karena nilai tersebut melebihi nilai beban rencana. Dan untuk sisa umur layan retak lelah diperoleh 90,9 % dan sisa umur layan retak alur 81,46%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. I. Dinata, A. Rahmawati, and D. Setiawan, "... dengan metode analisa komponen dari Bina Marga 1987 dan metode AASTHO 1993 menggunakan program KENPAVE (studi kasus: jalan karangmojo-semin sta 0+ ...," *Semesta Tek.*, vol. 20, no. 1, pp. 8–19, 2017, [Online]. Available: <http://journal.umy.ac.id/index.php/st/article/view/2723>
- [2] S. A. Arko, "Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur (Flexible Pavement) Dengan Metode Aashto, Jica Dan Bina Marga (MDP-2017) Pada Jalan Raya Sawunggaling, Kletek, Sidoarjo," *Agregat*, vol. 7, no. 1, 2022, doi: 10.30651/ag.v7i1.12334.
- [3] M. A. Hadi, "Identifikasi Kerentanan Kinerja Perkerasan Jalan Terhadap Aktivitas Overload Kendaraan Menggunakan Program KENPAVE," *Siklus J. Tek. Sipil*, vol. 9, no. 2, pp. 95–104, 2023, doi: 10.31849/siklus.v9i2.15081.
- [4] N. B. Regar, "Analisis Tebal Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Program Kenpave," 2021, [Online]. Available: [https://repositori.uma.ac.id/handle/123456789/15874%0Ahttps://repositori.uma.ac.id/bitstream/123456789/15874/1/188110162-Nursyafitri Br Regar - Fulltext.pdf](https://repositori.uma.ac.id/handle/123456789/15874%0Ahttps://repositori.uma.ac.id/bitstream/123456789/15874/1/188110162-Nursyafitri%20Br%20Regar-Fulltext.pdf)
- [5] S. L. Mulyasyaroh, A. Rahmawati, and E. Adly, "Analisis Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Analisa Komponen SKBI 1987 Bina Marga dan Metode AASHTO 1993," *Tugas Akhir Univ. Muhammadiyah Yogyakarta*, vol. 1, no. April, pp. 1–14, 2017.
- [6] I. Farida and G. Noer Hakim, "Ketebalan Perkerasan Lentur Dengan Metode AASHTO 1993 Dan Manual Perkerasan Jalan 2017," *J. Tek. Sipil Cendekia*, vol. 2, no. 1, pp. 59–68, 2021, doi: 10.51988/vol1no1bulanjulitahun2020.v2i1.30.
- [7] Direktorat Jendral Bina Marga, "Surat Edaran Nomor: /SE/Db/2024 Tentang Manual Desain Perkerasan Jalan 2024," no. 02, 2024.
- [8] T. R. Samban, M. J. Alkas, and B. Haryanto, "Analisa Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode MDP 2017 dan Austroads 2017 Pada Simpang 4 Outer Ringroads-Bandara Samarinda Baru Samarinda, Kalimantan Timur," *Kurva S J. Keilmuan dan Apl. Tek. Sipil*, vol. 10, no. 3, p. 147, 2022, doi: 10.31293/teknik.v10i3.6846.
- [9] V. R. Harsvardan and A. N. Tajudin, "Desain Ulang Dan Analisis Respons Struktural Perkerasan Lentur Pada Jalan Tol Jakarta-Cikampek," *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, p. 109, 2021, doi: 10.24912/jmts.v0i0.10504.
- [10] Y. H. 1993. Huang, "Pavement analysis and design," *Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall*, p. 805p, 1993.
- [11] A. Rahmawati, F. Aldiansyah, and D. M. Setiawan, "Desain Tebal Perkerasan Lentur Jalan Menggunakan Program Kenpave di Ruas Jalan Maospati - Sukomoro, Kabupaten Magetan, Jawa Timur," *Bull. Civ. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 19–23, 2021, doi: 10.18196/bce.v1i1.11050.
- [12] Z. Andito Aji and B. Hartanto Susilo, "Evaluasi Tebal Perkerasan Jalan Menggunakan Program Software Kenpave Evaluation of Road Pavement Thickness Using Kenpave Software Program," *J. Rekayasa Lingkungan. Terbangun Berkelanjutan*, vol. 01, no. 01, pp. 96–105, 2023, doi: 10.25105/jrltb.v1i1.15921.
- [13] R. A. Pambudi, "Evaluasi Perancangan Struktur Perkerasan Dengan Metode Bina Marga 2017 Dan Program Kenpave Menggunakan Pendekatan Elastik dan Viskoelastik (Studi Kasus: Jalan Simpang Pundu - Tumbang Samba)," no. 1, p. 121, 2021.
- [14] F. T. Unkris, "Analisis Tebal Perkerasan Lentur Pada Jalan Tol," vol. 8, no. 1, pp. 50–61, 2022.

- [15] Aris Krisdiyanto, Kemmala Dewi, and Moh .Arif Wijayanto, “Analisa Perbandingan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode AASHTO 1993 Dan Tebal Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 2017,” *J. Tek. Sipil*, vol. 15, no. 1, pp. 22–33, 2022, doi: 10.56444/jts.v15i1.34.

Analisis Penjadwalan Proyek Konstruksi dengan Metode *Precedence Diagram Method* (studi kasus: Proyek Pembangunan Mitra 10 Purwokerto)

Analysis of Construction Project Scheduling using the *Precedence Diagram Method* (a case study: Mitra 10 Purwokerto Building Construction Project)

Puput Wulan Dari¹, Sulfah Anjarwati², Arif Kurniawan Suksmono³

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Informasi Artikel

Dikirim, 13 Agustus 2024
Direvisi, 23 Januari 2025
Diterima, 24 Januari 2024

Korespondensi Penulis:

Puput Wulan Dari
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah
Purwokerto
Jl. K.H. Ahmad Dahlan
Purwokerto, 53182
Email:
puputwldri2002@gmail.com

ABSTRAK

Penjadwalan proyek merupakan pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada. Penjadwalan yang tepat memungkinkan manajer proyek untuk mengatur sumber daya dengan efisien, mengidentifikasi jalur kritis proyek, dan menghindari keterlambatan yang tidak diinginkan. Dalam pelaksanaannya proyek Pembangunan Mitra 10 Purwokerto mengalami keterlambatan dari kontrak awal yang menyebabkan kerugian biaya dan waktu. Penyebabnya adalah karena faktor keterlambatan datangnya material dan tertundanya suatu pekerjaan, oleh karena itu penulis menganggap perlu ada penjadwalan yang benar-benar optimal untuk mengatasi permasalahan ini. *Precedence Diagram Method* adalah salah satu metode penjadwalan proyek, setelah dilakukan analisis metode ini, hasil penelitian pada proyek Pembangunan Mitra 10 Purwokerto menghasilkan durasi 259 hari, *Critical Path Method* dengan menggunakan data realisasi menghasilkan 308 hari dan Kurva-S merencanakan 274 hari. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, *Precedence Diagram Method* paling cepat untuk menyelesaikan proyek Pembangunan Mitra 10 Purwokerto, karena durasi pekerjaan tersebut lebih cepat dari estimasi *Critical Path Method* dan Kurva-S perencanaan.

Kata Kunci : Penjadwalan, PDM, CPM, Kurva-S.

ABSTRACT

Project scheduling is the allocation of available time to carry out each job in order to complete a project to achieve optimal result by considering existing limitations. Proper scheduling allows project managers to organize resources efficiently, identify project critical path, and avoid unwanted delays. In its implementation, the Mitra 10 Purwokerto Development project experienced delays from the initial contract which caused cost and time losses. The cause is due to the factor of late arrival of materials and delayed work, therefore the author considers that there needs to be a truly optimal scheduling to overcome this problem. Precedence Diagram Method is one of the project scheduling methods, after analyzing this method, the research result on the Mitra 10 Purwokerto Development project resulted in a duration of 259 days, the Critical Path Method using realization data resulted in 308 days and the S-Curve planned 274 days. Based on the research conducted, the Precedence Diagram Method is the fastest to complete the Mitra 10 Purwokerto Development project, because the duration of the work is faster than the estimated Critical Path Method and S-Curve planning.

Keyword : Scheduling, PDM, CPM, S-Curve.

1. PENDAHULUAN

Industri konstruksi merupakan sektor yang stabil dalam perekonomian suatu negara karena memberikan kontribusi pada pembangunan infrastruktur dan menciptakan lapangan kerja. Namun, penjadwalan proyek konstruksi menjadi penting untuk menyelesaikan proyek tepat waktu, terutama pada proyek besar yang rumit. Dalam pelaksanaannya proyek Pembangunan Mitra 10 Purwokerto yang dimulai pada bulan September 2023 - Mei 2024 mengalami keterlambatan dari kontrak awal yang menyebabkan kerugian biaya dan waktu. Penyebabnya adalah karena faktor keterlambatan datangnya material dan tertundanya suatu pekerjaan, oleh karena itu penulis menganggap perlu ada penjadwalan yang benar-benar optimal untuk mengatasi permasalahan ini. Penelitian ini dilakukan untuk mencoba memberikan pertimbangan kepada para pelaksana dalam penjadwalan yang dapat menghindari keterlambatan yang bersifat merugikan. *Precedence Diagram Method* (PDM) merupakan metode populer dalam analisis penjadwalan proyek konstruksi karena memberikan kerangka kerja yang kuat untuk mempresentasikan ketergantungan antara aktivitas. PDM menggunakan node berbentuk segiempat dan anak panah untuk menggambarkan hubungan antar kegiatan. Implementasi metode jalur kritis juga membantu mengidentifikasi keterlambatan proyek dan mempercepat penyelesaian. Analisis penggunaan PDM dalam proyek konstruksi sangat penting untuk menghindari keterlambatan dan kerugian biaya. Penelitian dilakukan pada Proyek Pembangunan Mitra 10 Purwokerto untuk menemukan penjadwalan yang optimal.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Proyek

Lokasi proyek terletak di Jalan Suparjo Rustam, Desa Sokaraja Kulon, Kecamatan Sokaraja, Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah, 53144.

2.2. Pengumpulan Data

1. Metode Studi Pustaka

Pada tahap selanjutnya yaitu studi literatur yang dilakukan untuk mengkaji dan paham secara teoritis metode yang dipakai dalam metode pemecahan masalah yaitu dengan menggunakan metode *Precedence Diagram Method* (PDM).

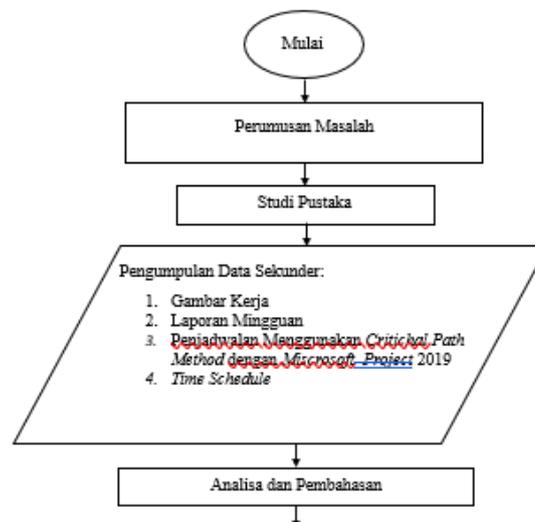
2. Metode Observasi

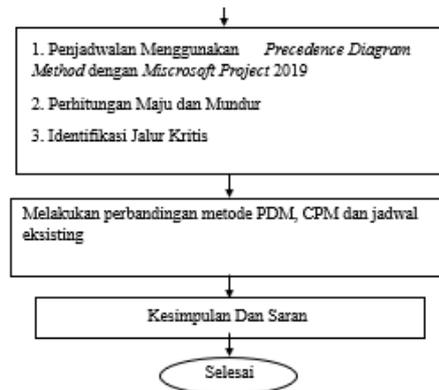
Metode pengumpulan data dengan melakukan pengamatan secara langsung di lapangan yang disertai dengan data-data proyek. Berikut data-data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini :

- a. Gambar Kerja
- b. Laporan Mingguan
- c. Penjadwalan Menggunakan *Critical Path Method* dengan *Miscrosoft Project* 2019
- d. *Time Schedule*

2.3. Tahapan Penelitian

Bagan alir penelitian terdapat dalam Gambar 1 berikut





Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Sekunder

1. Gambar Kerja

Gambar kerja digunakan untuk mengetahui hubungan ketergantungan antar pekerjaan dan mendapatkan volume pekerjaan.

2. Laporan Mingguan

Laporan mingguan ini digunakan sebagai acuan data untuk metode CPM yang dikerjakan oleh proyek menggunakan data realisasi, pada laporan mingguan proyek Pembangunan Mitra 10 Purwokerto didapat progress 100% pada minggu ke-44 pada tanggal 04 Juli 2024.

3. *Critical Path Method*

Dalam pelaksanaannya proyek Pembangunan Mitra 10 Purwokerto melakukan penjadwalan menggunakan metode *Critical Path Method* dengan menginputkan progres realisasi. Hasil penjadwalan realisasi proyek Pembangunan Mitra 10 Purwokerto dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Project 2019* yaitu proyek dikerjakan selama 308 hari yang mana proyek dimulai pada tanggal 01 September 2023 dan telah berakhir di tanggal 4 Juni 2024. Pekerjaan yang berada di lintasan kritis pada metode CPM yaitu: persiapan, pekerjaan tiang pancang, pekerjaan struktur baja portal as i-o, pekerjaan struktur baja canopy loading dock, pekerjaan plat lantai mezzanine as e-I, pekerjaan plat lantai as. 1, C-D; As.6;7;As-6-7;As E-F Elv -(+12,00), pekerjaan saluran beton, pekerjaan shelter driver, pekerjaan bak sampah, pekerjaan pintu dan jendela, pekerjaan sanitary, pekerjaan plumbing.

4. *Time Schedule*

Selain membandingkan dengan metode CPM, peneliti juga menggunakan *Time Schedule* (jadwal eksisting) untuk membandingkannya dengan metode PDM. Pada pelaksanaannya proyek Pembangunan Mitra 10 Purwokerto mengalami keterlamabatan, oleh karena itu didapat pada *Time Schedule* penulis menggunakan data awal kontrak yaitu 01 September 2023 - 31 Mei 2024.

3.2. Precedence Diagram Method

1. *Predecessor* (Hubungan Pekerjaan)

Berikut merupakan hasil dari WBS, *Predecessor* dan durasi pekerjaan pada proyek Pembangunan Mitra 10 Purwokerto.

Tabel *Predecessor* Pekerjaan terdapat dalam Tabel 1. Berikut.

Tabel 1. Predecessor Pekerjaan

No	Aktivitas	Durasi (hari)	Predecessor	TF
1	Metode PDM	259 hari		
2	Pekerjaan Persiapan	7 hari		0
3	Pekerjaan Struktur	252 hari		
4	Pekerjaan Tanah & Lain-Lain Lantai Dasar	133 hari		
5	Pekerjaan Tiang Pancang Area Bangunan Utama	56 hari	2SS	0
6	Pekerjaan Galian & Pembuangan Tanah Keluar Lokasi Proyek	126 hari	2	7
7	Pekerjaan Beton & Baja Lantai Dasar	252 hari		
8	Pekerjaan Pile Cap	119 hari	2SS	0
9	Pekerjaan Dinding Beton Beda Elevasi Area Parkir	63 hari	5	28

10	Pekerjaan Lantai Area Lantai Dasar	112 hari	8FS+7 hari	0
11	Pekerjaan Dinding Pit Eskalator As-3	21 hari	8,9	28
12	Pekerjaan Dinding Pit Ekalator As-5	21 hari	11SS	28
13	Pekerjaan Dinding Pit Lift	28 hari	11;12	35
14	Pekerjaan Pondasi Genset	42 hari	8	14
15	Pekerjaan Pondasi Equipment	7 hari	8;14;13FF	91
16	Pekerjaan Pedestal Elv.0,00	84 hari	8SS	175
17	Pekerjaan Kolom Praktis	126 hari	8;25;25	14
18	Pekerjaan Ring Balok	14 hari	5	63
19	Pekerjaan Balok Dak Ruang Genset	49 hari	14FS-14 hari	14
20	Pekerjaan Plat Lantai Atap R. Genset	56 hari	19FS-7 hari	14
21	Pekerjaan Tangga As-1/B	35 hari	13SS	28
22	Pekerjaan Tangga As-1/G-H	35 hari	21SS	28
23	Pekerjaan Tangga As-1/N-O	42 hari	22SS+7 hari	28
24	Pekerjaan Tangga As-7/F-G	42 hari	22SS+7 hari	70
25	Pekerjaan Struktur Baja Portal AS-A,B	77 hari	8FS-77 hari;5FS-14 hari	0
26	Pekerjaan Struktur Baja Portal AS-C	84 hari	25SS	0
27	Pekerjaan Struktur Baja Portal AS-D	91 hari	26SS	0
28	Pekerjaan Struktur Baja Portal AS-E	91 hari	27SS	0
29	Pekerjaan Struktur Baja Portal AS-F	91 hari	28SS	0
30	Pekerjaan Struktur Baja Portal AS-G, H	91 hari	29SS	0
31	Pekerjaan Struktur Baja Portal AS-I	105 hari	30SS	0
32	Pekerjaan Struktur Baja Portal AS-J,K	105 hari	31SS	0
33	Pekerjaan Struktur Baja Portal AS-L, M	105 hari	32SS	0
34	Pekerjaan Struktur Baja Portal AS-N	105 hari	33SS	0
35	Pekerjaan Struktur Baja Portal AS-O	105 hari	34SS	0
36	Pekerjaan Struktur Baja Facia & Talang	63 hari	8FS-77 hari;5FS-14 hari	105
37	Pekerjaan Struktur Baja Gording As.A-Q	91 hari	35SS	0
38	Pekerjaan Baja Canopy Loading Dock	70 hari	22	14
39	Pekerjaan Baja Canopy Drop Off	56 hari	22;23FS-14 hari	28
40	Pekerjaan Beton & Baja Lantai Mezanine- Lantai Atap	126 hari		
41	Pekerjaan Baja Lantai Mezanine,- As. E-I, elv- (+3,5)	42 hari	34FS+28 hari	0
42	Pekerjaan Baja Lantai – 2, As. A-Q, Elv – (+7,00)	98 hari	31FS-21 hari;32FS-21 hari;33Fs-21 hari;34FS-21 hari;35Fs-21 hari;37FS-7 hari	0
43	Pekerjaan Plat Lantai Mezanine,- As. E-I, elv- (+3,5)	49 hari	42FS-60hari;10FS-42 hari	0
44	Pekerjaan Plat Lantai – 2, As. A-Q, Elv – (+7,00)	63 hari	42FS-49 hari	14
45	Pekerjaan Plat Lantai, As.1, C-D; As.6',7; As. E',F Elv- (+12,00)	49 hari	44FS-56 hari	14
46	Pekerjaan Plat Lantai, As. O-P, 1-4 Elv – (+5,83)	56 hari	41FS-21 hari	7
47	Pekerjaan Beton & Baja Billboard, area Perkerasan Jalan, Utility, DII	126 hari		
48	Pekerjaan Perkerasan Jalan Slab Beton (SB)	105 hari	6;51FS-49 hari	21
49	Pekerjaan Perkerasaan Jalan Paving Blok (PB)	63 hari	51FS-21 hari	42
50	Pekerjaan Saluran Box Culvert/ Jembatan (BC)	77 hari	51FS-7 hari	14
51	Pekerjaan Saluran Beton	56 hari	6FS-14 hari	28
52	Pekerjaan Bak Kontrol & Sumur Resapan Berikut : Galian, Bekisting, Besi, Beton, Bius Beton, Ijuk, DII	70 hari	51FS-7 hari	7
53	Pekerjaan Pos Jaga	21 hari	19	42
54	Pekerjaan R. Kantor Pengelolaan Parkir	21 hari	9;55	7
55	Pekerjaan Shelter Driver	21 hari	51	7
56	Pekerjaan R. Kantor Expedisi	21 hari	54SS;58	7
57	Pekerjaan GWT (Uk. 8 X 4 X 4 M/ Kap. 120 M3)	49 hari	9;36	91
58	Pekerjaan Bak Sampah (Uk. 3 X 6 M, T= 3 M)	21 hari	52FS-63 hari	7
59	Pekerjaan Arsitektur	126 hari		

60	Pekerjaan Pasangan Dinding	91 hari	42FS-70 hari; 41SS-21 hari	0
61	Pekerjaan Partisi	21 hari	72;73;60FS-42 hari	7
62	Pekerjaan Pelapis Lantai	28 hari	64	0
63	Pekerjaan Pelapis Dinding	28 hari	71FF	84
64	Pekerjaan Plafond	21 hari	60FS-49 hari	0
65	Pekerjaan Pintu & Jendela	28 hari	73FS+49 hari;62FS-14 hari	0
66	Pekerjaan Facade	28 hari	61SS	7
67	Pekerjaan Railing	28 hari	66FS-14 hari	7
68	Pekerjaan Waterproofing	35 hari	60FS-35 hari	14
69	Pekerjaan Penutup Atap	56 hari	60FS-63 hari	0
70	Pekerjaan Sanitary	28 hari	65SS;43FS-14 hari	0
71	Pekerjaan Lain-Lain	49 hari	69SS+14 hari;68FF-70 hari	14
72	Pekerjaan Utility	77 hari	6;26	7
73	Pekerjaan Plumbing	28 hari	60SS	0

Sumber : Hasil perhitungan Microsoft Excel

2. Penjadwalan dengan *Microsoft Project 2019*

Setelah mendapatkan data aktivitas logika ketergantungan dari proyek Pembangunan Mitra 10 Purwokerto, maka data tersebut akan dimasukkan dalam *software Microsoft Project 2019* untuk mendapatkan lintasan kritis pada proyek tersebut. Berikut merupakan Langkah-langkah yang harus dilakukan dalam *software Microsoft Project 2019*:

- Jalankan aplikasi *Microsoft Project 2019*
- Menginput tanggal dimulainya proyek

Pada menu Bar klik *Project > Project Information*, lalu masukkan tanggal dimulainya proyek pada menu *Start date*, Dimana proyek Pembangunan Mitra 10 Purwokerto dimulai pada tanggal 01 September 2023. Langkah ini dapat dilihat pada gambar 2. dibawah:

Gambar 2. Memasukan tanggal dimulainya proyek

- Input jam kerja yang di terapkan pada proyek

Pada Menu Bar klik *Project > Change Working Time*. Dalam penelitian ini, dilakukan 7 hari kerja dalam seminggu dan 8 jam kerja sehari yaitu dimulai pukul 08.00 hingga pukul 12.00, jam istirahat yaitu pukul 12.00 hingga 13.00, setiap hari Jumat jam istirahat dimulai pukul 11.00 hingga 13.00 dan pekerjaan akan dilakukan hingga pukul 17.00. Langkah ini dapat dilihat pada gambar 3. dibawah:

Gambar 3. Menentukan jam kerja pada proyek

- Input jenis kegiatan beserta durasinya

Pada menu *Task Name* klik jenis item pekerjaan, lalu pada menu *Duration* klik berapa lama yang dibutuhkan untuk menyelesaikan item pekerjaan tersebut. Selanjutnya yaitu membuat hubungan antar pekerjaan, yang diinput pada kolom *predecessor* seperti pada gambar 4. dibawah:

Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	Metode PDM	259 days	Fri 01/09/23	Sat 25/05/24	
2	PEKERJAAN PERSIAPAN	7 days	Fri 01/09/23	Thu 07/09/23	
3	PEKERJAAN STRUKTUR	252 days	Fri 01/09/23	Sat 18/05/24	
4	PEKERJAAN TANAH LAIN-LAIN LANTAI DASAR	133 days	Fri 01/09/23	Thu 11/01/24	
5	PEKERJAAN TANG PANCANG AREA BANGUNAN UTAMA	56 days	Fri 01/09/23	Thu 26/10/23	255
6	PEKERJAAN GALIAN PEMBUANGAN TANAH KELUAR LOKASI PROYEK	126 days	Fri 08/09/23	Thu 11/01/24	2
7	PEKERJAAN BETON BAJA LANTAI DASAR	245 days	Fri 01/09/23	Sat 11/05/24	
8	PEKERJAAN PILE CAP	119 days	Fri 01/09/23	Thu 28/12/23	255
9	PEKERJAAN DINDING BETON BEDA ELEVASI AREA PARKIR	63 days	Fri 27/10/23	Thu 28/12/23	5

Gambar 4. Input data predecessor

Dari penginputan *Predecessor* didapatkan hasil penjadwalan menggunakan metode PDM proyek Pembangunan Mitra 10 Purwokerto dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Project 2019* yaitu proyek dikerjakan selama 259 hari yang mana proyek dimulai pada tanggal 01 September 2023 dan telah berakhir di tanggal 25 Mei 2024.

3. Perhitungan PDM

Perhitungan dilakukan dengan perhitungan maju dan mundur untuk mendapatkan nilai total float, pekerjaan dengan total float = 0 disebut pekerjaan kritis, sehingga diketahui pekerjaan mana saja yang merupakan pekerjaan dilintasan kritis.

Perhitungan Maju

1. Kegiatan Pekerjaan 2

$$ES_2 = 0 \text{ (Kegiatan awal dianggap 0)}$$

$$\begin{aligned} EF_2 &= ES_2 + \text{Durasi 2} \\ &= 0 + 7 \\ &= 7 \end{aligned}$$

2. Kegiatan Pekerjaan 6

$$ES_6 = EF_2 = 7$$

$$\begin{aligned} EF_6 &= ES_6 + \text{Durasi 6} \\ &= 7 + 126 \\ &= 133 \end{aligned}$$

3. Kegiatan 51

$$\begin{aligned} ES_{51} &= EF_6 - FS \\ &= 133 - 14 \\ &= 119 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EF_{51} &= ES_{51} + \text{Durasi 51} \\ &= 119 + 56 \\ &= 175 \end{aligned}$$

Perhitungan Mundur

1. Kegiatan 51

$$\begin{aligned} LF_{51} &= LS_{48} + FS_{48 \text{ dan } 51} \\ &= 154 + 49 \\ &= 203 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LS_{51} &= LF_{51} - \text{Durasi 51} \\ &= 203 - 56 \\ &= 147 \end{aligned}$$

2. Kegiatan 6

$$LF_6 = LS_{72} = 140$$

$$LS_6 = LF_6 - \text{Durasi 6}$$

$$= 140 - 126$$

$$= 14$$

3. Kegiatan 2

$$LS_2 = LS_5$$

$$= 0$$

$$LF_2 = LS_2 + \text{Durasi 2}$$

$$= 0 + 7$$

$$= 7$$

Setelah dilakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur, dilakukan perhitungan seperti dibawah ini untuk lebih memastikan dan mengetahui berapa lama waktu tenggang (float) untuk tiap kegiatan. Sebagai salah satu cara untuk mengetahui kegiatan mana yang terlibat dalam lintasan kritis. Lintasan kritis pada Precedence Diagram Method ada 25 pekerjaan yaitu pada tabel berikut:

Tabel 2 Lintasan kritis pada *Precedence Diagram Method*

<u>Aktivitas</u>
Persiapan
Pekerjaan Tiang Pancang Area Bangunan Utama
Pekerjaan Pile Cap
Pekerjaan Lantai Area Lantai Dasar
Pekerjaan Struktur Baja Portal As-A,B
Pekerjaan Struktur Baja Portal As-C
Pekerjaan Struktur Baja Portal As-D
Pekerjaan Struktur Baja Portal As-E
Pekerjaan Struktur Baja Portal As-F
Pekerjaan Struktur Baja Portal As-G,H
Pekerjaan Struktur Baja Portal As-I
Pekerjaan Struktur Baja Portal As-J,K
Pekerjaan Struktur Baja Portal As-L,M
Pekerjaan Struktur Baja Portal As-N
Pekerjaan Struktur Baja Portal As-O
Pekerjaan Struktur Baja Gording As. A-Q
Pekerjaan Baja Lantai Mezzanine-As. E-I, Elv-(+3,5)
Pekerjaan Baja Lantai 2-As. A-Q
Pekerjaan Plat Lantai Mezzanine-As. E-I, Elv-(+3,5)
Pekerjaan Pasangan Dinding
Pekerjaan Pelapis Lantai
Pekerjaan Plafond
Pekerjaan Pintu dan Jendela
Pekerjaan Sanitary
Pekerjaan Plumbing

Sumber : Hasil perhitungan Microsoft Project 2019

3.3. Analisis Perbandingan *Precedence Diagram Method*, *Critical Path Method (actual)* dan *Time Schedule Perencanaan*

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka diperoleh perbandingan durasi pekerjaan pada Pembangunan Mitra 10 Purwokerto dengan *Precedence Diagram Method*, *Critical Path Method (actual)* dan *Time Shedule* perencanaan seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 3. Durasi perbandingan Metode pekerjaan

No	Metode	Durasi (hari)
1	<i>Precedence Diagram Method</i>	259
2	<i>Critical Path Method</i>	308
3	<i>Time Schedule</i> (Perencanaan)	274

Sumber: Perhitungan Ms Project 2019

4. KESIMPULAN

Dari pembahasan Analisis Penjadwalan Proyek Konstruksi dengan *Precedence Diagram Method* diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Diperoleh waktu penyelesaian yang diperlukan untuk Pembangunan Mitra 10 Purwokerto menggunakan metode *Critical Path Method* menggunakan *progress actual* dibutuhkan durasi 308 hari yang dimulai pada tanggal 01 September 2023-04 Juli 2024.

Berdasarkan perhitungan maju dan mundur pada metode CPM lintasan kritis ada 16 pekerjaan yaitu: Pekerjaan Persiapan, Pekerjaan Tiang Pancang, Pekerjaan struktur baja portal as-I, Pekerjaan struktur baja portal as-j,k, Pekerjaan struktur baja portal as-l,m, Pekerjaan struktur baja portal as-n, Pekerjaan struktur baja portal as-o, Pekerjaan struktur canopy loading dock, Pekerjaan plat lantai mezzanine-as. E-1, elv-(+3,5), Pekerjaan plat lantai, as.1, c-d; as.6;7;as.e,f elv-(+12,00), Pekerjaan saluran beton, Pekerjaan shelther driver, Pekerjaan bak sampah, Pekerjaan pintu dan jendela, Pekerjaan sanitary, Pekerjaan plumbing.

Diperoleh durasi pada metode PDM pada aplikasi *Microsoft Project 2019* yaitu dimulai pada tanggal 01 September 2023 sampai 25 Mei 2024 atau 259 hari.

Dengan menggunakan *Precedence Diagram Method* yaitu diperoleh durasi 259 hari, *Critical Path Method* menggunakan *progress actual* dibutuhkan durasi 308 hari dan untuk *Time Schedule* perencanaan diperoleh durasi 274 hari. Sehingga metode *Precedence Diagram Method* merupakan durasi yang paling cepat untuk menyelesaikan Pembangunan Mitra 10 Purwokerto.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdurrauf Zulikasio, I., & Lalan, H. (2023). Schedule Analysis With Precedence Diagram Method (Pdm) Building Project By Pt. X Analisa Schedule Dengan Precedence Diagram Method (Pdm) Proyek Gedung Oleh Pt.X. *Journal of Scientech Research and Development*, 5(1), 449–458. <https://idm.or.id/JSCR/in>
- [2] Aulia, S. S. (2021). Analisis Penjadwalan Proyek Gedung Menggunakan Metode Cpm-Pert (Critical Path Method-Program Evaluation And Review Technique) (Analysis Of Building Project Scheduling Using The Cpm-Pert Method). *E Skripsi Universitas Islam Indonesia*, 117.
- [3] I Gusti Ngurah Oka Suputra. (2011). Penjadwalan Proyek Dengan Precedence Diagram Method (PDM) Dan Ranked Position Weight Method (RPWM). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 15(1), 18–28.
- [4] Maddeppungeng, A., & Suryani, I. (2015). Analisis Pengendalian Penjadwalan Pembangunan Gedung Administrasi Universitas Pendidikan Indonesia (Upi) Kampus Serang Menggunakan Metode Work Breakdown Structure (Wbs) Dan Kurva-S. *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 4(1). <https://doi.org/10.36055/jft.v4i1.1230>
- [5] Manumpil, T. O., Mangare, J. B., & Arsjad, T. T. (2022). Analisis Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode PDM Dengan Konsep Cadangan Waktu Pada Proyek Pembangunan Gedung Dokter Polisi Rumah Sakit Bhayangkara Kota Manado. *Tekno*, 20(81), 301–315.
- [6] Perdana, S., & Rahman, A. (2019). PENERAPAN MANAJEMEN PROYEK DENGAN METODE CPM (Critical Path Method) PADA PROYEK PEMBANGUNAN SPBE. *Amaliah: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1), 242–250. <https://doi.org/10.32696/ajpkm.v3i1.235>
- [7] Safitri, D. A., & Wardhana, H. (2023). Analysis of Scheduling Using Cpm and Pdm Methods With Microsoft Project 2019 in the Replacement Project of Salim River Bridge Mataraman. *Cerucuk*, 7(1), 53.

Penerapan Sistem Informasi Geografis pada Evaluasi Kondisi Fisik dan Fungsi pada Prasarana Sungai Serang

The Application of Geographic Information System in Evaluating Physical Condition and Function of Infrastructure in Serang River

Aan Andriawan¹, Iskahar²

^{1,2}Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Informasi Artikel

Dikirim, 31 Desember 2024
Direvisi, 23 Januari 2025
Diterima, 24 Januari 2025

Korespondensi Penulis:

Aan Andriawan
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah
Purwokerto
JL. K.H. Ahmad Dahlan
Purwokerto, 53182
Email:
aanandriawan@ump.ac.id

ABSTRAK

Pengelolaan sungai sangat diperlukan agar kebermanfaatannya dan keamanannya dapat terjamin. Pengelolaan sungai bisa berwujud dalam monitoring kondisi fisik dan fungsi prasarana sungai, maka tindakan operasi pemeliharaan begitu penting dalam menjaga eksistensinya. Dalam pengelolaan sungai juga dibutuhkan data base yang komprehensif dan terintegrasi dalam bentuk aplikasi sistem informasi geografis. Sungai Serang terbagi atas Serang Hulu dan Serang Hilir, yang merupakan salah satu sungai terbesar WS Jratunseluna, saat ini sudah mengalami perubahan morfologi, penyempitan di beberapa bagian ruas sungai. Secara administratif penelitian ini berada di Kecamatan Penawan dan Kecamatan Klambu Kabupaten Grobogan tepatnya pada Sungai Serang hulu dimulai dari Bendung Sidorejo sampai Bendung Klambu. Metode penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif dengan menggunakan data primer dan data sekunder. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan data aset prasarana sungai, mendapatkan nilai kinerja prasarana sungai dan mendapatkan nilai prioritas rehabilitasi bangunan sungai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penilaian kinerja fisik dan fungsi prasarana Sungai Serang didapat nilai rata-rata 68,41 dimana kondisi prasarana bangunan sungai dengan resiko sedang dan indeks kinerja cukup. Dari penilaian kinerja prasarana sungai dan aplikasi Sistem Informasi Geografis juga menunjukkan bangunan sungai yang berupa tanggul menempati prioritas utama sebagai bangunan sungai yang di rehabilitasi.

Kata Kunci : Pengelolaan Sungai, Operasi, Pemeliharaan

ABSTRACT

River management is very desirable to ensure its usefulness and safety. River management can be monitoring physical condition and function of river infrastructure, and therefore, maintenance operation procedure is so important to maintain its existence. In river management, a comprehensive and integrative database is also required in the form of geographic information system application. Serang River is divided into Serang Hulu (Upstream) and Serang Hilir (Downstream), constituting one of biggest rivers in WS Jratunseluna. This river has encountered morphological change currently, as indicated with narrowing in several parts of river. Administratively, this research took place in Penawan and Klambu Sub Districts of Grobogan, exactly in Serang Hulu River from Bendung Sidorejo to Bendung Klambu. The research method used was descriptive quantitative one with primary and secondary data. The objective of research is to collect data about river infrastructure asset, to obtain performance value of river infrastructure, and to get priority value of river building rehabilitation. The result shows that the evaluation on physical performance and function of Serang River's infrastructure obtain mean score of 68.41, in which the condition of river building's infrastructure belongs to medium category with fair performance index. Considering the evaluation on river's infrastructure performance and the application of Geographical Information System also shows that the river building in the form of embankment is put on the primary priority as the river building rehabilitated.

Keyword : River Management, Maintenance, Operation

1. PENDAHULUAN

Sungai Serang terbagi atas Serang Hulu dan Serang Hilir, yang merupakan salah satu sungai terbesar WS Jratunseluna, saat ini sudah mengalami perubahan morfologi, penyempitan di beberapa bagian ruas sungai akibat pengendapan oleh sedimen. Hal ini memperkecil kapasitas tampung sungai dan terjadinya longsoran pada tebing sungai dan bangunan-bangunan pelindung tebing sungai yang ada. [1].

Di sepanjang ruas aliran Sungai Serang Hulu, mulai dari Bendungan Kedung Ombo sampai dengan pertemuan Sungai Lusi di Kabupaten Grobogan di hulu Bendung Klambu mempunyai panjang sekitar 60 km, terdapat beberapa infrastruktur fisik yang terbangun antara lain : Bendung Sidorejo, Bendung Sedadi, Bendung Klambu, dan beberapa jembatan. Bangunan-bangunan ini perlu segera diamankan dari kerusakan kerusakan dan longsoran tebing sungai agar tetap dapat memberikan pelayanan yang maksimal. Sedangkan di sepanjang Sungai Serang Hilir, mulai dari Bendung Klambu sampai dengan Bendung Gerak Wilalung mempunyai panjang sekitar 10 km, terdapat pintu pembagi banjir ke arah Kabupaten Pati melalui Sungai Juana, yang mempunyai panjang sekitar 40 km dan bermuara di Laut Jawa dan ke arah Kabupaten Demak melalui Sungai Serang Hilir (disebut juga Kali Wulan) yang mempunyai panjang sekitar 50 km dan bermuara di Laut Jawa) [2].

Dari uraian permasalahan diatas perlu evaluasi kondisi fisik dan fungsi prasarana sungai serta pembuatan database aset prasarana sungai. Tujuan penelitian ini antarlain: 1) Mendapatkan data aset prasarana sungai. 2) Mengetahui kondisi fisik sungai dan kinerja prasarana sungai 3) Mendapatkan nilai kondisi sungai 4) Mendapatkan nilai prioritas rehabilitasi dan rekonstruksi untuk setiap kerusakan aset prasarana sungai. Lokasi Penelitian ini terletak di Kabupaten Grobogan tepatnya pada Sungai Serang Hulu dimulai dari Bendung Sidorejo sampai Bendung Klambu. [3]. Dalam penelitian Eka Tri Asmorowati (2022) Untuk memastikan keberlangsungan fisik dan fungsi sungai serta infrastruktur terkait, diperlukan kegiatan operasi dan pemeliharaan sungai. Kedua kegiatan ini saling terkait dan saling mendukung. Tanpa pemeliharaan yang memadai, operasi infrastruktur sungai dapat terganggu. Sebelum menentukan biaya operasi dan pemeliharaan infrastruktur sungai, penting untuk melakukan inventarisasi sungai guna mengevaluasi tingkat kerusakan pada bangunan sungai, sehingga prioritas perbaikan dapat ditetapkan dengan tepat dan perlu ada penilaian kinerja sungai. Penilaian kinerja sungai adalah indikator penting untuk memahami masalah yang terjadi dalam sistem sungai secara menyeluruh, dari hulu hingga hilir. Proses ini melibatkan pemeriksaan secara rinci dengan menyusuri sepanjang aliran sungai dan melakukan pengukuran. Karena itu, perlu adanya penanganan yang tepat untuk mengelola dan memperbaiki sungai agar kerusakan permanen dapat dihindari (Yunanto Idham, 2016)[14].

1.1. Sungai

Sungai adalah suatu saluran drainase yang terbentuk secara alamiah. Akan tetapi disamping fungsinya sebagai saluran drainase dan adanya air yang mengalir didalamnya, sungai juga menggerus tanah dasarnya terus menerus dan maka akan terjadi sedimen pada bagian hilirnya. Disungai terdapat air (aliran air), biota (flora dan fauna), sedimen, energi (debit dan beda tinggi) dan pengenceran. Dalam Permen PUPR Nomor 28 Tahun 2015 penetapan garis sempadan sungai dan garis sempadan danau dimaksudkan sebagai Upaya agar kegiatan perlindungan, penggunaan dan pengendalian atas sumber daya yang ada pada sungai dan danau dapat dilaksanakan sesuai dengan tujuannya. Penetapan garis sempadan sungai dan garis sempadan danau memiliki tujuan antara lain: 1) Fungsi sungai dan danau tidak terganggu oleh aktifitas yang berkembang disekitarnya. 2) Kegiatan pemanfaatan dan Upaya peningkatan nilai manfaat sumber daya yang ada di sungai dan danau dapat memberikan hasil secara optimal sekaligus menjaga kelestarian fungsi dan danau. 3) daya rusak air sungai dan danau terhadap lingkungannya dapat dibatasi.

1.2. Bangunan Sungai

Menurut Rizki Eka Putra, dkk (2023)[11] bangunan sungai adalah infrastruktur yang dibangun untuk keperluan pengelolaan sungai. Insfratrurur yang terdapat pada sungai dibangun sesuai dengan kebutuhan dan kondisi sungai, dengan tujuan menjaga aliran sungai dan bermanfaat bagi Masyarakat di sekitar aliran sungai. Penelitian ini dilakukan pada aliran Sungai Serang yang terletak di wilayah administratif di wilayah Kabupaten Grobogan Provinsi Jawa Tengah. Prasarana yang ada pada Sungai Serang terdiri dari tanggul palung sungai, pintu air, krib, revetment dan jembatan.

1.3. Kriteria Penilaian Kinerja Fisik Bangunan Sungai

Berdasarkan pada Surat Edaran Dirjen Sumber Daya Air Nomor: 05/SE/D/2016 tentang pedoman penyelenggaraan kegiatan operasi dan pemeliharaan prasarana sungai, serta pemeliharaan sungai. Perlu melakukan operasi dan pemeliharaan sarana dan prasarana sungai, agar dapat bekerja secara efektif dan efisien. Penilaian tersebut dimaksudkan untuk membuat usulan desain rahabilitasi prasarana sehingga kondisi fisik prasarana menjadi baik dan berfungsi dengan optimal. Untuk mendapatkan nilai indikator kondisi fisik dan fungsi digunakan verifery yang terdapat dalam Tabel 1, 2 dan 3.

Tabel 1. Indikator Kondisi Fisik Prasarana Sungai

Nilai Kondisi Fisik (Tingkat Kerusakan)	Kategori	Keterangan	Nilai Ekvivalen terhadap Kondisi Awal
< 10 %	Baik	Bangunan baru/masih baru, cukup dengan pemeliharaan rutin.	Baik
10 - 20 %	Rusak ringan	Sudah beroperasi penuh, memerlukan pemeliharaan normal.	Cukup
21 - 40 %	Rusak sedang	Beroperasi tapi memerlukan pemeliharaan intensif (korektif)	Sedang
> 40 %	Rusak berat	Tidak beroperasi, bangunan mulai rusak	Jelek

Sumber: Surat Edaran Dirjen Sumber Daya Air Nomor: 05/SE/D/2016

Tabel 2. Indikator Kondisi Fungsi Prasarana Sungai

Nilai Kondisi Fungsionalitas	Kategori	Keterangan	Nilai Ekvivalen terhadap Kondisi Awal
> 80 %	Baik	Optimal, fungsi pelayanan memenuhi syarat - syarat pengoperasian	Baik
61 - 80 %	Cukup	Marginal, kurang memenuhi syarat-syarat pengoperasian	Cukup
40 - 60 %	Kurang berfungsi	Sub marginal, tidak memenuhi syarat-syarat pengoperasian	Kurang
< 40 %	Tidak berfungsi	Gagal, tidak berfungsi	Jelek

Sumber: Surat Edaran Dirjen Sumber Daya Air Nomor: 05/SE/D/2016

Tabel 3. Penilaian Kondisi Fisik dan Fungsi Prasarana Sungai

PENILAIAN	50	40	25	10
	Resiko sangat kecil - kondisi fisik sangat baik	Resiko kecil - Kondisi Fisik baik	Resiko sedang - Kondisi fisik cukup	Resiko besar - Kondisi fisik buruk
10 Resiko besar - Kondisi fungsi buruk	60	50	35	20
25 Resiko sedang - Kondisi fungsi cukup	75	65	50	35
40 Resiko kecil - Kondisi Fungsi baik	90	80	65	50
50 Resiko sangat kecil - kondisi fungsi sangat baik	100	90	75	60

Sumber: Surat Edaran Dirjen Sumber Daya Air Nomor: 05/SE/D/2016

Penilaian menyeluruh terhadap kondisi sungai dilakukan dengan cara mengevaluasi kondisi fungsi dari bangunan pelindung, bangunan pengaturan sungai, serta bangunan pendukung sungai (Bagas Mahadika A.P, dkk 2017)[5].

1.4. Pengambilan Keputusan

Indeks kinerja kondisi fisik dan kondisi fungsi prasarana sungai menurut Surat Edaran Dirjen Sumber Daya Air Nomor: 05/SE/D/2016 sebagai berikut:

- > 70%, kondisi bangunan dengan resiko rendah, index kinerja baik, masuk kategori pemeliharaan preventif.
- 50-70% kondisi bangunan dengan resiko sedang, indeks kinerja cukup, masuk kategori pemeliharaan korektif.
- < 50%, kondisi bangunan dengan resiko tinggi, indeks kinerja buruk harus dilakukan rehabilitasi.

1.5. Aplikasi GIS Dalam Perencanaan dan Pengelolaan Sumber Daya Air

Dalam bidang sumberdaya air peran utama SIG adalah sebagai alat bantu (tools) dalam kegiatan perencanaan dan pengelolaan. Informasi yang dihasilkan oleh SIG merupakan input dalam proses perencanaan dan pengelolaan. Dalam berbagai model perencanaan dan pengambilan keputusan umumnya tidak seluruh kondisi atau keadaan lapangan diperlukan melainkan hanya informasi obyek-obyek tertentu yang dipertimbangkan sebagai faktor dominan dalam menentukan kondisi yang ada. Menurut Gilang Idfi (2021)[8] Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sebuah sistem yang dirancang untuk menangkap, menyimpan, memanipulasi, menganalisis, mengelola, dan menampilkan berbagai jenis data geografis. Secara sederhana, SIG bisa dipahami sebagai kombinasi antara kartografi, analisis statistik, dan teknologi basis data (database). Dalam pengelolaan sumber daya air pada pengendalian banjir SIG juga bisa digunakan, hal tersebut pernah diteliti oleh Nani Dhaniarti Raharjo (2021)[9] tentang pemetaan daerah rawan banjir pada sungai. SIG dapat digunakan untuk menyajikan peta zonasi tingkat kerawanan banjir yang berfungsi sebagai sumber informasi bagi masyarakat di daerah studi. Dengan demikian, masyarakat dapat memperoleh informasi yang cepat dan akurat mengenai potensi rawan banjir di daerah mereka. Hal ini memungkinkan upaya pencegahan atau pengurangan dampak kerugian jiwa dan materi akibat banjir. Selain itu, informasi tersebut juga dapat digunakan sebagai dasar untuk kebijakan dan pertimbangan dalam pengambilan keputusan oleh instansi terkait dalam pengembangan kawasan industri dan pemukiman.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Kabupaten Grobogan. Sungai Serang Hulu dimulai dari Bendung Sidorejo sampai Bendung Klambu di Kabupaten Grobogan meliputi kecamatan Penawangan dan kecamatan Klambu. Lebih jelas lokasi penelitian terdapat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Citra Satelit Sungai Serang (Sumber: Google Earth)

2.2. Data Penelitian

Data yang digunakan sebelum melakukan analisis meliputi data sekunder dan data primer. Data sekunder diperoleh dari instansi-instansi seperti Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana (BBWS PJ), Badan Meterologi dan Geofisika (BMKG) dan instansi lain yang terkait. Data primer diperoleh oleh peneliti langsung melalui survei dan observasi lapangan. *State of the Art* dan kebaruan dalam penelitian ini antara lain: a) Integrasi data terpadu, penelitian ini dapat menunjukkan bagaimana SIG mengintegrasikan berbagai jenis data—seperti data topografi, hidrologi, dan prasarana untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang kondisi fisik dan fungsi prasarana di Sungai Serang. Ini menunjukkan kemajuan dalam menggabungkan informasi dari berbagai sumber untuk analisis yang lebih akurat. b) Analisis spasial dan temporal, dengan menggunakan SIG penelitian ini dapat memperlihatkan bagaimana analisis spasial dan temporal diterapkan untuk memantau perubahan kondisi fisik dan fungsi prasarana dari waktu ke waktu. Ini dapat memberikan wawasan tentang dinamika perubahan yang mungkin tidak terlihat dalam studi konvensional. c) Pemetaan kerawanan dan kebutuhan perbaikan, SIG memungkinkan pembuatan peta yang menunjukkan area dengan kondisi prasarana yang buruk atau memerlukan perbaikan. Penelitian ini dapat menyoroti bagaimana peta-peta ini digunakan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan intervensi. d) Optimalisasi pengelolaan sumber daya, dengan SIG penelitian ini dapat mengeksplorasi bagaimana data yang dihasilkan membantu dalam optimasi penggunaan sumber daya untuk perawatan dan peningkatan prasarana sungai, sehingga mengurangi biaya dan meningkatkan efisiensi. e) Penerapan di lokasi tertentu, fokus pada Sungai Serang memberikan kebaruan lokal, yaitu bagaimana SIG diterapkan pada kondisi spesifik di lokasi tersebut, yang mungkin memiliki karakteristik unik dibandingkan dengan studi lain.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gambaran Umum Sungai Serang

Sungai Serang terbagi atas Serang Hulu dan Serang Hilir, yang merupakan salah satu sungai terbesar WS Jratunseluna, saat ini sudah mengalami perubahan morfologi, penyempitan di beberapa bagian ruas sungai akibat pengendapan oleh sedimen. Hal ini memperkecil kapasitas tampung sungai dan terjadinya longsoran pada tebing sungai dan bangunan-bangunan pelindung tebing sungai yang ada. Gambaran umum Sungai Serang dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar kondisi Sungai Serang tersebut hasil observasi di Sungai Serang pada lokasi Bendung Klambu, Bendung Sedadi dan Bendung Sidorejo.



Gambar 2. Intake Air Baku di Bendung Sidorejo

3.2. Prasarana Sungai

Prasarana sungai pada Sungai Serang diperoleh setelah observasi atau penelusuran di lapangan yang nantinya dinilai dan diolah untuk menentukan penilaian terhadap masing-masing prasana. Prasarana Sungai Serang terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Prasaranan Sungai Serang

No	Jenis Prasarana Sungai	Kode	Koordinat	
			X	Y
1	Tanggul	T1	484383.939	9217587.685
2	Tanggul	T2	484119.869	9216487.460
3	Pintu Pengendali Aliran	PPA1	484553.383	9215719.245
4	Pompa Banjir	PB1	483900.846	9215148.577
5	Retention Pond	RP1	483488.508	9213923.031
6	Krib	K1	483873.500	9213080.859
7	Krib	K2	484024.937	9212292.268
8	Bronjong	B1	484049.924	9211309.725
9	Beton Slab	BS1	483586.519	9210600.831
10	Beton Slab	BS2	482527.090	9209625.823
11	Beton Slab	BS3	482577.666	9207647.952
12	Beton Slab	BS4	482933.056	9207810.846
13	Jalan Inspeksi	J11	482925.395	9207360.769
14	Bangunan Pelimpah Banjir	BPB1	482608.098	9207237.535
15	Turap Beton	TB1	481840.287	9206932.213
16	Box Culvert	BC1	481865.618	9205425.182

3.3. Penilaian Kinerja Fisik dan Fungsi

Penilaian kinerja fisik dan fungsi berpedoman pada Surat Edaran Dirjen Sumber Daya Air Nomor: 05/SE/D/2016 dan kriteria-kriteria penilaian sudah ditentukan pada aturan tersebut. Penilaian dilakukan berdasarkan pengamatan langsung dilapangan dan bukti foto. Penilaian kinerja fisik dan fungsi terdapat dalam Tabel 5.

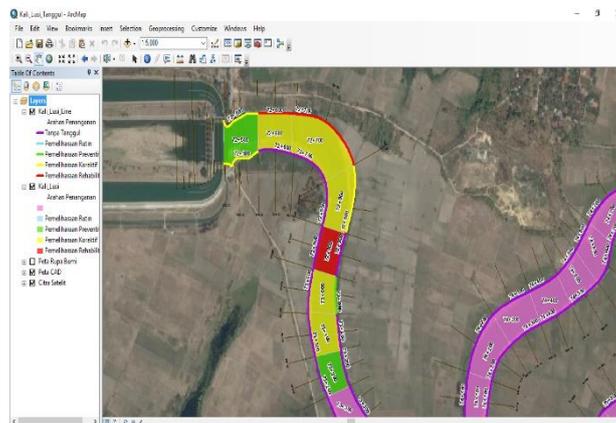
Tabel 5. Penilaian Kinerja Fisik dan Fungsi

No	Jenis Prasarana Sungai	Kode	Kondisi Prasarana			Kinerja	
			Fisik	Fungsi	Total	Kinerja	Arah Penanganan
1	Tanggul	T1	25	25	50	Buruk	Rehabilitatif
2	Tanggul	T2	21	21	42	Buruk	Rehabilitatif
3	Pintu Pengendali Aliran	PPA1	31.25	31.25	62.5	Cukup	Korektif
4	Pompa Banjir	PB1	50	30	80	Baik	Preventif
5	Retention Pond	RP1	25	28.75	53.75	Cukup	Korektif
6	Krib	K1	40	40	80	Baik	Preventif
7	Krib	K2	40	40	80	Baik	Preventif
8	Bronjong	B1	25	40	65	Cukup	
9	Beton Slab	BS1	36	36	72	Baik	Preventif
10	Beton Slab	BS2	36	36	72	Baik	Preventif
11	Beton Slab	BS3	36	36	72	Baik	Preventif
12	Beton Slab	BS4	36	36	72	Baik	Preventif
13	Jalan Inspeksi	JI1	50	30	80	Baik	Preventif
14	Bangunan Pelimpah Banjir	BPB1	40	40	80	Baik	Preventif
15	Turap Beton	TB1	25	40	65	Cukup	Korektif

Dari analisis penilaian kinerja fisik dan fungsi prasarana sungai serang didapat nilai rata-rata 68,41 dimana kondisi prasarana bangunan sungai dengan resiko sedang dan indeks kinerja cukup. Sedangkan pada dua item tanggul arah penanganannya adalah rehabilitatif. Tanggul sungai begitu penting karena merupakan salah satu jenis bangunan sungai yang berfungsi mencegah atau menghalangi luapan air banjir pada debit dengan probabilitas/periode ulang tertentu. Semakin besar debit banjir pada suatu sungai dapat dikendalikan, akan semakin tinggi tanggul itu harus dibuat.

3.4. Penyusunan Sistem Informasi Geografis (SIG)

Informasi yang dihasilkan oleh SIG merupakan input dalam proses perencanaan dan pengelolaan. Penyusunan sistem informasi geografis menggunakan software *ArcGis versi 8.0*. Tampilan aplikasi tersebut terdapat dalam Gambar 3 dan 4.



Gambar 4. Tampilan Aplikasi Sistem Informasi Geografis Arc-Gis versi 8.0

- [12] R.Apriadi, Sumiadi, D. Sisingsih, "Audit Teknis Sebagai Dasar Penyusunan AKNOP Pada Sungai Panguluran Kecamatan Sumbermanjing Wetan Kabupaten Malang," Jurnal for Thesis, Identification Number SKR/FT/2019/752/051906612, 2019.
- [13] S. Wahyudi. 2020. "Analisis Kinerja dan Aknop Sungai Berdasarkan Kondisi Morfologi Sungai (Studi Kasus Sungai Opak, Sungai Kuning, Sungai Winongo Daerah Istimewa Yogyakarta),"Thesis, Prog. Studi Teknik Sipil Prog. Magister, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- [14] Yunanto Idham. 2016. Desain Kriteria Penilaian Kinerja Sungai Berdasarkan Aspek Fungsi Bangunan. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.



CIVeng

JURNAL TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN

Sekretariat : Program Studi Teknik Sipil
Gedung Teknik Lt.1 Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Jl. K. H. Ahmad Dahlan PO Box 202, Purwokerto 53182
Telp. 0281-636751 Ext.165
Email : jurnalciveng@ump.ac.id

