

PERBANDINGAN TEBAL PERKERASAN KAKU MENGGUNAKAN METODE MDPJ 2024 DAN NAASRA PADA RUAS JALAN KUNDURAN – NGAWEN – BLORA JAWA TENGAH

Yudha Septiawan Putra¹, Warsito² dan Anang Bakhtiar³

1 Mahasiswa Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang

e-mail: 22101051035@unisma.ac.id

2 Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang

e-mail: warsito@unisma.ac.id

3 Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang

e-mail: anang.bakhtiar@unisma.ac.id

ABSTRACT

This study analyzes and compares the rigid pavement thickness designed using the 2024 Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) and the NAASRA method on the Kunduran–Ngawen–Blora road segment in Central Java. The research focuses on a 7-km section, using primary and secondary data such as geometric measurements, traffic volume, CBR values, and local unit price analysis. The objective is to determine the differences in slab thickness and construction cost between the two methods. The results show that the MDPJ 2024 method recommends a 280 mm concrete slab, while the NAASRA method produces a slightly thinner 240 mm slab. The estimated construction cost using the MDPJ 2024 method is Rp 26.712.770.623,00, whereas the NAASRA method requires Rp 23.693.702.347,00. These findings indicate that the NAASRA method results in a thinner pavement design and lower construction costs, although both methods remain feasible for rigid pavement planning on the studied road segment.

Keywords: Cost Estimation, MDPJ 2024, NAASRA, Rigid Pavement

1. LATAR BELAKANG

Sebagai sarana transportasi darat yang utama, jalan berperan penting dalam mendukung aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat. Sebagai infrastruktur transportasi, jalan harus mampu memberikan akses yang mudah dan pelayanan optimal untuk menunjang berbagai kegiatan, mulai dari pendidikan hingga bisnis [3].

Saat ini ruas jalan tersebut menggunakan perkerasan lentur dan sedang direncanakan peningkatan menggunakan perkerasan kaku. Perencanaan dilakukan dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2024, yang merupakan metode adaptasi dari AASHTO 1993 dan telah disesuaikan dengan kondisi Indonesia [1]. Metode tersebut akan dibandingkan dengan metode NAASRA, yaitu metode yang

merencanakan tebal perkerasan berdasarkan akumulasi beban sumbu kendaraan dan digunakan pula untuk survei perkerasan permukaan jalan, yang konsepnya berasal dari praktik Australia [2].

Penelitian ini bertujuan agar bisa mengetahui perbedaan tebal pelat beton dan mengetahui perbedaan anggaran biaya pada perencanaan tersebut.

1.1 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Berapa tebal perkerasan kaku yang dibangun berdasarkan metode MDPJ 2024 pada ruas jalan Kunduran - Ngawen – Blora Jawa Tengah?
2. Berapa tebal perkerasan kaku yang dibangun berdasarkan metode NAASRA

pada ruas jalan Kunduran - Ngawen – Blora Jawa Tengah?

3. Berapa anggaran biaya yang dibutuhkan pada konstruksi perkerasan kaku menggunakan metode MDPJ 2024 dan NAASRA pada ruas jalan Kunduran - Ngawen – Blora Jawa Tengah?
4. Bagaimana perbandingan metode MDPJ 2024 dan NAASRA dalam perencanaan perkerasan kaku pada ruas jalan Kunduran - Ngawen – Blora Jawa Tengah?

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui tebal perkerasan kaku yang dibangun berdasarkan metode MDPJ 2024 pada ruas jalan Kunduran - Ngawen – Blora Jawa Tengah.
2. Mengetahui tebal perkerasan kaku yang dibangun berdasarkan metode NAASRA pada ruas jalan Kunduran - Ngawen – Blora Jawa Tengah.
3. Mengetahui anggaran biaya yang dibutuhkan pada konstruksi perkerasan kaku menggunakan metode MDPJ 2024 dan NAASRA pada ruas jalan Kunduran - Ngawen – Blora Jawa Tengah.
4. Mengetahui perbandingan metode MDPJ 2024 dan NAASRA dalam perencanaan perkerasan kaku pada ruas jalan Kunduran - Ngawen – Blora Jawa Tengah?

2. TINJAUAN TEORI

2.1. Umum

Sebagai sarana transportasi darat yang utama, jalan mencakup seluruh komponen jalan beserta bangunan dan perlengkapannya, yang digunakan untuk berbagai jenis moda transportasi di permukaan tanah atau bawah tanah, di atas air, kecuali jalur khusus seperti rel kereta api, jalan lori, dan jalan kabel [8].

2.2. Kontruksi Perkerasan jalan

Perkerasan jalan menjadi salah satu elemen konstruksi jalan yang dikembangkan untuk memfasilitasi kelancaran lalu lintas, sehingga menjamin keamanan dan kenyamanan pengguna jalan selama berkendara [5].

2.3 Perencanaan Perkerasan Kaku Metode MDPJ 2024

Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 ini adalah revisi dari Manual Desain Perkerasan 2017, yang mencakup perubahan dalam struktur penyajian dan dirancang untuk memfasilitasi pengguna mudah memahami melalui penambahan dan perbaikan isi. Revisi ini dikembangkan untuk mengatasi tantangan dan kendala yang dihadapi dalam performa aset jalan di Indonesia [7].

2.3.1 Umur rencana

Pada perkerasan baru digunakan umur rencana bertujuan untuk memastikan perkerasan jalan baru yang beroperasi secara optimal sebelum memerlukan perbaikan atau rehabilitasi structural pada periode waktu sesuai target perencanaan. Nilai umur rencana ini umumnya didasarkan pada tipe jalan dan kelas lalu lintasnya. Pada perkerasan lentur biasanya dengan menggunakan umur rencana 20 tahun, jika perkerasan kaku menggunakan umur rencana 40 tahun [4].

2.3.2 Volume Lalu Lintas Harian Rata -Rata

Cara mencari LHR untuk tahun berikutnya dengan rumus:

$$LHR_n = LHR_o (1+i)^n \quad (1)$$

2.3.3 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Untuk mencari angka pertumbuhan lalu lintas dengan rumus berikut:

$$R = \frac{(1 + 0,01 i)^{UR} - 1}{0,01 i} \quad (2)$$

2.3.4 Jumlah Kelompok Sumbu Niaga (JSKN)

Dalam mencari jumlah kelompok sumbu niaga dengan perhitungan kumulatif dilakukan dengan rumus:

$$JSKN = (ZLHRJK \times JSKNJK) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (3)$$

2.3.5 CBR Desain Tanah Dasar

Kekuatan tanah dasar permukaan dapat diketahui dengan metode *California Bearing Ratio* (CBR), metode ini umum digunakan pada kondisi tanah normal maupun tanah lunak. Pada tanah yang lunak, nilai CBR nya relatif rendah sehingga daya dukung tanah kurang baik. Untuk mengatasinya, dapat dilakukan dengan cara menggali dan mengganti seluruh lapisan tanah lunak tersebut menggunakan material yang memiliki daya dukung lebih tinggi, agar kuat dan stabil [9].

2.3.6 Fondasi Bawah

Dari nilai JSKN dapat ditentukan tebal fondasi bawah dengan asumsi **Tabel 1** [6].

Tabel 1. Tebal Fondasi Bawah Minimum

No	Lalu lintas Desain JSKN	Jenis Lapis Fondasi
1	Sampai dengan 10^6	BP 125 mm
2	10^6 Sampai dengan 5×10^6	BK 100 mm atau 150 mm
3	5×10^6 Sampai dengan 1×10^7	BK 125 mm
4	Lebih dari 1×10^7	BK 150 mm

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan, 2024

2.3.7 Desain Ketebalan Beton

Terdapat dua faktor penting yang harus diperhatikan dalam menentukan tebal pelat perkerasan beton, diantaranya:

1. Retak Lelah (*Fatigue*)

Untuk menghitung retak lelah fatigue sebagai berikut [6].

$$\log_{10} N_f = \left(\frac{0,9719 \times 4,2}{0,0828} \right) \text{ jika } S_r > 0,55 \quad (4)$$

$$N_f = \left(\frac{4,258}{S_r - 0,4325} \right)^{3,268} \text{ jika } 0,45 \leq S_r \leq 0,55 \quad (5)$$

$$S_r = \left(\frac{S_e}{0,944 f_{cf}} \right) \left(\frac{PLSF}{4,4 F_1} \right)^{0,94} \quad (6)$$

$$S_e = a + \frac{b}{D} + c \cdot \ln(e_f) + \frac{d}{D^2} + e \cdot [\ln(e_f)]^2 + f \cdot \frac{\ln(e_f)}{D} + \frac{g}{D^3} + h \cdot [\ln(e_f)]^3 + i \cdot \frac{\ln(e_f)}{D} + j \cdot \frac{\ln(e_f)}{D} \quad (7)$$

2. Kerusakan Erosi

Untuk menghitung kerusakan erosi, sebagai berikut:

$$\log_{10}(f_2 N_2) = 14,524 - 6,777 \left[\max \left(0 \text{ atau } \left(\frac{PLSF}{4,45 F_4} \right)^2 \cdot \frac{10^{F_4}}{41,35} - 9,0 \right) \right]^{0,103} \quad (8)$$

$$F_3 = a + \frac{b}{D} + c \cdot \ln(e_f) + \frac{f}{D^2} + e \cdot [\ln(e_f)]^2 + f \cdot \frac{\ln(e_f)}{D} + \frac{g}{D^3} + h \cdot [\ln(e_f)]^3 + i \cdot \frac{\ln(e_f)}{D} + j \cdot \frac{\ln(e_f)}{D^3} \quad (9)$$

2.3.8 Perencanaan Penulangan

1. Penulangan Memanjang

Untuk mengetahui kebutuhan tulangan dapat ditentukan dengan cara::

$$P_s = \frac{100 \times f_{ct} \times [(1,3 - (0,2 \times \mu)]}{f_y - n \times f_{ct}} \quad (10)$$

Pada perkerasan beton semen menerus untuk menghitung jarak retakan ditentukan dengan persamaan berikut:

$$L_{cr} = \frac{f_{ct}^2}{n \cdot p^2 \cdot u \cdot f_b (\epsilon_s \cdot E_c - f_{ct})} \quad (11)$$

2. Penulangan Melintang

Untuk mencari diameter ruji bisa dibantu dengan tebal pelat beton.

Tabel 2. Diameter Ruji

NO	Tebal Pelat Beton h(mm)	Diameter Ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	26
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36
6	$250 < h \leq 300$	38

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan, 2024

2.4 Perencanaan Perkerasan Kaku Menurut NAASRA

Metode (*National Association of Australian State Road Authorities*) NAASRA merupakan metode yang merencanakan tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) yang berbasis empiris, dikembangkan di Australia tahun 1979 dan diperbarui pada 1987.

2.4.1 Perhitungan Tebal Pelat Beton NAASRA

Tebal pelat beton pada metode NAASRA bisa ditentukan dengan grafik **Gambar 5** dan **Gambar 6** setelah itu dicek apakah tebalnya cukup. Jumlah presentase fatigue yang terjadi (disyaratkan $\leq 100\%$).

2.4.2 Perencanaan Tulangan

Tulangan pada pelat beton bertulang (*Jointed Reinforced Concrete Pavement/JRCP*):

1) Penulangan Memanjang

Dengan rumus:

$$A_s = \frac{f \times L \times h \times f_{ct}}{S \times f_s} \quad (12)$$

2) Penulangan Memanjang

$$A_s = \frac{b \times h \times f_{ct}}{n \times f_s} \quad (13)$$

3) Batang Pengikat Dowel

Tabel 3. Diameter, Panjang dan jarak yang disarankan

Tebal Pelat Perkerasan		Dowel					
		Diameter		Panjang		Jarak	
inci	mm	inci	mm	inci	mm	inci	mm
6	150	3/4	19	18	450	12	300
7	175	1	25	18	450	12	300
8	200	1	25	18	450	12	300
9	225	1 1/4	32	18	450	12	300
10	250	1 1/4	32	18	450	12	300
11	275	1 1/4	32	18	450	12	300
12	300	1 1/2	38	18	450	12	300
13	325	1 1/2	38	18	450	12	300
14	350	1 1/2	38	18	450	12	300

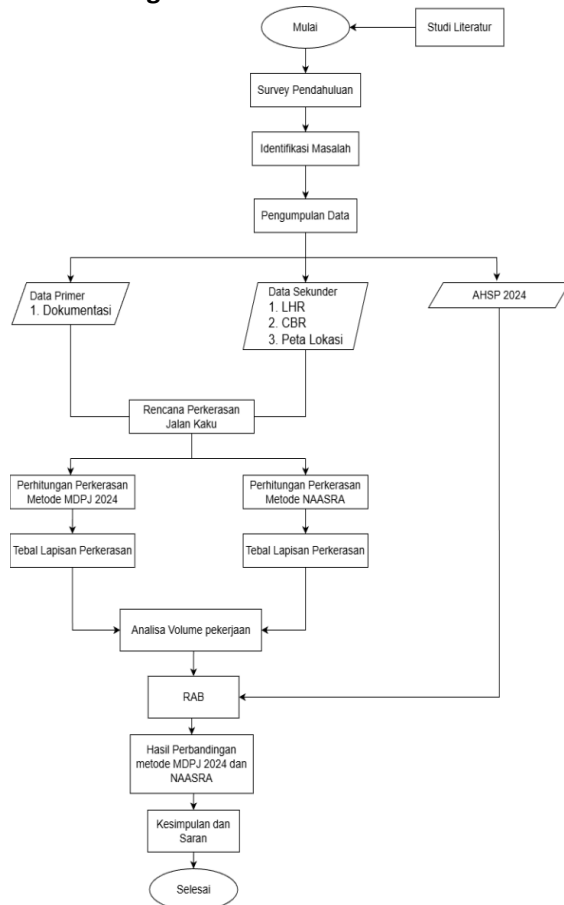
Sumber: NAASRA, 1987

2.5 Rencana Anggaran Biaya

Sebelum terjadi tanda tangan kontrak kerja, proses penyusunan anggaran biaya proyek harus dibuat terlebih dahulu. penyusunan ini dilakukan melalui koordinasi berbagai pihak, seperti komite anggaran perusahaan yang meliputi manajer proyek, ketua tim proyek, dan kepala bagian anggaran [10].

3. METODE PELAKSANAAN

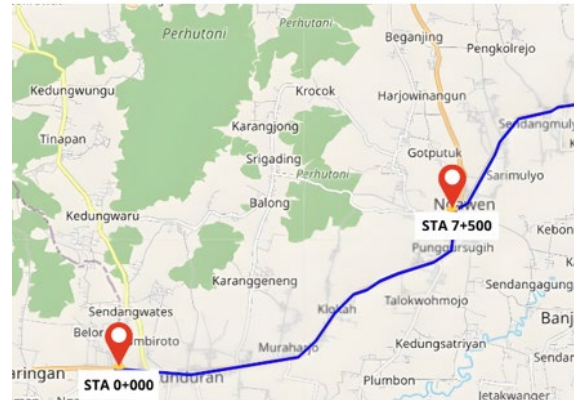
3.1 Diagram Alir



Gambar 1. Diagram Alir

3.2 Lokasi Penelitian

Pada studi penelitian ini berlokasi pada jalan Kunduran–Ngawen–Blora Provinsi Jawa Tengah dengan panjang total 25 km dan fokus studi pada sta 0+500 hingga sta 7+000. Pada perencanaan peningkatan kualitas jalan tersebut direncanakan dengan menggunakan mutu beton K-350 dan jenis perkerasan yang dibuat menggunakan perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan (*jointed plain concrete pavement/JPCP*).



Gambar2. Layout ruas jalan Kunduran - Ngawen - Blora Jawa Tengah
Sumber: Google Maps

4. PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Desain Perkerasan Metode MDPJ 2024

4.1.1 Lalulintas Harian Rata – rata

Tabel 4. Lalulintas Harian Rata – rata

GOL	Jenis Kendaraan	2022	2023	2024
1	Sepeda Motor, sekuler dan Kendaraan Roda	5807	5864	6367
2	Sedan dan Station Wagon	782	741	812
3	Opelet, Pick-up- opelet, suburban, Combi dan Mini Bus	535	661	701
4	Pick-up, Micro Truk dan Mobil Hantaran	378	563	616
5a	Bus kecil	22	223	30
5b	Bus Besar	42	176	56
6a	Truk 2 Sumbu	218	228	229
6b	Truk 3 Sumbu	537	679	653
7a	Truk Sumbu 3	189	201	190
7b	Truk Gandeng	1	0	0
7c	Truk Semi Trailer	10	40	9
8	Kendaraan Tidak Bermotor	14	4	15
JUMLAH		8535	9380	9678

Sumber: Dinas Bina Marga Jawa Tengah 2022, 2023, dan 2024

Dari data pada **Tabel 4**, untuk mengetahui pertumbuhan lalu lintas rencana dihitung dengan rumus (1) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 LHR_n &= LHR_o (1+i)^n \\
 LHR_{2024} &= LHR_{2023}(1+i)^n \\
 9678 &= 9380 (1+i)^n \\
 i &= \left(\frac{9678}{9380} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \\
 i &= 9,9\%
 \end{aligned}$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan Pertumbuhan Lalu Lintas

No	Tahun	LHR	LHRo	LHRT	n	i
			(smp /hari)	(smp /hari)		
1	2022	8535				
2	2023	9380	8535	9380	1	9,9%
3	2024	9678	9380	9678	1	3,2%
Pertumbuhan Rata – rata (i)						6,5%

Sumber: Hasil Perhitungan

faktor pertumubuhan lalu lintas yang didapat 6,5% dan setiap jenis kendaraan pada jalur desain selama 1 tahun (2025) Dengan perhitungan sebagai berikut:

LHR pada jenis kendaraan bermotor:

$$LHR_n = LHR_o (1+i)^n$$

$$\begin{aligned} LHR_{2025} &= LHR_{2024} (1+0,065)^1 \\ &= 6376(1+0,065)^1 \\ &= 6781 \text{ kend/hari} \end{aligned}$$

4.1.3 Faktor Pertumbuhan Lalulintas

Faktor Pertumbuhan Lalu lintas didapat sebesar 6,5% = 0,065. Menentukan umur rencana 40 tahun dengan rumus berikut:

$$R = \frac{(1 + 0,01 i)^{UR} - 1}{0,01 i}$$

$$R = \frac{(1 + 0,01 \times 0,065)^{40} - 1}{0,01 \times 0,065} = 40,51$$

nilai kumulatif pertumbuhan lalu lintas dengan umur rencana 40 tahun (2025 – 2065) yang dperoleh dari perhitungan diatas sebesar 40,51.

4.1.4 Jumlah Kelompok Sumbu (JSKN)

Lalu lintas Harian 2025 yang didapat diubah menjadi Jumlah Kelompok Sumbu

Kendaraan Niaga (JSKN) berdasarkan konfigurasi sumbu kendaraan, maka diperoleh hasil seperti yang ditampilkan pada **tabel 6** berikut.

Untuk mengetahui jumlah rata-rata harian dari kendaraan berat perhitungan desain secara kumulatif dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut (3):

$$JSKN = (\sum LHR_{JK} \times JSKN_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

$$JSKN = (2395 \times 365 \times 0,5 \times 0,8 \times 40,51$$

$$JSKN = 14166225,875 = 1 \times 10^7$$

4.1.5 Desain Fondasi Jalan

Hasil dari perhitungan dan grafik diperoleh cbr desain 6,33%, syarat dari CBR minimum untuk perkerasan jalan kaku adalah 6%, maka perencanaan pada ruas jalan tersebut tidak dilakukan penguatan tanah dasar.

4.1.6 Tebal Fondasi Bawah

Berdasarkan perhitungan nilai Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) yang didapat $14166225,875 = 1 \times 10^7$, maka kebutuhan tebal minimum lapis fondasi bawah pada konstruksi perkerasan jalan dengan menggunakan perkerasan beton semen ditetapkan sebesar 125 mm.

4.1.7 Penentuan Tebal Pelat Beton

Untuk menentukan tebal pelat beton minimum, perencana menggunakan acuan dari nilai Jumlah Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga. Berdasarkan hasil perhitungan, didapat JSKN sebesar $14166225,875 = 1,41 \times 10^7$. Nilai JSKN tersebut menunjukkan bahwa tebal minimum yang digunakan sebesar 200 mm.

Tabel 6. Jumlah Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga

No	Kelas Kendaraan	LHR	HVAG	STRT	STRG	STdRT	STdRG	STrRG	SQrRG
1	Gol. 5A	32	64	32	32	0	0	0	0
2	Gol. 6A	244	488	488	0	0	0	0	0
3	Gol. 6B	695	1391	695	695	0	0	0	0
4	Gol. 7A1	202	405	0	202	202	0	0	0
5	Gol. 7A2	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Gol. 7A3	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Gol. 7B1	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Gol. 7B2	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Gol. 7B3	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Gol. 7C1	16	48	16	16	0	16	0	0
11	Gol. 7C2A	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Gol. 7C2B	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Gol. 7C3	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Gol. 7C4	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		1190	2395	1231	946	202	16	0	0
R		40,51							
Proporsi Jenis Kendaraan (%)			100	51,40	39,48	8,45	0,67	0	0

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

4.1.8 Repetisi yang Direncanakan

Berikut contoh perhitungan repetisi yang direncanakan dengan data – data kendaraan berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 pada beban kendaraan 150 kN dengan jenis sumbu STRG

Beban Kendaraan	: 150 KN
Jenis Sumbu	: STRG
Proporsi Beban	: 3,21
Proporsi Beban Kelompok	: 0,39
Sumbu	
JSKN	: 14166225,875 = 1,41x10 ⁷

Repetisi beban yang direncanakan = Proporsi beban x Proporsi Kelompok Sumbu x JSKN
 = 3,21 x 0,39 x 14166225,875
 = 17954888

4.1.9 Analisa Fatigue dan Erosi

Analisis fatigue dan erosi pada setiap beban kendaraan dan jenis sumbu kendarannya menggunakan persamaan (4) sampai persamaan (9). Berikut contoh perhitungan analisis fatik dan erosi dengan data – data kendaraan berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 pada beban kendaraan 140 kN dengan jenis sumbu STRG pada ketebalan pelat beton 280 mm.

Beban Kendaraan	: 140 kN
Jenis Sumbu	: STRG
Nilai Lsf	: 1,2
Proporsi Beban	: 14,53
Proporsi Beban Kelompok	: 0,39
Sumbu	
JSKN	: 14166225,875 = 1,41x10 ⁷

Repetisi Rencana	: 81272438
Tebal Pelat Beton	: 280 mm
Kuat Tarik Lentur Beton	: 4,43 Mpa

Untuk menentukan ekuivalen faktor fatigue (S_e) menggunakan persamaan (7)

$$S_e = a + \frac{b}{D} + c \cdot \ln(e_f) + \frac{d}{D^2} + e \cdot [\ln(e_f)]^2 + f \cdot \frac{\ln(e_f)}{D} + \frac{g}{D^3} + h \cdot [\ln(e_f)]^3 + i \cdot \frac{\ln(e_f)}{D} + j \cdot \frac{\ln(e_f)}{D^2}$$

$$= 0,33 + \frac{301,5}{280} + -0,468 \cdot \ln(75) + \frac{28661}{280^2} + 0,165 \cdot [\ln(75)]^2 + 2,82 \cdot \frac{\ln(75)}{280} + \frac{-686510}{280^3} +$$

$$-0,0186 \cdot [\ln(75)]^3 + -1,9606 \cdot \frac{\ln(75)}{280} + -2717 \cdot \frac{\ln(75)}{280^2}$$

$$= 0,61$$

menghitung repetisi yang diizinkan (N_f) menggunakan persamaan (6)

$$S_r = \left(\frac{S_e}{0,944 f_{cf}} \right) \left(\frac{P L_{sf}}{4,4 F_1} \right)^{0,94}$$

$$= \left(\frac{0,61}{0,944 \cdot 4,43} \right) \left(\frac{150 \times 1,2}{4,4 \times 18} \right)^{0,94} = 0,43$$

Jika nilai $S_r \leq 0,45$ maka nilai $N_f \infty$ apabila nilai dari $0,45 \leq S_r \leq 0,55$ maka menggunakan persamaan (2-5) dan jika nilai $S_r \geq 0,55$ maka menggunakan persamaan (4)

$$N_f = \left(\frac{4,258}{S_r - 0,4325} \right)^{3,268} \text{ jika } 0,45 \leq S_r \leq 0,55$$

$$= \left(\frac{4,258}{0,43 - 0,4325} \right)^{3,268}$$

$$= \infty$$

Untuk mengecek retak Lelah fatigue menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Fatigue Crack} = \frac{\text{repetisi ijin}}{N_f} \times 100$$

$$= \frac{32963639,1}{\infty} \times 100$$

$$= \infty < 100\% \text{ (memenuhi syarat)}$$

Untuk menentukan ekuivalen faktor erosi (F_3) menggunakan persamaan (9)

$$F_3 = a + \frac{b}{D} + c \cdot \ln(e_f) + \frac{d}{D^2} + e \cdot [\ln(e_f)]^2 + f \cdot \frac{\ln(e_f)}{D} + \frac{g}{D^3} + h \cdot [\ln(e_f)]^3 + i \cdot \frac{\ln(e_f)}{D} + j \cdot \frac{\ln(e_f)}{D^3}$$

$$F_3 = 0,914 + \frac{539,8}{280} + -0,1416 \cdot \ln(75) + \frac{-44,9}{280^2} + 0,0275 \cdot [\ln(75)]^2 + 16,37 \cdot \frac{\ln(75)}{280} + \frac{1654590}{280^3} + -0,0032 \cdot [\ln(75)]^3 + -0,984 \cdot \frac{\ln(75)}{280} + -765 \cdot \frac{\ln(75)}{280^3} = 2,78$$

Untuk menentukan nilai repetisi yang diizinkan (N_e) menggunakan persamaan (8)

$$\log_{10}(f_2 N_e) = 14,524$$

$$- 6,777 \left[\max \left(0 \text{ atau } \left(\frac{P L_{SF}}{4,45 F_4} \right)^2 \cdot \frac{10^{F_3}}{41,35} - 9,0 \right) \right]^{0,103}$$

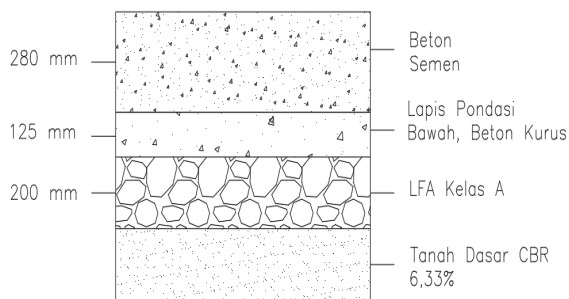
$$\log_{10}(0,94 x N_e) = 14,524 - 6,777 \left[\max \left(0 \text{ atau } \left(\frac{150 \times 1,2}{4,45 \times 18} \right)^2 \cdot \frac{10^{2,78}}{41,35} - 9,0 \right) \right]^{0,103}$$

$$N_e = 204641059$$

Untuk mengecek kerusakan erosi menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kerusakan erosi} &= \frac{\text{repetisi ijin}}{N_e} \times 100 \\ &= \frac{81272438}{204641059} \times 100 \\ &= 39,71 < 100\% \\ &\text{(memenuhi syarat)} \end{aligned}$$

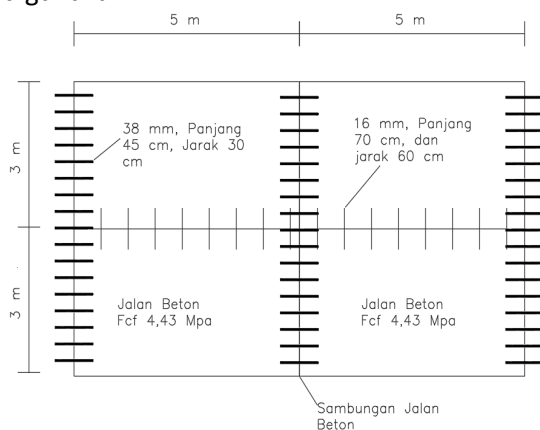
Dari hasil perhitungan, bahwa tebal perkerasan beton yang sesuai pada perencanaan ini sebesar 280 mm, dengan faktor fatigue sebesar 0,00% dan faktor erosi sebesar 67,58%. Ketebalan beton tersebut direncanakan sebesar 280 mm, dengan susunan konstruksi sebagaimana ditunjukkan pada bagian berikut.



Gambar 3. Susunan Perkerasan Kaku

4.1.10 Perencanaan Penulangan

Berdasarkan Bagan Desain 8 Perkerasan kaku Untuk jalan dengan beban lalu lintas berat, maka dilakukan perkerasan beton semen bersambung Tanpa Tulangan (JPCP), berikut perencanaan sambungan yang digunakan:



Gambar 4. Penulangan Tampak Atas

Lebar Pelat : 3 m
Jarak : 5 m
sambungan
Ruji (Dowel) : (BJTP 280) diameter 38

mm, Panjang 450 mm, Jarak 300 mm.

Batang : (BJTS420A) diameter 16
pengikat (Tie mm, Panjang 700 mm, bar) dan jarak 600 mm

4.2 Perhitungan Desain Perkerasan Metode NAASRA

4.2.1 Penentuan Mutu Beton Rencana

$FC' = \frac{350}{10,2} = 34,3 \text{ MPa}$ (Minimal syarat kuat tekan > 30 MPa)

Untuk menghitung kuat Tarik lentur beton menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_r &= k \times \sqrt{F'_c} (\text{MPa}) \\ &= 0,62 \times \sqrt{34,3} (\text{MPa}) \\ &= 3,6 \text{ MPa (syarat minimal kuat lentur > 3,5 MPa)} \end{aligned}$$

4.2.2 Perhitungan Beban Lalu Lintas Rencana

Berdasarkan data Lalu Lintas Harian Tahun 2025, perhitungan JSKN secara kumulatif dilakukan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{JSKN} = 365 \times \text{JSKNH} \times R$$

Untuk mencari nilai R dengan rumus:

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{e \text{Log}(1+i)} = \frac{(1+0,065)^{40} - 1}{e \text{Log}(1+0,065)} = 60,6$$

$$\text{JSKN} = 365 \times \text{JSKNH} \times R$$

$$\text{JSKN} = 365 \times 2505 \times 60,6$$

$$\text{JSKN} = 55405440,72 = 5,54 \times 10^7$$

Berdasarkan koefisian distribusi kendaraan niaga maka diperoleh nilai Cd = 1, diperoleh nilai repetisi kumulatif untuk setiap gabungan konfigurasi dan beban sumbu yang bekerja pada lajur rencana sebagaimana ditunjukkan pada perhitungan berikut:

$$\text{Presentasi Konfigurasi Sumbu} =$$

$$\frac{\text{Jumlah Kendaraan}}{\text{Jumlah Sumbu}} \times 100$$

$$\text{STRT} = \frac{\text{Jumlah Kendaraan}}{\text{Jumlah Sumbu}} \times 100$$

$$\text{STRT} = \frac{32 + 54}{2505} \times 100 = 11,01$$

$$\text{Jumlah Repetisi}$$

$$= \text{JSKNH} \times \text{Presentasi Konfigurasi Sumbu} \times C_d$$

$$\text{STRT} = 55405440,72 \times 11,01 \times 1$$

$$\text{STRT} = 61011,94$$

Untuk perhitungan selanjutnya seperti perhitungan diatas ditampilkan pada **Tabel 7** di bawah ini.

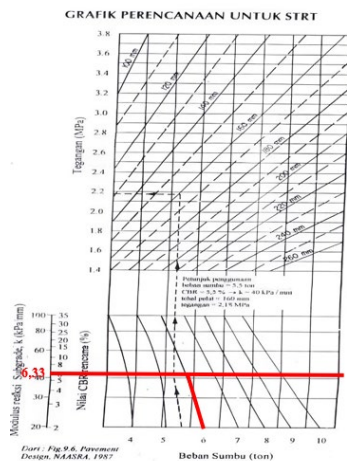
Tabel 7. Perhitungan Repetisi Beban

Konfigurasi Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Presentasi Konfigurasi Sumbu (%)	Jumlah Repetisi Selama Usia Rencana
[1]	[2]	[3]	[4]=JSKNH x [3] xCd
STRT	2	11,01	61048,44
STRG	3	1,28	7078,08
STRT	3	2,39	13271,40
STRG	6	2,39	13271,40
STRG	5	9,74	53970,36
STRT	6	27,73	153727,05
STRG	12	27,73	153727,05
SGRG	18	8,06	44680,38
SGRG	21	0,40	2211,90

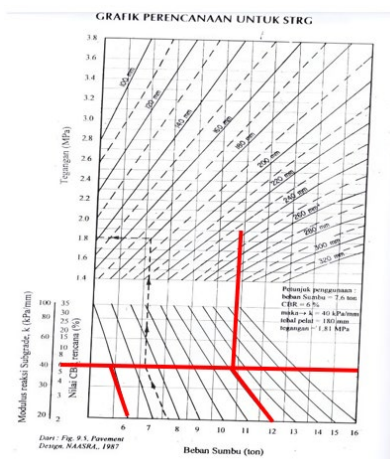
Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

4.2.3 Perhitungan Tebal Pelat Beton

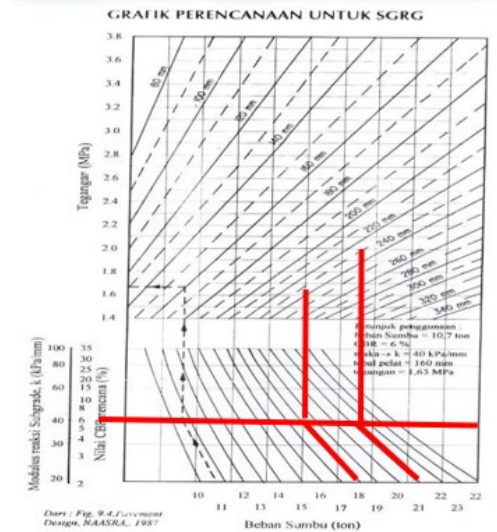
Dilakukan pengecekan menggunakan grafik, perkiraan tebal pelat sudah memenuhi syarat atau belum, yang harus berada pada nilai $\leq 100\%$.



Gambar 5. Grafik Perencanaan untuk STRT
Sumber: NAASRA 1987

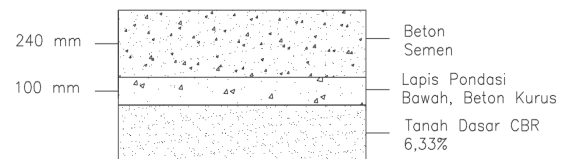


Gambar 6. Grafik Perencanaan untuk STRG
Sumber: NAASRA, 1987



Gambar 7. Grafik Perencanaan untuk SGRG
Sumber: NAASRA, 1987

Berdasarkan perhitungan didapat tebal pelat 24 cm = 240 mm, total fatigue $66,26 < 100\%$, tebal pelat minimal yang harus digunakan = 24 cm. Berikut hasil desain perancangan struktur perkerasan kaku ruas Jalan tersebut pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Susunan Perkerasan Kaku Metode NAASRA

4.2.2 Menentukan Dowel

Tebal pelat beton sebesar 240 mm maka disesuaikan dengan tebal 250 mm. Selanjutnya dilakukan perencanaan menggunakan dowel sebagai berikut:

Diameter Dowel : 32 mm
Panjang Dowel : 450 mm
Jarak Dowel : 300 mm

4.2.3 Menentukan Tie Bar

Untuk menentukan Tie Bar pada metode NAASRA ditentukan dengan grafik pada gambar 9.

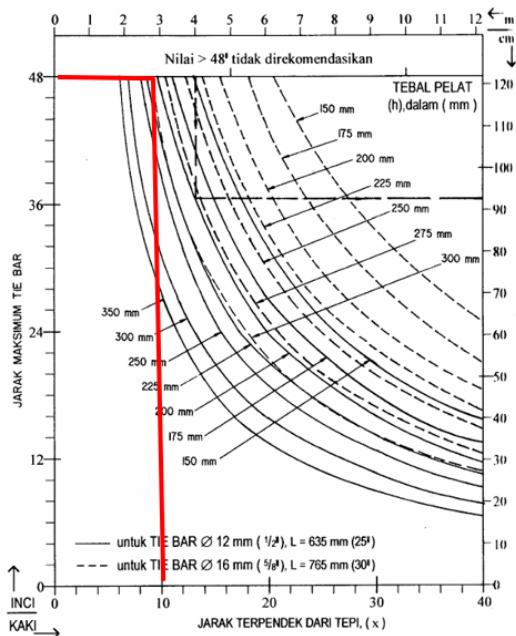
Berdasarkan pada **Gambar 9** grafik di atas maka tie bar yang diperoleh untuk tebal pelat 240 mm dengan perencanaan tie bar sebagai berikut:

Diameter Tie Bar : 16 mm
Jarak Tie Bar : 48 inci = 1220 mm
Panjang Tie Bar : 765 mm

Tabel 8. Hasil Perhitungan dengan Tebal Pelat 24 cm

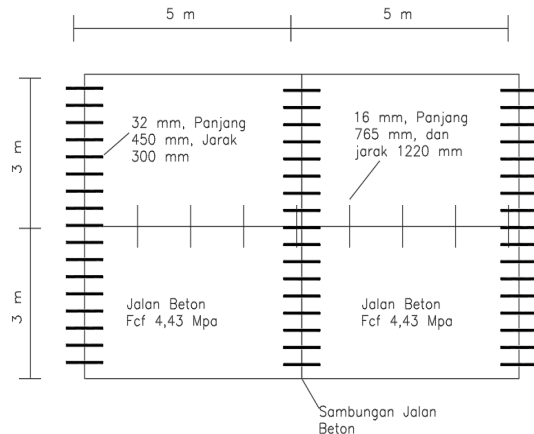
Koef Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Rencana	Repetisi Beban rencana	Tegangan yang terjadi (mpa)	Perbandingan Tegangan	Jumlah Repetisi Beban yang Diijinkan	Presentase Fatigue (%)
[1]	[2]	[3]=[2]x f_k	[4]	[5]	[6]=[5]/ f_r	[7]	[8]=[4]/[7]x100
STRT	2	2	61048,4			0	0
STRG	3	3	7078,1			0	0
STRT	3	3	13271,4			0	0
STRG	6	6	13271,4			0	0
STRG	5	5	53970,4			0	0
STRT	6	6	153727,1			0	0
STRG	12	12	153727,1	1,9	0,53	240.000	64,05
SGRG	18	18	44680,4	1,7	0,47	0	0,00
SGRG	21	21	2211,9	2	0,56	100.000	2,21
Jumlah							66,26

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 9. Jarak Tie Bar Maksimum

Sumber: Shirley L. Hendarsin (2000) menurut AASHTO (1986) untuk Tulangan Baja Grade 40 dan $F=1,5$



Gambar 10. Penulangan Tampak Atas Metode NAASRA

4.3 Analisa Volume Pekerjaan dan Rencana Anggaran Biaya

4.3.1 Biaya Kontruksi Metode MDPJ 2024

Data eksisting yang telah didapatkan dari perhitungan di atas dengan rincian biaya dan desain sebagai berikut:

Lebar jalan : 6 m
 Panjang jalan : 7 km
 Tebal pelat : 280 mm
 Mutu beton : K-350
 Ruji (Dowel) : (BJTP 280) diameter 38 mm, Panjang 450 mm, Jarak 300 mm.

Batang pengikat (Tie bar) : (BJTS420A) diameter 16 mm, Panjang 700 mm, dan jarak 600 mm

4.3.2 Biaya Kontruksi Metode NAASRA

Data eksisting yang telah didapatkan dari perhitungan di atas dengan rincian biaya dan desain sebagai berikut:

Lebar jalan : 6 m
 Panjang jalan : 7 km
 Tebal pelat : 240 mm
 Mutu beton : K-350
 Ruji (Dowel) : (BJTP 280) diameter 32 mm, Panjang 450 mm, Jarak 300 mm.

Batang pengikat (Tie bar) : (BJTS420A) diameter 16 mm, Panjang 765 mm, dan jarak 1220 mm.

Tabel 9. Analisa Volume dan RAB Mrtode MDPJ 2024 dan NAASRA

MDPJ 2024						
No	PEKERJAAN		VOLUME		Harga Satuan	Jumlah Harga
			Total	Satuan		
[1]	[2]		[3]	[4]	[5]	[6]=[3]x[5]
1.	PERKERASAN BERBUTIR					
	a.	Lapis Pondasi Beton Kurus K-15	5250,00	M3	Rp 1.190.651,80	Rp 6.250.921.950,00
	b.	Perkerasan Beton K-350	11760,00	M3	Rp 1.487.935,00	Rp 17.498.115.600,00
2.	STRUKTUR					
	a.	Tie Bar	12387	Kg	Rp 19.670,00	Rp 243.652.290,00
	b.	Dowell	14827	Kg	Rp 19.670,00	Rp 291.647.090,00
JUMLAH TOTAL PEKERJAAN						Rp 24.284.336.930,00
PPN 10%						Rp 2.428.433.693,00
TOTAL BIAYA						Rp 26.712.770.623,00
NAASRA						
No	PEKERJAAN		VOLUME		Harga Satuan	Jumlah Harga
			Total	Satuan		
[1]	[2]		[3]	[4]	[6]	[6]=[3]x[6]
1.	PERKERASAN BERBUTIR					
	a.	Lapis Pondasi Beton Kurus K-15	4200,00	M3	Rp 1.190.651,80	Rp 5.000.737.560,00
	b.	Perkerasan Beton K-350	10080,00	M3	Rp 1.487.935,00	Rp 14.998.384.800,00
2.	STRUKTUR					
	a.	Tie Bar	6768	Kg	Rp 19.670,00	Rp 133.126.560,00
	b.	Dowell	71555	Kg	Rp 19.670,00	Rp 1.407.486.850,00
JUMLAH TOTAL PEKERJAAN						Rp 21.539.735.770,00
PPN 10%						Rp 2.153.973.577,00
TOTAL BIAYA						Rp 23.693.709.347,00

Sumber: Hasil Perhitungan

4.4 Perbandingan Hasil Perencanaan Metode MDPJ 2024 dan NAASRA

Hasil analisis menunjukkan bahwa metode MDPJ 2024 menghasilkan tebal pelat beton 280 mm, dengan lapisan struktur berupa tanah dasar, LFA Kelas A setebal 200 mm, dan beton kurus 125 mm. Metode ini menggunakan pendekatan mekanistik-empirik dengan mempertimbangkan tegangan, lendutan, kelelahan (fatigue), dan erosi. Sebaliknya, metode NAASRA menghasilkan tebal pelat beton 240 mm, dengan struktur yang lebih sederhana, yaitu tanah dasar dan beton kurus 100 mm. Perhitungan NAASRA dilakukan menggunakan pendekatan grafis berdasarkan akumulasi beban sumbu kendaraan.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil studi pada penelitian ini didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Tebal Pakerasan kaku pada ruas jalan Kunduran – Ngawen – Blora dengan

metode MDPJ 2024 sebagai berikut Lapis Beton Semen = 280 mm. Lapis Pondasi Bawah, Beton Kurus = 125 mm. Lapis Fondasi Agregat kelas A = 200 mm. Tie bar = Baja tulangan polos (BJTS 420A) diameter 16 mm, Panjang 700 mm, Jarak 600 mm. Dowel = Baja tulangan sirip (BJTP 280) dengan diameter 38 mm, Panjang 450 mm, dan jarak 300 mm

2. Tebal Pakerasan kaku pada ruas jalan Kunduran – Ngawen – Blora dengan metode NAASRA sebagai berikut: Lapis Beton Semen = 240 mm. Lapis Pondasi Bawah, = 100 mm. Tie bar = Baja tulangan polos (BJTS 280) diameter 16 mm, Panjang 765 mm, Jarak 1220 mm. Dowel = Baja tulangan polos (BJTS420A) dengan diameter 32 mm, Panjang 450 mm, dan jarak 300 mm
3. Perkiraan anggaran biaya pada konstruksi perkerasan kaku menggunakan metode MDPJ 2024 pada ruas jalan Kunduran - Ngawen – Blora Jawa Tengah sebesar Rp 26.712.770.623,00.

Perkiraan anggaran biaya pada konstruksi perkerasan kaku menggunakan metode NAASRA pada ruas jalan Kunduran - Ngawen – Blora Jawa Tengah sebesar Rp 23.693.702.347,00.

4. Metode MDPJ 2024 menghasilkan tebal pelat beton 280 mm dengan struktur berlapis lengkap (tanah dasar, LFA Kelas A 200 mm, dan beton kurus 125 mm). Sebaliknya, metode NAASRA menghasilkan tebal pelat beton 240 mm dengan struktur lebih sederhana (tanah dasar dan beton kurus 100 mm). Dengan demikian, MDPJ 2024 lebih aman dan sesuai untuk beban lalu lintas berat, sedangkan NAASRA lebih efisien secara biaya namun kurang optimal untuk ketahanan jangka panjang.

5.2 Saran

Perencanaan yang telah saya buat ada beberapa saran yang dapat saya sampaikan. Adalah sebagai berikut:

1. Untuk perkerasan kaku pada ruas jalan Kunduran – Ngawen – Blora, apabila prioritasnya adalah kualitas dan umur layanan jangka panjang, maka direkomendasikan menggunakan metode MDPJ 2024 karena menghasilkan tebal pelat yang lebih aman, yaitu 280 mm. Namun, jika mempertimbangkan efisiensi biaya, metode NAASRA dapat digunakan karena memberikan nilai rencana anggaran biaya yang lebih rendah, yaitu Rp 23.693.702.347,00.
2. Perlu dilakukan penambahan saluran drainase, karena saluran drainase berperan penting dalam menjaga kestabilan dan daya dukung tanah dasar, serta memperpanjang umur layanan perkerasan jalan. Oleh sebab itu, pada penelitian selanjutnya disarankan analisis terhadap sistem drainase jalan. Sistem drainase yang direncanakan dengan baik akan membantu mengurangi risiko genangan air serta mencegah terjadinya kerusakan pada perkerasan, seperti retak leleh (*fatigue cracking*) dan penurunan permukaan (*rutting*).
3. Pada penelitian berikutnya disarankan untuk menambahkan simulasi

menggunakan *software* guna memperoleh hasil analisis yang lebih akurat. Penggunaan *software* akan membantu dalam memvisualisasikan struktur perkerasan terhadap beban lalu lintas, serta mempermudah evaluasi kinerja dan optimasi desain perkerasan kaku

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Makruf, M. K., Warsito, & Bakhtiar, A., Analisis Pengaruh Overloading Kendaraan Berat Terhadap Umur Rencana Jalan pada Ruas Jalan Raya Mojoagung–Mojongapit Kabupaten Jombang, Vol 1, Jombang, 2024: 541–550.
- [2] Habibi, M., & Aprillia Juita, W., NAASRA (Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Pekanbaru–Padang Seksi Sicincin–Lubuk Alung–Padang), Vol MDPJ, 2023.
- [3] Putra, K. H., Suhermin Ingsih, I., Maria, T., Agusdini, C., Wardani, M. K., Nuciferani, F. T., Exchel, M., & Putra, C. (2023). THE EFFECT OF OVERLOAD ON THE DESIGN OF LIFE OF ROAD PAVEMENT (CASE STUDY: KOTI ROAD, JAYAPURA CITY). *JICE (Journal Innovation of Civil Engineering)*, 4(1), 98–108.
- [4] Faatikasari, A. D., Puspitasari, N. D., & Wardha, P. C., Analisis Tebal Konstruksi Perkerasan Jalan untuk Menangani Kerusakan Jalan dengan Metode AASHTO (Studi Kasus: Jalan Raya Cangkring, Kabupaten Sidoarjo), Vol Prosiding Fintek, 2021: 28–37.
- [5] Hendarsin, S. L., Perencanaan Teknik Jalan Raya (Edisi 1), Vol 1, Bandung, 2000.
- [6] Kusnianti, N., Pandjiirawan, Y. H., Suaryana, N., Nono, Fahmi, D., Anwar, E. C., Syahfani, A. P., Ramdhan, M. R., Kurniawati, T., & Putra, B. A., Manual Desain Perkerasan Jalan, Vol 1, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2024.
- [7] Supriyono, R. A., Akuntansi Biaya – Perencanaan dan Pengendalian Biaya Serta Pembuatan Keputusan, Vol 1, Yogyakarta, 2000: BPFE-Yogyakarta
- [8] Arey, A., Rokhmawati, A., & Rahmawati, A. (2023). STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN PENINGKATAN PERKERASAN LENTUR (FLEXIBLE PAVEMENT) RUAS JALAN WARU-MASIWANG KABUPATEN SERAM BAGIAN TIMUR DENGAN MENGGUNAKAN METODE BINA MARGA 2017 STA 0+000 – STA 10+000.

Jurnal Rekayasa Sipil, 13(1), 247–256.

- [9] Husein, S. K., Suprpto, B., & Bakhtiar, A. (n.d.).
*STUDI PERENCANAAN PERKERASAN RUAS
JALAN KM LIANG-MORELLA KABUPATEN
MALUKU TENGAH.*
- [10] Widjaja, P. I., & Denny, M. (n.d.). *PENGARUH
PERHITUNGAN VOLUME PEKERJAAN*

*TERHADAP MARGIN PROFIT SEBAGAI ACUAN
PENENTUAN HARGA SATUAN PEKERJAAN,
STUDI KASUS PADA PEKERJAAN RS.
BOROMEUS BANDUNG.*