

Evaluasi Kinerja Perkerasan Lentur Dan Nilai Sisa Berdasarkan Metode Bina Marga 2024 Menggunakan Program Kenpave (Studi kasus : Jln. Soekarno Hatta, Bukittinggi)

Annisak Mulia*, Helga Yermadona, Deddy Kurniawan

Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat
Bukittinggi, Indonesia

Abstrak. Jalan merupakan prasarana dalam mendukung perekonomian serta berperan penting untuk kemajuan daerah. Penelitian dilakukan di Jl. Soekarno Hatta, Bukittinggi. Lebar ruas jalan yaitu 7m dengan lebar lajur 3,5m. Penelitian bertujuan untuk merencanakan tebal perkerasan lentur menggunakan MDPJ 2024 dan menganalisis kinerja perkerasan menggunakan program *Kenpave*, dan mengevaluasi nilai sisa umur layanan perkerasan. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan panduan MDPJ 2024 dan dianalisis menggunakan program *Kenpave*. Hasil perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan Bina Marga 2024, Alternatif 1 lapisan AC-WC 4 cm, AC-BC 7,5 cm, AC-Base 10 cm. Adapun pada LFA Kelas A dengan ketebalan 20 cm. Nilai regangan yang terjadi pada struktur perkerasan eksisting menunjukkan indikasi kerusakan struktural yang cukup signifikan. Regangan tarik horizontal sebesar 0,0001754 dengan kedalaman 17,9997 cm, berpotensi menyebabkan kerusakan retak leleh. Pada kedalaman yang sama, terdeteksi regangan vertikal 0,0002306 yang berkontribusi kerusakan (*rutting*). Kedalaman 48,0003 cm diperoleh regangan sebesar 0,0002400 yang berisiko menimbulkan (*deformation*). Nilai regangan menunjukkan bahwa struktur perkerasan mengalami tegangan berlebih pada beberapa lapisan. Nilai sisa umur layanan yang diperoleh pada alternatif 1 menunjukkan kerusakan *fatigue* memiliki sisa umur 98,407%. Kerusakan *rutting* 91,283%, dan kerusakan akibat deformasi sebesar 79,717%.

Kata kunci: MDPJ 2024; KENPAVE; Perkerasan Lentur; Tebal Perkerasan;

1. Pendahuluan

Jalan merupakan infrastruktur yang menunjang aktivitas perekonomian dan memiliki peran strategis dalam mendorong pertumbuhan serta perkembangan wilayah. Sebagai negara berkembang, Indonesia memerlukan peningkatan kualitas dan kuantitas jaringan jalan guna memenuhi kebutuhan masyarakat

*Penulis Korespondensi: Annisakmulia@gmail.com

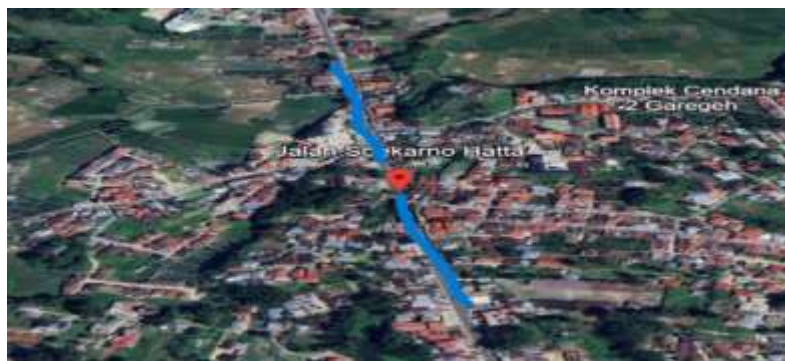
dalam menjalankan aktivitas ekonomi (Lailatul Jannah et al., 2022). Suatu ruas jalan akan mencapai tingkat keamanan apabila direncanakan sesuai dengan standar nasional (Vinny Az., 2024).

Struktur perkerasan berfungsi untuk menampung beban kendaraan sesuai dengan (SNI) agar terhindar dari kerusakan sesuai jangka waktu yang direncanakan (Ottu et al., 2023). Pengembangan program ini dilakukan oleh Dr. Yang H. Huang P.E, *Profesor Emeritus* di bidang *Civil Engineering* dari *Universitas Kentucky*. Program ini mengimplementasikan *finite element method*, yang memungkinkan dilakukannya simulasi respons mekanis struktur perkerasan terhadap beban lalu lintas secara lebih rinci dan realistis (Regar, 2021). Lokasi penelitian dilakukan di Jln. Soekarno Hatta, Kota Bukittinggi yang merupakan jalur lalu lintas dengan volume kendaraan yang relatif tinggi dan banyak dilalui kendaraan berat.

Kondisi jalan saat ini terdapat beberapa kerusakan seperti retak halus, retak tepi, retak memanjang serta terdapat beberapa lubang. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan tebal struktur perkerasan lentur dengan mengacu pada Metode Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2024, menganalisis kinerja struktural perkerasan lentur eksisting berdasarkan respon mekanis yang dihitung menggunakan program Kenpave serta mengevaluasi nilai sisa umur (*remaining life*) dari perkerasan lentur berdasarkan pedoman Bina Marga 2024.

2. Metodologi Penelitian

Objek penelitian ini terletak di Jalan Soekarno Hatta, Kelurahan Garegeh, Kecamatan Mandiangin Koto Selayan, Kota Bukittinggi, Provinsi Sumatera Barat.



Gambar 1: Peta Lokasi Penelitian

Kondisi eksisting jalan menunjukkan adanya beberapa jenis kerusakan, antara lain retak halus, retak tepi, retak memanjang, serta lubang dan kerusakan lainnya yang berpotensi mengganggu kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan saat berkendara. Penelitian ini berdasarkan metode Bina Marga 2024 yang dievaluasi menggunakan program kenpave. Data diperoleh dari Balai Pelaksanaan Jalan Nasional (BPJN) Padang, Sumatera Barat, serta melakukan Survey langsung untuk mendapatkan data LHR.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur dengan Bina Marga 2024

Manual desain perkerasan jalan (MDPJ) 2024 adalah panduan yang mencakup ketentuan teknis untuk pelaksanaan perancangan perkerasan jalan. Dokumen ini secara resmi ditetapkan oleh Direktur Jendral Bina Marga pada tahun 2024

melalui penerbitan surat edaran sebagai dasar acuan dalam perencanaan perkerasan jalan nasional. Metode Bina Marga 2024 disusun sebagai pelengkap pedoman desain perkerasan sebelumnya, yang menitikberatkan pada beberapa aspek penting, yaitu penetapan umur rencana, pemilihan material secara tepat, pengaruh *temperature*, analisis beban sumbu, serta koreksi terhadap faktor iklim. Perencanaan ketebalan lapisan perkerasan jalan memerlukan data pendukung yang akurat serta melalui serangkaian tahapan sistematis guna memastikan hasil desain yang optimal dan sesuai dengan standar teknis yang berlaku. Proses ini bertujuan untuk menjamin bahwa struktur perkerasan mampu menahan beban lalu lintas selama umur rencana tanpa mengalami kegagalan struktural.

Tabel 1: Data Survey LHR dan Nilai VDF

Gol.	Jenis Kendaraan	LHR 2025	LHR 2027	LHR 2028	VDF 4 Aktual	VDF 4 Normal	VDF 5 Aktual	VDF 5 Normal
5b	Bus Besar	23	110	268	1,2	1,2	1,3	1,3
6a	Truk 2 Sumbu 4 Roda	628	853	1054	0,5	0,5	0,4	0,4
6b	Truk 2 Sumbu 6 Roda	196	288	325	1,6	0,4	2,2	0,4
7a	Truk 3 Sumbu	158	204	349	10,1	3	17,2	3,4

Berdasarkan hasil survei lapangan yang disajikan pada tabel 1 di atas, nilai Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) yang digunakan dalam analisis ini adalah nilai tertinggi. Nilai *Equivalent Single Axle Load* (ESA) dihitung dengan mengalikan jumlah kendaraan niaga dengan *Vehicle Damage Factor* (VDF) yang sesuai untuk setiap jenis kendaraan. Nilai VDF yang digunakan dalam perhitungan ini dapat dilihat secara lengkap pada tabel diatas.

Tabel 2: Data Perhitungan Beban lalu lintas

DD	DL	R (i=4,83%)	
		(2 Tahun) 2025-2027	(18 Tahun) 2028-2046
0,5	1	2	18,07
0,5	1	2	18,07
0,5	1	2	18,07
0,5	1	2	18,07

Faktor distribusi lajur untuk kendaraan niaga pada satu lajur di setiap arah lalu lintas adalah sebesar 1. Faktor distribusi arah yang digunakan dalam analisis ini adalah sebesar 0,5, sesuai dengan rekomendasi dan ketentuan yang tercantum dalam pedoman Bina Marga 2024.

Tabel 3: Hasil Perhitungan Nilai CESA

CESA 4		CESA 5	
Aktual 2025-2027	Normal 2028-2046	Beban Aktual 2025-2027	Beban Normal 2028-2046
10076,43287	1060564,44	10916,13561	1148944,81
114637,6783	1737927,425	91710,14265	1390341,94
114491,6431	428710,75	157426,0092	428710,75

CESA 4		CESA 5	
Aktual 2025-2027	Normal 2028-2046	Beban Aktual 2025-2027	Beban Normal 2028-2046
582607,6658	3452770,425	992163,5496	3913139,815
821813,42	667973,04	1252215,837	6881137,315
7501786,46		8133353,152	
CESA 4		CESA 5	

Berdasarkan hasil perhitungan beban sumbu gandar kumulatif (Cumulative Equivalent Standard Axle Load/CESA) yang ditampilkan pada tabel di atas, diperoleh nilai CESA-4 sebesar 7501786,46 dan CESA-5 sebesar 8133353,152. Nilai ini mencerminkan total akumulasi beban lalu lintas yang diproyeksikan selama umur rencana pelayanan jalan. Besarnya nilai CESA ini menjadi dasar dalam penentuan struktur perkerasan yang sesuai, sebagaimana tercantum dalam pedoman desain perkerasan jalan dari Bina Marga (MDPJ 2024).

Tabel 4: Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)			
		0 - 0,5	0,1 - 4	> 4-10	>30-200
AC modifikasi	3, 3A, 3B				2
AC dengan CTB					2
AC modifikasi dengan CTB					2
AC dengan lapis fondasi agregat	3, 3A, 3B		1,2	1,2	2
HRS tipis diatas lapis fondasi agregat	4	2	2		
Burda atau burtu dengan lapis fondasi agregat	5	3	3		
AC/HRS dengan lapis fondasi soil cement	6	2	2		
AC/HRS dengan lapis fondasi agregat dan perbaikan tanah dasar (dengan stabilitasi semen)	7	2	2		
perkerasan kaku dengan lintas berat	8				2 2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah	8A			1,2	
Perkerasan tanpa penutup (japat dan jalan kerikil)	9				

Berdasarkan nilai-nilai CESA5 yang telah diperoleh dari perhitungan sebelumnya, ketebalan lapisan perkerasan untuk masing-masing lapisan dapat ditentukan. Hasil penentuan ketebalan lapisan perkerasan tersebut disajikan secara rinci dalam Tabel 5 berikut ini sesuai dengan data-data yang telah didapatkan sebelumnya.

Tabel 5: Tebal Perkerasan Lentur

Struktur Perkerasan									
FFF(1)	FFF(1)	FFF(1)	FFF(1)	FFF(1)	FFF(1)	FFF(1)	FFF(1)	FFF(1)	FFF(1)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Untuk beban rencana < 30 juta ESA5 menggunakan Aspal Pen 60-70					Untuk beban rencana ≥ 30 juta ESA5 direkomendasikan menggunakan Aspal PG70 ⁽¹⁾				
Beban rencana 20 tahun (10 ⁶ ESA5)	< 2	≥ 2-5	> 5-10	> 10-15	> 15-30	> 30-50	> 50-100	> 100-150	> 150-200
Tebal Perkerasan (mm)									
AC - WC	60 ⁽²⁾	40	40	40	40	40	40	50	40
AC - BC	0	65	75	75	60	60	75	80	60
	0	80	80	0	0	0	0	0	0
AC - BASE	0	0	0	100	80	85	100	100	80
	0	0	0	0	80	100	100	100	80
	0	0	0	0	0	0	0	0	90
LFA Kelas A	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Untuk ruas jalan ini, struktur perkerasan yang digunakan disesuaikan dengan nilai CESA yang diperoleh, yaitu berada pada rentang >15-30. Oleh karena itu, berdasarkan Tabel Bina Marga 2024 pada Bagan Desain 3A, tebal perkerasan yang digunakan hanya sampai pada Lapis Fondasi Atas (LFA) kelas A, sesuai dengan struktur perkerasan eksisting yang lama. LFA kelas B dan kelas C tidak digunakan dalam desain ini.

AC WC (<i>Asphaltic Concrete Wearing Course</i>)	= 40 mm
AC BC (<i>Asphaltic Concrete Binder Course</i>)	= 75 mm
AC base (<i>Asphaltic Concrete Baser Course</i>)	= 100 mm
LFA (Lapis Fondasi Atas) kelas A	= 200 mm

3.2 Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Kenpave

Dalam penggunaan aplikasi *KENPAVE*, parameter utama seperti *rasio Poisson* dan modulus elastisitas pada setiap lapisan perkerasan sangat diperlukan untuk menganalisis distribusi regangan, tegangan, serta lendutan yang terjadi di dalam struktur perkerasan. Nilai regangan yang diperoleh, khususnya pada lapisan permukaan aspal dan di bawah lapisan pondasi, menjadi dasar dalam menentukan jumlah repetisi beban yang dapat diterima oleh struktur perkerasan sebelum mengalami kerusakan, sehingga dapat digunakan untuk evaluasi umur layanan dan perencanaan rehabilitasi jalan secara lebih akurat.

a. Analisis Tebal Eksisting

Tabel 6: Hasil Analisis Eksisting

Pengulangan Beban	Horizontal Strain pada kedalaman 16,887 cm	Vertical Strain pada Kedalaman 16,887 cm	Vertical Strain pada kedalaman 47,003 cm
1	0,0001654	0,0002211	0,0002184
2	0,0001672	0,0001713	0,0002378
3	0.0001604	0.0001464	0,0002410
Maksimum	0,0001672	0,0002211	0,0002410

Berdasarkan data yang disajikan pada tabel tersebut, diperoleh nilai regangan vertikal (*vertical strain*) pada bawah lapisan permukaan dan lapisan pondasi. Nilai regangan tersebut selanjutnya dianalisis untuk menilai kapasitas struktur dalam menahan beban lalu lintas sepanjang umur rencana, sehingga dapat diprediksi umur layanan dan potensi kegagalan perkerasan secara akurat.

Perhitungan nilai N_f dan N_d untuk Eksisting

Menghitung nilai N_f untuk *fatigue cracking*

$$N_f = 0,079 (\epsilon_t)^{-3,921} I E I^{-0,854} \quad (1)$$

$$N_f = 0,079 (0,00001672)^{-3,921} I 1200000 I^{-0,854}$$

$$N_f = 327.112.304,26 \text{ ESAL}$$

Menghitung nilai N_d untuk *rutting*

$$N_{dr} = f_4 (\epsilon_c)^{-f_s} \quad (2)$$

$$N_{dr} = 1,365 \times (0,0002211)^{-4,477}$$

$$N_{dr} = 3.165.256,07 \text{ ESAL}$$

Menghitung nilai N_d untuk *permanent deformation*

$$N_{dp} = f_4 (\epsilon_c)^{-f_s} \quad (3)$$

$$N_{dp} = 1,365 \times (0,0002410)^{-4,477}$$

$$N_{dp} = 2.152.000,42 \text{ ESAL}$$

Berdasarkan hasil analisis, diketahui bahwa pada pemodelan dengan ketebalan perkerasan eksisting, nilai kumulatif repetisi beban aktual (N_d) untuk parameter *rutting* dan *deformation* berada di bawah nilai ambang batas beban lalu lintas rencana (N_r). Temuan ini mengindikasikan bahwa struktur perkerasan eksisting belum memenuhi kapasitas struktural yang diperlukan untuk menopang beban lalu lintas selama umur rencana layanan. Untuk memperoleh struktur perkerasan yang lebih optimal, seluruh hasil evaluasi tersebut menjadi dasar dalam penyusunan desain alternatif, guna mendapatkan ketebalan perkerasan yang mampu menahan beban lalu lintas selama periode rencana pelayanan jalan.

b. Analisis Tebal Alternatif 1

Tabel 7: Rekapitulasi Nilai *Vertical Strain* dan *Horizontal Strain*

Jenis Kerusakan	Eksisting	Alternatif 1
<i>Horizontal Strain (Fatigue Cracking)</i>	0,0001654	0,0008016
	0,0001672	0,0008588
	0.0001604	0,0008657
Maksimum	0,0001672	0,0008657
<i>Vertical Strain (Rutting)</i>	0,0002211	0,0001162
	0,0001713	0,0001194

Jenis Kerusakan	Eksisting	Alternatif 1
	0,0001464	0,0001178
Maksimum	0,0002211	0,0001194
<i>Vertical Strain (Permanent Deformation)</i>	0,0002184	0,0001332
	0,0002378	0,0001428
	0,0002410	0,0001443
Maksimum	0,0002410	0,0001443

Berdasarkan hasil analisis yang ditampilkan pada Tabel 4.16, diketahui bahwa model tebal perkerasan pada Alternatif 1 mampu menahan beban sesuai dengan umur rencana. Namun, untuk memperoleh lapisan perkerasan yang lebih optimal, dilakukan pengembangan desain alternatif guna menentukan ketebalan yang mampu menahan beban lalu lintas sepanjang umur rencana.

Tabel 8: Rekapitulasi Hasil Kontrol Beban

Kondisi	Beban Lalu Lintas Rencana (Nr)	Repetisi Beban (ESAL)		Keterangan
Eksisting	44.035.837,62 ESAL	Nf	327.112.304,26 ESAL	Nf > Nr (Ya)
	44.035.837,62 ESAL	Ndr	3.165.256,07 ESAL	Ndr > Nr (Tidak)
	44.035.837,62 ESAL	Ndp	2.152.000,42 ESAL	Ndp > Nr (Tidak)
Alternatif 1	44.035.837,62 ESAL	Nf	518.308.896,19 ESAL	Nf > Nr (Ya)
	44.035.837,62 ESAL	Ndr	4.993.261,15 ESAL	Ndr > Nr (Ya)
	44.035.837,62 ESAL	Ndp	2.138.441,07 ESAL	Ndp > Nr (Ya)

Mengacu pada hasil yang ditampilkan dalam Tabel 4.19, didapatkan evaluasi mengenai kinerja struktur perkerasan dalam berbagai situasi. Dalam kondisi saat ini, nilai Ndr (jumlah repetisi beban berdasarkan retakan) dan Ndp (jumlah repetisi beban berdasarkan deformasi) tercatat lebih rendah dibandingkan dengan nilai Nr (jumlah repetisi beban yang direncanakan). Ini menunjukkan bahwa struktur perkerasan dalam kondisi sekarang tidak cukup kuat untuk menahan beban lalu lintas selama masa rencana layanan. Sebaliknya, dalam kondisi alternatif 1, nilai Nf (jumlah lintasan hingga retak fatik), Ndr, dan Ndp secara konsisten lebih tinggi dibandingkan nilai Nr yang menunjukkan bahwa. Struktur perkerasan pada masing-masing skenario perencanaan menunjukkan kapasitas struktural yang memadai untuk mendukung beban lalu lintas selama periode layanan yang direncanakan, yaitu selama 20 tahun, tanpa mengalami kerusakan signifikan yang melebihi ambang batas kinerja.

3.3 Umur Sisa Layanan

a. Umur Sisa Layanan untuk Eksisting

$$RL_{fatigue} = 100 \times \left(\frac{1 - 45025847,72}{327.112.304,26} \right) \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
 &= 52,010 \% \\
 RL \text{ rutting} &= 100 \times \left(\frac{1-Np}{N^{1,5}} \right) \\
 RL \text{ rutting} &= 100 \times \left(\frac{1-45025847,72}{3.165.256,07} \right) \\
 &= 46,948 \%
 \end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned}
 RL \text{ deformation} &= 100 \times \left(\frac{1-Np}{N^{1,5}} \right) \\
 RL \text{ deformation} &= 100 \times \left(\frac{1-45025847,72}{2.152.000,42} \right) \\
 &= 38,387 \%
 \end{aligned} \tag{6}$$

Data ini mengindikasikan bahwa struktur perkerasan pada eksisting tidak memiliki daya tahan yang cukup baik terhadap beban lalu lintas, terutama untuk kerusakan *deformation* yang jauh dibawah nilai minimum.

b. Umur Sisa Layanan untuk Alternatif 1

$$\begin{aligned}
 RL \text{ fatigue} &= 100 \times \left(\frac{1-45025847,72}{518308896,19} \right) \\
 &= 97,406 \%
 \end{aligned} \tag{7}$$

$$\begin{aligned}
 RL \text{ rutting} &= 100 \times \left(\frac{1-Np}{N^{1,5}} \right) \\
 RL \text{ rutting} &= 100 \times \left(\frac{1-45025847,72}{4993261,15} \right) \\
 &= 89,276 \%
 \end{aligned} \tag{8}$$

$$\begin{aligned}
 RL \text{ deformation} &= 100 \times \left(\frac{1-Np}{N^{1,5}} \right) \\
 RL \text{ deformation} &= 100 \times \left(\frac{1-45025847,72}{2138441,07} \right) \\
 &= 79,65 \%
 \end{aligned} \tag{9}$$

RL fatigue : Persentase umur sisa pada retak yang terjadi akibat beban berulang pada lapisan aspal.

RL rutting : Deformasi berupa lekukan alur pada permukaan jalan akibat pergerakan lapisan perkerasan.

RL deformation: Perubahan bentuk permukaan jalan dari kondisi awal.

Data ini mengindikasikan bahwa struktur perkerasan pada alternatif 1 masih memiliki daya tahan yang cukup baik terhadap beban lalu lintas, terutama untuk kerusakan *fatigue* yang hampir mencapai nilai maksimal.

4. Kesimpulan

Ketebalan AC-WC 4 cm, AC-BC setebal 6 cm, AC-Base dengan tebal 16 cm, LFA Kelas A dengan ketebalan 20 cm. Nilai regangan yang terjadi pada struktur perkerasan eksisting menunjukkan indikasi kerusakan struktural yang cukup signifikan. Regangan tarik horizontal sebesar 0,0001672 terjadi pada kedalaman 16,887 cm berpotensi menyebabkan kerusakan berupa retak lelah (*fatigue cracking*). Pada kedalaman yang sama, terdeteksi regangan vertikal sebesar 0,0002211 yang berkontribusi terhadap kerusakan alur (*rutting*). Sementara itu, pada kedalaman 47,003 cm, yang berada mendekati atau tepat pada tanah dasar, diperoleh regangan sebesar 0,0002410, yang berisiko menimbulkan deformasi permanen (*permanent deformation*).

Nilai sisa umur layanan yang diperoleh pada penelitian alternatif 1 menunjukkan bahwa kerusakan akibat *fatigue* memiliki sisa umur sebesar 97,406%. Sedangkan untuk kerusakan akibat *rutting* 89,276%, dan kerusakan akibat deformasi 79,65%. Data ini mengindikasikan bahwa struktur perkerasan pada alternatif 1 masih memiliki daya tahan yang cukup baik terhadap beban lalu lintas, terutama untuk kerusakan *fatigue* yang hampir mencapai nilai maksimal.

Saran dari penelitian ini perlu pembaruan data lalu lintas dan kondisi lapangan secara rutin sangat diperlukan guna memastikan evaluasi kinerja perkerasan berjalan dengan tepat dan mendukung perencanaan rehabilitasi yang lebih optimal. Penelitian lanjutan dianjurkan untuk melakukan perbandingan hasil evaluasi menggunakan metode Bina Marga 2024 dengan metode lain, seperti AASHTO atau HDM-4, guna mengidentifikasi kelebihan dan keterbatasan relatif masing-masing metode dalam penilaian kinerja perkerasan, dalam melakukan penelitian sebelumnya terdapat beberapa keterbatasan seperti variasi metode analisis serta kondisi lapangan yang kurang memadai. Diharapkan instansi terkait, khususnya PUPR Bina Marga Bukittinggi, dapat memanfaatkan pendekatan mekanistik-empiris secara lebih komprehensif dalam pengelolaan jaringan jalan, terutama pada ruas-ruas strategis dengan volume lalu lintas tinggi. Penerapan pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas perencanaan serta pemeliharaan perkerasan jalan, sehingga mendukung peningkatan kinerja dan daya tahan infrastruktur jalan.

5. Referensi

- A. Elshaeb, et al. (2014). Development and Impact of the Egyptian Climatic Conditions on Flexible Pavement Performance. *American Journal of Civil Engineering and Architecture*, 2(3), 115–121. <https://doi.org/10.12691/ajcea-2-3-4>
- Aji, Z. A., & Susilo, B. H. (2023). *Evaluasi Tebal Perkerasan Jalan Menggunakan Program Software Kenpave Evaluation Of Road Pavement Thickness Using*. 01(01), 96–105. <https://doi.org/10.25105/jrltb.v1i1.15921>
- Arulampalam Kunaraj, et al. (2023). Studi Evaluasi Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Metode Bina Marga 2013 Dan Aplikasi Kenpave. *Journal of Engineering Research*, 13(1), 130–139.
- Dwiputra. A. Y., Et Al. (2021). Prediksi Sisa Umur Perkerasan Lentur Dengan Metode Mekanistik-Empirik Ruas Jalan Prof. Dr. Wirjono Prodjodikoro, Yogyakarta. *Jurnal Transportasi*. Vol.21. No.3: 173-186
- Hadi, M. A. (2024). *Eksplorasi Dampak Perubahan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2017 Ke 2024 Menggunakan Program Kenpave*.
- Hadihardaja, J. (1987). *Rekayasa Jalan Raya*, Campuran Perkerasan Lentur Berdasarkan Buku Rekayasa Jalan Raya-2 (hal. 208).
- huang, H. Y., (2004). *Pavement Analysis And Design*. University Of Kentucky, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A
- Jenderal, D., et al. (2024). *Manual Desain Perkerasan Jalan*, Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jendral Bina Marga : Jakarta .
- Kementrian Pekerjaan Umum Dan Peumahan Rakyat. Kementrian Pekerjaan Umum. (2017). *Manual Desain Perkerasan Lentur*. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Kurniawan, D., et al (2019). Perbandingan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Dan Aashto (Studi Kasus: Jalan Lubuk Alai - Koto Lamo Kabupaten Lima Puluh Kota). *Rang Teknik Journal*, 2(2), 313–317. <https://doi.org/10.31869/rtj.v2i2.1462>
- Lailatul Jannah, R., et al. (2022). Analisis Kerusakan Perkerasan Jalan Dengan Metoda Bina

- Marga Dan Pavement Condition Index (PCI) (Studi kasus : Jl. Lintas Sumatera Km 203 - 213). *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(2), 114-122. <https://doi.org/10.33559/err.v1i2.1134>
- Lia, N., & Purwo, M. (2017). *Evaluasi Kinerja Struktur Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Aplikasi Kenpave*. 1-10.
- Metode, D., et al. (2024). *Manual Desain Perkerasan Jalan, Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jendral Bina Marga : Jakarta* .
- Ottu, M. A., et al. (2023). *Evaluasi Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 Pada Jalan Deggung-Wonorejo , Sleman pendahuluan Transportasi terus berkembang seiring berjalannya kebutuhan hidup , penambahan penduduk , peningkatan aktivitas perekonomian d. 2(2)*.
- Regar, N. B. (2021). *Analisis Tebal Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Program Kenpave*. <https://repositori.uma.ac.id/handle/123456789/15874%0Ahttps://repositori.uma.ac.id/bitstream/123456789/15874/1/188110162> - Nursyafitri Br Regar - Fulltext.pdf
- Sukirman, S. (2010). *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Bandung: NOVA.
- Sukirman, Silvia "Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur", Nova, 1991.