

ANALISIS STRUKTUR PERKERASAN JALAN LALU LINTAS TINGGI BERDASARKAN *OVER DIMENSION OVER LOAD (ODOL)*

STRUCTURAL ANALYSIS OF HIGH TRAFFIC ROAD PAVEMENT BASED ON OVER DIMENSION OVER LOAD (ODOL)

Shyreeva Djamal Putra Indrawan¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pancasila, Indonesia

E-mail: shyreevapatt@gmail.com

Diterima 20 September 2025, Disetujui 25 November 2025

ABSTRAK

Perkerasan jalan merupakan salah satu infrastruktur vital yang berperan penting dalam mendukung kelancaran sistem transportasi sekaligus menunjang aktivitas ekonomi masyarakat. Kinerja perkerasan sangat dipengaruhi oleh kondisi lalu lintas, terutama beban kendaraan yang melintas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh beban kendaraan berlebih terhadap umur rencana perkerasan kaku dengan menggunakan dua pendekatan, yaitu metode AASHTO 1993 dan Manual Desain Perkerasan (MDP) 2024. Data lalu lintas pada ruas jalan yang diteliti diperoleh dari PT. XYZ dan diolah dengan pendekatan parameter CESAL (Cumulative Equivalent Single Axle Load) berdasarkan dua skenario pembebanan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai CESAL tahunan tertinggi terdapat pada skenario 1 sebesar 248.955.873, sedangkan skenario 2 memberikan nilai terendah sebesar 51.753.139. Analisis lebih lanjut memperlihatkan bahwa sisa umur rencana perkerasan existing hanya mampu bertahan sebesar 85,457% pada skenario 1 dan 77,109% pada skenario 2. Hal ini menegaskan bahwa beban gandar yang tinggi secara signifikan mempercepat kerusakan struktur perkerasan dengan meningkatkan nilai damage factor. Selanjutnya, perhitungan tebal perkerasan rencana menghasilkan kebutuhan lapis beton setebal 39 cm pada skenario 1 dan 35 cm pada skenario 2, yang keduanya lebih besar dibandingkan kondisi existing sebesar 30 cm. Perbedaan ini menunjukkan bahwa struktur perkerasan saat ini tidak lagi mampu menahan beban lalu lintas selama umur rencana tanpa perkuatan. Hasil perbandingan juga mengindikasikan bahwa metode MDP 2024 cenderung menghasilkan ketebalan yang lebih konservatif dibandingkan AASHTO 1993. Namun demikian, pendekatan MDP 2024 dinilai lebih relevan diterapkan pada kondisi jalan di Indonesia, mengingat metode ini telah disesuaikan dengan karakteristik lalu lintas, iklim, serta standar nasional yang berlaku.

Kata kunci: Perkerasan kaku; *Over Dimension Over Load*; Lalu lintas; MDP 2024

ABSTRACT

Pavement is one of the vital infrastructures that plays a crucial role in supporting the smooth operation of transportation systems while also sustaining economic activities. The performance of pavement is strongly influenced by traffic conditions, particularly the loads exerted by passing vehicles. This study aims to analyze the impact of overloaded vehicles on the design life of rigid pavement using two approaches, namely the AASHTO 1993 method and the 2024 Pavement Design Manual (MDP). Traffic data for the studied road section were obtained from PT. XYZ and analyzed using the CESAL (Cumulative Equivalent Single Axle Load) parameter under two loading scenarios. The calculation results indicate that the highest annual CESAL value occurs in scenario 1, reaching 248,955,873, while scenario 2 yields the lowest value of 51,753,139. Further analysis reveals that the remaining service life of the existing pavement is only 85.457% in scenario 1 and 77.109% in scenario 2. This finding confirms that high axle loads significantly accelerate pavement deterioration by increasing the damage factor. Subsequently, the pavement thickness design results show that a slab thickness of 39 cm is required for scenario 1 and 35 cm for scenario 2, both of which are greater than the existing 30 cm thickness. This difference demonstrates that the current pavement structure is no longer capable of sustaining traffic loads throughout the design life without reinforcement. The comparative analysis also indicates that the MDP 2024 method generally produces more conservative thickness values compared to AASHTO 1993. Nevertheless, the MDP 2024 approach is considered more relevant for application under Indonesian road conditions, as it has been adapted to local traffic characteristics, climate, and national standards.

Keywords: Rigid Pavement; *Over Dimension Over Load*; Traffic; MDP 2024

PENDAHULUAN

Perkerasan jalan merupakan salah satu infrastruktur transportasi yang memiliki peran strategis dalam mendukung pertumbuhan ekonomi suatu wilayah. Ketersediaan jalan dengan kondisi yang baik akan menjamin kelancaran distribusi barang, sehingga kendaraan dapat mencapai tujuan dengan tepat waktu, aman, dan nyaman. [1] Selain pembangunan jalan baru, kegiatan monitoring dan pemeliharaan terhadap infrastruktur jalan *existing* juga diperlukan guna menjaga kondisi jalan tetap optimal serta mencegah terjadinya kerusakan sebelum mencapai umur layan yang direncanakan. [2]

Kebutuhan akan prasarana transportasi jalan raya semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk Indonesia setiap tahunnya dan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor. [3] Oleh karena itu, agar pembangunan jalan dapat memberikan manfaat yang maksimal bagi pembangunan daerah sekitarnya, maka perlu direncanakan secara optimal dan sesuai dengan persyaratan teknis berdasarkan fungsi, volume, dan karakteristik lalu lintas. [4]

Adapun jalan tol merupakan bagian dari jalan bebas hambatan yang penggunaannya dikenakan tarif, sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2005 tentang Jalan Tol. [5] Jalan tol berperan sebagai infrastruktur strategis yang pengelolaannya berada di bawah Badan Usaha Jalan Tol (BUJT) [6], dengan skema pembiayaan umumnya berasal dari investasi swasta atau melalui kerja sama antara pemerintah dan badan usaha. [7]

Dengan itu pengaruh kelebihan muatan (*overloading*) pada struktur perkerasan, kinerja strukturalnya, dan kontribusinya terhadap umur desain jalan serta tingkat kerusakan permukaan perkerasan yang mengorbankan kenyamanan dan keselamatan berkendara merupakan hal yang menarik untuk diteliti. Sisa umur rencana jalan adalah estimasi waktu atau jumlah beban lalu lintas yang masih dapat ditanggung oleh struktur perkerasan sebelum memerlukan rehabilitasi atau rekonstruksi. [8]

Oleh karna itu penelitian ini meneliti mengenai evaluasi perkerasan jalan yang memiliki lalu lintas tinggi di Indonesia

Perkerasan Kaku

Perkerasan beton, yang juga dikenal sebagai perkerasan kaku (*rigid pavement*), merupakan jenis struktur perkerasan yang tersusun dari pelat beton semen *Portland* yang diletakkan secara langsung di atas tanah dasar (*subgrade*) atau di atas lapisan material granular yang berfungsi sebagai lapisan pondasi dasar (*subbase*). Perkerasan beton semen ini terbentuk dari pelat-pelat beton yang saling terhubung dengan sambungan tertentu, baik tanpa tulangan (*plain concrete*) maupun dengan tulangan (*reinforced concrete*), yang diposisikan diatas lapisan pondasi dasar untuk mendistribusikan beban kendaraan secara merata. [9]

Beban Lalu Lintas

Sebaran beban yang ditransmisikan melalui sumbu kendaraan adalah proses penyebaran gaya atau tekanan yang dihasilkan oleh beban kendaraan dari roda ke lapisan

perkerasan jalan hingga mencapai tanah dasar (*subgrade*). Proses ini sangat penting untuk memastikan bahwa beban yang diterima jalan tersebar secara merata, sehingga dapat meminimalkan risiko kerusakan dini pada struktur perkerasan. [10]

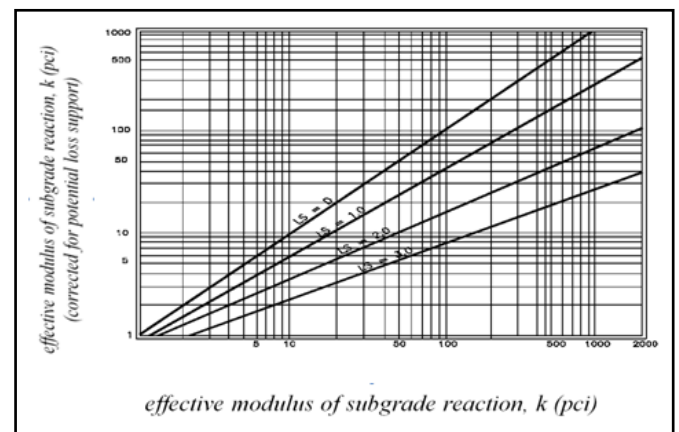
Konfigurasi Sumbu & Tipe	Berat Kosong (ton)	Beban Muatan Maksimum (ton)	Berat Total Maksimum (ton)	
1.1 Mobil Penumpang	1,5	0,5	2,0	
1.2 Bus	3	6	9	
1.2L Truk	2,3	6	8,3	
1.2H Truk	4,2	14	18,2	
1.22 Truk	5	20	25	
1.2 + 2.2 Trailer	6,4	25	31,4	
1.2 + 2 Trailer	6,2	20	26,2	
1.2 + 22 Trailer	10	32	42	

Gambar 1. Distribusi Beban Sumbu Standar Kendaraan [11]

Modulus Reaksi Tanah Dasar

Menurut MDP 2024 salah satu factor terpenting dalam desain perkerasan salah satunya adalah daya dukung tanah, rata-rata tanah di Indonesia memiliki nilai CBR 4% yang bisa di katakan baik menurut MDP 2024 adalah dengan nilai CBR > 6% sehingga jika menemukan kasus nilai CBR tanah di bawah nilai tersebut ada perlakuan khusus atau CBR stabilisasi pada tanah tersebut agar memenuhi daya dukung tanah yang seuai dengan rencana.

Gambar 2. Koreksi *Effective Modulus Of Subgrade Reaction*



tergantung pada kondisi sambungan dan kualitas hubungan antara pelat.

Tabel 1. *Load Transfer Coefficient* [8]

Shoulder Load transfer device	Asphalt		Tied PCC	
	Yes	No	Yes	No
<i>Pavement type</i>				
1. Plant jointed & jointed reinforced	3,2	3,8 - 4,4	2,5 - 3,1	3,6 - 4,2
2. CRCP	2,9 - 3,2	N/A	2,3 - 2,9	N/A

Penurunan Umur Rencana

Umur rencana perkerasan merujuk pada perkiraan jumlah repetisi beban lalu lintas, yang dinyatakan dalam satuan *Cumulative Equivalent Standard Axle* (CESA), selama periode tertentu hingga perkerasan mencapai batas layanannya. Biasanya, perkerasan dirancang untuk memiliki umur rencana sekitar 10 tahun, dengan asumsi adanya pemeliharaan berkala pada pertengahan masa layanan, yaitu setelah 5 tahun. Seiring berjalannya waktu, kondisi *fatigue* (kelelahan struktur) diprediksi mulai terjadi mendekati akhir umur rencana, sehingga pada tahap tersebut dibutuhkan upaya peningkatan struktur guna menjaga kinerja perkerasan tetap optimal.

Fatigue dan Erosi MDP 2024

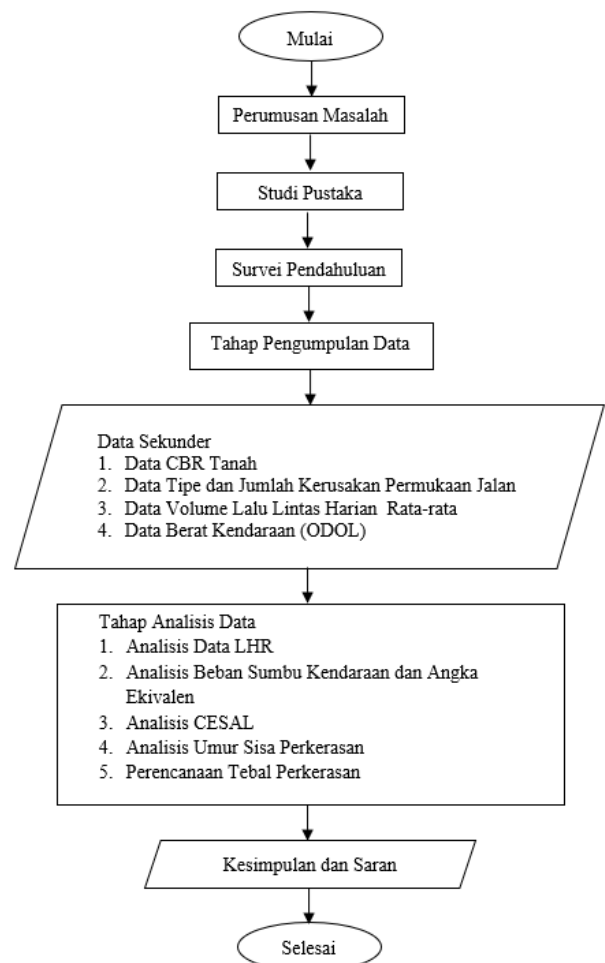
Jumlah maksimum repetisi atau pengulangan beban yang masih diperbolehkan pada suatu struktur perkerasan jalan, yang dikenal sebagai *allowable number of load repetitions* dan dilambangkan dengan (N_i), dapat dihitung atau diperkirakan dengan menggunakan suatu persamaan empiris tertentu. Persamaan ini mempertimbangkan besarnya beban sumbu kendaraan yang bekerja pada perkerasan serta karakteristik material dan ketebalan lapisan jalan. Dan kerusakan erosi adalah jumlah total beban lalu lintas yang masih dapat ditoleransi oleh struktur perkerasan jalan, yang dalam hal ini disebut sebagai jumlah beban yang diizinkan dan disimbolkan dengan N_e , dapat dihitung melalui suatu rumus. Formula tersebut dirancang untuk memperkirakan batas daya dukung perkerasan terhadap beban sumbu kendaraan yang bekerja secara berulang dalam jangka waktu tertentu. [12]

Jembatan Timbang

Kendaraan berat pengangkut barang merupakan salah satu sarana transportasi yang berperan penting dalam mendukung distribusi logistik. Dalam rangka pengawasan terhadap muatan kendaraan, pemerintah telah menetapkan standar operasional jembatan timbang melalui Peraturan Pemerintah Nomor 74 Tahun 2014. Regulasi tersebut mengatur kewajiban penurunan kelebihan muatan bagi kendaraan yang melampaui batas daya angkut lebih dari 5% sebagaimana tercantum dalam buku uji kendaraan. Oleh karena itu, jembatan timbang dituntut untuk menyediakan fasilitas dan pelayanan yang memadai guna mendukung implementasi kebijakan tersebut. Salah satu fasilitas yang perlu ditingkatkan adalah ketersediaan lahan parkir yang memadai bagi kendaraan berat yang diwajibkan untuk menurunkan muatan berlebih. [13]

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan metodologi yang digunakan dalam penelitian ini disajikan secara sistematis melalui bagan alir berikut.



Gambar 3. Tahapan Penelitian

Metode Perhitungan

Dalam penelitian ini diterapkan dua skenario perhitungan untuk mempermudah analisis data perencanaan maupun data aktual. Skenario pertama menggunakan beban kendaraan standar sesuai MDP 2024, sedangkan skenario kedua menggunakan beban ODOL dari PT. XYZ dengan metode AASHTO 1993. Skenario kedua dianalisis menggunakan pendekatan yang sama, kemudian hasilnya dibandingkan berdasarkan parameter CESAL dan sisa umur perkerasan. Perbandingan ini memberikan gambaran mengenai perbedaan kinerja perkerasan serta perubahan umur rencana jalan pada masing-masing kondisi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagaimana yang telah disampaikan pada Gambar 1 Diagram Alir Penelitian, penelitian ini melibatkan proses pengumpulan dan penyajian data yang menjadi dasar dalam tahap analisis.

Analisis Pertumbuhan Lalu Lintas

Proyeksi LHR dilakukan dengan membandingkan

data tahun 2023 dari PT. XYZ untuk menentukan laju pertumbuhan lalu lintas tahunan, yang digunakan dalam perencanaan umur perkerasan. Diketahui:

- Golongan II,
- LHR tahun ke-1 = 4582,
- LHR tahun ke-4 = 788,

Dengan penyelesaian perkembangan lalu lintas (i):

$$(i) = \left(\frac{LHR_n}{LHR} \right)^{1/n} - 1 = \left(\frac{788}{4582} \right)^{1/3} - 1 = -0,44 \dots \dots \dots (1)$$

Tabel 2. Perkiraan Perumbuhan Lalu Lintas

No	Golongan	LHR Tahun		I
		2020	2023	
1	I	46853	50125	0,02
2	II	4582	788	-0,44
3	III	1054	103	-0,54
4	IV	102	13	-0,5
5	V	72	14	-0,43

Analisis Vehicle Damage Factor (VDF)

VDF diperoleh dari perhitungan beban sumbu kendaraan berdasarkan distribusi pembebanan tiap golongan kendaraan. Pendekatan ini memberikan estimasi kontribusi tiap kendaraan terhadap kerusakan lapisan perkerasan. Perhitungannya penting sebagai dasar perencanaan umur layanan jalan serta kebutuhan perawatan atau rekonstruksi di masa depan. Diketahui:

- Jenis Kendaraan : Golongan II
- Beban : 16,008 ton
- Konfigurasi sumbu : - As 1: 38% STRT
- As 2 : 62% STRG

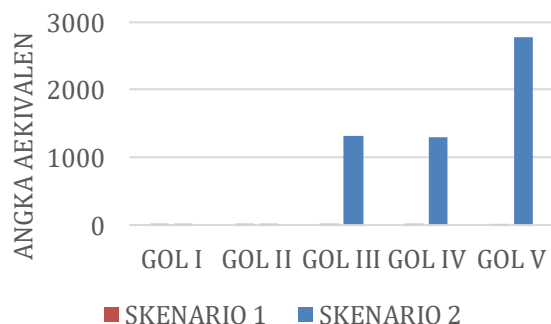
Dengan penyelesaian:

VDF = Angka Ekuivalen As 1 + Angka Ekuivalen As

$$VDF = 5,4 \left(\frac{38\% \times 16,008}{8,16} \right)^4 + 8,16 \left(\frac{62\% \times 16,008}{8,16} \right)^4 \dots \dots \dots (2)$$

$$VDF = 1,667 + 17,858 = 19,526$$

Berdasarkan analisis, nilai VDF tiap golongan kendaraan bervariasi sesuai rasio antara kondisi aktual dan rencana. Pada skenario 1, VDF lebih rendah dibanding skenario 2, menunjukkan kerusakan kendaraan aktual lebih besar daripada rencana. Perbedaan ini dipengaruhi oleh variasi nilai VDF pada masing-masing skenario.



Gambar 4. Perbandingan Faktor Perusak Beban Sumbu Kendaraan

Analisis Kumulatif Esal (CESAL)

Analisis CESAL digunakan untuk menghitung beban lalu lintas kumulatif ekuivalen sumbu standar, dengan mempertimbangkan faktor distribusi arah, distribusi lajur, volume lalu lintas, dan umur rencana jalan sebagai dasar perencanaan perkerasan.

Analisis CESAL Berdasarkan Skenario 1

Penelitian ini menggunakan dua skenario analisis, yaitu (1) beban kendaraan standar (MDP 2024) dan (2) beban ODOL dari PT. XYZ dengan metode AASHTO 1993. Kedua skenario dibandingkan berdasarkan CESAL dan sisa umur perkerasan untuk melihat pengaruhnya terhadap umur rencana jalan.

Tabel 3. CESAL Skenario 1

GOL	ESAL MENURUT MDP 2024					CESAL
	I	II	III	IV	V	
2020	5.130.375	209.032	1.568.024	119.806	84.223	7.111.460
2021	4.993.931	39.824	282.566	19.854	17.920	12.465.555
2022	5.481.810	38.269	226.128	15.670	16.345	18.243.778
2023	5.488.637	35.952	153.849	14.883	15.772	23.952.872
2024	5.752.092	37.678	161.234	15.598	16.529	29.936.002
2025	6.028.192	39.486	168.973	16.347	17.322	36.206.323
2026	6.317.546	41.381	177.084	17.131	18.154	42.777.620
2027	6.620.788	43.368	185.584	17.953	19.025	49.664.338
2028	6.938.586	45.449	194.492	18.815	19.938	56.881.619
2029	7.271.638	47.631	203.828	19.718	20.895	64.445.330
2030	7.620.676	49.917	213.612	20.665	21.898	72.372.098
2031	7.986.469	52.313	223.865	21.657	22.950	80.679.352
2032	8.369.819	54.824	234.611	22.696	24.051	89.385.353
2033	8.771.571	57.456	245.872	23.786	25.206	98.509.243
2034	9.192.606	60.214	257.674	24.927	26.415	108.071.079
2035	9.633.851	63.104	270.042	26.124	27.683	118.091.884
2036	10.096.276	66.133	283.004	27.378	29.012	128.593.687
2037	10.580.897	69.308	296.588	28.692	30.405	139.599.577
2038	11.088.780	72.634	310.825	30.069	31.864	151.133.749
2039	11.621.042	76.121	325.744	31.513	33.394	163.221.562
2040	12.178.852	79.775	341.380	33.025	34.997	175.889.590
2041	12.763.436	83.604	357.766	34.610	36.676	189.165.683
2042	13.376.081	87.617	374.939	36.272	38.437	203.079.028
2043	14.018.133	91.822	392.936	38.013	40.282	217.660.215
2044	14.691.004	96.230	411.797	39.837	42.215	232.941.298
2045	15.396.172	100.849	431.563	41.750	44.242	248.955.873

Analisis CESAL Berdasarkan Skenario 2

Analisis CESAL skenario 2 menggunakan data kendaraan ODOL untuk merepresentasikan kondisi riil, yang menunjukkan kerusakan perkerasan lebih besar dibanding beban standar.

Tabel 4. CESAL Skenario 2

GOL	ESAL MENURUT ODOL					CESAL
	I	II	III	IV	V	
2020	1.828.254	178.777	41.137	3.972	2.814	2.054.953
2021	1.779.631	34.060	7.413	658	599	3.877.314
2022	1.953.491	32.730	5.932	519	546	5.870.533
2023	1.955.924	30.748	4.036	493	527	7.862.262
2024	1.956.369	30.612	4.014	491	525	9.854.273
2025	1.956.814	30.476	3.993	488	522	11.846.567
2026	1.957.259	30.341	3.971	486	520	13.839.144
2027	1.957.705	30.206	3.950	484	518	15.832.006
2028	1.958.150	30.072	3.929	481	516	17.825.154
2029	1.958.596	29.938	3.908	479	514	19.818.588
2030	1.959.042	29.806	3.886	476	511	21.812.309
2031	1.959.487	29.673	3.866	474	509	23.806.318
2032	1.959.933	29.542	3.845	472	507	25.800.616
2033	1.960.379	29.410	3.824	469	505	27.795.204
2034	1.960.825	29.280	3.803	467	503	29.790.082
2035	1.961.271	29.150	3.783	465	500	31.785.251
2036	1.961.718	29.020	3.763	462	498	33.780.713
2037	1.962.164	28.892	3.742	460	496	35.776.467
2038	1.962.611	28.763	3.722	458	494	37.772.515
2039	1.963.057	28.636	3.702	455	492	39.768.857
2040	1.963.504	28.509	3.682	453	490	41.765.494
2041	1.963.951	28.382	3.662	451	488	43.762.428
2042	1.964.398	28.256	3.642	448	486	45.759.659
2043	1.964.845	28.131	3.623	446	484	47.757.187
2044	1.965.292	28.006	3.603	444	482	49.755.013
2045	1.965.739	27.882	3.584	442	479	51.753.139

Analisis Kumulatif Esal (CESAL) Berdasarkan Tebal Perkerasan *Existing*

Tabel 5. Parameter Perencana Metode AASHTO 1993 Pada Tebal *Existing*

No	Parameter Perencanaan	Nilai	Satuan
Variabel Tetap			
1	Tebal Perkerasan (D)	11,8110236	inci
2	Modulus Of Rupture (S_c')	794,922166	psi
3	Modulus Reaksi Tanah Dasar (k)	100	psi
4	Modulus Elastisitas (E_c)	382367,624	psi
5	Load Transfer (J)	2,5	
6	Serviceability Loss (ΔPSI)	2	
7	Initial Serviceability (p_o)	4,5	
8	Terminal Serviceability (p_t)	2,5	
9	Standar Deviasi (S_o)	0,3	
10	Koefisien Drainase (C_d)	1,2	
11	Traffic Design	17800000	CESAL

Variabel Asumsi		
1	Standar Normal Deviasi (Z_R)	-1,555
2	Reliability	94 %

Dari data di atas dapat dicek menggunakan penyelesaian:

$$\log_{10} w_{18} = Z_R S_0 + 7,35 \log_{10} (D+1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{P_0 - P_t}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32pt) \times \log_{10} \frac{s'_c \times C_d \times [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times J \times \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{(E_c \cdot k)^{0,25}} \right]} \quad (3)$$

$$\log_{10} 17800000 = (-1,555 \times 0,3) + 7,35 \log_{10} (11,811 + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{4,5 - 2,5}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(11,811 + 1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 \times 2,5) \times \log_{10} \frac{794 \times 1,2 \times [11,811^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times 2,5 \times \left[11,811^{0,75} - \frac{18,42}{\left(\frac{382367,6}{100} \right)^{0,25}} \right]}$$

7,3 = 7,3(OK)

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa struktur perkerasan *existing* diperkirakan mengalami kegagalan pada tahun 2028, dengan nilai kumulatif CESAL sebesar 17.800.000 berdasarkan angka CESAL aktual menurut beban kendaraan (ODOL). Dengan demikian, sisa umur layan dari perkerasan tersebut teridentifikasi selama 3 tahun, yakni dari tahun 2025 hingga 2028.

**Gambar 5.** Perbandingan CESAL

Analisis Sisa Umur Rencana Skenario 1

Nilai NP merepresentasikan kumulatif ESAL hingga 2045, sedangkan N1,5 adalah CESAL pada akhir umur rencana 20 tahun (2025–2045). Pada skenario 1, sisa umur

perkerasan existing diproyeksikan gagal pada 2022 berdasarkan hasil perhitungan. Diketahui:

- $N_p = 36206323$
- $N_{1,5} = 248955873$

Dengan penyelesaian:

$$RI = 100 \times \left[1 - \left(\frac{N_p}{N_{1,5}} \right) \right] \dots \dots \dots (4)$$

$$RI = 100 \left[1 - \left(\frac{36206323}{248955873} \right) \right] = 85,457\%$$

Analisis Sisa Umur Rencana Skenario 2

Analisis sisa umur skenario 2 menilai kemampuan perkerasan terhadap beban ODOL dengan membandingkan kumulatif beban aktual dan kapasitas desain. Hasilnya, perkerasan existing diproyeksikan gagal pada 2028 dari umur rencana 2025–2045. Diketahui:

- $N_p = 11846567$
- $N_{1,5} = 51753139$

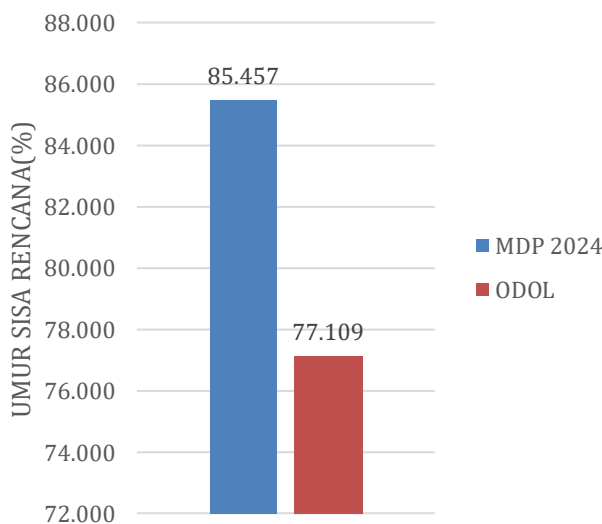
Dengan penyelesaian menggunakan persamaan 4:

$$RI = 100 \times \left[1 - \left(\frac{N_p}{N_{1,5}} \right) \right]$$

$$RI = 100 \left[1 - \left(\frac{11846567}{51753139} \right) \right] = 77,11\%$$

Tabel 6. Sisa Umur Rencana

Skenario	ESAL	Sisa Umur Rencana (%)
Skenario 1	248955873	85,457
Skenario 2	51753139	77,11



Gambar 6. Perbandingan Umur Sisa Perkerasan

Analisis Tebal Perkerasan Berdasarkan Skenario 1

Berdasarkan analisis, perkerasan existing pada ruas tol X memerlukan perencanaan ulang tebal perkerasan kaku dengan umur rencana 20 tahun, mengacu pada kumulatif CESAL hingga 2045 menggunakan metode MDP 2024.

1. Umur rencana

$$R = \frac{(1+0,01 i)^{UR}-1}{0,01(i)} \dots \dots \dots (5)$$

$$R = \frac{(1+0,01 (4,8))^{20}-1}{0,01(4,8)}$$

$$R = 32,37$$

2. Lalu lintas harian rata-rata

$$JSKN = (\sum LHR_{JK} \times JSKN_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots \dots \dots (6)$$

$$JSKN = 112162 \times 365 \times 0,5 \times 0,5 \times 32,37$$

3. Pertumbuhan lalu lintas

Tabel 7. Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas

Kelas Jalan	Jawa	Sumatra	Kalimantan	Rata- rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,8	4,83	5,14	4,75
Kolektor	3,5	3,5	3,5	3,5
Jalan Desa	1	1	1	1

4. Konfigurasi sumbu kendaraan

Berdasarkan MDP 2024, konfigurasi sumbu kendaraan dibedakan menurut jumlah sumbu dan roda pada tiap golongan. Setiap konfigurasi menentukan besarnya beban yang diteruskan ke perkerasan serta digunakan dalam perhitungan *Vehicle Damage Factor* (VDF) dan CESAL. Semakin banyak sumbu dan roda, beban per roda lebih kecil, sehingga tingkat kerusakan perkerasan lebih terkendali dibanding kendaraan dengan sedikit sumbu namun beban besar.

5. Daya dukung efektif tanah dasar

Nilai CBR sebesar 4% dengan *subgrade* efektif 60% berdasarkan data PT. XYZ menunjukkan bahwa tanah memenuhi syarat teknis untuk perkerasan kaku.

6. Analisis faktor *fatigue* dan erosi

Berikut proses penentuan tebal perkerasan rigid berdasarkan MDP 2024 yang terkumpul dan berbagai data yang diperoleh dari PT.XYZ, dengan total erosi 77,01% maka diperoleh sebagai berikut :

- Direncanakan tebal perkerasan: 39 cm
- Umur Rencana : 20 Tahun
- FS : 4,5 Mpa
- Jenis lapisan pondasi : beton krus
- Faktor keamanan beban : 1,2
- CBR : 4%

Analisis Tebal Perkerasan Berdasarkan Skenario 2

Perhitungan tebal perkerasan pada skenario 2 dilakukan berdasarkan pendekatan metode AASHTO 1993, yang mempertimbangkan beban lalu lintas aktual, kondisi tanah dasar, dan karakteristik material perkerasan untuk menjamin ketahanan struktur jalan terhadap beban berlebih secara berkelanjutan.

Tabel 8. Parameter Perencana Metode AASHTO 1993

No	Parameter Perencanaan	Nilai	Satuan
Variabel Tetap			
1	Tebal Perkerasan (D)	13,7795276	inchi

2	Modulus Of Rupture (S_c')	794,922166	psi
3	Modulus Reaksi Tanah Dasar (k)	100	psi
4	Modulus Elastisitas (E_c)	382367,624	psi
5	Load Transfer (J)	2,5	
6	Serviceability Loss (ΔPSI)	2	
7	Initial Serviceability (p_o)	4,5	
8	Terminal Serviceability (p_t)	2,5	
9	Standar Deviasi (S_o)	0,3	
10	Koefisien Drainase (C_d)	1,2	
11	Traffic Design	517531389	CESAL
Variabel Asumsi			
1	Standar Normal Deviasi (Z_R)	-1,555	
2	Reliability	94	%

Dari data di atas dapat di cek dengan persamaan 3:
 $\log_{10} 517531389 =$

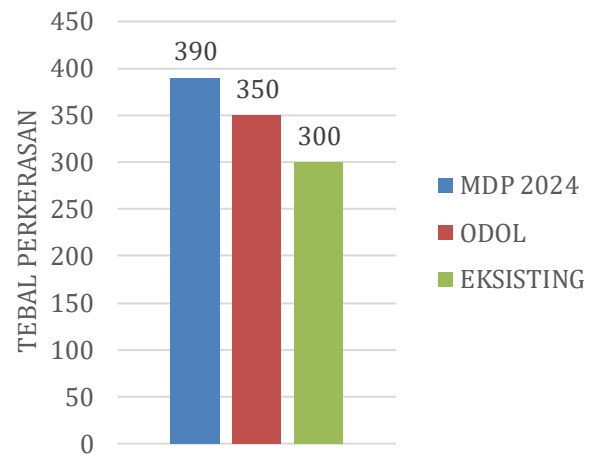
$$\begin{aligned}
 & (-1,555 \times 0,3) + 7,35 \log_{10} (13,78 + 1) - 0,06 \\
 & + \frac{\log_{10} \left[\frac{4,5-2,5}{4,5-1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(13,78+1)^{8,46}}} \\
 & + (4,22 - 0,32 \times 2,5) \\
 & \times \log_{10} \frac{794 \times 1,2 \times [13,78^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times 2,5 \times \left[13,78^{0,75} - \frac{18,42}{\left(\frac{382367,6}{100} \right)^{0,25}} \right]}
 \end{aligned}$$

7,7 = 7,7(OK)

Berdasarkan hasil analisis tebal perkerasan yang telah dijabarkan pada subbab sebelumnya, dilakukan perbandingan ketebalan perkerasan rencana pada skenario 1 dan skenario 2 dengan menggunakan dua metode perencanaan, yaitu Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024 dan AASHTO 1993. Dari hasil evaluasi kondisi perkerasan existing diketahui bahwa umur layanan yang tersisa hanya mampu bertahan hingga tahun 2028. Fakta ini menunjukkan bahwa perkerasan jalan yang ada saat ini tidak lagi memadai untuk mendukung kebutuhan lalu lintas jangka panjang, sehingga diperlukan perencanaan ulang struktur perkerasan pada ruas jalan tol X agar dapat menjamin keberlanjutan layanan dengan umur rencana minimal 20 tahun ke depan.

Dalam konteks penelitian ini, fokus pembahasan diarahkan pada perbandingan hasil perhitungan ketebalan perkerasan antara kedua metode tersebut. Analisis perbandingan ini tidak hanya bertujuan untuk mengetahui selisih kebutuhan ketebalan perkerasan, tetapi juga memberikan gambaran mengenai implikasinya terhadap kinerja, daya tahan, serta efisiensi struktur perkerasan dalam menahan beban lalu lintas selama umur rencana. Dengan demikian,

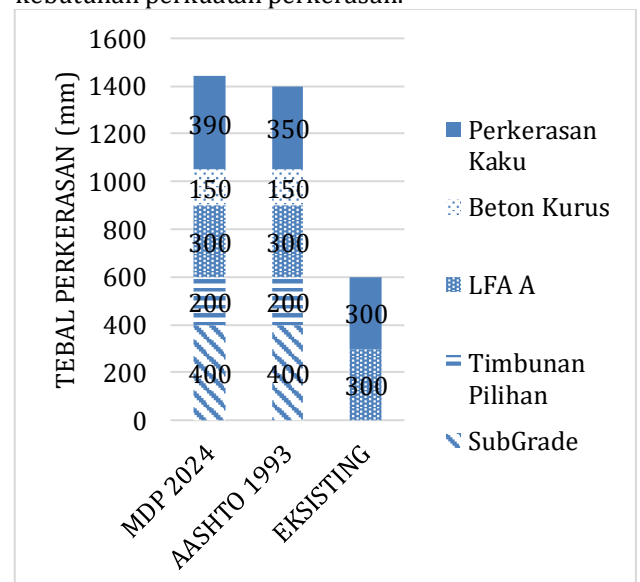
hasil yang diperoleh diharapkan mampu menjadi dasar dalam menentukan metode perencanaan yang lebih sesuai, baik dari aspek teknis maupun keberlanjutan pemeliharaan jalan. Perbedaan hasil perhitungan tebal perkerasan antara kedua metode disajikan pada uraian berikut.



Gambar 7. Perbandingan Tebal Perkerasan

Analisis Struktur Perkerasan Kaku

Analisis struktural perkerasan kaku bertujuan menilai kemampuan pelat beton menahan beban berulang selama umur rencana. Perhitungan dilakukan dengan metode AASHTO 1993 dan MDP 2024. AASHTO menekankan hubungan beban lalu lintas, material, dan kenyamanan, sedangkan MDP menyesuaikan kondisi Indonesia dengan memperhitungkan distribusi beban (JSKN), faktor erosi, serta tegangan akibat beban dan lingkungan. Dari analisis ini ditentukan kebutuhan tebal pelat, kekuatan lapis pondasi, dan potensi kerusakan untuk memastikan kelayakan atau kebutuhan perkuatan perkerasan.



Gambar 8. Perbandingan Pondasi Perkerasan Kaku

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis, sisa umur rencana perkerasan pada skenario 1 adalah

85,457% dengan akhir umur pada tahun 2022, sedangkan pada skenario 2 sebesar 77,109% dengan akhir umur pada tahun 2028 setelah pemeliharaan oleh PT. XYZ. Hasil analisis kebutuhan tebal perkerasan kaku menunjukkan perlunya perencanaan ulang, di mana skenario 1 membutuhkan tebal 39 cm, skenario 2 sebesar 35 cm, sementara kondisi eksisting hanya 30 cm. Hal ini menegaskan bahwa perkerasan eksisting tidak lagi memadai untuk menahan beban lalu lintas, khususnya akibat kendaraan ODOL, sehingga diperlukan perkuatan atau perencanaan ulang perkerasan untuk menjamin kinerja optimal sesuai umur rencana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. D. Beti, P. R. W. Wowo, W. Sutrisno, and D. Sulistyorini, "Analisis dampak beban berlebih (overload) kendaraan terhadap umur rencana perkerasan jalan menggunakan metode Aashto (Studi kasus: Jalan Yogyakarta-Prambanan)," *Semin. Nas. Has. Penelit. dan Abdimas*, vol. 1, no. 1, pp. 852–862, 2022.
- [2] I. Hidayat and N. E. Putra, "Pengaruh Beban Berlebih Terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan (Studi Kasus Jalan Cemara Medan)," *JMRI J. Multidiscip. Res. Innov.*, vol. 2, no. 1, pp. 24–34, 2024, doi: 10.61240/jmri.v2i1.61.
- [3] PUPR, "Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No . 04 / SE / M / 2010 tentang Pemberlakuan Pedoman Cara Uji California Bearing Ratio (CBR) dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP) KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM," *Pemberlakuan Pedoman Cara Uji Calif. Bear. Ratio dengan Dyn. Cone Penetrom.*, vol. 1, no. 04, pp. 1–20, 2010.
- [4] F. P. Purwahono and I. Solichin, "Analisa Pengaruh Beban Kendaraan Terhadap Sisa Umur Rencana Jalan Dengan Metode Bina Marga 2017 Pada Ruas Jalan Brigjend Katamso - Jalan Raya Berbek - Jalan Raya Wadung Asri (STA 0+000 – STA 5+000)," *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 3, pp. 9919–9933, 2023.
- [5] G. Satria, "Truck ODOL Bikin Jalan Rusak Rugikan Negara Sampai Rp. 43 Triliun?," *Kompas.com*.
- [6] N. Bumulo, R. A. Djau, and P. Dunda, "Studi Pengaruh Beban Berlebih Terhadap Pengurangan Umur Perkerasan Jalan," *Radial*, vol. 11, no. 1, pp. 164–175, 2023.
- [7] P. Beban Berlebih Terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan Studi Kasus Ruas Jalan Jenderal, S. Anjarwati, and L. Oktafiani Rejeki, "the Effect of Overload on the Design Life of the Road Pavement (Case Study of Jenderal Soedirman Road Sokaraja)," *Hal*, vol. 2, no. 2, pp. 75–86, 2021.
- [8] J. J. Bester, D. Kruger, and A. Hinks, "Construction and demolition waste in South Africa," *Proceedings of the International Conference on Sustainable Waste Management and Recycling: Construction Demolition Waste*. pp. 63–70, 2004.
- [9] K. H. Putra, T. M. CA, and J. V. Missel, "Desain Perkerasan Kaku Pada Jalan Kandang-Sememi, Surabaya Dengan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017," *TAPAK (Teknologi Apl. Konstr. J. Progr. Stud. Tek. Sipil*, vol. 12, no. 1, p. 14, 2022, doi: 10.24127/tp.v12i1.2318.
- [10] D. P. dan P. Wilayah, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, "Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen (Pd T-14-2003)," *Book*, p. 51, 2003.
- [11] S. Sukirman, *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. 2010.
- [12] Marga DJB, "Manual Desain Perkerasan Jalan 2024," *Kementrian PUPR*, pp. 31–52, 2024.
- [13] A. D. Wardhanto, I. C. Feriawan, D. Purwanto, and K. H. Basuki, "Berdasarkan Peraturan Pemerintah," *J. Karya Tek. Sipil*, vol. 5, no. 2, pp. 29–44, 2016.