

Pengaruh Beban Lalu Lintas terhadap Sisa Umur Rencana
Perkerasan Jalan Menggunakan Metode Bina Marga 2024
Pada Ruas Jalan Swadaya, Mataram

Dela Dwi Santika*, Anwar Efendy, Nurul Hidayati, Isfanari

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Mataram, Mataram-83115, Indonesia

ARTICLE INFO

Kata Kunci:
Beban Lalu Lintas; Sisa
Umur Rencana; Bina Marga
2024; Umur Layan
Perkerasan; CESAL.

***Correspondence email:**
deladwisantika@gmail.com

Submitted: 22 April 2026
Revised: 05 Agustus 2026
Accepted: 05 Agustus 2026
Published: 06 Agustus 2026

ABSTRAK

Peningkatan volume lalu lintas, khususnya kendaraan berat dengan muatan berlebih, mempercepat penurunan kinerja perkerasan jalan sebelum mencapai umur rencana. Hal ini menyebabkan jalan lokal perkotaan rentan mengalami kerusakan dini akibat beban sumbu yang melampaui kapasitas desain. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh beban lalu lintas terhadap sisa umur rencana perkerasan jalan pada Ruas Jalan Swadaya, Kota Mataram, menggunakan Metode Bina Marga 2024. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif melalui analisis data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR), *Vehicle Damage Factor* (VDF), serta perhitungan *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) pada kondisi normal dan faktual. Hasil penelitian menunjukkan nilai CESAL kumulatif pada kondisi normal sebesar 94828 ESA, sedangkan pada kondisi faktual meningkat menjadi 156175 ESA akibat tingginya beban kendaraan. Kondisi tersebut menyebabkan nilai *Remaining Life* (RL) menurun drastis, di mana pada kondisi normal umur rencana jalan masih dapat dicapai hingga 10 tahun, sedangkan pada kondisi faktual umur layanan perkerasan diperkirakan hanya mampu bertahan sekitar 7,33 tahun atau mengalami percepatan penurunan umur layanan sebesar 2,67 tahun dibandingkan umur rencana normal. Nilai RL pada kondisi faktual menurun lebih cepat hingga mencapai 7% pada tahun 2033 dan -65% pada akhir periode analisis, yang mengindikasikan struktur perkerasan telah melampaui kapasitas rencana dan tidak lagi layak secara struktural. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian kendaraan bermuatan berlebih serta penanganan berupa rehabilitasi berat atau rekonstruksi untuk mempertahankan kinerja perkerasan.

ABSTRACT

Keywords:
Traffic Load; Remaining
Design Life; Bina Marga
2024; Pavement Service Life;
CESAL.

The increase in traffic volume, particularly overloaded heavy vehicles, accelerates pavement deterioration before reaching its design life. This makes urban local roads vulnerable to premature damage due to axle loads exceeding design capacity. This study aims to analyze the effect of traffic loads on the remaining pavement service life on Jalan Swadaya, Mataram City, using the Bina Marga 2024 method. A quantitative approach was employed through analysis of Average Daily Traffic (ADT), *Vehicle Damage Factor* (VDF), and *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) under normal and actual conditions. Results showed cumulative CESAL under normal conditions was 94828 ESA, while under actual conditions it increased to 156175 ESA due to high traffic loads. This caused a significant decrease in Remaining Life (RL), where under normal conditions the pavement could achieve its 10-year design life, while under actual conditions service life was estimated at only 7.33 years, an accelerated reduction of 2.67 years compared to the design life. Under actual conditions, RL decreased to 7% in 2033 and -65% at the end of the analysis period, indicating the pavement had exceeded its design capacity and was no longer structurally feasible. Therefore, controlling overloaded vehicles and implementing heavy rehabilitation or reconstruction are necessary to maintain pavement performance.

PENDAHULUAN

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan penghubung, bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah, dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel, jalan lori, dan jalan kabel (Peraturan Presiden RI, 2022). Kinerja jalan sangat dipengaruhi oleh kemampuan perkerasan dalam menahan dan mendistribusikan beban lalu lintas ke tanah dasar secara aman. Namun, dalam kondisi aktual, peningkatan beban lalu lintas yang tidak sesuai dengan perencanaan sering menyebabkan penurunan kinerja perkerasan lebih cepat dari umur rencana (Efendy et al., 2023).

Pertumbuhan lalu lintas, khususnya kendaraan berat, menjadi faktor dominan yang mempengaruhi kondisi perkerasan jalan. Semakin tinggi volume kendaraan yang melintas, maka semakin besar beban yang diterima perkerasan sehingga dapat mempercepat penurunan umur layanan jalan (Utari et al., 2025). Selain itu, semakin tinggi jumlah

kendaraan yang melintas, maka beban yang diterima perkerasan juga meningkat sehingga berpotensi mempercepat kerusakan jalan (Desa et al., 2024). Kondisi di lapangan menunjukkan bahwa banyak kendaraan beroperasi dengan muatan melebihi kapasitas yang direncanakan, sehingga menimbulkan tekanan berlebih pada struktur perkerasan dan mempercepat penurunan umur rencana (Misela et al., 2024). Beban berlebih ini juga meningkatkan nilai *Vehicle Damage Factor* (VDF) yang mempercepat akumulasi beban sumbu kendaraan (Suryawan et al., 2025).

Umur rencana perkerasan jalan didefinisikan sebagai kemampuan struktur jalan dalam menahan repetisi beban lalu lintas dalam satuan *Equivalent Standard Axle Load* (ESAL) hingga mencapai batas kerusakan tertentu (Sutrisno et al., 2022). Namun, perbedaan antara kondisi perencanaan dan kondisi aktual di lapangan sering menyebabkan umur layanan jalan lebih pendek dari yang direncanakan. Oleh karena itu, analisis sisa umur rencana (RL) diperlukan untuk mengevaluasi tingkat kerusakan aktual dan menentukan kebutuhan penanganan yang tepat.

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa beban berlebih dapat menyebabkan penurunan umur rencana jalan secara drastis, bahkan hingga beberapa tahun lebih cepat dari yang direncanakan (Purwahono & Solichin, 2023). Namun, sebagian besar penelitian masih menggunakan metode Bina Marga versi sebelumnya dan berfokus pada ruas jalan di kawasan industri atau jalan utama. Selain itu, kajian yang menggunakan Metode Bina Marga 2024 masih terbatas, khususnya pada ruas jalan lokal perkotaan dengan karakteristik lalu lintas yang beragam. Kondisi tersebut menunjukkan masih terbatasnya penelitian yang menerapkan metode terbaru pada kondisi jalan aktual, sehingga diperlukan kajian yang lebih representatif dengan menggunakan data lalu lintas faktual dan pendekatan metode terbaru untuk menghasilkan analisis yang lebih akurat.

Dalam konteks ini, penelitian pada Ruas Jalan Swadaya, Kelurahan Kekalik, Kecamatan Sekarbela, Kota Mataram menjadi penting karena ruas tersebut merupakan jalan lokal dengan aktivitas permukiman dan ekonomi yang cukup tinggi, sehingga berpotensi mengalami peningkatan beban lalu lintas yang dapat mempengaruhi umur rencana perkerasan. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan metode Bina Marga 2024 pada ruas jalan lokal perkotaan yang masih jarang dikaji.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh beban lalu lintas terhadap sisa umur rencana perkerasan jalan pada Ruas Jalan Swadaya Kota Mataram menggunakan metode Bina Marga 2024 sehingga dapat memberikan gambaran kondisi aktual perkerasan serta menjadi dasar dalam pengambilan keputusan pemeliharaan jalan yang lebih efektif dan tepat sasaran.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan memanfaatkan data primer dan data sekunder sebagai sumber utama analisis. Data primer diperoleh melalui survei langsung di lokasi penelitian, yaitu pada Ruas Jalan Swadaya, Kelurahan Kekalik, Kecamatan Sekarbela, Kota Mataram. Survei dilakukan untuk mendapatkan data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) berdasarkan klasifikasi jenis kendaraan. Pengamatan dilakukan pada titik yang mewakili kondisi lalu lintas aktual, dengan pencatatan jumlah kendaraan yang melintas sesuai golongan kendaraan, meliputi sepeda motor, mobil, kendaraan ringan, kendaraan angkutan umum, pick-up, bus, serta truk dengan berbagai konfigurasi sumbu.

Selain data primer, penelitian ini juga menggunakan data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait. Data sekunder meliputi parameter perencanaan seperti umur rencana perkerasan dan nilai *Vehicle Damage Factor* (VDF) yang mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2024. Penggunaan data sekunder ini bertujuan untuk melengkapi analisis serta memastikan bahwa perhitungan dilakukan sesuai dengan standar yang berlaku (Suryawan et al., 2025).

Pengumpulan data lalu lintas dilakukan selama 3 (tiga) hari pengamatan, yaitu pada hari Selasa hingga Kamis, tanggal 10 Februari 2026 sampai 12 Februari 2026, yang menggambarkan kondisi hari kerja (*weekday*). Pengamatan dilakukan mulai dari pukul 06:00 WITA sampai dengan 00:00 WITA untuk memperoleh representasi kondisi lalu lintas harian. Proses pengambilan data dilakukan dengan metode pencatatan langsung (*manual counting*) maupun bantuan alat pencatat lalu lintas menggunakan *multicounter*, kemudian didokumentasikan dan direkapitulasi untuk memperoleh nilai LHR tiap jenis kendaraan.

Teknik Perhitungan

1. Volume lalu lintas harian rata-rata

Volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) merupakan jumlah kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan dalam satu hari yang dinyatakan dalam satuan kendaraan per hari, biasanya dihitung sepanjang tahun. Nilai ini diperoleh melalui hasil pengamatan lapangan dengan mengelompokkan kendaraan berdasarkan jenisnya, kemudian diakumulasi selama periode survei. LHR selanjutnya digunakan sebagai parameter dasar dalam menganalisis beban lalu lintas serta dalam perhitungan kinerja dan umur rencana perkerasan jalan.

2. Pertumbuhan lalu lintas

Dalam penelitian ini, faktor pertumbuhan kumulatif digunakan sebagai parameter untuk memproyeksikan pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana (Batubara et al., 2023), yang dihitung berdasarkan ketentuan dalam Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 dan dinyatakan dalam persamaan 1 berikut.

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

Dimana:

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

i : Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%).

UR : Umur rencana (Tahun).

Nilai R yang diperoleh digunakan sebagai salah satu koefisien dalam menghitung nilai ESAL maupun CESAL.

Tabel 1. Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas i (%)

	Jawa	Sumatra	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri perkotaan	4,8	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,5	3,5	3,5	3,5
Jalan desa	1	1	1	1

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan (2024)

3. Prediksi LHR selama umur rencana.

Prediksi Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) selama umur rencana dilakukan untuk memperkirakan perkembangan volume kendaraan di masa mendatang. Nilai LHR diperoleh dari data primer hasil survei lapangan, sedangkan proyeksi LHR untuk tahun-tahun selanjutnya dihitung menggunakan persamaan 2 berikut.

$$LHR_n = (1 + i)^n \times LHR_0 \quad (2)$$

Dimana:

LHR_n : Jumlah LHR pada survei akhir.

LHR_0 : Jumlah LHR pada survei awal.

n : Selisih tahun data yang diambil.

i : Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%).

4. Analisa Nilai ESAL

Kumulatif beban sumbu standar ekivalen dihitung berdasarkan umur rencana selama 10 tahun sejak jalan mulai dioperasikan (Pratama et al., 2025). ESAL merupakan total beban sumbu lalu lintas selama umur rencana (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2024) dan digunakan sebagai indikator utama dalam perencanaan perkerasan jalan karena menunjukkan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh beban kendaraan yang melintas (Desa et al., 2024). Nilai ESAL normal dan faktual dihitung menggunakan persamaan 3 berikut.

$$ESAL = (\sum LHRT \times VDF) \quad (3)$$

Dimana:

$ESAL$: Faktor ekivalen beban.

$\sum LHRT$: Jumlah LHR setiap jenis kendaraan per-tahun.

VDF : Faktor Kerusakan Kendaraan.

5. Analisa Nilai CESAL

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Standard Axle Load* (CESAL) ialah beban total yang akan diterima oleh perkerasan selama umur rencana (Apriansyah et al., 2025). Untuk menentukan nilai CESAL dapat menggunakan persamaan 4 berikut.

$$CESAL = \sum ESAL \times 365 \times DL \times DD \times R \quad (4)$$

Dimana:

$CESAL$: Kumulatif beban sumbu kendaraan.

$\sum ESAL$: Jumlah faktor ekuivalen beban.
 365 : Jumlah hari dalam satu tahun.
 DL : Faktor distribusi lajur.
 DD : Faktor distribusi arah.
 R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

6. Sisa Umur Rencana (*Remaining Life*).

Penurunan umur rencana merupakan berkurangnya kemampuan perkerasan jalan dalam melayani lalu lintas akibat akumulasi repetisi beban kendaraan yang dinyatakan dalam satuan *Equivalent Single Axle Load* (ESAL) selama periode tertentu (Aidi et al., 2022; Priyanda & Elkhasnet, 2022). Kumulatif ESAL dihitung per tahun mulai dari tahun pertama sampai akhir masa layan (Humaerok et al., 2026). Untuk menghitung sisa umur rencana dapat menggunakan persamaan 5 berikut.

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

Dimana:

RL : Persentase sisa umur rencana/*Remaining Life*.
 N_p : Kumulatif ESAL pada awal tahun.
 $N_{1,5}$: Kumulatif ESAL pada akhir tahun rencana.

Tahap Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengolah data lalu lintas hasil survei guna mengetahui pengaruh beban kendaraan terhadap sisa umur rencana perkerasan jalan. Proses analisis mengacu pada metode Bina Marga 2024 yang mempertimbangkan pertumbuhan lalu lintas dan beban sumbu kendaraan sebagai dasar evaluasi kinerja perkerasan. Tahapan analisis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR).
2. Perhitungan pertumbuhan lalu lintas.
3. Prediksi LHR selama umur rencana.
4. Analisis CESAL normal dan Faktual.
5. Menghitung persentase sisa umur rencana (*Remaining Life*) akibat beban kendaraan.

HASIL

Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR).

Perhitungan volume lalu lintas yang umum digunakan yaitu LHR. Ruas Jalan Swadaya termasuk kedalam tipe 2/2UD. Berdasarkan survei lalu lintas yang dilakukan pada hari Selasa 10 Februari 2026 sampai hari Kamis 12 Februari 2026 di Ruas Jalan Swadaya, Kelurahan Kekalik, Kecamatan Sekarbela, Kota Mataram, diperoleh volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) untuk setiap golongan kendaraan. Hasil perhitungan tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data LHR Jalan Swadaya tahun 2026

Jenis Kendaraan	Golongan kendaraan	Total Kendaraan Dalam Dua Arah
Sepeda motor dan kendaraan roda-3	1	21446
Kendaraan ringan - sedan, jeep, dan station wagon	2	1000
Kendaraan ringan - angkutan umum sedang	3	5
Kendaraan ringan - pick up, micro truk	4	161
Bus kecil	5A	1
Bus besar	5B	1
Truk 2 sumbu-truk ringan	6A	37
Truk 2 sumbu-truk sedang	6B	17
Truk 3 sumbu-berat	7A1	0
Truk 3 sumbu-berat	7A2	0

Sumber: Pengolahan Data (2026)

Pertumbuhan lalu lintas

Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 (Bina Marga 2024), nilai pertumbuhan lalu lintas ditentukan berdasarkan klasifikasi jenis dan fungsi jalan. Untuk wilayah Nusa Tenggara Barat (NTB), digunakan nilai acuan rata-rata Indonesia pada klasifikasi jalan perkotaan sebesar 4,75%. Nilai tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam

menghitung laju pertumbuhan lalu lintas kumulatif. Laju pertumbuhan ini selanjutnya berpengaruh terhadap nilai faktor pertumbuhan lalu lintas (R), di mana semakin besar tingkat pertumbuhan lalu lintas, maka nilai faktor pertumbuhan (R) juga akan semakin besar. Perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas (R) selama umur rencana 10 tahun dilakukan dengan menggunakan Persamaan 1 berikut.

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

$$R = \frac{(1 + 0,01 \times 4,75\%)^{10} - 1}{0,01 \times 4,75\%}$$

$$R = 12,432$$

Hasil perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas kumulatif (R) selama umur rencana disajikan pada Tabel 3. Nilai R dihitung berdasarkan laju pertumbuhan lalu lintas tahunan sebesar 4,75% dan digunakan secara konsisten dalam perhitungan CESAL.

Tabel 3. Laju Pertumbuhan Lalu Lintas Kumulatif

Tahun	i (%)	R
1	4,75%	1,000
2	4,75%	2,048
3	4,75%	3,145
4	4,75%	4,294
5	4,75%	5,498
6	4,75%	6,759
7	4,75%	8,080
8	4,75%	9,464
9	4,75%	10,914
10	4,75%	12,432

Sumber: Pengolahan Data (2026)

Prediksi LHR selama umur rencana.

Prediksi LHR selama umur rencana dilakukan berdasarkan data LHR hasil survei pada Tabel 2. Tahun awal analisis harus menggunakan nilai LHR dasar yang sama dengan hasil survei, sedangkan tahun-tahun berikutnya dihitung berdasarkan laju pertumbuhan lalu lintas tahunan sebesar 4,75%. Nilai tersebut kemudian digunakan untuk memperkirakan perkembangan LHR pada tahun-tahun berikutnya selama umur rencana. Perhitungan LHR selama periode tersebut dilakukan dengan menggunakan Persamaan 2 berikut:

$$LHR_n = (1 + i)^n \times LHR_0$$

$$LHR_n = (1 + 4,75\%)^1 \times 1$$

$$LHR_n = 1$$

Perhitungan LHR untuk masing-masing golongan kendaraan pada tahun-tahun berikutnya disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. LHR Selama Umur Rencana tahun 2027-2036

Golongan	LHRT Tahun 1-10									
	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1	22465	23532	24650	25821	27047	28332	29678	31087	32564	34111
2	1047	1097	1149	1203	1261	1320	1383	1449	1518	1590
3	6	6	6	6	7	7	7	8	8	8
4	169	177	185	194	203	213	223	233	244	256
5A	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
5B	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
6A	38	40	42	44	46	48	51	53	56	58
6B	18	19	20	20	21	22	24	25	26	27
Jumlah	23744	24872	26054	27291	28588	29946	31368	32858	34419	36054

Sumber: Pengolahan Data (2026)

Analisis Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESAL)

CESAL Normal

Perhitungan Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESAL) normal dilakukan dengan mengalikan jumlah kendaraan dengan nilai Vehicle Damage Factor (VDF) untuk masing-masing jenis kendaraan (Mulia et al., 2025), Nilai VDF yang digunakan mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 dan disesuaikan dengan kondisi wilayah Nusa Tenggara Barat, sebagaimana disajikan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Nilai VDF Normal			
Kelas Kendaraan	Gol. 5b	Gol. 6a	Gol. 6b
Normal	1,2	0,5	0,4

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan (2024)

Masing-masing golongan tersebut dijumlahkan untuk memperoleh total ESAL dalam satu tahun. Persamaan 3 digunakan untuk menghitung nilai ESAL adalah sebagai berikut.

$ESAL = (\sum LHRT \times VDF)$
 $ESAL = (1 \times 1,2)$
 $ESAL = 1$

Perhitungan nilai ESAL untuk tahun-tahun selanjutnya disajikan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Nilai ESAL Normal Selama Umur Rencana tahun 2027-2036											
Golongan	VDF	ESAL Tahun 1-10 NORMAL									
		2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5A		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5B	1,2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
6A	0,5	19	20	21	22	23	24	25	26	28	29
6B	0,4	7	7	8	8	9	9	9	10	10	11
JUMLAH		28	29	30	32	33	35	36	38	40	42

Sumber: Pengolahan Data (2026)

Nilai ESAL = 0 untuk kendaraan ringan seperti sepeda motor, mobil penumpang, angkutan umum, pick-up, dan bus kecil (Golongan 1, 2, 3, 4, dan 5A) karena nilai Vehicle Damage Factor (VDF) untuk golongan tersebut dianggap nol atau kontribusi bebannya diabaikan sesuai Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2024.

Berdasarkan ketentuan dalam Manual Desain Perkerasan Jalan 2024, nilai distribusi lajur (DL) yang digunakan sebesar 100% karena Jalan Swadaya hanya mempunyai 1 lajur untuk setiap arah. Sementara itu, faktor distribusi arah (DD) diambil sebesar 0,5 karena ruas Jalan Swadaya mempunyai 2 arah. Nilai CESAL dihitung menggunakan persamaan 4 berikut.

$CESAL = \sum ESAL \times 365 \times DL \times DD \times R$
 $CESAL = 28 \times 365 \times 100\% \times 0,5 \times 1$
 $CESAL = 5023$

Perhitungan nilai CESAL untuk sepuluh tahun selanjutnya disajikan pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Nilai CESAL Normal Selama Umur Rencana tahun 2027-2036					
Tahun	$\sum ESAL$	DL	DD	R	CESAL
2027	28	100%	0,5	1,000	5023
2028	29	100%	0,5	2,048	10774
2029	30	100%	0,5	3,145	17334
2030	32	100%	0,5	4,294	24794
2031	33	100%	0,5	5,498	33253
2032	35	100%	0,5	6,759	42823
2033	36	100%	0,5	8,080	53624

Tahun	Σ ESAL	DL	DD	R	CESAL
2034	38	100%	0,5	9,464	65791
2035	40	100%	0,5	10,914	79471
2036	42	100%	0,5	12,432	94828

Sumber: Pengolahan Data (2026)

CESAL Faktual

Nilai *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) pada kondisi faktual tidak menunjukkan perbedaan yang cukup besar dibandingkan dengan kondisi normal, perbedaannya terletak pada nilai VDF sesuai ketentuan dalam Manual Desain Perkerasan Jalan 2024. Nilai VDF pada kondisi faktual ini mencerminkan kondisi muatan kendaraan yang sebenarnya terjadi di lapangan, termasuk adanya muatan berlebih (*overload*). Adapun nilai VDF untuk kondisi faktual disajikan pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Nilai VDF Faktual

Kelas Kendaraan	Gol. 5b	Gol. 6a	Gol. 6b
Faktual	1,2	0,5	1,4

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan (2024)

Tahapan dan bentuk perhitungan CESAL faktual pada dasarnya identik dengan perhitungan CESAL normal. Perbedaan yang terdapat hanya pada nilai VDF yang digunakan dalam proses analisis. Perhitungan ESAL dilakukan dengan menggunakan Persamaan 3, yang kemudian menjadi dasar dalam penentuan nilai CESAL. Hasil perhitungan tersebut disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 9. Nilai ESAL Faktual Selama Umur Rencana tahun 2027-2036

Golongan	VDF	ESAL Tahun 1-10 FAKTUAL									
		2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5A		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5B	1,2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
6A	0,5	19	20	21	22	23	24	25	26	28	29
6B	1,4	25	26	27	29	30	31	33	34	36	38
JUMLAH		45	47	50	52	55	57	60	63	66	69

Sumber: Pengolahan Data (2026)

Nilai ESAL = 0 untuk kendaraan ringan seperti sepeda motor, mobil penumpang, angkutan umum, pick-up, dan bus kecil (Golongan 1, 2, 3, 4, dan 5A) karena nilai *Vehicle Damage Factor* (VDF) untuk golongan tersebut dianggap nol atau kontribusi bebannya diabaikan sesuai Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2024.

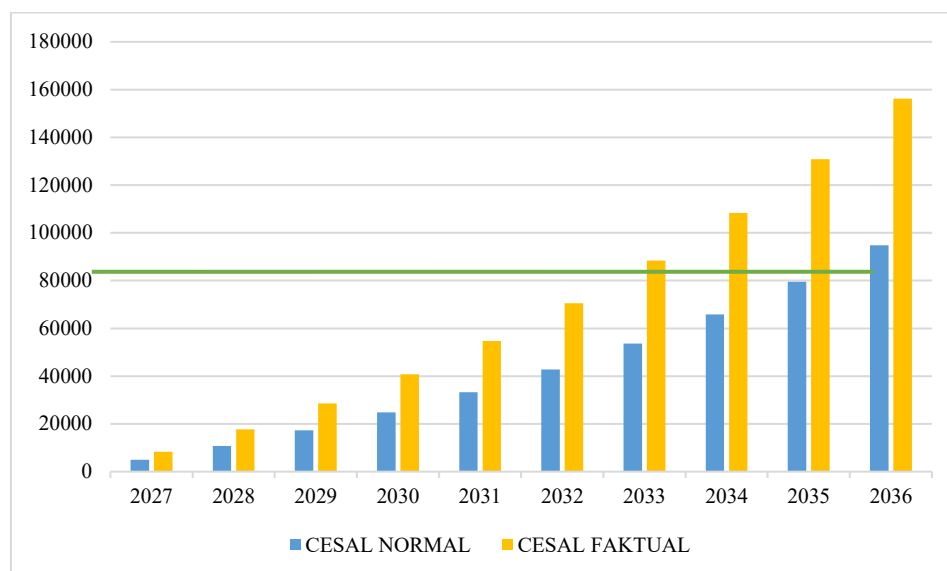
Perhitungan nilai CESAL untuk tahun selanjutnya selama umur rencana disajikan pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Nilai CESAL Faktual Selama Umur Rencana tahun 2027-2036

Tahun	Σ ESAL	DL	DD	R	CESAL
2027	45	100%	0,5	1,000	8273
2028	47	100%	0,5	2,048	17744
2029	50	100%	0,5	3,145	28548
2030	52	100%	0,5	4,294	40834
2031	55	100%	0,5	5,498	54766
2032	57	100%	0,5	6,759	70526
2033	60	100%	0,5	8,080	88315
2034	63	100%	0,5	9,464	108353
2035	66	100%	0,5	10,914	130884
2036	69	100%	0,5	12,432	156175

Sumber: Pengolahan Data (2026)

Berdasarkan data pada Tabel 7 dan Tabel 10, data tersebut digunakan untuk membuat diagram yang menggambarkan perbandingan nilai CESAL antara kondisi normal dan kondisi faktual pada setiap tahun selama periode umur rencana 10 tahun yang dapat dilihat pada diagram berikut.



Gambar 1. Perbandingan Nilai CESAL Normal dan CESAL Faktual

Sumber: Pengolahan Data (2026)

Berdasarkan Gambar 1, nilai CESAL pada kondisi faktual meningkat lebih cepat dibandingkan kondisi normal. Pada tahun 2034, CESAL faktual telah mencapai 108353 ESA dan melampaui nilai CESAL rencana akhir kondisi normal pada tahun 2036 sebesar 94828 ESA, sehingga menunjukkan bahwa akumulasi beban lalu lintas aktual mempercepat penurunan umur layan perkerasan.

Persentase Sisa Umur Rencana (*Remaining Life*) Akibat Beban Kendaraan.

Persentase sisa umur rencana (*Remaining Life*) akibat beban kendaraan dihitung dengan membandingkan kumulatif beban lalu lintas yang telah terjadi terhadap total beban lalu lintas rencana selama umur layanan jalan. Parameter yang digunakan dalam perhitungan ini meliputi nilai CESAL pada kondisi *eksisting* (tahun awal) dan nilai CESAL pada akhir umur rencana.

Berdasarkan data yang diperoleh, nilai CESAL pada tahun awal sebesar 5023, sedangkan nilai CESAL pada akhir umur rencana sebesar 94828. Dengan demikian, perhitungan dilakukan dengan membandingkan kedua nilai tersebut menggunakan persamaan 5 berikut.

$$N_p = \sum \text{ESAL TAHUN AWAL} = 5023$$

$$N_{1,5} = \sum \text{ESAL TAHUN AKHIR} = 94828$$

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

$$RL = 100 \times \left(1 - \left(\frac{5023}{94828} \right) \right)$$

$$RL = 95\%$$

Perhitungan persentase sisa umur rencana untuk tahun-tahun selanjutnya disajikan pada Tabel 11 berikut.

Tabel 11. Persentase Sisa Umur Rencana Kondisi Normal tahun 2027-2036

Tahun	N _p	N _{1,5}	RL
2027	5023	94828	95%
2028	10774	94828	89%
2029	17334	94828	82%
2030	24794	94828	74%
2031	33253	94828	65%
2032	42823	94828	55%
2033	53624	94828	43%
2034	65791	94828	31%
2035	79471	94828	16%
2036	94828	94828	0%

Sumber: Pengolahan Data (2026)

Berdasarkan tabel 11 untuk periode 2027 sampai 2036 dapat diperkirakan bahwa sisa umur rencana pada ruas Jalan Swadaya akan berakhir pada tahun 2036 dengan nilai *Remaining life* (RL) sebesar 0%. Perhitungan persentase sisa umur rencana pada kondisi normal pada dasarnya sama dengan kondisi faktual yang dihitung menggunakan persamaan 5, namun yang membedakan terletak pada nilai CESAL kondisi faktual di tahun awal yaitu sebesar 8273, sedangkan nilai CESAL di tahun akhir rencana pada kondisi normal yaitu sebesar 94828. kemudian perhitungan dilakukan dengan membandingkan kedua nilai tersebut menggunakan persamaan berikut.

$$N_p = \sum \text{ESAL TAHUN AWAL} = 8273$$

$$N_{1,5} = \sum \text{ESAL TAHUN AKHIR} = 94828$$

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

$$RL = 100 \times \left(1 - \left(\frac{8273}{94828} \right) \right)$$

$$RL = 91\%$$

Perhitungan persentase sisa umur rencana untuk tahun-tahun selanjutnya disajikan pada Tabel 12 berikut.

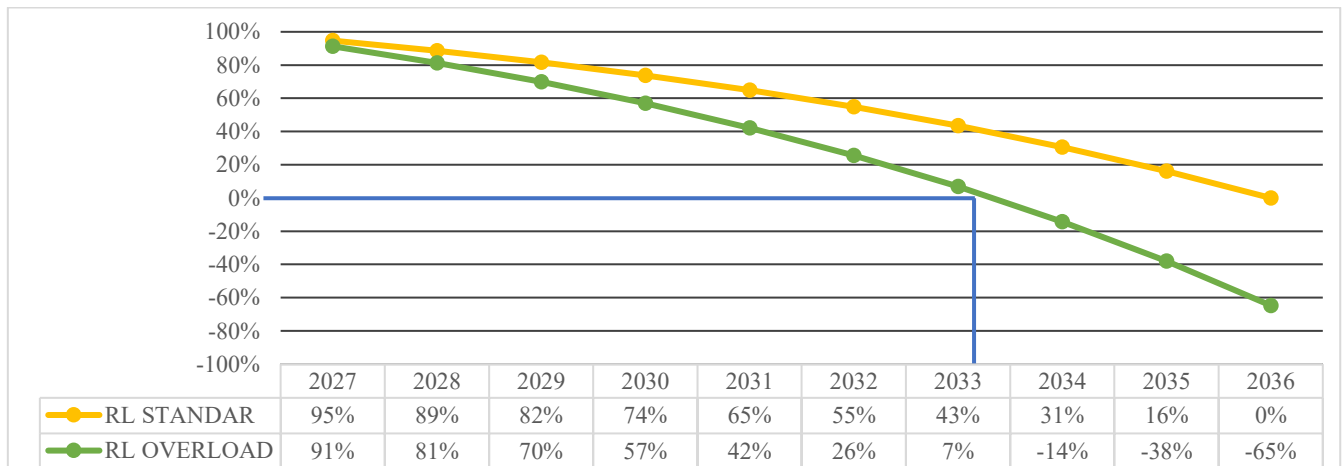
Tahun	N_p	N_{1,5}	RL
2027	8273	94828	91%
2028	17744	94828	81%
2029	28548	94828	70%
2030	40834	94828	57%
2031	54766	94828	42%
2032	70526	94828	26%
2033	88315	94828	7%
2034	108353	94828	-14%
2035	130884	94828	-38%
2036	156175	94828	-65%

Sumber: Pengolahan Data (2026)

Berbeda dengan kondisi normal, hasil analisis pada kondisi faktual menunjukkan penurunan kinerja perkerasan yang lebih cepat. Nilai sisa umur rencana (RL) mengalami penurunan drastis dari kondisi awal, kemudian terus menurun hingga mencapai 7% pada tahun 2033. Pada akhir periode analisis, peningkatan beban lalu lintas tersebut menyebabkan nilai RL menjadi negatif yaitu sebesar -65%, yang mengindikasikan bahwa akumulasi beban lalu lintas kumulatif telah melampaui kapasitas beban rencana perkerasan.

Pada tahun 2034, ketika nilai RL mencapai -14%, kondisi perkerasan menunjukkan penurunan kapasitas desain yang cukup drastis. Kondisi RL negatif berpotensi menyebabkan kerusakan struktural berat yang umumnya ditandai dengan retak menyebar (*alligator cracking*), deformasi permanen berupa alur (*rutting*), serta penurunan permukaan (*depresi*). Kondisi ini sejalan dengan hasil pada Tabel 12 yang menunjukkan penurunan persentase sisa umur rencana secara ekstrem, sehingga pemeliharaan rutin maupun berkala tidak lagi memadai untuk mengembalikan kinerja struktural perkerasan. Oleh karena itu, diperlukan penanganan yang lebih komprehensif berupa rehabilitasi berat atau rekonstruksi agar perkerasan dapat kembali memenuhi kapasitas layanan sesuai perencanaan.

Berdasarkan Tabel 11 dan Tabel 12 di atas perbandingan nilai RL normal dan RL faktual disajikan pada grafik berikut.



Gambar 2. Perbandingan nilai RL normal dan RL faktual

Sumber: Pengolahan Data (2026)

Berdasarkan perhitungan interpolasi, diperoleh hasil sebagai berikut.

$$\frac{7\% - (-14\%)}{8 - 7} = \frac{7\%}{X}$$

$$X = \frac{7\% \times (8 - 7)}{7\% - (-14\%)}$$

$$X = 0,33$$

Sehingga, Nilai umur layanan perkerasan pada saat persentase *Remaining Life* (RL) mencapai 0% adalah sebagai berikut. Umur rencana = $7 + 0,33 = 7,33$ tahun sejak awal periode analisis tahun 2027. Nilai tersebut diperoleh dari hasil interpolasi antara tahun 2033 (tahun ke-7) dan 2034 (tahun ke-8). Berdasarkan hasil analisis tersebut, diketahui bahwa peningkatan beban lalu lintas menyebabkan percepatan penurunan umur layanan perkerasan jalan.

$$\text{Penurunan Umur Rencana} = 10 - 7,33 = 2,67 \text{ tahun}$$

Berdasarkan Gambar 2, nilai *Remaining Life* (RL) pada kondisi normal mencapai 0% pada tahun 2036 sesuai dengan umur rencana selama 10 tahun. Sementara itu, pada kondisi faktual nilai RL mengalami penurunan lebih cepat hingga mencapai 7% pada tahun 2033. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai RL mencapai 0% setelah 7,33 tahun umur layanan sejak tahun 2027. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa umur layanan perkerasan pada kondisi faktual hanya mampu bertahan 7,33 tahun dan mengalami percepatan penurunan umur layanan sebesar 2,67 tahun dibandingkan umur rencana. Percepatan penurunan umur layanan tersebut disebabkan oleh peningkatan beban lalu lintas aktual, khususnya kendaraan bermuatan berlebih, yang meningkatkan nilai *Vehicle Damage Factor* (VDF) dan mempercepat akumulasi beban sumbu kendaraan (CESAL).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 pada Ruas Jalan Swadaya, diperoleh bahwa beban lalu lintas berpengaruh nyata secara kuantitatif terhadap penurunan sisa umur rencana perkerasan jalan. Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan beban lalu lintas aktual, khususnya kendaraan bermuatan berlebih, menyebabkan akumulasi beban sumbu kendaraan (CESAL) meningkat lebih cepat sehingga mempercepat penurunan kinerja perkerasan. Pada kondisi normal, nilai *Remaining Life* (RL) mencapai 0% pada akhir umur rencana, yaitu tahun 2036. Sementara itu, pada kondisi faktual, nilai RL menurun lebih cepat hingga mencapai 7% pada tahun 2033, yang menunjukkan adanya percepatan penurunan umur layanan akibat peningkatan beban lalu lintas aktual.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa umur layanan perkerasan pada kondisi faktual hanya mampu bertahan sekitar 7,33 tahun atau mengalami percepatan penurunan umur layanan sebesar 2,67 tahun dibandingkan umur rencana normal. Pada akhir periode analisis, nilai RL pada kondisi faktual bernilai negatif, yang menunjukkan bahwa akumulasi beban lalu lintas telah melampaui kapasitas rencana perkerasan. Kondisi ini mengindikasikan perlunya penanganan struktural, seperti rehabilitasi berat atau rekonstruksi. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian beban kendaraan berat

serta penanganan struktural berupa rehabilitasi berat atau rekonstruksi agar kinerja perkerasan jalan dapat kembali memenuhi kapasitas layanan yang direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aidi, J., Haniza, S., & Saleh, A. (2022). Analisis Beban Kendaraan Terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan.
- Apriansyah, S., Efendy, A., & Hidayati, N. (2025). Analisis Tebal Perkerasan Lentur Jalan Sandubaya Kota Mataram Menggunakan Metode MDPJ 2024. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 5(4), 4124–4135. <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>
- Batubara, M. I. Z., Simanjuntak, J. P., & Siregar, S. (2023). Analisa Pengaruh Kendaraan *Overloading* (Ol) Terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan Tol (Studi Kasus Ruas Jalan Tol Ruas Semarang abc). <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/jip>
- Desa, K. Y. P., Sumanjaya, A. A. G., & Yujana, C. A. (2024). Analisis sisa umur rencana Jalan Baturingggit di wilayah Kubu Karangasem akibat adanya beban berlebih. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 13(2), 204–210. <https://doi.org/10.22225/pd.13.2.10280.204-210>
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2024). *Manual Desain Perkerasan Jalan No. 03/M/BM/2024. Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat*.
- Efendy, A., Zulfikan, A. C., Wahyuningsih, T., Isfanari., Sasmito., Wahyudi, M., & Fitrayudha, A. (2023). Analisa Kerusakan Jalan Menggunakan Metode SDI Pada Ruas Jalan Kabupaten Sumbawa *Road Damage Analysis Using SDI Method of Road Sections in Sumbawa District: XX., No.XX*. <http://ejurnal.unmuhjembar.ac.id/index.php/HEXAGON>
- Humaerok, S. N., Efendy, A., & Hidayati, N. (2026). Pengaruh Muatan Berlebih (*Overloading*) Kendaraan Berat terhadap Umur Rencana Jalan pada Ruas Jalan Kopang – Masbagik. *Jurnal Talenta Sipil*, 9(1), 254. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v9i1.1157>
- Misela, A., Sholichin, I., & Estikhamah, F. (2024). Analisis Pengaruh Beban Berlebih terhadap Sisa Umur Perkerasan Lentur pada Jalan Kawasan Industri Driyorejo dengan Metode MDPJ 2017. *Jurnal Talenta Sipil*, 7(2), 774. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v7i2.618>
- Mulia, A., Yermadona, H., & Kurniawan, D. (2025). Evaluasi Kinerja Perkerasan Lentur Dan Nilai Sisa Berdasarkan Metode Bina Marga 2024 Menggunakan Program Kenpave (Studi kasus : Jln. Soekarno Hatta, Bukittinggi) (*Vol. I*, Number 2). <https://rangkiangjurnal.com>
- Peraturan Presiden RI. (2022). Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 Tentang Perubahan Kedua Atas Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan.
- Pratama, K. M. D., Wahyuningsih, T., & Efendy, A. (2025). Analisa Tebal Lapis Perkerasan Jalan Tgh.Faesal Kota Mataram Menggunakan Metode Bina Marga 2024.
- Priyanda, B., & Elhasnet. (2022). Dampak Kendaraan Overload Terhadap Umur Rencana Jalan (Studi Kasus: Ruas Jalan Kadipaten (Jl. Pasar Balong) Batas Majalengka-Indramayu).
- Purwahono, F. P., & Solichin, I. (2023). 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). *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(3), 9919–9933. <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>
- Suryawan, A., Efendy, A., Fariyadin, A., & Fitrayudha, A. (2025). Analisis Sisa Umur Layan Jalan Perkerasan Lentur Terhadap Pertumbuhan Lalu Lintas Di Jalan Darul Hikmah, Telaga Waru-Pagutan, Kecamatan Labuapi, Kabupaten Lombok Barat. *Axial: Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 303–313. <https://doi.org/10.30742/axial.v13i3.5020>
- Sutrisno, W., Beti, K. D., Wowo, P. R., & Sulistyorini, D. (2022). Analisis Dampak Beban Berlebih (*Overload*) A Kendaraan Terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan Menggunakan Metode Aashto (Studi Kasus: Jalan Yogyakarta-Prambanan).
- Utari, S. N., Nurdin, A. R., & Mallawangeng, T. (2025). Analisa Dampak Volume Lalu Lintas dan Estimasi Berat Kendaraan Terhadap Umur Layanan Jalan. *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*, 3(1), 75–84. <https://doi.org/10.56326/jptsk.v3i1.4181>