

Evaluasi Penurunan Umur Jalan Akibat Kendaraan Beban Lebih Menggunakan Metode CESA

Evaluation of Road Age Reduction Due to Overloaded Vehicles Using the CESA Method

Bisma Arbiansha Putra¹, Taufikurrahman², Dian Agung Saputro², Lila Kurnia Wardani²

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Widya Gama Malang, Malang, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Wisnuwardhana, Malang, Indonesia

Article Info

Article history:

Received 13, Mei, 2024

Revised 16, Maret, 2025

Accepted 01, April, 2025

Kata Kunci

Beban lebih

Daya rusak jalan

Jalan

Kendaraan berat

Umur perkerasan jalan

Abstrak

Ruas Jalan Legundi (Kabupaten Gresik) – Mlirip (Kabupaten Mojokerto) terletak di kawasan industri yang padat aktivitas, sehingga banyak kendaraan berat mengangkut barang hasil pabrik. Kendaraan tersebut seringkali membawa muatan melebihi standar, menyebabkan pembebanan berlebih yang mempercepat penurunan umur perkerasan jalan. Penelitian bertujuan untuk menganalisis perbedaan beban antara kendaraan bermuatan normal dan berlebih, serta mengestimasi sisa umur perkerasan jalan sebagai dasar penanganan kerusakan. Data dikumpulkan melalui survei pencacahan kendaraan sesuai pedoman yang berlaku, menggunakan alat *Weigh-in-Motion* (WIM), dan dianalisis berdasarkan pedoman MDPJ 2017. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya rusak kendaraan pada ruas Legundi - Mlirip mencapai 41.603.086 ESAL untuk muatan normal dan 68.795.468 ESAL untuk muatan berlebih. Akibat beban berlebih, umur layanan jalan berkurang sebesar 3,47 tahun dari 10 tahun usia perencanaan awal. Implikasi dari temuan ini menunjukkan bahwa beban berlebih tidak hanya memperpendek umur jalan, tetapi juga meningkatkan biaya pemeliharaan dan risiko kecelakaan. Oleh karena itu, disarankan untuk menerapkan pengawasan ketat terhadap kepatuhan muatan kendaraan, meningkatkan frekuensi pemeliharaan jalan, serta mempertimbangkan penggunaan material perkerasan yang lebih tahan terhadap beban tinggi. Rekomendasi ini diharapkan dapat mengurangi dampak negatif beban berlebih.

Abstract

The Legundi Road Section (Gresik Regency) - Mlirip (Mojokerto Regency) is located in an industrial area with high activity, resulting in many heavy vehicles transporting factory products. These vehicles often carry loads exceeding standards, causing excessive loading that accelerates the deterioration of road pavement life. This research aims to analyze the load differences between normally loaded and overloaded vehicles, and to estimate the remaining life of road pavement as a basis for damage treatment. Data was collected through vehicle counting surveys according to applicable guidelines, using *Weigh-in-Motion* (WIM) equipment, and analyzed based on the 2017 MDPJ guidelines. The research results show that the destructive power of vehicles on the Legundi - Mlirip section reaches 41.603.086 ESAL for normal loads and 68.795.468 ESAL for excessive loads. Due to overloading, the road service life is reduced by 3,47 years from the

Keywords:

Overloading

Road durability

Road

Heavy vehicles

Pavement life

initial 10-year design life. The implications of these findings indicate that overloading not only shortens road life but also increases maintenance costs and accident risks. Therefore, it is recommended to implement strict monitoring of vehicle load compliance, increase the frequency of road maintenance, and consider using pavement materials that are more resistant to heavy loads. These recommendations are expected to reduce the negative impacts of overloading.

Corresponding Author: Putra, bismaarbiansha@gmail.com

A. PENDAHULUAN

Pembangunan wilayah dan pertumbuhan ekonomi sangat bergantung pada peran infrastruktur jalan. Untuk menjaga kelancaran arus lalu lintas, kondisi infrastruktur jalan harus dipelihara agar perkerasan tetap dalam keadaan optimal. Namun, tingginya pertumbuhan volume lalu lintas dan maraknya kendaraan bermuatan melebihi batas yang diizinkan (*overload*), menjadi tantangan serius dalam mempertahankan kestabilan dan keawetan perkerasan jalan (Safitra, dkk., 2019).

Jumlah masyarakat Indonesia dari masa ke masa akan semakin bertambah, yang menyebabkan bertambahnya jumlah kebutuhan akan sarana transportasi jalan menjadi sangat besar (Kariyana, dkk., 2024). Oleh karena itu, diperlukan perencanaan pembangunan jalan dan persyaratan teknis yang optimal sesuai dengan fungsi, volume lalu lintas dan jenis lalu lintas agar pengembangan kawasan. Sehingga dapat dimanfaatkan secara maksimal serta mendukung pembangunan ekonomi dan pengembangan wilayah (Simanjuntak, dkk., 2014), (Sya'bani & Susilo, 2019).

Densitas lalu lintas pada ruas jalan dikalkulasi sebagai akumulasi transisi beban gandar standar yang termanifestasi selama periode operasional jalan (Sa'dillah, dkk., 2024). Dalam situasi ideal, ketika beban lalu lintas secara aktual sesuai dengan beban yang diprediksi dan diimplementasikan pada desain jalan, maka umur jalan bisa

menjangkau umur rencana. Akan tetapi, jika beban aktual terlalu tinggi, maka umur pelayanan jalan menjadi lebih pendek dari yang telah direncanakan pada saat didesain dan umur rencana kemungkinan besar tidak dapat tercapai (Putri, dkk., 2022).

Hal mendasar pada perkerasan jalan adalah berkurangnya usia perkerasan, terlebih lagi jika dilewati kendaraan yang bermuatan lebih dan menyalahi aturan yang ada terutama bila digunakan pada kendaraan bermuatan berat. Jalan raya modern, baik yang baru beroperasi maupun yang masih baru selesai diperbaiki, seringkali mengalami kerusakan dini (*early damage*) dalam waktu yang relatif sangat singkat. Beberapa kajian yang dilakukan menunjukkan bahwa penyebab utama kerusakan jalan adalah beban kendaraan yang melebihi ketentuan dan kualitas pelaksanaan drainase (Panjago & Hadi, 2024).

Secara definisi, menurut Putra, dkk., (2022) beban lebih adalah kondisi dimana beban gandar kendaraan melebihi beban normal yang direncanakan saat desain perkerasan atau jumlah repetisi beban yang terlalu berlebih. Sehingga beban tersebut dipikul oleh perkerasan jalan sebelum mencapai umur rencana, yang dapat mengakibatkan kegagalan prematur pada perkerasan jalan (Umar, dkk., 2021), (Karyawan, dkk., 2021). Sementara itu, akumulasi siklus densitas lalu lintas dalam satuan *Equivalent Standard Axle Load* (ESAL) yang dapat ditoleransi oleh suatu ruas jalan, sebelum

terjadinya deteriorasi struktural pada lapisan perkerasan yang merupakan durasi desain dari perkerasan tersebut (Refi, dkk., 2020), (Putra, dkk., 2023).

Kerusakan jalan disebabkan diantaranya oleh konstruksi jalan yang buruk dan kendaraan dengan kelebihan beban muatan (Budiarnaya, dkk., 2021), (Rahman, dkk., 2021). Akibat yang ditimbulkan adalah penurunan usia perkerasan jalan sebelum usia teknis yang direncanakan, sehingga biaya akan semakin besar jika dilakukan perawatan jalan atau bahkan pembenahan karena kerusakan yang begitu parah akibat beban lebih kendaraan. Dampak buruk lain dari adanya kendaraan bermuatan lebih yaitu ketika berkendara menjadi kurang aman, terjadi kemacetan, risiko kecelakaan menjadi lebih tinggi, dan komponen kendaraan rusak sebelum waktunya (Wirnanda, dkk., 2018), (Hadi, 2023).

Ruas jalan Legundi - Mlirip berada di kawasan industri dengan banyak kendaraan berat yang membawa muatan melebihi kapasitas standar. Hal ini dapat mengurangi umur perkerasan jalan yang sudah direncanakan sebelumnya. Terlebih, sudah banyak kecenderungan penelitian sebelumnya yang mengangkat isu kerusakan jalan akibat beban berlebih. Dengan demikian, tujuan dalam kajian ini adalah menganalisis dampak kendaraan beban lebih terhadap umur perkerasan jalan pada Ruas Legundi (Kabupaten Gresik) – Mlirip (Kabupaten Mojokerto).

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. Beban lalu lintas

Beban gandar standar ekuivalen yang diharapkan akan diangkut selama masa kinerja jalan pada desain perencanaan jalan yang diusulkan. Lalu lintas yang diperlukan untuk merencanakan struktur jalan adalah jumlah total iterasi beban lalu lintas.

Di Indonesia, beban standar kendaraan adalah 8 ton (8000 kg). Setiap model mobil memiliki gardan yang berbeda, gardan 1, 2, dan 3, dan masing-masing gardan memiliki *damage factor*. Selanjutnya, Safe'I, dkk., (2023) menyatakan bahwa faktor kerusakan adalah nilai kerusakan jalan yang diakibatkan oleh as roda kendaraan yang melintas. Performa kerusakannya juga tinggi, dan nilai kerusakannya mendekati 1 jika dilakukan di poros standar 8,16 ton (*single*, *tandem*, *triple*).

2. Beban Berlebih Kendaraan

Kondisi beban muatan berlebih termanifestasi ketika beban gandar kendaraan melebihi beban standar yang diproyeksikan dalam desain ruas jalan, dengan mempertimbangkan siklus repetisi lintasan operasional yang mencapai durasi desain ruas jalan tersebut (Hadi, 2023).

3. Pengurangan Umur Rencana

Kalkulasi sisa durasi desain ruas jalan bertujuan untuk mengkuantifikasi kapasitas beban kendaraan yang mengakibatkan residu masa pakai perkerasan dibandingkan dengan durasi desain awal ruas jalan pada kondisi siklus beban muatan normal kendaraan. Dengan memahami sisa umur rencana, otoritas terkait dapat merencanakan strategi pemeliharaan dan rehabilitasi jalan secara tepat waktu dan efisien dalam mengalokasikan sumber daya. Hal ini menjadi penting untuk memastikan keamanan dan kenyamanan pengguna jalan, serta meminimalkan potensi kerusakan infrastruktur jalan.

Penghitungan sisa umur rencana juga dapat digunakan sebagai indikator kinerja dalam mengevaluasi efektivitas desain dan konstruksi jalan, serta memberikan wawasan berharga untuk perencanaan dan pengembangan jaringan

transportasi yang lebih baik di masa depan (Iskandar, 2018).

Penelitian dengan karakteristik yang serupa juga dilakukan oleh Putra, dkk., (2023), membahas tentang kerusakan jalan yang ditimbulkan oleh beban lebih kendaraan bersebab wilayah industri dan tidak mematuhi peraturan, sehingga kendaraan tersebut mengangkut muatan yang diluar kemampuan kendaraan. Kondisi ini juga sama dengan yang terjadi di ruas Jalan Legundi–Mlirip.

C. METODOLOGI PENELITIAN

1. Wilayah Penelitian

Tempat penelitian dilakukan pada Ruas Jalan Legundi (Kabupaten Gresik) – Mlirip (Kabupaten Mojokerto). Ruas ini mempunyai panjang 9,6 km dan lebar 7,0 m. Untuk alat pendeteksi beban menggunakan alat *weight in motion* (WIM). Ruas ini dipilih karena tergolong beraktifitas sibuk dengan kasus kendaran yang mengalami *over dimension and over load* (ODOL). Data analitis berasal dari pengukuran lapangan dan pengamatan langsung serta didukung oleh data historis dari Departemen Pekerjaan

Umum Jawa Timur serta informasi tambahan dari masyarakat di sekitar lokasi penelitian. Untuk lebih jelasnya, Ruas Jalan Legundi (Kabupaten Gresik) – Mlirip (Kabupaten Mojokerto) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi ruas penelitian di ruas Jalan Legundi – Mlirip Jawa Timur

2. Metode Pengumpulan Data

Untuk mempermudah mengidentifikasi kendaraan ketika melakukan survei lalu lintas harian rata-rata (LHR), maka perlu adanya rujukan pencacahan kendaraan seperti pada pedoman Pd. T-19-2004-b. Dalam pedoman tersebut kendaraan dibagi menjadi beberapa bagian yang dapat dilihat pada Tabel 1 (Desa, dkk., 2024).

Tabel 1. Klasifikasi kendaraan

Kode Konfigurasi Sumbu	Jenis Kendaraan	Golongan Kendaraan
	Sepeda motor, kendaraan roda 3	1
1.1	Sedan, jeep, station wagon	2
1.1	Angkutan penumpang sedang	3
1.1	Pick up, micro truk, mobil hantaran	4
1.1	Bus kecil	5A
1.2	Bus besar	5B
1.1	Truk ringan 2 sumbu	6A
1.2	Truk sedang 2 sumbu	6B
1.2.2	Truk 3 sumbu	7A
1.2.2 - 2.2	Truk gandengan	7B
1.2.2.2.2	Truk semitrailer	7C
	Kendaraan tidak bermotor	8

Survei juga dilakukan dengan menggunakan alat *weight in motion* (WIM) kemudian dipasang di permukaan jalan pada area yang datar dan stabil untuk memastikan akurasi pengukuran. Sensor dihubungkan dengan sistem pengolah data, dan alat dikalibrasi dengan benar sebelum digunakan. Selama periode pengumpulan data, alat WIM dibiarkan beroperasi untuk merekam berat kendaraan, kecepatan, konfigurasi as, dan identifikasi kendaraan yang termasuk dalam kategori ODOL

Data pendukung studi kasus ini secara poin utama dibagi menjadi dua bagian yaitu data primer dan data sekunder. Data sekunder didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum Jawa Timur dan untuk data primer dilakukan pengamatan langsung di lapangan.

Klasifikasi kendaraan yang menjadi fokus utama merupakan jenis kendaraan yang memiliki nilai daya rusak kendaraan terhadap jalan yang besar. Golongan tersebut adalah 5B-7C.

3. Metode Pengolahan dan Analisis Data

Teknik analisis data diimplementasikan dengan menghitung LHR dan volume lalu lintas berdasarkan data pengamatan selama di lapangan. Dari analisis ini akan terlihat jam puncak dari seluruh kendaraan serta dapat dilihat pula jam puncak yang terjadi pada kendaraan niaga. Analisis dilanjutkan dengan memakai metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) tahun 2017 sehingga dapat menentukan proporsi jenis kendaraan berat terhadap total jumlah kendaraan niaga yang mempunyai peluang besar atas terjadinya muatan yang melebihi standar. Besaran daya rusak kendaraan juga ditentukan pada tahap ini (Departemen Pekerjaan Umum, 2017). Perhitungan untuk mencari (R) pada persamaan (1) :

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

Keterangan :

- R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif
 i = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)
 UR = Umur rencana (tahun)

Perhitungan dilanjutkan dengan mencari nilai kumulatif lintasan sumbu standar ekuivalen atau *equivalent standard axle* (ESA). Untuk memperoleh nilai tersebut, digunakan formulasi matematis pada persamaan (2) :

$$ESA_{TH-i} = (LHR \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (2)$$

Keterangan :

- ESA_{TH-i} = Kumulatif ESA pada tahun ke-i
 LHR = Lalu lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan
 VDF = Faktor ekivalen beban (*Vehicle Damage Factor*)
 DD = Faktor distribusi arah
 DL = Faktor distribusi lajur
 R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

Nilai ESA terdiri dari 2 (dua) kondisi, yang pertama adalah kondisi ESA kendaraan pada estimasi waktu ideal, merupakan perhitungan yang dilakukan mengacu pada kenormalan situasi dari kendaraan yang melintas sehingga sesuai dengan perencanaan ketika jalan ini dibuat. Kedua adalah nilai ESA kendaraan pada kondisi beban berlebih, maksudnya adalah mensimulasikan besaran pola dari kendaraan yang melanggar beban muatan yang sudah ditentukan. Nilai ESA baik dari kondisi kendaraan normal atau kendaraan memuat beban berlebih sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti nilai LHR, VDF, faktor distribusi arah, faktor distribusi lajur, dan pertumbuhan

lalu lintas (Bagaskara, dkk., 2022), (Laterissa, dkk., 2023), (Yaldi, dkk., 2022).

Dari kedua nilai ESA yang dalam kondisi kendaraan normal dan kendaraan berbeban lebih akan dilakukan analisa lanjutan untuk mengetahui sisa usia perkerasan jalan akibat kendaraan yang mengalami pembebanan tidak standar. Setelah nilai CESA kendaraan normal dan kendaraan beban berlebih terhitung, maka berlanjut pada analisis pengurangan usia perkerasan jalan akibat beban berlebih menggunakan persamaan (3) :

$$TUPR = \frac{TEOL - TEN \times UR}{TEN} \quad (3)$$

Keterangan :

TUPR = Total penurunan umur rencana
 TEOL = Total ESAL *over load*
 TEN = Total ESAL normal
 UR = Umur rencana

Total penurunan umur rencana merupakan konsep penting yang menggambarkan seberapa besar berkurangnya masa layan jalan akibat beban berlebih dari kendaraan berat. Dampak beban berlebih ini secara signifikan mempercepat kerusakan struktural perkerasan jalan melalui proses akumulasi tegangan dan regangan yang melebihi kapasitas desain.

Sehingga dapat diketahui tindak lanjut yang bisa disikapi untuk meminimalisir terjadinya sesuatu yang lebih buruk (Hariyanto, dkk., 2022).

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan awal analisis adalah dengan mengamati pola jumlah kendaraan total dan jumlah kendaraan niaga. Karena pada kendaraan niaga yang menjadi potensi utama pada pengurangan usia perkerasan jalan akibat beban lebih kendaraan. Semakin berat suatu kendaraan apalagi yang mengalami

pembebanan di luar aturan yang ada, maka daya rusak kendaraan terhadap usia perencanaan semakin tinggi. Bisa dilihat pada perbandingan jumlah kendaraan total dan jumlah kendaraan niaga pada Tabel 2.

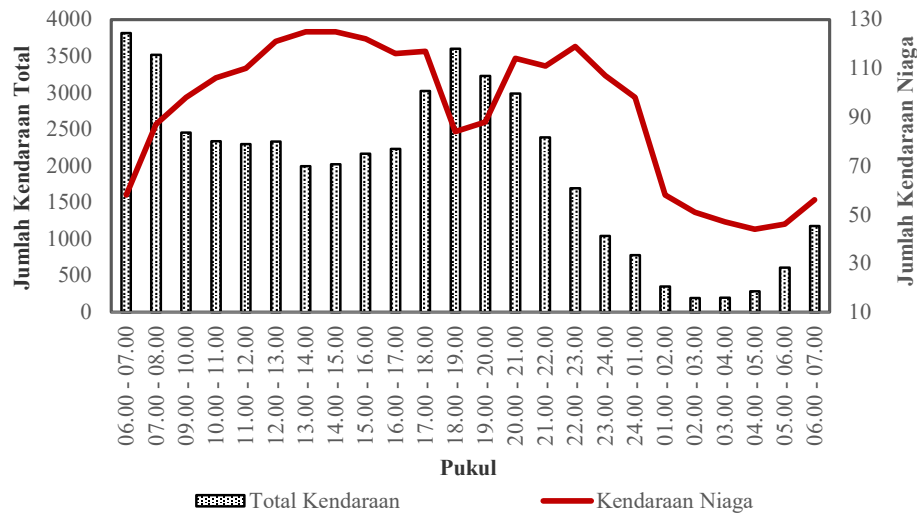
Tabel 2. Jumlah kendaraan total dan jumlah kendaraan niaga

Pukul		Jumlah Kendaraan	Jumlah Kendaraan Niaga
Mulai	Selesai	(Kend/Jam)	(Kend/Jam)
06.00	07.00	3813	58
07.00	08.00	3515	87
09.00	10.00	2451	98
10.00	11.00	2335	106
11.00	12.00	2297	110
12.00	13.00	2334	121
13.00	14.00	1997	125
14.00	15.00	2019	125
15.00	16.00	2165	122
16.00	17.00	2228	116
17.00	18.00	3024	117
18.00	19.00	3600	84
19.00	20.00	3230	88
20.00	21.00	2988	114
21.00	22.00	2388	111
22.00	23.00	1691	119
23.00	24.00	1041	107
24.00	01.00	777	98
01.00	02.00	352	58
02.00	03.00	196	51
03.00	04.00	200	47
04.00	05.00	285	44
05.00	06.00	609	46
06.00	07.00	1175	56

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa aktifitas di ruas jalan ini lebih banyak kendaraan di siang hari dan kendaraan relatif sepi di malam hari. Total puncak kendaraan seluruhnya adalah 3.813 kendaraan per jam dari pukul 06:00 hingga 07:00 pagi dan 3.600 kendaraan per jam dari pukul 17:00 sampai 18:00 sore. Kemacetan lalu lintas memuncak pada pukul 9:00 hingga 22:00, dengan maksimum 125 kendaraan per jam mulai

pukul 12:00 sampai 14:00. Fluktuasi yang terjadi dapat dilihat lebih jelas pada grafik

hubungan kendaraan total dan niaga pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik jumlah kendaraan total dan kendaraan niaga

Penampakan aktifitas lalu lintas dalam harian ditunjukkan dalam Tabel 2, sedangkan dalam MDPJ (2017) untuk menghitung sisa usia perencanaan jalan menggunakan lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) yang ditampilkan secara harian kendaraan dalam kondisi

kendaraan normal dan kendaraan beban lebih. Akses data diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Jawa Timur. Data tersebut hanya akan ditampilkan pada kendaraan berat, mulai dari golongan 5B sampai 7C pada Tabel 3.

Tabel 3. Kondisi LHR tahunan kendaraan normal

Golongan Kendaraan	Konfigurasi Gandar Kendaraan	LHR (kend/hari)
5B	Large bus (1.2)	33
6A	Truck 2 axles light (1.1)	1591
6B	Truck 2 axles medium (1.2)	974
7A	Truck 3 axles (1.2.2)	1614
7B	Truck 2 axles and trailer 2 axles (1.2.2 - 2.2)	122
7C	Truck 4 axles trailer (1.2.2.2.2)	344

Tabel 3 hanya memuat kondisi kendaraan normal, sehingga diperlukan data untuk mengetahui jumlah kendaraan beban berlebih di setiap jenis golongan kendaraan. Besaran persentase dan jumlah kendaraan dengan muatan berlebih dapat dilihat pada Tabel 4.

Kemudian, data kendaraan normal digabungkan dengan kendaraan beban

berlebih. Data tersebut akan diolah untuk mengetahui nilai daya rusak kendaraan terhadap usia perkerasan yang telah direncanakan, sehingga bisa diketahui sisa umur perkerasan jalan akibat kendaraan beban lebih. Untuk rekapitulasi nilai kendaraan normal dan kendaraan beban lebih bisa diamati melalui Tabel 5.

Tabel 4. Jumlah persentase kendaraan beban berlebih terhadap jumlah seluruh kendaraan

Golongan Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Persentase Overload	Kendaraan Normal	Kendaraan Beban Lebih
5B	33	-	33	-
6A	1591	3 %	1543	48
6B	974	24 %	740	234
7A	1614	22 %	1259	355
7B	122	13 %	106	16
7C	344	8 %	316	28

Tabel 5. Rekapitulasi LHR kendaraan normal dan berbeban lebih

Golongan Kendaraan	Konfigurasi Gandar Kendaraan	LHR (kend/hari)
5B	<i>Large bus (1.2)</i>	33
6A	<i>Truck 2 axles light (1.1) normal</i>	1543
	<i>Truck 2 axles light (1.1) overload</i>	48
6B	<i>Truck 2 axles medium (1.2) normal</i>	740
	<i>Truck 2 axles medium (1.2) overload</i>	234
7A	<i>Truck 3 axles (1.2.2) normal</i>	1259
	<i>Truck 3 axles (1.2.2) overload</i>	355
7B	<i>Truck 2 axles and trailer 2 axles (1.2.2 - 2.2) normal</i>	106
	<i>Truck 2 axles and trailer 2 axles (1.2.2 - 2.2) overload</i>	16
7C	<i>Truck 4 axles trailer (1.2.2.2.2) normal</i>	316
	<i>Truck 4 axles trailer (1.2.2.2.2) overload</i>	28

Ada beberapa data pendukung yang disertakan untuk memberikan pertimbangan dan penentuan dari beberapa aspek lainnya. Seperti halnya penentuan besaran pertumbuhan kendaraan selama tahun rencana, nilai distribusi lajur, VDF, dan lainnya. Data aspek Jalan Legundi – Mlirip bisa dilihat pada Tabel 6.

Dikarenakan rasio volume kendaraan ($RVK < 0,85$) diasumsikan kondisi lalu lintas akan terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan kendaraan selama tiga tahun pertama dari tahun 2021. Setelah 7 tahun dari 2024 menuju tahun 2031 (umur rencana) nilai $RVK > 0,85$ pengganda pertumbuhan lalu lintas kumulatif juga berubah. Maka dari itu, dalam pedoman MDPJ 2017 dijelaskan untuk menghitung CESA dalam 2 tahap, yaitu menggunakan faktor pertumbuhan lalu lintas kumulatif (R) dengan UR1

adalah 3 tahun (dari tahun 2021 – 2024) dan UR2 adalah 7 tahun (dari tahun 2024 – 2031). Laju pertumbuhan juga bisa dilihat pada Tabel 6 sebagai aspek pendukung jalan.

Setelah mengkalkulasikan nilai R, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai kumulatif lintasan sumbu standar ekuivalen atau *equivalent standard axle* (ESA). Besaran nilai ESA sangat dipengaruhi oleh magnitude lalu lintas harian rata-rata (LHR), *vehicle damage factor* (VDF), faktor distribusi arah, faktor distribusi lajur, dan pertumbuhan lalu lintas. Hasil perhitungan Ms. Excel CESA kendaraan normal secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 menunjukkan bahwa, ESA golongan kendaraan niaga tertinggi di tahun 2024 dan tahun 2031 yang mencapai 4.767.802 dan 14.855.863, yaitu kendaraan golongan 7A. Dalam

kurun waktu 10 tahun dengan usia rencana, prediksi nilai CESA untuk kendaraan normal sebesar 41.603.086, nilai ini hanya diperhitungkan untuk golongan kendaraan berat. Karena

golongan di bawah 5B indikasinya tidak terlalu berpengaruh terhadap kondisi perkerasan jalan. Sedangkan untuk perhitungan kendaraan berbeban lebih akan ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 6. Data aspek pendukung jalan

Kriteria	Keterangan
Tipe jalan	2 lajur 2 arah
Tahun awal	Tahun 2021
Umur rencana	10 tahun
Pertumbuhan lalu lintas, i	3,5 %/tahun
Lingkungan	Jalan kolektor di Jawa (VDF 4)
Distribusi arah (DD)	0,5
Distribusi lajur (DL)	100%

Tabel 7. Perhitungan nilai CESA pada kendaraan normal

Golongan Kendaraan	LHR 2021 (kend/hari)	LHR 2024 (kend/hari)	LHR 2031 (kend/hari)	VDF 4	ESA 4 (1)	ESA 4 (2)	CESA
5B	33	37	47	1,0	20.741	64.626	85.368
6A	1591	1764	2244	0,6	549.984	1.713.679	2.263.662
6B	974	1080	1374	4,0	2.448.701	7.629.840	10.078.541
7A	1614	1789	2277	4,7	4.767.802	14.855.863	19.623.665
7B	122	135	172	9,4	720.783	2.245.868	2.966.651
7C	344	381	485	7,4	1.599.952	4.985.247	6.585.199
Total CESA Kendaraan Normal							41.603.086

Tabel 8. Perhitungan CESA pada kendaraan beban berlebih

Golongan Kendaraan	LHR 2021 (kend/hari)	LHR 2024 (kend/hari)	LHR 2031 (kend/hari)	VDF 4	ESA 4 (1)	ESA 4 (2)	CESA
5B	33	37	47	1,0	20.741	64.626	85.368
6A	1543	1711	2177	0,6	533.484	1.662.268	2.195.752
	48	53	67	0,8	23.999	74.779	98.778
6B	740	821	1044	4,0	1.861.013	5.798.679	7.659.692
	234	259	330	7,3	1.072.531	3.341.870	4.414.401
7A	1259	1396	1776	4,7	3.718.886	11.587.573	15.306.459
	355	394	501	28,1	6.271.181	19.540.201	25.811.383
7B	106	118	150	9,4	627.081	1.953.905	2.580.986
	16	18	22	10,4	103.670	323.023	426.693
7C	316	351	446	11,4	2.267.608	7.065.577	9.333.185
	28	31	39	12,4	214.480	668.293	882.773
Total CESA kendaraan beban berlebih							68.795.468

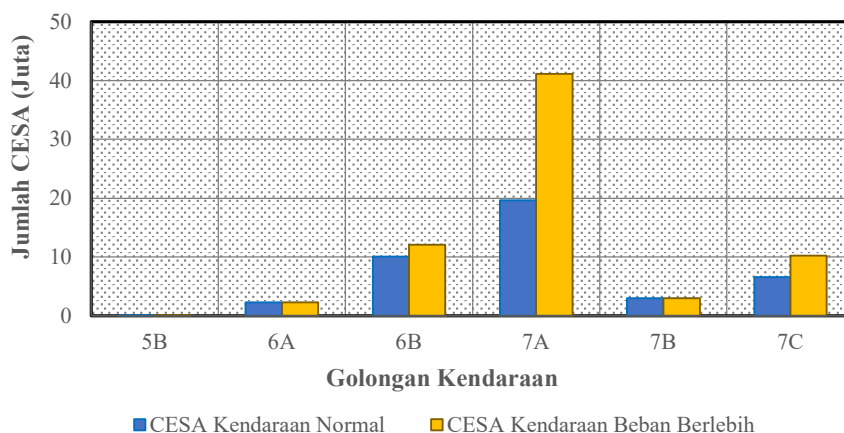
Analisis perolehan nilai CESA kendaraan beban berlebih total selama waktu perencanaan yaitu 10 tahun adalah 68.795.468. Nilai tersebut menunjukkan bahwa jika kendaraan yang melintas tetap

dengan kondisi muatan berlebih dan tidak ada tindakan pencegahan secara cepat maka sangat rentan untuk merusak perkerasan jalan sebelum mencapai usia yang direncanakan.

Perbedaan nilai CESA kendaraan normal dan kendaraan beban berlebih akan sangat terlihat pada Tabel 9 dan Gambar 4.

Tabel 9. Rekapitulasi hasil total CESA pada kendaraan normal dan berbeban lebih

Golongan Kendaraan	Jenis Kendaraan	CESA Kendaraan Normal	CESA Kendaraan beban berlebih
5B	<i>Large bus</i> (1.2)	85.368	85.368
6A	<i>Truck 2 axles light</i> (1.1)	2.263.662	2.294.530
6B	<i>Truck 2 axles medium</i> (1.2)	10.078.541	12.074.093
7A	<i>Truck 3 axles</i> (1.2.2)	19.623.665	41.117.842
7B	<i>Truck 2 axles and trailer 2 axles</i> (1.2.2 - 2.2)	2.966.651	3.007.679
7C	<i>Truck 4 axles trailer</i> (1.2.2.2.2)	6.585.199	10.215.957
Jumlah Total CESA		41.603.086	68.795.468



Gambar 2. Grafik perbedaan hasil CESA kendaraan normal dan kendaraan beban berlebih

CESA pada kendaraan berbeban lebih mengalami kenaikan sebesar 65 % selama usia perencanaan. Kenaikan ini sebagai tanda untuk lebih memperhatikan aspek kedisiplinan dalam memuat beban pada kendaraan, khususnya kendaraan niaga.

Perhitungan total penurunan umur rencana menggunakan persamaan (3) :

$$\begin{aligned}
 \text{TUPR} &= \frac{\text{TEOL} - \text{TEN} \times \text{UR}}{\text{TEN}} \\
 &= \frac{(68.795.468 - 41.603.086) \times 10}{41.603.086} \\
 &= 6,53 \text{ Tahun}
 \end{aligned}$$

Dari analisis pada persamaan tersebut, ruas Jalan Legundi – Mlirip Jawa Timur terdapat penyusutan usia perkerasan jalan yang seharusnya 10 tahun menjadi 6,53 tahun. Nilai besaran pengurangan umur struktur perkerasan jalan sebesar 3,47 tahun besaran pengurangan umur struktur perkerasan jalan. Perlu adanya kesigapan cepat oleh pemangku kebijakan, mengingat angka yang ditunjukkan sudah memerlukan tindakan segera.

Penelitian yang telah dihasilkan ini sejalan penelitian yang telah dikaji oleh Laterissa, dkk., (2023) yang melihat

perubahan nilai VDF untuk kendaraan berat yang mendapati muatan berlebih. Bahkan pada penelitian lainnya juga lebih menegaskan lagi ketika kendaraan berat dikaitkan dengan beban sumbu standar dan beban sumbu riil (Rahman dkk., 2021). Hal yang serupa juga dikemukakan oleh Arbiansha, dkk., (2023), dimana pengaruh kerusakan jalan juga dikaitkan dengan kendaraan yang mengalami *over dimension and over load*. Hal ini membuktikan bahwa keberadaan kendaraan berat beban berlebih memberikan dampak yang besar terhadap kerusakan jalan dan tentunya akan berakibat pada pendeknya umur layanan struktur perkerasan jalan (Karyawan, dkk., 2021).

E. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis diperoleh kesimpulan diantaranya perolehan hasil perhitungan CESA kendaraan berat golongan 5B-7C dalam kondisi normal pada ruas Jalan Legundi – Mlirip Jawa Timur sebesar 41.603.086 ESAL. Sedangkan untuk jumlah total CESA kendaraan berat golongan 5B-7C dalam kondisi bermuatan melebihi aturan pada ruas Jalan Legundi – Mlirip Jawa Timur sebesar 68.795.468 ESAL. Dalam kondisi ini, terdapat kenaikan CESA sebesar 65 %, sehingga terdapat pengurangan usia perkerasan jalan pada ruas Jalan Legundi – Mlirip sebesar 3,47 tahun dari perencanaan awal 10 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa hanya 6,53 tahun usia efektif perkerasan jalan. Sehingga diperlukan langkah segera yang harus diambil antara lain pemeliharaan dini, termasuk perbaikan struktural dan penggunaan material lebih tahan beban. Pengawasan ketat terhadap kendaraan *overload* dengan penegakan hukum tegas. Efisiensi biaya preservasi dan peningkatan keselamatan lalu lintas harus jadi prioritas. Kolaborasi dengan pemangku kepentingan, termasuk

industri dan pemerintah daerah, serta pemantauan rutin, diperlukan untuk memastikan umur jalan tetap optimal, biaya terkendali, dan keselamatan pengguna jalan terjamin.

DAFTAR PUSTAKA

- Bagaskara, R., Riani, D., & Murniati, M. (2022). Kinerja Sisa Umur Rencana Jalan Berdasarkan Pertumbuhan Lalu Lintas Di Kota Palangka Raya. *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 4(2), 194–201.
<https://doi.org/10.31602/jk.v4i2.6426>
- Budiarnaya, Ariawan, I.P., Wismanara, I.G.N.N., & Puspasari, I.G.P. (2021). Analisa Kerusakan dan Anggaran Perbaikan Jalan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI). *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 7(2), 197–207.
<https://doi.org/10.31849/siklus.v7i2.7692>
- Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. (2004). Pd. T-19-2004-B Pedoman Konstruksi dan Bangunan.
<https://binamarga.pu.go.id>
- Departemen Pekerjaan Umum. (2017). Manual Desain Perkerasan Jalan. In *Direktorat Bina Marga*. Direktorat Jenderal Bina Marga.
<https://binamarga.pu.go.id>
- Desa, K.Y.P., Sumanjaya, A.A.G., & Yujana, C.A. (2024). Analisis Sisa Umur Rencana Jalan Baturinggut 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>
- Hadi, M. A. (2023). Identifikasi Kerentanan Kinerja Perkerasan Jalan Terhadap Aktivitas Overload Kendaraan Menggunakan Program Kenpave. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), 95–104.
<https://doi.org/10.31849/siklus.v9i2.15081>
- Hariyanto, Suraji, A., & Cakrawala, M. (2022). Evaluasi Kinerja Simpang Tiga Tak Bersinyal Jl. Muharto - Jl. Mayjen Sungkono – Jl. Raya Ki Ageng Gribig Kota Malang. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 70–85.
<https://doi.org/10.31849/siklus.v8i1.9339>
- Iskandar, H. (2018). Standar Jalan yang Berwawasan Keselamatan Transportasi Darat. *Jurnal Jalan - Jembatan*, 25(1), 1–14.
<http://jurnal.pusjatan.pu.go.id/index.php/>
- Kariyana, I.M., Sumarda, G., Diasa, I.W., Pamungkas, T.H., & Putra, I.P.E.M. (2024). Analysis Of Public Transportation (Trans Metro Dewata Bus) As A Congestion Solution. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 26(1), 54–64.
<https://doi.org/10.15294/jtsp.v26i1.50262>
- Karyawan, I.D.M.A., Hasyim, & Faqihi, K. (2021). Penurunan Masa Pelayanan Jalan Akibat Kendaraan dengan Beban Berlebih. *Paduraksa: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 10(1), 56–69.
<https://doi.org/10.22225/pd.10.1.2292.56-69>
- Laterissa, D.I., Walsen, S., & Istia, P. (2023). Analisis Kerusakan Jalan Dan Pengaruhnya Terhadap Umur Rencana Serta Penanggulangannya Pada Jalan Halulu Kecamatan Tehoru Maluku Tengah. *Jurnal Simetrik*, 12(2), 561–567.
<https://doi.org/10.31959/js.v12i2.840>
- Panjago, F., & Hadi, M.A. (2024). Evaluasi Kerusakan Jalan Dan Kinerja Jalan Menggunakan Program Kenpave Dengan Permodelan Elastik Dan Viskoelastik Pada Ruas Jalan Klangon Tempel Yogyakarta. *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, 29(2), 297–308.
<https://doi.org/10.32497/wahanats.v29i2.6154>
- Putra, B.A., Suraji, A., Taufikurrahman, Wardani, L.K., & Sudjianto. A.T. (2023). Analisis Pengaruh Beban Lebih Terhadap Umur Perkerasan Jalan Pada Ruas Jalan Kapten Tendean Kota Kediri. *Potensi : Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung*, 25(2), 61–68.
<https://doi.org/10.35313/potensi.v25i2.4449>
- Putra, B.H.R., Alwinda, Y., & Yogi, M.R.A. (2022). Preservasi Jalan Nasional Simpang Lago-Simpang Buatan Kabupaten Siak Berdasarkan Umur Sisa Perkerasan. *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, 27(2), 309–321.
<https://doi.org/10.32497/wahanats.v27i2.4151>
- Putri, D.A.P.A.G., Suryabrata, I.B., Ariawan, P., & Ariana, I.K.A. (2022). Evaluasi Jenis Kerusakan

- Jalan Menggunakan Metode PCI dan Bina Marga (Studi Kasus: Jalan Gunung Agung Denpasar). *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, 24(2), 86–93.
<https://doi.org/10.35313/potensi.v24i2.4139>
- Rahman, A.A., Suraji, A., & Cakrawala, M. (2021). Analisis Perbedaan Struktur Perkerasan Jalan Menggunakan Beban Sumbu Standar dan Beban Sumbu Riil. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Lingkungan Bowplank*, 1(1), 1–14.
<http://dx.doi.org/10.31328/bouwplank.v1i1.213>
- Refi, A., Roza, A., & Murni, D. D. (2020). Dampak Kelebihan Muatan Terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 17(2), 121–133.
<http://dx.doi.org/10.30630/jirs.v18i1.521>
- Sa'dillah, M., Pandulu, G.D., & Basri, M.H. (2024). Analisis Kerusakan Jalan Berdasarkan Metode IRI (International Roughnees Index) dan PCI (Pavement Condition Index). *Jurnal Ilmiah Mitsu (Media Informasi Teknik Sipil Universitas Wiraraja)*, 12(2), 31–40.
<https://doi.org/10.24929/ft.v12i2.2581>
- Safe'i, K.M., Setyawan, A., & Pramesti, F.P. (2023). Prediksi Sisa Umur Layan Menggunakan Data Kinerja Jalan Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) Pada Ruas Jalan Lingkar Demak. *Matriks Teknik Sipil*, 11(2), 189.
<https://doi.org/10.20961/mateksi.v11i2.64908>
- Safitra, P.A., Sendow, T.K., & Pandey, S.V. (2019). Analisa Pengaruh Beban Berlebih Terhadap Umur Rencana Jalan (Studi Kasus: Ruas Jalan Manado - Bitung). *Jurnal Sipil Statik*, 7(3), 319–328.
<https://ejournal.unsrat.ac.id/v2/index.php/jss/article/view/23382>
- Simanjuntak, G.I., Pramusetyo, A., Riyanto, B., & Supriyono, S. (2014). Analisis Pengaruh Muatan Lebih (Overloading) Terhadap Kinerja Jalan dan Umur Rencana Perkerasan Lentur (Studi Kasus Ruas Jalan Raya Pringsurat, Ambarawa-Magelang). *Jurnal Karya Teknik Sipil. Universitas Diponegoro. Semarang*, 3(3), 539–551.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkts/article/view/5772>
- Sya'bani, N.L., & Susilo, B.H. (2019). Pemodelan Kebisignan Lalulintas Di Jalan Terusan Kopo Bandung. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 91–111.
<https://doi.org/10.28932/jts.v8i2.1360>
- Umar, J., Despa, D., & Waluyo, S. (2021). Pengaruh Kendaraan Bermuatan Lebih (Overloading) Terhadap Umur Rencana Jalan. *Prosiding Seminar Nasional Keinsinyuran*, 1(1), 1–12.
<https://doi.org/10.23960/snip.v1i1.128>
- Wirnanda, I., Anggraini, R., & Isya, M. (2018). Analisis Tingkat Kerusakan Jalan Dan Pengaruhnya Terhadap Kecepatan Kendaraan (Studi Kasus: Jalan Blang Bintang Lama Dan Jalan Teungku Hasan Dibakoi). *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 617–626.
<http://dx.doi.org/10.24815/jts.v1i3.10000>

Yaldi, G., Nur, I.M., & Apwiddhal.
(2022). Analisis Karakteristik
Perjalanan dan Moda Transportasi
Pelajar di Kota Padang untuk
Mengurangi Angka Kecelakaan
Lalulintas. *Siklus : Jurnal Teknik
Sipil*, 8(1), 47–57.
[https://doi.org/10.31849/siklus.v8i
1.8216](https://doi.org/10.31849/siklus.v8i1.8216)



© 2025 Siklus Jurnal Teknik
Sipil All rights reserved. This
is an open access article
distributed under the terms of the CC BY Licens
(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)