

## **Analisis Pengaruh Beban Berlebih terhadap Sisa Umur Perkerasan Lentur pada Jalan Kawasan Industri Driyorejo dengan Metode MDPJ 2017**

**Adinda Misela, Ibnu Sholichin\*, Fithri Estikhamah**

Program Studi Teknik Sipil, UPN "Veteran" Jawa Timur

\*Correspondence email: ibnu.ts@upnjatim.ac.id

**Abstrak.** Perkerasan lentur dirancang dengan memperhatikan beban muatan yang akan diterima agar dapat mencapai kinerja optimal sepanjang masa layannya. Namun kondisi dilapangan menunjukkan adanya indikasi beban berlebih oleh setiap golongan kendaraan khususnya kendaraan berat. Jalan kawasan industri Driyorejo adalah jalan provinsi yang menghubungkan kawasan industri utama di wilayah Kabupaten Gresik. Dengan lalu lintas yang didominasi oleh kendaraan berat, terutama truk berukuran besar yang membawa banyak barang, indikasi kerusakan pada perkerasan jalan menjadi semakin jelas dan nyata. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dampak beban lalu lintas terhadap sisa umur rencana perkerasan lentur, dengan memfokuskan pada beban kendaraan yang melintasi jalan di kawasan industri Driyorejo sebagai variabel studi. Metode perhitungan yang digunakan adalah Metode Bina Marga 2017. Data yang digunakan berupa data Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) dan data muatan kendaraan. Dari hasil perhitungan, diperoleh nilai pertumbuhan lalu lintas (i) aktual sebesar 32,7%. Beban berlebih kendaraan menyebabkan penurunan umur rencana jalan yang ditunjukkan oleh nilai *truck factor* sebesar 1,06. Perhitungan *Remaining Life* (RL) menunjukkan penurunan sebesar 14% yaitu dari nilai RL standar 69,3% menjadi 55,3% pada kondisi *overload*, sehingga dapat disimpulkan bahwa beban berlebih secara signifikan mengurangi umur jalan yang semula dirancang selama 10 tahun menjadi hanya 7 tahun.

**Kata Kunci:** Beban Berlebih; Metode Bina Marga 2017; Perkerasan Lentur.

**Abstract.** Flexible pavement is designed with regard to the load that will be received in order to achieve optimal performance throughout its service life. However, conditions in the road reveal indications of overloading by each category of vehicles, especially overload vehicles. Driyorejo industrial area road is a provincial road that connects the main industrial areas in Gresik Regency. With traffic dominated by overload vehicles, especially large trucks carrying a lot of goods, indications of damage to the pavement are becoming increasingly clear and obvious. This research aims to assess the impact of traffic load on the remaining life expectancy of flexible pavement, focusing on the load of vehicles crossing the road in the Driyorejo industrial area as the study variable. The calculation method used is the Bina Marga 2017 Method. The data used are Average Daily Traffic (LHR) data and vehicle load data. From the calculation results, the actual traffic growth (i) value is 32.7%. Vehicle overloading causes a decrease in the planned life of the road as indicated by the truck factor value of 1.06. The Remaining Life (RL) calculation represents a 14% decrease from the standard RL value of 69.3% to 55.3% under overload conditions, so it can be concluded that the overload significantly reduces the life of the road which was originally designed for 10 years to only 7 years.

**Keywords:** Overloading; Bina Marga 2017 Method; Flexible Pavement.

### **PENDAHULUAN**

Jalan dirancang dan dibangun untuk memfasilitasi pergerakan manusia, kendaraan, dan barang. Jalan merupakan komponen penting dalam infrastruktur transportasi darat pada kehidupan masyarakat sebagai sarana mobilisasi dari satu lokasi ke lokasi lainnya (Refi dkk., 2021). Salah satu komponen penting dari sebuah jalan adalah perkerasan jalan. Perkerasan jalan merupakan bagian dari jalan raya yang mengalami proses pengerasan dengan menggunakan agregat serta aspal atau semen (*Portland Cement*) sebagai bahan perekatnya (Nur dkk., 2021). Lapisan struktural perkerasan jalan dibangun di atas tanah dasar untuk menahan beban lalu lintas dan mendistribusikannya ke tanah di bawahnya. Salah satu jenis perkerasan yang sering digunakan untuk konstruksi jalan adalah perkerasan lentur.

Umur rencana jalan merupakan durasi dalam tahun yang dihitung sejak jalan tersebut mulai digunakan hingga saat diperlukan perbaikan besar atau dianggap perlu diberikan lapisan permukaan baru (Bumulo dkk., 2023). Penyebab kerusakan jalan yang membuat umur rencana terpenuhi dalam

waktu relatif singkat adalah adanya beban berlebih (*overloading*) pada kendaraan, yang membawa muatan melebihi batas beban yang telah ditetapkan (Safitra dkk., 2019). Beban lalu lintas yang melebihi kapasitas dapat memberikan tekanan ekstra pada struktur jalan, menyebabkan kerusakan lebih cepat dan penurunan umur rencana yang signifikan.

Ruas Jalan Raya Cangkir – Jalan Raya Driyorejo – Jalan Raya Krikilan merupakan jalan raya di kawasan industri Driyorejo. Di wilayah Kabupaten Gresik ruas jalan ini merupakan jalur utama angkutan barang yang menghubungkan kawasan industri Bambe, kawasan industri Driyorejo, dan kawasan industri Legundi, menjadikannya sebagai bagian integral dari infrastruktur jalan yang strategis. Adanya aktivitas industri yang intens, peningkatan ekonomi dan perkembangan masyarakat, kemungkinan terdapat peningkatan volume lalu lintas dengan kendaraan berat yang membawa muatan berlebih bisa terjadi setiap waktu. Beban berlebih dapat menyebabkan masa layan jalan berkurang dari umur rencana karena menghasilkan faktor kerusakan (VDF) yang lebih tinggi (Karyawan dkk., 2021). Penelitian bertujuan untuk menganalisis pengaruh beban berlebih terhadap sisa umur rencana perkerasan lentur pada jalan kawasan industri Driyorejo yang berfokus pada ruas Jalan Raya Cangkir – Jalan Raya Driyorejo – Jalan Raya Krikilan.

### Pertumbuhan Lalu Lintas

Pertumbuhan lalu lintas adalah peningkatan atau perkembangan lalu lintas dari satu tahun ke tahun berikutnya dalam rentang waktu yang ditetapkan yang disebut umur rencana (Putra dkk., 2021). Faktor pertumbuhan kumulatif dalam penelitian ini menjadi parameter yang digunakan dalam menentukan proyeksi pertumbuhan lalu lintas sepanjang umur rencana (Batubara dkk., 2023). Perhitungan pertumbuhan lalu lintas (*i*) sesuai dengan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dapat dihitung menggunakan persamaan 1 sebagai berikut:

$$i = \left( \sqrt[n]{\frac{LHR_n}{LHR_0}} \right) - 1 \times 100 \% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- i* = pertumbuhan lalu lintas/tahun (%tahun).
- $LHR_n$  = jumlah LHR pada survei akhir.
- $LHR_0$  = jumlah LHR pada survei awal.
- n* = selisih jumlah tahun data yang diambil.

Kemudian pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif menggunakan persamaan 2 berikut:

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

Dengan:

- i* = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%).
- UR = umur rencana (tahun).
- R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

Nilai R tersebut nantinya akan digunakan sebagai salah satu koefisien dalam menghitung nilai ESAL atau CESAL. Selain memengaruhi nilai R, laju pertumbuhan lalu lintas juga digunakan untuk memprediksi jumlah kendaraan setelah tahun 2024 untuk setiap golongan kendaraan dengan menggunakan persamaan 3 berikut.

$$LHR_n = [1 + i]^n \times LHR_0 \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

- $LHR_1$  = jumlah LHR pada survei akhir
- $LHR_0$  = jumlah LHR pada survei awal
- n* = selisih tahun data yang diambil.

### Persentase Muatan Berlebih

Dari data muatan berlebih dapat diketahui nilai persentase muatan berlebih untuk golongan kendaraan menggunakan persamaan 4 berikut.

$$\text{Persentase Overload} = \frac{\text{Rata-rata muatan per hari} - \text{Rata-rata JBI per hari}}{\text{Rata-rata JBI per hari}} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

Dari persentase muatan berlebih akan diketahui berapa jumlah kendaraan standar yang tidak *overload* dan kendaraan yang *overload*. Jumlah kendaraan ini nantinya yang akan dipakai untuk perhitungan CESAL baik CESAL Standar dan CESAL *overload*. Perhitungan jumlah kendaraan standar dan *overload* menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut.

$$\text{LHR Standar} = \text{LHR (isi)} - (\text{LHR (isi)} \times \text{persentase } \textit{overload}) + \text{LHR kosong} \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{LHR } \textit{Overload} = \text{LHR total} - \text{LHR Standar} \dots\dots\dots (6)$$

**Vehicle Damage factor (VDF)**

Faktor Kerusakan Kendaraan (*Vehicle Damage Factor* atau VDF) merupakan rasio antara tingkat kerusakan yang diakibatkan oleh beban sumbu suatu kendaraan dengan tingkat kerusakan yang disebabkan oleh beban sumbu standar (Iskahar dkk., 2021). *Vehicle Damage factor* (VDF) atau angka ekuivalen kendaraan dihitung untuk kendaraan dengan muatan berlebih. Perhitungan *Vehicle Damage factor* (VDF) berdasarkan konfigurasi sumbu kendaraan oleh Bina Marga 2017 ditunjukkan pada persamaan – persamaan berikut:

1. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT):

$$\text{VDF STRT} = \left( \frac{\text{beban sumbu (t)}}{5,40} \right)^5 \dots\dots\dots (7)$$

2. Sumbu tunggal roda ganda (STRG):

$$\text{VDF STRG} = \left( \frac{\text{beban sumbu (t)}}{8,16} \right)^5 \dots\dots\dots (8)$$

3. Sumbu ganda atau sumbu tandem roda ganda (STdRT):

$$\text{VDF STdRT} = \left( \frac{\text{beban sumbu (t)}}{13,76} \right)^5 \dots\dots\dots (9)$$

4. Sumbu tripel atau sumbu tridem roda ganda (STrRG):

$$\text{VDF STrRG} = \left( \frac{\text{beban sumbu (t)}}{18,45} \right)^5 \dots\dots\dots (10)$$

**Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESAL)**

Nilai CESAL didapatkan dengan menghitung nilai ESAL terlebih dahulu. Perhitungan *Equivalent Single Axle Load* (ESAL) oleh Bina Marga 2017 ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$\text{ESAL} = \text{LHR tiap golongan} \times \text{VDF} \dots\dots\dots (11)$$

Setelah didapatkan hasil perhitungan *Equivalent Single Axle Load* (ESAL), maka selanjutnya adalah mencari nilai *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL). Perhitungan *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) oleh Bina Marga 2017 ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$\text{CESAL} = \sum \text{ESAL} \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \dots\dots\dots (12)$$

Keterangan:

DD = faktor distribusi arah.

DL = faktor distribusi lajur.

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

CESAL= kumulatif beban sumbu standar ekuivalen selama satu tahun.

**Truck factor (TF)**

*Truck factor* penting dalam mengevaluasi dampak beban lalu lintas terhadap ketahanan struktur jalan karena truk bermuatan berat memiliki efek yang lebih besar terhadap perkerasan jalan daripada kendaraan kecil atau ringan. Apabila hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai *truck factor overload* melebihi 1, maka kondisi jalan tersebut menunjukkan adanya kerusakan akibat beban berlebih (Purwahono & Sholichin, 2023). Perhitungan *truck factor* dapat dilakukan dengan persamaan 13 berikut:

$$\text{TF} = \frac{\sum \text{ESAL}}{\sum \text{LHR}} \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan:

TF = *Truck factor*

ESAL = *Equivalent Standard Axle Load*

**Penurunan Umur Rencana (*Remaining Life*)**

Penurunan umur rencana jalan adalah situasi di mana jalan tidak mencapai usia harapan sesuai dengan rencana awalnya. Pada dasarnya kualitas struktural jalan akan mengalami penurunan seiring bertambahnya usia jalan, terutama jika jalan tersebut sering dilalui oleh kendaraan dengan muatan berat yang melampaui batas beban yang telah ditetapkan. Perhitungan sisa umur rencana dapat dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Rl = 100 \left( 1 - \left( \frac{Np}{N_{1,5}} \right) \right) \dots\dots\dots (14)$$

Keterangan:

- Rl = Persentase sisa umur rencana/*Remaining Life*.
- Np = Kumulatif ESAL pada awal tahun.
- N<sub>1,5</sub> = Kumulatif ESAL pada akhir umur rencana.

## METODE

### Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan yang meliputi data Lalu Lintas Harian (LHR). Survei dilakukan di titik strategis yang sering dilalui truk, terutama pada jam malam saat intensitas pengiriman tinggi. Fokus survei adalah pada klasifikasi kendaraan berdasarkan sumbu dan kondisi muatan, baik terisi maupun kosong, untuk memahami pola lalu lintas khususnya truk di ruas jalan tersebut. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari instansi terkait, yaitu Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur dan Unit Pelaksana Penimbangan Kendaraan Bermotor (UPPKB) Trosobo, Kabupaten Sidoarjo. Data sekunder ini mencakup informasi penting seperti muatan beban dan jumlah kendaraan dari UPPKB Trosobo, serta informasi teknis jalan seperti LHR tahun 2021 – 2023, umur rencana, dan tahun pembangunan dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur.

### Tahap Analisis Data

Tujuan dari analisis data adalah untuk membuat data-data dapat dimengerti, sehingga temuan yang dihasilkan bisa disampaikan kepada orang lain, serta merangkum data guna menghasilkan kesimpulan yang bermanfaat untuk membuat keputusan yang tepat dan mendukung pengambilan keputusan (Samsu, 2021). Adapun langkah- langkah perhitungan dan analisis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis data Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) yang diperoleh dari hasil survei.
2. Perhitungan nilai pertumbuhan volume lalu lintas untuk memperkirakan LHR yang akan terjadi setelah tahun 2024.
3. Perhitungan CESAL Normal atau Standar
4. Perhitungan nilai *Vehicle Damage factor (VDF) Overload*
5. Perhitungan *CESAL Overload*
6. Perhitungan nilai *Truck factor (TF)*
7. Perhitungan persentase *Remaining Life (RL)* standar dan *overload*
8. Analisis persentase penurunan umur jalan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pertumbuhan Volume Lalu Lintas

Berdasarkan hasil survei lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang dilakukan pihak Dinas Pekerjaan Umum (DPU) Bina Marga Provinsi Jawa Timur pada tahun 2021 hingga 2023 di ruas Jalan Raya Cangkir – Jalan Raya Driyorejo – Jalan Raya Krikilan diperoleh data LHR yang ditunjukkan pada tabel 1 berikut.

**Tabel 1. Data LHR Tahun 2021 - 2023**

Golongan Kendaraan	Kelompok Jenis Kendaraan	LHR		
		2021	2022	2023
2	Sedan, Jeep, Station dan Taxi (Pribadi)	1204	1466	3293
3	Minibus, MPU dan Angkot	145	175	311

Golongan Kendaraan	Kelompok Jenis Kendaraan	LHR		
		2021	2022	2023
4	Pick-up dan Truk Ban Belakang 1	530	646	1980
5a	Bus Kecil	7	13	27
5b	Bus Besar	7	13	22
6a	Truk Tangki 2 Sumbu	375	458	2478
6b	Trailer, Dump Truk 2 Sumbu	493	601	1506
7a	Trailer, Dump Truk 3 Sumbu	387	473	1231
7b	Truk Gandeng	216	264	275
7c	Trailer Flat Deck Truk dan Truk Trailer	522	636	803

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum (DPU) Bina Marga Provinsi Jawa Timur (2023)

Untuk memperoleh nilai pertumbuhan lalu lintas, data LHR diolah menggunakan persamaan 1 dengan menghitung pertumbuhan lalu lintas setiap golongan kendaraan dari tahun 2021 hingga 2022 dan dari tahun 2022 hingga 2023. Selanjutnya, kedua nilai pertumbuhan lalu lintas tersebut dirata-rata untuk mendapatkan nilai pertumbuhan lalu lintas (i) aktual dari tahun 2021 hingga 2023. Rekapitulasi hasil perhitungan nilai pertumbuhan lalu lintas untuk semua golongan kendaraan ditunjukkan pada tabel 2 berikut.

**Tabel 2. Pertumbuhan Lalu Lintas Tahun 2021 – 2023 Tiap Golongan Kendaraan**

Golongan Kendaraan	Kelompok Jenis Kendaraan	Rata-rata
2	Sedan, Jeep, Station dan Taxi (Pribadi)	30,1%
3	Minibus, MPU dan Angkot	21,6%
4	Pick-up dan Truk Ban Belakang 1	42,7%
5a	Bus Kecil	40,2%
5b	Bus Besar	33,2%
6a	Truk Tangki 2 Sumbu	71,6%
6b	Trailer, Dump Truk 2 Sumbu	34,4%
7a	Trailer, Dump Truk 3 Sumbu	35,9%
7b	Truk Gandeng	6,3%
7c	Trailer Flat Deck Truk dan Truk Trailer	11,4%
	<b>TOTAL</b>	<b>32,7%</b>

Sumber: Hasil Analisis Data (2024)

Menurut Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2017, laju pertumbuhan lalu lintas standar untuk Pulau Jawa dengan fungsi layanan jalan arteri dan perkotaan adalah 4,8%. Hasil perhitungan total pertumbuhan lalu lintas sebesar 32,7% pada lokasi penelitian menunjukkan bahwa laju pertumbuhan lalu lintas saat ini lebih tinggi dibandingkan standar yang ditetapkan.

Laju pertumbuhan lalu lintas ini memengaruhi nilai faktor pertumbuhan lalu lintas (R), di mana semakin tinggi persentase laju pertumbuhan lalu lintas maka nilai faktor pertumbuhan juga meningkat. Perhitungan nilai faktor pertumbuhan lalu lintas (R) selama umur rencana 10 tahun berdasarkan persamaan 2 adalah sebagai berikut:

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

$$R = \frac{(1 + 0,01 \times 32,7\%)^{10} - 1}{0,01 \times 32,7\%}$$

$$R = 10,1$$

Selain memengaruhi nilai R, laju pertumbuhan lalu lintas juga digunakan untuk memprediksi jumlah kendaraan setelah tahun 2024 untuk setiap golongan kendaraan menggunakan persamaan 3. Rekapitulasi LHR selama umur rencana 10 tahun ditunjukkan pada tabel 3 berikut.

**Tabel 3. LHR Selama Umur Rencana**

Golongan Kendaraan	Kondisi	LHR 2020	LHR 2021	LHR 2022	LHR 2023	LHR 2024	LHR 2025	LHR 2026	LHR 2027	LHR 2028	LHR 2029
2	Standar	1181	1537	1999	2601	3385	4404	5730	7455	9700	12620
3	Standar	206	251	305	370	450	548	666	809	984	1197

**Tabel 3. Lanjutan**

Golongan Kendaraan	Kondisi	LHR 2020	LHR 2021	LHR 2022	LHR 2023	LHR 2024	LHR 2025	LHR 2026	LHR 2027	LHR 2028	LHR 2029
4	Standar	549	783	1118	1595	2277	3250	4639	6622	9452	13491
5a	Standar	7	10	15	20	29	40	56	79	111	155
5b	Standar	9	12	15	21	27	36	48	65	86	115
6a	Isi	175	300	514	882	1513	2596	4454	7641	13110	22491
	Kosong	111	190	325	558	958	1643	2819	4836	8296	14233
6b	Isi	171	229	308	414	556	747	1004	1349	1813	2436
	Kosong	33	44	60	80	108	145	194	261	351	471
7A2	Isi	296	403	547	744	1012	1375	1869	2541	3455	4696
	Kosong	49	66	90	122	166	226	307	417	567	771
7B1	Isi	66	70	75	80	85	90	96	102	108	115
	Kosong	47	50	53	57	60	64	68	72	77	82
7C1	Isi	404	450	501	558	622	692	771	859	956	1065
	Kosong	34	38	42	47	52	58	65	72	80	89
7C2B	Isi	68	75	84	93	104	116	129	144	160	178
	Kosong	27	30	34	38	42	47	52	58	65	72
7C3	Isi	33	37	41	45	51	56	63	70	78	87
	Kosong	31	34	38	42	47	53	59	65	73	81

Sumber: Hasil Analisis Data (2024)

### Persentase Muatan Berlebih

Berdasarkan hasil timbangan oleh Unit Pelaksana Penimbangan Kendaraan Bermotor (UPPKB) Trosobo, diperoleh data rata-rata muatan beban berlebih dan rata-rata Jumlah Berat yang Diizinkan (JBI) dari tahun 2021 hingga 2023. JBI sendiri adalah berat maksimum kendaraan beserta muatannya yang diizinkan berdasarkan kelas jalan yang dilalui, dimana semakin banyak jumlah sumbu kendaraan tentunya semakin besar juga jumlah berat yang diizinkan (Daulay, 2024). Oleh karena itu, rata-rata JBI merujuk pada rata-rata berat maksimum suatu kendaraan beserta muatan yang telah diizinkan dalam kurun waktu tertentu. Rata-rata muatan berlebih dan JBI tersebut ditunjukkan pada tabel 4 hingga 6 berikut.

**Tabel 4. Data Muatan Beban Berlebih Tahun 2021**

Bulan	Golongan I JBI 1500 - 8000 Kg		Golongan II JBI 8000 - 14000 Kg		Golongan III JBI 14000 - 21000Kg		Golongan IV JBI > 21000 Kg	
	Rata-rata Muatan	Rata-rata JBI	Rata-rata Muatan	Rata-rata JBI	Rata-rata Muatan	Rata-rata JBI	Rata-rata Muatan	Rata-rata JBI
	Januari	5306,708	4926,7	9894,279	8973,262	19202,86	18605,17	22054,5
Februari	5436,958	5057	9747,041	8874,459	18360,36	17823,75	24775,19	22627,19
Maret	5460,56	4880,6	9612,293	7518,61	18222,77	17652,67	23729,36	21581,36
April	5315,68	4835,7	9461,917	7657,21	19819,68	19158,11	23646,25	22498,25
Mei	5464,97	4985	10459,31	8583,94	18252,47	17688,29	24310,55	23162,55
Juni	5426,67	4935,7	10184,96	7218,4	18986,49	18093,17	21283,98	20135,98
Juli	5431,88	4851,9	10647,25	8582,991	19320,5	18324,38	22345,98	21197,98
Agustus	5303,56	5023,6	10389,14	7477,99	18039,85	17862,81	23866,59	22718,59
September	5426,57	4946,6	10262,67	8773,74	19012,27	18180,71	23707,13	21559,13
Oktober	5478,25	4798,3	11387,88	7018,68	18981,64	18369,07	24680,76	23532,76
November	5465,68	4875,7	10399,55	8968,323	18751,82	17984,21	23137,97	21989,97
Desember	5335,63	4955,6	12945,85	9067,076	18224,31	17560,33	23479,44	21331,44
<b>Rata-rata/Hari</b>	<b>177,6798</b>	<b>161,84</b>	<b>343,5401</b>	<b>270,4512</b>	<b>616,9178</b>	<b>595,3498</b>	<b>769,9115</b>	<b>721,2101</b>

Sumber: Unit Pelaksana Penimbangan Kendaraan Bermotor (UPPKB) Trosobo, Sidoarjo (2021)

**Tabel 5. Data Muatan Beban Berlebih Tahun 2022**

Bulan	Golongan I JBI 1500 - 8000 Kg		Golongan II JBI 8000 - 14000 Kg		Golongan III JBI 14000 - 21000Kg		Golongan IV JBI > 21000 Kg	
	Rata-rata Muatan	Rata-rata JBI	Rata-rata Muatan	Rata-rata JBI	Rata-rata Muatan	Rata-rata JBI	Rata-rata Muatan	Rata-rata JBI
	Januari	5623,04	5143	12207,05	9153,24	19051,57	18112,12	22298
Februari	5631,26	5151,3	11078,94	9064,31	19173,32	18330,75	24829,82	22975,19
Maret	5386,50	4906,5	10683,26	7844,05	18749,49	18159,67	25583,12	21929,36
April	5104,33	4824,3	10563,52	7540,58	18490,73	17665,33	25645,07	22846,25

**Tabel 5. Lanjutan**

Bulan	Golongan I		Golongan II		Golongan III		Golongan IV	
	JBI 1500 - 8000 Kg		JBI 8000 - 14000 Kg		JBI 14000 - 21000Kg		JBI > 21000 Kg	
	Rata-rata Muatan	Rata-rata JBI	Rata-rata Muatan	Rata-rata JBI	Rata-rata Muatan	Rata-rata JBI	Rata-rata Muatan	Rata-rata JBI
Mei	5521,22	4941,2	10659,71	8328,3	18983,6	18195,29	25384,42	23510,55
Juni	5388,03	4808	11098,67	7330,1	18714,24	18600,17	22257,31	20483,98
Juli	5442,90	4862,9	10969,46	8327,49	19551,43	18831,38	23845,98	21545,98
Agustus	5615,20	5035,2	10394,2	7807,49	19904,86	19069,09	24458,64	23066,59
September	5545,91	4965,9	10268,6	8973,67	19150,04	18687,71	23176,04	21907,13
Oktober	5433,86	4853,9	11254,83	7314,86	19932,66	18876,07	24045,87	23880,76
November	5527,11	4947,1	12291,79	9148,79	19945,64	19115,63	23297,04	22337,97
Desember	5454,95	4875	11499,39	9038,19	19010,39	18067,33	23138,8	21679,44
<b>Rata-rata/Hari</b>	<b>179,93</b>	<b>162,51</b>	<b>364,23</b>	<b>273,62</b>	<b>631,94</b>	<b>607,43</b>	<b>788,93</b>	<b>732,65</b>

Sumber: Unit Pelaksana Penimbangan Kendaraan Bermotor (UPPKB) Trosobo, Sidoarjo (2022)

**Tabel 6. Data Muatan Beban Berlebih Tahun 2023**

Bulan	Golongan I		Golongan II		Golongan III		Golongan IV	
	JBI 1500 - 8000 Kg		JBI 8000 - 14000 Kg		JBI 14000 - 21000Kg		JBI > 21000 Kg	
	Rata-rata Muatan	Rata-rata JBI	Rata-rata Muatan	Rata-rata JBI	Rata-rata Muatan	Rata-rata JBI	Rata-rata Muatan	Rata-rata JBI
Januari	5753,708	5202,708	11452,28	9880,26	20202,86	19457,91	24097,78	22362,5
Februari	5683,958	5332,958	11305,04	9781,46	20360,36	19589,72	26144,24	24083,19
Maret	5554,56	5003,56	10870,29	8425,61	20422,77	20177,41	24425,68	23037,36
April	5509,68	4958,68	11819,92	8564,21	20319,68	19782,74	25994,2	23954,25
Mei	5558,97	5007,97	12717,31	9490,94	20252,47	19406,22	26064,02	24618,55
Juni	5609,67	5058,67	11542,96	8125,40	21086,49	20574,91	23583,12	21591,98
Juli	5673,88	5122,88	12905,25	9489,99	20720,5	19978,1	24877,62	22653,98
Agustus	5697,56	5146,56	12647,14	8384,99	21039,85	20187,88	26176,26	24174,59
September	5620,57	5069,57	12520,67	9680,74	20212,27	19764,12	25862,27	23015,13
Oktober	5650,25	4999,25	12645,88	7925,68	20081,64	19209,06	22141,43	24988,76
November	5699,68	5048,68	13657,55	9875,32	20051,82	19128,48	25885,6	23445,97
Desember	5829,63	5078,63	12203,85	9974,08	20224,31	19531,05	24862,27	22787,44
<b>Rata-rata/Hari</b>	<b>185,87</b>	<b>167,21</b>	<b>400,79</b>	<b>300,27</b>	<b>671,16</b>	<b>648,73</b>	<b>822,23</b>	<b>769,08</b>

Sumber: Unit Pelaksana Penimbangan Kendaraan Bermotor (UPPKB) Trosobo, Sidoarjo (2023)

Dari tabel data beban 4 – 6 dapat diketahui nilai persentase muatan berlebih dari kendaraan setiap golongannya dengan menggunakan persamaan 4. Golongan I JBI 1500 – 8000 kg dikategorikan golongan 6a, golongan II JBI 8000 - 14000 kg dikategorikan golongan 6b, golongan III JBI 14000 – 21000 kg dikategorikan golongan 7a dan golongan IV JBI 1500 – 8000 kg dikategorikan golongan 7b dan 7c. Persentase muatan berlebih tiap golongan kendaraan ditunjukkan pada tabel 7 berikut.

**Tabel 7. Persentase Muatan Berlebih Tiap Golongan Kendaraan**

Golongan Kendaraan	Rata-rata Persentase
6a	10,6%
6b	31,2%
7a	3,7%
7b	3,6%
7c	3,6%

Sumber: Hasil Analisis Data (2024)

Dari hasil persentase muatan berlebih tersebut, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui jumlah kendaraan *overload* tiap golongan kendaraan dari LHR tabel 3 menggunakan persamaan 5 dan 6. Hasil perhitungan LHR standar dan LHR *overload* untuk setiap golongan kendaraan dari tahun 2020 hingga 2029 yang telah didapatkan ditunjukkan pada tabel 8 berikut.

**Tabel 8. LHR Standar dan LHR Overload Untuk Setiap Golongan Kendaraan**

Golongan Kendaraan	Kondisi	LHR 2020	LHR 2021	LHR 2022	LHR 2023	LHR 2024	LHR 2025	LHR 2026	LHR 2027	LHR 2028	LHR 2029
2	Standar	1181	1537	1999	2601	3385	4404	5730	7455	9700	12620
3	Standar	206	251	305	370	450	548	666	809	984	1197
4	Standar	549	783	1118	1595	2277	3250	4639	6622	9452	13491
5a	Standar	7	10	15	20	29	40	56	79	111	155
5b	Standar	9	12	15	21	27	36	48	65	86	115
6a	Standar	267	458	785	1347	2311	3965	6803	11670	20022	34349
	Overload	18	32	54	93	160	274	470	807	1384	2374
6b	Standar	150	202	272	365	490	659	885	1189	1598	2147
	Overload	53	72	96	129	174	233	313	421	566	760
7A2	Standar	334	454	617	839	1140	1550	2107	2864	3894	5293
	Overload	11	15	20	28	37	51	69	94	128	174
7B1	Standar	111	118	126	134	142	151	160	171	181	193
	Overload	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4
7C1	Standar	423	472	525	585	652	726	808	900	1002	1116
	Overload	14	16	18	20	22	25	27	31	34	38
7C2B	Standar	92	103	115	128	142	158	177	197	219	244
	Overload	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6
7C3	Standar	63	70	78	86	96	107	119	133	148	165
	Overload	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3

Sumber: Hasil Analisis Data (2024)

### CESAL Standar

Perhitungan CESAL Standar dilakukan dengan menghitung nilai ESAL menggunakan persamaan 11 dengan pedoman nilai VDF standar sesuai MDPJ terbaru yaitu tahun 2024. Nilai VDF untuk perkerasan lentur pada Provinsi Jawa Timur ditunjukkan pada tabel 9 berikut.

**Tabel 9. VDF Untuk Perkerasan Lentur Wilayah Jawa Timur Lintas Tengah**

Golongan Kendaraan	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7A2	7B1	7C1	7C2B	7C3
VDF	0,0005	0,0007	0,0286	0,0594	1,9	0,1	1,6	3,3	7,1	5,2	3,7	6,7

Sumber: Manual Desain Perkerasan jalan (2024)

Nilai ESAL dihitung setiap golongan lalu dijumlahkan seluruhnya, sehingga didapatkan nilai ESAL tiap tahun selama umur rencana. Hasil analisis data perhitungan ESAL selama umur rencana ditunjukkan pada tabel 10 berikut.

**Tabel 10. Nilai ESAL Standar Tiap Golongan Kendaraan Selama Umur Rencana**

Golongan Kendaraan	LHR 2020	LHR 2021	LHR 2022	LHR 2023	LHR 2024	LHR 2025	LHR 2026	LHR 2027	LHR 2028	LHR 2029
2	0,6	0,8	1,0	1,3	1,7	2,2	2,9	3,7	4,8	6,3
3	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
4	15,7	22,4	32,0	45,6	65,1	93,0	132,7	189,4	270,3	385,8
5a	0,4	0,6	0,9	1,2	1,7	2,4	3,3	4,7	6,6	9,2
5b	16,5	22,0	29,3	39,0	51,9	69,2	92,1	122,7	163,4	217,6
6a	26,7	45,8	78,5	134,7	231,1	396,5	680,3	1167,0	2002,2	3434,9
6b	240,8	323,5	434,6	583,9	784,6	1054,1	1416,2	1902,7	2556,4	3434,7
7A2	1101,8	1497,8	2036,1	2767,9	3762,6	5114,8	6953,1	9451,9	12848,8	17466,6
7B1	789,3	839,1	892,0	948,3	1008,1	1071,7	1139,3	1211,2	1287,6	1368,8
7C1	2202,1	2452,5	2731,5	3042,1	3388,1	3773,4	4202,5	4680,4	5212,7	5805,6
7C2B	342,2	381,1	424,5	472,7	526,5	586,4	653,1	727,3	810,1	902,2
7C3	418,9	466,6	519,6	578,7	644,5	717,8	799,5	890,4	991,6	1104,4
<b>TOTAL ESAL</b>	<b>5155,2</b>	<b>6052,3</b>	<b>7180,1</b>	<b>8615,8</b>	<b>10466,2</b>	<b>12881,8</b>	<b>16075,3</b>	<b>20352,1</b>	<b>26155,3</b>	<b>34136,9</b>

Sumber: Hasil Analisis Data (2024)

Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 digunakan faktor distribusi lajur (DL) sebesar 80% dikarenakan ruas Jalan Raya Cangkir – Jalan Raya Driyorejo – Jalan Raya Krikilan mempunyai 2 lajur untuk setiap arahnya. Selanjutnya yaitu menghitung nilai CESAL standar dengan

menggunakan persamaan 12 dengan hasil analisis data perhitungan CESAL standar selama umur rencana ditunjukkan pada tabel 11 berikut.

**Tabel 11. Nilai CESAL Standar Tiap Tahun Selama Umur Rencana**

Tahun	ESAL	CESAL Standar
2020	5155,2	7.638.401
2021	6052,3	8.967.701
2022	7180,1	10.638.788
2023	8615,8	12.765.924
2024	10466,2	15.507.790
2025	12881,8	19.086.926
2026	16075,3	23.818.765
2027	20352,1	30.155.609
2028	26155,3	38.754.148
2029	34136,9	50.580.556

Sumber: Hasil Analisis Data (2024)

### CESAL Overload

Untuk memperoleh nilai CESAL *overload* dilakukan perhitungan nilai VDF *overload* menggunakan persamaan 7 hingga 10. Nilai VDF *overload* untuk setiap golongan kendaraan ditunjukkan pada tabel 12 berikut.

**Tabel 12. Nilai VDF Overload Untuk Setiap Golongan Kendaraan**

Golongan Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Konfigurasi Beban Sumbu Kondisi Overload (Ton)				Berat Total (Ton)	VDF Overload
		Depan	Belakang				
			Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	
5a	1.2	6	10				16
5b	1.2	6	10				16
6a	1.2 L	6,63	11,06				17,69
6b	1.2 H	7,87	13,12				20,99
7A2	1.2.2	6,22	9,33	9,33			24,89
7B1	1.2 + 2.2	6,21	10,36	10,36	10,36		37,28
7C1	1.2 - 2.2	6,21	10,36	9,32	9,32		35,21
7C2B	1.2 - 2.2.2	6,21	10,36	10,36	10,36	10,36	47,64
7C3	1.2.2 - 2.2.2	6,21	10,36	10,36	10,36	10,36	47,64

Sumber: Hasil Analisis Data (2024)

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai ESAL dan CESAL *overload* menggunakan persamaan 11 dan 12. Nilai ESAL dan CESAL *overload* selama umur rencana ditunjukkan pada tabel 13 berikut.

**Tabel 13. Nilai CESAL Overload Tiap Tahun Selama Umur Rencana**

Tahun	ESAL Overload	CESAL Overload
2020	6.521	9.662.865
2021	7.885	11.682.469
2022	9.669	14.326.490
2023	12.043	17.843.885
2024	15.254	22.601.706
2025	19.673	29.149.494
2026	25.864	38.322.764
2027	34.697	51.411.123
2028	47.536	70.433.926
2029	66.543	98.595.966

Sumber: Hasil Analisis Data (2024)

### Truck Factor

Perhitungan nilai TF *overload* didasarkan pada nilai ESAL *overload* selama umur rencana yaitu 10 tahun, yang kemudian dibagi dengan nilai total LHR selama periode tersebut seperti yang

ditunjukkan pada tabel 3 menggunakan persamaan 13. Hasil perhitungan nilai truck factor *overload* ditunjukkan pada 14 berikut.

**Tabel 14. Nilai Truck Factor Overload**

Tahun	Jumlah LHR	ESAL Overload
2020	3496	6521
2021	4609	7885
2022	6164	9669
2023	8369	12043
2024	11543	15254
2025	16186	19673
2026	23089	25864
2027	33518	34697
2028	49520	47536
2029	74444	66543
<b>TOTAL</b>	<b>230939</b>	<b>245685</b>
<b>Truck factor (TF)</b>		<b>1,06</b>

Sumber: Hasil Analisis Data (2024)

Nilai TF *overload* selama 10 tahun adalah 1,06 yang menunjukkan bahwa nilai tersebut lebih besar 1. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perkerasan atau jalan tersebut mengalami *overloading* akibat beban lalu lintas.

#### **Remaining Life**

Perhitungan nilai RL menggunakan persamaan 14, dengan menggunakan nilai CESAL tahun pertama dibagi dengan nilai CESAL tahun terakhir umur rencana. Perhitungan dilakukan untuk kategori standar dan *overload*. Rekapitulasi nilai *Remaining Life* standar tahun 2020 – 2029 ditunjukkan pada tabel 15 berikut.

**Tabel 15. Rekapitulasi Nilai Remaining Life Standar Tahun 2020 - 2029**

Tahun	NP	N1,5	RL%
2020	7638401	50580556	84,9%
2021	8967701	50580556	82,3%
2022	10638788	50580556	79,0%
2023	12765924	50580556	74,8%
2024	15507790	50580556	69,3%
2025	19086926	50580556	62,3%
2026	23818765	50580556	52,9%
2027	30155609	50580556	40,4%
2028	38754148	50580556	23,4%
2029	50580556	50580556	0,0%

Sumber: Hasil Analisis Data (2024)

Berdasarkan tabel 15 tentang rekapitulasi nilai *Remaining Life* standar untuk periode 2020–2029, diketahui bahwa umur perkerasan akan habis pada tahun 2029 dengan nilai *Remaining Life* sebesar 0%. Perhitungan nilai *Remaining Life* akibat beban berlebih dilakukan dengan metode yang sama menggunakan persamaan 14. Rekapitulasi nilai *Remaining Life* akibat beban berlebih untuk periode 2020–2029 ditunjukkan pada tabel 16 berikut..

**Tabel 16. Rekapitulasi Nilai Remaining Life Overload Tahun 2020 - 2029**

Tahun	NP	N1,5	RL%
2020	9662865	50580556	80,9%
2021	11682469	50580556	76,9%
2022	14326490	50580556	71,7%
2023	17843885	50580556	64,7%
2024	22601706	50580556	55,3%
2025	29149494	50580556	42,4%

**Tabel 16. Lanjutan**

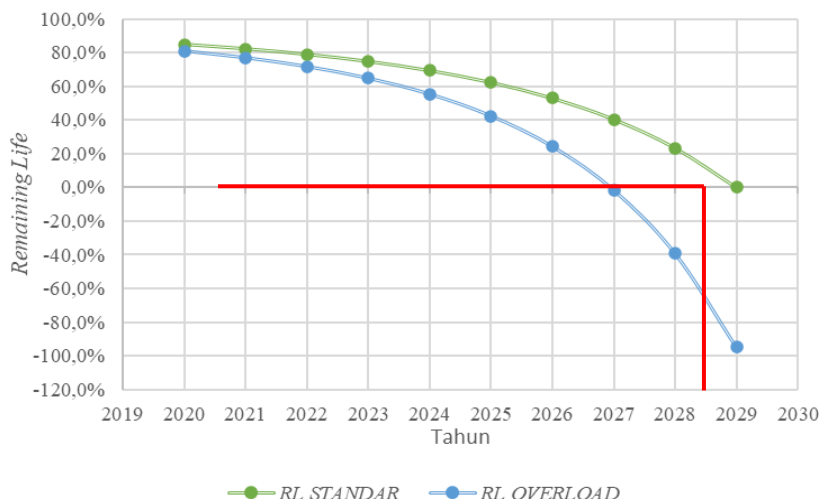
Tahun	NP	N1,5	RL%
2026	38322764	50580556	24,2%
2027	51411123	50580556	-1,6%
2028	70433926	50580556	-39,3%
2029	98595966	50580556	-94,9%

Sumber: Hasil Analisis Data (2024)

Berdasarkan tabel 16 tentang rekapitulasi nilai *Remaining Life* akibat beban berlebih untuk periode 2020–2029, diketahui bahwa umur perkerasan akan habis pada tahun 2026 dengan nilai *Remaining Life* sebesar 24,2%. Selain itu, pada tahun 2027–2029 nilai *Remaining Life* menunjukkan hasil negatif, yang mengindikasikan bahwa umur rencana jalan telah terlampaui.

### Penurunan Sisa Umur Rencana

Berdasarkan tabel 15 dan 16 menunjukkan bahwa pada tahun 2024 terjadi penurunan sisa umur rencana jalan. Sisa umur rencana jalan dalam kondisi standar adalah sebesar 69,3%, namun dalam kondisi *overload* sisa umur rencana menurun menjadi 55,3%. Hal ini menunjukkan bahwa selama tahun 2024 terjadi penurunan umur rencana sebesar 14%. Dari tabel 15 dan 16 dapat disajikan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada gambar 2 berikut.



**Gambar 1.** Perbandingan Nilai *Remaining Life* Standar dan Nilai *Remaining Life* Overloading Overload

Sumber: Hasil Analisis Data (2024)

Dari tabel 16 dan gambar 1 dapat diketahui bahwa sisa umur layan pada Ruas Jalan Raya Cangkir – Jalan Raya Driyorejo – Jalan Raya Krikilan untuk kondisi *overload* akan habis pada tahun 2026 akhir. Maka selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk mengetahui bulan pada tahun 2026 yang mendekati nilai *RL overload* 0%. Perhitungan dilakukan dengan cara interpolasi *RL standar* dan *RL overload* pada tahun 2026. Hasil perhitungan nilai *RL standar* dan nilai *RL overload* pada tahun 2026 ditunjukkan pada tabel 17 berikut.

**Tabel 17.** Rekapitulasi Perbandingan Nilai *RL Standar* dan Nilai *RL Overload* Pada Tahun 2026

Bulan Tahun 2026	RL Standar	RL Overload
Januari	52,9%	24,2%
Februari	51,9%	22,1%
Maret	50,8%	19,9%
April	49,8%	17,8%
Mei	48,7%	15,6%
Juni	47,7%	13,5%
Juli	46,6%	11,3%

Bulan Tahun 2026	RL Standar	RL Overload
Agustus	45,6%	9,1%
September	44,6%	7,0%
Oktober	43,5%	4,8%
November	42,5%	2,7%
Desember	41,4%	0,5%

Sumber: Hasil Analisis Data (2024)

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data serta pembahasan terhadap hasil-hasil penelitian, diperoleh kesimpulan yaitu terdapat peningkatan persentase volume lalu lintas aktual sebesar 32,7% di ruas Jalan Raya Cangkir – Jalan Raya Driyorejo – Jalan Raya Krikilan. Kedua, nilai kumulatif ESAL standar dan *overload* yang melintasi ruas tersebut sebesar 7.638.401 hingga 50.580.556 untuk CESAL standar, dan sebesar 9.662.865 hingga 98.595.966 untuk CESAL *overload*. Ketiga, *truck factor overload* pada ruas tersebut adalah 1,06 yang berarti menunjukkan adanya *overloading* karena nilai *truck factor overload* melebihi 1. Keempat, terdapat penurunan sisa umur rencana perkerasan lentur di ruas Jalan Raya Cangkir – Jalan Raya Driyorejo – Jalan Raya Krikilan STA 0+000 hingga STA 7+000 sebesar 14%. Nilai RL standar mencapai 69,3%, sedangkan RL *overload* mencapai 55,3%. Dalam kondisi *overload*, diperkirakan umur rencana jalan akan habis pada bulan Desember tahun 2026, atau 3 tahun lebih cepat dari perkiraan awal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Batubara, M. I. Z., Simanjuntak, J. P., & Siregar, S. 2023. Analisa Pengaruh Kendaraan *Overloading* (O1) Terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan Tol (Studi Kasus Ruas Jalan Tol Ruas Semarang ABC). *Jurnal Insinyur Profesional*, 3(1), 135–142. <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/jip>
- Bina Marga. 2017. Manual Desain Perkerasan Jalan.
- Bumulo, N., Djau, R. A., & Dunda, P. 2023. Studi Pengaruh Beban Berlebihan Terhadap Pengurangan Umur Perkerasan Jalan. *Jurnal Peradaban Sains, Teknologi Dan Rekayasa (RADIAL)*, 11(1), 164–175. <https://doi.org/10.37971/radial.vXXiXX.XXX>.
- Daulay, R. F. N. 2024. Akibat Hukum Peralihan Kewenangan Pengawasan Muatan Lebih Dari Pemerintah Provinsi Sumatera Utara Ke Kementerian Perhubungan (Studi Kasus Balai Pengelola Transportasi Darat Wilayah II Provinsi Sumatera Utara). *Jurnal Hukum Tata Negara & Hukum Administrasi Negara (GRONDWET)*, 3(1), 338-363. <https://doi.org/10.61863/gr.v3i1.36>
- Iskahar, Anjarwati, S., Rejeki, L. O. 2021. Pengaruh Beban Berlebih Terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan (Studi Kasus Ruas Jalan Jenderal Soedirman Sokaraja). *Jurnal Nasional UMP, Universitas Muhammadiyah Purwokerto*.
- Karyawan, I. D. M. A., Hasyim, & Faqih, 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>.
- Nur, N. K. dkk. 2021. *Perancangan Perkerasan Jalan* (J. Simarmata & A. Karim, Eds.; 1st ed.). Yayasan Kita Menulis. <https://kitamenulis.id/2021/07/07/perancangan-perkerasan-jalan/>.
- Purwahono, F. P., & Solichin, I. 2023. Analisa Pengaruh Beban Kendaraan Terhadap Sisa Umur Rencana Jalan Dengan Metode Bina Marga 2017 Pada Ruas Jalan Brigiend Katamso - Jalan Raya Berbek - Jalan Raya Wadung Asri (STA 0+000 – STA 5+000). *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 3, 9919–9933. <https://doi.org/https://doi.org/10.31004/innovative.v3i3.3048>.
- Putra, N. M., Silitonga, S. P., Robby. 2021. Analisis Sisa Umur Rencana Jalan Berdasarkan Pertumbuhan Lalu Lintas Di Kota Palangka Raya Sutan P. Silitonga. *Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Keteknikan (TEKNIKA)*, 4(2), 155–164.
- Refi, A. dkk. 2021. Analisa Pengaruh Beban Kendaraan Terhadap Kerusakan dan Umur Rencana Jalan (Studi kasus perkerasan lentur jalan ByPass Padang KM 18). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 18(1), 27–40. <http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jirs/TerakreditasiSINTAPeringkat5>.

**Adinda Misela et al.**, *Analisis Pengaruh Beban Berlebih terhadap Sisa Umur Perkerasan Lentur pada Jalan Kawasan Industri Driyorejo dengan Metode MDPJ 2017*

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.

Samsu. 2021. *Metode Penelitian (Teori dan Aplikasi Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, Mixed Methods, serta Research Development)* (Rusmini, Ed.; 2nd ed., Vol. 2). Pusat Studi Agama dan Kemasyarakatan (PUSAKA) Jambi.