

# KAJIAN PENGARUH MUATAN BERLEBIH KENDARAAN TERHADAP UMUR RENCANA PERKERASAN LENTUR PADA JALAN MATANI KABUPATEN KUPANG

Dolly W. Karels<sup>1</sup> (dollykarels@gmail.com)

Remigildus Cornelis<sup>2</sup> (remi@staf.undana.ac.id)

Srivelda B. Hari<sup>3</sup> (sriveldabanguhari30@gmail.com)

## ABSTRAK

Jalan Matani merupakan jalan kabupaten yang diklasifikasikan sebagai jalan kelas III kolektor primer yang mampu menerima beban 8 ton, namun Jalan Matani sering dilewati kendaraan bermuatan lebih dari 8 ton sehingga salah satu penyebab kerusakan Jalan Matani yaitu muatan berlebih kendaraan yang mengakibatkan jalan tersebut mengalami kerusakan sebelum umur rencana perkerasan lentur tercapai. Tujuan penelitian ini adalah Mengkaji Pengaruh beban berlebih kendaraan terhadap umur rencana perkerasan lentur dengan menggunakan metode analisa komponen SNI No: 03-1732-1989 untuk mengetahui besar ekivalen kendaraan dari beban total kendaraan dan rumus remaining life metode AASHTO 1993 untuk menentukan sisa umur perkerasan lentur. Hasil dari penelitian ini adalah pengaruh beban berlebih terhadap besar perubahan angka ekivalen sumbu kendaraan yang melewati ruas Jalan Matani masing-masing kendaraan yaitu kendaraan 2 sumbu (1.2H) besar perubahan angka ekivalen kendaraan jenis ini yaitu 0,3658 dan kendaraan 3 sumbu (1.2.2) besar perubahan angka ekivalen kendaraan jenis ini yaitu 8,688 sehingga perkerasan lentur mengalami penurunan umur rencana 3,0695 tahun.

**Kata kunci : Kendaraan bermuatan lebih, umur rencana, perkerasan lentur, analisa komponen, Jalan Matani**

## ABSTRACT

*Matani Road is a district road classified as a class III primary collector road capable of receiving a load of 8 tons, but Matani Road is often passed by vehicles loaded with more than 8 tons so that one of the causes of damage to Matani Road is overload vehicles that cause the road to malfunction before the life of the bending pavement plan is reached. The purpose of this study is to examine the effect of vehicle overload on the life of the bending pavement plan using the SNI component analysis method No: 03-1732-1989 to determine the vehicle equivalent amount of the total vehicle load and the remaining life formula of the AASHTO 1993 method to determine the remaining life of bending pavement. The result of this study is the effect of excess load on the magnitude of the change in the axis equivalent number of vehicles passing through the Matani Road section of each vehicle, namely 2-axis vehicles (1.2H), the magnitude of the change in the equivalent number of this type of vehicle is 0.3658 and 3-axis vehicles (1.2.2), the change in the equivalent number of this type of vehicle is 8.688 so that the bending pavement has decreased the life of the plan by 3.0695 years.*

**Keywords: Overloaded vehicle, plan life, bending pavement, component analysis, Matani Road**

## PENDAHULUAN

Muatan berlebih (*overloading*) kendaraan adalah muatan sumbu kendaraan yang melebihi dari ketentuan seperti yang tercantum pada peraturan yang berlaku berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 05/PRT/M/2018 Tentang Penetapan Kelas

<sup>1</sup> Prodi Teknik Sipil, FST Undana;

<sup>2</sup> Prodi Teknik Sipil, FST Undana;

<sup>3</sup> Prodi Teknik Sipil, FST Undana (penulis korespondensi).

Jalan Berdasarkan Fungsi Dan Intensitas Lalu Lintas Serta Daya Dukung Menerima Muatan Sumbu Terberat dan Dimensi Kendaraan Bermotor.

Beban berlebih (*overloading*) bukan hanya disebabkan karena muatan kendaraan yang berlebih tetapi juga dapat disebabkan oleh adanya peningkatan volume lalu lintas (Pardosi, 2010). Tentang beban berlebihan (*overloading*) kendaraan G.Irwan Simanjuntak menganalisis muatan berlebih (*overloading*) kendaraan pada Jalan Raya Pringsurat, Ambarawa-Magelang) perkerasan eksisting menggunakan dua jenis beban, yaitu beban standar (dengan mengacu pada jumlah beban yang diijinkan atau JBI) dan beban faktual (Karya & Sipil, 2024).

Dengan melihat banyak kendaraan bermuatan lebih yang melintas di ruas Jalan Matani sehingga tidak lagi memenuhi standar muatan yang diizinkan atau tidak lagi sesuai dengan perencanaan awal pembangunan jalan ini maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh kelebihan muatan kendaraan terhadap kerusakan perkerasan jalan Matani.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Klasifikasi Jalan Berdasarkan Kelas Jalan

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 05/PRT/M/2018 Tentang Penetapan Kelas Jalan Berdasarkan Fungsi Dan Intensitas Lalu Lintas Serta Daya Dukung Menerima Muatan Sumbu Terberat dan Dimensi Kendaraan Bermotor, klasifikasi jalan berdasarkan kelas jalan adalah sebagai berikut (PERMEN Kementerian PUPR, 2018):

1. Jalan Kelas I yang terdiri dari jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 mm, ukuran paling tinggi 4.200 mm dan sumbu terberat yang diizinkan adalah 10 ton.
2. Jalan Kelas II yang terdiri dari jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 mm, ukuran paling tinggi 4.200 mm dan sumbu terberat yang diizinkan adalah 8 ton.
3. Jalan Kelas III yang terdiri dari jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 mm, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 mm, ukuran paling tinggi 3.500 mm dan sumbu terberat yang diizinkan adalah 8 ton.

### Berat Volume

Berat volume material (berat isi material) adalah berat agregat persatuan isi yang merupakan rasio antara berat material dan isi atau volume. Pengujian berat volume agregat berdasarkan SN 03-4804-1998 (BSN, 1998) dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Berat Volume/isi} = \frac{W_3}{V} \quad (1)$$

$$W_3 = W_2 - W_1 \quad (2)$$

Dengan:

$W_1$  adalah berat wadah (Kg)

$W_2$  adalah berat wadah beserta benda uji (Kg)

$W_3$  adalah berat benda uji (Kg)

$V$  adalah volume wadah ( $m^3$ )

### Beban Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Data volume lalu lintas dalam satuan kendaraan/hari tidak mencerminkan repetisi beban lalu lintas yang diterima oleh struktur perkerasan jalan (Sukirman, 2010). Repetisi beban lalu lintas pada lajur rencana ditentukan dengan memperhatikan volume dan distribusi berbagai jenis kendaraan ke setiap lajur. Rumus untuk menentukan repetisi beban ke lajur rencana dari berbagai jenis kendaraan dan konfigurasi sumbu adalah sebagai berikut:

$$Q = \sum LHRI \times DA \times DL \tag{3}$$

atau

$$Q = \sum LHRTI \times DA \times DL \tag{4}$$

atau

$$Q = \sum LHRTI \times CI \tag{5}$$

atau

$$Q = \sum LHRi \times Ci \tag{6}$$

Dengan:

Q adalah repetisi beban lalu lintas ke lajur rencana/hari/lajur

DA adalah koefisien distribusi arah untuk jenis kendaraan

DL adalah koefisien distribusi ke lajur rencana dari 1 arah lalu lintas untuk jenis kendaraan

CI adalah koefisien distribusi arus lalu lintas 2 arah ke lajur rencana untuk jenis kendaraan

CI adalah DA x DL

LHRT adalah Lalu Lintas Harian Rata-rata tahunan untuk jenis kendaraan I, kendaraan/hari/2arah

LHRi adalah Lalu lintas Harian Rata-rata untuk jenis kendaraan I, kendaraan/hari/2arah

### Angka Ekuivalen Beban Sumbu

Angka ekuivalen beban sumbu kendaraan adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal/ganda kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban standar sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 Lb). Angka Ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan berdasarkan rumus di bawah ini:

$$E = k \left( \frac{L}{8,16} \right)^4 \tag{7}$$

Dengan:

L adalah beban sumbu kendaraan (ton)

K : 1 = untuk sumbu tunggal

K : 0,086 = untuk sumbu tandem

K : 0,021 = untuk sumbu *triple*

### Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas merupakan beban dinamis yang terjadi secara berulang selama masa pelayanan jalan. Besarnya beban lalu lintas dipengaruhi oleh berbagai faktor kendaraan seperti konfigurasi sumbu dan roda kendaraan, beban sumbu dan roda kendaraan, tekanan ban, volume lalu lintas, repetisi sumbu, distribusi arus lalu lintas pada perkerasan jalan, kecepatan kendaraan (Sukirman, 2010).

### Konfigurasi Sumbu dan Roda Kendaraan

1. Rumus *damage factor single axle*

$$DF_{sgl} = 1,000 \times \left[ \frac{P}{8,16} \right]^4 \tag{1}$$

2. Rumus *damage factor tandem axle*

$$DFT_{dm} = 0,086 \times \left[ \frac{P}{8,16} \right]^4 \tag{2}$$

3. Rumus *damage factor triple axle*

$$DFT_{rp} = 0,053 \times \left[ \frac{P}{8,16} \right]^4 \tag{3}$$

### Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan pada satu jalur jalan selama satu satuan waktu (Sukirman, 2010).

1. Lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) merupakan jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama satu tahun penuh. LHRT dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$LHRT = \frac{\text{jumlah lalu lintas dalam 1 tahun}}{365} \tag{4}$$

2. Lalu lintas harian rata-rata (LHR) adalah jumlah rata-rata lalu lintas kendaraan bermotor, roda empat atau lebih selama 24 jam untuk kedua arah. LHR juga dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$LHRT = \frac{\text{jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya pengamatan}} \tag{5}$$

Lalu lintas harian rata-rata (LHR) setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana dan akhir umur rencana, dengan menggunakan manual perkerasan 2017 persamaan sebagai berikut (Umum, Rakyat, Jenderal, & Marga, 2017):

$$LHR_{\text{survei}} = LHR_{\text{survei}} \tag{6}$$

$$LHR_{\text{pada akhir umur rencana}} = LHR_{\text{survei}} \times (1+i)^n \tag{7}$$

### Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas didasarkan pada data-data pertumbuhan *series (historical growth data)* atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Faktor laju pertumbuhan lalu lintas (*i*) % dapat dilihat pada Tabel 1.

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor laju pertumbuhan kumulatif (*cumulative growth factor*) adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{(1 + 0,01i)^{UR} - 1}{0,01i} \tag{8}$$

Tabel 1 Faktor laju pertumbuhan lalu lintas (i) %

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Dengan:

R adalah Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i adalah laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR adalah umur rencana (tahun)

### Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar.

Tabel 2 Faktor distribusi lajur (DL)

Jumlah lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada jalur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

### Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent sigle Axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada jalur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai berikut:

$$ESA = (LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \tag{9}$$

Dengan:

ESA adalah kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen

LHR<sub>JK</sub> adalah lintasan harian rata-rata tiap jenis kendaraan (kendaraan/hari)

VDF<sub>JK</sub> adalah faktor ekivalen beban tiap jenis kendaraan

DD adalah faktor distribusi arah

DL adalah faktor distribusi jalur

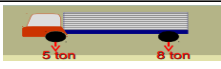
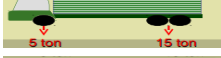

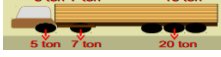

CESAL adalah kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana

R adalah faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

### Muatan Beban Berlebih (*Overloading*) Kendaraan

Beban berlebih (*overloading*) kendaraan adalah suatu keadaan beban gandar (as) kendaraan yang melewati batas beban maksimum yang diijinkan

Tabel 3 Konfigurasi beban MST 8 ton

Golongan	Konfigurasi	VDF
6B (trailer 2 sumbu) 1.2H		1.716
7A (trailer 3 sumbu) 1.2.2		1.774
7C1 (trailer 4 sumbu) 1.2+2.2		2.316
7C2 (trailer 5 sumbu) 1.2+2.2.2		3.246
7C3 (trailer 6 sumbu) 1.2.2+2.2.2		3.687

### Umur Rencana

Umur rencana (UR) adalah jumlah waktu dalam tahun dihitung sejak jalan tersebut mulai dibuka sampai saat diperlukan perbaikan berat (Saodang Hamirhan, 2005) atau dianggap perlu diberi lapisan permukaan yang baru (SNI 1732-1989-F).

Tabel 4 Umur rencana jenis penanganan

Kriteria beban lalu lintas (juta ESA4)	<0,5	0,5 - <30	≥30
Umur rencana perkerasan lentur	Seluruh penangan 10 tahun	Rekontruksi 20 Overlay struktural 10 tahun Overlay non struktural 10 tahun Penanganan sementara sesuai kebutuhan	

### Umur Rencana Sisa

Sisa umur perkerasan adalah selisih nilai perkerasan pada waktu perkerasan direncanakan dengan nilai kondisi saat ini. Pada penelitian ini menggunakan metode AASHTO 1993 (Bester, Kruger, & Hinks, 2004) untuk menghitung repetisi beban dan sisa umur perkerasan menggunakan persamaan:

$$RL = 100 \left[ 1 - \frac{N_p}{N_{1,5}} \right] \tag{10}$$

Dengan:

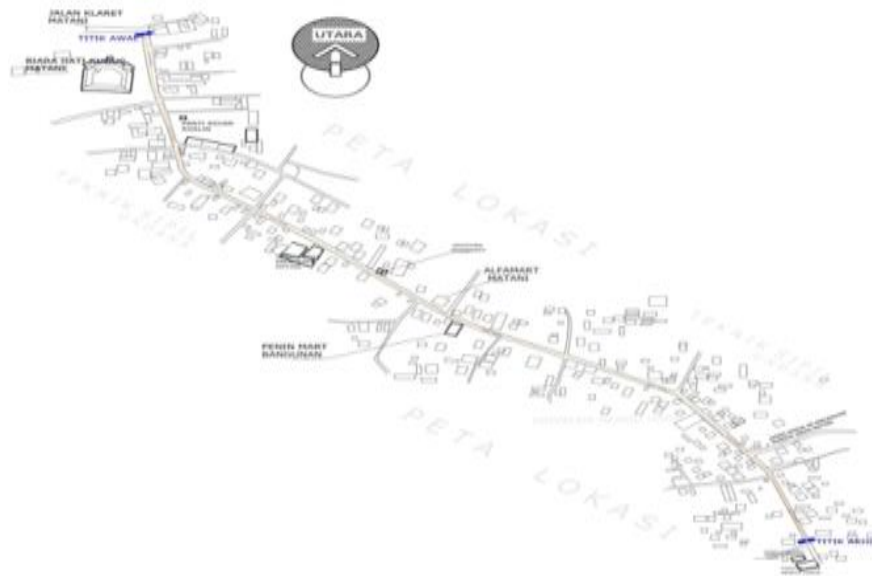
RL adalah *remaining life* (%)

$N_p$  adalah total *traffic* yang telah melewati perkerasan (ESAL)

$N_{1,5}$  adalah total *traffic* pada kondisi perkerasan berakhir (*failure*) ESAL

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian



Gambar 1 Peta lokasi penelitian

Data lokasi penelitian

Fungsi jalan	: Kolektor Primer
Kelas jalan	: Kelas III
Status jalan	: Kabupaten
Umur rencana	: 20 tahun
Panjang jalan	: 1,5 kilometer

### Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan 14 hari selama dua periode yaitu periode satu waktu 07.00-13.00 WITA dan periode dua waktu 14.00-20.00 WITA

## HASIL ANALISIS DATA

### Data Survei Volume Lalu Lintas

Lalu lintas yang diamati adalah sepeda motor (SM) yakni: *metic*, *vespa*, *yamaha*, *honda supra*, *tiger* dan *roda 3*, kendaraan ringan (KR) yakni: *sedan*, *jeep*, *kompil*, *angkot*, *minibus*, *minibox*, *pickup*, *mikrobus* dan truk *box*, serta kendaraan berat (KB) yakni: *bus kecil*, *bus*, *truk 2 sumbu*, *truk kecil*, *truk 3 sumbu*, *truk gandengan*, dan *truk tempelan*.

### Menghitung Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas ( $i$ ) % ditentukan berdasarkan Tabel 1 diperoleh untuk wilayah Nusa Tenggara Timur digunakan nilai rata-rata Indonesia untuk jalan kolektor rural sebesar 3,50%. Sehingga faktor pengali pertumbuhan lalu lintas dapat dihitung menggunakan Persamaan:

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

$$R = \frac{(1 + 0,01(3,50))^{20} - 1}{0,01(3,50)}$$

$$R = 26,3572\%$$

**Konfigurasi Beban Sumbu Kendaraan dan Perhitungan Angka Ekuivalen (*Vichle Damage Factor*) Beban Sumbu Kendaraan Muatan Normal**

Konfigurasi beban sumbu kendaraan dan perhitungan angka ekuivalen (*vichle damage factor*) beban sumbu kendaraan muatan normal contoh perhitungan kendaraan 1.1 Mobil Penumpang menggunakan persamaan:

$$DF_{sgl=1,000} \times \left[ \frac{P}{8,16} \right]^4$$

$$VDF_{sumbudepan} = 1,000 \times \left[ \frac{2,000 \times 0,50}{8,16} \right]^4 = 0,000226$$

$$VDF_{sumbelakang} = 1,000 \times \left[ \frac{2,000 \times 0,50}{8,16} \right]^4 = 0,000226$$

$$\text{Jumlah VDF} = 0,000226 + 0,000226 = 0,00045$$

*Tabel 5 Angka ekuivalen (vichle damage factor) beban sumbu kendaraan normal*

Konfigurasi sumbu	Berat total	Konfigurasi beban sumbu roda (ton)		VDF
	(ton)	Depan	Belakang	
1.1 Mobil Penumpang	2000	0,0002	0,0002	0,0005
1.2 H truk	9.870	0,0095	0,1354	0,1449
1.22 truk	29,4500	0,0212	1,7175	1,7387

**Konfigurasi Beban Sumbu Kendaraan dan Perhitungan Angka Ekuivalen (*Vichle Damage Factor*) Beban Sumbu Kendaraan Muatan Lebih**

*Tabel 6 Angka ekuivalen (vichle damage factor) beban sumbu kendaraan muatan lebih*

Konfigurasi sumbu	Berat Total	Konfigurasi beban sumbu roda (ton)		VDF
	(kg)	Depan	Belakang	
1.2 H truk	14.601	0,1370	1,9449	2,0818
	24.299	0,0264	2,1396	2,1660
	24.450	0,0271	2,1933	2,2204
	26.165	0,0355	2,8766	2,9121
	26.450	0,0371	3,0039	3,0410
	27.450	0,0430	3,4846	3,5276
1.22 truk	28.450	0,0496	4,0208	4,0704
	28.761	0,0518	4,1996	4,2514
	31.094	0,0708	5,7370	5,8078
	31.450	0,0741	6,0043	6,0785
	33.223	0,0923	7,4775	7,5698
	36.023	0,1276	10,3345	10,4621

Tabel 7 VDF Perubahan

Konfigurasi sumbu	Berat total (kg)	Konfigurasi beban sumbu roda (ton)		VDF	VDF <sub>MST 8 ton</sub>	VDF <sub>perubahan</sub>
		Depan	Belakang			
1.2 H truk	14.601	0,1370	1,9449	2,0818	1,716	0,3658
	24.299	0,0264	2,1396	2,1660	1,774	0,3920
	24.450	0,0271	2,1933	2,2204	1,774	0,4464
	26.165	0,0355	2,8766	2,9121	1,774	1,1381
	26.450	0,0371	3,0039	3,0410	1,774	1,2670
	27.450	0,0430	3,4846	3,5276	1,774	1,7536
1.22 truk	28.450	0,0496	4,0208	4,0704	1,774	2,2964
	28.761	0,0518	4,1996	4,2514	1,774	2,4774
	31.094	0,0708	5,7370	5,8078	1,774	4,0338
	31.450	0,0741	6,0043	6,0785	1,774	4,3045
	33.223	0,0923	7,4775	7,5698	1,774	5,7958
	36.023	0,1276	10,3345	10,4621	1,774	8,6881

**Angka Ekivalen (Vehicle Damage Factor) Kumulatif Kendaraan Muatan Normal**

Contoh perhitungan angka ekivalen (vehicle damage factor) beban sumbu kendaraan muatan normal untuk jenis kendaraan 1.1 Mobil Penumpang adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 VDF_{\text{kumulatif}} &= \sum LHR_{\text{kendaraan}} \times VDF_{\text{kendaraan}} \\
 &= 548 \times 0,0005 = 0,2471
 \end{aligned}$$

Tabel 8 Angka ekivale kumulatif beban sumbu kendaraan muatan normal

Jenis kendaraan	Jumlah Kendaraan/hari	VDF	VDF Kumulatif
1.1 Mobil Penumpang	548	0,0005	0,2471
1.2 H truk	1745	0,1449	252,8647
1.22 truk	440	1,7387	765,0252
Total			1018,1370

**Angka Ekivalen (Vehicle Damage Factor) Kumulatif Kendaraan Muatan Berlebih (Overloading)**

Tabel 9 Angka ekivalen (vehicle damage factor) kumulatif overloading

Konfigurasi Sumbu	Jumlah Kendaraan/survei	VDF	VDF Kumulatif
1.22 H	3	2,0818	6,2455
	3	2,1660	6,4980
	2	2,2204	4,4408
	3	2,9121	8,7363
	7	3,0410	21,2869
	2	3,5276	7,0552
1.22 truk	93	4,0704	378,5504
	4	4,2514	17,0057
	5	5,8078	29,0392
	6	6,0785	36,4708
	59	7,5698	446,6178
	32	10,4621	334,7864
Total			1296,7328

**Persentase Penurunan Umur Rencana Akibat Kendaraan Muatan Normal**

$$W_{18} = N_{1,5} = LHR \times VDF \times 365 \times Dd \times DL \times R$$

Atau

$$N_{1,5} = VDF_{kumulatif} \times DD \times DL \times R$$

$$N_{1,5} = 1018,1370 \times 0,50 \times 1 \times 26,3572$$

$$N_{1,5} = 13417,6107 \text{ ESAL}$$

**Perhitungan Persentase Angka Ekuivalen (*Vehicle Damage Factor*) Kumulatif Kendaraan Muatan Normal**

Berikut perhitungan faktor pengali pertumbuhan lalu lintas:

$$R_{TH1} = \frac{(1 + 0,01i)^{UR} - 1}{0,01i}$$

$$R_{TH1} = \frac{(1 + 0,01(3,5))^0 - 1}{0,01(3,5)}$$

$$R_{TH1} = 0$$

Maka perhitungan persentase umur rencana tahun ke-1 adalah sebagai berikut:

$$N_{pTH1} = VDF_{kumulatif} \times DD \times DL \times R$$

$$N_{pTH1} = 1018,1370 \times 0,50 \times 1 \times 0$$

$$N_{pTH1} = 0 \text{ ESAL}$$

$$RL = 100 \left[ 1 - \frac{N_p}{N_{1,5}} \right]$$

$$RL = 100 \left[ 1 - \frac{0}{13417,6107} \right]$$

$$RL = 100\%$$

*Tabel 10 Persentase sisa umur perkerasan lentur akibat kendaraan muatan normal*

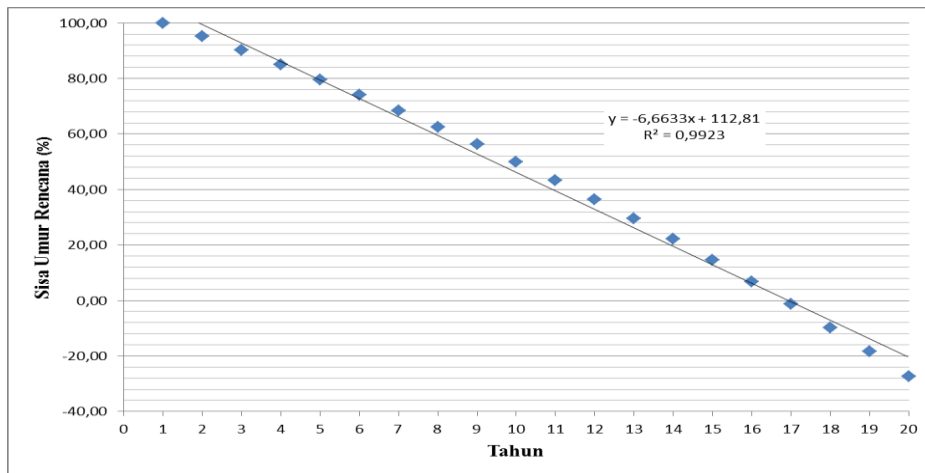
Tahun	R	VDF <sub>kumulatif</sub>	DD	DL	Np (ESAL)	N <sub>1,5</sub> (ESAL)	RI (%)
2022	0	1018,1370	0,5	1	0,0000	13417,6107	100,0000
2023	1,0000	1018,1370	0,5	1	509,0685	13417,6107	96,2060
2024	2,0350	1018,1370	0,5	1	1035,9544	13417,6107	92,2791
2025	3,1062	1018,1370	0,5	1	1581,2813	13417,6107	88,2149
2026	4,2149	1018,1370	0,5	1	2145,6947	13417,6107	84,0084
2027	5,3625	1018,1370	0,5	1	2729,8625	13417,6107	79,6546
2028	6,5502	1018,1370	0,5	1	3334,4762	13417,6107	75,1485
2029	7,7794	1018,1370	0,5	1	3960,2514	13417,6107	70,4847
2030	9,0517	1018,1370	0,5	1	4607,9287	13417,6107	65,6576
2031	10,3685	1018,1370	0,5	1	5278,2747	13417,6107	60,6616
2032	11,7314	1018,1370	0,5	1	5972,0829	13417,6107	55,4907
2033	13,1420	1018,1370	0,5	1	6690,1743	13417,6107	50,1389
2034	14,6020	1018,1370	0,5	1	7433,3989	13417,6107	44,5997
2035	16,1130	1018,1370	0,5	1	8202,6364	13417,6107	38,8666
2036	17,6770	1018,1370	0,5	1	8998,7971	13417,6107	32,9329
2037	19,2957	1018,1370	0,5	1	9822,8236	13417,6107	26,7916
2038	20,9710	1018,1370	0,5	1	10675,6909	13417,6107	20,4352
2039	22,7050	1018,1370	0,5	1	11558,4086	13417,6107	13,8564
2040	24,4997	1018,1370	0,5	1	12472,0214	13417,6107	7,0474
2041	26,3572	1018,1370	0,5	1	13417,6107	13417,6107	0

## Perhitungan Persentase Angka Ekuivalen (*Vehicle Damage Factor*) Kumulatif Kendaraan Muatan Berlebih (*Overloading*)

Tabel 11 Persentase sisa umur rencana perkerasan lentur akibat kendaraan muatan berlebih (*overloading*)

Tahun	R	VDF <sub>kumulatif</sub>	DD	DL	Np (ESAL)	N1,5 (ESAL)	RI (%)
2022	0,0000	1296,7328	0,5	1	0,0000	13417,6107	100,0000
2023	648,3664	1296,7328	0,5	1	648,3664	13417,6107	95,1678
2024	1319,4257	1296,7328	0,5	1	1319,4257	13417,6107	90,1665
2025	2013,9720	1296,7328	0,5	1	2013,9720	13417,6107	84,9901
2026	2732,8274	1296,7328	0,5	1	2732,8274	13417,6107	79,6325
2027	3476,8428	1296,7328	0,5	1	3476,8428	13417,6107	74,0875
2028	4246,8987	1296,7328	0,5	1	4246,8987	13417,6107	68,3483
2029	5043,9066	1296,7328	0,5	1	5043,9066	13417,6107	62,4083
2030	5868,8097	1296,7328	0,5	1	5868,8097	13417,6107	56,2604
2031	6722,5845	1296,7328	0,5	1	6722,5845	13417,6107	49,8973
2032	7606,2413	1296,7328	0,5	1	7606,2413	13417,6107	43,3115
2033	8520,8262	1296,7328	0,5	1	8520,8262	13417,6107	36,4952
2034	9467,4215	1296,7328	0,5	1	9467,4215	13417,6107	29,4403
2035	10447,1477	1296,7328	0,5	1	10447,1477	13417,6107	22,1385
2036	11461,1643	1296,7328	0,5	1	11461,1643	13417,6107	14,5812
2037	12510,6714	1296,7328	0,5	1	12510,6714	13417,6107	6,7593
2038	13596,9114	1296,7328	0,5	1	13596,9114	13417,6107	-1,3363
2039	14721,1697	1296,7328	0,5	1	14721,1697	13417,6107	-9,7153
2040	15884,7770	1296,7328	0,5	1	15884,7770	13417,6107	-18,3875
2041	17089,1106	1296,7328	0,5	1	17089,1106	13417,6107	-27,3633

Berikut grafik garis regresi antara umur rencana dengan sisa umur rencana dan koefisien determinasi



Gambar 2 Garis regresi antara umur rencana dengan sisa umur rencana dan koefisien determinasi ( $R^2$ )

Persamaan regresi linear dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Y &= \alpha + bx \\
 0 &= 112,808 - 6,663x \\
 6,663x &= 112,808 \\
 x &= \frac{112,808}{6,663} = 16,9305
 \end{aligned}$$

Jadi, Penurunan umur perkerasan lentur akibat kendaraan bermuatan lebih adalah:

$$20 \text{ tahun} - 16,9305 \text{ tahun} = 3,0695 \text{ tahun}$$

## KESIMPULAN

Dari analisis dan pembahasan dapat di ambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh kelebihan muatan berlebih (*overloading*) kendaraan terhadap penurunan umur rencana perkerasan lentur dari semula 20 tahun menjadi 16,9305 tahun sehingga pengurangan umur rencana 3,0695 tahun.
2. Besar perubahan angka ekivalen sumbu kendaraan yang melewati ruas jalan Matani yaitu konfigurasi sesuai MST 8 ton untuk kendaraan 2 sumbu (1.2H) adalah 1,716 sedangkan berdasarkan hasil perhitungan muatan kendaraan yang sering melewati ruas jalan Matani nilai VDF maksimum adalah 2,0818 sehingga besar perubahan angka ekivalen kendaraan jenis ini yaitu 0,3658 dan konfigurasi sesuai MST 8 ton untuk kendaraan 3 sumbu (1.2.2) adalah 1,774 sedangkan berdasarkan hasil perhitungan muatan kendaraan yang sering melewati ruas jalan Matani nilai VDF maksimum adalah 10,462 sehingga besar perubahan angka ekivalen kendaraan jenis ini yaitu 8,688.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bester, J. J., Kruger, D., & Hinks, A. (2004). Construction and demolition waste in South Africa. *Proceedings of the International Conference on Sustainable Waste Management and Recycling: Construction Demolition Waste* (pp. 63–70).
- BSN. (1998). Sni 03-4804-1998. *Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat*, 1–6.
- Karya, J., & Sipil, T. (2024). JURNAL KARYA TEKNIK SIPIL , Volume 3, Nomor 3, Tahun 2014, Halaman 539, 3, 539–556.
- Pardosi, R. (2010). *Studi Pengaruh Beban Berlebih (Overloading)*. Palembang.
- PERMEN Kementrian PUPR. (2018). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 05/ PRT/M/2018. *Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia*, 1–20.
- Sukirman, S. (2010). *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Insitut Teknologi Nasional, Bandung (Vol. 53). Retrieved from <http://ebook.itenas.ac.id/repository/c19fa78bdf9dd2c2b2aa059e1926d116.pdf>
- Umum, K. P., Rakyat, D. A. N. P., Jenderal, D., & Marga, B. (2017). Kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat direktorat jenderal bina marga.