



Analisa Pengaruh Beban Kendaraan Terhadap Kerusakan dan Umur Rencana Jalan (Studi kasus perkerasan lentur jalan ByPass Padang KM 18)

¹Ahmad refi, ²Angelalia Roza, ³Anggun Pratiwi JF, ⁴Katrun Nada Salsabila, ⁵Andi Mulya Rusli

^{1, 2, 3, 4} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang

⁵ Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

¹ refi_ahmad10@yahoo.com, ² angelaliaroza@gmail.com, ³ pratiwijf@gmail.com,

⁴nadasalsa16@gmail.com, ⁵andimulyarusli@gmail.com

Abstract

The Km-18 of Padang Bypass Road is an Arterial road class III-A. This road is burdened by heavy vehicles which carrying loads that exceed the permitted capacity. This activity can lead to road damage and a reduction in road life. This study aims to analyze the effect of traffic loads that exceed permitted capacity on road conditions, including the remaining life of the pavement and the degree of road damage. The primary data used is data on road damage conditions such as the discharge of road surface grains, potholes, and grooves. Secondary data used is in the form of LHR data for 2017 and 2018, also, the vehicle weight data obtained from P2JN West Sumatra Province. The analytical approach uses the 1993 AASHTO method in the form of a cumulative analysis of the 10-year ESAL plan, by the traffic design for flexible pavement. The result of this study indicates that the Km-18 of Padang Bypass Road has decreased 22,85% of its design life and evidenced by the value of R square 0,9694. The cumulative plan ESAL value is 70,792,016.05 and the cumulative ESAL overloading value is 192,394,000.9. The Truck factor (TF) in normal condition is 0,8176692, but in overloading condition, it is 6,1375255. The road life predicted to be ended in 2024), although it planned to end in 2027.

Keywords : Remaining Life, Truck Factor/Vehicle Damage Factor, overload, Flexible Pavement, design age, AASHTO 1993

Abstrak

Ruas jalan Bypass Padang Km. 18 merupakan jalan Arteri kelas III A. Jalan ini banyak dilalui oleh kendaraan berat yang mengangkut beban melebihi kapasitas izin. Hal ini dapat menimbulkan kerusakan jalan dan pengurangan umur jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh beban lalu lintas yang melebihi kapasitas izin terhadap kondisi jalan meliputi sisa umur perkerasan jalan, derajat kerusakan jalan. Data primer yang digunakan adalah data kondisi kerusakan jalan seperti pelepasan butiran permukaan jalan, jalan berlubang dan beralur. Data sekunder yang digunakan berupa data LHR tahun 2017 dan 2018 serta data berat kendaraan yang didapat dari P2JN Provinsi Sumbar. Pendekatan analisis menggunakan Metode AASHTO 1993 berupa analisis kumulatif ESAL 10 tahun rencana, sesuai dengan *traffic design* untuk perkerasan lentur. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada Ruas Jalan Bypass Km. 18 Padang ini mengalami penurunan umur rencana sebesar 22,85%. Dibuktikan dengan nilai R *square* sebesar 0,9694. Diperoleh nilai ESAL kumulatif rencana sebesar 70.792.016,05 dan nilai ESAL kumulatif *overloading* sebesar 192.394.000,9. Nilai TF (*Truck Factor*) dalam keadaan normal adalah 0,8176692 dan dalam keadaan *overloading* sebesar 6,1375255. Umur rencana jalan diprediksi akan berakhir pada tahun 2024, meskipun direncanakan berakhir di tahun 2027.

Kata Kunci : Sisa Umur Jalan, Truk Faktor/Derajat kerusakan jalan, Muatan berlebih, Perkerasan Lentur, Umur rencana, AASHTO 1993

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 06-03-2021 | Selesai Revisi : 14-04-2021 | Diterbitkan Online : 17-04-2021

1. Pendahuluan

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang memiliki peranan penting dalam kehidupan bermasyarakat untuk mobilisasi dari satu daerah ke daerah yang lain. Dengan bertambahnya jumlah moda transportasi serta meningkatnya kepadatan lalu lintas diruas jalan tersebut sehingga menyebabkan jalan mengalami penurunan kualitas fungsional maupun strukturalnya. Salah satu ruas jalan yang mengalami kerusakan yaitu Ruas Jalan Bypass Km.18 Padang sebagai jalan Arteri atau Kolektor kelas III A. Pada tahun 2014, Balai Besar Pelaksana Jalan Nasional II Kementerian Pekerjaan Umum menyediakan anggaran untuk Peningkatan Kapasitas Jalan Padang-Bypass menjadi 4 lajur 2 jalur. Jalan ini selesai dirampung pada tahun 2017 dengan panjang 27 Km [1]. Sampai sekarang ditahun 2021 ruas jalan ini adalah jalur logistik ke Kabupaten Pesisir Selatan dan Provinsi Bengkulu, serta memperlancar akses dari Pelabuhan Teluk Bayur ke Bandara Internasional Minangkabau (BIM). Dikarenakan ruas jalan ini banyak dilintasi oleh kendaraan yang bermuatan berat seperti truk, trailer yang mengangkut barang sampai tujuan, akan tetapi masih banyak para pengendara diruas jalan ini yang tidak mematuhi aturan yang ada sehingga membuat jalan ini rusak baik ber alur, berlubang serta pengelupasan butiran yang akhirnya akan memperburuk keadaan jalan dan mengalami kerusakan yang lebih dini dan tidak sesuai dengan umur rencana jalan.

Oleh karena itu diruas Jalan Bypass Km. 18 Padang perlu dilakukan tinjauan "Analisa Pengaruh Beban Kendaraan Terhadap Kerusakan Jalan Dan Umur Rencana Jalan

(Studi kasus perkerasan lentur jalan By Pass Km. 18)" dengan Metode AASHTO 1993 serta menggunakan rumus umur sisa perkerasan yang direncanakan 10 tahun kedepan (sesuai dengan *traffic design* untuk perkerasan lentur) dari sisa umur perkerasan yang ada dengan analisis hasil kumulatif ESAL umur perkerasan dan pengaruh terhadap derajat kerusakan jalan/truk faktor.

Kondisi kerusakan jalan di ruas jalan Bypass Km. 18 Padang terlihat pada Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 1. Lubang (*Potholes*)

(Sumber: Kondisi Lapangan Jalan Bypass Km.18 Padang)



Gambar 2. Pelepasan Butiran (*Ravelling*) dan Pengelupasan lapisan Permukaan (*Stripping*)

(Sumber: Kondisi Lapangan Jalan Bypass Km.18 Padang)



Gambar 3.4 Alur (*Ruts*)

(Sumber: Kondisi Lapangan Jalan Bypass Km.18 Padang)

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 06-03-2021 | Selesai Revisi : 14-04-2021 | Diterbitkan Online : 17-04-2021

Berdasarkan permasalahan diatas, maka didapat rumusan masalah yang akan diteliti adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana dampak kerusakan jalan yang terjadi akibat beban lalu lintas yang melebihi kapasitas yang diizinkan.
2. Bagaimana menentukan sisa umur (*remaining life*) perkerasan jalan akibat beban kendaraan yang melebihi kapasitas yang diizinkan.
3. Bagaimana derajat kerusakan jalan/truk faktor akibat beban kendaraan yang melebihi kapasitas yang diizinkan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh beban lalu lintas yang melebihi kapasitas yang diizinkan pada ruas Jalan Bypass Km. 18 Padang terhadap kerusakan perkerasan jalan dan umur rencana jalan yang mengakibatkan adanya derajat kerusakan jalan/truk faktor yang tidak sesuai dengan perencanaan awal karena beban yang melebihi kapasitas izin (*overloading*).

Adapun manfaat penelitian ini berguna untuk memberikan rekomendasi layak atau tidak layaknya jalan tersebut digunakan untuk perencanaan 10 tahun kedepan (sesuai dengan *traffic design* perkerasan lentur) dengan sisa umur perkerasan jalan yang ada dan derajat kerusakan jalan/truk faktornya. Serta dapat dijadikan bahan referensi penelitian lanjutan dimasa yang akan datang, khususnya tentang pengaruh beban kendaraan terhadap kerusakan jalan dan umur rencana jalan pada perkerasan lentur.

Batasan masalah penelitian ini adalah berlokasi di ruas Jalan Bypass Km. 18 Padang yang

difokuskan kerusakan jalan dan umur rencana jalan diakibatkan oleh dampak beban kendaraan yang melintas diruas jalan tersebut meliputi kendaraan golongan 5a, 5b, 6a, 6b, 7a, 7b, dan 7c dengan analisa perhitungan menggunakan Metode AASHTO 1993 dengan nilai ESAL kumulatif 10 tahun perencanaan sesuai dengan *traffic design* untuk perkerasan lentur.

Metoda AASHTO 1993

Metoda AASHTO 1993 merupakan salah satu metoda perencanaan tebal perkerasan yang secara umum dipakai diseluruh dunia sebagai standar perencanaan tebal perkerasan di berbagai Negara yang didasarkan pada metode empiris.

Dalam analisa sisa umur layan perkerasan jalan metode AASHTO 1993 ini memiliki konsep dari kerusakan perkerasan jalan yang di akibatkan oleh pembebanan berulang yang menyebabkan kelelahan atau *fatigue* dan *permanent deformation*. Cara menghitung jumlah lalu lintas aktual perkerasan dan lalu lintas perkerasan pada akhir umur rencana atau repetisi jumlah beban ijin saat mencapai kondisi runtuh (*failure*) akibat *fatigue* dan *rutting* serta dinyatakan dalam persentase dengan satuan 18-Kip ESAL [2].

Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton, dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat (MST) (Ton)
Fungsi		
Arteri	I II A	>10 10

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 06-03-2021 | Selesai Revisi : 14-04-2021 | Diterbitkan Online : 17-04-2021

Kolektor	III A	8
	III B	
Lokal	III C	Tidak ditentukan

(Sumber: Pasal 11. PP No.43/1993)

Klasifikasi Kendaraan

Penggolongan kendaraan dilakukan untuk menganalisa lalu lintas kendaraan dalam perhitungan volume jalan dan perhitungan beban lalu lintas. Hal lain yang mempengaruhi penggolongan kendaraan adalah jenis-jenis kendaraan yang ada dalam sistem jaringan jalan. Di Indonesia Direktorat Jendral Bina Marga selaku pembina jalan telah menetapkan golongan kendaraan untuk kebutuhan analisa perhitungan beban lalu lintas, terlihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Golongan Kendaraan

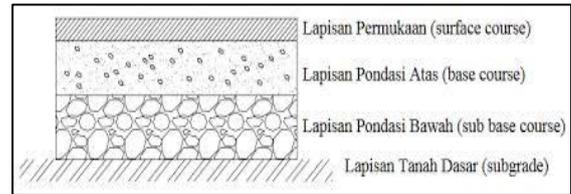
Golongan	Kelompok jenis kendaraan	Jenis kendaraan	Konfigurasi sumbu	Kode
1	Sepeda motor, kendaraan roda-3			
2	Sedan, jeep, station wagon			1.1
3	Angkutan penumpang sedang			1.1
4	Pick up, micro truk dan mobil hantaran			1.1
5a	Bus kecil			1.1
5b	Bus besar			1.2
6a	Truk ringan 2 sumbu			1.1
6b	Truk sedang 2 sumbu			1.2
7a	Truk 3 sumbu			1.2.2
7b	Truk gandengan			1.2.2 - 2.2
7c	Truk semitrailer			1.2.2.2
8	Kendaraan tidak bermotor			

(Sumber: Penggolongan kendaraan menurut PD.T-19-2004-B)

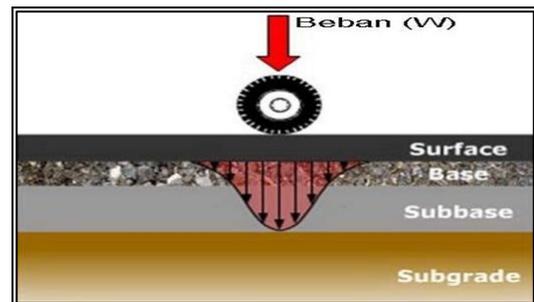
Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan Lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan bahan ikat aspal yang terdiri atas lapisan batuan dipadatkan yang berada dibawah permukaan aspal. Kekuatan pada perkerasan lentur ini terletak pada ketebalan lapisan-lapisan pondasi. Beban lalu lintas yang diterima oleh lapisan permukaan kemudian disebarkan ke lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan pondasi bawah (*subbasecourse*), hingga lapisan tanah dasar (*subgrade*).

Seperti yang terlihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 berikut:



Gambar 4. Susunan Lapisan Perkerasan Lentur
 (Sumber: Departemen PUPR, Pedoman Perencanaan Perkerasan Lentur)



Gambar 5. Penyebaran Beban Roda ke Subgrade
 (Sumber: Departemen PUPR, Pedoman Perencanaan Perkerasan Lentur)

Banyak penelitian terdahulu yang erat kaitannya dengan penelitian kali ini. Penelitian tersebut berhasil menunjukkan bahwa ada kaitan satu sama lainnya antara variabel beban muatan, *overloading*, umur sisa, umur pelayanan jalan, baik pada struktur perkerasan jalan kaku maupun perkerasan lentur, seperti dilaporkan dalam [3], [4], [5].

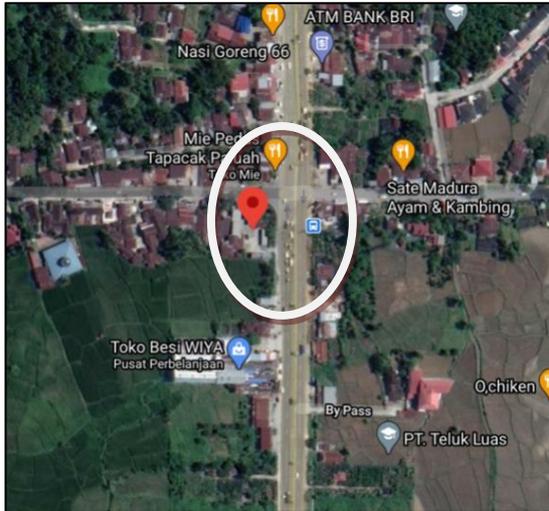
2. Metode Penelitian

Penelitian kali ini difokuskan pada analisis kerusakan struktur perkerasan jalan yang terjadi akibat Beban kendaraan yang melintas di ruas Jalan Bypass Km. 18 Padang yang dapat menyebabkan pengurangan umur rencana jalan. Kendaraan yang ditinjau ialah kendaraan berat golongan 5a, 5b, 6a, 6b, 7a, 7b, dan 7c. Lokasi Penelitian ini terletak di Jalan Bypass Kota Padang Km. 18 Koto Panjang,

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 06-03-2021 | Selesai Revisi : 14-04-2021 | Diterbitkan Online : 17-04-2021

Kecamatan Koto Tangah, Kota Padang, Sumatera Barat terlihat pada Gambar 6 berikut:



Gambar 6. Lokasi Penelitian
 (Sumber: Google Earth, 2021)

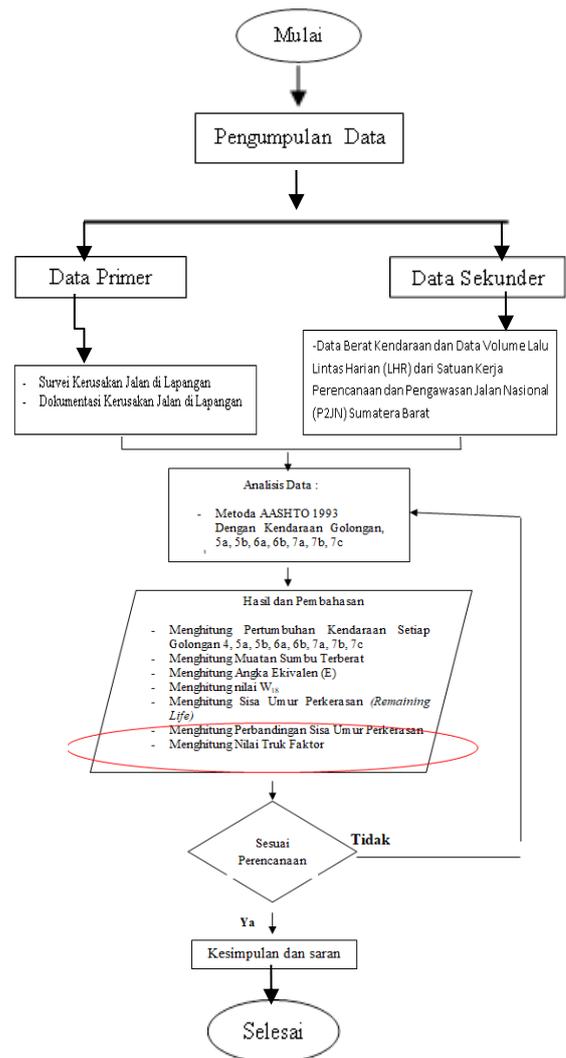
Waktu Pengambilan Data

Waktu penelitian ini dilakukan pada tanggal 22 September 2020 dengan pengambilan dokumentasi di lapangan serta dilakukan survei untuk mendapatkan Data Berat Kendaraan, dan Data Lalu Lintas Harian (LHR) tahun 2017 dan 2018 dari Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) Provinsi Sumatera Barat. Seperti pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Data Primer dan Data Sekunder

No	Jenis Data	Sumber Data
1	Data Primer	Survey dan Dokumentasi Kondisi Kerusakan Jalan Di lapangan, Jalan ByPass Km.18 Padang
2	Data Sekunder	Data Berat Kendaraan dan Data LHR Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) Provinsi Sumatera Barat

Diagram Alir Metode Penelitian



Gambar 7. Diagram Alir Metode Penelitian

Metode Analisa Data

Pada penelitian ini menggunakan metode analisa AASHTO 1993, dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

- Survey kelapangan melihat kondisi kerusakan jalan pada ruas Jalan By Pass Km. 18 Padang.
- Survey data berat kendaraan dan volume lalu lintas (LHR) yang ada pada Dinas Perhubungan Provinsi Sumatera Barat.

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 06-03-2021 | Selesai Revisi : 14-04-2021 | Diterbitkan Online : 17-04-2021

- c. Survey data kerusakan jalan dari Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) Provinsi Sumatera Barat.
 - d. Nilai faktor pertumbuhan volume lalu lintas.
 - e. Nilai Perhitungan pertumbuhan kendaraan golongan 5a, 5b, 6a, 6b, 7a, 7b, dan 7c.
 - f. Nilai Muatan Sumbu Terberat (MST) dari penimbangan muatan kendaraan.
 - g. Mencari angka ekivalen masing-masing jenis kendaraan.
 - h. Mencari Derajat Kerusakan Jalan (*Vehicle Damage Factor*).
 - i. Menghitung nilai ESAL 10 tahun rencana (sesuai *traffic design* perkerasan lentur).
 - j. Menghitung Nilai W18.
 - k. Nilai Derajat Kerusakan jalan/ Truk Faktor
 - l. Menghitung Sisa Umur Perkerasan (*Remaining Life*).
- Kesimpulan.
- m. Saran.

Langkah-langkah mencari nilai sisa umur perkerasan adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung nilai Σ kumulatif W18 per tahun.
- b. Menghitung kumulatif W18 tahun terakhir umur rencana.
- c. Kemudian persen umur sisa perkerasan didapatkan dari selisih umur sisa perkerasan rencana dan umur sisa perkerasan *overload*.
- d. Kemudian dari hasil perhitungan diambil kesimpulan.

Muatan sumbu terberat merupakan banyaknya tekanan roda dari satu sumbu kendaraan terhadap jalan, terdapat pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Muatan Sumbu Terberat (MST)

Kelas jalan	Fungsi jalan	Dimensi maksimum dan muatan sumbu terberat (MST)			
		Lebar (mm)	Panjang (mm)	MST (ton)	Tinggi (mm)
I		2500	18000	> 10	4200 dan tidak lebih dari 1,7 x lebar kendaraan
II	Arteri	2500	18000	≤ 10	
IIIA	Arteri atau kolektor	2500	18000	≤ 8	
IIIB	Kolektor	2500	12000	≤ 8	
IIIC	Lokal dan Lingkungannya	2100	9000	≤ 8	

(Sumber: PP No.43/1993)

Menghitung umur sisa perkerasan lentur akibat beban berlebih dengan metode AASHTO 1993, pada persamaan 1.1 dengan menggunakan data LHR dari 2 tahun sebelumnya.

$$i = \left[\frac{LHR_n}{LHR_1} \right]^{\frac{1}{n}} - 1 \quad (1.1)$$

Keterangan :

- i = Angka pertumbuhan lalu lintas
- LHR_n = Jumlah LHR pada tahun terbaru
- LHR₁ = Jumlah LHR pada tahun sebelumnya
- n = Selisih jumlah tahun data yang diambil

Angka ekivalen masing-masing golongan beban sumbu untuk setiap sumbu kendaraan ditentukan dengan rumus pada persamaan 1.2 sampai 1.5 di bawah ini :

1. Angka ekivalen sumbu roda tunggal

$$ESTRT = \left[\frac{\text{beban sumbu (t)}}{5,40} \right]^4 \quad (1.2)$$

2. Angka ekivalen sumbu roda ganda

$$ESTRG = \left[\frac{\text{beban sumbu (t)}}{8,16} \right]^4 \quad (1.3)$$

3. Angka ekivalen sumbu dua roda ganda

$$ESDRG = \left[\frac{\text{beban sumbu (t)}}{8,16} \right]^4 \times 0,086 \quad (1.4)$$

4. Angka ekivalen sumbu triple roda ganda

$$ESTRG = \left[\frac{\text{beban sumbu (t)}}{8,16} \right]^4 \times 0,05 \quad (1.5)$$

Dimana:

- ESTRT = Angka ekivalen untuk jenis sumbu tunggal roda tunggal
- ESTRG = Angka ekivalen untuk jenis sumbu tunggal roda ganda
- ESDRG = Angka ekivalen untuk jenis sumbu *dual* roda ganda

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 06-03-2021 | Selesai Revisi : 14-04-2021 | Diterbitkan Online : 17-04-2021

ESTRG= Angka ekivalen untuk jenis sumbu triple roda ganda

Didalam [6] bahwa beban sumbu standar kumulatif (*cummulative equivalent single axle load*) atau W18 merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan pada persamaan 1.6 dan persamaan 1.7 sebagai berikut:

$$ESAL = (\sum \text{kend LHRT} \times \text{VDF}) \quad (1.6)$$

$$W18 = ESAL \times 365 \times DD \times DL \quad (1.7)$$

Keterangan:

ESAL = Lintasan sumbu standar ekivalen untuk 1 hari

W18 = Traffic design pada lajur lalu lintas (ESAL) setahun umur rancangan

LHRT = Lintas harian rata-rata tahunan untuk jenis kendaraan tertentu

VDF = *Vehicle Damage Factor* (perkiraan faktor ekivalen beban)

DD = Faktor distribusi arah yang nilainya 0,3 – 0,7

DL = Faktor distribusi lajur

Sebelum masuk dalam perhitungan nilai W_{18} dibutuhkan nilai koefisien distribusi kendaraan yang didapat berdasarkan AASHTO 1993 terlihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Nilai Faktor Distribusi Lajur (D_L)

Jumlah Lajur Tiap Arah	Nilai DL
1	1
2	0,8 - 1
3	0,6 - 0,8
4	0,5 - 0,75

(Sumber: AASHTO 1993)

AASHTO (1993) memberikan rumus untuk menentukan umur sisa perkerasan yaitu, pada persamaan 1.8 dibawah ini:

$$RL = 100 \left[1 - \left(\frac{N_p}{N_{1,5}} \right) \right] \quad (1.8)$$

Dengan :

RL : *Remaining Life* (%)

N_p : \sum Kumulatif W18 per tahun

$N_{1,5}$: Kumulatif W18 tahun terakhir umur rencana

3. Hasil dan Pembahasan

Adapun deskripsi data yang digunakan untuk analisa pengaruh beban kendaraan terhadap kerusakan dan umur sisa jalan adalah sebagai berikut:

1.Data volume lalu lintas tahun 2017 dan 2018 yang diperoleh dari P2JN Provinsi Sumatera Barat dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. LHR Kendaraan di Jalan Bypass KM.18

Klasifikasi Kendaraan	LHR (Kend/hari)	
	2017	2018
Golongan 5a	41	80
Golongan 5b	38	201
Golongan 6a	80	130
Golongan 6b	490	556
Golongan 7a	104	228
Golongan 7b	23	40
Golongan 7c	25	16
TOTAL	801	1251

(Sumber: P2JN Sumatera Barat)

2.Berdasarkan LHR diruas jalan Bypass pada tabel 2 diatas dapat diprediksi pertumbuhan lalu lintas yang terjadi per masing golongan kendaraan, dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 8 dibawah ini:

Perhitungan Gol.5a:

$$LHR_1 = 41 \text{ kend/hari (Tahun 2017)}$$

$$LHR_n = 80 \text{ kend/hari (Tahun 2018)}$$

$$n = 2018 - 2017 = 1$$

$$i = \left[\frac{LHR_n}{LHR_1} \right]^{\frac{1}{n}} - 1$$

$$= \left[\frac{80}{41} \right]^{\frac{1}{1}} - 1 = 0.9512 \%$$

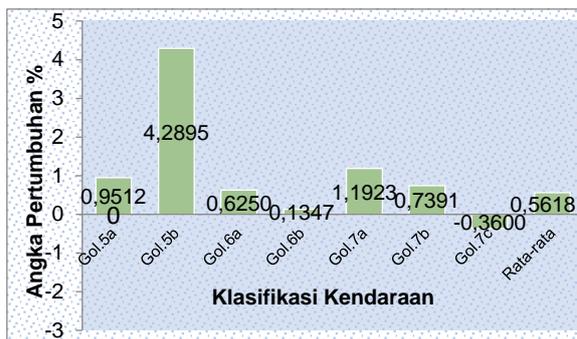
Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 06-03-2021 | Selesai Revisi : 14-04-2021 | Diterbitkan Online : 17-04-2021

Tabel 7. Pertumbuhan Volume LHR rata-rata

Klasifikasi Kendaraan	LHR (Kend/hari)		Angka Pertumbuhan
	2017	2018	
Gol.5a	41	80	0.9512
Gol.5b	38	201	4.2895
Gol.6a	80	130	0.6250
Gol.6b	490	556	0.1347
Gol.7a	104	228	1.1923
Gol.7b	23	40	0.7391
Gol.7c	25	16	-0.3600
Rata-rata	801	1251	0.5618

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)



Gambar 8. Grafik Pertumbuhan LHR rata-rata
 (Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

3. Setelah dilakukan analisis pertumbuhan volume lalu lintas pada gambar diatas, maka dapat diketahui peningkatan volume lalu lintas setiap tahunnya mulai 2017 sampai 2027 selama 10 tahun sesuai dengan *traffic design* untuk perkerasan lentur yang merupakan umur rencana dari *overlay* ruas jalan tersebut dengan $i = 0.5618 \%$.

Rekapitulasi pertumbuhan kendaraan dijalan Bypass Km. 18 Padang dapat dilihat pada Tabel 8 dan Gambar 9 dibawah ini:

$$\begin{aligned} LHR_{1-ratarata} &= 801 \text{ kend/hari (Tahun 2017)} \\ LHR_{n-ratarata} &= 1251 \text{ kend/hari (Tahun 2018)} \\ n &= 2018 - 2017 = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i &= \left[\frac{LHR_n}{LHR_1} \right]^{\frac{1}{n}} - 1 \\ &= \left[\frac{1251}{801} \right]^{\frac{1}{1}} - 1 = 0,5618\% \end{aligned}$$

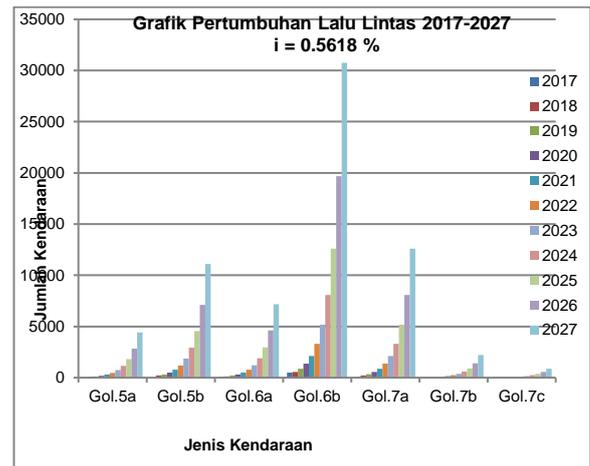
Contoh perhitungan rekapitulasi pertumbuhan kendaraan dengan $i = 0,5618\%$

$$\begin{aligned} \text{Gol. 5a} &= [1 + i]^1 \times LHR_{2018} \\ &= [1 + 0,5618]^1 \times 80 \\ &= 125 \text{ kend/hari} \end{aligned}$$

Tabel 8. Rekapitulasi Pertumbuhan Kendaraan

REKAPITULASI PERTUMBUHAN KENDARAAN 2019 S/D 2027									
Lalu lintas Harian rata-rata dengan perhitungan $i = 0.5618$									
Gol.	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
5a	125	195	305	476	743	1161	1813	2832	4423
5b	314	490	766	1196	1868	2917	4556	7115	11113
6a	203	317	495	773	1208	1887	2947	4602	7187
6b	868	1356	2118	3308	5167	8069	12602	19682	30740
7a	356	556	869	1357	2119	3309	5168	8071	12605
7b	62	98	152	238	372	581	907	1416	2211
7c	25	39	61	95	149	232	363	566	885
TOTAL	1954	3051	4766	7443	11625	18155	28355	44285	69164

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)



Gambar 9. Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas $i = 0.5618$
 (Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

4. Rekapitulasi penimbangan kendaraan dari golongan 5a sampai 7c dapat dilihat pada tabel 9 berikut:

Contoh perhitungan rekapitulasi penimbangan kendaraan dalam setahun.

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 06-03-2021 | Selesai Revisi : 14-04-2021 | Diterbitkan Online : 17-04-2021

Gol. 5a = 670 kend x 12
 = 8040 kend/tahun
 Muatan Gol 5a = 16577898 kg x 12
 = 198934776 kg/tahun

Tabel 9. Rekapitulasi Penimbangan Kendaraan

Golongan	Kendaraan	Muatan (kg)
Golongan 5a	670	16577898
Total	8040	198934776
Golongan 5b	558	13223447
Total	6696	158681364
Golongan 6a	402	11442339
Total	4824	137308068
Golongan 6b	318	9388006
Total	3816	112656072
Golongan 7a	88	2197655
Total	1056	26371860
Golongan 7b	40	1345329
Total	480	16143948
Golongan 7c	25	1108870
Total	300	13306440

(Sumber: P2JN Sumatera Barat)

Berdasarkan tabel 9 diatas, maka didapatkan Perbandingan MST izin dengan yang direncanakan dapat dilihat pada Tabel 10 berikut ini.

Contoh Perhitungan Gol 5a:

$$\begin{aligned} \text{Nilai MST} &= \text{Muatan/Kendaraan} \\ &= [198934776/1000]/8040 \\ &= 28,743 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan MST ijin} &= \text{Nilai MST} - \text{MST Ijin} \\ &= 28,743 - 8 \\ &= 16,743 \text{ ton} \end{aligned}$$

Tabel 10. Muatan Sumbu Terberat (MST)

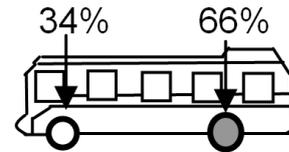
Gol.	Nilai MST (ton)	MST Ijin (ton)	Perbandingan MST Ijin (ton)
5a	28,743	8	16,743
5b	23,698	8	15,698
6a	28,464	8	20,464
6b	29,522	8	21,522
7a	24,973	8	16,973
7b	33,633	8	25,633
7c	44,355	8	36,355

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Untuk nilai *Vehicle Damage Factor* (VDF) rencana dapat dilihat pada Tabel 11 dibawah ini:

Perhitungan:

Golongan 5a (bus kecil) (6 ton)



Gambar 10. Konfigurasi Beban Kendaraan Golongan 5a rencana
 (Sumber : Bina Marga, 1983)

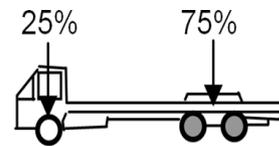
$$\text{Nilai VDF} = \left[\frac{P \text{ depan}}{8,16} \right]^4 + \left[\frac{P \text{ belakang}}{8,16} \right]^4$$

$$\text{Depan} = 34 \% \times 6 = 2,04 \text{ ton}$$

$$\text{Belakang} = 66 \% \times 6 = 3,96 \text{ ton}$$

$$\text{Nilai VDF} = \left[\frac{2,04}{8,16} \right]^4 + \left[\frac{3,96}{8,16} \right]^4 = 0,0594$$

Golongan 7a (truk 3 sumbu) (25 ton)



Gambar 11 Konfigurasi Beban Kendaraan Golongan 7a rencana
 (Sumber : Bina Marga, 1983)

$$\text{Nilai VDF} = \left[\frac{P \text{ depan}}{8,16} \right]^4 + 0,086 \times \left[\frac{P \text{ belakang}}{8,16} \right]^4$$

$$\text{Depan} = 25 \% \times 25 = 6,25 \text{ ton}$$

$$\text{Belakang} = 75 \% \times 25 = 18,75 \text{ ton}$$

$$\text{Nilai VDF} = \left[\frac{6,25}{8,16} \right]^4 + 0,086 \times \left[\frac{18,75}{8,16} \right]^4 = 2,7416$$

Tabel 11. Nilai *Vehicle Damage Factor* (VDF) Rencana

Gol.	Jenis Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Berat Kend (ton)	Nilai VDF
5a	Bus kecil	1.2	6	0,0594
5b	Bus besar	1.2	9	0,3006
6a	Truck 2 sumbu ringan	1.2	8,3	0,2174
6b	Truck 2 sumbu berat	1.2	16	3,0023
7a	Truck 3 sumbu	1.2.2	25	2,7416
7b	Truck Gandeng	1,2.2	36	6,7528
7c	Truck Semi Trailer	1.2.2	40	10,2923

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Sebelum masuk dalam perhitungan nilai W_{18} dibutuhkan nilai koefisien distribusi kendaraan

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 06-03-2021 | Selesai Revisi : 14-04-2021 | Diterbitkan Online : 17-04-2021

yang didapat berdasarkan AASHTO 1993. Distribusi arah (DD) berkisar 0,3 – 0,7. biasanya ditentukan pada masing-masing arah sebesar 0,5 untuk distribusi jalur (DL), harga-harga yang berbeda diberikan tergantung pada total jalur yang ada pada suatu arah. Sehingga menurut AASHTO'93, volume lalu lintas pada tahun pertama terlihat pada Tabel 12 berikut ini.

Karena Jalan kita 2 lajur tiap arah maka di ambil nilai $D_L = 0,9$

Tabel 12. Nilai Faktor Distribusi Lajur (D_L)

Jumlah Lajur Tiap Arah	Nilai DL
1	1
2	0,8 - 1
3	0,6 - 0,8
4	0,5 - 0,75

(Sumber: AASHTO 1993)

Untuk nilai ESAL Kumulatif umur rencana atau W_{18} menggunakan persamaan 1.7. ($DD = 0,5$; $DL = 0,9$), dapat dilihat pada Tabel 13 berikut.

Contoh Perhitungan W_{18}

$$W_{18_{2017}} = ESAL \times 365 \times DD \times DL$$

$$= 2200,1255 \times 365 \times 0,5 \times 0,9$$

$$= 361370,6134$$

Tabel 13. Nilai ESAL Komulatif Rencana

NO	TAHUN	KOMULATIF ESAL _{RENCANA}
1	2017	361370,6134
2	2018	463609,9148
3	2019	724064,923
4	2020	1130842,97
5	2021	1766148,009
6	2022	2758365,991
7	2023	4308009,807
8	2024	6728240,035
9	2025	10508150,17
10	2026	16411605,32
11	2027	25631608,3
	Jumlah	70.792.016,05

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Nilai *Vehicle Damage Factor* (VDF) *Overload* dapat dilihat pada Tabel 14 dibawah ini.

Tabel 14. Nilai *Vehicle Damage Factor* (VDF) *Overload*

Gol.	Jenis Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Berat Kend (ton)	Nilai VDF
5a	Bus kecil	1.2	16,743	3,600
5b	Bus besar	1.2	15,698	2,782
6a	Truck 2 sumbu ringan	1.2	20,464	8,033
6b	Truck 2 sumbu berat	1.2	21,522	9,829
7a	Truck 3 sumbu	1.22	16,973	0,583
7b	Truck Gandeng	1,22	25,633	1,736
7c	Truck Semi Trailer	1.2.2	36,355	7,023

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Untuk nilai ESAL Kumulatif *Overload* atau W_{18} menggunakan persamaan 1.7. ($DD = 0,5$; $DL = 0,9$) dapat dilihat pada Tabel 15 berikut.

Contoh Perhitungan W_{18}

$$W_{18_{2017}} = ESAL \times 365 \times DD \times DL$$

$$= 5988.225081 \times 365 \times 0,5 \times 0,9$$

$$= 983565.9696$$

Tabel 15. Nilai ESAL Komulatif *Overload*

NO	TAHUN	KOMULATIF ESAL _{OVERLOAD}
1	2017	983565,9696
2	2018	1259959,707
3	2019	1967802,239
4	2020	3073309,116
5	2021	4799887,27
6	2022	7496453,153
7	2023	11707943,69
8	2024	18285440,14
9	2025	28558159,32
10	2026	44602069,05
11	2027	69659411,22
	Jumlah	192.394.000,9

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Berdasarkan perhitungan didapatkan total ESAL masing-masing tahun dari 2017 sampai tahun 2027, dari total ESAL dapat diperhitungkan nilai

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 06-03-2021 | Selesai Revisi : 14-04-2021 | Diterbitkan Online : 17-04-2021

TF (*truck factor*) dan dapat menyatakan jalan yang diteliti mengalami *overloading* jika nilai TF (*truck factor*) lebih dari 1, hasil perhitungan nilai TF (*truck factor*) dapat dilihat pada Tabel 16 untuk keadaan normal dan Tabel 17 untuk keadaan *overloading*.

Untuk menentukan TF (*truck factor*) Keadaan Normal adalah :

$$TF = ESAL / \sum LHR$$

$$= 156052.41 / 190850.295$$

$$= 0,8176692$$

Tabel 16. Nilai Truk Faktor Keadaan Normal

Nilai Truk Faktor Keadaan Normal		
Tahun	\sum LHR	ESAL
2017	801	2200,1255
2018	1251	2822,587
2019	1954	4408,31
2020	3051	6884,8887
2021	4766	10752,804
2022	7443	16793,705
2023	11625	26228,37
2024	18155	40963,41
2025	28355	63976,561
2026	44285	99918,449
2027	69164	25631608
Jumlah	190850,295	156052,41
Truk Faktor		0,8176692

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Tabel 17. Nilai Truk Faktor Keadaan *Overload*

Nilai Truk Faktor Keadaan <i>Overload</i>		
Tahun	\sum LHR	ESAL
2017	801	5988,2251
2018	1251	7670,9876
2019	1954	11980,531
2020	3051	18711,167
2021	4766	29223,058
2022	7443	45640,506
2023	11625	71281,24
2024	18155	111326,88
2025	28355	173870,07
2026	44285	271549,89
2027	69164	424106
Jumlah	190850,295	1171348,6
Truk Faktor		6,1375255

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Analisa Sisa Umur Perkerasan (*Remaining life*)

Perhitungan nilai *Remaining life*

$$N_p = 18285440,14$$

$$N_{1,5} = 25631608,3$$

$$RL = 100 [1 - (N_p/N_{1,5})]$$

$$RL = 100 [1 - (18285440,14/25631608,3)]$$

$$RL = 28,66\% \text{ (tahun 2024 } \textit{Overloading})$$

Nilai Perbandingan *Remaining life* Rencana dan Nilai *Remaining life Overload* dapat dilihat pada Tabel 18 berikut:

Tabel 18. Perbandingan Nilai *Remaining life* Rencana dan Nilai *Remaining life Overload*

NO	TAHUN	RL Rencana %	RL <i>Overload</i> %
0	2017	98,5901368	96,16268336
1	2018	98,19125702	95,08435174
2	2019	97,17510929	92,3227516
3	2020	95,58809203	88,0096907
4	2021	93,10949205	81,27356187
5	2022	89,23842016	70,75309101
6	2023	83,19258879	54,32224327
7	2024	73,75022295	28,66058218
8	2025	59,00315719	-11,41774243
9	2026	35,97122302	-74,01197975
10	2027	0	-171,7715189

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Dari Tabel 18 diatas maka akan diperoleh nilai sisa umur rencana dan Grafik Trendline nya. Pada saat persentase sisa umur rencana 0%, yang mana terjadi diantara tahun ke-7 dan tahun ke-8.

Pada tahun ke-7 persentase RL sebesar 28,66% dan tahun ke-8 persentase RL sebesar -11,42%, sehingga perhitungannya menjadi sebagai berikut:

$$\frac{28,66\% + 11,42\%}{8-7} = \frac{28,66\%}{x}$$

$$x = \frac{28,66\%}{28,66\% + 11,42\%} \times (8-7)$$

$$x = 0,715$$

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 06-03-2021 | Selesai Revisi : 14-04-2021 | Diterbitkan Online : 17-04-2021

Sehingga nilai sisa umur rencana pada saat nilai persentase umur rencana mencapai 0% adalah sebagai berikut:

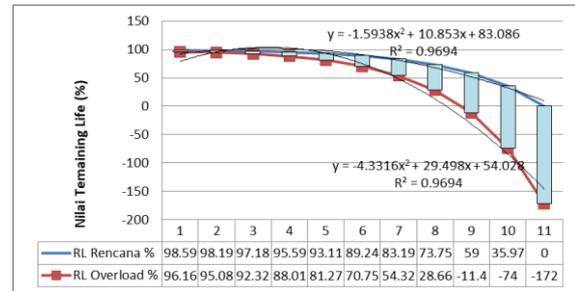
$$\begin{aligned} \text{Nilai umur rencana} &= 7 + x \\ &= 7 + 0,715 \\ &= 7,715 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Jadi berdasarkan perhitungan di atas diperoleh terjadinya penurunan sisa umur rencana akibat beban berlebih yang melintas diruas jalan Bypass Km. 18 Padang adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Penurunan Remaining Life} &= 10 - 7,715 \text{ tahun} \\ &= 2,285 \text{ tahun} \\ &= 22,85 \% \end{aligned}$$

Grafik Trendline merupakan garis yang dibuat melalui perhitungan secara statistik. Dimana dalam menentukan ramalan beberapa tahun kedepan sesuai perencanaan 10 tahun umur rencana jalan (*traffic design*), telah didapatkan penurunan sisa umur rencana akibat dampak beban kendaraan sebesar 22,85%, dibuktikan dengan analisis pemilihan model proyeksi, sesuai dengan gambar 12 berikut. Dalam pemilihan model proyeksi digunakan model proyeksi *Polynomial* dengan rumus $y = ax^2 + bx + c$. Berdasarkan rumus model proyeksi tersebut, dapat dilakukan analisis peramalan dengan memilih model yang nilai R^2 (*R square*) nya mendekati angka 1. Karena untuk nilai R^2 nya mendekati angka 1, maka pengaruh tersebut akan semakin kuat.

Grafik trendline untuk Perbandingan Remaining Life Rencana (Muatan Normal) dengan Remaining Life Overload dapat dilihat pada Gambar 12 dibawah ini:



Gambar 12 . Grafik Trendline Nilai RL rencana dan Nilai RL Overload
 (Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Berdasarkan pada Gambar 12 di atas, diketahui nilai koefisien determinasi atau *R square* adalah sebesar 0,9694 atau sama dengan 96,94%. Angka tersebut mengandung arti bahwa nilai x yang dinyatakan dalam 10 tahun rencana (2017 sampai 2027) berpengaruh terhadap variabel Penurunan Sisa Umur Perkerasan yang diakibatkan oleh beban kendaraan yang melintas diruas jalan tersebut (Y) sebesar 96,94%. Dengan didapatkan nya nilai *R square* 0,9694 (mendekati 1), maka artinya Kerusakan jalan serta penurunan sisa umur rencana di Jalan Bypass Km. 18 Padang ini memang disebabkan oleh Beban Kendaraan yang melintas diruas jalan ini.

Ruas jalan Bypass Padang adalah jalan arteri atau kolektor kelas III A yang merupakan jalur logistik ke Kabupaten Pesisir Selatan dan Provinsi Bengkulu, serta memperlancar akses dari Pelabuhan Teluk Bayur ke Bandara Internasional Minangkabau (BIM). Jalan ini dirampung sejak tahun 2017 dengan panjang 27 km. Pada tahun 2021 ini masuk kedalam 4 tahun masa pelayanan jalan Bypass. Di ruas jalan Bypass ini banyak didominasi kendaraan berat yang bermuatan normal sampai bermuatan berlebih. Karena pembebanan yang terjadi tidak sesuai dengan beban kendaraan yang diizinkan

Informasi Artikel

sehingga mengakibatkan jalan tersebut mengalami penurunan umur sisa perkerasan jalannya. Oleh karena itu dilakukan analisis untuk mengetahui bagaimana pengaruh beban kendaraan terhadap kerusakan jalan dan umur rencana jalan dengan menggunakan nilai ESAL Kumulatif dengan perencanaan 10 tahun kedepan (sesuai dengan *traffic design* untuk perkerasan lentur).

Setelah dilakukan analisis pertumbuhan volume lalu lintas meningkat setiap tahunnya, dimulai dari tahun 2017 sampai tahun 2027 dengan rata-rata pertumbuhan lalu lintas $i = 0,5618 \%$.

Setelah dianalisis, penyebab utama kerusakan jalan ditimbulkan oleh kelebihan beban yang melintas diatas jalan tersebut. Terbukti dengan berat kendaraan yang melewati jalan bypass Km. 18 padang melebihi MST ijin dimulai dari golongan 5a sampai dengan 7c.

Penurunan umur sisa perkerasan diakibatkan oleh kendaraan berat yang membawa beban berlebih yang tidak sesuai dengan beban yang diizinkan. Dari nilai RL rencana dan RL *overload* maka didapatkan persentase selisih umur sisa perkerasan dari tahun 2017 sampai dengan 2027 dengan angka pertumbuhan lalu lintas yang didapat penurunan umur sisa perkerasan jalan adalah 22,85%. Dari umur perkerasan jalan pada tahun 2017 yang direncanakan sesuai *traffic design* selama 10 tahun, pada tahun 2021 seharusnya nilai sisa umur perkerasan 6 tahun lagi, sedangkan dari analisis yang didapatkan nilai sisa umur perkerasan pada tahun 2021 tinggal 3 tahun lagi, yang berarti jalan tersebut tidak layak dilalui ditahun 2024.

4. Kesimpulan

Dari rangkaian pengamatan dan penelitian pada ruas jalan Jalan Bypass Km. 18 Padang ini

diperoleh kesimpulan bahwa kerusakan yang terjadi diruas jalan tersebut diakibatkan oleh beban kendaraan yang melintas diatasnya dimana didapatkan perbandingan nilai MST (muatan sumbu terberat) pada kendaraan yang ditinjau yaitu golongan 5a, 5b, 6a, 6b, 7a, 7b, dan 7c masing-masing memiliki kelebihan beban dan tidak sesuai dengan MST ijin yaitu 8 ton, sehingga nilai *truck factor* (TF) nya lebih besar dari 1 pada kondisi *Overloading* yaitu sebesar 6,1375255. Maka didapatkan nilai penurunan umur sisa perkerasannya sebesar 22,85% dibuktikan pada grafik trendline dengan nilai *R square* nya 0,9694 (mendekati 1), serta hubungan 10 tahun rencana (x) berpengaruh terhadap penurunan sisa umur perkerasan (y) dinyatakan dalam model proyeksi *polynomial* adalah $y = -1,5938x^2 + 10,853x + 83,086$ (RL Rencana) dan $y = -4,3316x^2 + 29,498x + 54,028$ (RL *Overload*). Dengan angka pertumbuhan volume lalu lintasnya yang selalu meningkat setiap tahunnya dari tahun 2017 sampai 2027 sebesar $i = 0,5618 \%$. Serta nilai ESAL kumulatif rencana didapatkan sebesar 70.792.016,05 dan nilai ESAL kumulatif pada kondisi *overloading* sebesar 192.394.000,9. Jadi pada tahun 2024 nilai (*remaining life*) RL rencana sebesar 73,75 % dan RL *overload* sebesar 28,66 %, maka terjadilah penurunan umur rencana sebesar 45,09%, ini berarti ruas jalan Bypass Km.18 Padang ini tidak layak lagi untuk dilalui ditahun 2024.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Andria Rama, Afrizal, Azwar. 2018. Manajemen Risiko Pelabuhan Rakyat Guna Mendukung Rantai Pasok Nasional. Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand) Vol. 4 No 2 Oktober 2018. ISSN (Print) : 1858-2133, ISSN (Online) : 2477-3484.
- [2] AASHTO. 1993. Guide for Design of Pavement Structures. Washington DC.

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 06-03-2021 | Selesai Revisi : 14-04-2021 | Diterbitkan Online : 17-04-2021

- [3] Safitra, dkk. 2019. Analisa Pengaruh Beban Berlebih Terhadap Terhadap Umur Rencana Jalan (Studi Kasus: Ruas Jalan Manado-Bitung). Jurnal Sipil Statik .Vol.7, No.3, Maret 2019. ISSN : 2337-6732.
- [4] Anggista, dkk. 2017. Analisa Dampak Beban Kendaraan terhadap Derajat Kerusakan Jalan dan Umur sisa Perkerasan (Studi Kasus: Jalan Lintas Sumatera Kecamatan Payung Sekaki). Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning. Jurnal Teknik Volume 1 No.2, Oktober 2017.
- [5] Zainal, dkk. 2016. Analisa Dampak Beban Kendaraan terhadap Kerusakan Jalan (Studi Kasus: Ruas Jalan Pahlawah, Kec. Citeureup, Kab.Bogor). Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik-Unpak.
- [6] Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga. Manual Pemeliharaan Jalan Nomor : 03/MN/B/1983.
- [7] Departemen Pekerjaan Umum. 2004. Undang-Undang Republik Indonesia No.38 Tahun 2004 Tentang Jalan. Jakarta : Direktorat Jenderal Bina Marga..
- [8] Firdaus Denny, Muhammad Isya dan Sofyan M.Saleh. 2018. Pengaruh Beban Kendaraan Terhadap Umur Desain Perkerasan (Studi Kasus Jalan Nasional Lambaro-Batas Pidie Provinsi Aceh). Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan.18 Oktober 2018. E-ISSN : 2615-1340; P-ISSN: 2620-7567.
- [9] Morisca Wily. 2014. Evaluasi Beban Kendaraan Terhadap Derajat Kerusakan dan Umur Sisa Jalan (Studi Kasus : PPT. Simpang Nibung dan PPT. Merapi Sumatera Selatan). Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Vol.2, No. 4, Desember 2014. ISSN : 2355-374X.
- [10] Pandey Sisca V. 2013. Kerusakan Jalan Daerah Akibat Beban Overloading. TEKNO SIPIL/Volume 11/No.58/ April 2013.
- [11] Pemerintah Republik Indonesia. 2004. Undang-Undang No.38 Tahun 2004 Tentang Jalan. Sinar Grafika :Jakarta.
- [12] Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu lintas Jalan
- [13] Refi Ahmad, Angelalia Roza dan Dona Desrisa Murni. 2020. Dampak Kelebihan Muatan Terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan. Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil Vol. 17 No. 2 Edisi Oktober 2020. ISSN (Online) : 2655-2124.
- [14] Sari,Dian Novita. 2014. Analisa Beban Kendaraan Terhadap Derajat Kerusakan Jalan dan Umur Sisa. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan.Vol.2, No.4, Desember 2014. ISSN : 2355-374X.
- [15] Sentosa Leo, Asri Awal Roza. 2012. Analisis Dampak Beban Overloading Kendaraan pada Struktur Rigid Pavement terhadap Umur Rencana Perkerasan (Studi Kasus Ruas Jalan Simp Lago-Sorek Km 77 s/d 78). Jurnal Teknik Sipil Vol. 19 No.2 Agustus 2012. ISSN : 0853-2982.
- [16] Simanjuntak G. Irwan. 2014. Analisis Pengaruh Muatan lebih (Overloading) terhadap Kinerja Jalan dan Umur Rencana Perkerasan Lentur (Studi Kasus Ruas Jalan Raya Pringsurat, Ambrawa-Magelang).Jurnal Karya Teknik Sipil, Volume 3, Nomor 3, Tahun 2014. Halaman 539-551.

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 06-03-2021 | Selesai Revisi : 14-04-2021 | Diterbitkan Online : 17-04-2021