SIKLUS : JURNAL TEKNIK SIPIL
ISSN : 2443- 1729 (Print) ISSN: 2549- 3973 (*Electronic*)
DOI : https://doi.org/10.31849/siklus.v10i2.15461
Vol. 10, No. 2, Oktober 2024, pp. 189-202
Journal homepage: https://journal.unilak.ac.id/index.php/SIKLUS

Penilaian Konsekuensi Beban Lalu Lintas Terhadap Pengurangan Umur Rencana Jalan

Consequence Assessment of Traffic Load on Reduction of Road Plan Life

Ni Kadek Ari Gita Cahyani[1], Anak Agung Gede Sumanjaya[1], Putu Aryastana[2]
[1]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Warmadewa, Denpasar, Indonesia
[2]Magister Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan, Universitas Warmadewa, Denpasar, Indonesia

Article Info

Article history:
Received 28, Juli, 2023
Revised 19, Mei, 2024
Accepted 30, Oktober, 2024

Kata Kunci
Beban lalu lintas
Equivalent single axle load
Faktor ekuivalen beban
Umur jalan

Abstrak

Jalan Ahmad Yani, Subagan merupakan jalan utama sebagai penghubung kegiatan lokal, wilayah, maupun nasional yang dapat meningkatkan perkembangan pembangunan infrastruktur dan perekonomian di Kabupaten Karangasem. Kendaraan-kendaraan berat sering melintasi jalan ini yang dimana rata-rata memiliki muatan melebihi kapasitas sehingga menyebabkan kerusakan jalan dan memperpendek umur jalan bahkan lebih cepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak kerusakan yang disebabkan oleh kelebihan beban pada perkerasan jalan serta menganalisis tingkat sisa umur perkerasan. Analisis menggunakan data survei lalu lintas harian rata-rata dari ruas Jalan Ahmad Yani pada tahun 2023, data tahun 2019 sampai 2022 yang diperoleh dari Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Provinsi Bali, serta data berat kendaraan. Metode AASHTO 1993 digunakan untuk menganalisis akumulasi *Equivalent Single Axle Load* (ESAL) selama 15 tahun sesuai dengan desain lalu lintas untuk perkerasan lentur. Berdasarkan hasil analisis nilai ESAL rencana pada akhir tahun sebesar 104.567.128,60 ESA sedangkan nilai ESAL *overload* pada akhir tahun sebesar 231.491.870,12 ESA. Faktor kerusakan jalan pada ruas Jalan Ahmad Yani dengan perbandingan nilai *Vehicle Damage Factor* (VDF) rencana dengan nilai VDF *overload* didapatkan kendaraan truk sedang dengan rasio terkecil 1,01% hingga truk berat dengan rasio terbesar 4,16%. Nilai sisa umur layan kontruksi ruas Jalan Ahmad Yani berdasarkan perencanaan nilai *Remaining Life* (RL) rencana berada diangka 88,83%, sedangkan sisa umur layan perkerasan berdasarkan RL *overloading* adalah 84,28% atau terjadi pengurangan umur layan sebesar 4,46%. Hal ini menyimpulkan bahwa muatan berlebih merupakan faktor penyebab terjadinya pengurangan sisa umur layanan perkerasan di Jalan Ahmad Yani.

Keywords:
Traffic load
Equivalent single axle load
Vehicle damage factor
Life of road

Abstract

Jalan Ahmad Yani, Subagan, serves as a primary road connecting local, regional, and national activities, significantly contributing to infrastructure development and economic growth in Karangasem Regency. Heavy vehicles frequently traverse this road, often carrying loads that exceed capacity, resulting in road damage and a reduced service life. This study aims to evaluate the impact of overload-induced damage on pavement performance and to analyze the remaining service life of the pavement. The analysis utilizes average daily traffic survey data from Jalan Ahmad Yani in 2023, historical data from 2019 to 2022 provided by the Provincial National Road Planning and Monitoring Unit of Bali, and vehicle

weight data. The AASHTO 1993 method was applied to analyze the cumulative Equivalent Single Axle Load (ESAL) over a 15-year design period for flexible pavement. The analysis results indicate that the planned ESAL value at the end of the design period is 104.567.128,60 ESA, while the ESAL value under overload conditions is 231.491.870,12 ESA. The Vehicle Damage Factor (VDF) analysis shows that medium trucks have the lowest damage ratio at 1,01%, while heavy trucks have the highest ratio at 4,16%. The remaining service life (RL) of the pavement based on the planned RL value is 88,83%, whereas under overload conditions, the RL value is reduced to 84,28%, indicating a decrease of 4,46%. These findings conclude that overloading is a significant factor contributing to the reduction in pavement service life on Jalan Ahmad Yani.

Corresponding Author: Aryastana, aryastanaputu@yahoo.com

A. PENDAHULUAN

Pembangunan wilayah dan pembangunan ekonomi tidak lepas dari peranan infrastruktur jalan (Palilu, 2018). Infrastruktur jalan adalah sarana transportasi utama yang memiliki peran signifikan dalam kehidupan masyarakat karena berdampak besar pada kegiatan dan rutinitas perekonomian (Aptarila, dkk., 2020). Agar pergerakan lalu lintas tidak terhambat, kondisi infrastruktur jalan harus tetap dijaga sedemikian rupa agar kondisi perkerasan tetap dalam kodisi sangat baik (Wirnanda, dkk., 2018). Tingginya tingkat pertumbuhan lalu lintas juga menyebabkan jumlah kendaraan bermuatan yang melebihi batas yang diijinkan (*overload*) merupakan tantangan agar kondisi perkerasan tetap mantap (Safitra, dkk., 2019).

Berdasarkan pedoman perancangan perkerasan lentur di Indonesia dari Direktorat Jendral Bina Marga mengamanatkan bahwa usia minimal yang diinginkan untuk peningkatan jalan adalah 10 tahun (Prismadana, 2019). Infrastruktur jalan yang berulang kali dilalui oleh kendaraan bermuatan berat dengan kapasitas lalu lintas yang padat dapat mengakibatkan pengurangan kualitas dan fungsional kontruksi perkerasan seiring dengan bertambahnya umur jalan (Setyawan, dkk., 2023). Seiring bertambahnya populasi begitu juga dengan volume lalu lintas harian rata-rata (LHR), hal ini akan mempengaruhi sisa umur jalan, dan transformasi volume kendaraan dapat menyebabkan penurunan sisa usia jalan (Bagaskara, dkk., 2022). Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan, penyebab utama kerusakan jalan adalah kualitas pelaksanaan, padanya volume lalu lintas dan dari beban kendaraan yang melebihi ketentuan (*overload*) (Beti, dkk., 2022).

Ruas Jalan Ahmad Yani, Subagan merupakan jalan utama sebagai penghubung kegiatan lokal, wilayah, maupun nasional yang dapat meningkatkan perekonomian di Kabupaten Karangasem. Karangasem adalah kabupaten di Provinsi Bali yang terletak di bagian timur Provinsi Bali dengan rata-rata wilayah merupakan daerah pegunungan yang kering dan tandus. Selain itu, di kabupaten ini juga terdapat Gunung Agung yang tergolong gunung merapi tertinggi di Bali yang masih aktif. Potensi kawasan galian C (Budiarnaya, dkk., 2021) di wilayah Karangsem menyebabkan banyaknya kendaraan pengangkut hasil pertambangan yang melintasi daerah Karangasem khususnya di Jalan Ahmad Yani yang merupakan jalan penghubung kota dengan berbagai jenis kendaraan

sering melintasi. Kendaraan berat yang melalui jalan ruas Jalan Ahmad Yani, seperti truk ekspedisi, tronton, bus, dan sebagainya. Karena peran yang sangat vital ini, maka jalan tersebut akan mengalami peningkatan beban lalu lintas seiring dengan pertumbuhan volume kendaraan yang memengaruhi masa pakai rencana jalan tersebut (Putra, dkk., 2021). Kendaraan-kendaraan berat yang melintas cenderung mengangkut beban yang melebihi dari batas yang ditentukan.

Dengan bertambahnya jenis lalu lintas dan melonjaknya volume lalu lintas pada ruas jalan tersebut menyebabkan kualitas fungsional dan struktural jalan tersebut semakin menurun (Refi, dkk., 2021). Salah satunya ruas Jalan Ahmad Yani mengalami kerusakan dimana ruas jalan ini termasuk jaringan jalan kolektor yang terdiri dari 1 jalur dengan 2 lajur, serta memiliki panjang jalan ± 2,8 km. Pada ruas jalan ini memiliki 2 lajur dan 2 arah yang dimana kendaraan – kendaraan cenderung lebih banyak melintasi pada jalur timur arah utara ke selatan jalan dari pada jalur barat arah selatan ke utara maka kerusakan cenderung lebih banyak pada jalur timur arah utara ke selatan jalan dibandingkan pada jalur barat arah selatan ke utara jalan. Dalam wawancara awal dengan Kepala Lurah Subagan menyatakan bahwa perbaikan jalan yang dilakukan oleh pemerintah belum cukup menangani kerusakan jalan yang terjadi karena jalan tersebut telah mengalami kerusakan kembali dengan kurun waktu yang cepat. Kerusakan yang terlihat berupa retak-retak, kegemukan, berlubang dan lain sebagainya, hal tersebut tentu sangat merugikan pengguna jalan. Kerusakan berlubang mengakibatkan genangan air dipermukaan jalan mengakibatkan semakin merusak lapisan jalan (Ramdani, dkk., 2022). Berdasarkan kejadian hasil wawancara tersebut sudah terdapat jalan alternatif namun pada kenyataanya dilapangan jalan tersebut masih mengalami kerusakan setelah perbaikan jalan dilakukan.

Pentingnya rute tersebut bagi masyarakat, maka dibutuhkan suatu upaya untuk perawatan secara konsisten agar dapat mendukung pelayanan dan pemeliharaan jalan dengan optimal (Sugiyanto & Ahmad, 2022). Jika kondisi terburuk terjadi, yang dimana ketika jalan mengalami kerusakan sebelum masa layan habis dan kondisi itu semakin memburuk karena tidak segera memperoleh penanganan perawatan yang diperlukan.

Tujuan dari penelitian ialah untuk menganalisis besar daya rusak (*vehicle damage factor*) yang berdampak *overload* dan menentukan tingkat penurunan umur perkerasan atau sisa umur (*remaining life*) pada ruas Jalan Ahmad Yani, Subagan. Kontribusi studi ini mampu dijadikan sebagai acuan untuk badan pengelola jalan terkait dalam merencanakan penangan kerusakan jalan dan kondisi jalan untuk segera melakukan pemeliharaan dini, agar tetap dapat mempertahankan umur layanan jalan. Manfaatnya, jika terjadinya kerusakan kondisi secara fungsional jalan dapat diatasi sehingga kenyaman dalam berlalu lintas dan tidak menyebabkan kerugian bagi pengendara.

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. Lalu Lintas Harian Rata-Rata

Tingkat lalu lintas harian rata-rata mengacu pada jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu dari kedua arah dalam satu hari, dan biasanya dihitung selama setahun penuh (Wattimena, dkk., 2022). Untuk menghitung LHR, diperlukan data jumlah kendaraan yang melintas setiap tahun, sehingga satuan LHR bisa digunakan untuk situasi tersebut (Safitri, dkk., 2021).

2. Volume Jam Perencanaan (VJP)

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia Direktorat Jenderal Bina Marga, (2023) nilai VJP ini diperoleh dengan membagi LHR dengan faktor k. Faktor k ini berkisar antara 0,9 dan penentuannya berdasarkan pada persamaan :

$$\text{LHR} = \frac{\text{VJP}}{\text{k}} \quad (1)$$

3. Pertumbuhan Lalu Lintas

Lalu lintas merujuk pada jalan raya yang dilalui oleh beragam jenis kendaraan dengan variasi dalam berat total, konfigurasi, ukuran, dan beban sumbu yang berbeda-beda. Perhitungan pertumbuhan lalu lintas sesuai dengan Manual Desain Perkerasan Jalan, (2024) dihitung dengan memanfaatkan persamaan :

$$i = \left(\sqrt[n]{\frac{\text{LHR}_n}{\text{LHR}_0}}\right) - 1 \quad (2)$$

Keterangan :

i	=	Nilai perkembangan lalu lintas
LHR_n	=	Nilai LHR pada tahun terkini
LHR_0	=	Nilai LHR pada tahun lampau
n	=	Perbedaan tahun

4. Faktor Ekuivalen Beban Kendaraan (*Vehicle Damage Factor*)

VDF atau kerusakan jalan merupakan parameter untuk menentukan tebal perkerasan secara signifikan, yang dimana jika suatu kendaraan jenis truk memiliki berat *overload* maka, *Equivalent Single Axle Load* (ESAL) juga akan ikut membesar. Angka ekuivalen beban sumbu kendaraan (E) adalah nilai yang menggambarkan perbandingan antara tingkat kerusakan yang disebabkan oleh satu atau beberapa sumbu kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang diakibatkan oleh suatu standar beban sumbu tunggal yang memiliki berat 8,16 ton (18000 lb) (Nurkholis, 2018). Angka ekuivalen untuk setiap kendaraan spesifik dihitung menggunakan persamaan :

$$\text{Sumbu Tunggal} = \left[\frac{\text{Beban sumbu(t)}}{8{,}16}\right]^4 \quad (3)$$

$$\text{Sumbu Ganda} = 0{,}086\left[\frac{\text{Beban sumbu(t)}}{8{,}16}\right]^4 \quad (4)$$

5. Kumulatif Beban Sumbu Standar (ESAL)

Menurut Manual Desain Perkerasan Jalan, (2024), ESAL atau beban sumbu tunggal ekivalen kumulatif adalah total akumulasi beban sumbu lalu lintas yang dianggap dalam perencanaan lajur selama masa pakai rencana. Perhitungan kumulatif ESAL dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{ESA} = \left(\sum_{\text{Jenis Kendaraan}} \text{LHR} \times \text{VDF} \times \text{DL}\right) \quad (5)$$

$$\text{ESAL} = \text{ESA} \times 365 \times i \quad (6)$$

Keterangan :

ESA	=	Ekivalen sumbu standar lintasan untuk satu hari
ESAL	=	Akumulasi beban sumbu tunggal sepanjang usia rencana
LHR	=	Lalu lintas harian rata-rata untuk jenis kendaraan tertentu
VDF	=	Faktor ekuivalen beban (*vehicle damage factor*)
DL	=	Faktor distribusi lajur
365	=	Hari dalam satu tahun
i	=	Nilai perkembangan lalu lintas

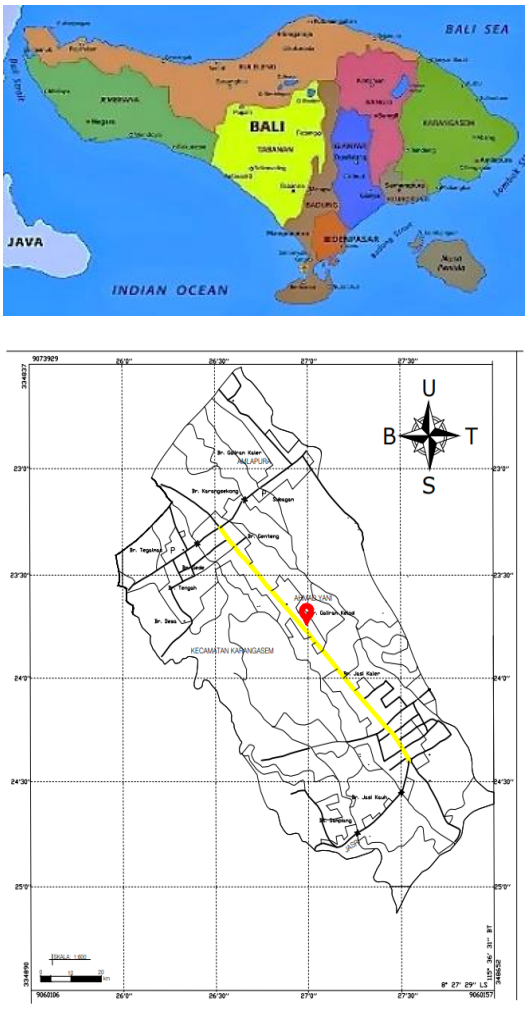
6. Sisa Umur Rencana (*Remaining Life*)

Remaining life adalah penurunan umur rencana akibat pengaruh beban kendaraan yang melewati, yang dihitung dengan persamaan (AASHTO, 1993) :

$$\text{Nilai RL} = 100\times\left(1-\frac{N_p}{N_{1,5}}\right) \quad (7)$$

C. METODE PENELITIAN

Lokasi studi berada di Jalan Ahmad Yani, Subagan, Kabupaten Karangasem, dengan panjang mencapai 2,8 kilometer seperti terlihat pada Gambar 1. Penelitian ini mengarah pada evaluasi kerusakan perkerasan jalan yang disebabkan oleh kendaraan *overload* yang melewati bagian Jalan Ahmad Yani, Subagan, yang berpotensi mempengaruhi penurunan masa pakai rencana.



Gambar 1. Ruas Jalan Ahmad Yani, Subagan Karangasem
(Sumber: DPUPR-Karangasem, 2023)

1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer dilakukan pada tanggal 1 April sampai 3 April 2023 dengan dilakukan survei untuk mendapatkan data LHR terbaru. Kemudian untuk data sekunder memerlukan data berupa data berat kendaraan yang didapatkan dari Unit Pelayanan Perhubungan Provinsi Bali, dan LHR tahun 2019 sampai 2022, data gambar potongan melintas jalan, serta fungsi dan klasifikasi jalan, data tersebut didapatkan dari Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) Provinsi Bali.

2. Metode Analisa Data

Pengolahan data dilakukan sesuai dengan data yang ingin dianalisis dengan langkah-langkah perhitungan sisa umur akibat adanya beban berlebih pada perkerasan lentur akan dijabarkan sebagai berikut:

a. Menghitung volume dengan jumlah smp kendaraan.
b. Mengetahui volume kendaraan puncak (VJP).
c. Menghitung volume dan LHR 2023 dengan menggunakan persamaan (1).
d. Menghitung nilai perkembangan lalu lintas berdasarkan data LHR 2019-2022 dengan menggunakan persamaan (2).
e. Mengidentifikasi dan mencari persentase muatan berlebih pada kendaraan yang masuk di Jembatan Timbang Pelabuhan Padangbai, Bali.
f. Menghitung angka ekuivalen setiap jenis kendaraan didapat dari beban sumbu kendaraan dengan menggunakan persamaan (3) dan persamaan (4).
g. Mencari nilai ESAL dengan menggunakan persamaan (5) dan persamaan (6).
h. Dari perhitungan tersebut kemudian didapatkan hasil perbedaan nilai Kumulatif ESAL.
i. Menghitung seberapa cepat masa layan jalan tersebut habis dengan

menentukan persentase dari masing - masing perbandingan dari nilai ESAL rencana dan nilai ESAL *overload*.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis depresiasi usia rencana dilakukan dengan menganalisis ESAL pada ruas Jalan Ahmad Yani, Subagan, berdasarkan data yang telah didapat yaitu data LHR tahun 2019 sampai 2034 selama umur rencana yaitu 15 tahun, dan data kendaran yang memiliki muatan berlebih dan melawati jembatan Padangbai Karangasem Bali. Perhitungan pada analisis ini menggunakan kendaraan bermuatan mulai dari mobil pribadi sampai truk 1,2-2 Untuk kendaraan kendaraan tidak bermotor dan sepeda motor tidak digunakan karena dianggap tidak berpengaruh terhadap struktur perkerasan.

1. Analisis Volume Jam Perencanaan (VJP)

Hasil survei yang dilakukan di lapangan untuk menentukan LHR tahun terbaru maka menunjukan volume kendaraan pada jam puncak yang tertinggi adalah terjadi pada survei hari ketiga tepatnya pada pukul 12.45 – 13.45 WIB, dapat dilihat pada Tabel 1.

Penentuan jumlah lajur dengan satuan smp/hari yang ditentukan berdasarkan perkiraan volume lalu lintas, digunakan faktor ekuivalen mobil penumpang (emp). Oleh karena ruas Jalan Ahmad Yani, Subagan Karangasem adalah tipe jalan 2/2UD, sehingga nilai emp untuk jenis kendraan HV adalah 1,3 dan LV adalah 1, sedangkan MC adalah 0,5, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Volume kendaraan jam puncak

Interval Waktu 15 menit (WIB)	Jenis Kendaraan								Total
	MC	LV				HV			
	Sepeda Motor	Mobil Penumpang	Pick Up	Truk Ringan	Bus	Truk Sedang	Truk Berat	Truk 1,2-2	
12.45-13.00	221	103	28	8	0	8	1	0	369
13.00-13.15	274	144	28	11	0	10	0	0	467
13.15-13.30	259	125	23	11	1	8	0	1	428
13.30-13.45	201	94	24	14	2	13	0	0	348
Jumlah	955	466	103	44	3	39	1	1	

Tabel 2. Volume jumlah setiap jenis kendaraan (smp)

Interval Waktu 15 menit (WIB)	Jenis Kendaraan								Total
	Sepeda Motor (0,5)	Mobil Penumpang (1)	Pick Up (1)	Truk Ringan (1)	Bus (1,3)	Truk Sedang (1,3)	Truk Berat (1,3)	Truk 1,2-1 (1,3)	
12.45-13.00	110,5	103	28	8	0,0	10,4	1,3	0,0	261,2
13.00-13.15	137,0	144	28	11	0,0	13,0	0,0	0,0	333,0
13.15-13.30	129,5	125	23	11	1,3	10,4	0,0	1,3	301,5
13.30-13.45	100,5	94	24	14	2,6	16,9	0,0	0,0	252,0
Jumlah	477,5	466	103	44	3,9	50,7	1,3	1,3	

Menentukan volume lalu lintas menggunakan rumus LHR dari Direktorat Jenderal Bina Marga, (2023) berdasarkan VJP hasil survei lapangan dibagi dengan faktor k menggunakan persamaan (1). Nilai faktor k diambil sebesar 9% karena berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga, (2023) menyatakan untuk daerah perkotaan dengan penduduk < 1 juta dan untuk jalan didaerah permukiman, maka volume lalu lintas Jalan Ahmad Yani, Subagan, Krangasem disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. LHR tahun 2023 Jalan Ahmad Yani, Subagan

No	Jenis Kendaraan	LHR		Volume Lalu Lintas di Tahun 2023	
		Kendaraan	SMP	Kendaraan	SMP
1	Sepeda Motor	10.611	5.305,6	3.873.056	1.936.527,78
2	Mobil Penumpang	5.178	5.177,8	1.889.889	1.889.888,89
3	Pick Up	1.144	1.144,4	417.722	417.722,2
4	Truk Ringan	489	488,9	178.444	178.444,4
5	Bus	33	43,3	12.167	15.816,7
6	Truk Sedang	433	563,3	158.167	205.616,7
7	Truk Berat	11	14,4	4.056	5.272,2
8	Truk 1,2-2	11	14,4	4.056	5.272,2
	Jumlah	17.911	12.752,22	6.537.556	4.654.561,11

Berdasarkan Tabel 3, maka dapat diketahui arus jam puncak pada ruas Jalan Ahmad Yani, Subagan yaitu sebanyak 17.911 kendaraan/hari dengan 12.752,22 smp/jam.

2. Peningkatan Lalu Lintas

Peningkatan lalu lintas dianalisis dari kalkulasi lalu lintas harian rata-rata pada ruas Jalan Ahmad Yani Karangasem dari tahun 2019 sampai dengan tahun 2034 berdasarkan dengan umur rencana yaitu selama 15 tahun setelah *overlay* dan dibuka pada tahun 2019.

3. LHR

Dengan merujuk kepada data yang telah dikonfirmasi serta diperiksa oleh P2JN Provinsi Bali. Informasi mengenai jumlah lalu lintas harian rata-rata setiap tahunnya untuk bagian Jalan Ahmad Yani diperoleh. Data ini dimulai sejak tahun 2019 setelah pelaksanaan *overlay* sesuai dengan perencanaan jalan terakhir yang dilakukan. Berikut ini merupakan data LHR dari tahun 2019 sampai 2022 dan ditambahkan dengan hasil survei LHR tahunan 2023. Hasil setiap kendaraan disajikan di Tabel 4.

Tabel 4. LHR pada ruas Jalan Ahmad Yani, Subagan

Klasifikasi Kendaraan	LHR				
	Tahun 2019	Tahun 2020	Tahun 2021	Tahun 2022	Tahun 2023
Mobil Penumpang	3.398	2.979	3.527	4.381	5.178
Pick Up	1.970	980	1.124	1.186	1.144
Truk Ringan	523	340	481	471	489
Mini Bus	118	65	96	81	33
Truk Sedang	607	293	483	489	433
Truk Berat	21	10	16	22	11
Truk 1,2-2	14	9	12	15	11
Total	6.651	4.676	5.739	6.603	7.300

Berdasarkan Tabel 4 untuk memprediksi LHR pada tahun-tahun berikutnya. Perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas dilakukan dengan menggunakan persamaan (3). Perhitungan faktor peningkatan lalu lintas dengan mencari nilai i dari nilai rata-rata dari data tahunan, dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai rata-rata untuk faktor pertumbuhan lalu lintas sebesar 0,31%. Rekapitulasi pertumbuhan lalu lintas untuk setiap jenis kendaraan dari tahun 2024 hingga tahun 2034 dapat dilihat pada Tabel 6.

4. Muatan Sumbu Terberat

Adanya ketentuan berat muatan normal kendaraan, maka kendaraan yang bermuatan tidak diperbolehkan melebihi berat muatan normal kendaraan. Dengan adanya kendaraan-kendaraan yang melanggar dari ketentuan muatan yang diijinkan, maka melalui nilai jembatan Pel. Penyebrangan Padangbai diperoleh data berat muatan berlebih atau *overload*. Maka diperlukan untuk mengetahui nilai persentase muatan berlebih masing-masing kendaraan disajikan dalam Tabel 7. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan kendaraan dengan muatan berlebih yang menyebabkan kerusakan jalan adalah pick up, truk ringan, truk sedang, truk berat dan truk trailer (Liemantika, dkk., 2023; Safitra, dkk., 2019).

Tabel 5. Tingkat pertumbuhan tahunan lalu lintas

No	Tahun	Total LHR	LHRn	LHR1	n	i
1	2019	6.651	-	-	0	-
2	2020	4.676	4.676	6.651	1	-0,30
3	2021	5.739	5.739	4.676	2	0,51
4	2022	6.603	6.603	5.739	3	0,52
5	2023	7.300	7.300	6.603	4	0,49
			Pertumbuhan (i)			0,31

Tabel 6. Rekapitulasi pertumbuhan lalu lintas

Klasifikasi Kendaraan	LHR tahun 2024 s/d 2034 (i = 0,31%)										
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Mobil Penumpang	6.765	8.839	11.549	15.090	19.717	25.762	33.661	43.981	57.465	75.083	98.102
Pick Up	1.495	1.954	2.553	3.335	4.358	5.694	7.440	9.721	12.701	16.596	21.684
Truk Ringan	639	835	1.091	1.425	1.862	2.432	3.178	4.153	5.426	7.089	9.263
Bus	44	57	74	97	127	166	217	283	370	483	632
Truk Sedang	566	740	967	1.263	1.650	2.156	2.817	3.681	4.809	6.284	8.210
Truk Berat	15	19	25	32	42	55	72	94	123	161	211
Truk 1,2-2	15	19	25	32	42	55	72	94	123	161	211
Total	9.538	12.462	16.283	21.276	27.798	36.321	47.457	62.007	81.018	105.857	138.312

Tabel 7. Persentase muatan pada setiap kendaraan

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan yang *Overload* per Tahun	Berat Muatan Berlebih (Kg)	Persentase Muatan Berlebih (%)
1	Pick Up	40.880	2.730	30,00
2	Truk Ringan	96.725	8.150	59,80
3	Truk Sedang	98.550	18.220	119,52
4	Truk Berat	84.315	27.500	10,00
5	Truk Trailer 1,2-2	13.140	31.200	19,08

5. Menghitung Angka Ekuivalen Kendaraan (*Vehicle Damage Factor* - VDF)

Angka ekuivalen pada analisis perhitungan ini yaitu nilai angka ekuivalen dari data Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) Provinsi Bali yang diasumsikan memiliki beban normal. Nilai faktor ekuivalen (*VDF*) *overload* dimana masing-masing jenis kendaraan ditambahkan dengan kendaraan dengan beban *overload*, sehingga pada

perhitungan mencari nilai ekuivalen menggunakan 8,16 AE KSAL dengan menggunakan persamaan (3) dan persamaan (4). Berikut ini untuk perbandingan nilai faktor ekuivalen (VDF) pada beban kendaraan normal dan beban kendaraan berlebih (*overload*) dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan nilai faktor ekuivalen (*VDF*) normal dan *overload*

No	Jenis Kendaraan	VDF Muatan Normal	VDF Muatan *Overload*	Perbandingan %	Keterangan
1	Mobil Penumpang	0,00045	0,00045	1,0000	Sama
2	Pick Up	0,00073	0,00254	3,4716	Bertambah
3	Truk Ringan	0,30057	0,20212	0,6700	Kurang
4	Bus	0,29862	0,29862	1,0000	Sama
5	Truk Sedang	5,02371	5,04854	1,0049	Bertambah
6	Truk Berat	6,30462	26,20010	4,1557	Bertambah
7	Truk Trailer 1,2-2	4,84424	12,30314	2,5397	Bertambah

6. Perhitungan Nilai ESAL Rencana, Normal dan *Overload*

Menentukan nilai ESAL rencana membutuhkan nilai koefisien kendaraan berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan, (2024) maka nilai D_D dan D_L ditentukan berdasarkan jumlah lajur tiap arah maka D_L diambil 80 dan nilai D_D diambil 0,50. Kemudian memerlukan data jumlah LHR. Nilai *vehicle damage factor* (VDF) pada Tabel 8 dan nilai i sebesar 0,25 dan 0,31 sesuai dengan minimum untuk desain menurut Manual Desain Perkerasan Jalan, (2024).

Perhitungan nilai ESAL rencana menggunakan persamaan (5) dan persamaan (6), maka perhitungan kumulatif ESAL selama umur rencana, normal, dan *overload* yang dapat dilihat pada Tabel 9.

Pada analisis ini akan dibandingkan dari hasil analisis adanya perbedaan antara kumulatif ESAL rencana, normal dan *overload* selama 15 tahun dimulai sejak jalan dibuka setelah *overlay* mulai tahun 2019 hingga berakhir pada tahun 2034 yang dapat dilihat pada Gambar 2.

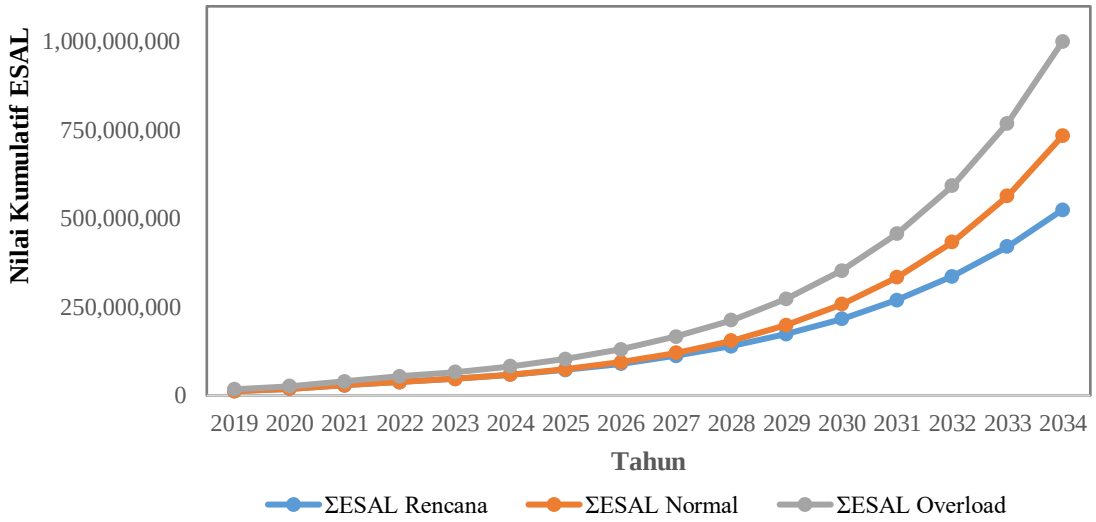
Dari Gambar 2 dapat terlihat bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dalam total ESAL antara rencana, normal, dan *overload*. Perbedaan ini pertama kali muncul pada ESAL rencana yang ditunjukkan oleh garis warna biru dan ESAL Normal yang ditunjukkan oleh garis warna oranye, terutama mencolok pada tahun ke-10 tepatnya pada tahun 2029, dan perbedaannya semakin besar hingga akhir masa umur rencana jalan pada tahun 2034.

Tabel 9. Rekapitulasi nilai ESAL dan nilai kumulatif ESAL rencana

Tahun	Rencana		Normal		*Overload*	
	ESAL	Σ ESAL	ESAL	Σ ESAL	ESAL	Σ ESAL
2019	12.574.320,2	12.574.320,22	12.574.320,2	12.574.320,2	17.611.266,50	17.611.266,50
2020	6.213.237,6	18.787.557,80	6.213.237,6	18.787.557,8	8.701.422.96	26.312.689,46
2021	10.078.059,6	28.865.617,41	10.078.059,6	28.865.617,4	14.035.751,18	40.348.440,64
2022	9.583.311,6	38.448.928,99	9.583.311,6	38.448.929,0	14.064.422,07	54.412.862,71
2023	8.982.247,9	47.431.176,94	8.982.247,9	47.431.176,9	12.217.990,59	66.630.853,30
2024	11.227.809,9	58.658.986,87	11.736.123,5	59.167.300,5	15.963.915,44	82.594.768,74
2025	14.034.762,4	72.693.749,29	15.334.312,3	74.501.612,8	20.858.306,81	103.453.075,54
2026	17.543.453,0	90.237.202,32	20.035.673,1	94.537.285,9	27.253.274,07	130.706.349,61
2027	21.929.316,3	112.166.518,60	26.178.428,3	120.715.714,2	35.608.880,17	166.315.229,78
2028	27.411.645,4	139.578.163,95	34.204.496,5	154.920.210,7	46.526.239,14	212.841.468,93

Tabel 10. Rekapitulasi nilai ESAL dan nilai kumulatif ESAL rencana (Lanjutan)

Tahun	Rencana		Normal		*Overload*	
	ESAL	Σ ESAL	ESAL	Σ ESAL	ESAL	Σ ESAL
2029	34.264.556,7	173.842.720,64	44.691.284,2	199.611.494,8	60.790.761,14	273.632.230,07
2030	42.830.695,9	216.673.416,51	58.393.225,7	258.004.720,5	79.428.655,92	353.060.885,99
2031	53.538.369,8	270.211.786,33	76.296.057,9	334.300.778,4	103.780.759,82	456.841.645,81
2032	66.922.962,3	337.134.748,62	99.687.735,7	433.988.514,1	135.598.997,41	592.440.643,22
2033	83.653.702,9	420.788.451,48	130.251.089,3	564.239.603,3	177.172.417,43	769.613.060,65
2034	104.567.128,6	525.355.580,05	170.184.889,3	734.424.492,6	231.491.870,12	1.001.104.930,77



Gambar 2. Perbandingan nilai *cumulative equivalent single axle load* (ESAL)

Secara lebih rinci, selisih antara total ESAL rencana dan ESAL normal adalah sebesar 173.842.720,64 sementara selisih antara ESAL rencana dan ESAL *overload* mencapai perbedaan yang signifikan pada tahun ke-6, yaitu pada tahun 2025, dan perbedaannya semakin besar hingga akhir umur rencana jalan. Apabila dirinci selisih nilai total ESAL rencana dan ESAL *overload* dengan masing-masing perbedaan adalah 72.693.749,29 dan 103.453.075,54. Data yang disajikan pada gambar tersebut merupakan data teknis ruas Jalan Ahmad Yani setelah perbaikan jalan atau *overlay* pada tahun 2019 dan dianalisa serta diperbandingkan dengan kondisi saat ini.

7. Analisis Umur Sisa Perkerasan

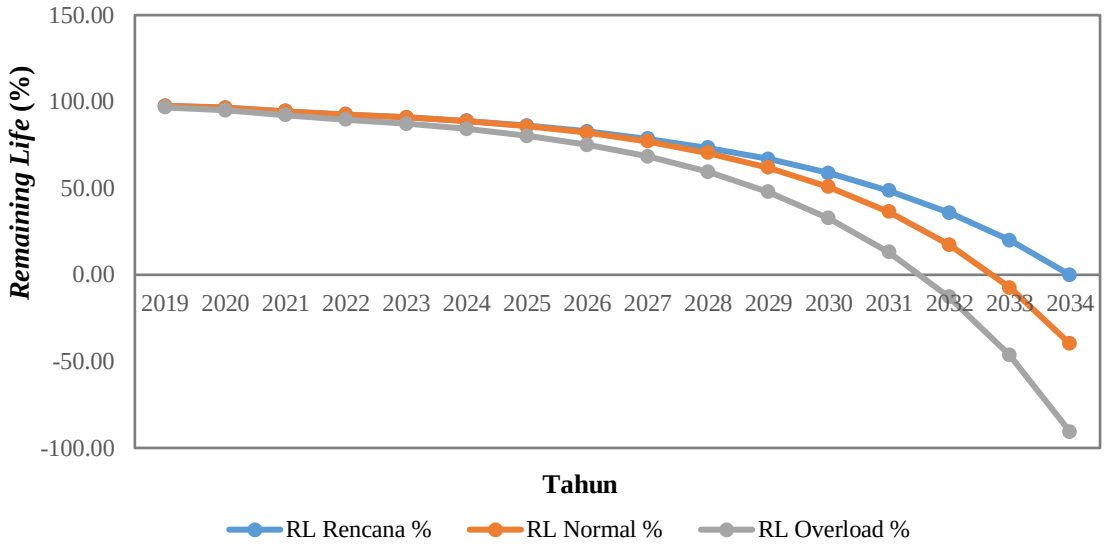
Perhitungan nilai RL didapatkan dengan cara menganalisis kondisi kendaraan dengan muatan normal dibandingkan dengan kendaraan muatan *overload* menggunakan nilai kumulatif ESAL pada Tabel 9, perhitungan dilakukan setiap tahun selama umur rencana dengan menggunakan persamaan (7). Hasil dari perhitungan *remaining life* berdasarkan perbandingan sisa masa layan sesuai rencana dengan sisa masa layan yang mengalami *overload*. Dengan menggunakan perhitungan dan data pada Gambar 3 dapat dilihat prediksi sisa umur perkerasan rencana (RL rencana). Prediksi sisa umur perkerasan normal (RL normal) dan prediksi sisa umur perkerasan *overload* (RL *overload*). Dalam Gambar 2 terlihat bahwa RL rencana akan mencapai akhir umur paling awal (RL = 0%) pada akhir tahun ke-15 yaitu tahun 2034, sesuai dengan perencanaan usia jalan. Di sisi lain, RL *overload* akan berakhir lebih awal, yakni

3 tahun sebelum tahun perencanaan mencapai akhir pada tahun ke-13 yaitu tahun 2032.

Hal ini memberikan pemahaman tentang dampak kenaikan LHR yang mengalami *overload* dibandingkan dengan rencana yang menyebabkan jalan menjadi lebih cepat mengalami kerusakan dari yang direncanakan. Berdasarkan Gambar 2 juga dapat diketahui nilai penurunan masa layan pada ruas Jalan Ahmad Yani sebagaimana yang tercantum dalam Gambar 3 dan Tabel 10.

Tabel 11. Perbandingan umur perkerasan

No	*Remaining Life*	Persentase Sisa Perkerasan (%)	Persentase Selisih Umur Sisa (%)
1	Nilai RL Rencana	88,83	-
2	Nilai RL Normal	88,74	-0,10
3	Nilai RL *Overload*	84,28	-4,46



Gambar 3. Perbandingan nilai *remaining life* rencana, nilai *remaining life* normal dan nilai *remaining life overload*

Berdasarkan Tabel 10 terjadi pengurangan umur layan sebesar 4,46% atau sisa umur layan kontruksi berdasarkan perencanaan RL rencana adalah 88,83% dan nilai sisa masa layan perkerasan berdasarkan RL *overloading* adalah 84,28%. Studi lain juga menunjukkan bahwa muatan berlebih menyebabkan terjadinya pengurangan umur layan dari 10-68% (Hasanuddin, dkk., 2023; Karyawan, dkk., 2021; Liemantika, dkk., 2023; Refi, dkk., 2020; Safitra, dkk., 2019).

Berdasarkan metode AASHTO 1993 diperoleh dampak dari beban berlebih yang mengakibatkan penurunan umur rencana sebesar 10,402% (Liemantika, dkk., 2023), sebesar 28,08% (Safitra, dkk., 2019); dan sebesar 40,76% dan memerlukan penanganan segera (Refi, dkk., 2020). Pada penelitian Hasanuddin, dkk., (2023) dengan adanya penambahan beban sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, dan 70% menyebabkan terjadi pengurangan umur rencana yang sangat signifikan, yakni sebesar 25,364%, 43,968%, 57,615%, 67,637%, 75,105%, dan 84,401%. Sedangkan pada penelitian Karyawan, dkk., (2021) dampak beban berlebih aktual, menyebabkan penurunan umur rencana, sebesar 30,65%.

E. KESIMPULAN

Penelitian menganalisis VDF akibat beban berlebih (*overload*) pada kendaraan yang melintasi ruas Jalan Ahmad Yani, Subagan, serta menentukan tingkat penurunan umur perkerasan (*remaining life*). Hasil analisis menunjukkan bahwa kendaraan dengan muatan *overload* secara signifikan meningkatkan nilai VDF, yang berdampak langsung pada percepatan kerusakan perkerasan jalan. Perhitungan *remaining life* mengungkapkan bahwa umur layan jalan mengalami penurunan lebih cepat dibandingkan dengan umur rencana. Kerusakan akibat *overload* menyebabkan pengurangan sisa umur perkerasan sebesar 4,46%, sehingga masa layan jalan berakhir lebih awal, yaitu 3 tahun sebelum masa rencana yang seharusnya. Hal ini menegaskan bahwa muatan berlebih merupakan faktor utama yang mempercepat penurunan kualitas struktural dan fungsional jalan. Studi selanjutnya perlu mempertimbangkan adanya faktor dari kestabilan tanah maupun drainase yang juga berpengaruh menjadi penyebab dari kerusakan perkerasan jalan kemudian untuk penelitian selanjutnya agar dapat mendapatkan hasil yang lebih matang dengan membandingkan berbagai metode, seperti PCI dan *Asphal Institute* untuk mengetahui kondisi permukaan jalan penilaian.

DAFTAR PUSTAKA

American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structure*. https://shorturl.at/TkR2p

Aptarila, G., Lubis, F., & Saleh, A. (2020). Analisis Kerusakan Jalan Metode SDI Taluk Kuantan - Batas Provinsi Sumatera Barat. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, *6*(2), 195–203. https://doi.org/10.31849/siklus.v6i2.4647

Bagaskara, R., Riani, D., & Murniati, M. (2022). Kinerja Sisa Umur Rencana Jalan Berdasarkan Pertumbuhan Lalu Lintas di Kota Palangka Raya. *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, *4*(2), 194-201. https://doi.org/10.31602/jk.v4i2.6426

Beti, K. D., Wowa, P. R., Sutrisno, W., & Sulistyorini, D. (2022). Analisis Dampak Beban Berlebih (Overload) Kendaraan Terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan Menggunakan Metode AASHTO (Studi kasus: Jalan Yogyakarta-Prambanan). *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 852–862. Yogyakarta, Indonesia : Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa. https://seminar.ustjogja.ac.id/index.php/semnas_LP2M_UST/article/view/464

Budiarnaya, P., Ariawan, I. P., Wismantara, I. G. N. N., & Puspasari, I. G. P. (2021). Analisa Kerusakan dan Anggaran Perbaikan Jalan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI). *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, *7*(2), 197–207. https://doi.org/10.31849/siklus.v7i2.7692

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2023). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)*. https://binamarga.pu.go.id/index.php/konten/ebook_show/nspk/1942_09pbm2023-pedoman-kapasitas-jalan-indonesia-

Direktorat Jenderal Bina Marga-Pekerjaan Umum. (2024). *Manual Desain Perkerasan Jalan*. https://simpk.pu.go.id/dist/publikasi/0942gv1sp6m8hqgy-2024_-

_Manual_Desain_Perkerasan_Jalan_2024.PDF

Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Kabupaten Karangasem. (2023). *Peta Jalan Kabupaten Karangasem*.

Hasanuddin, Setiawati, D. A., & Anggoro, A. T. (2023). Pengaruh Beban Berlebih terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan (Studi Kasus: Ruas Jalan Yos Sudarso). *Jurnal Kolaboratif Sains*, *6*(11), 1487-1493. https://doi.org/https://doi.org/10.56338/jks.v6i11.4312

Karyawan, I. D. M. A., Hasyim, & Faqihi, K. (2021). Penurunan Masa Pelayanan Jalan Akibat Kendaraan dengan Beban Berlebih. *Paduraksa: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, *10*(1), 56–69. https://doi.org/10.22225/pd.10.1.2292.56-69

Liemantika, W. O., Lalamentik, L. G. J., & Manoppo, M. R. E. (2023). Pengaruh Beban Berlebih Terhadap Umur Perkerasan Jalan (Studi Kasus: Ruas Jalan Wolter Monginsidi Bitung). *Tekno*, *21*(85), 1491-1500. https://doi.org/10.35793/jts.v21i85.50214

Nurkholis, H. (2018). *Analisis Beban Berlebih Kendaraan pada Perkerasan Lentur terhadap Penurunan Umur Rencana Perkerasan Jalan*. Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/11964

Palilu, A. (2018). Analisis Pengaruh Pembangunan Infrastruktur Transportasi Terhadap Produk Domestik Regional Bruto Kota Ambon. *Buletin Studi Ekonomi*, *23*(2), 227–240. https://doi.org/10.24843/BSE.2018.v23.i02.p06

Prismadana, F. W. (2019). *Evaluasi Kondisi Fungsional Jalan Dengan Metode PCI Dan Bina Marga Serta Prediksi Sisa Umur Perkerasan Jalan (Studi Kasus Ruas Jalan Yogyakarta-Parangtritis Sta 8±000-Sta 9±000)*. Tugas Akhir, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta. http://e-journal.uajy.ac.id/id/eprint/22381

Putra, N. M., Silitonga, S. P., & Robby, R. (2021). Analisis Sisa Umur Rencana Jalan Berdasarkan Pertumbuhan Lalu Lintas di Kota Palangka Raya. *Jurnal Teknika: Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Keteknikan*, *4*(2), 155–164. https://doi.org/10.52868/jt.v4i2.2729

Ramdani, R., Zulkarnaen, Z., & Purnama, A. (2022). Analisis Pengaruh Genangan Air terhadap Kerusakan Jalan di Kelurahan Uma Sima Kecamatan Sumbawa. *Jurnal Sainteka*, *3*(1), 7–12. https://doi.org/10.58406/sainteka.v3i1.702

Refi, A., Roza, A., & Murni, D. D. (2020). Dampak Kelebihan Muatan Terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, *17*(2), 121–133. https://doi.org/10.30630/jirs.12.2.397

Refi, A., Roza, A., Pratiwi, A. J. F., Salsabila, K. N., & Rusli, A. M. (2021). Analisa Pengaruh Beban Kendaraan Terhadap Kerusakan dan Umur Rencana Jalan. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, *18*(1), 27–40. https://doi.org/10.30630/jirs.v18i1.521

Safitra, P. A., Sendow, T. K., & Pandey, S. V. (2019). Analisa Pengaruh Beban Berlebih Terhadap Umur Rencana Jalan (Studi Kasus: Ruas Jalan Manado-Bitung). *Jurnal Sipil*

Statik, *7*(3), 319–328. https://ejournal.unsrat.ac.id/v2/index.php/jss/article/view/23382

Safitri, A., Najimuddin, D., & Padusung. (2021). Analisis Beban Kendaraan Terhadap Kerusakan Jalan Lintas Plampang-Labangka. *Jurnal Sainteka*, *2*(1), 1–7. https://doi.org/https://doi.org/10.58406/sainteka.v2i1.330

Setyawan, A., Febriayani, O., & Handayani, F. S. (2023). Evaluasi Nilai Kondisi Perkerasan Jalan Nasional dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) (Studi Kasus: Ruas Jalan Lingkar Demak, Jalan Losari (Batas Prov. Jawa Barat)-Pejagan, dan Jalan Batas Kota Rembang-Bulu (Batas Prov. Jawa Timur)). *Matriks Teknik Sipil*, *11*(1), 16-23. https://doi.org/10.20961/mateksi.v11i1.64685

Sugiyanto, & Ahmad, A. N. (2022). Analisis Kondisi Fungsional Ruas Jalan Jenu-merakurak dengan Menggunakan Metode PSI dan RCI Serta Prediksi Sisa Umur Perkerasan Jalan (Remaining Life). *Paduraksa: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, *11*(1), 127–139. https://doi.org/10.22225/pd.11.1.4834.127-139

Wattimena, C., Siahaya, V., & Talakua, E. (2022). Analisis Perbandingan Tebal Perkerasan Lentur Metoda AAHSTO dan Bina Marga pada Proyek Undepas Jenderal Sudirman Ambon. *Jurnal Simetrik*, *12*(2), 622–630. https://doi.org/10.31959/js.v12i2.951

Wirnanda, I., Anggraini, R., & Isya, M. (2018). Analisis Tingkat Kerusakan Jalan dan Pengarunya terhadap Kecepatan Kendaraan (Studi Kasus: Jalan Blang Bintang Lama dan Jalan Teungku Hasan Dibakoi). *Jurnal Teknik Sipil*, *1*(3), 617–626. https://doi.org/10.24815/jts.v1i3.10000

© 2024 Siklus Jurnal Teknik Sipil All rights reserved. This is an open access article distributed under the terms of the CC BY Licens (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)