JURNAL PENDIDIKAN INDONESIA
p-ISSN : 2745-7141 e-ISSN : 2746-1920
Jurnal Pendidikan Indonesia
Vol. 6 No. 3 Maret 2025

PENENTUAN BIAYA OVERLAY BAGI PENGGUNA TRUK BATU BARA BERMUATAN BERLEBIH PADA JALAN BATAS KABUPATEN BATANGHARI - BATAS KOTA MUARA BUNGO

Rangga Azhari Akbar
Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, Indonesia
Email: 8102001039@student.unpar.ac.id

INFO ARTIKEL

Kata Kunci: muatan berlebih, truk batu bara, biaya overlay

ABSTRAK

Transportasi batu bara di Provinsi Jambi sangat vital bagi perekonomian daerah, namun truk dengan muatan berlebih berdampak signifikan terhadap kerusakan perkerasan dan biaya overlay jalan. Biaya overlay adalah salah satu bentuk preservasi jalan yang mencakup anggaran untuk memperbaiki perkerasan jalan dengan menambah lapisan baru guna memperpanjang umur layanan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis biaya overlay akibat dampak truk batu bara overload. Studi kasus dilakukan pada ruas jalan Batas Kabupaten Batanghari - Batas Kota Muara Bungo sepanjang 110,39 km, fokus pada truk batu bara golongan 6B. Metodologi penelitian meliputi analisis segmentasi jalan menggunakan Pavement Condition Index (PCI), International Roughness Index (IRI), dan Remaining Service Life (RSL), serta perhitungan Vehicle Damage Factor (VDF) untuk estimasi beban lalu lintas. Metode AASHTO 1993 digunakan untuk menghitung kebutuhan overlay. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total biaya overlay jalan dalam kondisi beban normal mencapai Rp 105,68 miliar, namun pada kondisi overload, biaya ini dapat melonjak hingga Rp 157,31 miliar (kenaikan 48,85%). Secara umum, peningkatan beban kendaraan 20% dapat menaikkan biaya overlay antara 18,85% hingga 62,99%, tergantung kondisi perkerasan jalan, sementara peningkatan jumlah truk overload 30% dapat meningkatkan biaya overlay antara 7,5% hingga 33%.

Keywords: *overload, coal trucks, verlay cost*

ABSTRACT

Coal transportation in Jambi Province is crucial for the local economy, but trucks with overloading have a significant impact on pavement damage and road overlay costs. Overlay costs are a form of road preservation that includes a budget for repairing road pavement by adding a new layer to extend the road's service life. This study aims to analyze overlay costs resulting from the impact of overloaded coal trucks. A case study was conducted on the road section between the Batanghari Regency Border and the Muara Bungo City Border, spanning 110.39 km, focusing on class

6B coal trucks. The research methodology includes road segmentation analysis using the Pavement Condition Index (PCI), International Roughness Index (IRI), and Remaining Service Life (RSL), along with the calculation of Vehicle Damage Factor (VDF) to estimate traffic load. The AASHTO 1993 method was used to calculate the overlay requirements. The results show that the total overlay cost for the road in normal load conditions reaches IDR 105.68 billion, but in the overload condition, this cost can rise to IDR 157.31 billion (an increase of 48.85%). In general, a 20% increase in vehicle load can raise overlay costs between 18.85% and 62.99%, depending on the pavement condition, while a 30% increase in the number of overloaded trucks can increase overlay costs between 7.5% and 33%.

PENDAHULUAN

Overload pada kendaraan merupakan kondisi di mana muatan yang dibawa melebihi batas maksimum yang diizinkan, seperti Muatan Sumbu Terberat (MST). Berdasarkan Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, pelanggaran ini dapat mempercepat kerusakan infrastruktur jalan hingga lebih dari 50%(Suriyatno et al., 2015). Selain itu, muatan berlebih juga menurunkan keselamatan pengendara, kualitas pelayanan lalu lintas, dan kondisi lingkungan di sekitar ruas jalan (Novela, 2022). Provinsi Jambi sebagai wilayah kaya sumber daya mineral menghadapi tantangan besar akibat operasional truk pengangkut batu bara *overload*, yang menyebabkan kerusakan jalan signifikan terutama di jalur penghubung tambang di bagian barat menuju pelabuhan di bagian timur. Berdasarkan pengamatan pada tahun 2021, rata-rata beban truk pengangkut batu bara mencapai 16 ton, jauh di atas daya dukung jalan yang hanya 8 ton(Nariendra & Juanita, 2023).

Kerusakan jalan yang disebabkan oleh kendaraan *overload* memiliki dampak signifikan terhadap peningkatan biaya *overlay* jalan (Mongisidi et al., 2023). Studi sebelumnya menunjukkan bahwa kendaraan dengan muatan berlebih dapat meningkatkan biaya pemeliharaan hingga lebih dari dua kali lipat dibandingkan kondisi normal (Pais et al., 2013). Di Jambi, dalam konteks transportasi batu bara, peningkatan biaya ini bahkan diperkirakan mencapai sepuluh kali lipat (Badan Pemeriksa Keuangan Provinsi Jambi, 2023). Kelemahan pengawasan di lapangan serta regulasi yang tidak konsisten juga menjadi penyebab utama, misalnya Surat Edaran Gubernur Jambi No.1448/SE/DISHUB-3.1/XII/2021 yang membatasi beban truk batu bara hingga 12 ton, namun pelanggaran masih sering terjadi akibat lemahnya penegakan hukum (Rahmawati et al., 2019). Kondisi ini tidak hanya mempercepat kerusakan infrastruktur jalan, tetapi juga memberikan tekanan besar pada anggaran pemerintah daerah yang terbatas, sehingga menciptakan persoalan ekonomi yang serius.

Sebagai langkah mitigasi terhadap kerusakan jalan akibat lalu lintas kendaraan bermuatan berlebih, diperlukan pendekatan ilmiah yang mampu menghitung besaran biaya *overlay* secara akurat. *Overlay* perkerasan jalan merupakan salah satu bagian dari

preservasi jalan yang bertujuan untuk memulihkan dan memperpanjang umur layanan jalan dengan menambah lapisan baru pada permukaan yang mengalami penurunan kualitas. Pendekatan ini bertujuan untuk memberikan dasar yang kuat dalam perencanaan anggaran pemeliharaan, serta mendorong perilaku penggunaan jalan yang lebih bertanggung jawab.

Biaya preservasi jalan mencakup anggaran yang dibutuhkan dalam memelihara jalan secara efisien dan efektif untuk menambah umur layanan jalan melalui berbagai proses dan bentuk penanganan (Priyadi, 2022). Biaya preservasi dapat meliputi pemeliharaan rutin, rehabilitasi, hingga rekonstruksi, tergantung pada tingkat kerusakan jalan (Mongisidi et al., 2023). Biaya *overlay* adalah salah satu bentuk dari preservasi jalan. Dalam perhitungan biaya, dasar yang digunakan adalah volume pekerjaan yang dikalikan dengan harga satuan, sesuai dengan standar seperti Spesifikasi Bina Marga 2018 (Masri et al., 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi biaya *overlay* jalan akibat lalu lintas truk batu bara dengan muatan berlebih, yang diharapkan dapat memberikan solusi terhadap permasalahan kerusakan jalan yang telah diidentifikasi sebelumnya.

METODE PENELITIAN

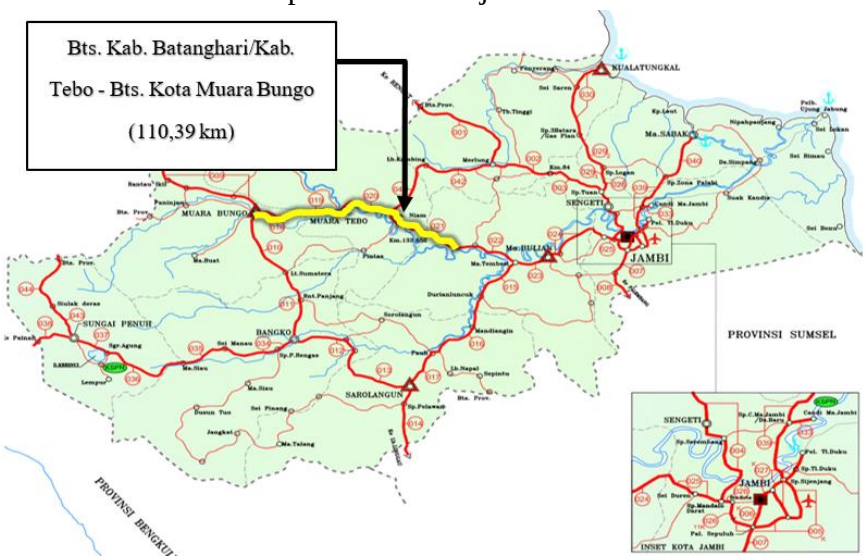
Penelitian ini dilakukan secara sistematis melalui beberapa tahapan untuk menjawab tujuan penelitian, yaitu mengestimasi biaya *overlay* akibat muatan berlebih truk batu bara. Tahapan pertama dimulai dengan perumusan masalah yang spesifik untuk memahami hubungan antara beban kendaraan dan kerusakan jalan. Selanjutnya, dilakukan kajian pustaka guna mendalami teori-teori terkait seperti *Pavement Condition Index* (PCI*), International Roughness Index* (IRI), dan *Remaining Service Life* (RSL) sebagai dasar analisis. Setelah itu, pengumpulan data dilakukan menggunakan data sekunder pada tahun 2023 seperti data lalu lintas, kondisi jalan, dan karakteristik beban kendaraan.

Pengolahan data dilakukan melalui serangkaian analisis yang meliputi beberapa tahapan. analisis IRI digunakan untuk mengukur kelancaran permukaan jalan, sedangkan analisis PCI mengevaluasi kondisi perkerasan jalan berdasarkan tingkat kerusakan (Faisal et al., 2020). Selanjutnya, analisis RSL memproyeksikan umur jalan yang tersisa. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan metode segmentasi berbasis *decision tree* sesuai SE Bina Marga No. 9 Tahun 2021, untuk menentukan segmen-segmen jalan yang membutuhkan perawatan. Proses berikutnya adalah analisis VDF untuk menghitung dampak beban kendaraan, dan analisis perkerasan jalan metode AASHTO 1993 untuk menghitung kebutuhan *overlay* perkerasan jalan (Rahmawati et al., 2022). untuk menentukan kebutuhan tebal lapis tambah. Sebagai langkah akhir, dilakukan analisis biaya *overlay*. Biaya *overlay* dihitung berdasarkan kuantitas pekerjaan dan harga satuan untuk berbagai skenario kondisi jalan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini berfokus pada ruas jalan Batas Kabupaten Batanghari hingga Batas Kota Muara Bungo, yang merupakan jalur strategis dalam transportasi batu bara di Provinsi Jambi. Ruas jalan ini mencakup empat segmen arteri utama, yaitu Ruas 21 (15,76 km), Ruas 20 (52,97 km), Ruas 19 (19,78 km), dan Ruas 18 (21,88 km), dengan total panjang 110,39 km. Seluruh ruas menggunakan perkerasan lentur dengan konfigurasi 2/2UD (dua lajur, dua arah, tanpa median). Pemilihan lokasi didasarkan pada perannya sebagai salah satu lintasan utama pengangkutan batu bara dari wilayah barat menuju Pelabuhan Talang Duku di Kota Jambi. Volume lalu lintas berat, khususnya truk batu bara, yang tinggi di jalur ini menjadikan lokasi tersebut sangat relevan untuk mengkaji dampak beban lalu lintas terhadap infrastruktur jalan.



Gambar 1. Peta Jalan Batas Kabupaten Batanghari - Batas Kota Muara Bungo
Sumber : Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Provinsi Jambi (2023)

Segmentasi Jalan

Sebelum segmentasi dilakukan, identifikasi jenis truk batu bara yang mendominasi lalu lintas diperlukan untuk memahami kontribusi beban terhadap kerusakan jalan. Pengamatan lapangan menunjukkan bahwa rata-rata beban truk pengangkut batu bara golongan 6B di Provinsi Jambi melebihi batas 12 ton yang ditetapkan dalam SE Gubernur Jambi No.1448/SE/DISHUB-3.1/XII/2021, dengan rata-rata beban mencapai 16 ton (Nariendra & Juanita, 2023). Truk golongan 6B mendominasi arus lalu lintas berat, terutama pada ruas seperti Ruas 18, Ruas 19, dan Ruas 20, dengan volume harian masing-masing 1.590, 1.481, dan 1.587 kendaraan, jauh lebih tinggi dibanding golongan lain. Kondisi ini tidak hanya melanggar regulasi JBI tetapi juga berkontribusi signifikan terhadap kerusakan jalan, mengingat truk 6B sering digunakan untuk mengangkut muatan melebihi kapasitas desainnya (Nariendra & Juanita, 2023). Melihat dampak signifikan dari dominasi truk golongan 6B pada kerusakan jalan, diperlukan langkah strategis untuk mengidentifikasi dan menangani segmen jalan yang terdampak. Oleh karena itu, penilaian kondisi jalan menjadi langkah awal yang sangat penting dalam menentukan strategi preservasi yang efektif dan efisien.

Penilaian kondisi jalan dalam penelitian ini menggunakan tiga parameter utamayaitu *International Roughness Index* (IRI), *Pavement Condition Index* (PCI), dan *Remaining Service Life* (RSL). Ketiga parameter ini memiliki peran yang saling melengkapi, dengan IRI mengukur tingkat kehalusan permukaan jalan, PCI memberikan gambaran kondisi struktural perkerasan jalan, dan RSL mengevaluasi sisa umur layanan jalan. Kombinasi parameter ini memungkinkan analisis menyeluruh terhadap kebutuhan pemeliharaan setiap ruas jalan di lokasi penelitian.

Berdasarkan hasil analisis, ketiga parameter tersebut tidak hanya menggambarkan kondisi fisik jalan tetapi juga menjadi dasar untuk menentukan segmentasi jalan berdasarkan tingkat kebutuhan pemeliharaan. Pendekatan ini sangat penting untuk mengidentifikasi segmen-segmen jalan yang membutuhkan tindakan spesifik, mulai dari pemeliharaan rutin hingga rekonstruksi total, sehingga prioritas penanganan dapat dirumuskan dengan tepat.

Tabel 1 Resume Panjang Jalan Berdasarkan Kategori Kondisi IRI

Kategori	Ruas 18		Ruas 19		Ruas 20		Ruas 21	
	Panjang (km)	%	Panjang (km)	%	Panjang (km)	%	Panjang (km)	%
Sangat Baik	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
Baik	11,4	52	13,7	69	12,2	23	2,4	15
Sedang	8,6	39	5,4	27	24,3	46	5,3	34
Rusak Ringan	1,7	8	0,6	3	12,7	24	4,9	31
Rusak Berat	0,2	1	0,1	1	3,7	7	3,2	20
Total	21,88		19,78		52,9		15,76	

Sumber : Hasil Analisis Data Semester 1 Tahun 2023

Tabel 2. Resume Panjang Jalan Berdasarkan Kategori Kondisi PCI

Kategori	Ruas 18		Ruas 19		Ruas 20		Ruas 21	
	Panjang (km)		Panjang (km)		Panjang (km)		Panjang (km)	
Sangat Baik	18,4	84	14,8	75	35,1	66	7,0	44
Baik	2,1	10	2,1	11	8,5	16	3,6	23
Sedang	1,3	6	0,8	4	6,9	13	4,4	28
Rusak Ringan	0,1	0	2,0	10	2,4	5	0,8	5
Rusak Berat	0,0	0	0,1	1	0,0	0	0,0	0
Total	21,88		19,78		52,9		15,76	

Sumber : Hasil Analisis Data Semester 1 Tahun 2023

Tabel 3. Resume Panjang Jalan Berdasarkan Kategori Kondisi RSL

Kategori	Ruas 18		Ruas 19		Ruas 20		Ruas 21	
	Panjang (km)	%	Panjang (km)	%	Panjang (km)	%	Panjang (km)	%
Sangat Baik	8,8	40	9,3	47	33,5	63	13,3	84
Baik	1,5	7	3,0	15	2,0	4	0,0	0
Sedang	2,1	10	3,0	15	7,4	14	2,0	13
Rusak Ringan	4,5	21	4,0	20	7,5	14	0,0	0
Rusak Berat	5,0	23	0,5	3	2,5	5	0,5	3
Total	21,88		19,78		52,9		15,76	

Sumber : Hasil Analisis Data Semester 1 Tahun 2023

Segmentasi jalan dalam penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan analisis *decision tree* sesuai dengan SE Bina Marga No. 9 Tahun 2021. Metode ini menggunakan parameter IRI, PCI, dan RSL untuk mengidentifikasi kondisi jalan serta menentukan penanganan yang sesuai. Selain itu, justifikasi tambahan dilakukan dengan mempertimbangkan nilai RSL yang kurang dari 10 tahun, sebagai indikasi segmen jalan yang membutuhkan penanganan segera untuk mencegah kerusakan lebih lanjut.

Hasil analisis menunjukkan distribusi kebutuhan pemeliharaan di setiap ruas jalan. Sebagian besar segmen membutuhkan pemeliharaan rutin hingga rehabilitasi minor, seperti pada Ruas 18 dan Ruas 21 yang masing-masing mencakup 43,4% dan 43,8%. Namun, kebutuhan untuk rehabilitasi mayor dan rekonstruksi juga teridentifikasi, meskipun dalam proporsi yang lebih kecil, seperti pada Ruas 18 dan Ruas 20 dengan proporsi 7,3% dan 7,9%. Data ini memberikan gambaran jelas tentang kondisi dan kebutuhan penanganan pada ruas-ruas jalan yang terdampak.

Tabel 4 Resume Panjang Segmen Penanganan Jalan

Kategori	Ruas 18		Ruas 19		Ruas 20		Ruas 21	
	Panjang (km)	%	Panjang (km)	%	Panjang (km)	%	Panjang (km)	%
Pemeliharaan Rutin	8,0	36,6	10,0	50,6	17,3	32,7	4,5	28,6
Pemeliharaan Rutin Kondisi	1,1	5,0	0,4	2,0	3,8	7,2	1,4	8,9
Preventif	0,4	1,8	1,5	7,6	3,0	5,7	1,0	6,3
Rehabilitasi Minor	9,5	43,3	7,1	35,8	20,0	37,8	7,2	45,4
Rehabilitasi Mayor	1,3	5,9	0,4	2,0	4,6	8,7	1,2	7,6
Rekonstruksi	1,6	7,3	0,4	2,0	4,2	7,9	0,5	3,2
Total Segmen Penanganan	12,4	56,58	7,9	39,84	28,8	54,44	8,9	56,22
Total Segmen Non Penanganan	8,0	43,42	10,0	60,16	17,3	45,56	4,5	43,78

Sumber : Hasil Analisis Data Semester 1 Tahun 2023

Kebutuhan Tebal Lapis Tambah

Analisis kebutuhan tebal lapis tambah diawali dengan perhitungan *Vehicle Damage Factor* (VDF), yang menggambarkan dampak beban kendaraan terhadap umur layan perkerasan jalan. Perhitungan ini menjadi dasar dalam menentukan *Cumulative Equivalent Standard Axle Load* (CESAL), yaitu total beban kumulatif yang diterima oleh jalan selama masa layan tertentu. Setelah nilai CESAL diperoleh, perhitungan kebutuhan tebal lapis tambah dilakukan menggunakan metode AASHTO 1993, yang mempertimbangkan berbagai skenario beban lalu lintas, baik dalam kondisi normal maupun dengan muatan berlebih.

Penelitian ini mengevaluasi dampak beban kendaraan terhadap kerusakan jalan dengan menggunakan VDF sebagai parameter utama, dengan fokus pada kendaraan golongan 6B (truk dua sumbu berat) yang digunakan untuk pengangkutan batubara. Perhitungan VDF dilakukan untuk berbagai golongan kendaraan dalam kondisi normal sesuai Jumlah Berat yang Diizinkan (JBI) serta dalam skenario peningkatan beban bertahap sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20%, khusus untuk truk golongan 6B. Hasil analisis

menunjukkan bahwa pada beban berlebih 15%, nilai VDF truk golongan 6B mencapai 6,6, lebih tinggi dibandingkan dengan VDF truk trailer golongan 7B yang hanya sebesar 6,3, meskipun truk trailer memiliki kapasitas muatan yang lebih besar.

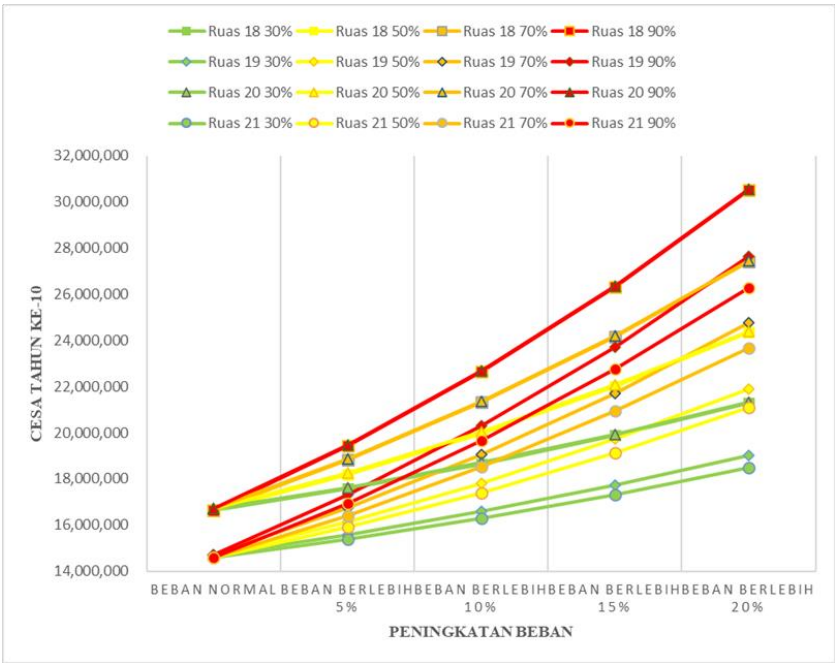
Tabel 5 VDF Kendaraan Pada Kondisi Beban Normal dan Beban Berlebih 5% sampai 20%

Golongan Kendaraan	Jenis Kendaraan	VDF				
		Normal	Naik 5%	Naik 10%	Naik 15%	Naik 20%
5a	Bus	3,8				
5b	Bus besar	1,7				
6a	Truk 2 sumbu ringan	3,0				
6b	Truk 2 sumbu berat	3,8	4,6	5,5	6,6	7,8
7a	Truk 3 sumbu	1,7				
7b	Truk trailer	6,3				
7c	Truk semi trailer	2,1				

Sumber : Hasil Analisis Data

Lebih lanjut, perhitungan CESAL dilakukan untuk menganalisis dampak kumulatif beban berlebih kendaraan golongan 6B terhadap umur layanan jalan. CESAL dihitung dengan mempertimbangkan variasi VDF pada kondisi normal hingga beban berlebih 20%, serta persentase kendaraan 6B yang mengalami kelebihan muatan, yaitu 30%, 50%, 70%, dan 90%. Kombinasi dari kedua faktor ini menghasilkan 16 skenario simulasi yang merepresentasikan berbagai kemungkinan kondisi beban di lapangan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai CESAL meningkat secara signifikan seiring dengan bertambahnya persentase kendaraan yang mengalami kelebihan muatan, yang mengindikasikan semakin cepatnya penurunan umur layanan jalan. Oleh karena itu, pengendalian beban kendaraan menjadi faktor krusial dalam menjaga keberlanjutan infrastruktur jalan.

Program penanganan jalan ditentukan berdasarkan hasil segmentasi dan perhitungan kebutuhan tebal lapis tambah yang disesuaikan dengan kondisi struktural jalan, beban lalu lintas normal, dan beban lalu lintas berlebih. Kategori penanganan ditentukan melalui algoritma: *overlay* 4 cm untuk kondisi tanpa penambahan lapisan, rehabilitasi minor untuk lapisan kurang dari 6 cm, rehabilitasi mayor untuk lapisan 10–14 cm, dan rekonstruksi untuk lapisan di atas 14 cm. Hasil analisis pada Tabel 6 menunjukkan bahwa pada skenario beban normal, rehabilitasi minor mendominasi dengan panjang 44,36 km, sementara rehabilitasi mayor dan rekonstruksi mencakup masing-masing 12,50 km dan 1,00 km. Namun, pada kondisi beban berlebih, panjang segmen rehabilitasi mayor dan rekonstruksi meningkat, misalnya, pada tingkat *overload* 30%, panjang rekonstruksi bertambah menjadi 1,50 km. Meski demikian, jenis penanganan tetap konsisten selama kebutuhan *overlay* sesuai dengan kategorinya.



Gambar 2. Grafik Peningkatan CESAL Pada Lokasi Studi

Tabel 6 Resume Jenis Penanganan Perkerasan

Jenis Penanganan	Komposisi Kendaraan Gol 6B		Panjang Penanganan (km)				
	Overload	Normal	Beban Normal	Beban Naik 5%	Beban Naik 10%	Beban Naik 15%	Beban Naik 20%
Rehabilitasi Minor	0%	100%	44.36				
	30%	70%		44.36	43.86	43.86	43.36
	50%	50%		44.36	43.86	42.86	41.86
	70%	30%		44.36	43.36	41.86	41.36
	90%	10%		43.86	42.36	41.36	38.36
Rehabilitasi Mayor	0%	100%	12.50				
	30%	70%		12.00	12.50	12.50	13.00
	50%	50%		12.00	12.50	13.50	14.50
	70%	30%		12.00	13.00	14.50	14.00
	90%	10%		12.50	14.00	14.50	14.00
Rekonstruksi	0%	100%	1.00				
	30%	70%		1.50	1.50	1.50	1.50
	50%	50%		1.50	1.50	1.50	1.50
	70%	30%		1.50	1.50	1.50	2.50
	90%	10%		1.50	1.50	2.00	5.50

Sumber : Hasil Analisis Data

ANALISIS

Bab ini membahas analisis biaya *overlay* jalan yang dimulai dengan perhitungan kuantitas pekerjaan pada segmen-segmen jalan terdampak, yang kemudian dikalikan dengan harga satuan untuk memperoleh estimasi biaya total. Analisis ini mempertimbangkan berbagai skenario beban lalu lintas, khususnya akibat kendaraan golongan 6B yang mengangkut muatan berlebih. Selanjutnya, dalam subbab diskusi, dilakukan evaluasi terhadap perhitungan biaya *overlay* untuk kendaraan *overload* yang didasarkan pada selisih biaya *overlay* antara kondisi normal dan kondisi beban berlebih.

Biaya *Overlay* Jalan

Analisis biaya *overlay* dimulai dengan menghitung kuantitas pekerjaan yang diperlukan pada segmen-segmen jalan yang telah ditentukan sebagai segmen efektif melalui metode *decision tree*. Segmen jalan yang tidak masuk dalam kategori segmen efektif dianggap tidak memerlukan biaya *overlay*. Berdasarkan fokus penelitian yaitu pada jenis-jenis *overlay* jalan yang dipengaruhi oleh beban kendaraan, yaitu rehabilitasi minor, rehabilitasi mayor, dan rekonstruksi. Ketiga jenis penanganan ini terkait erat dengan kebutuhan *overlay* yang dihitung berdasarkan kondisi beban lalu lintas aktual. Dalam penelitian ini, *overlay* yang digunakan mencakup tiga lapisan, yaitu AC-WC, AC-BC, dan AC-Base.

Langkah pertama adalah menghitung kebutuhan kuantitas kebutuhan *overlay* seperti aspal AC-WC, AC-BC, dan AC-Base. Setelah kuantitas pekerjaan diketahui, langkah berikutnya adalah mengalikan kuantitas tersebut dengan Harga Satuan yang diperoleh dari data sekunder untuk masing-masing jenis pekerjaan, di mana harga satuan tersebut sudah termasuk pajak sebesar 11%, sesuai dengan persamaan (1). Total biaya pekerjaan ini kemudian dihitung untuk berbagai variasi persentase beban dan persentase kendaraan beban berlebih, memberikan gambaran tentang biaya pemeliharaan jalan yang berbeda berdasarkan kondisi lalu lintas yang ada.

$$Biaya\ Overlay = Harga\ Satuan\ \times Kuantitas \qquad (1)$$

Tabel 7 Mata Pembayaran dan Harga Satuan Pekerjaan

Nama Mata Pembayaran	Satuan	Harga Satuan (Rp)
Lapis Perekat - Aspal Cair / Emulsi	Liter	34.812,22
Laston Lapis Aus (AC-WC)	Ton	1.861.640,39
Laston Lapis Antara (AC-BC)	Ton	1.787.482,28
Laston Lapis Fondasi (AC-Base)	Ton	1.722.761,28
Bahan anti pengelupasan	Kg	81.745,95
Marka Jalan Termoplastik	M2	300.328,36

Sumber : PT Yoka Tiga Consultant (2023)

Analisis biaya *overlay* jalan menunjukkan bahwa peningkatan beban berlebih pada kendaraan golongan 6B secara signifikan mempengaruhi total biaya pemeliharaan. Tabel 8 mengilustrasikan tren kenaikan biaya *overlay* pada lima skenario komposisi kendaraan *overload*, mulai dari kondisi normal tanpa *overload* hingga peningkatan beban sebesar 20% dengan 90% kendaraan *overload*. Pada kondisi normal (0% *overload*), total biaya *overlay* tercatat sebesar Rp 103,20 miliar. Sementara itu, pada skenario terburuk dengan beban naik 20% dan 90% kendaraan *overload*, biaya ini melonjak hingga Rp 157,30 miliar. Dengan demikian, terjadi kenaikan sebesar Rp 51,63 miliar atau sekitar 48,8% dibandingkan dengan kondisi normal. Kenaikan biaya ini mencerminkan dampak langsung beban berlebih terhadap peningkatan kebutuhan rehabilitasi dan rekonstruksi, yang pada akhirnya membebani anggaran pemeliharaan jalan secara signifikan.

Lebih lanjut, Tabel 12 merinci biaya *overlay* rata-rata per kilometer penanganan untuk setiap jenis penanganan di masing-masing ruas jalan. Hasil analisis menunjukkan bahwa biaya rekonstruksi memiliki nilai tertinggi dibandingkan dengan rehabilitasi minor dan mayor, dengan angka tertinggi tercatat pada Ruas 21, yaitu Rp 7.01 miliar/km. Sementara itu, biaya rehabilitasi mayor berkisar antara Rp 3,50 miliar/km hingga Rp 4,12 miliar/km, sedangkan biaya rehabilitasi minor berkisar antara Rp 1,47 miliar/km hingga Rp 1,67 miliar/km. Variasi biaya antar ruas jalan mencerminkan perbedaan kondisi struktural eksisting dan tingkat keparahan kerusakan akibat beban lalu lintas, yang harus diperhitungkan dalam perencanaan anggaran *overlay* jalan.

Tabel 8 Resume Biaya Overlay Jalan Pada Ruas 18

Komposisi Kendaraan 6B		**Biaya Overlay (Rp)**				
Overload	**Normal**	**Beban Normal**	**Beban Naik 5%**	**Beban Naik 10%**	**Beban Naik 15%**	**Beban Naik 20%**
0%	100%	30.897.422.753				
30%	70%		33.218.584.278	35.235.043.057	36.979.934.583	39.093.416.778
50%	50%		33.831.728.009	35.625.921.578	37.963.301.380	41.642.777.324
70%	30%		34.366.869.861	36.205.438.993	40.269.061.295	44.934.844.109
90%	10%		35.541.218.071	37.966.112.274	41.789.776.845	50.360.345.410

Sumber : Hasil Analisis Data

Tabel 9 Resume Biaya Overlay Jalan Pada Ruas 19

Komposisi Kendaraan 6B		**Biaya Overlay (Rp)**				
Overload	**Normal**	**Beban Normal**	**Beban Naik 5%**	**Beban Naik 10%**	**Beban Naik 15%**	**Beban Naik 20%**
0%	100%	12.868.506.923				
30%	70%		13.541.760.921	13.780.880.848	14.382.014.547	15.337.924.219
50%	50%		13.661.320.885	14.141.699.361	15.654.986.092	17.503.275.885
70%	30%		13.780.880.848	14.424.740.569	16.772.689.463	18.857.781.119
90%	10%		14.060.208.847	16.166.018.703	17.907.668.838	20.736.044.643

Sumber : Hasil Analisis Data

Tabel 10 Resume Biaya Overlay Jalan Pada Ruas 20

Komposisi Kendaraan 6B		**Biaya Overlay (Rp)**				
Overload	**Normal**	**Beban Normal**	**Beban Naik 5%**	**Beban Naik 10%**	**Beban Naik 15%**	**Beban Naik 20%**
0%	100%	48.920.064.345				
30%	70%		51.257.476.379	52.288.175.960	54.485.113.818	58.142.824.276
50%	50%		51.788.017.256	53.150.484.842	56.232.034.261	60.181.436.378

Komposisi Kendaraan 6B		Biaya Overlay (Rp)				
Overload	Normal	Beban Normal	Beban Naik 5%	Beban Naik 10%	Beban Naik 15%	Beban Naik 20%
70%	30%		52.558.312.873	54.707.237.521	57.878.786.997	62.577.229.532
90%	10%		53.256.248.303	56.242.740.617	59.868.547.407	67.692.705.186

Sumber : Hasil Analisis Data

Tabel 11 Resume Biaya Overlay Jalan Pada Ruas 21

Komposisi Kendaraan 6B		Biaya Overlay (Rp)				
Overload	Normal	Beban Normal	Beban Naik 5%	Beban Naik 10%	Beban Naik 15%	Beban Naik 20%
0%	100%	12.992.993.389				
30%	70%		15.969.078.924	16.302.992.575	16.760.476.898	17.363.239.423
50%	50%		16.183.194.612	16.422.790.538	16.881.029.403	17.689.027.296
70%	30%		16.302.992.575	16.639.924.393	17.200.780.942	17.811.088.885
90%	10%		16.418.982.546	16.956.657.764	17.322.842.530	18.516.179.350

Sumber : Hasil Analisis Data

Tabel 12 Biaya Overlay Rata-Rata Per Kilometer

Nomor Ruas	Biaya *Overlay* Rata-Rata (Rp/km)		
	Rehabilitasi Minor	Rehabilitasi Mayor	Rekonstruksi
Ruas 18	1.564.838.237	3.790.231.766	6.035.445.233
Ruas 19	1.574.849.782	3.517.152.514	
Ruas 20	1.479.458.419	3.507.874.500	6.458.879.494
Ruas 21	1.676.930.943	4.121.766.060	7.022.600.712

Sumber : Hasil Analisis Data

Biaya *Overlay* Untuk Kendaraan Beban Berlebih

Analisis biaya *overlay* bertujuan untuk menghitung biaya yang ditimbulkan oleh truk batu bara golongan 6B yang membawa beban berlebih, serta dampaknya terhadap kerusakan jalan. Biaya *overlay* dihitung berdasarkan peningkatan biaya akibat beban berlebih dan persentase truk beban berlebih, menggunakan parameter seperti Δ_biaya *overlay* dan volume lalu lintas harian rata-rata truk batu bara. Hasil analisis menghasilkan total biaya dan biaya per kilometer untuk berbagai skenario. Analisis ini hanya mencakup aspek finansial dan mengasumsikan jumlah truk yang konstan sepanjang tahun, meskipun faktor fluktuasi musiman atau perubahan operasional dapat mempengaruhi lalu lintas.

Selain itu, perhitungan biaya *overlay* untuk truk *overload* menganggap kebutuhan *overlay* seragam di seluruh ruas jalan, yang dihitung dengan membagi total biaya dengan panjang jalan. Namun, kenyataannya, kebutuhan *overlay* bervariasi antar segmen jalan tergantung pada tingkat kerusakan dan kondisi struktural. Oleh karena itu, estimasi biaya per kilometer perlu disesuaikan dengan lokasi spesifik agar hasil analisis lebih akurat dan mencerminkan kondisi lapangan. Analisis ini dapat menjadi dasar pertimbangan biaya

overlay dalam preservasi jalan, namun perlu penyempurnaan lebih lanjut dengan mempertimbangkan variabel teknis dan operasional yang lebih kompleks.

Setelah biaya *overlay* terhitung, langkah selanjutnya adalah perhitungan biaya *overlay* yang diakibatkan truk batu bara yang melanggar batas beban yang ditentukan. Biaya ini dihitung menggunakan persamaan yang berlandaskan pada estimasi CESAL selama 10 tahun. Ketika terjadi beban berlebih, biaya *overlay* untuk kendaraan mulai diberlakukan dan meningkat sesuai dengan persentase beban yang melebihi kapasitas standar yang diizinkan. Perhitungan biaya *overlay* kendaraan truk batu bara dengan beban berlebih ditunjukkan pada persamaan (2).

$$Biaya\ Overlay\ Kendaraan = \frac{\Delta_{Biaya\ Overlay}}{V\ \times\ 365} \qquad (2)$$

dengan:

Biaya *Overlay* Kendaraan = Biaya tambahan yang harus dibayar per kendaraan oleh truk batu bara Rp/kendaraan

Δ Biaya *Overlay* = Selisih biaya *overlay* akibat beban berlebih dengan biaya *overlay* normal

V = Volume lalu lintas harian rata-rata kendaraan truk batu bara

Tabel 13 menyajikan besaran biaya overlay kendaraan per kilometer (Rp/Kendaraan/km) untuk kendaraan golongan 6B pada empat ruas jalan yang dihitung berdasarkan skenario peningkatan muatan berlebih dari 5% hingga 20% dengan komposisi kendaraan *overload* sebesar 30%, 50%, 70%, dan 90%. Hasil analisis menunjukkan bahwa biaya per kilometer meningkat seiring dengan bertambahnya persentase beban berlebih dan jumlah kendaraan *overload*. Dari tabel tersebut, dapat dilihat bahwa biaya *overlay* per kilometer bervariasi antara ruas jalan, dengan Ruas 21 cenderung mengalami biaya yang lebih tinggi dibandingkan dengan ruas lainnya, terutama pada kondisi kendaraan *overload* yang lebih tinggi. Selain itu, peningkatan persentase beban berlebih pada kendaraan secara signifikan meningkatkan biaya *overlay*, dengan perbedaan yang lebih mencolok pada komposisi kendaraan *overload* yang lebih besar, seperti pada skenario 70% dan 90%. Hal ini mengindikasikan pentingnya pengendalian kendaraan *overload* guna mengurangi kerusakan jalan dan biaya pemeliharaan yang tinggi.

Tabel 13 Biaya Preservasi Untuk Truk Batu Bara Muatan Berlebih Pada Seluruh Ruas

Komposisi Kendaran 6B		**Kenaikan Beban**	**Biaya (Rp/Kend. /km)**			
Overload	**Normal**		**Ruas 18**	**Ruas 19**	**Ruas 20**	**Ruas 21**
30%	70%	5%	183	63	76	386
		10%	342	85	110	430
		15%	479	142	182	489
		20%	646	231	301	568
50%	50%	5%	231	74	94	414
		10%	372	119	138	445
		15%	557	261	239	505

Komposisi Kendaran 6B		Kenaikan Beban	Biaya (Rp/Kend. /km)			
Overload	**Normal**		**Ruas 18**	**Ruas 19**	**Ruas 20**	**Ruas 21**
		20%	846	434	368	610
70%	30%	5%	273	85	119	430
		10%	418	146	189	474
		15%	738	365	292	546
		20%	1.106	560	446	626
90%	10%	5%	366	111	142	445
		10%	557	308	239	515
		15%	858	471	357	562
		20%	1.533	736	613	717

Sumber : Hasil Analisis Data

Diskusi

Diskusi ini bertujuan untuk memperdalam pemahaman mengenai dampak hasil analisis yang telah diperoleh. Analisis mencakup pengaruh beban berlebih (*overload*) terhadap biaya dan kebutuhan *overlay*, serta hubungan antara beban, jumlah kendaraan, dan biaya. Sub-sub bab berikut akan menguraikan aspek-aspek penting dari hasil penelitian ini. Tujuannya adalah memberikan wawasan untuk pengembangan lebih lanjut dalam kebijakan pengelolaan jalan dan transportasi.

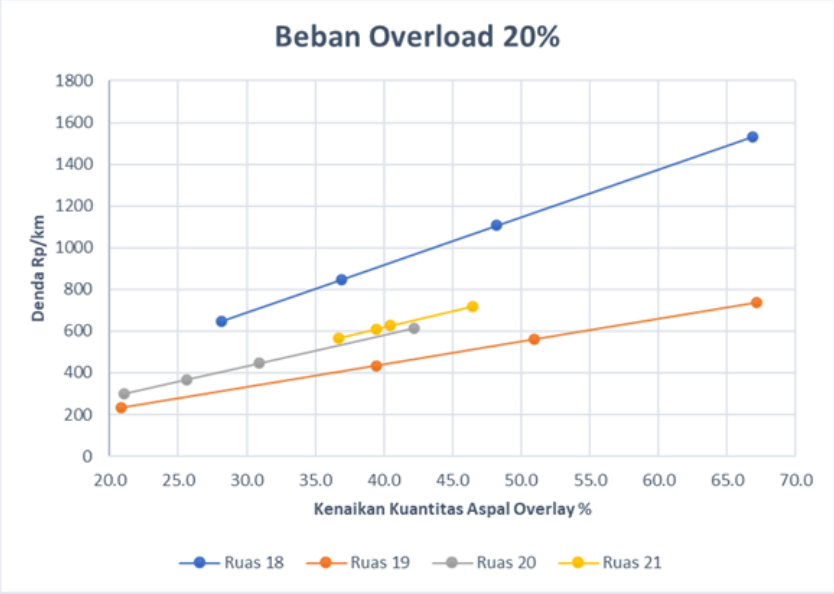
Berdasarkan hasil analisis pada Gambar 3, peningkatan jumlah kendaraan *overload* di Ruas 18 berdampak signifikan terhadap kenaikan biaya dan kebutuhan aspal overlay. Pada kondisi 30% kendaraan *overload*, biaya preservasi untuk kendaraan adalah Rp 646/km, dengan kebutuhan *overlay* sebesar 28,2%. Namun, ketika komposisi kendaraan *overload* meningkat hingga 90%, biaya melonjak menjadi Rp 1.533/km atau naik sebesar 137%, sementara kebutuhan *overlay* meningkat drastis hingga 66,9%. Kenaikan yang cukup tinggi ini menunjukkan bahwa Ruas 18 sudah mengalami kondisi perkerasan yang lemah sejak awal, sehingga tambahan beban *overload* mempercepat laju kerusakan perkerasan secara signifikan.

Pada Ruas 19, tren peningkatan biaya preservasi untuk kendaraan dan kebutuhan *overlay* juga cukup tajam, meskipun masih di bawah Ruas 18. Dengan kondisi 30% kendaraan *overload*, biaya preservasi untuk kendaraan adalah Rp 231/km, sementara kebutuhan *overlay* tercatat sebesar 20,8%. Ketika komposisi kendaraan *overload* mencapai 90%, biaya preservasi untuk kendaraan naik menjadi Rp 736/km atau meningkat hingga 219%, sedangkan kebutuhan overlay bertambah menjadi 67,2%. Hal ini menunjukkan bahwa Ruas 19 mengalami percepatan degradasi akibat beban berlebih, meskipun tidak separah Ruas 18, yang kemungkinan disebabkan oleh kondisi awal perkerasan yang masih lebih baik.

Ruas 20 menunjukkan tren kenaikan biaya preservasi untuk kendaraan dan kebutuhan *overlay* yang lebih moderat dibandingkan Ruas 18 dan 19. Pada kondisi 30% kendaraan *overload*, biaya preservasi untuk kendaraan yang dikenakan adalah Rp 301/km dengan peningkatan *overlay* sebesar 21,1%. Seiring bertambahnya kendaraan *overload* menjadi 90%, biaya meningkat menjadi Rp 613/km atau naik 104%, sedangkan kebutuhan *overlay* bertambah menjadi 42,2%. Meskipun terjadi peningkatan, nilainya

tidak setinggi dua ruas sebelumnya, yang menunjukkan bahwa kondisi struktural awal pada Ruas 20 lebih baik dan mampu menahan beban *overload* dengan dampak yang lebih terkendali.

Pada Ruas 21, kenaikan biaya preservasi untuk kendaraan dan kebutuhan *overlay* relatif lebih rendah dibandingkan ruas lainnya. Pada kondisi 30% kendaraan *overload*, biaya preservasi untuk kendaraan adalah Rp 568/km, dengan kebutuhan *overlay* sebesar 36,7%. Ketika kendaraan *overload* meningkat hingga 90%, biaya hanya naik sebesar 26% menjadi Rp 717/km, dan kebutuhan *overlay* bertambah menjadi 46,4%. Nilai yang tidak terlalu tinggi ini mengindikasikan bahwa Ruas 21 memiliki perkerasan yang lebih kuat atau tingkat keausan yang lebih rendah sejak awal, sehingga beban *overload* tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap biaya perbaikan.



Gambar 3 Korelasi Beban Overload 20% dengan Biaya Overlay dan Kuantitas Aspal Overlay

Dari hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa besaran biaya *overlay* jalan sangat dipengaruhi oleh kondisi struktural awal perkerasan. Jika kondisi perkerasan awal sudah mengalami tingkat kerusakan yang tinggi, maka beban *overload* akan memberikan dampak yang jauh lebih signifikan terhadap kenaikan biaya serta kebutuhan *overlay*. Hal ini terlihat jelas pada Ruas 18 dan 19, yang menunjukkan lonjakan biaya dan kuantitas *overlay* yang lebih tinggi dibandingkan Ruas 20 dan 21. Oleh karena itu, dalam kebijakan preservasi jalan, perlu mempertimbangkan kondisi eksisting perkerasan sebelum menentukan besaran biaya dan strategi pemeliharaan yang optimal.

Selain itu dilakukan simulasi perubahan jumlah kendaraan untuk menganalisis pengaruhnya terhadap besaran biaya *overlay* akibat truk batu bara bermuatan lebih. Simulasi ini terdiri dari tiga skenario utama: Skenario 1 menggunakan data aktual LHR (Lalu Lintas Harian Rata-rata) di lokasi penelitian; Skenario 2 mengasumsikan volume kendaraan golongan 6B menurun sebesar 10%, dan Skenario 3 mengasumsikan penurunan beban kendaraan golongan 6B sebesar 10%. Tujuan dari simulasi ini adalah

untuk mengidentifikasi variabel mana yang memiliki pengaruh lebih besar terhadap biaya *overload*, antara jumlah kendaraan atau beban kendaraan. Simulasi dilakukan dengan asumsi komposisi *overload* sebesar 90% dan kenaikan beban kendaraan antara 5% hingga 20%.

Tabel 14 Simulasi Biaya Overlay Berdasarkan Skenario

No Ruas	Kenaikan Beban	Biaya *Overlay* (Rp)		
		Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
18	5%	35.541.218.071	33.182.088.169	26.365.360.855
	10%	37.966.112.274	35.867.449.839	26.661.056.205
	15%	41.789.776.845	39.383.739.857	29.084.788.588
	20%	50.360.345.410	44.018.297.751	33.326.320.257
19	5%	14.060.208.847	13.360.176.411	11.142.471.615
	10%	16.166.018.703	14.249.067.389	11.267.437.743
	15%	17.907.668.838	16.246.920.538	12.291.750.265
	20%	20.736.044.643	18.310.896.109	12.803.906.526
20	5%	53.256.248.303	51.270.597.987	42.108.089.237
	10%	56.242.740.617	53.065.267.642	43.924.986.402
	15%	59.868.547.407	56.919.596.644	47.918.166.984
	20%	67.692.705.186	61.949.270.769	49.914.757.275
21	5%	16.418.982.546	15.288.567.734	10.587.005.689
	10%	16.956.657.764	15.671.292.471	10.976.378.744
	15%	17.322.842.530	16.166.931.560	11.974.231.357
	20%	18.516.179.350	16.704.910.775	12.473.157.663

Sumber : Hasil Analisis Data

Hasil analisis pada Tabel 14 menunjukkan bahwa pengurangan beban kendaraan memberikan dampak yang lebih signifikan dibandingkan dengan pengurangan jumlah kendaraan. Sebagai contoh, pada Ruas 18 dengan kondisi 30% kendaraan *overload* dan 5% kenaikan beban, penurunan biaya *overlay* akibat pengurangan jumlah kendaraan tercatat sebesar 6,68%, sedangkan pengurangan beban kendaraan menghasilkan penurunan sebesar 19,78%. Hal ini menunjukkan bahwa setiap pengurangan 1% beban kendaraan dapat menurunkan biaya *overlay* hingga 19,78%, jauh lebih besar dibandingkan dengan pengurangan jumlah kendaraan yang hanya berdampak 6,68%. Oleh karena itu, langkah strategis untuk mengurangi dampak negatif kendaraan overload terhadap infrastruktur jalan sebaiknya difokuskan pada pembatasan muatan maksimum yang lebih ketat dan penguatan regulasi terkait beban kendaraan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis biaya overlay dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa lalu lintas truk batu bara bermuatan berlebih memberikan dampak signifikan terhadap anggaran pemeliharaan jalan. Dalam kondisi normal, total biaya overlay untuk seluruh ruas jalan adalah Rp 105,68 miliar, namun pada skenario terburuk, dengan 90% kendaraan golongan 6B (truk batu bara) overload dan beban meningkat 20%, biaya overlay melonjak menjadi Rp 157,31 miliar, mencatatkan kenaikan sebesar 48,85%. Secara umum, jika beban kendaraan meningkat 20%, biaya overlay dapat meningkat antara 18,85% hingga 62,99%, tergantung pada kondisi perkerasan jalan masing-masing ruas, dan jika jumlah truk batu bara overload meningkat 30%, estimasi biaya overlay

diperkirakan akan meningkat sekitar 7,5% hingga 33%. Biaya overlay untuk truk batu bara bermuatan berlebih berkisar antara Rp 63/km hingga Rp 1.533/km, bergantung pada jumlah kendaraan overload, kenaikan beban overload, dan kondisi perkerasan awal. Ruas yang lebih tahan terhadap overload ditunjukkan dengan kenaikan biaya overlay dan kuantitas overlay yang tidak terlalu signifikan, sementara ruas yang tidak tahan terhadap overload menunjukkan kenaikan biaya dan kebutuhan overlay yang sangat besar, yang mengindikasikan kondisi perkerasan awal yang kurang baik. Dengan kata lain, kondisi perkerasan yang baik menghasilkan kenaikan biaya overlay yang lebih kecil dan lebih terkendali.

Berdasarkan hasil analisis pada sub bab diskusi, dapat disimpulkan bahwa penurunan jumlah kendaraan dan beban kendaraan memiliki dampak signifikan terhadap biaya overlay jalan, dengan pengurangan beban kendaraan memberikan dampak yang lebih besar. Pada Ruas 18, dalam kondisi komposisi kendaraan overload 90% dan kenaikan beban 20%, biaya overlay menurun 4,73% pada Skenario 2 (penurunan jumlah kendaraan) dan 24,30% pada Skenario 3 (penurunan beban kendaraan). Tren serupa terlihat pada ruas lainnya, di mana pengurangan beban kendaraan selalu menghasilkan penurunan biaya overlay yang lebih besar, seperti pada Ruas 20, di mana biaya overlay menurun 6,94% pada Skenario 2 dan 25,02% pada Skenario 3. Hal ini mengindikasikan bahwa pengendalian beban kendaraan lebih efektif dalam mengurangi biaya overlay dibandingkan dengan pengurangan jumlah kendaraan. Secara keseluruhan, simulasi ini menunjukkan bahwa strategi pengendalian beban kendaraan menjadi langkah yang lebih strategis dan efektif untuk menurunkan biaya pemeliharaan jalan, dengan dampak yang lebih besar terhadap biaya overlay dibandingkan dengan pengurangan volume kendaraan.

DAFTAR PUSTAKA

Adiman, E. Y., Praksa, R. R., & Frestantio, R. (2023). Preservasi Perkerasan Lentur Berdasarkan Nilai Kondisi Jalan Menggunakan Metode PCI Di Jalan Srikandi Kota Pekanbaru. Jurnal Rab Construction Research 8. http://jurnal.univrab.ac.id/index.php/racic

American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures [1993] Part III Pavement Design Procedures for Rehabilitation of existing Pavements - Ch 5.

Anwar, K. S., Tamin, O. Z., & Najid. (2020). Analisis Pengaruh Kendaraan Over Dimension Overload (ODOL) Terhadap Perkerasan Jalan. Prosiding SImposium Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi, 23–24.

Badan Pemeriksa Keuangan Provinsi Jambi. (2023, November). Gara-Gara Truk Batu Bara, Biaya Perbaikan Jalan Di Jambi Bengkak Jadi Rp8,4 Triliun.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2021). Perencanaan dan Pemrograman Pekerjaan Preservasi Jaringan Jalan.

Faisal, R., Zulfhazli, Hakim, A. azizul, & Muchtaruddin. (2020). Perbandingan Metode Bina Marga Dan Metode Pci (Pavement Condition Index) Dalam Mengevaluasi Kondisi Kerusakan Jalan (Studi Kasus Jalan Tengku Chik Ba Kurma, Aceh). Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil, 10(1), 110. https://doi.org/10.29103/tj.v10i1.256

Masri, Y., C. Siahaya, V. Th., & Istia, P. T. (2023). Pengaruh Penambahan Aspal

Terhadap Stabilitas Marshall Pada Material Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Di Ruas Jalan Jenderal Sudirmal–Rijali Kota Ambon. Jurnal Indonesia Sosial Teknologi, 4(5), 543–555. https://doi.org/10.59141/jist.v4i5.614

Mongisidi, E., Waani, J. E., & Lefrandt, L. (2023). Penentuan Biaya Preservasi Berdasarkan Analisa NilaiPemicu IRI PCI dan Lendutan Perkerasan pada Jalan Nasional di Sulawesi Utara. Jurnal Teknik Sipil Teraan, 93–105.

Nariendra, P. W., & Juanita, J. (2023). Implementasi Kebijakan Operasional Truk Overloading Di Provinsi Jambi. 24(1), 59–64. http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/Techno

Novela, I. (2022). Pengaruh Muatan Berlebih Kendaraan (Overload) terhadap Konstruksi Perkerasan Jalan Raya Pada Ruas Jalan Mahir-Mahar Kota Palangka Raya. Serambi Engineering, VII(4).

Pais, J. C., Amorim, S. I. R., & Minhoto, M. J. C. (2013). Impact of Traffic Overload On Road Pavement Performance. Journal of Transportation Engineering, 139(9), 873–879. https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000571

Priyadi, S. (2022). Preservasi jalan batas Kota Medan- Tanak Karo dengan pendekatan metode long segmen. Jurnal VORTEKS, 3(1), 204–208. https://doi.org/10.54123/vorteks.v3i1.148

Rahmawati, A., Adly, E., Lutfiyanto, I., & A Syifa, M. (2019). The Overloading Effect on the Design Life of Road and Thickness of Pavement Layer. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 650(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/650/1/012051

Rahmawati, A., Adly, E., & Widodo, W. (2022). Thickness Pavement Design Based on Heavy Vehicle Loads. Lecture Notes in Civil Engineering, 216, 385–397. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7949-0_34

Setiawan, A., Pramesti, F. P., & Oktavian, M. C. (2024). Prediksi Sisa Umur Layan Menggunakan Data Metode Pavement Condition Index Pada Ruas Jalan Wangon - Manganti. Matriks Teknik Sipil, 11(3), 347. https://doi.org/10.20961/mateksi.v11i3.74071

Suriyatno, Purnawan, & Elsa, E. P. (2015). Analisis Tebal Lapis Tambah Dan Umur Sisa Perkerasan Akibat Beban Berlebih Kendaraan (Studi Kasus Ruas Jalan Nasional di Provinsi Sumatera Barat). Annual Civil Engineering Seminar 2015.

© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)