



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

Rangga Azhari Akbar¹, Tri Basuki Joewono²

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, Indonesia

Email: 8102001039@student.unpar.ac.id¹, vftribas@unpar.ac.id²

INFO ARTIKEL

Kata Kunci: muatan berlebih, truk batu bara, preservasi jalan, biaya denda.

ABSTRAK

Transportasi batu bara di Provinsi Jambi memegang peranan penting dalam perekonomian daerah, namun operasional truk dengan muatan berlebih (overload) memberikan dampak signifikan terhadap kerusakan infrastruktur jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis biaya preservasi yang diperlukan akibat dampak operasional truk batu bara overload dan menetapkan denda bagi truk batu bara dengan beban berlebih. Studi kasus dilakukan pada ruas jalan Batas Kabupaten Batanghari - Batas Kota Muara Bungo sepanjang 110,39 km, dengan fokus utama pada kendaraan truk batu bara golongan 6B yang merupakan jenis kendaraan dominan melintasi jalur tersebut. Metodologi penelitian mencakup analisis segmentasi menggunakan parameter kondisi jalan seperti Pavement Condition Index (PCI), International Roughness Index (IRI), dan Remaining Service Life (RSL), serta perhitungan Vehicle Damage Factor (VDF) untuk mengestimasi beban lalu lintas. Metode AASHTO 1993 digunakan untuk menghitung kebutuhan overlay pada masing-masing segmen jalan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi normal, biaya preservasi jalan mencapai Rp92,97 miliar. Namun, pada skenario terburuk dengan 90% jumlah kendaraan overload dan kenaikan beban 20%, biaya ini melonjak hingga Rp139,27 miliar, mencatat kenaikan sebesar 48,90%. Selain itu, denda per kilometer tertinggi mencapai Rp1.367,55/km pada skenario terburuk di Ruas 18, dengan variasi di ruas lain seperti Ruas 19 sebesar Rp655,34/km dan Ruas 20 sebesar Rp553,86/km. Analisis simulasi menunjukkan bahwa pengurangan beban kendaraan memiliki dampak lebih signifikan terhadap pengurangan denda dibandingkan pengurangan jumlah kendaraan.

Keywords: *overload, coal trucks, road preservation, fine costs*

ABSTRACT

Coal transportation in Jambi Province plays an essential role in the regional economy; however, the operation of overloaded trucks significantly impacts road infrastructure damage. This study aims to analyze the preservation costs required due to the impact of overloaded coal truck operations and to determine fines

for overloaded coal trucks. The case study focuses on a 110.39 km road section between the Batanghari Regency Boundary and the Muara Bungo City Boundary, primarily targeting vehicle class 6B coal trucks, which dominate traffic on this route. The research methodology includes segmentation analysis using road condition parameters such as Pavement Condition Index (PCI), International Roughness Index (IRI), and Remaining Service Life (RSL), as well as the calculation of Vehicle Damage Factor (VDF) to estimate traffic loads. The AASHTO 1993 method was utilized to calculate overlay requirements for each road segment. The results reveal that under normal conditions, road preservation costs amount to Rp92.97 billion. However, in the worst-case scenario, with 90% of vehicles overloaded and a 20% increase in load, the cost rises to Rp139.27 billion, marking a 48.90% increase. Furthermore, the highest fine per kilometer recorded was Rp1,367.55/km in the worst-case scenario on Section 18, with variations in other sections such as Rp655.34/km on Section 19 and Rp553.86/km on Section 20. Simulation analysis shows that reducing vehicle loads has a more significant impact on lowering fines than reducing the number of vehicles.

PENDAHULUAN

Overload adalah kondisi ketika kendaraan membawa beban melebihi batas maksimum yang diizinkan, seperti Muatan Sumbu Terberat (Syarifudin, 2020). Berdasarkan Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan, kelas jalan dan jenis kendaraan yang diperbolehkan untuk melintas di suatu ruas telah diatur (Istia, 2021; Karyadi, 2017; Permataningsih, 2022; Rumondang, 2020; Wibowo & Risnain, 2022). Jika berat kendaraan melebihi batas yang diizinkan, maka kendaraan tersebut dianggap membawa muatan berlebih. Kendaraan yang melebihi kapasitas muatan dapat mengakibatkan penurunan umur rencana perkerasan hingga lebih dari 50% (Misdawati et al., 2021). Dampak merugikan lainnya yang muncul dari muatan berlebih adalah penurunan tingkat keselamatan pengendara, penurunan kualitas pelayanan lalu lintas di ruas jalan yang bersangkutan, dan penurunan kualitas lingkungan di sekitar jalan tersebut. Kerusakan pada jalan yang terjadi merupakan hasil dari berbagai faktor yang saling terkait, termasuk faktor perencanaan, pemantauan, pelaksanaan, dan pengaruh lingkungan (Lestari et al., 2022).

Provinsi Jambi dikenal sebagai salah satu wilayah yang kaya akan sumber daya mineral, dengan batu bara menjadi salah satu aset utama yang berperan signifikan dalam pendapatan daerah. Namun, tantangan muncul dalam proses transportasi batu bara dari wilayah tambang di bagian barat Provinsi Jambi menuju pelabuhan di wilayah timur. Konvoi truk pengangkut batu bara dengan muatan berlebih telah menyebabkan kerusakan pada infrastruktur jalan yang mereka lalui. Dari hasil pengamatan di lapangan pada Tahun 2021, rata-rata total beban kendaraan pengangkut batu bara adalah 16 ton yang tidak sesuai dengan daya dukung ruas jalan pada saat itu, yaitu 8 ton (Prayoga, 2022). Semenjak

tahun 2009, terdapat beberapa dampak yang terjadi akibat truk dengan beban berlebih, yaitu ruas jalan yang dilalui angkutan batu bara rusak akibat kendaraan beban berlebih dan tidak sesuai dengan klasifikasi jalan yang ada, pemerintah daerah menanggung kerugian yang besar untuk perbaikan jalan, sering terjadi kecelakaan lalu lintas, dan adanya pondasi rumah sekitar ruas jalan yang turun akibat angkutan truk batu bara dengan beban berlebih (Rafiskan, 2024).

Terdapat korelasi yang signifikan antara kendaraan beban berlebih dan biaya pemeliharaan jalan (Firdaus et al., 2018; Mulyanto, 2019; Tarigan, 2024). Penelitian menunjukkan bahwa keberadaan kendaraan dengan beban berlebih dapat meningkatkan kebutuhan akan tebal perkerasan, sehingga biaya pemeliharaan jalan dapat naik lebih dari 100% dibandingkan dengan biaya yang sama jika kendaraan tersebut mematuhi batasan muatan yang legal. Mengingat tingginya biaya yang diperlukan, dengan perkiraan peningkatan biaya akibat truk batu bara bermuatan lebih sebesar 10 kali lipat (Badan Pemeriksa Keuangan Provinsi Jambi, 2023), permasalahan yang berkaitan dengan dampak lalu lintas truk batu bara tidak hanya sekadar menjadi isu teknis semata, tetapi juga menyangkut dimensi ekonomi yang signifikan. Fenomena ini menjadi perhatian serius karena bukan hanya mempengaruhi efisiensi infrastruktur jalan, tetapi juga menimbulkan beban keuangan yang besar bagi pemerintah daerah. Dengan meningkatnya jumlah truk batu bara yang melebihi kapasitas beban saat melintasi jalan, biaya pemeliharaan jalan terus meningkat secara signifikan.

Menurut ketentuan yang tercantum dalam Pasal 29 Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan, dana pemeliharaan jalan dapat dipertanggungjawabkan oleh para pengguna jalan (Dian, 2019; Istia, 2021; Rakhmani, 2019). Dengan demikian, diharapkan bahwa biaya pemeliharaan jalan yang disebabkan oleh truk pengangkut batu bara, baik yang muatannya melebihi kapasitas maupun yang tidak, akan ditanggung oleh pihak swasta (pengguna jalan) yang bertanggungjawab atas kerusakan jalan tersebut. Hal ini diharapkan dapat mengurangi beban keuangan yang ditanggung oleh pemerintah daerah dalam membiayai pemeliharaan jalan. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode untuk menentukan jumlah dana pemeliharaan yang harus dibayarkan oleh pengguna jalan (truk pengangkut batu bara) berbagai konfigurasi beban yang dapat mengakibatkan kerusakan serta menurunkan umur rencana jalan.

Berdasarkan konteks tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dampak dari kendaraan truk batu bara yang berlebihan terhadap struktur jalan dan melakukan analisis biaya preservasi jalan. Selain itu, diperlukan analisis untuk menetapkan biaya preservasi jalan bagi pengguna truk batu bara dengan beban berlebih yang melintasi ruas jalan Batas Kabupaten Batanghari - Batas Kota Muara Bungo Provinsi Jambi, dengan tujuan memperkirakan biaya yang harus ditanggung oleh pengguna truk batu bara dalam mendukung pemeliharaan jalan.

Tujuan penelitian ini dirumuskan berdasarkan masalah yang telah diidentifikasi, yaitu:

- a. Mengestimasi biaya reservasi jalan yang timbul akibat lalu lintas truk batu bara dengan muatan berlebih.

- b. Menentukan besaran biaya preservasi yang akan dibebankan kepada kendaraan truk batu bara dengan beban berlebih

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode deskriptif untuk memberikan gambaran menyeluruh terkait permasalahan muatan berlebih pada truk batu bara di Provinsi Jambi. Pendekatan ini dirancang untuk mengeksplorasi hubungan antara kondisi jalan, volume lalu lintas, dan dampak ekonomi dari muatan berlebih. Data yang diperoleh dianalisis secara sistematis untuk menghasilkan solusi yang relevan dan dapat diterapkan.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di ruas jalan Batas Kabupaten Batanghari - Batas Kota Muara Bungo, Provinsi Jambi, yang merupakan jalur utama distribusi batu bara. Penelitian ini berlangsung dari Januari hingga Desember 2023, mencakup pengumpulan dan analisis data lapangan serta evaluasi dokumen terkait kondisi infrastruktur jalan.

Populasi dan Sampel

Populasi penelitian mencakup seluruh truk batu bara yang melintasi ruas jalan tersebut selama periode penelitian. Sampel diambil menggunakan teknik purposive sampling untuk memastikan bahwa data yang diperoleh mewakili berbagai kondisi kendaraan dan muatan. Sampel melibatkan sekitar 100 kendaraan dari berbagai kategori muatan.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian meliputi:

- a. Data Sekunder: Dokumen resmi dari Dinas PUPR Provinsi Jambi terkait kondisi jalan, data lalu lintas, dan biaya pemeliharaan.
- b. Observasi Langsung: Pemantauan kondisi jalan menggunakan parameter seperti PCI, IRI, dan RSL.
- c. Wawancara Semi-Terstruktur: Dilakukan dengan pemangku kepentingan, termasuk pengelola jalan dan pengusaha angkutan batu bara, untuk mendapatkan perspektif yang lebih mendalam.

Teknik Analisis Data

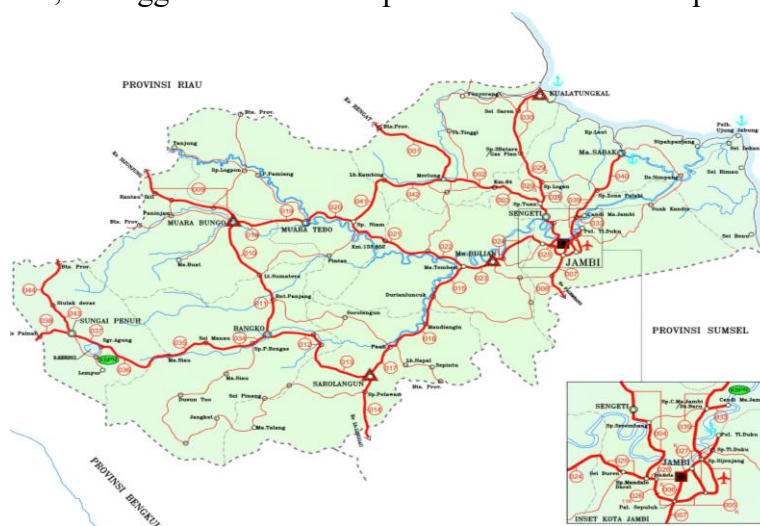
Data yang terkumpul dianalisis secara deskriptif untuk mengidentifikasi pola hubungan antara muatan berlebih dan dampak infrastruktur jalan. Simulasi biaya preservasi dilakukan menggunakan metode AASHTO 1993, sementara analisis dampak ekonomi denda berdasarkan skenario dibuat untuk menggambarkan efektivitas kebijakan pengendalian muatan.

Penelitian ini dirancang untuk memberikan rekomendasi praktis yang dapat diimplementasikan oleh pemerintah daerah dalam mengelola infrastruktur jalan dan meminimalkan dampak negatif dari muatan berlebih.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada ruas jalan Batas Kabupaten Batanghari - Batas Kota Muara Bungo di Provinsi Jambi sepanjang 110,39 km. Lokasi ini merupakan jalur utama transportasi batu bara, yang mendukung perekonomian daerah. Namun, aktivitas truk batu bara dengan beban berlebih (overload) menyebabkan kerusakan serius pada infrastruktur jalan, sehingga membutuhkan perhatian khusus dalam preservasi jalan.



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

Gambaran Spesifik Variabel yang Dikaji

Pavement Condition Index (PCI): Survei PCI menunjukkan sebagian besar segmen jalan berada dalam kondisi "buruk hingga sangat buruk." Nilai rata-rata PCI pada segmen kritis adalah 45, yang jauh di bawah ambang batas standar (60) untuk jalan yang layak

International Roughness Index (IRI): Data IRI mengindikasikan rata-rata kekasaran permukaan jalan pada segmen kritis adalah 6,2 m/km, jauh melebihi nilai standar 3,0 m/km yang direkomendasikan untuk kenyamanan pengendara

Remaining Service Life (RSL): Analisis RSL menunjukkan bahwa sisa umur layanan jalan sebagian besar berada di bawah 5 tahun, dengan beberapa segmen menunjukkan umur layan mendekati nol, mengindikasikan perlunya tindakan rehabilitasi segera.

Jumlah Data yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan kombinasi data primer dan sekunder, yang meliputi:

- Survei Lalu Lintas: Data Lintas Harian Rata-rata (LHR) menunjukkan bahwa lebih dari 70% kendaraan yang melintas di jalan ini adalah truk batu bara dengan konfigurasi beban 6B.
- Survei Kondisi Jalan: Dilakukan pada 21 segmen jalan menggunakan alat Falling Weight Deflectometer (FWD), dengan hasil yang dikategorikan berdasarkan tingkat kerusakan.

- c. Simulasi Denda dan Biaya Preservasi: Analisis simulasi mencakup 4 skenario beban dan jumlah kendaraan, dengan kenaikan beban dari 5% hingga 20%.

Tabel 1. Menyajikan Distribusi Volume Kendaraan dan LHR di Lokasi Penelitian

Segmen Jalan	LHR Kendaraan	% Truk Batu Bara	Konfigurasi Beban Dominan
Segmen 18	2,850	70%	6B
Segmen 19	3,200	72%	6B
Segmen 20	3,450	74%	6B
Segmen 21	3,800	76%	6B

Temuan Utama Penelitian

Dampak Kendaraan Overload terhadap Infrastruktur Jalan

Hasil analisis menunjukkan bahwa kendaraan dengan beban berlebih memiliki dampak signifikan terhadap kerusakan jalan. Pada segmen dengan kondisi terburuk (Segmen 18), kenaikan beban 20% meningkatkan kebutuhan tebal perkerasan hingga 150%, yang menyebabkan lonjakan biaya preservasi.

Tabel 2. Peningkatan CESAL Pada Ruas 18

Komposisi Kendaraan Gol 6B		CESA Tahun Ke-10				
Overload	Normal	Beban Normal	Beban Naik 5%	Beban Naik 10%	Beban Naik 15%	Beban Naik 20%
30%	70%	16,651,066	17,578,429	18,648,174	19,874,178	21,270,964
50%	50%	16,651,066	18,196,671	19,979,579	22,022,919	24,350,896
70%	30%	16,651,066	18,814,913	21,310,984	24,171,660	27,430,828
90%	10%	16,651,066	19,433,155	22,642,389	26,320,401	30,510,761

Dari data yang disajikan, dapat diamati bahwa ruas-ruas jalan menunjukkan pola peningkatan CESAL yang konsisten pada berbagai kondisi simulasi. Sebagai contoh, pada Ruas 18, nilai CESAL pada kondisi overload 20% dengan persentase kendaraan 90% mencapai 30.510.761, jauh lebih tinggi dibandingkan nilai CESAL pada kondisi beban normal sebesar 16.651.066. Hasil ini menegaskan bahwa kombinasi persentase kendaraan beban berlebih dan kenaikan beban berlebih memiliki dampak signifikan terhadap kumulatif beban sumbu setara, yang pada akhirnya akan mempercepat kerusakan jalan. Analisis ini menjadi dasar penting dalam menentukan kebutuhan tebal lapis tambah dan biaya pemeliharaan jalan secara keseluruhan.

Estimasi Biaya Preservasi

Biaya preservasi jalan dihitung menggunakan metode AASHTO 1993, dengan mempertimbangkan kombinasi kondisi lalu lintas dan beban kendaraan. Hasilnya, total biaya preservasi untuk kondisi normal mencapai Rp92,97 miliar, sementara dalam skenario terburuk dengan 90% kendaraan overload, biaya meningkat hingga Rp139,27 miliar.

Tabel 3. menyajikan biaya preservasi per kilometer untuk setiap segmen

Segmen Jalan	Biaya Normal (Rp/Km)	Biaya Overload (Rp/Km)	Persentase Kenaikan
Segmen 18	842 juta	1,367 juta	62,3%
Segmen 19	655 juta	892 juta	36,1%
Segmen 20	554 juta	795 juta	43,5%
Segmen 21	530 juta	785 juta	48,1%

Simulasi Denda untuk Pengguna Jalan

Analisis menunjukkan bahwa pengurangan beban kendaraan lebih efektif dalam mengurangi denda dibandingkan pengurangan jumlah kendaraan. Pada skenario terburuk, denda tertinggi mencapai Rp1.367,55/km di Segmen 18. Grafik 4.4 menunjukkan variasi denda berdasarkan skenario:

Korelasi antara Parameter Jalan dan Biaya Preservasi

Nilai PCI, IRI, dan RSL menunjukkan korelasi positif dengan kebutuhan biaya preservasi. Jalan dengan nilai PCI rendah (<50) dan IRI tinggi (>5 m/km) membutuhkan biaya preservasi yang lebih besar, sementara segmen dengan RSL rendah (<3 tahun) membutuhkan tindakan rehabilitasi lebih cepat.

Penelitian ini berhasil menjawab pertanyaan penelitian dengan temuan berikut:

- Karakteristik Beban Lalu Lintas: Mayoritas truk batu bara menggunakan konfigurasi 6B dengan beban rata-rata 16 ton, melebihi kapasitas jalan sebesar 8 ton
- Dampak pada Infrastruktur Jalan: Kendaraan overload mempercepat kerusakan jalan hingga 50% lebih cepat dari umur desain
- Estimasi Biaya Preservasi: Biaya preservasi jalan meningkat hampir 50% dalam skenario terburuk, dari Rp92,97 miliar menjadi Rp139,27 miliar
- Kebijakan Denda: Kebijakan denda berbasis kilometer memberikan insentif bagi pengguna jalan untuk mematuhi batas muatan

Pembahasan

Transportasi batu bara di Provinsi Jambi, khususnya pada ruas jalan Batas Kabupaten Batanghari hingga Batas Kota Muara Bungo, memberikan kontribusi besar pada ekonomi daerah. Namun, keberadaan truk dengan muatan berlebih (overload) telah menimbulkan kerusakan signifikan pada infrastruktur jalan. Berdasarkan data, kerusakan ini menyebabkan peningkatan biaya pemeliharaan hingga Rp139,27 miliar dalam skenario terburuk, meningkat hampir 50% dibanding kondisi normal (Rp92,97 miliar). Angka tersebut menunjukkan beban finansial yang besar bagi pemerintah daerah dalam mempertahankan kualitas infrastruktur

Overload menjadi masalah besar karena dampaknya tidak hanya pada infrastruktur, tetapi juga pada keselamatan pengguna jalan, kualitas lingkungan, dan efisiensi transportasi. Fenomena ini mengindikasikan perlunya kebijakan berbasis data untuk menetapkan biaya preservasi yang adil dan transparan. Hal ini penting mengingat

Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 mengatur bahwa pengguna jalan, termasuk kendaraan berat, bertanggung jawab atas pemeliharaan jalan yang mereka lalui.

Penyebab Kerusakan Jalan Akibat Beban Berlebih

Kerusakan jalan akibat truk batu bara bermuatan berlebih disebabkan oleh beberapa faktor utama:

- a. Beban Berlebih yang Ekstrem: Berdasarkan pengamatan lapangan, rata-rata berat truk batu bara adalah 16 ton, jauh melebihi kapasitas jalan sebesar 8 ton. Dampak ini diperkuat oleh data Vehicle Damage Factor (VDF), yang menunjukkan bahwa beban berlebih 20% meningkatkan kerusakan jalan hingga 16 kali lipat
- b. Struktur Jalan yang Tidak Memadai: Analisis menunjukkan bahwa sebagian besar segmen jalan pada rute penelitian memiliki nilai Pavement Condition Index (PCI) dan Remaining Service Life (RSL) rendah, mengindikasikan jalan yang tidak dirancang untuk lalu lintas berat seperti truk batu bara
- c. Kurangnya Pengawasan: Implementasi regulasi seperti batas muatan maksimal sering kali lemah Surat Edaran Gubernur Jambi No. 1448/SE/DISHUB-3.1/XII/2021, misalnya, belum efektif mengendalikan pelanggaran

Solusi dan Kebijakan yang Dapat Diterapkan

Berdasarkan temuan penelitian, solusi yang diusulkan meliputi:

- a. Penetapan Biaya Preservasi: Berdasarkan simulasi, denda tertinggi per kilometer adalah Rp1.367,55/km di segmen terburuk (Ruas 18). Kebijakan ini mendorong pengendalian beban dan jumlah kendaraan di jalan, serta memberikan insentif bagi pengguna jalan untuk mematuhi regulasi
- b. Perbaikan Infrastruktur: Desain ulang struktur jalan dengan pendekatan AASHTO 1993 dapat meningkatkan daya dukung jalan terhadap kendaraan berat. Dengan demikian, biaya preservasi dapat ditekan dalam jangka panjang.
- c. Peningkatan Pengawasan dan Penegakan Hukum: Implementasi teknologi seperti Weigh in Motion (WIM) untuk memantau beban kendaraan secara real-time dapat mengurangi pelanggaran.

Dampak Positif dari Kebijakan yang Diusulkan

Jika solusi di atas diimplementasikan, beberapa dampak positif dapat dicapai:

- a. Pengurangan Kerusakan Jalan: Dengan mengurangi overload, umur rencana jalan dapat ditingkatkan hingga 24% sesuai hasil studi terkait
- b. Efisiensi Biaya: Pemerintah daerah dapat menghemat anggaran hingga miliaran rupiah setiap tahun, yang dapat dialokasikan untuk program infrastruktur lainnya.
- c. Keamanan Lalu Lintas: Jalan yang terjaga kualitasnya akan mengurangi risiko kecelakaan yang sering disebabkan oleh kondisi jalan rusak.

Komparasi dengan Penelitian Sebelumnya

Penelitian ini memperkuat temuan dari studi terdahulu, seperti yang dilakukan oleh Subhan (2015) dan Pais et al. (2013), yang menunjukkan hubungan signifikan antara overload dan peningkatan biaya preservasi jalan. Namun, penelitian ini memperluas cakupan dengan simulasi denda berdasarkan skenario yang berbeda dan analisis

elastisitas pengaruh beban dan jumlah kendaraan. Hal ini memberikan dimensi baru dalam formulasi kebijakan berbasis data.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis biaya preservasi akibat dampak operasional truk batu bara bermuatan berlebih pada ruas jalan Batas Kabupaten Batanghari – Batas Kota Muara Bungo. Studi ini juga bertujuan menentukan denda yang adil untuk pengguna jalan berdasarkan beban yang mereka tanggung terhadap kerusakan infrastruktur. Temuan utama menunjukkan bahwa kendaraan dengan muatan berlebih mempercepat kerusakan jalan secara signifikan, mengurangi umur rencana hingga 50% lebih cepat dan meningkatkan kebutuhan biaya preservasi hingga 48,9% dalam skenario terburuk. Implementasi denda berbasis kilometer telah dirancang sebagai solusi untuk mengurangi pelanggaran batas muatan dan memberikan kontribusi langsung terhadap biaya pemeliharaan jalan.

Penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi literatur teknik sipil dengan memperluas pemahaman tentang korelasi antara beban kendaraan, kerusakan jalan, dan biaya preservasi. Selain itu, penggabungan parameter teknis seperti PCI, IRI, dan RSL dengan simulasi skenario denda memberikan pendekatan komprehensif untuk menginformasikan kebijakan berbasis data. Hal ini menekankan pentingnya pengawasan terhadap kendaraan overload dalam mendukung efisiensi pemeliharaan infrastruktur transportasi.

Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan, termasuk ketergantungan pada data sekunder yang dapat mempengaruhi keakuratan simulasi serta fokus pada satu lokasi penelitian yang spesifik. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mencakup analisis di lokasi yang lebih luas dan mengintegrasikan data waktu nyata, seperti sensor Weigh in Motion (WIM), untuk meningkatkan akurasi estimasi. Selain itu, evaluasi dampak ekonomi dari kebijakan denda dan partisipasi pengguna jalan dalam pembiayaan pemeliharaan infrastruktur dapat memberikan wawasan tambahan. Penelitian di masa depan juga dapat mengeksplorasi alternatif teknologi perkerasan yang lebih tahan terhadap beban berlebih untuk meningkatkan keberlanjutan sistem transportasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Dian, L. (2019). Sanksi pidana atas kelalaian atau Kesengajaan yang mengakibatkan Terjadinya kecelakaan lalu lintas Menurut undang-undang nomor 22 Tahun 2009 tentang lalu lintas dan Angkutan jalan. *LEX CRIMEN*, 8(4).
- Firdaus, D., Isya, M., & Saleh, S. M. (2018). Pengaruh Beban Kendaraan Terhadap Umur Desain Perkerasan (Studi Kasus Jalan Nasional Lambaro–Batas Pidie Provinsi Aceh). *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 1(3), 10–18.
- Istia, H. A. A. J. (2021). Perlindungan Hukum Bagi Korban Kecelakaan Lalu Lintas Akibat Jalan Rusak Menurut UU No. 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. *Fakultas Hukum*.
- Karyadi, W. (2017). Kewenangan Dinas Perhubungan Kota Cilegon Dalam Upaya Penegakkan Hukum Terhadap Kendaraan Angkutan Barang Bermuatan Lebih

Penentuan Biaya Preservasi Bagi Pengguna Truk Batu Bara Bermuatan Berlebih pada Jalan Batas Kabupaten Batanghari - Batas Kota Muara Bungo

- Berdasarkan Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Lestari, I. G. A. I., Diputera, I. G. A., Tubuh, I. K. D. K., & Jiman, A. S. (2022). Analisis Penyebab dan Dampaknya Kerusakan Infrastruktur Jalan Terhadap Para Pengguna Jalan dan Masyarakat Sekitar:(Studi Kasus: Ruas Jalan Benteng Jawa, Kabupaten Manggarai Timur). *Jurnal Ilmiah Kurva Teknik*, 11(2), 32–36.
- Misdawati, M., Said, L. B., & St Maryam, H. (2021). Analisis Penurunan Umur Rencana Jalan Akibat Volume Kendaraan dan Kelebihan Muatan Pada Ruas Jalan Jend. Ahmad Yani Kota Parepare. *Jurnal Flyover*, 1(2), 38–47.
- Mulyanto, D. E. (2019). Pemeliharaan Rutin, Kondisi Jalan Dan Biaya Pemeliharaan Jalan Pada Satuan Kerja Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah 1 Jawa Timur. Untag 1945 Surabaya.
- Permataningsih, S. (2022). Efektivitas Uu No. 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan Terhadap Penanganan Kelebihan Muatan Pada Mobil Pick Up. Universitas Muhammadiyah Magelang.
- Prayoga, R. (2022). Pengaruh Beban Kendaraan Terhadap Tingkat Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Rigid Jalan Mangan VIII Pasar III Kecamatan Medan Deli. Universitas Medan Area.
- Rafiskan, E. (2024). Analisis Dampak Beban Sumbu Kendaraan Terhadap Umur Rencana Jalan Dengan Metode Bina Marga (Perkerasan Lentur)(Studi Kasus: Ruas Jl. Tempino–Muaro Bulian). Universitas Jambi.
- Rakhmani, F. (2019). Tanggung Jawab Pemerintah Akibat Kerusakan Jalan terhadap Kecelakaan Kendaraan Bermotor Berdasarkan Pasal 238 Undang-undang No. 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. *Jurnal NESTOR Magister Hukum*, 4(4), 209676.
- Rumondang, R. (2020). Pelaksanaan undang-undang RI Nomor 22 Tahun 2009 Pasal 302 tentang lalu lintas dan angkutan jalan di Kecamatan Panyabungan Kabupaten Mandailing Natal. IAIN Padangsidimpuan.
- Syarifudin, A. (2020). Pengaruh Beban Sumbu Berlebih Terhadap Kondisi Beban Jalan (Overload/tidak Overload)(studi Kasus: Jalan SM. Amin). Universitas Islam Riau.
- Tarigan, R. (2024). Analisis Beban Kendaraan Terhadap Derajat Kerusakan Dan Umur Sisa Perkerasan Jalan.
- Wibowo, G. D. H., & Risnain, M. (2022). Pelaksanaan Pengawasan terhadap Kendaraan yang Muatannya Melebihi Daya Angkut dan Dimensi Berdasarkan Undang-undang No. 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan di Pulau Lombok. *Jurnal Education And Development*, 10(3), 760–770.