

## Hubungan Biaya Pemeliharaan Jalan dengan Volume Lalu Lintas Harian dan Nilai Kemantapan Jalan

Kimgrace Martha Putri Pratiwi<sup>1\*</sup>, Dewi Handayani, Widi Hartono

<sup>1</sup>Universitas Sebelas Maret Surakarta, Jalan Ir. Sutami 36A, Ketingan, Jebres, Surakarta, Jawa Tengah, 57126, Indonesia

\*marthacee424@gmail.com, dewi@ft.uns.ac.id, wieds\_ts@ft.uns.ac.id

### ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis hubungan antara biaya pemeliharaan jalan dengan International Roughness Index (IRI) dan volume lalu lintas harian rata-rata pada ruas jalan Batas Provinsi Jambi-Maur, Sumatera Selatan. Metodologi penelitian mengimplementasikan pendekatan kuantitatif dengan teknik analisis regresi terhadap data sekunder dari 10 segmen jalan sepanjang 38.518 meter. Data yang dianalisis berupa IRI ( $X_1$ ), Lalu Lintas Harian Rata-rata ( $X_2$ ) dan Biaya Pemeliharaan ( $Y$ ). Hasil analisis  $Y = -1,0338 + 4,5153 \cdot X_1 - 3,4461 \cdot X_2$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,424$ . Temuan menunjukkan bahwa 42,4% variasi biaya pemeliharaan dapat dijelaskan oleh kombinasi IRI dan volume lalu lintas. Sementara itu 57,6% disebabkan oleh faktor lain di luar model, seperti jenis perkerasan, umur jalan, kondisi lingkungan, frekuensi pemeliharaan, Volume to Capacity Ratio (VCR), dan Surface Distress Index (SDI). Hasil penelitian memperlihatkan bahwa diperlukan pengembangan lebih lanjut terhadap model yang diperluas. Perbaikan model dapat dikembangkan dengan menambahkan jenis perkerasan, umur jalan, kondisi lingkungan, frekuensi pemeliharaan, volume to capacity ration (VCR), surface disitress Index (SDI).

Kata kunci: Biaya pemeliharaan jalan, International Roughness Index, volume lalu lintas, infrastruktur jalan.

### ABSTRACT

*This study analyzes the relationship between road maintenance costs, the International Roughness Index (IRI), and the average daily traffic volume on the Jambi–Maur Provincial Border Road section, South Sumatra. The research methodology adopts a quantitative approach using regression analysis on secondary data from 10 road segments totaling 38,518 meters in length. The analyzed data include IRI ( $X_1$ ), Average Daily Traffic ( $X_2$ ), and Maintenance Cost ( $Y$ ). The analysis produced the equation  $Y = -1.0338 + 4.5153 \cdot X_1 - 3.4461 \cdot X_2$  with a coefficient of determination  $R^2 = 0.424$ . The findings indicate that 42.4% of the variation in maintenance costs can be explained by the combination of IRI and traffic volume, while the remaining 57.6% is influenced by factors outside the model, such as pavement type, road age, environmental conditions, maintenance frequency, Volume to Capacity Ratio (VCR), and Surface Distress Index (SDI). The results suggest the need for further development of an expanded model. Model improvements may include additional variables such as pavement type, road age, environmental conditions, maintenance frequency, VCR, and SDI.*

*Keywords: Road maintenance cost, International Roughness Index, traffic volume, road infrastructure.*

## 1. PENDAHULUAN

Infrastruktur jalan merupakan elemen strategis dalam sistem transportasi yang berperan penting dalam mendukung mobilitas masyarakat, pertumbuhan ekonomi, dan konektivitas antarwilayah. Jalan yang terpelihara dengan baik berkontribusi terhadap efisiensi logistik, distribusi barang dan jasa, serta pemerataan pembangunan. Namun, dengan meningkatnya volume kendaraan setiap tahun, permukaan jalan mengalami tekanan yang signifikan, sehingga mempercepat laju kerusakan (Juliansyah et al., 2021). Beban lalu lintas yang tinggi memperbesar potensi deteriorasi perkerasan, yang apabila tidak ditangani secara sistematis akan berdampak pada penurunan tingkat pelayanan jalan dan menghambat aktivitas sosial ekonomi masyarakat (Triyanto et al., 2020).

Untuk menjaga performa jalan tetap optimal, diperlukan sistem pemeliharaan yang efektif dan efisien. Dinas PUPR (2018) menekankan pentingnya program pemeliharaan sebagai upaya menjaga kondisi jalan sesuai standar selama umur rencana. Strategi pemeliharaan perlu mempertimbangkan dua faktor teknis utama, yaitu International Roughness Index (IRI) sebagai indikator kemantapan jalan, serta Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) sebagai indikator beban fungsional jalan. Jalan dengan LHR tinggi cenderung lebih cepat mengalami kerusakan dan memerlukan intervensi pemeliharaan yang lebih intensif (Smith et al., 2019).

Hadi (2019) mengkaji hubungan antara volume aktivitas harian dan biaya dukungan jalan di Jakarta dan menemukan bahwa intensitas lalu lintas berkontribusi signifikan terhadap eskalasi biaya pemeliharaan. Johnson (2020) menyatakan bahwa peningkatan anggaran pemeliharaan berkorelasi positif dengan kondisi fisik jalan. Wahyudi (2020) dalam penelitian di Surabaya, menyampaikan bahwa alokasi pemeliharaan yang efektif mampu memperbaiki kondisi jalan secara nyata.

Di Medan, Rahman (2020) menunjukkan bahwa peningkatan LHR berdampak pada peningkatan IRI, yang menandakan penurunan kualitas permukaan jalan. Di Tiongkok, Chen et al. (2021) menemukan bahwa kombinasi strategi pengendalian lalu lintas dan pemeliharaan memberikan efek positif pada durabilitas jalan. Putri (2021b) juga mencatat adanya korelasi antara biaya pemeliharaan dan peningkatan IRI di Bandung. Penelitian lainnya, seperti oleh Aditya (2022) di Yogyakarta dan Santoso (2022b) di Semarang, turut memperkuat hubungan antara volume lalu lintas dengan kebutuhan pemeliharaan yang lebih besar.

Pemeliharaan jalan, sebagaimana diklasifikasikan oleh Santoso (2022a), mencakup tindakan ringan hingga berat seperti tambal sulam, overlay, hingga rekonstruksi. Pendekatan preventif sangat dianjurkan untuk menekan biaya jangka panjang dan menjaga pelayanan infrastruktur (Putri, 2021a; Wahyudi, 2020). Dalam pelaksanaannya, klasifikasi pemeliharaan mencakup pemeliharaan terjadwal, sementara, dan rehabilitasi besar.

Pengukuran IRI sebagai indikator kemantapan jalan telah distandarisi secara internasional oleh World Bank (1986). Nilai IRI diklasifikasikan dalam empat kategori: sangat baik (<4 m/km), baik (4–8 m/km), sedang (8–12 m/km), dan buruk (>12 m/km).

Nilai IRI yang tinggi menandakan jalan dengan permukaan kasar dan memerlukan intervensi pemeliharaan yang lebih intensif (Putri, 2021b).

LHR merupakan variabel penting lain dalam analisis kinerja jalan. Dinas PUPR (2011) menyatakan bahwa LHR dihitung berdasarkan survei selama 7 hari berturut-turut dan mencerminkan beban aktual pada jalan. Jalan dengan LHR tinggi memiliki umur desain yang lebih pendek jika tidak ditunjang dengan material berkualitas atau program pemeliharaan intensif (Susilo, 2021).

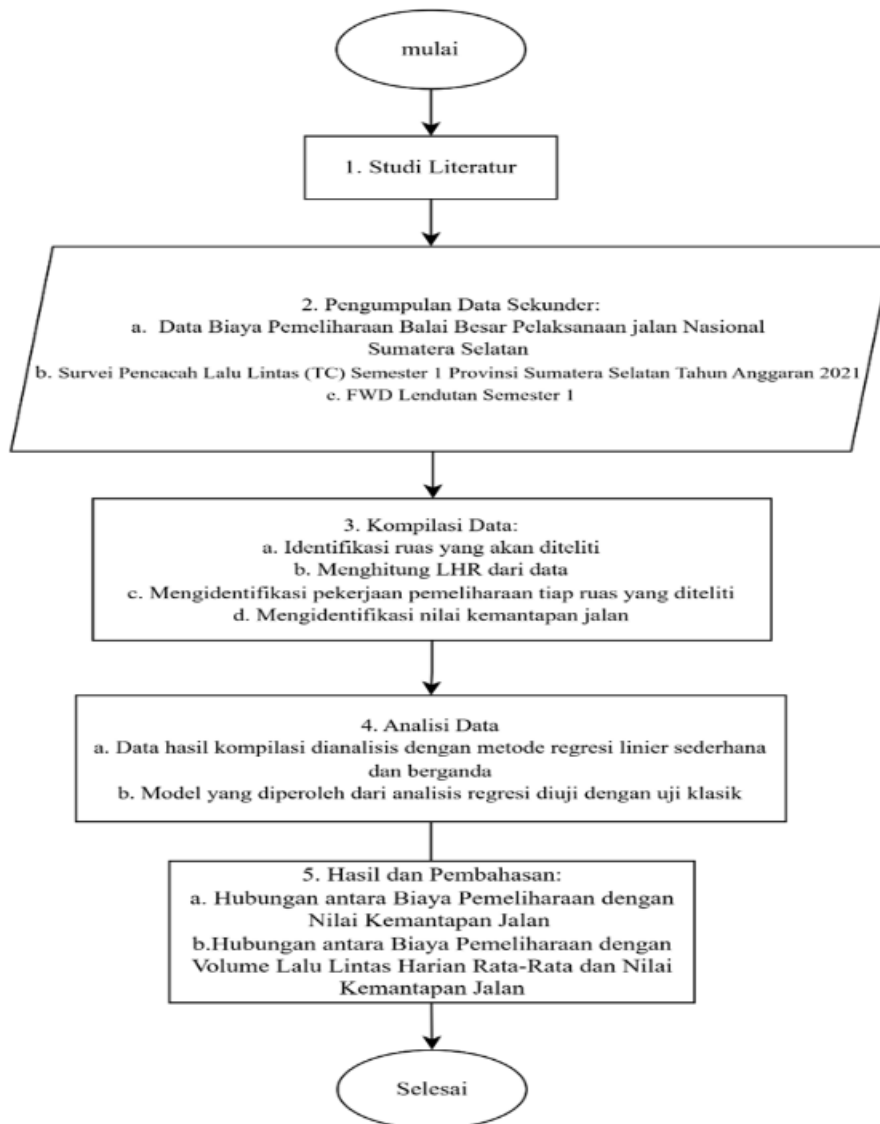
Penelitian dilakukan pada ruas strategis di Provinsi Sumatera Selatan, khususnya pada jalur Batas Provinsi Jambi – Maur. Jalan ini dipilih karena memiliki tingkat aktivitas lalu lintas yang tinggi serta peran penting dalam konektivitas antar kota dan kabupaten. Data yang dianalisis mencakup 10 ruas jalan nasional dengan berbagai karakteristik geometrik dan volume lalu lintas yang berbeda. Pemilihan lokasi ini juga didasarkan atas tersedianya data sekunder dari proyek preservasi yang telah terdokumentasi secara sistematis, sehingga memudahkan dalam proses pengumpulan dan validasi data.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara kuantitatif hubungan antara IRI dan LHR terhadap biaya pemeliharaan jalan. Temuan ini diharapkan dapat mendukung pengambilan keputusan dalam manajemen pemeliharaan jalan yang lebih tepat sasaran, efisien, dan berkelanjutan.

## **2. METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis regresi untuk menganalisis hubungan antara biaya pemeliharaan jalan dengan dua variabel bebas, yaitu nilai kemantapan jalan yang direpresentasikan oleh International Roughness Index (IRI) dan Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR). Pendekatan kuantitatif dipilih untuk mengukur hubungan variabel numerik dan mendukung perencanaan pemeliharaan jalan. Jenis data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari dua sumber utama, yaitu PT. Bumi Persada Engineering Consultant dan PT. Cakra Graha.

Data teknis meliputi nilai International Roughness Index (IRI) sebagai  $X_1$ , diperoleh dari hasil pengukuran lapangan menggunakan alat profilometer, serta data lalu lintas berupa LHR sebagai  $X_2$  hasil survei lalu lintas harian. Data Biaya Pemeliharaan sebagai  $Y$  diperoleh dari dokumen anggaran teknis dan estimasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) proyek yang dikelola oleh pihak konsultan. Tahapan Penelitian adalah sebagai berikut.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

Seluruh uji asumsi klasik dilakukan menggunakan worksheet analisis statistik. Hasil dari uji ini menjadi dasar untuk menentukan apakah model regresi dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan, khususnya dalam konteks penyusunan anggaran pemeliharaan jalan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang dianalisis berasal dari sepuluh ruas jalan strategis di Sumatera Selatan. Variasi IRI yang ditemukan berada pada rentang 2,94 hingga 4,86, sementara LHR menunjukkan variasi signifikan antar ruas, menunjukkan karakteristik trafik yang sangat berbeda. Estimasi biaya pemeliharaan pun sangat bervariasi, tergantung pada panjang ruas, kondisi jalan, serta volume lalu lintas. Data ini menjadi dasar dalam membangun model prediksi biaya pemeliharaan jalan

Tabel 1 Kondisi Eksisting Ruas Jalan yang Diteliti

No.	Nama Ruas Jalan	Panjang Ruas (m)	Lebar (m)	Foto/ Dokumentasi
1	Bts. Prov. Jambi - Peninggalan	8878	7	
2	Peninggalan - Sei Lilin	3379	7	
3	Sei Lilin - Betung	4365	7	
4	Betung - Bts Kota Palembang	5570	7	
5	Terawas – Bts. Prov. Bengkulu	1607	7	
6	Bts. Kota Palembang - Bts. Kab. Prabumulih	1231	7	
7	Bts. Kab. Prabumulih – Muara Enim	1994	7	

No.	Nama Ruas Jalan	Panjang Ruas (m)	Lebar (m)	Foto/ Dokumentasi
8	Bts Kota Kayu Agung - Sp. Penyanidingan	1063	7	
9	Prabumulih-Baturaja	9231	7	
10	Baturaja - Maur	1200	7	

Hubungan Antara Biaya Pemeliharaan Jalan dengan Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) dan Nilai Kemantapan Jalan

Hasil analisis model regresi berganda Biaya Pemeliharaan (Y) dengan Lalu Lintas Harian Rata-Rata (X<sub>2</sub>) dan Nilai Kemantapan Jalan (X<sub>1</sub>) diperoleh sebagai berikut:

$$Y = -1,0338 + 4,5153 \cdot X_1 - 3,4461 \cdot X_2 \tag{1}$$

**Tabel 2** Hasil Analisis Regresi Linear

Variabel Penelitian	Unstandardized Coefficients B	Std. Error	t	Sig.	R	R <sup>2</sup>	Adjusted R <sup>2</sup>
Constant	-1,0338	6,8196	- 1,515	0,173			
Nilai Kemantapan Jalan (X <sub>1</sub> )	4,5153	2,0421	2,211	0,063			
Lalu Lintas Harian Rata-rata (X <sub>2</sub> )	-3,4461	2,5511	2,211	- 1,351	0,219	0,651	0,424

Koefisien determinasi  $R^2$  sebesar 0,424 menunjukkan bahwa kombinasi kedua variabel menjelaskan 42,4% variasi biaya pemeliharaan. Faktor-faktor di luar model, seperti jenis perkerasan jalan, kondisi iklim, umur perkerasan, beban sumbu kendaraan dan lainnya memengaruhi 57,6% dari variasi tersebut dengan nilai R sebesar 0,651 menunjukkan hubungan yang cukup kuat.

Uji asumsi klasik menunjukkan bahwa model ini telah memenuhi kriteria normalitas, tidak terdapat multikolinearitas, tidak terjadi autokorelasi, serta tidak terdapat heteroskedastisitas. Hal ini menunjukkan bahwa model regresi linier berganda valid untuk digunakan (Ghozali, 2016). Rekap tabel dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3** Hasil Analisis Regresi Linear

Komponen Uji/Model	Hasil	Kesimpulan
Uji Normalitas	Asymp Sig.(2-tailed) = 0,1087 < 0,05 Monte Carlo Sig. = 0,102 > 0,05	Memenuhi
Uji Multikolinearitas	Tolerance = 0,844, VIF = 1,185	Memenuhi
Uji Heteroskedastisitas	Sig. IRI = 0,196 > 0,05; Sig. LHR = 0,129 > 0,05	Memenuhi
Uji Autokorelasi	Durbin-Watson = 1,930	Memenuhi
Uji Linearitas	Significance F = 0,2041 > 0,05	Memenuhi
Uji F	F = 1,750, Sig. = 0,2041	Tidak Signifikan
Uji Normalitas	Asymp Sig.(2-tailed) = 0,1087 < 0,05 Monte Carlo Sig. = 0,102 > 0,05	Memenuhi
Uji Multikolinearitas	Tolerance = 0,844, VIF = 1,185	Memenuhi

Hasil ini mengindikasikan bahwa meskipun IRI dan LHR memiliki kontribusi terhadap variasi biaya, terdapat faktor-faktor lain yang juga berpengaruh dan belum dijelaskan dalam model. Misalnya, jenis perkerasan jalan, usia perkerasan, intensitas curah hujan, serta metode dan frekuensi pemeliharaan (Putri, 2021).

Penelitian sejenis juga menunjukkan bahwa kombinasi indikator lalu lintas dan kondisi jalan memberikan gambaran yang lebih utuh dalam perencanaan anggaran pemeliharaan (Santoso, 2022). Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan model yang lebih kompleks di masa depan. Selain itu, faktor sosial ekonomi di wilayah tersebut, seperti tingkat urbanisasi dan kepadatan penduduk, dapat pula menjadi variabel yang layak diteliti dalam studi lanjutan. Dengan memperhitungkan seluruh faktor ini, kebijakan pemeliharaan

jalan dapat disesuaikan secara lebih akurat untuk mencapai efisiensi dan keberlanjutan infrastruktur jangka panjang.

Lebih lanjut, untuk memahami interaksi antar variabel secara lebih mendalam, dilakukan pengkajian lanjutan terhadap hubungan biaya pemeliharaan dengan masing-masing variabel, serta keterkaitan antara variabel-variabel tersebut.

Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa nilai koefisien variabel LHR terhadap biaya pemeliharaan memiliki arah negatif, yaitu sebesar -3,4461, dengan tingkat signifikansi sebesar 0,219. Meskipun hubungan ini tidak signifikan pada taraf kepercayaan 95%, arah koefisien tersebut memberikan indikasi awal bahwa peningkatan lalu lintas harian rata-rata justru berkorelasi dengan penurunan estimasi biaya pemeliharaan. Temuan ini tampak bertolak belakang dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa beban lalu lintas tinggi berkontribusi terhadap peningkatan intensitas kerusakan jalan dan kebutuhan biaya pemeliharaan (Hadi, 2019; Smith et al., 2019). Perbedaan ini dapat dijelaskan oleh keterbatasan data, jumlah sampel yang kecil, dan homogenitas kondisi perkerasan pada ruas-ruas jalan yang diteliti, serta tidak dimasukkannya variabel perantara seperti umur perkerasan dan frekuensi pemeliharaan.

Sementara itu, nilai koefisien untuk variabel IRI terhadap biaya pemeliharaan diperoleh sebesar 4,5153 dengan tingkat signifikansi 0,063. Meskipun belum memenuhi kriteria signifikansi konvensional, arah hubungan positif ini sejalan dengan teori dan hasil penelitian terdahulu, seperti yang diungkapkan oleh Putri (2021b) dan Rahman (2020a), bahwa semakin tinggi nilai IRI—yang menunjukkan semakin buruknya kondisi permukaan jalan—maka semakin besar pula kebutuhan biaya pemeliharaan. Kondisi ini mendukung argumentasi bahwa IRI dapat digunakan sebagai indikator prioritas dalam pengalokasian anggaran pemeliharaan jalan. Jalan dengan IRI tinggi memerlukan penanganan yang lebih cepat dan tepat untuk mencegah peningkatan kerusakan yang dapat menimbulkan beban biaya lebih besar di masa mendatang.

Meskipun hubungan antara LHR dan IRI tidak dianalisis secara eksplisit dalam model regresi, kajian pustaka mengindikasikan adanya korelasi positif antara keduanya. Jalan dengan volume lalu lintas tinggi cenderung mengalami kerusakan lebih cepat akibat beban aksial yang berulang, yang pada gilirannya akan meningkatkan nilai IRI. Hal ini diperkuat oleh temuan Rahman (2020b) dan Santoso (2022a) yang menyatakan bahwa peningkatan LHR berdampak langsung terhadap peningkatan kekasaran permukaan jalan. Implikasi dari hubungan ini adalah perlunya strategi pemeliharaan berbasis lalu lintas serta penggunaan material dan desain yang adaptif terhadap beban kendaraan yang tinggi.

Secara keseluruhan, model regresi berganda yang digunakan dalam penelitian ini menghasilkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,424. Ini menunjukkan bahwa gabungan variabel IRI dan LHR mampu menjelaskan 42,4% variasi dalam biaya pemeliharaan jalan. Meskipun masih terdapat 57,6% variasi yang dijelaskan oleh faktor lain, hasil ini menunjukkan bahwa kedua variabel tersebut memiliki peran yang cukup signifikan dalam mempengaruhi kebutuhan pemeliharaan. Oleh karena itu, dalam konteks perencanaan dan penganggaran pemeliharaan jalan, penting untuk mempertimbangkan indikator struktural seperti IRI dan indikator fungsional seperti LHR secara bersamaan.

Pengembangan model lanjutan sangat disarankan, dengan menambahkan variabel tambahan seperti jenis dan usia perkerasan, kondisi lingkungan, curah hujan, serta indeks kerusakan permukaan untuk meningkatkan akurasi dan relevansi model dalam pengambilan keputusan teknis dan kebijakan infrastruktur jalan yang berkelanjutan.

#### **4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis data terhadap hubungan antara biaya pemeliharaan jalan dan nilai kemantapan jalan (IRI) serta lalu lintas harian rata-rata (LHR), dapat disimpulkan sebagai berikut:

Hubungan antara Biaya Pemeliharaan Jalan dengan Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) dan Nilai Kemantapan Jalan pada ruas jalan Bts. Prov. Jambi – Maur, diperoleh model regresi:

$$Y = -1,0338 + 4,5153 \cdot X_1 - 3,4461 \cdot X_2 \quad (1)$$

Di mana  $X_1$  adalah nilai kemantapan jalan dan  $X_2$  adalah lalu lintas harian rata-rata (LHR) dengan nilai  $R^2 = 0,424$ . Perbedaan arah pengaruh LHR dibandingkan penelitian sebelumnya kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan data, jumlah sampel yang kecil, serta tidak dimasukkannya variabel lain yang relevan.

#### **5. UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar besarnya kepada PT Bumi Persada dan PT Cakra Graha atas dukungan dan kerja sama yang telah diberikan selama proses pengumpulan data dan pelaksanaan penelitian ini. Pengharapan yang setinggi-tingginya juga penulis sampaikan kepada Universitas Sebelas Maret (UNS), khususnya Laboratorium Transportasi, atas fasilitas, bimbingan, dan bantuan yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Ucapan terimakasih yang mendalam penulis sampaikan kepada Dr. Ir. Dewi Handayani, S.T., M.T dan Dr. Ir. Widi Hartonon., S.T., M.T selaku dosen pembimbing atas arahan, bimbingan, dan dukungan yang diberikan selama penyusunan penelitian ini.

Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada rekan-rekan civitas akademika Universitas Sebelas Maret, khususnya di lingkungan Program Studi Teknik Sipil, atas bantuan, semangat, dan kerja sama yang diberikan selama proses penelitian dan penulisan karya ini.

Semoga segala bantuan dan kerja sama yang telah diberikan menjadi amal kebaikan yang mendapatkan balasan setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa.

#### **6. DAFTAR PUSTAKA**

AASHTO (2010) *American Association of State Highway and Transportation Officials: Guide for Preventive Maintenance of Highway Systems*. Washington D.C.: AASHTO.

Aditya, R. (2022) *Pengelolaan Jalan Berbasis LHR dan Biaya*. Yogyakarta: Survei dan wawancara, model optimasi.

- Chen, X., Li, Y. and Wang, H. (2021) 'Impact of Traffic Volume on Pavement Serviceability and Maintenance', *Journal of Transportation Engineering*, 147(6), p. 04021029. Available at: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)TE.1943-5436.0001036](https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0001036).
- Fajar, T. (2023) *Nilai Kemantapan Jalan dan Biaya Pemeliharaan di Indonesia*. Indonesia: Dokumentasi dan survei, analisis regresi.
- Hadi, S. (2019) *Analisis Hubungan LHR dan Biaya Pemeliharaan Jalan*. Jakarta: Dokumentasi dan survei.
- Hidayat, M. (2019) 'Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Biaya Pemeliharaan Jalan di Indonesia', *Jurnal Infrastruktur dan Transportasi*, 18(2), pp. 345–360.
- Johnson, M., et al. (2020) *The Impact of Maintenance Costs on Road Stability*. Inggris: Survei dan dokumen.
- Juliansyah, R., et al. (2021) *Pengaruh Volume Kendaraan terhadap Kondisi Jalan*. Jakarta: Penelitian Teknik Jalan dan Jembatan.
- Kusdian, T., et al. (2021) 'Efisiensi Anggaran Pemeliharaan Jalan dalam Mendukung Kemantapan Jalan Nasional', *Jurnal Infrastruktur Berkelanjutan*.
- Putri, R. (2021a) 'Efek Pemeliharaan Rutin terhadap Stabilitas Jalan di Area Lalu Lintas Tinggi', *Jurnal Infrastruktur dan Pemeliharaan*, 9(1), pp. 145–157.
- Putri, R. (2021b) *Evaluasi Kemantapan Jalan Berdasarkan Biaya Pemeliharaan*. Bandung: Pengukuran lapangan.
- Rahman, Y. (2020a) 'Pengaruh Nilai IRI terhadap Kenyamanan dan Keamanan Berkendara', *Jurnal Transportasi*, 21(1), pp. 123–135.
- Rahman, Y. (2020b) *Hubungan LHR dengan Nilai IRI Jalan*. Medan: Survei dan dokumen.
- Rahmat, A. (2021) 'Penggunaan PCI sebagai Indikator Pemeliharaan Jalan', *Jurnal Teknik Infrastruktur*, 13(3), pp. 345–359.
- Santoso, H. (2022a) *Pengaruh LHR terhadap Kemantapan Jalan Nasional*. Semarang: Dokumentasi dan survei.
- Santoso, H. (2022b) 'Strategi Preservasi Jalan untuk Meningkatkan Umur Pakai Infrastruktur', *Jurnal Teknik Sipil Indonesia*, 29(3), pp. 78–95.
- Sari, W. (2023) *Studi Hubungan Biaya Pemeliharaan Jalan dan LHR*. Bali: Wawancara dan observasi.
- Siregar, F. (2020) 'Perhitungan Indeks Kondisi Jalan untuk Analisis Kemantapan', *Jurnal Infrastruktur dan Teknik Jalan*, 14(2), pp. 205–220.
- Smith, J., et al. (2019) 'Traffic Load and Maintenance Costs on Road Durability', *International Journal of Civil Engineering*, Vol. 27(4), pp 215-228. London.
- Srianty, A., et al. (2017) *Strategi Pemeliharaan Jalan Berbasis Kondisi dan LHR*. Medan: Jurnal Transportasi dan Infrastruktur, Vol. 5(2), pp.102-110. Medan.

Susanto, A. (2021) 'Penurunan Nilai Kemantapan Jalan dan Strategi Pemeliharaannya', *Jurnal Teknik Sipil*, 27(1), pp. 245–260.

Susilo, B. (2020) 'Kategori dan Kondisi Kemantapan Jalan: Analisis Berdasarkan PCI', *Jurnal Teknik Jalan Raya*, 19(2), pp. 159–173.

Susilo, B. (2021) 'Evaluasi PCI dalam Pemeliharaan Jalan di Wilayah Perkotaan', *Jurnal Teknik Transportasi*, 22(3), pp. 345–360.

Triyanto, H., et al. (2020) 'Analisis Hubungan Kerusakan Jalan dan Dampaknya terhadap Mobilitas Ekonomi', *Jurnal Teknik Sipil Indonesia*, Yogyakarta.

Wahyudi, A. (2020) *Pengaruh Biaya Pemeliharaan terhadap Kondisi Jalan*. Surabaya: Observasi dan wawancara.