

IDENTIFIKASI REHABILITASI DAN PEMELIHARAAN INFRASTRUKTUR JALAN: SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Oleh

Lalu Sulthonul Azmi¹, Faeruzza Athiya²

^{1,2}Dosen Program Studi Rekayasa Sipil, Universitas Bima Internasional MFH

E-mail: ¹alusulthonulazmi@gmail.com, ²faeruzza-athiya@gmail.com

Article History:

Received: 16-12-2025

Revised: 26-12-2025

Accepted: 19-01-2026

Keywords:

Road rehabilitation,
Road maintenance,
Road infrastructure,
Pavement, Systematic
Literature Review

Abstract: Road infrastructure plays a strategic role in supporting mobility, safety, and economic growth. However, pavement deterioration caused by traffic loads, environmental factors, and limited maintenance remains a major issue in many regions. This study aims to identify road rehabilitation and maintenance approaches using a Systematic Literature Review (SLR) method. The reviewed literature covers road damage identification, pavement condition assessment, condition-based maintenance planning, digital technology utilization, and environmental impacts of road rehabilitation. The results indicate that pavement condition assessment methods such as the Surface Distress Index (SDI), Pavement Condition Index (PCI), and Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide (MEPDG) are effective in determining appropriate maintenance and rehabilitation strategies. Furthermore, the integration of Geographic Information Systems (GIS), Digital Twin technology, and artificial intelligence improves damage detection accuracy and maintenance decision efficiency. Recycling-based rehabilitation methods also contribute to reducing environmental impacts. This study is expected to serve as a reference for developing effective and sustainable road maintenance strategies

PENDAHULUAN

Infrastruktur jalan merupakan prasarana transportasi utama yang menghubungkan antar wilayah dan mendukung aktivitas sosial serta ekonomi masyarakat, di mana lebih dari 70% pergerakan barang dan manusia di negara berkembang bergantung pada jaringan jalan. Kondisi jalan yang baik berperan penting dalam menjamin keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan, dikarenakan jalan dengan kondisi rusak dapat meningkatkan risiko kecelakaan hingga 30–40%. Namun, kinerja perkerasan jalan akan mengalami penurunan seiring waktu akibat beban lalu lintas berulang, pengaruh iklim, kualitas material, serta kurangnya pemeliharaan rutin, yang secara umum dapat menurunkan tingkat pelayanan jalan hingga 20–50% sebelum umur rencana tercapai [1], [2].

Di banyak negara berkembang, keterbatasan anggaran dan sistem manajemen jalan yang belum optimal menyebabkan lebih dari 40% jaringan jalan berada dalam kondisi sedang hingga rusak, sehingga kerusakan jalan sering tidak tertangani secara tepat waktu dan memicu peningkatan biaya rehabilitasi hingga 3–5 kali lipat dibandingkan pemeliharaan

rutin [3].

Oleh karena itu, diperlukan pendekatan rehabilitasi dan pemeliharaan yang lebih efektif dan berbasis data. Perkembangan teknologi seperti *Geographic Information System (GIS)*, *Digital Twin*, serta kecerdasan buatan terbukti mampu meningkatkan akurasi identifikasi kerusakan jalan hingga 90% serta menurunkan biaya pemeliharaan tahunan sebesar 10–15% melalui perencanaan yang lebih optimal [4].

Melalui pendekatan *Systematic Literature Review (SLR)*, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi metode, teknologi, dan faktor utama dalam rehabilitasi dan pemeliharaan infrastruktur jalan serta mengevaluasi kelebihan dan keterbatasannya berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, sehingga dapat menjadi dasar pengembangan strategi pengelolaan jalan yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kajian literatur sistematis dengan tujuan untuk mengevaluasi dan mengkaji beberapa penelitian terkait penerapan teknologi modern dalam pengembangan sistem untuk klasifikasi kerusakan jalan. Adapun tahapan penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

1.1 Pemilihan Sumber Literatur

Sumber literatur berasal dari jurnal nasional dan internasional yang membahas rehabilitasi dan pemeliharaan jalan, khususnya pada perkerasan lentur dan jalan aspal. Literatur yang dipilih mencakup penelitian berbasis studi kasus, pengembangan metode, serta penerapan teknologi dalam pengelolaan infrastruktur jalan. Artikel dipilih dengan batas waktu 10 tahun terakhir (2016-2025) untuk memastikan bahwa teknologi yang dianalisis adalah yang paling mutakhir.

1.2 Pencarian & Pengumpulan Data

Pencarian literatur dilakukan melalui basis data akademik seperti *Google Scholar* dan jurnal terindeks nasional maupun internasional dengan kata kunci *road rehabilitation*, *road maintenance*, *pavement condition assessment*, *GIS for road maintenance*, *digital twin road*,

dan road damage detection. Artikel yang digunakan dibatasi pada publikasi yang relevan dengan topik dan memiliki kontribusi signifikan terhadap rehabilitasi dan pemeliharaan jalan.

1.3 Analisis Kritis

Artikel yang terpilih dianalisis secara kritis dengan meninjau tujuan penelitian, metode dan teknologi yang digunakan, objek serta skala studi, dan hasil atau temuan utama. Analisis ini bertujuan untuk menilai efektivitas masing-masing pendekatan dalam mendukung proses rehabilitasi dan pemeliharaan infrastruktur jalan.

1.4 Sistematis Temuan

Hasil analisis literatur selanjutnya disintesis untuk mengidentifikasi pola, tren penelitian, serta kesenjangan yang masih terdapat dalam kajian rehabilitasi dan pemeliharaan jalan. Temuan diklasifikasikan ke dalam beberapa kelompok pendekatan utama, yaitu penilaian kondisi jalan berbasis visual dan indeks, pendekatan mekanistik-empiris, pemanfaatan teknologi digital seperti GIS dan *Digital Twin*, deteksi kerusakan berbasis pemrosesan citra dan kecerdasan buatan, serta rehabilitasi perkerasan berbasis daur ulang.

1.5 Perbandingan Teknologi

Tahap selanjutnya adalah melakukan perbandingan teknologi yang digunakan dalam rehabilitasi dan pemeliharaan jalan. Perbandingan dilakukan antara metode konvensional dan metode berbasis teknologi dengan mempertimbangkan tingkat efektivitas dan akurasi, efisiensi waktu pelaksanaan, kemudahan implementasi di lapangan, kebutuhan data dan infrastruktur, serta keterbatasan masing-masing metode. Perbandingan ini bertujuan untuk menilai keunggulan relatif dari setiap pendekatan dalam mendukung pengambilan keputusan pemeliharaan jalan yang tepat dan berkelanjutan.

1.6 Hasil Pemilihan Metode

Berdasarkan hasil sintesis dan perbandingan teknologi, dilakukan pemilihan metode yang dinilai paling efektif dan relevan untuk rehabilitasi dan pemeliharaan infrastruktur jalan. Pemilihan metode didasarkan pada kemampuan pendekatan tersebut dalam mengidentifikasi kondisi dan kerusakan jalan secara akurat, mendukung perencanaan pemeliharaan berbasis kondisi, mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan biaya, serta meminimalkan dampak lingkungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ringkasan Literatur Rehabilitasi dan Pemeliharaan Jalan

Hasil kajian terhadap literatur menunjukkan bahwa penelitian rehabilitasi dan pemeliharaan jalan berkembang ke arah pendekatan berbasis kondisi dan teknologi digital. Ringkasan hasil kajian ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Ringkasan Literatur Rehabilitasi dan Pemeliharaan Infrastruktur Jalan

No	Fokus Penelitian	Metode / Teknologi	Objek Studi	Hasil Utama	Ref
1	Deteksi kerusakan jalan	Deep Learning, Auto-Encoder	Jalan perkotaan	Akurasi 97,61%	[1]
2	Dampak	LCA, RAP	Jalan aspal	RAP100 paling	[2]

	lingkungan rehabilitasi			ramah lingkungan	
3	Sistem pendukung keputusan	<i>Digital Twin, DSS</i>	Jalan tol	Biaya pemeliharaan turun 12%	[3]
4	Prioritas pemeliharaan	GIS, AHP	Jalan pedesaan	Kondisi perkerasan faktor dominan	[4]
5	Penyebab kerusakan jalan	GIS, survei	Jalan regional	Material dan kualitas konstruksi dominan	[5]
6	Penilaian kondisi jalan	SDI	Jalan nasional	Cukup pemeliharaan rutin	[6]
7	Deteksi kerusakan berbasis citra	<i>Canny Edge Detection</i>	Jalan aspal	Akurasi 89,25%	[7]
8	Prediksi sisa masa layan	MEPDG, PCI	Jalan provinsi	Lalu lintas rendah → RSL panjang	[8]
9	Evaluasi overlay perkerasan	Bina Marga & Mekanistik	Jalan nasional	Overlay optimum 9–11,5 cm	[9]
10	Faktor kerusakan jalan lingkungan	Survei lapangan	Jalan permukiman	Beban berlebih dominan	[10]

Berdasarkan tabel ringkasan literatur, dapat dilihat bahwa rehabilitasi dan pemeliharaan infrastruktur jalan semakin mengarah pada pendekatan berbasis kondisi dan teknologi. Metode deteksi kerusakan berbasis pemrosesan citra dan kecerdasan buatan menunjukkan tingkat akurasi tinggi, sementara GIS, AHP, *Digital Twin*, dan sistem pendukung keputusan terbukti efektif dalam menentukan prioritas pemeliharaan dan menekan biaya.

Metode penilaian kondisi jalan seperti SDI, PCI, dan MEPDG tetap menjadi dasar evaluasi kinerja perkerasan dan prediksi sisa masa layan, sedangkan faktor utama penyebab kerusakan jalan didominasi oleh kualitas material, mutu konstruksi, dan beban lalu lintas berlebih. Selain itu, penerapan rehabilitasi berbasis daur ulang perkerasan dinilai lebih ramah lingkungan, sehingga integrasi aspek teknis, teknologi, dan keberlanjutan menjadi kunci pengelolaan infrastruktur jalan yang efektif.

Perbandingan Pendekatan Pemeliharaan Jalan

Berbagai pendekatan pemeliharaan jalan memiliki karakteristik yang berbeda. Perbandingan efektivitas metode ditunjukkan pada Tabel 2.

Table 1 Perbandingan Pendekatan Pemeliharaan dan Rehabilitasi Jalan

Pendekatan	Efektivitas	Efisiensi Waktu	Kemudahan Implementasi	Keterbatasan
Inspeksi visual	Sedang	Lama	Mudah	Subjektif

SDI / PCI	Sedang-Tinggi	Sedang	Mudah	Fokus permukaan
IRI	Tinggi	Cepat	Perlu alat khusus	Tidak klasifikasi kerusakan
MEPDG	Tinggi	Lama	Kompleks	Data lalu lintas detail
GIS-based maintenance	Tinggi	Cepat	Cukup mudah	Bergantung data
Digital Twin & DSS	Sangat tinggi	Sangat cepat	Kompleks	Teknologi berkembang
AI & Image Processing	Sangat tinggi	Otomatis	Perlu infrastruktur	Dataset besar

Tabel perbandingan pendekatan pemeliharaan dan rehabilitasi jalan menunjukkan bahwa metode konvensional seperti inspeksi visual memiliki kemudahan implementasi tetapi kurang efektif karena bersifat subjektif dan memerlukan waktu lama. Metode berbasis indeks kondisi seperti SDI dan PCI menawarkan keseimbangan antara efektivitas dan kemudahan, meskipun masih terbatas pada kerusakan permukaan.

Pendekatan IRI dan MEPDG memberikan tingkat efektivitas yang tinggi dalam mengevaluasi kinerja perkerasan, namun memerlukan peralatan khusus dan data yang kompleks. Sementara itu, pemanfaatan GIS mampu meningkatkan efisiensi perencanaan pemeliharaan dengan ketergantungan pada kualitas data. Pendekatan berbasis teknologi lanjutan seperti *Digital Twin* serta kecerdasan buatan dan pemrosesan citra menunjukkan efektivitas dan efisiensi tertinggi karena bersifat otomatis dan berbasis data, meskipun implementasinya masih memerlukan infrastruktur dan pengembangan teknologi yang memadai.

Pembahasan

Hasil SLR menunjukkan bahwa pendekatan pemeliharaan berbasis kondisi lebih efektif dibandingkan metode konvensional. Metode SDI dan PCI masih banyak digunakan karena kemudahan implementasinya [6], namun kombinasi dengan pendekatan mekanistik-empiris seperti MEPDG memberikan hasil yang lebih komprehensif dalam memprediksi sisa masa layan perkerasan [8].

Pemanfaatan GIS dan Digital Twin terbukti mampu meningkatkan efisiensi perencanaan pemeliharaan serta menurunkan biaya dan volume intervensi [3], [4]. Selain itu, metode kecerdasan buatan dan pemrosesan citra menunjukkan potensi besar dalam mendeteksi kerusakan jalan secara otomatis dengan akurasi tinggi [1], [7].

Dari aspek lingkungan, metode rehabilitasi berbasis daur ulang perkerasan seperti RAP mampu mengurangi konsumsi material baru dan emisi karbon, meskipun produksi aspal tetap menjadi penyumbang dampak lingkungan terbesar [2].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil *Systematic Literature Review*, dapat disimpulkan bahwa pemeliharaan jalan berbasis kondisi lebih efektif dibandingkan pendekatan konvensional karena mampu mengidentifikasi kebutuhan penanganan secara lebih tepat. Metode penilaian kondisi seperti

SDI, PCI, IRI, dan MEPDG memiliki peran penting dalam menentukan jenis serta waktu rehabilitasi jalan yang optimal. Selain itu, integrasi teknologi GIS, *Digital Twin*, dan kecerdasan buatan terbukti meningkatkan akurasi identifikasi kerusakan serta efisiensi perencanaan pemeliharaan. Dari aspek keberlanjutan, rehabilitasi berbasis daur ulang perkerasan berpotensi mengurangi dampak lingkungan, meskipun tetap memerlukan evaluasi siklus hidup yang komprehensif untuk memastikan efektivitasnya secara jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Shim, S., Kim, J., Lee, S.-W., & Cho, G.-C. (2020). Road surface damage detection based on hierarchical architecture using lightweight auto-encoder network. *Automation in Construction*, 117, 103249. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103249>
- [2] Elliot, T., Carter, A., Ghattuwar, S., & Levasseur, A. (2021). Environmental impacts of road pavement rehabilitation. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123933. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123933>
- [3] Consilvio, A., De la Fuente, A., Meschke, G., & Martínez, F. (2022). Towards a digital twin-based intelligent decision support system for road maintenance. *Automation in Construction*, 140, 104340. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104340>
- [4] Nautiyal, A., & Sharma, S. (2019). Condition-based maintenance planning of low-volume rural roads using GIS. *International Journal of Pavement Engineering*, 20(9), 1043–1054. <https://doi.org/10.1080/10298436.2017.1408271>
- [5] Kenea, L. M., Alemayehu, G., & Tulu, G. S. (2020). Assessment of asphalt road pavement rehabilitation and maintenance practices: A case study. *Case Studies in Construction Materials*, 13, e00343. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00343>
- [6] Rahmat, H., & Apriani, W. (2018). Analisis tingkat kerusakan jalan dengan metode surface distress index (SDI). *Jurnal Teknik Sipil*, 15(2), 123–131.
- [7] Rafi, F. A., Fanggidae, A., & Polly, Y. T. (2019). Sistem pendeteksi kerusakan jalan aspal menggunakan canny edge detection. *Jurnal Informatika*, 13(1), 45–52.
- [8] Cahyono, M. W. B., Suparma, L. B., & Mulyono, A. T. (2017). Analisis sisa masa layan perkerasan lentur berdasarkan metode mechanistic-empirical pavement design guide (MEPDG). *Jurnal Transportasi*, 17(1), 23–32.
- [9] Sumarsono, A., & Fauziah, M. (2016). Evaluasi kondisi perkerasan jalan dengan metode bina marga dan mekanistik-empirik. *Jurnal Jalan Raya*, 4(1), 15–24.
- [10] Sukastian, I., Despa, D., & Afriani, L. (2018). Analisis faktor-faktor penyebab kerusakan jalan. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(1), 55–63.