

URGENSI MODEL PREDIKSI FWD BERBASIS DATA PCI DAN IRI

Tika Oktaria^{1*}, Leo Sentosa², Gunawan Wibisono²

¹ Magister Teknik Sipil, Universitas Riau, Pekanbaru, Sumatera Barat

² Teknik Sipil, Universitas Riau, Pekanbaru, Sumatera Barat

*Email: tika.oktaria7173@grad.unri.ac.id

Abstrak

Penilaian kondisi perkerasan jalan yang menitikberatkan pada aspek fungsional dan aspek struktural. Pengujian *Falling Weight Deflectometer* (FWD) memberikan data kapasitas struktural yang akurat untuk manajemen aset jalan, namun memerlukan biaya operasional yang tinggi. Hal ini menyebabkan pengumpulan data struktural sering kali kalah cepat dibandingkan survei fungsional seperti *Pavement Condition Index* (PCI) dan *International Roughness Index* (IRI). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara sistematis urgensi pengembangan model integrasi yang mampu menduga nilai FWD berdasarkan data PCI dan IRI sebagai alat deteksi dini kerusakan jalan. Metode yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* (SLR) dengan prosedur terbaik terhadap berbagai studi korelasi perkerasan pada penelitian terdahulu. Hasil sintesis menunjukkan bahwa meskipun korelasi antara PCI dan IRI terbukti kuat dengan nilai R^2 mencapai 0,82, hubungan keduanya terhadap FWD cenderung bersifat moderat dan non-linear. Hal ini disebabkan oleh adanya fenomena *time lag* antara penurunan kondisi struktural di lapisan bawah dengan munculnya kerusakan yang terlihat di permukaan jalan. Kesimpulannya, terdapat celah penelitian (*research gap*) yang krusial untuk membangun model regresi multivariabel yang menggabungkan parameter fungsional secara simultan. Model ini diharapkan dapat mengoptimalkan efisiensi anggaran preservasi jalan melalui identifikasi awal kelemahan struktural tanpa harus bergantung sepenuhnya pada pengujian FWD yang ekstensif.

Kata kunci: FWD, IRI, Model Prediksi, PCI, Perkerasan Jalan

Abstract

Road condition assessments generally focus on functional and structural aspects. Falling Weight Deflectometer (FWD) testing provides accurate structural capacity data for road asset management; however, it entails high operational costs. Consequently, the collection of structural data often lags behind functional surveys such as the Pavement Condition Index (PCI) and the International Roughness Index (IRI). This study aims to systematically examine the urgency of developing an integrated model capable of estimating FWD values based on PCI and IRI data as an early detection tool for road distress. The method employed was a Systematic Literature Review (SLR), applying best-practice procedures to various pavement correlation studies from prior research. The synthesis results showed that while the correlation between PCI and IRI is proven to be strong—with R^2 values reaching 0.82—their relationship with FWD tends to be moderate and non-linear. This is due to the "time lag" phenomenon between the structural deterioration in the lower layers and the appearance of visible distress on the road surface. In conclusion, there is a crucial research gap for building a multivariable regression model that simultaneously incorporates functional parameters. This model is expected to optimize the efficiency of road preservation budgets through the early identification of structural weaknesses without relying entirely on extensive FWD testing.

Keywords: FWD, PCI, IRI, Prediction Model, Flexible Pavement

1. PENDAHULUAN

Sistem Manajemen Perkerasan Jalan yang efektif sangat bergantung pada akurasi data kondisi perkerasan untuk menentukan strategi pemeliharaan yang tepat agar umur rencana perkerasan dapat tercapai [Sentosa dan Roza, 2012]. Dalam praktiknya, penilaian kondisi jalan sering kali dilakukan secara terpisah melalui dua pendekatan utama, yaitu evaluasi fungsional dan evaluasi struktural [Nikolaides, 2014]. Evaluasi fungsional, yang direpresentasikan oleh nilai *Pavement Condition Index* (PCI) melalui survei visual dan *International Roughness Index* (IRI) melalui pengukuran ketidakrataan dengan alat Roughometer NAASRA, lebih umum digunakan karena prosedurnya yang relatif cepat dan ekonomis. Namun, parameter fungsional hanya menggambarkan apa yang terlihat di permukaan jalan dan kenyamanan berkendara, tanpa memberikan informasi komprehensif mengenai kapasitas sisa struktur di bawahnya [Mongisidi dkk., 2023]. Selanjutnya dijelaskan bahwa evaluasi struktural menggunakan *Falling Weight Deflectometer* (FWD) mampu memberikan

gambaran nyata mengenai kekuatan perkerasan terhadap beban lalu lintas. Akan tetapi keterbatasan biaya operasional yang tinggi dan waktu pengujian yang lama sering kali menjadi kendala bagi otoritas jalan dalam melakukan pemantauan secara berkala di seluruh ruas jalan [Wasta dkk., 2019].

Analisis terhadap berbagai studi literatur menunjukkan adanya ketimpangan informasi antara data permukaan dan kondisi struktur perkerasan [Sukendar dan Aschuri, 2022]. Beberapa penelitian sebelumnya telah berhasil membuktikan adanya korelasi kuat antara PCI dan IRI, di mana model eksponensial menunjukkan nilai R^2 mencapai 0.82, yang mengindikasikan bahwa kerusakan permukaan memiliki keterkaitan erat dengan ketidakrataannya jalan [Radwan dkk., 2024]. Namun, ketika parameter tersebut dihubungkan dengan kapasitas struktural (FWD), tingkat signifikansi statistiknya cenderung menurun atau bersifat moderat. Fenomena ini disebabkan oleh kinerja fungsional yang tampak di permukaan tidak selalu mencerminkan kapasitas struktural yang ada di bawah lapisan perkerasan tersebut, penjelasan ini sejalan dengan maksud dari Pusat Preservasi Jalan PUPR (2020) bahwa kerusakan struktur tidak hanya terjadi pada permukaan perkerasan, tetapi juga dapat menjalar hingga lapisan pondasi atas dan pondasi bawah. Sementara itu, penurunan kondisi fungsional yaitu kemampuan jalan dalam melayani lalu lintas dapat terjadi baik dengan maupun tanpa adanya kerusakan struktural.

Meskipun berbagai penelitian telah mencoba memetakan hubungan antara kondisi permukaan dan kekuatan struktur, mayoritas studi masih berfokus pada model univariabel, yaitu hubungan linier sederhana antara IRI-FWD atau PCI-FWD secara terpisah. Keterbatasan utama dari model univariabel ini adalah rendahnya sensitivitas dalam mendeteksi kelemahan struktural pada tahap awal, di mana jalan mungkin terlihat baik secara fungsional namun kapasitas dukungnya sudah mulai terdegradasi secara internal [Sukendar dan Aschuri, 2022].

Celah penelitian (*research gap*) yang krusial ditemukan yaitu belum adanya model integrasi multivariabel yang mensinergikan data visual (PCI) dan data kerataan (IRI) secara simultan untuk menduga nilai defleksi FWD. Sebagaimana dikemukakan oleh Wasta dkk. (2019), korelasi fungsional terhadap struktural sering kali memberikan hasil yang fluktuatif karena parameter permukaan tidak selalu mampu merepresentasikan modulus elastisitas lapisan bawah secara akurat. Tanpa adanya model integrasi ini, instansi pengelola jalan berisiko terlambat dalam melakukan penanganan struktural karena adanya jeda waktu (*time lag*) antara penurunan kekuatan struktur dan kemunculan kerusakan di permukaan [Setyawan dkk., 2015]. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi celah tersebut dengan menekankan urgensi pengembangan model prediksi yang menggabungkan indikator visual dan mekanistik guna menciptakan sistem deteksi dini yang lebih holistik dan efisien secara anggaran.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) untuk mengkaji secara mendalam hubungan antara parameter fungsional (PCI dan IRI) dengan parameter struktural (FWD). Penggunaan metode SLR bertujuan untuk meminimalkan bias dan menyediakan sintesis data yang objektif mengenai urgensi model prediksi multivariabel.

2.1. Strategi Pencarian Literatur

Data yang digunakan dalam kajian ini merupakan data sekunder yang diperoleh melalui penelusuran sistematis pada basis data ilmiah bereputasi, antara lain *Google Scholar*, *Science Direct*, *Scopus*, dan *Garuda*. Kata kunci (*keywords*) yang digunakan dalam pencarian meliputi: "*Pavement Condition Index*", "*International Roughness Index*", "*Falling Weight Deflectometer*", "*Structural Correlation*", dan "*Correlation PCI vs IRI*". Rentang waktu publikasi dibatasi antara tahun 2008 hingga 2026 untuk menangkap perkembangan teknologi evaluasi perkerasan terkini.

2.2. Proses Seleksi Literatur:

Langkah-langkah yang dilakukan untuk proses seleksi literatur adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi: Pencarian awal menghasilkan lebih dari 100 artikel dengan kata kunci terkait pencarian
2. Penyaringan: Artikel disaring berdasarkan kesesuaian judul dan abstrak. Artikel yang tidak membahas korelasi teknis atau hanya berfokus pada satu parameter dieliminasi, menyisakan 50 artikel.
3. Kelayakan: Analisis mendalam dilakukan terhadap naskah lengkap (*full-text*). Kriteria kelayakan utama adalah adanya nilai parameter statistik (seperti R^2 atau koefisien korelasi) dan metodologi pengujian yang jelas. Tahap ini menyisakan 20 artikel.

4. Inklusi: Sebanyak 10 artikel utama dipilih sebagai basis sintesis akhir karena memiliki data korelasi fungsional-struktural yang paling komprehensif dan relevan dengan kondisi jalan nasional maupun internasional.

3. TINJAUAN LITERATUR DAN SINTESIS

Bagian ini menyajikan sintesis dari berbagai studi yang telah dikaji melalui proses *Systematic Literature Review* (SLR). Kajian dilakukan secara sistematis terhadap tiga aspek utama, yaitu: (1) korelasi antara parameter fungsional PCI dan IRI, (2) hubungan antara parameter fungsional dengan kapasitas struktural yang direpresentasikan oleh nilai FWD, serta (3) urgensi pengembangan model prediksi multivariabel sebagai alat deteksi dini kerusakan struktural. Melalui sintesis lintas studi ini, diharapkan dapat teridentifikasi pola hubungan antar parameter sekaligus celah penelitian yang perlu ditindaklanjuti.

3.1. Korelasi Parameter Fungsional (PCI vs IRI)

Tabel 1. Korelasi PCI dan IRI Berdasarkan Penelitian Terdahulu

Peneliti (Tahun)	Hubungan Variabel	Nilai R ²	Temuan Utama
Radwan dkk., (2024)	PCI vs IRI	0.82	IRI dapat digunakan untuk memprediksi PCI secara akurat
Rifai dkk., (2023)	PCI vs IRI	0.27, 0.55, 0.04	PCI dan IRI pada masing-masing ruas jalan berbeda maka model belum bisa digeneralisasikan
Prabowo dkk., (2013)	PCI vs IRI	-0.749	menunjukkan bahwa kedua parameter berkorelasi cukup kuat. Korelasi tersebut menunjukkan korelasi yang berlawanan arah
Ali dkk., (2019)	PCI vs IRI	0.79	menjelaskan Sekitar 79% variasi PCI dapat dijelaskan oleh IRI
Adeli dkk., (2021)	PCI vs IRI	0,75, 0,76, 0,59	menunjukkan adanya hubungan yang cukup kuat antara IRI dan PCI.

Berdasarkan hasil tinjauan terhadap literatur yang dirangkum pada Tabel 1, ditemukan bahwa secara umum terdapat hubungan yang kuat antara PCI dan IRI. Nilai R² sebesar 0,82, yang mengindikasikan bahwa variasi ketidakrataan jalan (IRI) mampu menjelaskan kondisi kerusakan permukaan (PCI) dengan sangat baik [Radwan dkk., 2024]. Hal ini didukung oleh Ali dkk. (2019) yang menyatakan bahwa sekitar 79% variasi PCI dipengaruhi oleh nilai IRI. Namun, temuan Rifai dkk. (2023) memberikan perspektif penting bahwa nilai korelasi ini bersifat fluktuatif (0,04 hingga 0,55) tergantung pada lokasi penelitian. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun secara umum berkorelasi, model prediksi fungsional tidak dapat digeneralisasi tanpa mempertimbangkan karakteristik lokal jalan. Secara teknis, hubungan ini bersifat negatif: semakin tinggi nilai IRI (jalan semakin tidak rata), maka nilai PCI akan semakin menurun (kondisi jalan semakin buruk), sebagaimana dikonfirmasi oleh Prabowo dkk. (2013) dengan koefisien -0,749.

3.2. Korelasi Fungsional Terhadap Struktural

Analisis terhadap korelasi parameter permukaan dengan kekuatan struktur (FWD) menunjukkan hasil yang lebih kompleks dan tidak linier. Sebagaimana disajikan pada Tabel 2, penelitian Sukendar dan Aschuri (2022) serta Khajehvand dkk. (2025) menemukan bahwa korelasi IRI terhadap FWD sering kali berada di bawah 0,5. Hal ini membuktikan adanya "gap" informasi yang signifikan. Rendahnya korelasi ini disebabkan oleh fenomena *time lag* (jeda waktu) di mana kerusakan struktural pada lapisan pondasi bawah sering kali terjadi lebih awal namun tidak langsung terlihat di permukaan jalan. Penemuan Wasta dkk. (2019) mempertegas hal ini, di mana IRI memiliki korelasi yang cukup untuk memprediksi modulus elastisitas lapis permukaan (E1), namun gagal memberikan gambaran akurat untuk lapis pondasi bawah (E2 hingga E4).

Di sisi lain, penelitian Setyawan dkk. (2015) dan Horak (2008) menunjukkan korelasi yang sangat kuat (di atas 0,8) ketika kerusakan sudah mencapai tahap lanjut. Ini berarti, saat jalan sudah rusak parah secara visual (PCI rendah), barulah data fungsional mencerminkan kelemahan struktural. Masalahnya, bagi pengelola jalan, menunggu kerusakan terlihat di permukaan adalah tindakan yang terlambat dan mahal.

Tabel 2. Korelasi Terhadap FWD Berdasarkan Penelitian Terdahulu

Peneliti (Tahun)	Hubungan Variabel	Nilai R2	Temuan Utama
Sukendar dan Aschuri, (2022)	IRI vs FWD	kurang dari 0,5	IRI dan FWD tidak bisa dibandingkan secara langsung.
Khajehvand dkk., (2025)	IRI vs FWD	0.3-0.6	Korelasi antara IRI dan FWD dalam penelitian ini bersifat tidak langsung dan tidak selalu menunjukkan hubungan linier yang kuat
Wasta dkk., (2019)	IRI vs FWD	0.08 - 0.73	IRI memiliki korelasi yang cukup untuk memprediksi modulus elastisitas lapis permukaan (E1) dan E2-E4 kurang berkorelasi
Setyawan dkk., (2015)	PCI vs FWD	0.88	korelasi kuat antara PCI dan sisa umur layan: semakin tinggi nilai PCI, semakin panjang umur layan.
E. Horak (2008)	Visual vs FWD	0.84-0.95	FWD dan Visual terdapat hubungan yang kuat

3.3. Urgensi Model Multivariabel Sebagai Alat Deteksi Dini

Integrasi antara PCI dan IRI sebagai prediktor FWD menawarkan solusi yang lebih holistik. PCI memberikan informasi mengenai jenis kerusakan spesifik (seperti alligator cracking yang mengindikasikan kelelahan struktur), sementara IRI memberikan data mengenai deformasi memanjang akibat penurunan daya dukung secara makro. Dalam model regresi multivariabel, kedua variabel ini saling melengkapi (complementary), sehingga diharapkan mampu meningkatkan nilai signifikansi (R^2) dan menurunkan tingkat kesalahan prediksi (error). Kelemahan model univariabel hanya PCI-FWD atau IRI-FWD adalah rendahnya sensitivitas terhadap deteksi dini. Kelemahan utama model univariabel adalah rendahnya sensitivitas terhadap deteksi dini kerusakan struktural. Oleh sebab itu, dibutuhkan model multivariabel yang mampu memenuhi kebutuhan berikut:

1. Deteksi Dini: Model yang menggabungkan dua variabel akan lebih sensitif dalam menangkap perbedaan. Misalnya, jika IRI mulai meningkat sedikit namun PCI masih terlihat baik, model multivariabel diharapkan dapat memprediksi apakah hal tersebut merupakan indikasi awal pelemahan struktur bawah.
2. Efisiensi Anggaran: Dengan akurasi prediksi yang lebih tinggi, otoritas jalan dapat melakukan *screening* awal pada seluruh jaringan jalan menggunakan data IRI/PCI yang murah. Pengujian FWD yang mahal hanya perlu difokuskan pada titik-titik yang diprediksi oleh model memiliki kelemahan struktural kritis.
3. Manajemen Aset yang Proaktif: Model ini mendukung transisi dari pemeliharaan korektif (memperbaiki yang sudah rusak) menjadi pemeliharaan preventif (mencegah kerusakan struktur meluas), yang secara jangka panjang akan menghemat anggaran negara secara signifikan.

Secara keseluruhan, sintesis dari seluruh literatur yang dikaji menunjukkan adanya pola yang konsisten: parameter fungsional (PCI dan IRI) memiliki kemampuan yang memadai untuk menggambarkan kondisi permukaan, namun belum cukup untuk merepresentasikan kondisi struktural secara komprehensif, khususnya pada fase awal degradasi. Kekuatan korelasi fungsional-struktural baru terlihat signifikan ketika kerusakan telah mencapai tahap lanjut, yang justru menandakan bahwa tindakan penanganan sudah terlambat dilakukan.

Oleh karena itu, pengembangan model prediksi multivariabel yang mengintegrasikan PCI dan IRI secara simultan merupakan langkah strategis yang mendesak, tidak hanya untuk meningkatkan akurasi estimasi kondisi struktural, tetapi juga untuk mendukung sistem manajemen perkerasan yang lebih efisien, preventif, dan tepat sasaran.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil tinjauan literatur sistematis terhadap hubungan parameter fungsional dan struktural perkerasan jalan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

1. Hubungan Parameter Fungsional: Terdapat korelasi yang signifikan dan kuat antara *International Roughness Index* (IRI) dan *Pavement Condition Index* (PCI). Nilai ketidakrataan jalan yang tinggi secara konsisten merepresentasikan penurunan kondisi permukaan jalan secara visual. Namun, efektivitas prediksi model fungsional ini sangat dipengaruhi oleh faktor lokalitas ruas jalan, yang menyebabkan nilai R^2 bervariasi antara satu wilayah dengan wilayah lainnya.
2. Kesenjangan Data Struktural-Fungsional: Parameter fungsional (PCI dan IRI) belum mampu secara mandiri menggambarkan kondisi struktural jalan (FWD) secara linear dan akurat, terutama pada tahap awal kerusakan. Hal ini disebabkan oleh fenomena time lag, di mana degradasi kapasitas struktural di lapisan pondasi sering kali mendahului kemunculan kerusakan pada permukaan jalan. Korelasi yang kuat terhadap FWD biasanya baru terlihat ketika perkerasan telah mencapai tahap kerusakan lanjut.
3. Urgensi Model Multivariabel: Terdapat kebutuhan mendesak untuk mengembangkan model regresi multivariabel yang mengintegrasikan PCI dan IRI secara simultan sebagai prediktor nilai FWD. Model integrasi ini diharapkan memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dalam mendeteksi penurunan kekuatan struktural lebih awal dibandingkan model univariabel konvensional.
4. Implikasi bagi Pengelola Jalan: Pemanfaatan model prediksi berbasis data fungsional dapat menjadi alat skrining awal yang krusial. Hal ini memungkinkan otoritas jalan untuk menentukan prioritas ruas jalan yang memerlukan pemeriksaan FWD secara lebih selektif, sehingga mampu mengoptimalkan efisiensi anggaran pemeliharaan serta mendukung strategi preservasi jalan yang lebih preventif dan tepat sasaran.

Sebagai tindak lanjut dari penelitian ini, disarankan bagi peneliti selanjutnya untuk melakukan studi komprehensif dengan mengintegrasikan data PCI, IRI, dan FWD yang diambil pada tahun dan ruas jalan yang sama guna memperoleh gambaran kondisi perkerasan yang lebih sinkron dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeli, S., Najafi Moghaddam Gilani, V., Kashani Novin, M., Motesharei, E., & Salehfard, R. (2021). Development of a Relationship between Pavement Condition Index and International Roughness Index in Rural Road Network. *Advances in Civil Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6635820>
- Ali, A., Hossain, K., Hussein, A., Swarna, S., Dhasmana, H., & Hossain, M. (2019). Towards development of PCI and IRI models for road networks in the city of St. John's. *Airfield and Highway Pavements 2019: Design, Construction, Condition Evaluation, and Management of Pavements - Selected Papers from the International Airfield and Highway Pavements Conference 2019*, 5, 335–342. <https://doi.org/10.1061/9780784482452.033>
- Horak, E. (2008). Benchmarking the structural condition of flexible pavements with deflection bowl parameters. *Journal of the South African Institution of Civil Engineering*, 50(2), 2–9.
- Khajehvand, M., Mamun, A. Al, Nantung, T., Cho, S., & Haddock, J. E. (2025). JOINT TRANSPORTATION Performance Acceptance and Performance Monitoring of Pavement Using Falling Weight Deflectometer (FWD) and International Roughness Index (IRI). <https://doi.org/10.5703/1288284317877>
- Mongisidi, E. D., Waani, J. E., & R. L. I. L. (2023). Penentuan Biaya Preservasi Berdasarkan Analisa Nilai Pemicu IRI PCI dan Lendutan Perkerasan pada Jalan Nasional di Sulawesi Utara. 5(2), 93-105. *Jurnal Teknik Sipil Terapan (JTST)*.
- Nikolaides, A. (2014). Highway Engineering: Pavements, Materials and Control of Quality. In *Highway Engineering: Pavements, Materials and Control of Quality*. <https://doi.org/10.1201/b17690>

- Prabowo, G. A., Rahmawati, V. D., Djakfar, L., (2013). Studi Hubungan Antara Nilai Kerusakan Permukaan Jalan (PCI) Dengan Nilai Ketidakrataaan Jalan (IRI) (Studi Kasus: Jalan Provinsi Di UPT Mojokerto). *Jurnal Civitas ...*. Retrieved from <https://www.academia.edu/download/40863533/JURNAL.pdf>
- Pusat Pengembangan Kompetensi Jalan, Perumahan, dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah. (2020). *Modul 16: Preservasi jalan*. Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Radwan, M. M., Mousa, A., & Zahran, E. M. M. (2024). Enhancing Pavement Sustainability: Prediction of the Pavement Condition Index in Arid Urban Climates Using the International Roughness Index. *Sustainability (Switzerland)*, 16(8). <https://doi.org/10.3390/su16083158>
- Rifai, M., Setyawan, A., Handayani, F. S., & Arun, A. D. (2023). Evaluation of functional and structural conditions on flexible pavements using pavement condition index (PCI) and international roughness index (IRI) methods. *E3S Web of Conferences*, 429. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342905011>
- Sarimuda Wasta, A., Fauziah, M., & Subarkah, S. (2019). Model Hubungan Antara Kondisi Fungsional Dan Kondisi Struktural Sebagai Estimasi Kondisi Perkerasan Pada Jalan Nasional di Sulawesi Selatan dan Kalimantan Selatan. *Teknisia*, XXIV(1), 37–45. <https://doi.org/10.20885/teknisia.vol24.iss1.art4>
- Sentosa, L., & Roza, A. A. (2012). Analisis dampak beban overloading kendaraan pada struktur rigid pavement terhadap umur rencana perkerasan (studi kasus ruas jalan simp lago–sorek km 77 s/d 78). *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 19(2), 161-168.
- Setyawan, A., Nainggolan, J., & Budiarto, A. (2015). Predicting the remaining service life of road using pavement condition index. *Procedia Engineering*, 125, 417–423. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.108>
- Sukendar, I. R., & Aschuri, I. (2022). Evaluasi Kondisi Perkerasan Dan Umur Sisa Perkerasan Lentur Berdasarkan Data Falling Weight Deflectometer (Fwd). *Prosiding FTSP Series*, 51-56.

LAMPIRAN

Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Prabowo, G.A. et al (2013)	Studi hubungan antara nilai kerusakan permukaan jalan (pci) dengan nilai ketidakrataaan jalan (iri) (studi kasus : jalan provinsi di upt mojokerto)	$R^2 = -0.749$ menunjukkan bahwa kedua parameter berkorelasi cukup kuat. Korelasi tersebut menunjukkan korelasi yang berlawanan arah
Adeli, S. et al (2021)	Development of a Relationship between Pavement Condition Index and International Roughness Index in Rural Road Network	$R^2 = 0.75, 0.76, 0.59$ menunjukkan adanya hubungan yang cukup kuat antara IRI dan PCI.
Ali, A. et al (2019)	Towards development of PCI and IRI models for road networks in the City of St. John's	$R^2 = 0.79$. menjelaskan Sekitar 79% variasi PCI dapat dijelaskan oleh IRI
Radwan et al 2024	Enhancing Pavement Sustainability: Prediction of the Pavement Condition Index in Arid Urban Climates Using the International Roughness Index	$R^2 = 0.82$. IRI dapat digunakan untuk memprediksi PCI secara akurat
Khajehvand et al 2025	Performance Acceptance and Performance Monitoring of Pavement Using Falling Weight Deflectometer (FWD) and International Roughness Index (IRI)	$R^2 = 0.3-0.6$.
Androsario Sarimuda Wasta 2019	Model Hubungan Antara Kondisi Fungsional Dengan Kondisi Struktural Sebagai Estimasi Kondisi Perkerasan Pada Jalan Nasional Di Sulawesi Selatan Dan Kalimantan Selatan	Nilai kekasaran permukaan (IRI) cenderung memiliki korelasi yang kuat dengan Modulus Elastisitas pada Lapis Permukaan (E1), terutama di Sulawesi Selatan, namun korelasinya melemah hingga sangat lemah untuk lapisan di bawahnya (E3 dan E4).

Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Muji Rifai dkk 2023	Evaluation of functional and structural conditions on flexible pavements using pavement condition index (PCI) and international roughness index (IRI) methods	Hasil PCI: Jalan Lingkar Timur Kudus: 57.05. Jalan Lingkar Pati: 60.57. Jalan Wangon-Menganti: 78.35. Hasil IRI: Jalan Lingkar Timur Kudus: 5,16. Jalan Lingkar Pati: 4,94. Jalan Wangon-Menganti: 4,64. Korelasinya: Kudus: Korelasi lemah (nilai 0.2754), Pati: Korelasi sedang (nilai 0.5534), Wangon-Menganti: tidak ada korelasi (nilai 0.0435).
Dadang Iskandar, Leni Sriharyani 2021	Soft computing penilaian kondisi perkerasan jalan Berbasis artificial neural networks	Perhitungan yang dilakukan ANN menunjukkan bahwa pemeliharaan harus diprioritaskan untuk beberapa section dengan nilai terkecil 66,03. Hasil yang sebanding dengan metode PCI konvensional yaitu 65,70 sehingga dapat disimpulkan bahwa perhitungan lunak ANN dapat menjadi alternatif dalam memprediksi kerusakan jalan dengan prosedur yang lebih sederhana.
Apriyadi dwi widodo 2018	Evaluasi kondisi perkerasan dan prediksi sisa umur Perkerasan lentur dengan metode pavement condition Index, bina marga dan metode mekanistik- empirik dengan Program kenpave	Nilai PCI sebesar 60,6 kondisi baik (<i>good</i>), IRI dan SDI masih tergolong baik. Sisa prediksi umur layanan akibat deformation pada beban standar pada tahun ke-1 sebesar 75,86% dan akan tersisa sebesar 16,08% pada pertengahan tahun ke-4.
E. Horak 2008	benchmarking the structural condition of flexible pavements with deflection bowl parameters	Korelasi antara deflection bowl dan Surface Modulus sangat kuat R^2 antara 0,84 – 0,95. kombinasi parameter defleksi FWD dan survei visual dapat: Mengidentifikasi segmen jalan yang lemah atau rusak Menentukan lapisan mana yang menjadi sumber utama kerusakan Membantu memprioritaskan lokasi untuk investigasi lebih detail
Dr. Eng. Aleksander Purba, S.T., M.T. dkk	Analisa perbandingan nilai kondisi perkerasan jalan nasional dengan metode pavement condition index (pci) dan aplikasi road asset management system (rams)	Kedua metode (manual & RAMS) sama-sama menunjukkan kondisi jalan masih baik, namun RAMS lebih detail karena mempertimbangkan IRI, FWD, LHR, serta riwayat pemeliharaan.
Ilham ramdani sukendar, imam aschuri 2022	Evaluasi kondisi perkerasan dan umur sisa Perkerasan lentur berdasarkan data Falling weight deflectometer (fwd)	Secara umum masih baik , Umur sisa rata-rata jalan hanya 3 tahun maka diperlukan overlay segera agar tetap layak digunakan. Nilai koefisien determinasi (R^2) < 0,5 artinya kondisi (IRI) dan (FWD) tidak dapat langsung dibandingkan. Jadi, kedua metode harus digunakan bersama-sama untuk evaluasi yang lebih akurat.
Dede Kurniawan dan Muhamad Abdul Hadi 2024	Kolaborasi metode empiris dan mekanistik-empiris guna identifikasi dan evaluasi kinerja perkerasan jalan	PCI disarankan major maintenance . SDI disarankan untuk rehabilitasi (overlay/perkuatan/penggantian) . Umur pelayanan jalan tidak memenuhi umur rencana 20 tahun . Desain alternatif Struktur: AC-WC 4 cm, AC-BC 6 cm, AC-Base 16 cm, LPA A 30 cm .
Eucharis D. Mongisidil ,dkk 2023	Penentuan biaya preservasi berdasarkan analisa nilai Pemicu iri pci dan lendutan perkerasan pada jalan nasional di sulawesi utara	IRI dan PCI serta Lendutan dan Modulus Elastisitas menunjukan hasil yang relatif sama. Biaya Preservasi Total: berdasarkan IRI Rp34,275,452,571 . Analisis fungsional (IRI + PCI): Rp37,488,723,429 → selisih - Rp3,213,270,857. Analisis struktural (lendutan + modulus): Rp105,461,940,000 → selisih - Rp71,186,487,429
Aries Yunus, dkk 2022	Analisis penentuan penanganan jalan nasional metode International	Hasil dengan Metode IRI dan PCI hampir sama-sama di kategori mantap. Rekomendasi

Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
	roughness index (iri) dan pavement condition Index (pci)	penanganan: Total 9 km perlu rehabilitasi , sedangkan 19,41 km cukup dengan pemeliharaan rutin.
Rizal Hafel dkk 2023	Penaksiran kerusakan jalan dengan metode pavement condition index berbasis spasial	Kondisi umum jalan masih baik dengan nilai PCI rata-rata 94,69 tetapi terdapat segmen-segmen kritis yang butuh perbaikan. Integrasi PCI + SIG sangat efektif untuk pemetaan kondisi jalan, mempermudah penentuan prioritas pemeliharaan dan pengambilan keputusan teknis
Septi Adnan dkk. 2021	Prediksi Kerusakan Permukaan Perkerasan Jalan Lentur Berdasarkan Metode HDM-4	Hasil menunjukkan kerusakan permukaan perkerasan mendekati 30% dari total luas kerusakan, mengindikasikan perlunya tindakan penanganan pada jalan tersebut. Model prediksi ini berfungsi memberikan informasi untuk menyusun program pemeliharaan yang tepat pada kerusakan jaringan jalan
La Hasrudin, Indra Maha 2024	Analisis penilaian kondisi perkerasan jalan dengan metode pci (pavement condition index), sdi (surface distress index) dan iri (international roughness index)	Hasil penelitian kondisi perkerasan jalan metode SDI dengan data IRI (data sekunder) menggunakan grafik dapat ditemukan grafik yang bersinggungan, sehingga metode SDI dan IRI disandingkan dalam menentukan kriteria kinerja jalan dan dapat dijadikan acuan sebagai bahan rekomendasi penanganan jalan.
Muhammad Wardan B. Cahyono 2022	Analisis sisa masa layan perkerasan lentur berdasarkan prediksi kerusakan dengan metode mepdg dan prediksi nilai kondisi perkerasan	Ruas Pakem–Prambanan memiliki sisa masa layan terpanjang menurut kedua metode (MEPDG & PCI). Ruas Milir–Sentolo paling cepat mengalami kerusakan sehingga butuh prioritas pemeliharaan.MEPDG + PCI dapat menjadi kombinasi metode yang efektif untuk prediksi masa layan jalan dan penyusunan rencana pemeliharaan.
Putu Budiarnaya, dkk 2021	Analisa kerusakan dan anggaran perbaikan jalan menggunakan metode pavement condition index (pci)	Kondisi ruas jalan tergolong sedang dengan rata-rata PCI 44,8%.. Perbaikan yang direkomendasikan mencakup rekonstruksi, patching, <i>overlay</i> , dan pemeliharaan rutin sesuai tingkat kerusakan segmen dengan dana sekitar Rp 1,17 miliar
Ary Setyawan dkk. 2015	Predicting the Remaining Service Life of Road Using Pavement Condition Index	$y = 4,1872 \ln(x) - 14.728$, dengan $r = 0,88$, korelasi kuat. ada hubungan yang kuat antara PCI dan umur sisa jalan: semakin tinggi nilai PCI, semakin panjang umur sisa.
Rafi Sugema & Robi Maulana 2024	analisis Perbandingan Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Metode AASHTO 1993 dan MDP 2024 dalam Konteks Kebijakan Transportasi Berkelanjutan	AASHTO 1993 terlalu konservatif → menghasilkan desain lebih tebal, boros material, dan berdampak lebih besar pada lingkungan MDP 2024 lebih tepat untuk Indonesia: efisien, ramah lingkungan, mendukung <i>circular economy</i> , dan mengurangi emisi karbon. MDP 2024 sebaiknya digunakan sebagai standar utama di Indonesia, dengan catatan perlu penguatan data geoteknik dan penerapan teknologi daur ulang secara luas.
Hesti Ratnasari & Latif Budi Suparma 2021	Prediksi Present Serviceability Index untuk Analisis Sisa Umur Layan Perkerasan Lentur	Perkerasan telah mencapai terminal <i>serviceability</i> pada tahun ke-5,2 dan memerlukan penguatan. Hasil prediksi nilai Present Serviceability Index dengan penanganan overlay setebal 10 cm pada tahun ke-5,2 menunjukkan bahwa terminal <i>serviceability</i> tercapai pada tahun ke-9,5, sehingga menambah umur layan jalan sebesar 4,3 tahun.

Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Hasna Aulia Rahma, Riza Phahlevi Marwanto, dan Yogi Oktopianto 2025	valuasi Kondisi Permukaan Jalan Metode Pavement Condition Index dalam Meningkatkan Keselamatan pada Ruas Penghubung Weleri-Sukorejo	Jenis kerusakan yang paling dominan ditemukan pada <i>potholes</i> (29%) dan <i>polished aggregate</i> (24%) menjadi kerusakan utama, disebabkan oleh overloading, keausan permukaan, dan ketidaksesuaian material.
Melvin Hilman Aqil & Anik Budiati 2025	Perencanaan perkerasan kaku pada ruas Jalan tulangan – kludan menggunakan mdp 2024	Desain <i>rigid pavement</i> menghasilkan ketebalan 280 mm dengan pondasi bawah 150 mm. sambungan dan tulangan memenuhi standar MDP 2024
M. Sa'dillah, Galih Damar Pandulu, dan Moh Hasan Basri 2024	Analisis kerusakan jalan Berdasarkan metode iri (international roughnees Index) dan pci (pavement Condition index)	PCI cenderung menilai kondisi lebih baik, sementara IRI lebih ketat karena berbasis kerataan permukaan.
Subagio dkk. 2003	Analisis Struktur Perkerasan Multi-Layer Menggunakan Program Komputer ELMOD	Umur rencana 20 tahun tidak tercapai; dalam 5 tahun (1995) perkerasan sudah perlu overlay karena beban aktual lebih besar dari rencana.
Frisky Ridwan A.Melania Care,dkk 2012	Evaluasi Kondisi Struktural Perkerasan Lentur Menggunakan Metoda AASHTO 1993 Studi Kasus: Ruas Ciasem-Pamanukan (Pantura)	Jalan Nasional PANTURA membutuhkan program pemeliharaan yang sangat intensif setiap tahun karena volume lalu lintas yang tinggi dan nilai <i>Truck Factor</i> yang sangat besar pada beberapa kendaraan berat.
Fitri Oktavia Tanjung, dkk 2023	Analisis Kondisi Jalan Perkerasan Lentur Berdasarkan Prediksi Umur Sisa Menggunakan Metode AASHTO 1993 serta Analisis Kerusakan Lapis Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Horack	Umur sisa jalan habis (0 tahun). Analisis Horack menguatkan hasil AASHTO: kondisi lapis rusak berat, terutama di subbase. Kedua metode saling melengkapi AASHTO menilai umur sisa (struktural), Horack menunjukkan lokasi kerusakan lapis.
Muhammad Azrul Ikhsani, dkk 2021	Analisis kondisi perkerasan jalan metode iri dan rci Menggunakan aplikasi roadroid jalan kubangraya, Pekanbaru	Jalan Kubangraya masuk kategori rusak berat menurut RCI, meskipun masih bisa dilalui. Nilai IRI tinggi menunjukkan kerataan buruk. Perbaikan berkala dan rekonstruks
Leo Sentosa & Asri Awal Roza 2012	Analisis Dampak Beban Overloading Kendaraan pada Struktur Rigid Pavement Terhadap Umur Rencana Perkerasan (Studi Kasus Ruas Jalan Simp Lago-Sorek Km 77-78)	Kelebihan muatan rata-rata: 17,98%. Skenario 1: 80,69% (masih panjang). Skenario 2: 84,62% (lebih panjang dari desain karena volume berkurang). Skenario 3: 54,75% → umur sisa lebih pendek, turun 25,94%.
Habibah Ajeng Fibrian	Prediksi sisa umur perkerasan lentur berdasarkan international Roughness index (iri) dan lalu lintas harian rata-rata (lhr).	Sisa umur perkerasan lentur berdasarkan IRI sebesar 0.62 tahun atau sekitar 7.44 bulan dan perlu dilakukan pemeliharaan rutin setiap 7.44 bulan. Berdasarkan LHR dengan umur 20 tahun, sisa umur 19,541 tahun pada tahun 2039. Agar kondisi jalan tetap baik maka diperlukan pemeliharaan rutin.
Daniel Aviyanto Pratama. Dkk 2017	Evaluasi nilai kondisi perkerasan jalan nasional Dengan metode pavement condition index (pci) dan Metode falling weight deflectometer (fwd)	Metode PCI pada ruas Klaten-Prambanan didapat nilai 64,45, termasuk dalam kategori fair. Hasil perhitungan metode FWD didapat nilai lendutan wakil (Dwakil) keseluruhan segmen sebesar 0,2811 mm, dengan usulan pemilihan jenis penanganan yaitu rekonstruksi pada perkerasan tersebut.
Anita Rahmawati, dkk 2020	Evaluasi tebal perkerasan lentur akibat beban berlebih Dengan metode austroads menggunakan program circly 6.0	Desain Tebal Perkerasan (CBR 5%, umur rencana 20 tahun): Beban standar:Lapis permukaan (aspal): 17,5 cm, Lapis pondasi atas: 10 cm, Lapis pondasi bawah: 25 cm Beban berlebih: Lapis permukaan (aspal): 22,5 cm, Lapis pondasi atas: 10 cm,Lapis pondasi bawah: 20 cm Dari <i>Program Circly 6.0</i> dapat diketahui bahwa desain memenuhi standar ditandai dengan nilai <i>Cumulative Damage Factor</i> (CDF) ≤ 1

Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Muhammad Djaya Bakri 2025	Alternatif Tebal Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Metode MDP 2024 untuk Jalan Lingkungan Kampus Universitas Borneo Tarakan	Lapisan HRS-WC 30 mm, HRS-Base 35 mm, Lapis Fondasi Agregat Kelas A 250 mm, Lapis Fondasi Agregat Kelas B 150 mm, dan timbunan pilihan 400 mm. Hasil MDP 2024 berpotensi mendukung efisiensi material dan kemudahan implementasi desain.
Fadhli rusdiansyah, barkah wahyu widianto 2023	Evaluasi Kondisi dan Sisa Umur Perkerasan Lentur Berdasarkan International Roughness Index (IRI) dan Falling Weight Deflectometer (FWD) Pada Ruas Jalan Cinunuk – Cileunyi Kulon Kabupaten Bandung	Berdasarkan nilai IRI berkondisi baik dan memerlukan penanganan pemeliharaan rutin. Berdasarkan hasil lendutan FWD membutuhkan lapis tambah (<i>overlay</i>) dan jalan tersebut memiliki umur sisa perkerasan sebesar 2 tahun.