

Evaluasi Kondisi Perkerasan Lentur Jalan Magelang Km 7 – 9 Menggunakan Metode PCI dan Bina Marga 2024 dengan Pendekatan Mekanistik Empirik

Wangga Ardiputra¹, Miftahul Fauziah²

¹Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Abstract The Magelang KM 7–9 roadway connecting Yogyakarta and Magelang is an arterial road with high traffic volumes, making it susceptible to pavement deterioration and performance decline. Increases in traffic loading and environmental factors have led to various surface distresses that can affect user comfort and safety. Therefore, a comprehensive evaluation of pavement condition and performance is necessary as a basis for determining appropriate treatment measures. This study aims to evaluate the functional condition and structural performance of flexible pavements using the Pavement Condition Index (PCI) method and the 2024 Bina Marga method based on a mechanistic–empirical approach. The PCI method was applied to identify and assess pavement surface distress in terms of type, severity, and extent. Meanwhile, the 2024 Bina Marga guideline issued by the Ministry of Public Works and Public Housing was used to analyze pavement structural capacity, remaining service life, and overlay thickness requirements. The results indicate that pavement condition is classified as good, with PCI values of 64.9 in the direction toward Magelang and 64.25 in the direction toward Yogyakarta. The maximum strain–stress response occurred at a depth of 19.998 cm. The estimated allowable repetition of loads for rutting damage is 13,465,609 ESAL, for fatigue cracking 183,344,713 ESAL, and for deformation 4,371,054 ESAL. Predicted remaining life due to deformation under equivalent standard loading in the first year is 56.88% and is exhausted by year 3. For rutting, remaining life in the first year is 86.00% and is exhausted by year 6. For fatigue cracking, remaining life in the first year is 98.97% and remains 80.46% at year 10. Because the cumulative ESA4 exceeds 10,000,000, the AASHTO 1993 equation was used, producing a required overlay thickness of 6 cm at station 4500 in the direction toward Yogyakarta, with a subgrade CBR value of 4.7%.

Keyword: PCI, Bina Marga 2024, mechanistic empirical, flexible pavement, pavement condition.

Abstrak Ruas jalan Magelang KM 7 – 9 yang menghubungkan Yogyakarta dan Magelang merupakan salah satu jalan arteri dengan tingkat lalu lintas yang tinggi, sehingga rentan mengalami penurunan kondisi dan kinerja perkerasan. Peningkatan beban lalu lintas serta faktor lingkungan menyebabkan timbulnya berbagai kerusakan permukaan yang dapat mempengaruhi kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan. Oleh karena itu diperlukan evaluasi kondisi dan kinerja perkerasan secara komprehensif sebagai dasar dalam menentukan penanganan yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi fungsional dan kinerja struktural perkerasan lentur menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI) dan metode Bina Marga 2024 berbasis pendekatan mekanistik – empirik. Metode PCI digunakan untuk mengidentifikasi dan menilai tingkat kerusakan permukaan jalan berdasarkan jenis, tingkat, dan luas kerusakan. Sementara itu Bina Marga 2024 yang di keluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat digunakan untuk menganalisis kapasitas struktural perkerasan, sisa umur layanan, serta kebutuhan tebal lapis tambah (*overlay*). Hasil penelitian menunjukkan nilai kondisi perkerasan tergolong baik (*good*) dengan nilai PCI sebesar 64,9 Arah ke Magelang dan 64,25 Arah ke Yogyakarta. Respon tegangan regangan maksimum pada kedalaman 19,998 cm dengan repetisi beban pada kerusakan *rutting* yang mampu di tanggung sebesar 13.465.609 ESAL *fatigue cracking* sebesar 183.344.713 ESAL , dan *deformation* sebesar 4.371.054 ESAL. Sisa prediksi umur akibat *deformation* pada beban standar pada tahun pertama sebesar 56,88 % dan akan habis pada tahun ke 3. Pada *Rutting* untuk tahun pertama sebesar 86,00 % dan akan habis pada tahun ke 6, dan pada *fatigue cracking* untuk tahun pertama sebesar 98,97% dan tersisa di tahun ke 10 sebesar 80,46%. Hasil perhitungan Bina Marga 2024 dikarenakan jumlah kumulatif ESA4 lebih dari 10.000.000 maka menggunakan persamaan AASHTO 1993 dimana menghasilkan tebal lapis tambah perkerasan pada stasiun 4500 arah ke Yogyakarta sebesar 6 cm dengan nilai CBR tanah dasar sebesar 4,7%.

Kata Kunci: PCI, Bina Marga 2024, mekanistik empirik, perkerasan lentur, kondisi perkerasan.

1. Pendahuluan

Metode evaluasi kondisi kerusakan perkerasan jalan yang digunakan adalah metode *Pavement Condition index (PCI)*, yang dikembangkan oleh *U.S. Army Corps of Engineering*. Metode ini memberikan nilai indeks kondisi perkerasan dalam rentang 0 – 100 berdasarkan jenis, tingkat kerusakan, dan luas kerusakan yang terjadi (Shahin, 2005). Nilai PCI kemudian digunakan untuk mengklasifikasikan kondisi kerusakan jalan serta menentukan penanganan pemeliharaan yang tepat.

Di Indonesia evaluasi dan perencanaan perkerasan jalan mengacu pada pedoman teknis yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga, salah satunya adalah Metode Bina Marga 2024. Metode ini menggunakan pendekatan berbasis beban lalu lintas dengan satuan beban sumbu ekuivalen kumulatif (*Cumulative Equivalent Single Axle Load*) memberikan pertimbangan kondisi struktur perkerasan eksisting dalam menentukan kebutuhan perkuatan berupa lapis tambahan (*overlay*) atau rekonstruksi. Namun metode ini belum bisa sepenuhnya mengintegrasikan kondisi visual permukaan perkerasan secara langsung dalam analisisnya.

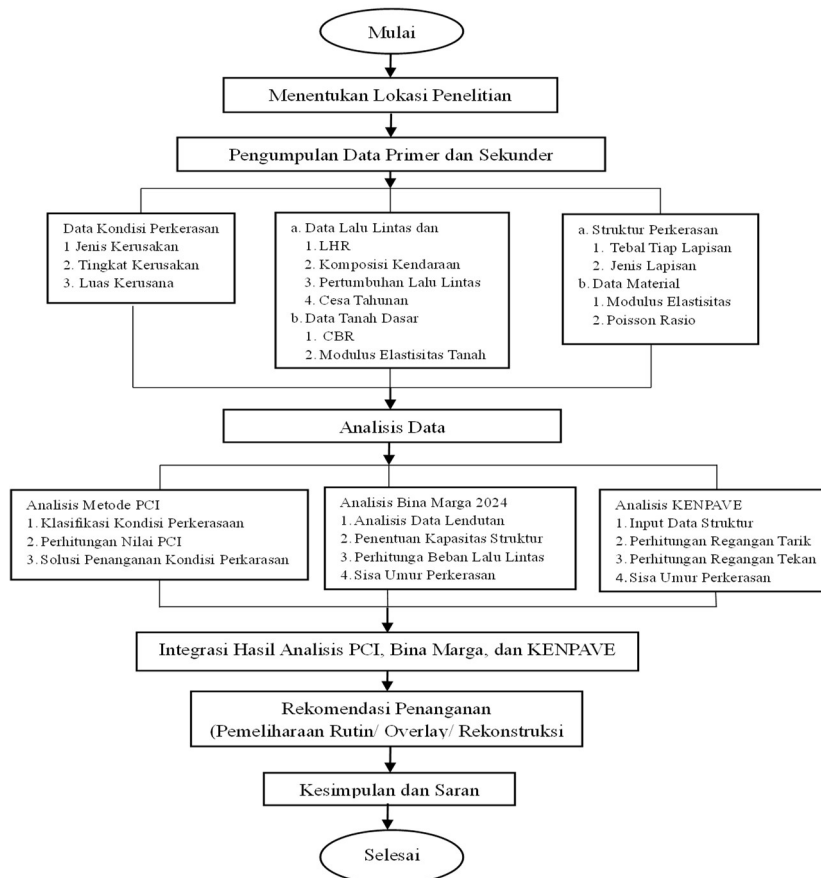
Metode Mekanistik empirik merupakan metode yang lebih komprehensif karena menggabungkan teori mekanika bahan dan data empiris dalam menganalisis respon struktur perkerasan terhadap beban lalu lintas. AASHTO (1993) dan Huang (2004) menjelaskan bahwa parameter utama dalam metode ini adalah regangan tarik pada lapisan aspal yang berkaitan dengan kerusakan lelah (*fatigue cracking*) serta regangan tekan pada permukaan tanah dasar yang berkaitan dengan kerusakan deformasi permanen (*rutting*). Pendekatan ini umumnya dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak seperti *KENPAVE* untuk memperoleh gambaran kinerja struktural perkerasan secara lebih akurat. Penelitian ini mengintegrasikan metode *PCI*, Metode Bina Marga 2024, dan Metode mekanistik – empirik dalam satu analisis masih belum terlalu banyak terutama dilakukan untuk mengevaluasi kondisi perkerasan pada Ruas jalan Magelang Km 7 – 9. Oleh karena itu penelitian ini diharapkan dapat memberikan hasil gambaran kondisi perkerasan secara menyeluruh, menentukan sisa umur layan, serta menghasilkan rekomendasi penanganan yang tepat, efektif, dan efisien sesuai dengan kondisi lapangan dan standar yang berlaku. *Pavement Condition Index (PCI)* adalah salah satu sistem penilaian kondisi perkerasan jalan berdasarkan jenis, tingkat kerusakan yang terjadi, dan dapat digunakan sebagai acuan dalam usaha pemeliharaan. (Hadiyatmo, 2007). Nilai *PCI* ini memiliki rentang 0 (nol) sampai 100 (seratus) dengan kriteria sempurna (*excellent*), sangat baik (*very good*), baik (*good*), sedang (*fair*), jelek (*poor*), sangat jelek (*very poor*), dan gagal (*failed*). Adapun penilaian kondisi kerusakan dengan menggunakan metode *Pavement Condition Index* yaitu dengan meneliti *rating* kondisi perkerasan berdasarkan metode *PCI*.

Metode Bina Marga 2024 merupakan pedoman terbaru yang digunakan dalam evaluasi dan perencanaan perkerasan jalan di Indonesia yang disusun oleh Direktorat Jenderal Bina Marga sebagai standar nasional yang mengakomodasi perkembangan ilmu rekayasa modern. Pendekatan yang digunakan dalam Metode ini bersifat mekanistik empirik, yaitu menggabungkan analisis respons struktur perkerasan terhadap beban lalu lintas dengan hubungan empiris berdasarkan kinerja lapangan. Parameter utama yang dianalisis meliputi beban lalu lintas yang dinyatakan dalam satuan *Cumulative Equivalent Standard Axle (CESA)*, karakteristik material lapisan perkerasan, kondisi tanah dasar, serta pengaruh faktor lingkungan.

Metode mekanistik empirik merupakan pendekatan analisis perkerasan jalan menggabungkan pengamatan di lapangan dengan analisa perhitungan untuk memprediksi kinerja dan umur pelayanan perkerasan jalan, dan mampu menggambarkan respon struktur lapisan perkerasan terhadap beban lalu lintas dan kondisi lingkungan secara baik. Secara tahapannya analisis dilakukan dengan menghitung respon struktur perkerasan jalan terhadap beban kendaraan seperti tegangan (*stress*), regangan (*strain*), dan Lendutan (*deflection*). Respon kritis struktur perkerasan jalan terhadap beban biasanya berupa regangan tarik horizontal di bawah lapisan aspal yang mengakibatkan kerusakan berupa retak lelah/ *fatigue cracking* , serta regangan tekan vertikal di atas tanah dasar yang mengakibatkan kerusakan berupa deformasi permanen/ *rutting*. Dalam praktiknya analisis mekanistik empiris biasanya menggunakan perangkat lunak berupa KENPAVE, yang dikembangkan berdasarkan teori elastis multi lapis Yang H. Huang. Dalam evaluasi kondisi perkerasan jalan metode mekanistik empiris digunakan untuk melengkapi penilaian visual berupa metode PCI dan Bina Marga 2024.

2. Metode Penelitian

Secara umum, penelitian ini dilakukan dalam 6 tahap: pencarian referensi, identifikasi masalah, lokasi penelitian, pengambilan data, pengolahan data, dan analisis data. Bagan alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Proses penelitian dimulai dengan pengumpulan data, jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Data Primer diperoleh melalui survei langsung di lapangan menggunakan metode PCI atau *Pavement Condition Index*, yang bertujuan untuk mengevaluasi kondisi fungsional permukaan perkerasan jalan secara visual dan terukur, Data sekunder diperoleh dari instansi terkait yaitu Direktorat Jenderal Bina Marga berikut jenis data sekunder yang dikumpulkan: data lalu lintas harian rata – rata (LHR), data komposisi kendaraan, data sumbu kendaraan, data pertumbuhan lalu lintas, data struktur perkerasan eksisting, data tanah dasar.

Penelitian dilakukan tepatnya pada ruas jalan Magelang sepanjang 2 kilometer yang terletak di Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Denah Lokasi dan kondisi perkerasan ruas Jalan Magelang KM 7 – 9 dapat dilihat pada. Proses penelitian dimulai dengan pengumpulan data, jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer. Data primer yang dibutuhkan meliputi kondisi perkerasan jalan pada tahun 2026 berdasarkan hasil penilaian Indeks Kondisi Perkerasan (PCI) dan data sekunder yang diperoleh dari Balai Besar Bina Marga Jawa Tengah dan DIY berupa data Lalu lintas Harian Rata – rata (LHR), nilai lendutan FWD, dan data struktur perkerasan eksisting.

3. Analisis Metode PCI

Dari pengamatan dilakukan secara langsung di lapangan Ruas Jalan Magelang – Yogyakarta mempunyai jenis kerusakan Arah Magelang Yogyakarta berjumlah 5 yaitu butiran lepas, retak kulit buaya, tambalan, cacat tepi, dan lubang sedangkan Arah Yogyakarta Magelang berjumlah 8 yaitu butiran lepas, retak blok, lubang, retak kulit buaya, cacat tepi, tambalan, sungkur, dan penurunan bahu. Jenis kerusakan yang dominan untuk Ruas Jalan Magelang Yogyakarta adalah butiran lepas dan retak kulit buaya, nilai total *density* untuk arah Magelang Yogyakarta untuk jenis kerusakan lepasan butir sebesar 163,415 % dan jenis kerusakan retak kulit buaya sebesar 25 % , untuk arah Ruas Jalan Yogyakarta Magelang nilai total *density* jenis kerusakan butiran lepas sebesar 74,6 % dan jenis kerusakan retak kulit buaya sebesar 10,71 %. Dari kedua arah tersebut menunjukkan bahwa arah Yogyakarta Magelang memiliki nilai total *density* menunjukkan tingkat kerusakan perkerasan lebih besar dan jumlah jenis kerusakan lebih banyak di dibandingkan dengan arah Magelang Yogyakarta.

Setelah dilakukan survei secara langsung di Ruas Jalan Magelang Yogyakarta sejauh 2 km menggunakan metode PCI *Pavement Condition Index* untuk setiap segmen maka dilakukan kegiatan penanganan atau perbaikan agar mempertahankan kinerja perkerasan sesuai dengan umur rencana dan mencegah kerusakan lebih parah. Berikut merupakan cara penanganan setiap kondisi permukaan perkerasan jalan Magelang Yogyakarta berdasarkan jenis dan tingkat kerusakan pada setiap segmen.

- a. Untuk perbaikan jenis kerusakan retak kulit buaya perbaikan dengan cara penambalan di seluruh area kerusakan dengan tingkat kerusakan tinggi. Apabila tingkat kerusakan medium maka penanganannya dapat dilakukan dengan cara *slurry seal* untuk perawatan permukaan,
- b. Perbaikan jenis kerusakan lepas butiran perbaikannya dengan cara *chip seal* atau *slurry seal*. Perawatan jenis ini digunakan untuk pencegahan namun juga untuk perbaikan. Pada umumnya perawatan ini digunakan untuk mencegah dan mengantisipasi kondisi permukaan jalan agar tidak menjadi lebih parah.
- c. Untuk perbaikan jenis kerusakan rusak tambalan dengan cara perbaikan biasanya menggunakan dua metode, yaitu *full depth patching* dan *surface patching*. *Full depth*

patching adalah memindahkan aspal segar baru. *Surface patching* adalah metode perawatan permukaan untuk perbaikan secara berkala.

- d. Untuk perbaikan jenis kerusakan retak blok dengan cara *full depth patching* merupakan solusi terbaik. Jika tingkat kerusakan cukup parah, perawatan secara berkala seperti *slurry seal* dan perawatan permukaan lainnya dapat membantu untuk memperpanjang waktu pemakaian jalan sebelum perbaikan secara permanen atau keseluruhan.
- e. Untuk perbaikan jenis kerusakan retak blok dengan cara *full depth patching* merupakan solusi terbaik. Jika tingkat kerusakan cukup parah, perawatan secara berkala seperti *slurry seal* dan perawatan permukaan lainnya dapat membantu untuk memperpanjang waktu pemakaian jalan sebelum perbaikan secara permanen atau keseluruhan.
- f. Untuk perbaikan jenis kerusakan lubang dengan cara *patching* sesuai tingkat kerusakan. Pada kerusakan ringan dilakukan penambalan lokal, sedangkan pada kerusakan berat dilakukan *full dept patching* dengan penggantian material perkerasan yang rusak dilakukan pemadatan dan pelapisan kembali.
- g. Untuk perbaikan jenis kerusakan cacat tepi dengan cara perbaikan bahu jalan disertai penambalan tepi. Pada kerusakan dengan tingkat tinggi di lakukan *full depth patching* dan perbaikan sistem drainase.
- h. Untuk perbaikan jenis kerusakan penurunan bahu dengan cara penambahan material bahu jalan dan pemadatan ulang, untuk tingkat kerusakan yang tinggi di lakukan dengan cara rekonstruksi bahu jalan dan perbaikan sistem drainase untuk mencegah terjadinya kerusakan berulang.

4. Analisis Perkerasan Jalan dengan Metode *Kenpave*

Hasil analisis perkerasan eksisting dari program KENLAYER akan menghasilkan nilai tegangan dan regangan yang terjadi pada struktur lapis perkerasan sesuai dengan titik koordinat yang telah dimasukkan. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Perhitungan *Kenpave*

Beban	<i>Tangential</i> 19,998 cm ϵ	<i>Vertical</i> 19,998 cm ϵ	<i>Vertical</i> 60,002 cm ϵ
1	0,000193	0,000243	0,000289
2	0,000199	0,000213	0,000309
3	0,000197	0,000192	0,000312
Maksimum	0,000199	0,000243	0,000312

Dari hasil perhitungan mekanistik empirik dengan menggunakan program KENPAVE dapat dilihat bahwa kondisi perkerasan jalan mampu mengakomodasi beban repetisi sebesar $1,8 \times 10^8$ ESAL sampai terjadi kerusakan *deformation*, $1,3 \times 10^7$ ESAL sampai kerusakan *rutting*, dan $4,4 \times 10^6$ ESAL terjadi kerusakan *fatigue cracking*. Dari hasil analisa dengan umur rencana 10 tahun dapat disimpulkan bahwa pada tahun ke 10 kondisi perkerasan untuk lapisan permukaan masih mampu dalam melayani beban kendaraan yang lewat namun untuk lapisan bawah perkerasan sudah tidak mampu melayani atau menahan beban lalu lintas.

Analisis sisa umur layanan dai perkerasan Jalan Magelang Yogyakarta dihitung sisa umur layanan adalah 1 satuan dikurangi jumlah lalu lintas prediksi setiap tahunan perkerasan

berbanding jumlah lalu lintas saat mencapai batas *permanent deformation*, *rutting*, dan *fatigue*. Selisih dari jumlah antara nilai – nilai tersebut merupakan sisa umur layanan perkerasan yang dinyatakan dalam persentase.

5. Analisis Perkerasan Jalan Metode Bina Marga 2024

Untuk rehabilitasi jalan dengan lalu lintas yang padat, metode Bina Marga 2024 menggunakan data lendutan (*FWD*) , perhitungan perencanaan tambahan lapis menggunakan Metode Bina Marga 2024 didasarkan pada data lalu lintas dan nilai lendutan sehingga hasil perhitungan ini memungkinkan untuk menentukan desain *overlay* yang diperlukan.

Dari hasil perhitungan kumulatif *VDF4* untuk rencana ruas jalan Magelang Yogyakarta didapat sebesar 24.651.313 ESA, menurut metode Bina Marga 2024 disarankan untuk melakukan analisa perkerasan menggunakan metode AASHTO 1993 dengan syarat jenis perkerasan eksisting berupa lentur.

Berdasarkan syarat Bina Marga 2024 maka untuk penanganan perkerasan eksisting harus menggunakan persamaan *AASHTO* 1993. Pengukuran defleksi dengan alat *FWD* dilakukan setiap 500 meter. Untuk mengukur defleksi, *geophone* digunakan pada tujuh titik yang berbeda dari pusat beban. Jarak titik defleksi *geophone* adalah 0 cm, 20 cm, 30 cm, 45 cm, 60 cm, 90 cm, dan 120 cm. Pelat beban memiliki jari – jari sebesar 15 cm. Sisa umur perkerasan (*RSL*) menurut metode Bina Marga 2024 dari data lendutan *FWD* kondisi perkerasan ruas jalan Magelang Yogyakarta memiliki rata - rata sisa umur sebesar 2 tahun, dengan demikian perlu adanya rehabilitasi berupa penambahan lapis aspal (*overlay*).

Berdasarkan nilai kumulatif *ESA 4* dan sisa umur pada ruas Jalan Magelang Yogyakarta maka Bina Marga 2024 menggolongkan penanganan perbaikan berupa penambahan lapisan (*overlay*), dimana perhitungan lapisan tambah ini menggunakan persamaan AASHTO 1993. Berdasarkan kebutuhan tebal *overlay* pada ruas jalan Magelang Yogyakarta adalah sebesar 6 cm, ketebalan *overlay* dapat dipengaruhi oleh arus lalu lintas harian, daya dukung tanah dasar saat ini. Berdasarkan perhitungan dari data perkerasan eksisting didapat nilai CBR sebesar 4,7% sehingga kondisi tanah dasar tersebut mempunyai daya dukung buruk.

Setelah mendapatkan nilai *overlay* dari analisa perhitungan Bina Marga 2024 selanjutnya diverifikasi menggunakan program KENPAVE dengan proses iterasi dimana perhitungan atau penganalisaan sama seperti pada perkerasan eksisting hanya saja di tambah dengan tebal perkerasan *overlay* hasil desain ke dalam model analisis elastis berlapis untuk mengetahui kinerja struktur perkerasan baik nilai regangan tarik pada dasar lapisan beraspal dan regangan tekan pada permukaan tanah dasar. Kinerja struktur perkerasan dengan perbaikan *overlay* menggunakan KENPAVE. Dari hasil analisis perbaikan perkerasan eksisting dengan cara iterasi menggunakan KENPAVE didapat nilai *overlay* sebesar 14 cm, dimana dapat memperbaiki kinerja struktur perkerasan untuk regangan tarik maupun regangan tekan, sehingga dapat melayani beban lalu lintas rencana selama 10 tahun.

6. Pembahasan

Evaluasi Kondisi Perkerasan Berdasarkan Nilai PCI

Evaluasi kondisi permukaan perkerasan menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI) menunjukkan bahwa berdasarkan hasil identifikasi visual, kerusakan yang paling dominan adalah pelapukan dan pelepasan butir (*weathering/raveling*). Nilai total *density* kerusakan ini mencapai 163,4 % pada arah Magelang–Yogyakarta dan 74,6 % pada arah Yogyakarta–Magelang. Nilai tersebut merupakan yang tertinggi dibandingkan jenis kerusakan lainnya seperti retak kulit buaya, retak blok, tambalan, lubang, maupun cacat tepi. nilai PCI rata-rata total sebesar 64,575. Nilai tersebut diperoleh dari rata-rata PCI arah Magelang–Yogyakarta sebesar 64,90 dan arah Yogyakarta–Magelang sebesar 64,25 nilai tersebut menunjukkan bahwa kondisi permukaan perkerasan jalan eksisting masih dalam *rating* baik (*good*) sehingga secara fungsional perkerasan jalan masih bisa memberikan tingkat pelayanan yang baik untuk kendaraan, akan tetapi ada beberapa segmen ditemukan dalam keadaan tingkatan *rating fair, poor, very poor, dan filed* sehingga perlu adanya penanganan tidak hanya pemeliharaan rutin saja namun perlu adanya penanganan berupa rehabilitasi yaitu berupa penambahan lapisan permukaan.

Penentuan Jenis Penanganan Berdasarkan Nilai PCI

Berdasarkan nilai fungsional kondisi permukaan perkerasan jalan menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI) sepanjang ruas jalan Magelang Yogyakarta km 7 – 9, memiliki nilai yang berbeda – beda pada setiap jenis kerusakannya sehingga pada PCI memberikan rekomendasi penanganan berdasarkan tingkat kerusakan (*severity level*), luas kerusakan (*density*) yang terdapat pada setiap segmen. Hal ini bertujuan untuk mengembalikan kondisi fungsional permukaan perkerasan jalan. Pada ruas jalan Magelang Yogyakarta km 7 – 9 memiliki 8 jenis kerusakan yaitu pelepasan butir (*weathering / raveling*), retak kulit buaya (*Alligator cracking*), tambalan (*patching*), lubang (*potholes*), cacat tepi (*edge cracking*), dan sungkur (*shoving*). Oleh karena itu penanganan yang di rekomendasikan meliputi *crack sealing, slurry seal* atau *chip seal, patching*, serta perbaikan lokal. Kegiatan penanganan ini bertujuan untuk memperlambat perkembangan kerusakan sehingga umur pelayanan perkerasan jalan dapat di pertahankan sesuai dengan perencanaan. Berbeda dengan metode PCI, penanganan kerusakan permukaan perkerasan jalan, Bina Marga 2024 tidak hanya mengandalkan kondisi permukaan perkerasan namun juga mempertimbangkan tingkat kerataan permukaan jalan yang di presentasikan oleh nilai *Internasional Roughness Index* (IRI), Nilai IRI memberikan informasi kerataan permukaan perkerasan jalan dan penanganan yang dianjurkan berupa rehabilitasi. Maka dalam penelitian ini penanganan dibahas berdasarkan metode PCI dibandingkan dengan penanganan berdasarkan metode Bina Marga 2024 dengan indikator *Internasional Roughness Index* (IRI).

Prediksi Sisa Umur Perkerasan Menggunakan Kenpave dan Bina Marga 2024

Berdasarkan hasil analisa KENPAVE diperoleh nilai regangan tarik horizontal di bawah lapisan beraspal sebesar $1,99 \times 10^{-4}$ ESAL, regangan vertikal di atas pondasi sebesar $2,43 \times 10^{-4}$ ESAL, dan regangan tekan vertikal permukaan tanah dasar sebesar $3,12 \times 10^{-4}$ ESAL. Nilai regangan tersebut menunjukkan bahwa respon struktur perkerasan

masih dalam keadaan mampu ditahan oleh perkerasan eksisting. Namun dengan demikian regangan yang terjadi secara terus menerus akibat beban kendaraan akan mengakibatkan kapasitas struktur perkerasan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya umur pelayanan sehingga diperoleh nilai *fatigue cracking* (N_f) maka didapat sebesar $1,8 \times 10^8$ ESAL, nilai *rutting* didapat sebesar $1,35 \times 10^7$ ESAL, nilai *permanent deformation* didapat sebesar $4,37 \times 10^6$ ESAL. Dari hasil ketiga parameter tersebut terlihat pada evaluasi terhadap lalu lintas rencana, menunjukkan bahwa kapasitas struktur perkerasan terhadap kerusakan *permanent deformation* mampu melayani hingga tahun ke tiga dengan nilai sisa layan tahun ke dua sebesar 7,4 %, sedangkan untuk kerusakan *rutting* dapat melayani hingga tahun ke enam dengan sisa layan tahun ke lima sebesar 7,07 %, dan pada kerusakan *fatigue cracking* masih dapat melayani dari umur rencana dengan sisa layan pada tahun ke sepuluh sebesar 80,5 %, sehingga dari analisis mekanistik empirik pada ketiga parameter kerusakan tersebut terlihat bahwa struktur perkerasan eksisting akan mengalami kerusakan pertama kali berupa kerusakan deformasi pada tanah dasar dan pondasi bukan dari kerusakan permukaan perkerasan jalan. Evaluasi kondisi struktur perkerasan menggunakan metode Bina Marga 2024 dilakukan berdasarkan hasil pengujian *Falling Weight Deflectometer* (FWD) dengan menggunakan nilai lendutan aktual di lapangan sebagai indikator kemampuan struktur perkerasan dalam menerima beban lalu lintas, berdasarkan analisis diperoleh nilai kumulatif beban lalu lintas sebesar 24.651.313 ESA4 selama umur rencana sepuluh tahun nilai ini menunjukkan berada di atas batas 10 juta ESA4 sehingga sesuai dengan Bina Marga 2024 evaluasi struktur perkerasan tidak lagi menggunakan pendekatan lendutan sederhana tetapi menggunakan pendekatan AASHTO 1993 sebagai dasar perhitungan. Berdasarkan data lendutan FWD menggunakan perhitungan AASHTO 1993 didapatkan nilai kumulatif beban lalu lintas sebesar 28.014.929 ESA , sesuai dengan metode Bina Marga 2024 nilai tersebut dihitung menggunakan data lendutan FWD yang diperoleh dari pengetesan di lapangan, sehingga nilai sisa umur perkerasan jalan (RSL) dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2 Rekapitulasi Nilai Sisa Umur Perkerasan

Nilai RSL Arah Magelang ke Yogyakarta					
Station	Mesa	Df0	SNP	CAP	RSL
3,500	28,01	336,3	5,68	20,18	0,7 tahun
4,003	28,01	627,7	3,74	0,402	0,014 tahun
4,500	28,01	242,7	7,07	156,3	5 tahun
5,000	28,01	565,9	4,01	0,77	0,03 tahun
5,500	28,01	250,9	6,91	126,88	4 tahun
Rata – Rata RSL					2 tahun

Tabel 3 Rekapitulasi Nilai Sisa Umur Perkerasan

Nilai RSL Arah Yogyakarta ke Magelang					
Station	Mesa	Df0	SNP	CAP	RSL
5,500	28,01	833,7	3,09	0,1	0,002 tahun
5,000	28,01	241,5	7,09	16,2	5 tahun
4,500	28,01	791,0	3,20	0,1	0,003 tahun
3,995	28,01	231,1	7,30	212,6	6 tahun
3,500	28,01	745,6	3,33	0,1	0,005 tahun
Rata -Rata RSL					2 Tahun

Hasil dari analisis struktur perkerasan metode Bina Marga 2024 menggunakan data pengujian lendutan FWD mampu mendeteksi penurunan kapasitas struktur sebelum kerusakan berkembang menjadi retak atau deformasi yang terlihat di permukaan. Dibandingkan dengan hasil analisis menggunakan metode KENPAVE terdapat perbedaan prediksi umur sisa layan struktur perkerasan. Analisis mekanistik empirik menunjukkan bahwa kegagalan akibat *permanent deformation* diperkirakan sekitar diperkirakan terjadi sekitar tahun ketiga, sedangkan analisis Bina Marga 2024 menunjukkan rata – rata umur sisa sebesar 2 tahun. Perbedaan tersebut terjadi karena kedua metode menggunakan pendekatan yang berbeda, metode KENPAVE menghitung kapasitas struktur perkerasan berdasarkan modulus elastisitas, tebal lapisan perkerasan, dan regangan hasil analisis mekanistik empirik sedangkan Bina Marga 2024 mengevaluasi kondisi aktual berdasarkan data lendutan FWD yang menghasilkan nilai penurunan kekakuan material, umur pelayanan, kondisi lingkungan, kualitas konstruksi, dan akumulasi kerusakan yang terjadi di lapangan.

Analisis Tebal Overlay Menggunakan Bina Marga 2024 dan KENPAVE

Evaluasi struktur perkerasan pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode Bina Marga 2024 sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan rehabilitasi perkerasan lentur berdasarkan hasil pengujian lendutan menggunakan *Falling weight deflectometer* (FWD) dengan pendekatan metode AASHTO 1993, pendekatan ini digunakan untuk mengevaluasi kinerja struktur perkerasan dalam merespon beban lalu lintas melalui analisis kapasitas struktur perkerasan dalam menahan beban lalu lintas yang lewat sepanjang ruas jalan Magelang Yogyakarta kam 7 – 9, maka untuk menentukan kapasitas struktur perkerasan dilakukan beberapa analisis yaitu penentuan modulus efektif perkerasan (*effective Pavement Modulus*), kapasitas struktur perkerasan eksisting (*Structural Number Existing*), kapasitas struktur perkerasan yang dibutuhkan (*Structural Number Required*), dan sis umur layan (*Remaining Service Life*). Berdasarkan analisis menggunakan metode Bina Marga maka didapat nilai kebutuhan tebal lapis tambah (*overlay*), dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4 Rekapitulasi Nilai Overlay Perkerasan

<i>Sta.</i>	S _{Neff} (in)	Mr desain (psi)	W18 (ESA)	SN _f (inch)	<i>Overlay</i> (cm)
3,5	4,3	3978,5	$2,8 \times 10^7$	6,9	16
4,0	3,5	2697,6	$2,8 \times 10^7$	7,7	26
4,5	4,8	7033	$2,8 \times 10^7$	5,8	6
5,0	3,6	2603,2	$2,8 \times 10^7$	7,9	27
5,5	4,8	8281,4	$2,8 \times 10^7$	5,5	5
Rata - Rata					16

Tabel 5 Rekapitulasi Nilai Overlay Perkerasan

<i>Sta.</i>	S _{Neff} (in)	Mr desain (psi)	W18 (ESA)	SN _f (inch)	<i>Overlay</i> (cm)
5,5	4,3	2009,8	$2,8 \times 10^7$	6,9	16

5,0	3,5	5880,1	$2,8 \times 10^7$	7,7	26
4,5	4,8	2103,8	$2,8 \times 10^7$	5,8	6
4,0	3,6	10453	$2,8 \times 10^7$	7,9	27
3,5	4,8	2082,5	$2,8 \times 10^7$	5,5	5
Rata - Rata					16

Berdasarkan hasil rekapitulasi analisis metode Bina Marga 2024 diperoleh kebutuhan lapisan tambah (*overlay*) rata – rata pada struktur perkerasan jalan pada arah Magelang ke Yogyakarta sebesar 16 cm dan sebaliknya sebesar 21 cm dengan rata – rata dari kedua arah sebesar $18,5 \text{ cm} \approx 19 \text{ cm}$, dengan demikian nilai *overlay* merupakan rekomendasi penanganan kondisi perkerasan ruas jalan Magelang Yogyakarta yang bertujuan untuk mengembalikan kapasitas struktur perkerasan agar mampu melayani beban lalu lintas selama umur rencana selama 10 tahun.

Hasil iterasi menggunakan metode KENPAVE menunjukkan kebutuhan lapisan tambah untuk kondisi perkerasan eksisting menunjukkan sebesar 14 cm, merupakan ketebalan lapisan tambah yang memenuhi untuk melayani beban lalu lintas kendaraan selama umur rencana 10 tahun dengan nilai *fatigue cracking* (Nf) sebesar $1,27 \times 10^9$ ESAL, *rutting* (Nd) sebesar $1,93 \times 10^8$ ESAL, dan *permanent deformation* (Nd) sebesar $3,99 \times 10^7$ ESAL. Seluruh parameter mengalami peningkatan dibandingkan kondisi struktur perkerasan eksisting, peningkatan nilai Nf menunjukkan bahwa lapisan beraspal mengalami ketahanan yang lebih tinggi terhadap kerusakan retak lelah, peningkatan nilai Nd *rutting* menunjukkan bahwa lapisan di atas pondasi perkerasan memiliki ketahanan terhadap kerusakan *rutting*, dan peningkatan nilai Nd *permanent deformation* menunjukkan bahwa lapisan di atas tanah dasar perkerasan memiliki ketahanan terhadap kerusakan deformasi permanen.

Pada penelitian ini tidak berhenti pada evaluasi kondisi perkerasan eksisting tetapi juga melakukan skenario apabila penanganan rehabilitasi dilakukan pada tahun ke tiga sesuai hasil analisis *Remaining Service Live* (RSL) maka selama periode penundaan tersebut struktur perkerasan tetap menerima repetisi beban lalu lintas sehingga terjadi akumulasi kerusakan yang menyebabkan kapasitas struktur perkerasan terus menurun. Penurunan kapasitas struktur perkerasan menyebabkan nilai *overlay* 14 cm tidak lagi memberikan tingkat kinerja yang diharapkan. Oleh karena itu dilakukan lagi proses iterasi kembali menggunakan metode KENPAVE untuk menentukan kebutuhan lapisan tambah yang mampu mengembalikan kemampuan kapasitas perkerasan sesuai umur rencana.

Hasil iterasi menunjukkan bahwa kebutuhan *overlay* sebesar 16 cm dikarenakan adanya penundaan penanganan dan baru dilaksanakan penanganan pada tahun ke tiga, maka diperoleh nilai *fatigue cracking* (Nf) sebesar $1,63 \times 10^9$ ESAL, *rutting* (Nd) sebesar $2,56 \times 10^8$ ESAL, dan *permanent deformation* (Nd) sebesar $5,3 \times 10^7$ ESAL. Peningkatan nilai Nf *fatigue cracking*, Nd *rutting*, dan Nd *permanent deformation* pada *overlay* 16 cm bukan disebabkan oleh membaiknya kondisi perkerasan eksisting secara alami melainkan hasil proses iterasi desain menggunakan metode KENPAVE hal ini menunjukkan bahwa proses iterasi sangat penting dalam pendekatan mekanistik empirik karena dapat menentukan ketebalan lapisan tambah yang benar – benar sesuai dengan kebutuhan struktur perkerasan berdasarkan respon secara aktual terhadap pembebanan lalu lintas kendaraan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengguna penggunaan Bina Marga 2024 dan KENPAVE secara bersamaan memberikan evaluasi yang lebih lengkap untuk mengevaluasi struktur perkerasan jalan daripada hanya menggunakan salah satu metode. Bina Marga 2024 mampu memberikan rekomendasi awal penanganan berupa rehabilitasi berdasarkan kondisi struktur perkerasan sedangkan KENPAVE berfungsi untuk memverifikasi untuk memastikan bahwa ketebalan *overlay* tersebut dapat melayani beban lalu lintas kendaraan selama umur rencana dengan pendekatan mekanistik empirik. Proses iterasi yang dilakukan pada penelitian ini menunjukkan bahwa waktu pelaksanaan penanganan rehabilitasi mempunyai pengaruh secara signifikan terhadap kebutuhan lapisan tambah. Penundaan pada tahun ke tiga menyebabkan kebutuhan *overlay* meningkat dari 14 cm menjadi 16 cm, sehingga menunjukkan bahwa semakin lama penanganan rehabilitasi semakin besar kebutuhan *overlay* yang dibutuhkan untuk mengembalikan kapasitas struktur perkerasan selama umur rencana, ini menunjukkan pentingnya evaluasi berkala dan penentuan waktu rehabilitasi agar penanganan kondisi perkerasan jalan dapat dilakukan dengan efektif, efisien, dan sesuai kebutuhan.

7. Kesimpulan dan Saran

Hasil evaluasi kondisi permukaan perkerasan jalan menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI) menunjukkan pada ruas jalan Magelang km 7 – 9 di temukan delapan jenis kerusakan dengan kerusakan paling banyak adalah pelapukan dan butiran lepas (*weathering / raveling*), dengan rata – rata nilai PCI untuk keseluruhan sebesar 64,575 dengan arah Magelang – Yogyakarta rata rata nilai PCI sebesar 64,25 dan sebaliknya sebesar 64,90. Dengan demikian secara keseluruhan kondisi fungsional permukaan perkerasan ruas jalan Magelang km 7 – 9 masih dalam kondisi *good* meskipun masih ditemukan kerusakan di beberapa segmen.

Berdasarkan evaluasi kondisi permukaan perkerasan jalan menggunakan PCI, penanganan dilakukan berdasarkan jenis dan tingkat kerusakan yang ditemukan pada setiap segmen. Tingkat kerusakan ringan di rekomendasikan penanganannya berupa pemeliharaan, seperti *crack sealing* dan *surface treatment*, sedangkan tingkat kerusakan sedang sampai berat direkomendasikan penanganan berupa *patching* atau *full depth patching*. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penanganan yang direkomendasikan mampu memperbaiki variasi tingkat kerusakan pada ruas jalan Magelang km 7 – 9 sehingga dapat mempertahankan fungsional jalan dan mencegah peningkatan kerusakan yang lebih berat.

Hasil analisis *Remaining Service Life* (RSL) menggunakan metode Bina Marga 2024 menunjukkan bahwa struktur perkerasan memiliki sisa umur layan rata – rata sebesar 2 tahun. Analisis menggunakan KENPAVE menunjukkan bahwa jenis kerusakan yang paling kritis adalah *permanent deformation* dengan sisa umur layan sampai tahun ke tiga sedangkan pada jenis kerusakan *rutting* sisa umur layan sampai tahun ke 7, dan jenis kerusakan *fatigue cracking* masih mampu melayani hingga tahun ke 10. Dengan demikian nilai sisa layan menggunakan metode Bina Marga 2024 dan KENPAVE menunjukkan kapasitas struktur perkerasan mendekati akhir umur layan sehingga perlu penanganan berupa rehabilitasi.

Hasil analisis kebutuhan lapisan tambah (*overlay*) menggunakan metode Bina Marga 2024 menghasilkan rata – rata *overlay* sebesar 19 cm. Menggunakan metode KENPAVE untuk memverifikasi kebutuhan *overlay* menunjukkan sebesar 14 cm, dengan nilai (Nf) *Fatigue Cracking* sebesar $1,27 \times 10^9$ ESAL, *rutting* (Nd) sebesar $1,93 \times 10^8$ ESAL, dan *permanent deformation* (Nd) sebesar $3,99 \times 10^7$ ESAL. Sehingga kebutuhan akan *overlay* sudah memenuhi perbaikan kerusakan deformasi permanen dan kerusakan *rutting*. Pada skenario rehabilitasi yang dilakukan pada tahun ke tiga kebutuhan *overlay* meningkat menjadi 16 cm dengan nilai (Nf) *Fatigue Cracking* sebesar $1,63 \times 10^9$ ESAL, *rutting* (Nd) sebesar $2,56 \times 10^8$ ESAL, dan *permanent deformation* (Nd) sebesar $5,26 \times 10^7$ ESAL.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI), Bina Marga 2024, dan KENPAVE dengan cara di gabungkan menghasilkan evaluasi kondisi perkerasan yang lebih lengkap. Metode PCI memberikan informasi kondisi permukaan perkerasan dan kebutuhan akan penanganan, metode Bina Marga 2024 memberikan informasi mengevaluasi sisa umur perkerasan dan kebutuhan penanganan rehabilitasi, Metode KENPAVE memberikan informasi kinerja lapisan struktur perkerasan jalan, menilai sisa umur kinerja lapis perkerasan, dan menjadi alat verifikasi kebutuhan *overlay*.

Dalam analisis pada penelitian ini, data volume lalu lintas menggunakan data sekunder pada periode 2024 sehingga untuk hasil prediksi yang lebih handal maka disarankan menggunakan data sekunder tahun terbaru. Penanganan rehabilitasi sebaiknya dilakukan sebelum nilai *Remaining Service Life* mencapai batas kritis sehingga tidak menyebabkan kerusakan yang meluas. Pada data lendutan FWD sebaiknya dilakukan dengan carak lebih dekat sehingga data yang didapatkan lebih akurat dan maksimal. Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk meningkatkan pendekatan pengambilan keputusan penanganan baik kinerja struktur perkerasan jalan maupun fungsional permukaan jalan dengan cara menggabungkan aspek biaya dan manajemen aset jalan, sehingga rekomendasi penanganan tidak hanya mempertimbangkan kinerja perkerasan jalan namun juga efisiensi biaya dan prioritas penanganan jalan secara tepat.

8. Daftar Pustaka

- AASHTO. (1993). *Guide for Design of Pavement Structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Agus, Rachmat. 2009. *Identifikasi Jenis Kerusakan Pada Perkerasan Lentur*. Tugas Akhir. Universitas Negeri Lampung.
- American Society for Testing Materials. (2018). *Standars Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. ASTM Designation: D6433 – 18. West Conshohocken. US.
- Asphalt Institute. (1981). *Thickness Design-Asphalt Pavements for Highways and Streets*.
- Austrorads. (2008). *A Guide to the Structural Design of Pavements*. Australian Road Research Board. Sydney.
- Bina Marga. (1987). *Peraturan Perkerasan Lentur Jalan Raya Berdasarkan Metode (SKBI.2.3.26.1987)*, Jakarta *Analisa Komponen Bina Marga*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian PUPR. Jakarta.
- Bina Marga. (2013). *Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ 2013) Nomor 02/M/BM/2013*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian PUPR. Jakarta.

- Bina Marga. (2017). *Manual Desain Perkerasan (MDP 2017) Nomor 04/SE/Db/2017*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian PUPR. Jakarta.
- Bina Marga. (2024). *Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ 2024)*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian PUPR. Jakarta.
- Dan, Louis, (2003). *Overloading and Anti-overloading, Economic Observer*.
- Darmawan, Y. R. (2024), *Penggunaan Metode Pavement Condition Index (PCI) dan Surface Distress Index (SDI) dalam Menentukan Tingkat Kerusakan Jalan*. Tugas Akhir. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Federal Aviation Administration, (2010), *Roadway Distresses*. FAA Paveair, Washington, D.C.
- Fadhlullah, A. (2025), *Evaluasi Kondisi Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI), Present Serviceability Index (PSI), Surface Distress Index (SDI), dan International Roughness Index (IRI)*. Tugas Akhir. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Fiqri, M. I. (2024), *Perbandingan desain tebal lapis tambah menggunakan metode Bina Marga 2024 dan AASHTO 1993*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Habib, R. (2025). *Evaluasi kinerja perkerasan lentur dengan desain metode Bina Marga 2024*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia.
- Hardiyatmo, C.H. (2015). *Pemeliharaan Jalan Raya*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Huang, Y. H. (2004). *Pavement Analysis and Design (2nd ed.)*. Pearson Prentice Hall. Kusumo, I. S. C. (2024), *Penggunaan Metode Pavement Condition Index (PCI) dalam Menentukan Tingkat Kerusakan dan Jenis Pemeliharaan Jalan pada Ruas Jalan Selokan Mataram Yogyakarta*. Tugas Akhir Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Lavin, P. G. (2003). *Asphalt Pavement – A Practical Guide to Design, Production, and Maintenance for Engineer and Architects*. Spon Press. New York. USA.
- Pavement Interactive, 2008, *Flexible Pavement Mechanistic Models* <http://www.pavementinteractive.org/>, diakses pada tanggal 29 November 2025.
- Ramadan, H. (2025), *Alternatif Desain Berdasarkan MDPJ 2024 dan Prediksi Kerusakan Menggunakan Program Kenpave pada Jalan Ring Road Puncak–Linggarjati Kabupaten Kuningan, Jawa Barat*, Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Shahin, M. Y. (2005). *Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots*.
- Sukirman, S. (1992). *Pekerjaan Lentur Jalan Raya*. Nova. Bandung.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Erlangga. Jakarta.
- Sukirman, S. 2010. *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Penerbit Nova. Bandung.
- Sumarsono, A. (2019). *Evaluasi Kondisi Perkerasan, Penanganan, dan Nilai Sisa Perkerasan Lentur Jalan dengan Metode Bina Marga 2013 Dan Metode Mekanistik Empirik (Studi Kasus : Jalan Jogja – Solo Km14+800 – 16+800)*. Tesis. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Yoder, E. J., dan Witczak, M.W. (1975). *Principles of Pavement Design*. 2nd ed. John Wiley & Sons Inc. New York. N.Y