

Kolaborasi Metode Empiris dan Mekanistik-Empiris Guna Identifikasi dan Evaluasi Kinerja Perkerasan Jalan

Dede Kurniawan¹⁾, Muhamad Abdul Hadi^{2*)}

^{1, 2)} Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia

Jl. Kaliurang Km. 14,5, Yogyakarta

Email: dedekurniawan.mr@gmail.com¹⁾, muhamad.abdul.hadi@uii.ac.id^{2*)}

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v14i2.1112>

(Received: 25 April 2024 / Revised: 30 June 2024 / Accepted: 28 August 2024)

Abstrak

Kerusakan jalan yang tidak teratasi dengan baik dapat mengganggu aktivitas ekonomi dan mobilitas masyarakat, sehingga kondisi ini harus segera diantisipasi dengan berupa proses identifikasi dan evaluasi terhadap kinerja perkerasan baik itu secara empiris, mekanistik-empiris, ataupun kolaborasi antara keduanya. Pada metode empiris, solusi alternatif yang dapat diberikan adalah berupa analisis *Pavement Condition Index (PCI)* dan *Surface Distress Index (SDI)*, sedangkan pada metode mekanistik-empiris solusi alternatif yang dapat diberikan adalah analisis *software KENPAVE*. Ruas Jalan Yogyakarta-Pulowatu merupakan jalan provinsi dengan kondisi volume lalu lintas kendaraan tinggi serta memiliki kerentanan terhadap penurunan kinerja, sehingga ruas ini dipilih sebagai objek yang akan dianalisis menggunakan kolaborasi dua metode analisis. Pada metode empiris, kondisi ruas jalan memiliki nilai *PCI* sebesar 31,68 (*very poor*) dengan saran penanganan berupa *major maintenance*, sedangkan pada nilai *SDI* didapatkan angka 267,25 (rusak berat) dengan saran penanganan berupa rehabilitasi jalan. Pada metode mekanistik-empiris, desain eksisting teridentifikasi tidak mencapai umur rencana 20 tahun dan disarankan untuk melakukan redesain menggunakan kriteria FFF6 agar desain dapat memenuhi standar umur rencana.

Kata kunci: *PCI, SDI, KENPAVE, Penilaian Kondisi, Kerusakan Jalan*

Abstract

Road deterioration, if left unaddressed, can significantly disrupt economic activities and community mobility. Hence, it is imperative to promptly anticipate this condition through the identification and evaluation of pavement performance, whether through empirical methods, mechanistic-empirical approaches, or a combination of both. In empirical methods, potential solutions may involve analyzing the *Pavement Condition Index (PCI)* and *Surface Distress Index (SDI)*, while in mechanistic-empirical approaches, solutions may entail utilizing *KENPAVE* software for analysis. The Yogyakarta-Pulowatu Road, a provincial thoroughfare experiencing high traffic volume, is prone to performance deterioration, making it a prime candidate for analysis using both methods. In the empirical method, the road segment registers a *PCI* value of 31.68 (*very poor*), suggesting the need for *major maintenance*, whereas the *SDI* value stands at 267.25 (*severely damaged*), indicating the necessity for road rehabilitation. In the mechanistic-empirical method, the existing design is identified as not meeting the planned 20-year lifespan and is recommended to redesign using the FFF6 criteria to meet the planned lifespan standards.

Keywords: *PCI, SDI, KENPAVE, Condition Assesment, Road Damage*

1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan, membutuhkan sistem transportasi yang efisien untuk mendukung konektivitas antar wilayah nasional. Salah satunya adalah infrastruktur jalan yang memiliki peranan penting dalam mendukung mobilitas masyarakat dan pertumbuhan ekonomi suatu daerah. Dalam menunjang hal tersebut dibutuhkan kualitas jalan yang baik untuk mempermudah masyarakat dalam kegiatan perekonomian dan pemenuhan kebutuhan masyarakat. Kerusakan jalan yang tidak teratasi dengan baik dapat mengganggu aktivitas ekonomi dan mobilitas masyarakat. Yogyakarta menjadi salah satu kota dengan akses penting untuk perjalanan antar provinsi dan perdagangan ke wilayah lain. Menurut data Lalulintas Harian Rerata (LHR) dari dinas PUPR Yogyakarta, salah satu jalan dengan tingkat lalu lintas tinggi adalah Jalan Yogyakarta - Pulowatu.

Jalan Yogyakarta-Pulowatu yang berada pada Kabupaten Sleman, Yogyakarta termasuk ruas jalan provinsi dengan tingkat volume kendaraan yang cukup tinggi dikarenakan merupakan jalur alternatif menuju kota Yogyakarta. Menurut data LHR tahun 2022 jalan tersebut mayoritas dilalui oleh sepeda motor, mobil sedan, maupun kendaraan besar bermuatan. Hal ini yang membuat berbagai jenis kerusakan terjadi di jalan tersebut. (Hadi & Fauziah, 2022) menyatakan bahwa salah satu hal yang memengaruhi performa suatu perkerasan jalan adalah beban kendaraan, yang dapat dipengaruhi oleh faktor seperti kecepatan kendaraan, jenis kendaraan, dan volume kendaraan. Jalanan yang rusak membuat kenyamanan dalam berkendara terganggu, oleh karena itu evaluasi kondisi perkerasan perlu dilakukan untuk mengidentifikasi kerusakan dan mengetahui jenis perbaikan yang diperlukan. *Pavement Condition Index (PCI)* dan *Surface Distress Index (SDI)* merupakan dua metode evaluasi kondisi perkerasan jalan yang digunakan untuk menentukan kondisi perkerasan.

PCI merupakan metode penilain kondisi perkerasan jalan yang dikenalkan oleh *U.S Army Corps of Engineers* yang dinyatakan dalam indeks kondisi perkerasan. Sedangkan, *SDI* merupakan metode evaluasi perkerasan jalan yang mengacu pada panduan nomor SMD-03/RCS tentang survei kondisi jalan tahun 2011. Kedua metode tersebut melibatkan survei langsung di jalan dengan melakukan pemeriksaan secara visual. (Nur dkk., 2019), (Arbiansyah & Suparma, 2022), dan (Pasha dkk., 2022) telah melakukan penelitian di ruas jalan yang berbeda dengan tujuan membandingkan hasil evaluasi kerusakan yang diperoleh menggunakan kedua metode tersebut. Walaupun metode *PCI* dan *SDI* sering kali digunakan untuk evaluasi kondisi perkerasan, kedua metode tersebut bersifat subjektif yang bergantung pada penilaian pribadi. Oleh karena itu evaluasi kondisi perkerasan perlu dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan metode mekanistik-empiris dengan bantuan *software KENPAVE*.

Program *KENPAVE* merupakan *software* yang dikenalkan oleh (Huang, 2004). Penggunaan program ini diharapkan dapat memberikan keamanan desain perkerasan yang lebih baik. (Huang, 2004) dalam (Hadi & Fauziah, 2022) mengatakan perencanaan desain perkerasan tidak boleh hanya berdasarkan teori semata. Untuk memperoleh hasil desain perkerasan yang realistis, diperlukan pengamatan yang memungkinkan untuk memprediksi kerusakan yang mungkin terjadi sehingga desain perkerasan jalan yang optimal dapat diciptakan. (Suwanda & Kushari, 2019) menyatakan bahwa dalam proses perancangan perkerasan lentur, diasumsikan bahwa perkerasan tersebut dapat menahan beban yang direncanakan

selama periode waktu tertentu. Setelah itu, dilakukan analisis untuk memverifikasi apakah perkerasan mampu menahan beban yang direncanakan. Jika hasil analisis menunjukkan adanya regangan kritis yang mengindikasikan bahwa perkerasan tidak mampu menahan beban, maka perlu dilakukan perbaikan atau modifikasi pada struktur perkerasan. Penelitian serupa juga telah dilakukan oleh (Ayuningtyas & Subagio, 2019), (Hadi & Fauziah, 2020), dan (Hadi, 2023).

Pada penelitian ini dilakukan penilaian terhadap kondisi perkerasan jalan pada ruas Jalan Yogyakarta-Pulowatu (Sta. 7+000 – 8+000) berdasarkan metode empiris menggunakan *PCI* dan *SDI*, kemudian analisis lebih lanjut dilakukan menggunakan metode mekanistik-empiris dengan pemodelan elastik dengan bantuan *software KENPAVE*. Tujuan penelitian dengan penggunaan kolaborasi kedua metode ini adalah untuk mengetahui tingkat kerusakan yang telah terjadi pada kondisi eksisting jalan tersebut beserta opsi penanganan kerusakannya. Dan apabila penanganan dianggap tidak cukup atau perlu ditambahkan analisis dalam jangka panjang, maka dapat tindak lanjuti berupa upaya pendesaianan ulang perkerasan jalan dengan kolaborasi metode empiris dan mekanistik-empiris tersebut guna mengetahui secara detail hingga pada prediksi umur pelayanannya.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode studi kasus yang diawali dengan identifikasi masalah, studi literatur, kemudian pengambilan data. Setelah itu, analisis dilakukan menggunakan metode empiris dengan *PCI* dan *SDI*. Hasil dari analisis tersebut berupa nilai kondisi jalan yang kemudian digunakan untuk menentukan solusi alternatif perbaikan. Kemudian dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan metode mekanistik-empiris dengan pemodelan elastik untuk mengetahui perkiraan umur pelayanan maupun jenis kerusakan awal dan akhir yang mungkin terjadi.

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan sepanjang Jalan Yogyakarta-Pulowatu pada Sta. 7+000 – 8+000, Kabupaten Sleman, Yogyakarta dengan ruas jalan yang ditinjau sepanjang 1 km. Lokasi tersebut termasuk pada jalan provinsi yang menjadi jalan alternatif menuju Kota Yogyakarta. Lokasi penelitian tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi penelitian

2.2 Analisis Metode Empiris dengan *Pavement Condition Index (PCI)*

Evaluasi *PCI* bergantung pada pengamatan langsung kondisi lapangan yang dipengaruhi oleh jenis kerusakan, jumlah kerusakan, dan tingkat keparahan struktur perkerasan. Penilaian *PCI* menggunakan skala 0 hingga 100 yang digunakan sebagai acuan kondisi perkerasan, dimana nilai 100 menunjukkan kondisi yang sangat baik sementara nilai 0 menandakan kondisi yang sangat rusak.

Menurut (Hardiyatmo, 2015) untuk menentukan nilai *PCI* diperlukan beberapa tahapan diantaranya memutuskan lokasi dan titik acuan stasiun mana yang perlu di evaluasi. Penilaian kondisi ini tidak dilakukan pada seluruh ruas jalan. Namun dipilih pada bagian ruas jalan yang dianggap sudah mewakili. Sehingga survei kondisi akan dilakukan pada interval yang sudah ditentukan. Pada *PCI* pembagian sampel unit dibagi menjadi tiap 50 m. Adapun alur analisis *PCI* adalah sebagai berikut.

1. Menghitung tingkat kerusakan (*density*) yaitu persentase luas kerusakan terhadap luas total sampel unit.
2. Menentukan nilai *deduct value* untuk tiap kombinasi tipe kerusakan dan tingkat keparahan berdasarkan pada kurva hubungan antara *density* dan *deduct value*.
3. Menentukan nilai pengurangan izin maksimum yang merupakan nilai penentu seberapa banyak nilai *deduct value* dapat digunakan dalam suatu segmen.
4. Menghitung nilai pengurang total (*TDV*) dengan menjumlahkan nilai *deduct value*.
5. Menentukan nilai pengurangan terkoreksi maksimum (*CDV*) yang ditentukan berdasarkan kurva koreksi untuk perkerasan lentur. Nilai *CDV* yang digunakan merupakan nilai pengurang individual tertinggi.
6. Menghitung nilai *PCI*
7. Menentukan kondisi perkerasan jalan berdasarkan nilai *PCI*.

Untuk dapat mengetahui kondisi jalan menurut *PCI*, maka dapat dilihat skala penilaian *PCI* yang tersajikan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Skala penilaian kondisi jalan menurut *PCI*

| Nilai <i>PCI</i> | Kondisi |
|------------------|---------------------|
| 0 – 10 | <i>Failed</i> |
| 11 – 25 | <i>Serious</i> |
| 26 – 40 | <i>Very Poor</i> |
| 41 – 55 | <i>Poor</i> |
| 56 – 70 | <i>Fair</i> |
| 71 – 85 | <i>Satisfactory</i> |
| 86 – 100 | <i>Good</i> |

2.3 Analisis Metode Empiris dengan *Surface Distress Index (SDI)*

SDI adalah sebuah metode evaluasi kondisi perkerasan jalan yang melibatkan empat faktor penilaian, yakni persentase luas retakan (%), rerata lebar retakan (mm), rerata kedalaman bekas roda, dan jumlah lubang. Pada *SDI* pembagian sampel unit dibagi menjadi tiap 100 m. Langkah-langkah penentuan nilai *SDI* tercantum dalam SMD-03/RCS 2011 tentang panduan survei kondisi jalan. Adapun alur analisis *SDI* adalah sebagai berikut.

1. Menentukan persentase luas retakan (*SDI1*) pada setiap sampel unit.
2. Menghitung rerata lebar retak (*SDI2*) berdasarkan tingkat kerusakan lebar retak.
3. Menentukan bobot jumlah lubang (*SDI3*) dengan cara memasukkan nilai (*SDI2*) kedalam bobot jumlah lubang.
4. Menentukan bobot kedalaman bekas roda (*SDI4*) dengan cara memasukkan nilai (*SDI3*) kedalam bobot kedalaman bekas roda.
5. Mengetahui nilai *SDI* dari nilai terakhir yaitu (*SDI4*) atau dapat dikatakan bahwa nilai $SDI = SDI4$.

6. Menentukan kondisi perkerasan jalan berdasarkan nilai *SDI*.

Untuk mengetahui kondisi jalan berdasarkan nilai *SDI* maka dapat diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Kondisi jalan menurut nilai *SDI*

| Nilai <i>SDI</i> | Kondisi |
|------------------|--------------|
| < 50 | Baik |
| 50 – 100 | Sedang |
| 100 – 150 | Rusak Ringan |
| > 150 | Rusak Berat |

2.4 Analisis Metode Mekanistik-Empiris

Metode mekanistik-empiris adalah pendekatan yang dilakukan pengembangan dari prinsip konseptual dan sifat material, mengaitkan suatu input seperti beban kendaraan dengan respons perkerasan berupa tegangan dan regangan. Nilai tersebut kemudian dipergunakan untuk memperkirakan jenis kerusakan dari data uji laboratorium maupun performa perkerasan jalan.

Program *KENPAVE* adalah *software* yang digunakan untuk menganalisis dan desain perkerasan jalan, baik itu perkerasan kaku ataupun perkerasan lentur. Proses analisis tersebut adalah sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi data karakteristik bahan diantaranya data tebal lapisan, nilai *poisson's ratio*, dan nilai modulus elastisitas (*E*), pada tiap lapisan perkerasan.
2. Mengevaluasi data lalu lintas dengan menetapkan periode analisis perkerasan, menentukan detail beban sumbu roda kendaraan, dan menghitung nilai *ESAL* (*Equivalent Single Axle Load*).
3. Menggunakan program *KENPAVE* untuk memodelkan struktur jalan dengan pemodelan elastik.
4. Menetapkan keluaran dari program *KENPAVE* untuk memahami respons tegangan dan regangan akibat beban kendaraan.
5. Menganalisis repitisi beban kendaraan yang dihasilkan oleh program *KENPAVE* serta menganalisis umur pelayanan.

Untuk dapat mengestimasi maupun mengevaluasi umur pelayanan, digunakan persamaan yang dijelaskan pada (*Asphalt Institute*, 1982). Persamaan tersebut tersedia dalam bentuk Persamaan 1, 2, dan 3.

$$N_f = 0,0796 (\epsilon_t)^{-3,921} [E]^{-0,854} \quad (1)$$

Keterangan

- N_f = jumlah nilai beban berulang yang diperbolehkan untuk mengendalikan kerusakan *fatigue cracking* (*ESAL*)
 ϵ_t = regangan tarik pada bagian bawah lapis permukaan (cm)
 E = modulus elastisitas pada lapisan permukaan (kPa)

$$N_r = 1,365 \times 10^{-9} \times (\epsilon_c)^{-4,47} \quad (2)$$

Keterangan

- N_r = jumlah nilai beban berulang yang diperbolehkan untuk mengendalikan kerusakan *rutting* (*ESAL*)
 ϵ_c = regangan tekan vertikal diatas lapisan dasar (cm)

$$Nd = 1,365 \times 10^{-9} \times (\varepsilon_c)^{-4,47} \quad (3)$$

Keterangan

Nd = jumlah nilai beban berulang yang diperbolehkan untuk mengendalikan kerusakan *permanent deformation* (ESAL)

ε_c = regangan tekan vertikal dibawah lapisan pondasi bawah (cm)

2.5 Desain Perkerasan Lentur

Desain alternatif perkerasan yang disarankan pada penelitian ini mematuhi prosedur yang dijelaskan pada Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017 (Revisi Juni 2017). Langkah-langkah prosedur tersebut mencakup hal-hal berikut.

1. Menetapkan umur perencanaan jalan.
2. Menghitung nilai *ESAL* (*Equivalent Single Axle Load*) berdasarkan umur perencanaan yang telah ditetapkan.
3. Memilih jenis perkerasan yang sesuai.
4. Menetapkan segmen tanah dasar dengan kapasitas dukung yang seragam.
5. Merancang struktur pondasi perkerasan.
6. Menetapkan struktur perkerasan dengan standar yang tercantum dalam bagan desain Manual Desain Perkerasan Jalan.

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis dilakukan pada ruas jalan sepanjang 1000 m dan lebar 7 m. Pada analisis PCI pembagian sampel unit dibagi menjadi 50 m, sehingga diperoleh 20 sampel unit data. Berdasarkan alur analisis PCI yang tertera pada metode penelitian dengan memperhatikan persentase luas kerusakan terhadap luas total sampel unit serta dasar penilaian kondisi yang tercantum pada Tabel 1, maka nilai PCI keseluruhan dari Jalan Yogyakarta-Pulowatu dapat diketahui dan disajikan pada Tabel 3.

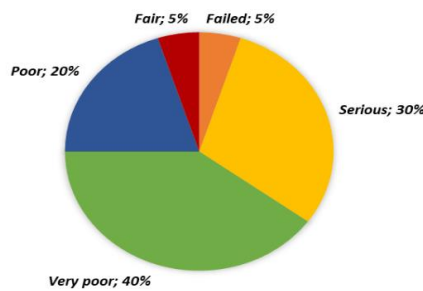
Tabel 3 Nilai *PCI* keseluruhan

| Sampel Unit | Nilai <i>PCI</i> | Sampel Unit | Nilai <i>PCI</i> |
|-------------|----------------------------|-------------|----------------------------|
| 1A | 40,41 (<i>poor</i>) | 11A | 60,28 (<i>fair</i>) |
| 2A | 21,64 (<i>serious</i>) | 12A | 51,62 (<i>poor</i>) |
| 3A | 14,59 (<i>serious</i>) | 13A | 54,27 (<i>poor</i>) |
| 4A | 24,60 (<i>serious</i>) | 14A | 28,00 (<i>very poor</i>) |
| 5A | 20,57 (<i>serious</i>) | 15A | 37,90 (<i>very poor</i>) |
| 6A | 33,37 (<i>very poor</i>) | 16A | 19,49 (<i>serious</i>) |
| 7A | 37,99 (<i>very poor</i>) | 17A | 32,00 (<i>very poor</i>) |
| 8A | 12,10 (<i>serious</i>) | 18A | 38,17 (<i>very poor</i>) |
| 9A | 34,46 (<i>very poor</i>) | 19A | 40,14 (<i>poor</i>) |
| 10A | 27,88 (<i>very poor</i>) | 20A | 4,14 (<i>failed</i>) |

Nilai *PCI* keseluruhan = 31,68

Kondisi = *very poor*

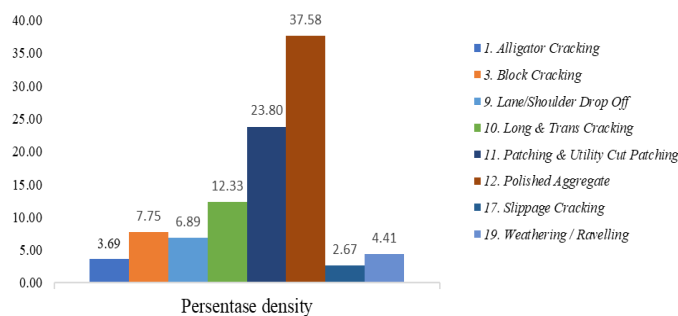
Berdasarkan perhitungan diatas diketahui bahwa nilai *PCI* keseluruhan pada ruas jalan tersebut termasuk dalam kondisi *very poor*. Kondisi jalan terburuk terjadi pada segmen 20A (*failed*), sedangkan kondisi terbaik terdapat pada segmen 11A (*fair*). Adapun persentase kondisi nilai *PCI* diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Persentase Kondisi Nilai PCI

Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui persentase kondisi kerusakan yang paling tinggi adalah kondisi *very poor* dengan persentase 40%. Kemudian diikuti oleh kondisi *serious* dengan persentase 30% dan kondisi *poor* dengan persentase 20%. Selain itu kondisi kerusakan paling rendah terdapat pada kondisi *fair* dan *failed* dengan persentase masing-masing sebesar 5%.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan menggunakan PCI, ruas jalan tersebut teridentifikasi mengalami berbagai macam jenis kerusakan. Berdasarkan hasil rekaman nilai *density*, kerusakan paling dominan yang terjadi adalah *polished aggregate* dengan persentase 37,58%. Kemudian diikuti oleh kerusakan *patching & utility cut patching* dengan persentase 23,80% dan kerusakan *longitudinal & transverse cracking* dengan persentase 12,33%. Adapun diagram persentase *density* untuk kerusakan lainnya disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram Persentase Nilai Density

Kerusakan *polished aggregate* dan *patching & utility cut patching* termasuk dalam kategori kerusakan *surface defect* yang berkaitan dengan kerusakan pada permukaan permukaan perkerasan yang biasanya tidak mengindikasikan kerusakan pada lapis struktur perkerasan tetapi memberikan pengaruh terhadap *serviceability* dan *skid resistance*. Sedangkan kerusakan *longitudinal & transverse cracking* termasuk dalam kategori kerusakan *crack* yang kemungkinan disebabkan oleh *deformation*, *fatigue life*, atau pelaksanaan konstruksi yang buruk sehingga menyebabkan keterbatasan kemampuan penyebaran beban.

3.1 Surface Distress Index (SDI)

Pada analisis SDI pembagian unit sampel dibagi menjadi 100 m, sehingga diperoleh 10 sampel unit data. Berdasarkan alur analisis SDI yang tertera pada metode penelitian dan merujuk pada Tabel 2 perihal pengelompokkan kondisi jalan menurut nilai SDI maka nilai SDI keseluruhan dari Jalan Yogyakarta-Pulowatu dapat ditentukan dan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Nilai *SDI* keseluruhan

| Sampel Unit | Nilai <i>SDI</i> | Sampel Unit | Nilai <i>SDI</i> |
|---------------------------------------|---------------------|-------------|--------------------|
| 1A | 305 (rusak berat) | 6A | 305 (rusak berat) |
| 2A | 265 (rusak berat) | 7A | 305 (rusak berat) |
| 3A | 155 (rusak berat) | 8A | 305 (rusak berat) |
| 4A | 307,5 (rusak berat) | 9A | 305 (rusak berat) |
| 5A | 305 (rusak berat) | 10A | 115 (rusak ringan) |
| Nilai <i>PCI</i> keseluruhan = 267,25 | | | |
| Kondisi = rusak berat | | | |

3.2 Perbandingan Hasil Metode Empiris

Dari analisis yang telah dilakukan, perbandingan antara nilai *PCI* dan *SDI* terdapat dalam Tabel 5.

Tabel 5 Perbandingan Nilai *PCI* dan *SDI*

| | <i>PCI</i> | | <i>SDI</i> | |
|---------------------------|------------|------------------|------------|-------------|
| | Nilai | Kondisi | Nilai | Kondisi |
| Rata-rata nilai kerusakan | 31,68 | <i>Very Poor</i> | 267,25 | Rusak Berat |

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *PCI* didapatkan nilai *PCI* sebesar 31,68 yang termasuk dalam kategori *very poor*. Penilaian kondisi jalan dengan hasil *very poor* juga terdapat pada penelitian yang dilakukan oleh (Sandyna dkk., 2022) pada ruas Jalan As-Shofa Pekanbaru dan (Batua & Rosyad, 2023) pada ruas Jalan Betung – Sekayu.

Berdasarkan Tabel 5, dapat diketahui nilai *SDI* diperoleh sebesar 267,25 yang termasuk dalam kategori rusak berat. Penelitian lain dengan hasil kondisi jalan rusak berat telah dilakukan oleh (Rahman dkk., 2021) pada ruas Jalan Kebun Baru – Pulau Sangkar. Penelitian serupa dengan temuan yang sejalan juga dilakukan oleh (Irhamuddin dkk., 2023) pada ruas Jalan Leung Baro – Suak Bilie, Jalan Suka Makmue – Alue Kambuk, Jalan Cot Peurudi – Blang Sapek, dan Jalan Suka Makmue – Kuta Padang.

Penelitian lain telah dilakukan oleh (Arbiansyah & Suparma, 2022) menggunakan *PCI* dan *SDI* pada ruas jalan yang sama yaitu Jalan Yogyakarta – Pulowatu. Pada penelitiannya (Arbiansyah & Suparma, 2022) mengatakan bahwa nilai kondisi jalan dengan *PCI* pada *section A* diperoleh 47,08 (*poor*) dan *section B* diperoleh 62,77 (*fair*), sedangkan untuk *SDI* pada *section A* diperoleh 123,75 (rusak ringan) dan *section B* diperoleh 54,58 (sedang). Berdasarkan perbandingan hasil antara penelitian ini dan penelitian (Arbiansyah & Suparma, 2022) maka dapat disimpulkan bahwa kualitas jalan yang ditinjau mengalami penurunan kondisi pelayanan yang cukup besar.

Berdasarkan analisis *PCI* dan *SDI* dapat disimpulkan bahwa nilai *PCI* yang diperoleh selaras terhadap nilai *SDI*. Hal ini sejalan dengan studi yang telah dilakukan oleh (Hermawan & Suparma, 2016) pada ruas Jalan Kaliurang. (Hermawan & Suparma, 2016) mengatakan bahwa nilai *SDI* yang diperoleh tidak memiliki perbedaan yang besar dibandingkan dengan *PCI*.

Walaupun nilai *PCI* dan *SDI* masing-masing dapat memberikan gambaran kondisi jalan tetapi kedua memiliki perbedaan dalam menganalisis kerusakan. Penelitian lebih lanjut telah dilakukan oleh (Nur dkk., 2019) yang menganalisis hubungan antara *PCI*, *SDI*, dan *PSI*. (Nur dkk., 2019) mengatakan bahwa metode

PCI dan *SDI* memiliki kesamaan dalam menentukan kondisi suatu jalan tetapi memiliki perbedaan yang cukup signifikan dalam menganalisis kerusakan. Contoh kasus untuk menilai kerusakan lubang, *PCI* mempertimbangkan pengaruh tingkat kerusakan dengan mengukur diameter dan kedalaman lubang, sedangkan *SDI* hanya menghitung jumlah lubang. Perbandingan *PCI* dan *SDI* dapat diketahui lebih lanjut pada Tabel 6.

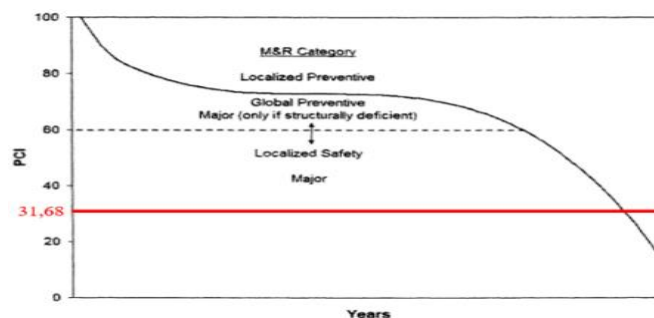
Tabel 6 Perbandingan *PCI* dan *SDI*

| <i>PCI</i> | <i>SDI</i> |
|--|---|
| Penilaian kerusakan berdasarkan pada 19 jenis kerusakan | Penilaian kerusakan berdasarkan pada luas area retak, <i>rutting</i> , jumlah lubang, dan lebar retak |
| Data yang didapatkan lebih akurat karena lebih mendetail | Data yang didapatkan kurang akurat, karena beberapa kerusakan tidak dinilai |
| Survei kerusakan bersifat subjektif | Survei kerusakan bersifat subjektif |
| Penilaian dilakukan secara visual | Penilaian dilakukan secara visual |

Berdasarkan Tabel 6 terlihat bahwa *PCI* merupakan metode yang lebih spesifik dalam menentukan kondisi suatu jalan dibandingkan dengan *SDI*, hal ini sesuai dengan temuan yang diperoleh dalam penelitian (Arbiansyah & Suparma, 2022). Hal lain juga dikatakan oleh (Tajudin, 2021) faktor lain yang mempengaruhi tingkat akurasi metode *PCI* dan *SDI* adalah banyaknya jenis kerusakan yang dijadikan acuan penilaian, dimana jenis kerusakan *PCI* terdapat 19 jenis kerusakan sedangkan *SDI* hanya terdapat 4 jenis kerusakan. (Sandyna dkk., 2022) menyimpulkan bahwa *PCI* memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi daripada *SDI* dalam teknik penelitian di lapangan. Karena itu, *PCI* lebih direkomendasikan untuk digunakan dalam mengevaluasi kondisi jalan.

3.3 Pemeliharaan dan Perbaikan Jalan

Pada makalah ini akan digunakan 2 jenis metode pemeliharaan yang berdasarkan dari nilai *PCI* dan *SDI*. Adapun nilai *PCI* yang diperoleh adalah sebesar 31,68 (*very poor*). Untuk menentukan pemeliharaan dan perbaikan yang dibutuhkan maka dapat dilihat melalui grafik hubungan antara *PCI* dengan kategori *Maintenance and Rehabilitation (M&R)* pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik kategori *M&R*

Berdasarkan Gambar 4, dengan nilai *PCI* sebesar 31,68 maka hasil penentuan pemeliharaan dan perbaikan untuk kondisi Jalan Yogyakarta – Pulowatu adalah *major maintenance* (pemeliharaan utama). Adapun perbaikan yang perlu diperbaiki antara lain *asphalt cement overlay*, *hot in-place recycling*, dan *reconstruction*.

Sedangkan untuk menentukan program penanganan yang dibutuhkan berdasarkan nilai *SDI* maka perlu dilihat pada Tabel 7 yang diperoleh dari Peraturan Menteri PU No.13/PRT/M/2011. Adapun Program penanganan tersebut terdiri dari pemeliharaan berkala, pemeliharaan rutin, rehabilitasi, dan rekonstruksi.

Tabel 7 Program Penanganan Berdasarkan Nilai *SDI*

| Nilai <i>SDI</i> | Kategori Kerusakan | Program Penanganan |
|------------------|--------------------|---|
| < 50 | Baik | Pemeliharaan Rutin |
| 50-100 | Sedang | Pemeliharaan Berkala |
| 100-150 | Rusak Ringan | Rehabilitasi (perbaikan dan/atau perkuatan) |
| > 150 | Rusak Berat | Rehabilitasi (perkuatan atau penggantian) |

Berdasarkan Tabel 7 dengan nilai *SDI* sebesar 267,25 (rusak berat) maka dapat diketahui program penanganan kondisi tersebut yaitu rehabilitasi (perkuatan atau penggantian). Rehabilitasi yang disarankan berupa pelapisan ulang bagian perkerasan jalan atau *overlay*.

3.4 Analisis Perkerasan Lentur Eksisting

Menurut data yang diperoleh dari Dinas PUPR Provinsi Yogyakarta, tebal perkerasan eksisting yang digunakan pada ruas Jalan Yogyakarta – Pulowatu terdiri atas *AC-WC*: 4 cm, *AC-BC*: 6 cm, dan LPA A: 60 cm. Pada desain perkerasan eksisting tersebut, analisis dilakukan menggunakan program *KENPAVE* dengan pemodelan elastik. Hasil analisis metode mekanistik-empiris menunjukkan nilai maksimum beban gandar dan umur pelayanan pada kerusakan *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation* sebagaimana tercantum dalam Tabel 8.

Tabel 8 Rekapitulasi Hasil Analisis Perkerasan Eksisting

| Jenis Kerusakan | Beban Gandar Maksimum | Umur Pelayanan |
|-----------------------------------|-----------------------|----------------|
| <i>Fatigue cracking (Nf)</i> | 10.517.797 ESAL | 7 Tahun |
| <i>Rutting (Nr)</i> | 63.631 ESAL | 1 tahun |
| <i>Permanent deformation (Nd)</i> | 734.874 ESAL | 1 tahun |

Berdasarkan Tabel 8 dapat disimpulkan bahwa perkerasan eksisting belum mencapai kemampuannya untuk menahan beban kendaraan hingga umur rencana. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menggunakan pemodelan elastik pada perkerasan eksisting, seperti yang dilakukan oleh (Suwanda & Kushari, 2019) di ruas Jalan Tempel – Pakem dan (Hakim & Kushari, 2019) di ruas Jalan Pakem – Prambanan. Kedua penelitian tersebut menyatakan bahwa perkerasan eksisting pada kedua lokasi tersebut belum mampu menahan beban kendaraan hingga mencapai umur rencana yang ditetapkan selama 20 tahun.

Perkerasan eksisting yang belum mampu menahan beban kendaraan tersebut dapat disebabkan oleh tebal lapisan aspal yang belum memadai untuk menahan beban kendaraan yang melaluinya. Pada struktur lapisan perkerasan eksisting diketahui bahwa tidak terdapat lapisan pondasi aspal (*asphalt base*) pada struktur tersebut. Lapisan pondasi aspal memiliki peranan penting dalam mendistribusikan beban ke lapisan dibawahnya. Sehingga dengan adanya lapisan pondasi aspal, struktur perkerasan jalan menjadi lebih kuat dan tahan terhadap kerusakan deformasi dan jenis kerusakan lainnya.

Berdasarkan Tabel 8 terlihat bahwa jenis kerusakan pertama yang terjadi adalah *Nr*, diikuti oleh *Nd*, dan *Nf*. Pola kerusakan ini sejalan dengan penelitian

(Pambudi & Fauziah, 2021) pada ruas Jalan Simpang Pundu – Tumbang Samba. (Utami & Fauziah, 2022) juga mengatakan bahwa kerusakan pertama yang terjadi pada ruas Jalan Bts. Kab. Kampar – Bts. Kota Bangkinang adalah *Nr*. Berdasarkan Tabel 8 juga dapat disimpulkan bahwa kerusakan *Nf* merupakan kerusakan terakhir yang terjadi pada perkerasan eksisting. Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh (Suwanda & Kushari, 2019) yang mengatakan bahwa jenis kerusakan *Nf* merupakan kerusakan terakhir yang terjadi pada ruas Jalan Tempel – Pakem. Penelitian lain dengan kerusakan terakhir berupa *Nf* juga telah temukan dalam penelitian (Hadi & Fauziah, 2022).

Pada analisis yang telah dilakukan pada perkerasan eksisting, maka dapat disimpulkan bahwa perkerasan tersebut belum mampu menahan beban kendaraan yang melaluinya. Sehingga perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk memperoleh desain perkerasan yang paling optimal. Pada penelitian ini diberikan desain perkerasan alternatif sebagai solusi dari permasalahan tersebut.

3.5 Desain Perkerasan Lentur Alternatif

Desain perkerasan yang dilakukan berpedoman pada Bina Marga 2017 dengan menggunakan data LHR Jalan Yogyakarta-Pulowatu tahun 2022. Selain itu, parameter lain yang digunakan antara lain adalah umur rencana desain perkerasan yaitu 20 tahun, faktor pertumbuhan lalu lintas sebesar 12,41 % yang diperoleh dari perbandingan data LHR dari tahun sebelumnya, faktor distribusi arah sebesar 0,5 sebagai jalan dua arah, dan faktor distribusi lajur sebesar 100% atau 1.

Berdasarkan data-data tersebut, diperoleh nilai ESAL 5 dari perhitungan kombinasi data sebesar 22.442.967 ESAL. Mengacu pada Manual Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017 Revisi Juni 2017, maka asumsi desain perkerasan yang digunakan adalah desain yang tercantum pada bagan desain 3B pada kriteria FFF6, yaitu dengan *AC-WC*: 4 cm, *AC-BC*: 6 cm, *AC-Base*: 16 cm, dan *LPA A*: 30 cm.

3.6 Analisis Perkerasan Lentur Alternatif

Berdasarkan desain perkerasan yang diperoleh, dilakukan analisis menggunakan mekanistik-empiris pada program *KENPAVE*. Hasil analisis untuk desain perkerasan alternatif dengan pemodelan elastik dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Rekapitulasi Hasil Analisis Perkerasan Alternatif

| Jenis Kerusakan | Beban Gandar Maksimum | Umur Pelayanan |
|-----------------------------------|-----------------------|----------------|
| <i>Fatigue cracking (Nf)</i> | 1.354.463.379 ESAL | 43 tahun |
| <i>Rutting (Nr)</i> | 356.902.423 ESAL | 32 tahun |
| <i>Permanent deformation (Nd)</i> | 91.330.220 ESAL | 21 tahun |

Pada Tabel 9 dapat dilihat bahwa kerusakan pertama yang mungkin terjadi pada perkerasan alternatif adalah *Nd*, diikuti *Nr*, dan *Nf*. Hal ini searah dengan studi yang dilakukan oleh (Hadi & Fauziah, 2022) yang menunjukkan bahwa campuran *superpave* ataupun *AC-WC* dalam penelitiannya mengalami *Nd* sebagai kerusakan awal dan *Nf* sebagai kerusakan akhir. Perkiraan kerusakan awal dan akhir ini juga searah dengan studi yang telah dilakukan oleh (Widodo, A.D., 2018) di ruas Jalan Magelang – Yogyakarta, (Suwanda dan Kushari, 2019) di ruas Jalan Tempel – Pakem, (Yulianto & Fauziah, 2019) di ruas Jalan Purworejo – Jogja, dan (Pambudi & Fauziah, 2021) di ruas Jalan Simpang Pundu – Tumbang Samba.

Berdasarkan Tabel 9 dapat diketahui pula bahwa perkiraan umur pelayanan desain perkerasan alternatif yang disarankan telah memenuhi target umur pelayanan yang diinginkan. Hal ini terbukti dari perkiraan umur pelayanan pada kerusakan N_r , N_f , dan N_d telah melampaui umur rencana yang ditetapkan yaitu 20 tahun. Oleh karena itu, desain tebal perkerasan alternatif yang disarankan dapat diterapkan.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan metode empiris kondisi ruas jalan memiliki nilai PCI sebesar 31,68 (*very poor*) dengan saran penanganan berupa *major maintenance* dengan metode perbaikan *asphalt cement overlay*, *hot in-place recycling*, dan *reconstruction*, sedangkan pada nilai SDI didapatkan angka 267,25 (rusak berat) dengan saran penanganan berupa rehabilitasi jalan (perkuatan/penggantian) dengan cara pelapisan ulang bagian perkerasan jalan atau *overlay*. Pada metode mekanistik-empiris analisis perkerasan eksisting diperoleh umur pelayanan pada kerusakan N_f dengan umur 7 tahun, kerusakan N_r dengan umur 1 tahun, dan N_d dengan umur 1 tahun. Berdasarkan dari desain perkerasan eksisting maka dapat disimpulkan bahwa perkerasan tidak mencapai umur rencana dan disarankan untuk melakukan redesain menggunakan lapis perkerasan yang lebih tebal dengan menambahkan lapisan *AC-Base*. Berdasarkan nilai $CESA$ 5 yang diperoleh sebesar 22.442.967 ESAL, maka digunakan desain 3B pada kriteria FFF6 sebagai desain alternatif yang disarankan. Adapun umur pelayanan dari perkerasan alternatif pada kerusakan N_f selama 38 tahun, kerusakan N_r selama 28 tahun, dan N_d selama 20 tahun

4.2 Saran

Pada pelaksanaan survei visual menggunakan PCI dan SDI harus dilakukan dengan teliti terutama pada pengukuran dimensi setiap kerusakan, karena hal ini akan berpengaruh pada nilai hasil akhir.

Daftar Kepustakaan

- Arbiansyah, & Suparma, L.B., 2022. Evaluasi Penilaian Kondisi Perkerasan Jalan Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI), Surface Distress Index (SDI), dan International Roughness Index (IRI). Yogyakarta: UGM press.
- Ayuningtyas, K.N.S., & Subagio, B.S., 2019. Responses of Flexible Pavement Structure to Variation of Load Type, Material Characteristics, and Service Life using Kenlayer Program. *Jurnal Teoretis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 26(2).
- Batua, P.A.H., & Rosyad, F., 2023. Analisis Kerusakan Jalan Dengan Metode PCI (Pavement Condition Index) Pada Ruas Jalan Betung – Sekayu KM 77 – KM 82. In *Bina Darma Conference on Engineering Science (BDCES)*(Vol. 3, No. 2, pp. 802-812).

- Hadi, M.A., 2023. Identifikasi Kerentanan Kinerja Perkerasan Jalan Terhadap Aktivitas Overload Kendaraan Menggunakan Program KENPAVE. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), pp. 95-104.
- Hadi, M.A. & Fauziah, M., 2020. Sensitivitas Kinerja Struktur Campuran Superpave Terhadap Pengaruh Variasi Tipe Bahan Ikat dan Kecepatan Kendaraan. In *Civil Engineering, Environmental, Disaster and Risk Management Symposium*.
- Hadi, M.A., & Fauziah, M., 2022. Studi komparasi prediksi umur pelayanan antara campuran Superpave dan AC-WC menggunakan permodelan viskoelastik dan elastik. *Teknisia*, 27(2), pp.71-82.
- Hakim, I.N., & Kushari, B., 2019. Kaji Ulang Desain Tebal Perkerasan Lentur Pada Ruas Jalan Pakem-Prambanan Untuk Mengantisipasi Peningkatan Kelas Jalan. *Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia*.
- Hardiyatmo, H.C., 2015. *Pemeliharaan Jalan Raya Edisi ke-2*. Penerbit Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hermawan, B.Y., & Suparma, L.B., 2016. Evaluasi Kinerja Lapis Perkerasan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI) Dan Surface Distress Index (SDI) (Studi Kasus: Jl. Kaliurang Simpang Mirota Sampai Simpang Magister Management UGM). Yogyakarta: UGM press.
- Huang, Y. H., 2012. *Pavement Analysis and Design*. United States of America: Pearson Education, Inc.
- Irhamuddin, I., Firzan, F., & Rahman, A., 2023. Penilaian Kondisi Jalan Menggunakan Metode SDI (Surface Distress Index) Dan Pendataan Dalam GIS (Geographic Information System) Di Kabupaten Nagan Raya. *Jurnal Ilmiah Teknik Unida*, 4(1), pp. 79-86.
- Nur, W., Subagio, B. S., & Hariyadi, E. S., 2019. Relationship between the Pavement Condition Index (PCI), Present Serviceability Index (PSI), and Surface Distress Index on Soekarno Hatta Road, Bandung. *Institut Teknologi Bandung*, 26(2), 111-120.
- Pambudi, R.A., & Fauziah, M., 2021. Evaluasi Perancangan Struktur Perkerasan Dengan Metode Bina Marga 2017 Dan Program KENPAVE Menggunakan Pendekatan Elastik Dan Viskoelastik (Studi Kasus: Jalan Simpang Pundu – Tumbang Samba). *Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat* (pp. 304-314). Yogyakarta: Dspace UII.
- Pasha, E., Sebayang, N., & Ma'ruf, A., 2022. Analisis Kerusakan Jalan Dengan Menggunakan Metode PCI (Pavement Condition Index), SDI (Surface Distress Index) dan IRI (International Roughness Index) (Studi Kasus Jl. Widuri Sukorejo, Kota Blitar). *Student Journal GELAGAR*, 4(2), pp.153-162.
- Peraturan Pemerintah Pekerjaan Umum RI., 2011. *Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan*. Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.

- Rahman N.F., Rintawati, D., & Sari, C., 2021. Evaluasi Kondisi Perkerasan Jalan Menggunakan Metode Surface Distress Index (SDI) (Studi Kasus: Ruas Jalan Kebun Baru – Pulau Sangkar, Kabupaten Kerinci). In *Prosiding Seminar Intelektual Muda* (Vol. 3, No. 1).
- Revisi MDP 2017, T. P., 2017. *Manual Perkerasan Jalan* (Revisi Juni 2017). Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Sandyna A.N., Elfichra, A., Aqilla, A., Novaldi, K., & Adiman, E.Y., 2022. Analisis Perbandingan Tingkat Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Lentur Dengan Metode PCI dan Metode SDI (Studi Kasus: Jalan As-Shofa Pekanbaru). *Journal of Infrastructure and Civil Engineering*, 2(2), pp.95-105.
- Suwanda, M.A., & Kushari, B., 2020. Analisis Perbandingan Desain Struktur Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Mekanistik-Empiris Dengan Pemodelan Viskoelastik Dan Elastik Pada Ruas Jalan Tempel – Pakem. *Naskah Publikasi*, 1-8.
- Tajudin, A.N., 2021. Evaluasi Kerusakan Perkerasan Lentur Dengan Metode PCI Dan SDI (Studi Kasus: Jalan Jatisari, Karawang). *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, pp.845-854.
- Utami, R.A., & Fauziah, M., 2022. Evaluasi Kondisi Perkerasan Dan Prediksi Sisa Umur Dengan Metode PCI Dan Metode Mekanistik-Empirik Dengan Program KENPAVE Pada Ruas Jalan Bts. Kab. Kampar – Bts. Kota Bangkinang (Sta. 12+000 – Sta. 14+000). Yogyakarta: Dspace UII.
- Widodo, A.D., 2018. Evaluasi Kondisi Perkerasan Dan Prediksi Sisa Umur Perkerasan Lentur Dengan Metode Pavement Condition Index, Bina Marga, Dan Metode Mekanistik-Empirik Dengan Program KENPAVE. Yogyakarta: Dspace UII.
- Yulianto, D., & Fauziah, M., 2019. Analisis Nilai Sisa Perkerasan Lentur Akibat Beban Berlebih Kendaraan (Overloading) dengan Metode Empirik dan Metode Mekanistik – Empirik dengan Program KENPAVE pada Ruas Jalan Purworejo - Jogja. *Konferensi Nasional Inovasi Lingkungan Terbangun (ILT) Ke - 5*.