

Analisis tingkat kerusakan perkerasan lentur menggunakan metode PCI dan mekanistik–empirik pada Jalan Boja–Darupono STA. 10+200 – Sta. 11+500

Muhammad Rifqi Ramadhani^{1,*}, Prayogo Afang Prayitno¹

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

Article Info

Available online

Keywords:

Bina Marga 2017
Bina Marga 1987
Kenpave
Remaining Life
PCI

Corresponding Author:

Muhammad Rifqi Ramadhani
19511190@students.uii.ac.id

Abstract

Boja - Darupono road has a length of 12,85 km in Kendal Regency. The increasing volume of traffic in Kendal Regency, which can be seen from the percentage of annual population growth rate of 1.2% and population density of 1016 per km², can cause road pavement to experience damage to grooves, cracks, and holes in the road body. This study aims to determine the level of damage to the road surface and its repair, as well as to determine the thickness of the overlay layer and determine the stress strain value to get the remaining service life of the pavement. The data used in the research on the Boja Darupono Road Sta. 10+200 - Sta. 11+500, namely primary and secondary data, primary data in the form of data taken directly in the field in the form of measuring the area and type of damage with the PCI method. While secondary data obtained from DPUPR Kendal Regency in the form of pavement data, LHR data and soil CBR data. The research was conducted using PCI, Bina Marga 1987, Bina Marga 2017 and Empirical Mechanistic methods with the KENPAVE program. Based on the research that has been done, the PCI value of 48,692 is included in the fair road condition. Calculation of overlays using the Bina Marga 1987 method, the minimum thickness of the overlay is 13 cm. The KENPAVE program is used to obtain the stress strain value, so that the repetition load on the existing pavement conditions is 292831,6939 ESAL until fatigue cracking occurs, 564189,1287 ESAL until rutting occurs, and 1046040,596 ESAL until deformation occurs. In the condition of the overlay pavement, the repetition load is obtained at 82473737,82 ESAL until fatigue cracking occurs, 4707863,254 ESAL until rutting occurs, and 7973182915,1572 ESAL until deformation occurs. It can be seen that with the addition of overlays on the pavement, the repetition load can increase so that the planned life of the pavement can be fulfilled. The results of the 2017 Bina Marga method analysis obtained the remaining life value for the overlay pavement in year 2 (2025) is 82,06%.

Copyright © 2025 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Jalan merupakan akses yang sangat penting bagi masyarakat, dikarenakan jalan merupakan salah satu akses penghubung dari suatu daerah ke daerah yang lain. Jalan Boja - Darupono memiliki panjang 12,85 km yang menjadi salah satu jalan Kabupaten di wilayah Kabupaten Kendal. Tata guna lahan pada Jalan Boja - Darupono belum tertata dengan rapi belum terdapat bahu jalan pada

setiap ruas jalan, dan sistem drainase pada jalan tersebut cukup buruk sehingga mengakibatkan banyak genangan air pada ruas jalan ketika musim hujan.

Kerusakan jalan pada umumnya disebabkan oleh iklim suatu daerah, kondisi tanah dasar yang belum stabil, sistem drainase yang buruk, material konstruksi yang digunakan tidak memenuhi standar, proses pelaksanaan pekerjaan yang tidak baik, volume lalu lintas

yang semakin meningkat, beban lalu lintas yang berulang-ulang dan lain sebagainya.

Semakin bertambahnya volume lalu lintas yang ada di Kabupaten Kendal, yang dapat dilihat dari presentase laju pertumbuhan penduduk pertahun sebesar 1,2% dan kepadatan penduduk 1016 per km^2 yang di dapat dari BPS Kabupaten Kendal, sehingga dapat menyebabkan perkerasan jalan mengalami kerusakan pada badan jalan.

Metode yang digunakan untuk mengetahui kondisi permukaan jalan pada penelitian terdahulu salah satunya dengan menggunakan metode PCI (*Pavement Condition Index*). Nilai tegangan regangan didapatkan menggunakan Metode Mekanistik Empirik dengan menggunakan program *KENPAVE*, sub program *KENLAYER*. Nilai sisa umur rencana didapatkan menggunakan metode Bina Marga 2017.

Landasan Teori

Analisis kerusakan perkerasan lentur jalan telah diteliti Assrullah (2019) yang berjudul “*Evaluasi Kondisi Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI) Pada Ruas Jalan Sako Baru Kecamatan Sako Palembang*” Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas perkerasan berdasarkan nilai PCI dan macam macam kerusakan jalan yang terjadi.

Penelitian yang dilakukan Rachman dan Sari (2020) yang berjudul “*Analisis Kerusakan Jalan Dengan Menggunakan Metode PCI Dan Strategi Penanganannya (Studi Kasus Jalan Nasional Srijaya Raya Palembang Km 8+149 Sd Km9+149)*” yang bertujuan untuk mengetahui kondisi, jenis dan tingkat kerusakan perkerasan pada ruas Jalan Nasional Srijaya Raya Palembang Km 8+149 Sd Km9+149 berdasarkan metode *Pavement Condition Index* (PCI), sehingga mendapatkan alternatif solusi penanganan pemeliharaan jalan tersebut beserta biaya yang diperlukan.

Penelitian yang dilakukan Fatikasari (2021) yang berjudul “*Analisa Tingkat Kerusakan*

Jalan Menggunakan Metode PCI Untuk Mengevaluasi Kondisi Jalan di Raya Cangkring, Kecamatan Krembung, Kabupaten Sidoarjo” dengan tujuan mengetahui Nilai PCI dan penanganan perbaikan pada ruas Jalan Raya Cangkring, Kecamatan Krembung, Kabupaten Sidoarjo.

Penelitian yang dilakukan Kurniawan dan Hadi (2024) yang berjudul “*Kolaborasi Metode Empiris dan Mekanistik-Empiris Guna Identifikasi dan Evaluasi Kinerja Perkerasan Jalan*” dengan tujuan Mengetahui kondisi perkerasan jalan berdasarkan kerusakan jalan dan alternatif perbaikannya, mengetahui respon regangan-tegangan yang terjadi akibat beban lalu lintas dan memprediksi sisa umur/masa layanan yang tersedia dari Ruas Jalan Yogyakarta-Pulowatu pada Sta. 7+000 – 8+000, Kabupaten Sleman, Yogyakarta.

Penelitian yang dilakukan Dwiputra, dkk (2021) yang berjudul “*Prediksi Sisa Umur Perkerasan Lentur Dengan Metode Mekanistik-Empirik Ruas Jalan Prof. Dr. Wirjono Prodjodikoro, Yogyakarta*” dengan tujuan penelitian untuk mendapat nilai repetisi beban retak lelah (N_f), repetisi beban retak alur (N_d) dan nilai repetisi beban rencana (N_r).

Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Jalan Boja - Darupono yang merupakan jalur penghubung antar Kecamatan Boja dan Kecamatan Kaliwunggu, yang memiliki panjang jalan sejauh 12,85 Km. Lokasi penelitian pada Jalan Boja – Darupono Sta. 10+200 – Sta. 11+500 sejauh 1,3 Km.

Data Penelitian

Data yang digunakan untuk menganalisis kondisi perkerasan adalah data primer dan data sekunder. Metode pengumpulan data primer yaitu pengukuran luas dan jenis kerusakan dengan metode PCI, pengambilan gambar pada lokasi yang dievaluasi kerusakannya. Data sekunder didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (DPUPR) Kab. Kendal, data data

yang digunakan yaitu data perkerasan jalan, data LHR, dan data CBR tanah.

Metode Pavement Condition Index

Metode PCI (*Pavement Condition Index*) merupakan suatu metode untuk mengetahui kondisi permukaan perkerasan dan hasil pengukurannya dari sudut pandang fungsi kegunaan yang merepresentasikan kondisi dan kerusakan permukaan perkerasan. PCI adalah indeks numerik yang nilai berkisar 0 hingga 100 (Hardiyatmo, 2007).

Dalam metode PCI teridentifikasi 3 faktor utama yaitu tipe kerusakan, tingkat keparahan kerusakan, dan jumlah atau kerapatan kerusakan. Berikut ini adalah langkah langkah perhitungan dalam metode PCI.

Menentukan Nilai Density (Kerapatan)

Kerapatan (*density*) merupakan presentase luasan atau panjang total dari suatu jenis kerusakan terhadap luas atau panjang total setiap segmen yang telah diukur. Dengan demikian kerapatan kerusakan dapat dinyatakan pada Pers. (1) berikut.

$$Density = \frac{Ad}{As} \times 100\% \quad (1)$$

dengan Ad : luas total dari satu jenis kerusakan (m^2), dan As : luas total segmen (m^2).

Menentukan Deduct Value

Nilai pengurang, *deduct value* (DV) merupakan suatu nilai pengurangan setiap jenis kerusakan yang diperoleh dari kurva antara hubungan kerapatan (*density*) dan tingkat keparahan (*severity level*).

Menentukan Nilai Pengurangan Ijin Maksimum (m)

Nilai pengurangan ijin maksimum untuk menentukan jumlah data *deduct value* yang dapat digunakan dan mempengaruhi penentuan nilai q . Nilai pengurangan ijin maksimum yang diperbolehkan dapat dihitung menggunakan Pers. (2) berikut.

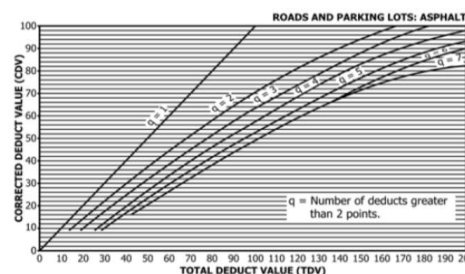
$$m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \quad (2)$$

dengan m : jumlah pengurangan ijin untuk unit sampel, dan HDV: angka *deduct value* tertinggi.

Dari perhitungan yang telah dilakukan apabila nilai m yang didapatkan lebih besar daripada nilai *deduct value*, maka seluruh nilai *deduct value* digunakan dalam hitungan selanjutnya. Dan apabila nilai m lebih kecil dari nilai *deduct value* maka nilai *deduct value* yang digunakan sejumlah m .

Menentukan Corrected Deduct Value

Nilai pengurang terkoreksi, *corrected deduct value* (CDV) merupakan nilai yang diperoleh dari kurva hubungan antara nilai pengurangan total (TDV) dan nilai pengurangan (DV) dengan memilih kurva yang sesuai. Apabila nilai CDV yang diperoleh lebih kecil dari nilai pengurangan tertinggi, *highest deduct value* (HDV), maka nilai CDV yang digunakan adalah nilai pengurangan individual yang tertinggi. Nilai CDV dapat dicari menggunakan grafik pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Grafik *Corrected Deduct Value*
(Sumber : Hardiyatmo,2007)

Menentukan Nilai PCI

Setelah nilai CDV diperoleh maka dapat dilakukan perhitungan nilai PCI setiap unit sample dengan menggunakan Pers. (3) berikut.

$$PCI_s = 100 - CDV \quad (3)$$

Dan untuk nilai PCI secara keseluruhan pada ruas jalan tertentu dapat dihitung menggunakan Pers. (4) berikut.

$$PCI_f = \frac{\sum PCI_s}{N} \quad (4)$$

dengan PCI_i : PCI untuk setiap unit segmen, PCI_f : nilai PCI rata-rata dari seluruh area penelitian, dan N : jumlah unit segmen.

Rating Kondisi Perkerasan

Nilai PCI yang diperoleh digunakan untuk melakukan penilaian kondisi perkerasan yang disarankan oleh Shahin (1994) dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

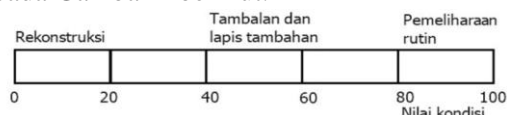
Tabel 1 Rating Pavement Condition Index

Nilai PCI	Kondisi Perkerasan
0 – 10	Failed
11 – 25	Serious
26 – 40	Very Poor
41 – 55	Poor
56 – 70	Fair
71 – 85	Satisfactory
86 – 100	Good

Sumber: Hardiyatmo (2007)

Penanganan Perbaikan

Berdasarkan Nilai PCI yang memberikan hasil nilai kerusakan jalan, maka diperlukan penanganan perbaikan yang harus dilakukan. Nilai kondisi perkerasan sebagai indikator tipe pemeliharaan dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Nilai Kondisi Sebagai Indikator Tipe Pemeliharaan

(Sumber: Hardiyatmo, 2007)

Metode Bina Marga 1987

Untuk perhitungan pelapisan tambahan (*overlay*), kondisi perkerasan jalan lama (*existing pavement*) dapat di nilai kondisi perkerasan tersebut. Ada faktor yang mempengaruhi perhitungan tebal lapis perkerasan lentur jalan menurut pedoman perencanaan baik untuk jalan baru maupun jalan lama dengan metode analisa komponen no. 01/PD/B/1987, Dirjen Bina Marga.

Berikut ini parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan penambahan perkerasan lentur jalan.

Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Koefisien distribusi kendaraan (C) sesuai dengan petunjuk perencanaan tebal

perkerasan lentur jalan raya dengan Metode Analisis Komponen (SKBI – 2.3.26.1987).

Angka Ekuivalen (E)

Angka ekuivalen (E) dari suatu beban sumbu kendaraan adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkan kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal kendaraan seberat 8,16 ton (18.000 lb). Angka ekuivalen (E) masing – masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) yang ditentukan oleh Dirjen Bina Marga 1987.

Lintas Ekuivalen

Lintas ekuivalen permulaan (LEP) dapat dihitung dengan Pers. (5) berikut.

$$LEP = \sum LHR_j \times C_j \times E_j \quad (5)$$

Lintas ekuivalen akhir (LEA) dapat dihitung dengan Pers. (6) berikut.

$$LEA = \sum LHR_j (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j \quad (6)$$

Lintas ekuivalen tengah (LET) dapat dihitung dengan Pers. (7) berikut.

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \quad (7)$$

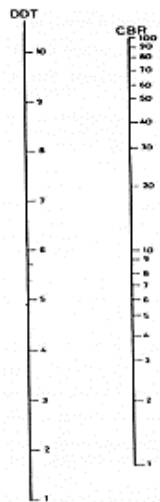
Lintas ekuivalen rencana (LER) dapat dihitung dengan Pers. (8) berikut.

$$LER = LET \times FP \quad (8)$$

dengan, C_j : koefisien distribusi arah, dan j : masing masing jenis kendaraan, i : tingkat pertumbuhan lalu lintas (%), UR : umur rencana, FP : faktor penyesuaian ($UR/10$).

Daya Dukung Tanah Dasar (DDT)

Dari nilai CBR segmen yang diperoleh, didapatkan nilai DDT dari grafik korelasi DDT dan CBR, dimana grafik DDT berskala linier dan grafik CBR berskala logaritma. Hubungan tersebut ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Korelasi antara DDT dan CBR
(Sumber : Bina Marga, 1987)

Faktor Regional

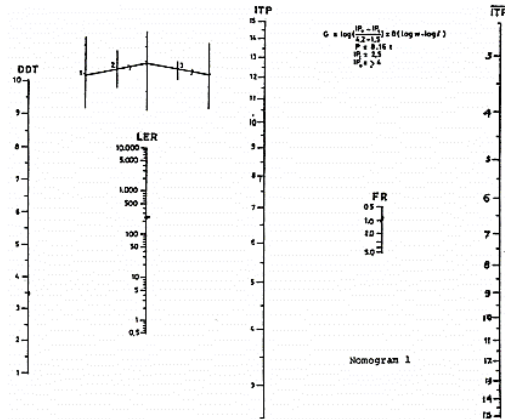
Faktor regional meliputi kondisi lapangan seperti permeabilitas tanah, fasilitas drainase, bentuk alinyemen, prosentase kendaraan berat dengan $MST \geq 13$ ton dan kendaraan yang berhenti, dan iklim pada daerah tersebut. Untuk kondisi tanah pada daerah rawa-rawa ataupun daerah terendam, nilai *FR* yang diperoleh ditambahkan 1. Nilai faktor regional didapatkan dari Bina Marga, 1987.

Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan merupakan nilai kehalusan dan kekokohan permukaan yang berkaitan terhadap tingkat pelayanan terhadap lalu lintas yang akan datang. Nilai indeks permukaan awal (*IPo*) didapatkan berdasarkan jenis lapisan permukaan, sementara nilai indeks permukaan akhir (*IPt*) didapatkan berdasarkan nilai LER.

Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Nilai indeks tebal perkerasan didapatkan dari nomogram menggunakan nilai-nilai yang telah diketahui sebelumnya, yaitu nilai *LER* selama umur rencana, nilai *DDT*, dan *FR* yang telah diperoleh. Berikut ini adalah Gambar 4 grafik nomogram untuk beberapa nilai *IPt* dan *IPo*.



Gambar 4. Nomogram 1 untuk $IPt = 2,5$ dan $IPo \geq 4$ (Sumber : Bina Marga, 1987)

Koefisien Kekuatan Relatif Bahan (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan-bahan yang digunakan sebagai lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah disajikan dalam Bina Marga, 1987.

Tebal Minimum Lapis Tambahan (Overlay)

Tebal minimum lapis perkerasan ditentukan dengan tabel batas minimum lapis permukaan dan lapis pondasi dari Dirjen Bina Marga 1987 yang dapat di lihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Tebal Minimum Lapis Perkerasan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung (Buras/ Burtu/ Burda)
3,00 - 6,70	5	Laston / Aspal Macadam / HRA /Lasbutag / Laston
6,71 - 7,49	7,5	Lapen / Aspal Macadam / HRA / Lasbutag / Laston
7,50 - 9,99	7,5	Lasbutag / laston
>10,00	10	Laston

Sumber : Bina Marga (1987)

Dari parameter-parameter tersebut, diperoleh nilai *ITP* dan nilai koefisien kekuatan relatif untuk setiap bahan perkerasan. Ketebalan setiap bahan perkerasan untuk tiap lapis permukaan, lapis pondasi atas, dan lapis pondasi bawah dapat dihitung menggunakan Pers. (9) berikut.

$$ITP = a1 \cdot D1 + a2 \cdot D2 + a3 \cdot D3 \quad (9)$$

dengan, *a1, a2, a3*: koefisien kekuatan relatif bahan untuk masing-masing lapisan

perkerasan, D_1, D_2, D_3 : tebal masing-masing lapis perkerasan.

Metode Mekanistik - Empirik

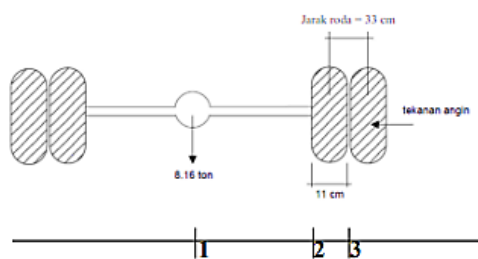
Metode mekanistik – empiris merupakan metode menggunakan pendekatan kombinasi. Metode ini didasarkan pada mekanika material yang memerlukan informasi semacam beban roda, respon perkerasan tegangan dan regangan. Nilai respon perkerasan digunakan untuk memprediksi tekanan uji laboratorium serta kinerja lapangan. Perlunya dilakukan pengamatan kinerja perkerasan karena teori belum terbukti untuk desain perkerasan secara realistik (Huang, 2004).

Progam KENPAVE

Progam *KENPAVE* terdiri dari empat program yang ada didalamnya. Untuk menganalisis perkerasan lentur berdasarkan pada teori sistem lapis banyak dapat menggunakan program *LAYERINP* dan *KENLAYER*, untuk menganalisis perkerasan kaku berdasarkan metode elemen hingga dapat menggunakan program *SLABINP* dan *KENSLAB*.

Untuk dapat menganalisis suatu perkerasan jalan menggunakan program ini, maka diperlukan input data-data material dan sifat karakteristik dari suatu perkerasan seperti modulus elastisitas (E), *poisson ratio* (μ), tebal setiap lapisan (t), serta kondisi beban.

Berikut ini data kondisi beban menurut Sukirman, (1993) terdiri dari beban roda P 8,16 ton, data tekanan ban q 0,55 Mpa, data jarak antar roda d 33 cm, dan data data jari jari bidang kotak a 11 cm. Dapat dilihat dalam Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Sumbu Standar Ekuivalen di Indonesia (Sumber : Sukirman, 1993)

Analisis Kerusakan Perkerasan

Analisis kerusakan perkerasan lentur jalan yang akan di bahas pada penelitian ini adalah *fatigue cracking*, *rutting*, dan *deformation*. Dalam analisis perhitungan menggunakan metode *mekanistik-empirik* akan mendapatkan hasil yaitu berupa nilai tegangan dan regangan perkerasan lentur. Sehingga nilai-nilai tersebut dapat digunakan untuk memprediksikan kerusakan perkerasan jalan lentur.

Kerusakan *fatigue cracking* (retak leleh) berfungsi untuk mengetahui jumlah keseluruhan repitisi beban berdasarkan regangan tarik yang berada dibawah lapis permukaan. Persamaan tersebut dapat dilihat pada Pers. (10) berikut.

$$Nf = 0,0796 (\mathcal{E}t)^{-3,921} |E|^{-0,854} \quad (10)$$

dengan $\mathcal{E}t$: regangan tarik di lokasi tinjauan kritis, dan E : modulus elastis pada lapisan permukaan.

kerusakan *rutting* (retak alur) pada perkerasan lentur jalan yang berfungsi untuk mengetahui jumlah beban berdasarkan regangan tekan dibawah lapis pondasi bawah. Persamaan tersebut dapat dilihat pada Pers. (11) berikut.

$$Nr = 1,365 \times 10^{-9} (\mathcal{E}c)^{-4,47} \quad (11)$$

dengan $\mathcal{E}c$: regangan tekan vertikal di bawah lapisan pondasi bawah.

Kerusakan *permanent deformation* pada perkerasan lentur jalan yang berfungsi untuk mengetahui jumlah beban repitisi perkerasan lentur pada kerusakan. Persamaan tersebut dapat dilihat pada Pers. (12) berikut ini.

$$Nd = 1,365 \times 10^{-9} (\mathcal{E}c)^{-4,47} \quad (12)$$

dengan $\mathcal{E}c$: regangan tekan vertikal di atas lapisan dasar.

Metode Bina Marga 2017

Pada penelitian ini metode Bina Marga tahun 2017 di gunakan untuk menentukan nilai sisa umur rencana. Adapun beberapa

parameter yang digunakan untuk perhitungannya sebagai berikut.

Analisis Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas pada suatu jalan pada umumnya bertambah dari tahun ke tahun, karena hal itu diperlukan estimasi untuk mendapatkan volume lalu lintas yang sesuai dengan umur perencanaannya dengan menggunakan persamaan eksponen dapat dilihat pada Pers. (13) berikut.

$$LHRT = LHR_0 (1 + i)^n \quad (13)$$

dengan, *LHRT*: *LHR* akhir umur rencana, *LHR₀*: *LHR* awal tahun umur rencana, *n*: umur rencana (tahun), dan *i*: angka pertumbuhan.

Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas minimum tahun 2015 hingga tahun 2035 tersedia pada Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017. Untuk menghitung faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*) pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana tersedia pada Pers. (14).

$$R = \frac{(1+(0,001 \times i))^{UR}-1}{0,01 \times i} \quad (14)$$

dengan, *R*: faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif, *i*: laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%), dan *UR*: umur rencana (tahun).

Faktor Lajur Rencana

Lajur rencana merupakan jalur lalu lintas pada suatu ruas jalan yang mengakomodasi lalu lintas kendaraan besar (bus dan truk). Beban lalu lintas pada lajur rencana ditunjukkan dalam ekuivalen sumbu standar kumulatif (*ESA*) dengan memperhatikan faktor distribusi arah (*DD*) dan faktor distribusi panjang kendaraan niaga (*DL*).

Perkiraan Faktor Ekuivalen Beban (VDF)

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversikan ke beban standar (*ESA*) dengan menggunakan Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*). Analisis struktur perkerasan ini dilakukan

berdasarkan jumlah kumulatif *ESA* pada lajur rencana sepanjang umur rencana. Survei beban gandar perlu dilakukan apabila ingin melakukan perhitungan beban lalu lintas yang akurat, tetapi apabila pada survei beban gandar tidak mungkin dilakukan oleh perencana dan pada data survei beban gandar beban sebelumnya tidak tersedia maka nilai *VDF* dapat dilihat pada Dirjen Bina Marga 2017.

Beban Sumbu Standar Komulatif (CESAL)

Cumulative Equivalent Single Axle Load (*CESAL*) adalah jumlah kumulatif dari beban sumbu lalu lintas pada lajur desain selama umur rencana, yang dapat ditentukan dengan persamaan (15) berikut.

$$ESA = \sum LHR \times VDF \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (15)$$

dengan, *ESA*: kumulatif lintasan sumbu standar ekuivalenn (*equivalent standard axle*) pada tahun pertama, *LHR*: lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan perhari), *VDF*: faktor ekuivalen beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga, *DD*: faktor distribusi arah, *DL*: faktor distribusi lajur, *CESAL*: kumulatif beban sumbu standar ekuivalen selama umur rencana, *R*: faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

Remaining Life

Remaining life atau sisa umur rencana adalah penyusutan dari umur rencana yang terjadi karena adanya faktor beban kendaraan yang melintas. Oleh sebab itu maka diperlukan perhitungan agar dapat diketahui seberapa jauh atau seberapa cepat masa layan jalan tersebut habis. Perhitungan untuk nilai sisa umur rencana (*remaining life*) dapat menggunakan Pers. (16) berikut.

$$RL = 100 \left[1 - \left(\frac{NP}{N_{1,5}} \right) \right] \quad (16)$$

dengan, *RL*: Remaining life, *N_p*: \sum kumulatif *W_n* pertahun, *N_{1,5}*: kumulatif *W_n* tahun terakhir umur rencana.

Tahapan Penelitian

Berikut ini merupakan langkah langkah yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini.

1. Perumusan suatu masalah.
2. Pengumpulan data primer dan sekunder.
3. Melakukan analisis data yang sudah di peroleh dengan menggunakan metode PCI untuk mengetahui kondisi perkerasan pada jalan.
4. Melakukan analisis data dengan metode Bina Marga 1987 untuk menentukan tebal perkerasan tambahan (*overlay*).
5. Melakukan analisis data yang sudah diperoleh dengan Program KENPAVE untuk memperoleh besarnya nilai tegangan dan regangan pada perkerasan existing dan perkerasan overlay.
6. Melakukan analisis data yang sudah diperoleh untuk memperoleh nilai sisa umur rencana (*remaining life*).
7. Melakukan pembahasan hasil penelitian yang sudah dilakukan.
8. Memberikan kesimpulan dan saran.
9. Selesai

Hasil dan Pembahasan

Metode PCI

Untuk mendapatkan nilai PCI dilakukan survey langsung kelapangan untuk mengetahui jenis jenis kerusakan dan luas kerusakan yang terjadi pada ruas jalan yang ditinjau. Berikut rekapitulasi perhitungan nilai PCI pada ruas Jalan Boja-Darupono Km 10+200 – 11+500 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Metode PCI

Segmen	PCI	Rating
1	63	Baik
2	61	Baik
3	41	Sedang
4	32	Buruk
5	30	Buruk
6	45	Sedang
7	42	Sedang
8	35	Buruk
9	21	Sangat Buruk
10	51	Sedang
11	89	Sempurna
12	55	Sedang
13	68	Baik

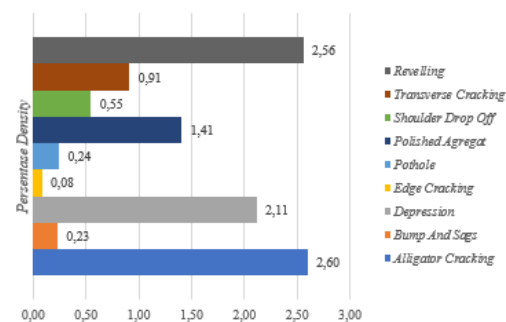
Berikut ini merupakan persentase *rating* berdasarkan nilai PCI yang sudah di dapatkan pada Jalan Boja-Darupono Km 10+200 – 11+500 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. *Presentase Rating* Berdasarkan Nilai PCI

Rating	Jumlah Segmen	Presentase (%)
Gagal (<i>failed</i>)	0	0
Sangat buruk (<i>very poor</i>)	1	7,692
Buruk (<i>poor</i>)	3	23,077
Sedang (<i>fair</i>)	5	38,462
Baik (<i>good</i>)	3	23,077
Sangat baik (<i>very good</i>)	0	0
Sempurna (<i>excellent</i>)	1	7,692
Jumlah Total	13	100

Berdasarkan pada Tabel 4 nilai PCI tertinggi terjadi pada segmen 11 sebesar 89 sehingga termasuk dalam keadaan jalan sempurna (*excellent*), dan didapatkan nilai PCI terendah terjadi pada segmen 9 dengan nilai PCI sebesar 21 sehingga termasuk dalam keadaan jalan sangat buruk (*very poor*).

Adapun diagram rekapitulasi kerusakan berdasarkan nilai *density* dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.

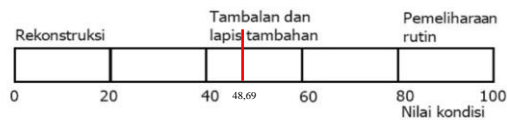


Gambar 6. Diagram Nilai *Density*

Berdasarkan pada Gambar 6 kerusakan yang dominan terjadi pada Jalan Boja-Darupono Km 10+200 – 11+500 adalah jenis kerusakan retak kulit buaya (*alligator cracking*) dengan nilai rerata *density* 2,60% dan jenis kerusakan pelapukan dan butiran lepas (*Weathering / Raveling*) dengan nilai rerata *density* 2,56%.

Secara keseluruhan berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada ruas Jalan Boja-Darupono Km 10+200 – 11+500,

didapatkan nilai rerata PCI 48,692 sehingga masuk dalam keadaan jalan sedang (*fair*). Sehingga penanganan perbaikan sesuai pada Gambar 7 yang harus dilakukan yaitu penambahan lapisan (*overlay*), supaya kondisi jalan tidak bertambah parah.



Gambar 7. Nilai Kondisi Perkerasan Sebagai Indikator Tipe Pemeliharaan

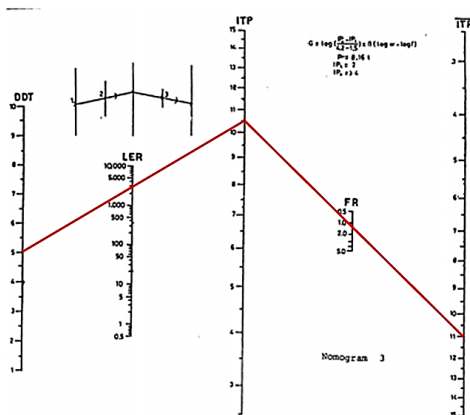
Hasil ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Asrullah (2019), yang menunjukkan bahwa pada ruas jalan Sako Baru Kecamatan Sako Palembang adalah sedang (*fair*).

Analisis Tebal Overlay dengan Metode Bina Marga 1987

Nilai indeks tebal perkerasan (*ITP*) dapat diperoleh berdasarkan data data di bawah ini.

- $LER = 3186,825$
- $FR = 1,5$
- $DDT = 5,0$
- $IPo = 4,0$
- $IPt = 2,0$

Berikut ini merupakan nomogram *ITP* perkerasan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Nomogram ITP Perkerasan

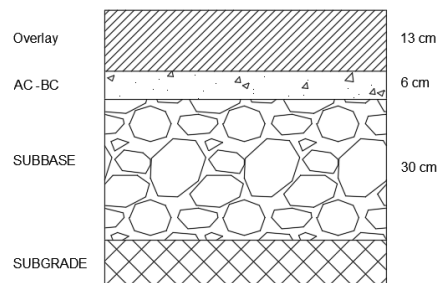
Berdasarkan pada Gambar 8 maka di dapatkan nilai *ITP* pada ruas jalan Boja Darupono sebesar 11.

Dari analisis dan perhitungan yang telah dilakukan maka di dapatkan tebal minimum lapis tambahan (*overlay*) sebesar 13 cm. Sehingga dapat dilihat susunan tebal struktur lapis perkerasan dengan penambahan *overlay* pada ruas jalan Boja Darupono dapat dilihat pada Gambar 9 berikut ini.

Lapis AC – WC (*Overlay*) : 13 cm (laston)

Lapis AC - Base : 6 cm (laston)

Subbase : 30 cm (batu pecah)



Gambar 9. Struktur Lapis Perkerasan setelah Overlay Metode Bina Marga 1987

Analisis Mekanistik-Empiris dengan Program KENPAVE

Berikut ini merupakan output dari analisis program *KENLAYER* untuk lapis eksisting dan *overlay* dapat dilihat dalam Tabel 5.

Tabel 5. Output *KENPAVE*

Koordinat	Fatigue	Rutting	Deformation
Kondisi Eksisting Jalan			
1	0,000942	0,0001168	0,0004498
2	0,000854	0,0000923	0,0004646
3	0,000847	0,0005372	0,0004679
Nilai Max	0,000942	0,0005372	0,0004679
Kondisi Setelah Overlay			
1	0,000222	0,0003342	0,00006211
2	0,000224	0,0002809	0,00006334
3	0,000219	0,0002391	0,00006282
Nilai Max	0,000224	0,0003342	0,00006334

Dari hasil respon struktur perkerasan yang telah didapatkan, kemudian dianalisis untuk menentukan prediksi nilai regangan terhadap kerusakan *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation*. Hasil repetisi beban pada masing-masing kerusakan dapat dilihat secara rinci pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Repetisi Beban Lalu Lintas

Repetisi Beban Lalu Lintas (ESAL)	
Jalan Eksisting	
Nf	292831,694
Nr	564189,129
Nd	1046040,596
Setelah Overlay	
Nf	82473737,823
Nr	4707863,254
Nd	7973182915,157

Dari hasil repetisi beban perkerasan yang telah didapatkan, kemudian dianalisis untuk menentukan prediksi sisa umur terhadap kerusakan *fatigue cracking*, *rutting*, *permanent deformation* dan mampu bertahan sesuai umur layan rencana 10 tahun. Hasil prediksi sisa umur perkerasan kondisi *overlay* pada masing masing kerusakan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Analisis Beban Lalu Lintas Kondisi Overlay

Tahun Ke	Beban lalu lintas rencana (Nr) (ESAL)	Repetisi Beban (ESAL)	Analisis beban lalu lintas
10	193242,52	Nf 82473737,82	99,77
	193242,52	Nr 4707863,254	95,90
	193242,52	Nd 7973182915	100,00

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada perkerasan jalan *overlay* mampu menampung beban repetisi sebesar 82473737,82 ESAL sampai terjadinya kerusakan *fatigue cracking*, 4707863,254ESAL sampai terjadinya kerusakan *rutting*, dan 7973182915,1572 ESAL sampai terjadinya kerusakan *deformation*. Dapat dilihat dengan penambahan *overlay* pada perkerasan jalan beban repetisi dapat meningkat sehingga umur rencana perkerasan jalan dapat terpenuhi.

Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan dan Hadi (2024) dimana terjadinya peningkatan beban repetisi pada perkerasan yang telah dilakukan perbaikan, sehingga meningkatkan kemampuan perkerasan dalam menahan maksimum beban kendaraan yang melintas. Peningkatan beban repetisi pada jalan yang sudah diperbaiki juga searah dengan penelitian

yang dilakukan oleh Dwiputra, dkk (2021) pada Ruas Jalan Prof. Dr. Wirjono Prodjodikoro, Yogyakarta

Analisis Sisa Umur Perkerasan Metode Bina Marga 2017

Data lalu lintas harian rata-rata (LHR) ruas Jalan Boja Darupono tahun 2021 diperoleh dari Dinas PUPR Kabupaten Kendal. Diperoleh nilai faktor pertumbuhan lalu lintas sebesar 3,57%. Sehingga diperoleh lintas ekuivalen pada tahun 2024 seperti pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Lintas Ekuivalen Tahun 2024

No	Golongan	VDF 4	LHR (smp/hari)	Lintas Ekuivalen (ESAL/hari)
1	5b	1	278,399	278,3988
2	6a	0,5	344,524	172,2622
3	6b	5,1	351,484	1792,57
4	7a	6,4	83,520	534,5258
5	7b	13	0,000	0
6	7c	9,7	0,000	0
Total Lintas Ekuivalen				5349,084

Nilai ekuivalen pada tahun selanjutnya diperoleh dengan menggunakan perhitungan yang sama seperti perhitungan sebelumnya dengan umur rencana 10 tahun, terhitung dari tahun 2024-2034.

Setelah itu dilakukan perhitungan nilai W_{18} berdasarkan metode Bina Marga 2017. Dengan data yang diperlukan yaitu jumlah LHR, nilai VDF, nilai DD, nilai DL dan nilai faktor pertumbuhan lalu lintas (i). Hasil perhitungan nilai W_{18} dapat dilihat pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9. Rekapitulasi Perhitungan Nilai W_{18}

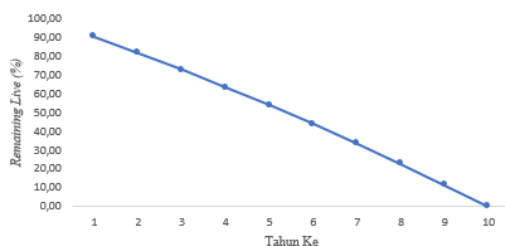
Tahun	Lintas Ekuivalen (ESAL/hari)	W_{18} ESAL	ΣW_{18} ESAL
2024	2777,757	18072,431	18072,431
2025	2589,812	16849,637	34922,069
2026	2682,138	17450,327	52372,396
2027	2777,757	18072,431	70444,827
2028	2876,784	18716,713	89161,540
2029	2979,341	19383,964	108545,504
2030	3085,554	20075,003	128620,507
2031	3195,554	20790,676	149411,183
2032	3309,476	21531,864	170943,047
2033	3427,459	22299,475	193242,522

Setelah nilai W_{18} didapatkan dilakukan perhitungan nilai umur sisa perkerasan (*remaining life*) dengan menggunakan Persamaan 16. Berikut ini hasil rekapitulasi perhitungan *remaining life* pada Tabel 10.

Tabel 10. Rekapitulasi Perhitungan

<i>Remaining Life</i>	
Tahun	<i>Remaining Life (%)</i>
2024	90,65
2025	81,93
2026	72,90
2027	63,55
2028	53,86
2029	43,83
2030	33,44
2031	22,68
2032	11,54
2033	0,00

Berdasarkan Tabel 10 diperoleh grafik persentase *remaining life* pada kondisi perkerasan ruas Jalan Boja Darupono berdasarkan data LHR 2024. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Nilai Umur Sisa Perkerasan

Banyak faktor yang menjadi penyebab kerusakan jalan sehingga membuat sisa umur layan pada perkerasan sulit diprediks. Dan setiap perkerasan tentunya memiliki umur layannya masing-masing. Berdasarkan Gambar 5.20 dapat dilihat bahwa nilai sisa umur perkerasan pada ruas Jalan Boja Darupono pada lapis perkerasan tambahan (*overlay*) pada tahun ke-2 (2025) adalah 81,93%. Pada tahun ke-10 (2033) nilai sisa umur perkerasan adalah 0% yang artinya perkerasan mampu menahan beban selama umur rencana perkerasan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan kajian yang telah dilakukan oleh Shodiq (2021) yang menyimpulkan bahwa kondisi jalan dari tahun ke tahun mengalami penurunan

akibat adanya beban repetisi kendaraan yang secara berulang ulang.

Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan pada ruas Jalan Boja Darupono Sta. 10+200 – Sta. 11+500 yang telah dilakukan terdapat 9 jenis kerusakan, dan didapatkan nilai PCI tertinggi terjadi pada segmen 11 sebesar 89 sempurna (*excellent*), sedangkan nilai PCI terendah terjadi pada segmen 9 dengan nilai PCI sebesar 21 sangat buruk (*very poor*). Secara keseluruhan didapatkan nilai rerata PCI 48,692 sehingga masuk dalam kondisi jalan sedang (*fair*), sehingga perlu dilakukan penanganan perbaikan jalan berupa *overlay*. Pada kondisi perkerasan jalan eksisting mampu menampung beban repetisi sebesar 292831,6939 ESAL sampai terjadinya kerusakan *fatigue cracking*, 564189,1287 ESAL sampai terjadinya kerusakan *rutting*, dan 1046040,596 ESAL sampai terjadinya kerusakan *deformation*.

Alternatif perbaikan jalan yang dilakukan yaitu berupa *overlay* setebal 13 cm, sehingga pada kondisi perkerasan jalan *overlay* mampu menampung beban repetisi sebesar 82473737,82 ESAL sampai terjadinya kerusakan *fatigue cracking*, 4707863,254 ESAL sampai terjadinya kerusakan *rutting*, dan 7973182915,1572 ESAL sampai terjadinya kerusakan *deformation*. Dan didapatkan nilai sisa umur untuk perkerasan lapis *overlay* pada tahun ke-2 (2025) adalah 82,06%. Pada tahun ke-10 (2033) nilai sisa umur perkerasan adalah 0% yang artinya perkerasan mampu menahan beban selama umur rencana perkerasan.

Daftar Pustaka

- Asrullah. 2019. Evaluasi Kondisi Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Metode *Pavement Condition Index (PCI)* Pada Ruas Jalan Sako Baru Kecamatan Sako Palembang. *Jurnal Teknik Sipil UNPAL*, Vol 9, No 2, Nopember 2019 ISSN.2089-2942.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2017. *Manual Desain Perkerasan jalan, Kementerian Pekerjaan Umum*, Jakarta.
- Dwiputra,A.Y., Utomo, S.H.T., dan Mulyono, A.T. 2021. *Prediksi Sisa Umur Perkerasan Lentur*

- dengan Metode Mekanistik – Empirik Ruas Jalan Prof. DR. Wirjono Prodjodikoro. Yogyakarta. *Jurnal Transportasi*. Vol. 21 No. 3:173-186.
- Fatikasari, A. D. 2021. Analisa Tingkat Kerusakan Jalan Menggunakan Metode PCI Untuk Mengevaluasi Kondisi Jalan di Raya Cangkring, Kecamatan Krembung, Kabupaten Sidoarjo. *AGREGAT*, Vol. 6, No. 2, November 2021 ISSN : 2541 – 0318.
- Hardiyatmo, H. C. 2007. *Pemeliharaan Jalan Raya*, Penerbit Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Huang, Y. H. 2004. *Pavement Analysis and Design*, 2nd ed. Pearson Education. United States of America. USA.
- Kurniawan, D. dan Hadi, M. A. 2024. Kolaborasi Metode Empiris dan Mekanistik-Empiris Guna Identifikasi dan Evaluasi Kinerja Perkerasan Jalan. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol 14, No 02, September 2024 P-ISSN 2088-0561, E-ISSN 2502-1680.
- Muammar, R., Iqbal. dan Firdasari. 2021. Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Tamiang *By Pass*. *Jurnal Media Teknik Sipil Samudra* Vol 2, No 2, Oktober 2021 E-ISSN : 2775-443X, P-ISSN : 2775-4421.
- Rachman, D. N. dan Sari, P. I. 2020. Analisis Kerusakan Jalan Dengan Menggunakan Metode Pci Dan Strategi Penanganannya (Studi Kasus Jalan Nasional Srijaya Raya Palembang Km 8+149 Sd Km9+149). *Jurnal Teknik Sipil UNPAL* Vol.10, No.1, Mei 2020. ISSN. 2089-2942 E-ISSN. 2686-6676.
- Sodiq, R. A. 2021. Evaluasi Kondisi Perkerasan dengan *Metode Pavement Condition Index (PCI)* dan Nilai Sisa dengan Metode Mekanistik-Empirik pada Jalan Gito Gati. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Sukirman, S. 1999. *Pekerjaan Lentur Jalan Raya*. Erlangga. Bandung.