

## Evaluasi kondisi perkerasan pada Jalan Klangon-Tempel menggunakan metode PCI dan metode mekanistik-empirik dengan program KENPAVE

Muhammad Fadhil Rabhani Al'Ashar<sup>1</sup>, Faizul Chasanah<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

### Article Info

Available online

### Keywords:

Bina Marga 2017  
Kenpave  
Mekanistik-Empirik  
Overlay  
PCI

### Corresponding Author:

Faizul Chasanah  
faizul\_chasanah@uii.ac.id

### Abstract

*Klangon-Tempel Road is a primary collector road in Sleman Regency, which has an important role in supporting accessibility between regions and to tourism sites, especially in Sleman Regency. However, as a provincial road, this section has long been damaged due to the high traffic load that must be served. Based on this, this study aims to determine the condition of the pavement, determine the value of the thickness of the additional layer (overlay), determine the value of stress and strain on the existing pavement and overlay. This research was conducted on the Klangon-Tempel Road Section along 1 kilometer. The data used are primary and secondary data. Primary data in the form of road damage samples, deflection data and pavement thickness obtained by conducting surveys and direct testing. Secondary data is obtained from LHR data, field CBR, and pavement materials from the DIY PUPESDM Office. Then data analysis was carried out using the PCI method, the KENPAVE Program, and the 2017 Bina Marga method. The results of the research using the PCI method show that the pavement condition on the Klangon-Tempel Road section (Km 18.7-19.7) has a final value of 37.85 and is included in the very poor category. The stress and strain response value on the existing pavement for fatigue cracking damage is 0.0005293 with a load repetition value of 8,241,170 ESAL, for rutting damage is 0.0007689 with a load repetition value of 119,424 ESAL and strain for deformation damage is 0.001036 with a load repetition value of 31,432 ESAL. The analysis results for the overlay layer obtained AC-WC layer thickness of 8 cm and AC-BC 6 cm. The stress and strain response value in the overlay pavement layer for fatigue cracking damage is 0.0002434 with a load repetition value of 75,601,309 ESAL, for rutting damage is 0.0003478 with a load repetition value of 4,164,857 ESAL and strain for deformation damage is 0.0003001 with a load repetition value of 8,061,443 ESAL. These results show that the pavement is able to withstand traffic loads for rutting, fatigue cracking and deformation damage until 2035.*

Copyright © 2025 Universitas Islam Indonesia  
All rights reserved

### Pendahuluan

Jalan merupakan prasarana transportasi yang sangat penting dalam membantu kegiatan hubungan perekonomian antar wilayah. Selain itu, jalan memiliki peran penting dalam mendukung pergerakan manusia yang terus meningkat. sehingga untuk memastikan jalan dapat melayani mobilitas dengan optimal, maka diperlukan pemeliharaan rutin guna

menjaga kualitas dan kondisinya (Saputro, 2014 dalam Dhiaulhaq dan Fauzan, 2022)

Kondisi jalan yang rusak akan berakibat bukan hanya terhalangnya kegiatan ekonomi dan sosial namun dapat terjadi kecelakaan (Ikhsanudin, 2020). Kerusakan jalan sendiri dapat disebabkan oleh berbagai faktor. Contohnya peningkatan volume kendaraan lalu lintas, iklim/cuaca, sistem drainase yang

buruk, material dengan kualitas rendah dan juga pelaksanaan teknis saat pembangunan yang tidak sesuai standar. Selain itu, pertumbuhan lalu lintas yang meningkat sehingga volume lalu lintas selama umur rencana yang telah direncanakan tidak sesuai dengan volume lalu lintas yang sebenarnya.

Jalan Klangon-Tempel merupakan jalan kolektor primer di Kabupaten Sleman, yang mempunyai peranan penting dalam mendukung aksesibilitas antar wilayah. Namun sebagai jalan kolektor, ruas ini sudah lama rusak dan dapat membahayakan pengendara yang melewatinya. Hal tersebut disebabkan karena terdapat kerusakan pada perkerasan jalannya seperti kerusakan berlubang, retak kulit buaya, alur dan deformasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi, jenis, dan tingkat kerusakan jalan berdasarkan metode PCI, untuk mengetahui nilai tegangan dan regangan dengan program kenpave, serta menentukan solusi pemeliharaan dalam menanggulangi kerusakan berdasarkan metode manual Bina Marga 2017.

Hasil dari setiap analisis yang dilakukan sangat bervariasi sesuai dengan lokasi dan kondisi pada jalan yang diteliti. Labaso dkk (2022) dalam penelitiannya tentang Evaluasi Kerusakan Jalan Menggunakan Metode *Pavement Condition Index (PCI)* dan *Surface Distress Index (SDI)* Studi Kasus Jalan Pue Bongo – Kota Palu memberikan hasil analisis kondisi perkerasan Jalan Pue Bongo dengan nilai rata-rata PCI yaitu 37,90 menunjukkan kondisi jelek (*poor*) sedangkan nilai rata-rata SDI yaitu 76,56 dengan kondisi sedang. Penanganan yang direkomendasikan berdasarkan metode *PCI* yaitu rekonstruksi atau daur ulang, untuk metode *SDI* penanganan yang direkomendasikan yaitu pemeliharaan. Adapun penanganan kerusakan berdasarkan MDP 2017 yaitu kupas dan ganti material di area tertentu.

Selain itu, Sodiq (2021) dalam penelitiannya tentang Evaluasi Kondisi Perkerasan Dengan Metode *Pavements Condition Index (PCI)* dan Nilai Sisa dengan Metode Mekanistik-

Empirik Pada Jalan Gito-Gati menunjukkan berdasarkan penelitian dengan metode *PCI*, pada ruas jalan tersebut terdapat kerusakan dominan berupa retak kulit buaya dan tambalan, dengan rerata nilai *density* sebesar 25,85% dan 8,33%. Nilai tebal perkerasan tambahan (*overlay*) diperoleh sebesar 4 cm untuk lapis *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* dan 6 cm untuk lapis *Asphalt Concrete-Bearing Course (AC-BC)*. Berdasarkan Program *KENPAVE*, nilai sisa umur perkerasan untuk lapis eksisting jenis kerusakan *fatigue cracking* dapat mengakomodasi beban sampai tahun ke-6, dan untuk jenis kerusakan *rutting* dan *permanent deformation* dapat mengakomodasi sampai tahun ke-20. Sedangkan pada lapis perkerasan tambahan untuk jenis kerusakan *fatigue cracking*, *rutting* dan *permanent deformation* dapat mengakomodasi beban sampai tahun ke-20. Kemudian apabila dihitung menggunakan metode Bina Marga 2017, nilai umur sisa pada tahun 2020 diperoleh hasil sebesar 89,02% untuk lapis eksisting dan 92,8% untuk lapis tambahan.

Melengkapi kajian yang telah dilakukan sebelumnya, paper ini menyajikan hasil penelitian berupa nilai kondisi struktur perkerasan dan nilai tegangan dan regangan, serta solusi pemeliharaan pada rusa jalan Klangon-Tempel

## Landasan Teori

### *Metode Pavement Condition Index*

*Pavement Condition Index* adalah salah satu sistem penilaian kondisi perkerasan jalan dengan mempertimbangkan jenis dan tingkat kerusakan yang terjadi dan dapat digunakan sebagai acuan dalam usaha pemeliharaan. Metode *PCI* memberikan informasi mengenai kondisi perkerasan pada saat survei dilakukan, dan tidak dapat memberikan gambaran mengenai prediksi dimasa mendatang, sehingga perlu untuk melakukan survei secara berkala agar dapat berguna untuk prediksi kinerja perkerasan dimasa mendatang (Hardiyatmo, 2015). Dalam perhitungan metode *PCI* dapat diketahui dengan

menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

**Menentukan Nilai Density**

Density merupakan persentase luas atau panjang total dari satu jenis kerusakan terhadap luas atau panjang total kerusakan. Nilai density dapat dihitung dengan Persamaan 1 berikut.

$$Density = \frac{Ad}{As} \times 100\% \tag{1}$$

dengan Ad: luas total dari satu jenis kerusakan (m<sup>2</sup>), dan As: luas total segmen (m<sup>2</sup>).

**Menentukan Deduct Value**

Deduct value merupakan sebuah nilai untuk setiap jenis kerusakan. Nilai pengurang digunakan sebagai faktor pemberat yang menggambarkan kombinasi berbagai tipe kerusakan, tingkat keparahan kerusakan dan kerapatan.

**Menentukan Nilai Pengurangan Ijin Maksimum (m)**

Nilai pengurangan ijin maksimum digunakan untuk mengetahui jumlah data deduct value yang bisa dipergunakan. Data tersebut berpengaruh untuk menentukan jumlah q. Nilai q adalah jumlah individual deduct value yang nilainya lebih besar dari 5 untuk bandara, dan yang lebih besar dari 2 untuk jalan yang diperkeras. Nilai m dapat dihitung dengan persamaan 2 berikut.

$$m = 1 + (9/98) (100-HDV) \tag{2}$$

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

Jika nilai m yang diperoleh melebihi Deduct Value yang tersedia, maka seluruh Deduct Value akan digunakan. Namun, jika nilai m lebih kecil dari Deduct Value yang tersedia, maka Deduct Value yang akan digunakan hanya sejumlah m.

**Menentukan Corrected Deduct Value**

Nilai CDV diperoleh dari hubungan antara nilai TDV dan nilai DV dengan memilih kurva yang sesuai. Jika nilai CDV didapatkan lebih

kecil dari nilai pengurangan tertinggi (HDV), maka CDV yang digunakan adalah nilai pengurangan individual tertinggi.

**Menentukan Nilai PCI**

Nilai PCI untuk setiap unit sampel dapat ditentukan berdasarkan nilai CDV dengan menggunakan Persamaan (3).

$$PCI_s = 100 - CDV \tag{3}$$

Sedangkan untuk menentukan nilai PCI secara keseluruhan pada ruas jalan tertentu dapat menggunakan Persamaan (4).

$$PCI_f = \frac{\sum PCI_s}{N} \tag{4}$$

dengan PCIs: PCI untuk setiap unit segmen, PCI<sub>f</sub>: nilai PCI rata-rata dari seluruh area penelitian, dan N: jumlah unit segmen.

**Menentukan Rating Kondisi Perkerasan**

Rating adalah kondisi tingkat keparahan dari kerusakan perkerasan tiap segmen atau keseluruhan yang diperoleh dari nilai PCI. Hubungan antara nilai PCI dengan kondisi jalan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Nilai PCI dan Kondisi	
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: ASTM D6433, 2018

**Metode Mekanistik-Empiris**

Menurut Huang (2004), metode mekanistik-empiris adalah metode dengan pendekatan campuran. Metode ini bergantung pada mekanika material dan memerlukan data seperti beban roda dan respon perkerasan seperti tegangan dan regangan. Hasil dari nilai respon digunakan untuk memprediksi nilai tekanan tes laboratorium dan kinerja di lapangan.

**Program KENPAVE**

Program Kenpave merupakan suatu software desain perencanaan perkerasan yang

dikembangkan oleh Dr. Yang Huang. Pada Program ini terdapat empat program yaitu *Layerinp* dan *Kenlayer* yang digunakan untuk menganalisis perkerasan lentur berdasarkan teori sistem lapis banyak, sedangkan *Slabsinp* dan *Kenslab* yang digunakan untuk menganalisis perkerasan kaku berdasarkan metode elemen hingga (Rahmawati dkk, 2021).

Program *Kenpave* akan membantu mempermudah perhitungan respon nilai tegangan, regangan, dan lendutan pada berbagai titik di struktur perkerasan (Tolab dkk, 2022). Adapun untuk dapat menganalisis suatu perkerasan jalan diperlukan beberapa *input* data seperti lalu lintas, luas kontak area ban, jarak antarban, jarak antar sumbu, tekanan ban, poisson's ratio, modulus elastis, dan ketebalan lapisan (Dwiputra dkk, 2021).

Ada 3 persamaan untuk memprediksi jumlah repetisi beban yang menggunakan persamaan mode *The Asphalt Institute* (Huang, 2004).

Analisis retak lelah (*fatigue cracking*) pada perkerasan lentur dapat diperoleh menggunakan persamaan 5 berikut.

$$N_f = 0,0796 (\mathcal{E}t)^{-3,921} |E|^{-0,854} \quad (5)$$

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

Analisis retak alur (*rutting*) pada perkerasan lentur dapat diperoleh menggunakan persamaan 6 berikut.

$$N_r = 1,365 \times 10^{-9} (\mathcal{E}c)^{-4,47} \quad (6)$$

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

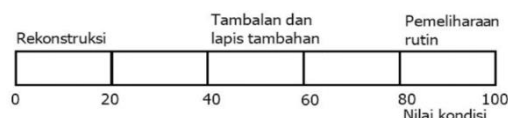
Analisis deformasi permanen (*permanent deformation*) dapat diperoleh menggunakan persamaan 7 berikut.

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} (\mathcal{E}c)^{-4,47} \quad (7)$$

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

### Penanganan Perbaikan

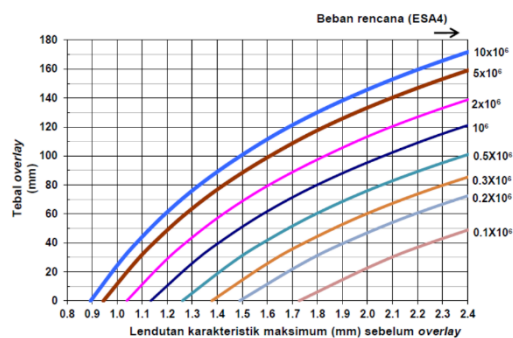
Nilai PCI memberikan indikator dari jenis serta tingkatan besarnya pekerjaan perbaikan yang akan dilakukan di mana nilai kondisi antara 80 hingga 100 hanya dibutuhkan operasi pemeliharaan normal, apabila nilai kondisi di bawah 60 maka diperlukan pelapisan tambahan (*Overlay*). Serta apabila nilai kondisi di bawah 30 maka dibutuhkan pembangunan kembali (rekonstruksi) (Shahin, 1994).



Gambar 1. Nilai Kondisi Sebagai Indikator Tipe Pemeliharaan  
(Sumber: Shahin, 1994)

### Overlay Berdasarkan Metode Bina Marga 2017

Tebal lapis tambah (*overlay*) merupakan lapis perkerasan tambahan yang dipasang di atas konstruksi perkerasan yang ada dengan tujuan meningkatkan kekuatan struktur perkerasan. Menentukan tebal lapis tambah dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu lalu lintas, dan beban sumbu standar kumulatif. Untuk menentukan kebutuhan tebal *overlay* guna mengantisipasi deformasi permanen, maka digunakan Gambar 4 berikut.

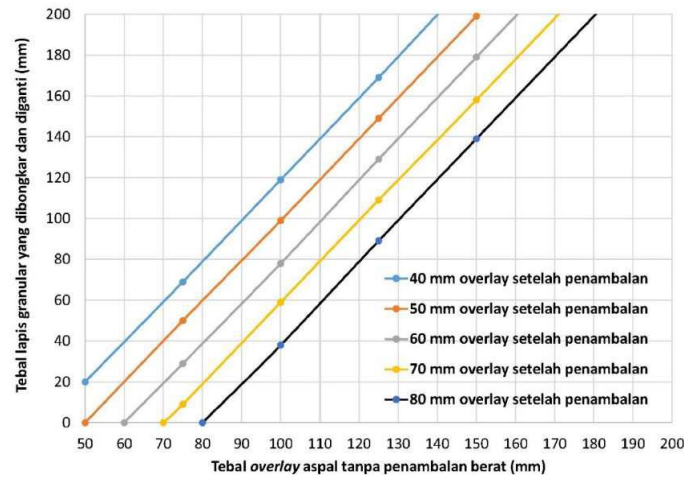


Gambar 2. Solusi *Overlay* Berdasarkan Lendutan Balik *Benkelman Beam* untuk WMAPT 41°C  
(Sumber: Bina Marga, 2017)

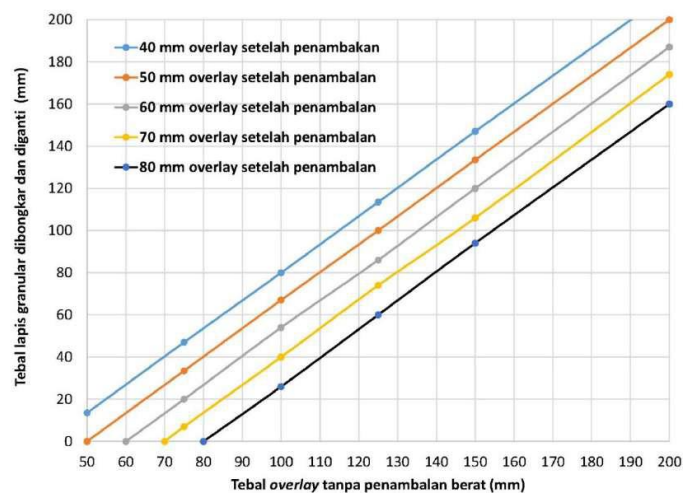
### Pengupasan dan Pelapisan Ulang (*Mill and Inlay*)

Pada segmen yang memerlukan tebal *overlay* lebih dari 50 mm, penanganan yang lebih efektif dengan tebal yang lebih tipis dapat dilakukan dengan cara memperkuat titik-titik

yang lemah dengan cara pengupasan dan pelapisan ulang (*milling and reinstatement* atau *inlay*).



Gambar 3. Ketebalan Pengupasan Lapisan Berbutir untuk Mencegah *Fatigue*  
(Sumber: Bina Marga, 2017)



Gambar 4. Ketebalan Pengupasan Lapisan Berbutir untuk Mencegah Deformasi Permanen  
(Sumber : Bina Marga, 2017)

**Metode Penelitian**

Lokasi penelitian berada pada Ruas Jalan Klangon-Tempel pada Km. 18,7 - Km. 19,7, Kabupaten Sleman, D. I. Yogyakarta dengan ruas sepanjang 1 km. Data yang digunakan untuk menganalisis kondisi perkerasan adalah data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh dari lapangan dengan melakukan survei atau pengujian secara langsung di ruas jalan Klangon-Tempel. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi terkait seperti

Dinas PUPESDM bidang Bina Marga Daerah Istimewa Yogyakarta.

Data primer yang diperlukan yaitu jenis kerusakan, tingkat kerusakan, dimensi kerusakan, data lendutan dan tebal perkerasan. Sedangkan data sekunder yang diperlukan yaitu peta lokasi, LHR, dan jenis material perkerasan. Setelah pengumpulan data selesai, maka tahapan selanjutnya yaitu melakukan analisis data kerusakan menggunakan metode empirik dengan *PCI*. Hasil dari analisis tersebut kemudian digunakan untuk menentukan solusi alternatif

pemeliharaan pada ruas jalan. Selain itu pengambilan data primer lain digunakan untuk mengukur data struktural perkerasan jalan berupa nilai lendutan.

Tahapan selanjutnya dilakukan analisis menggunakan metode mekanistik-empirik dengan program *Kenpave* untuk memperoleh nilai tegangan dan regangan pada ruas jalan Klangon-Tempel. Nilai tegangan dan regangan tersebut kemudian digunakan untuk mengetahui umur pelayanan pada ruas jalan Klangon-Tempel.

### Hasil dan Pembahasan

#### Identifikasi Kerusakan dengan Metode PCI

Rekapitulasi nilai PCI untuk kedua arah pada segmen jalan yang diteliti disajikan pada Tabel 2 dan 3 berikut.

Tabel 2. Hasil Rekapitulasi Nilai PCI arah Klangon-Tempel

Segmen	KM	PCI	Rating
1	18,7 - 18,8	15	Serious
2	18,8 - 18,9	28	Very Poor
3	18,9 - 19	20	Serious
4	19 - 19,1	35	Very Poor
5	19,1 - 19,2	40	Very Poor
6	19,2 - 19,3	41	Poor
7	19,3 - 19,4	35	Very Poor
8	19,4 - 19,5	39	Very Poor
9	19,5 - 19,6	38	Very Poor
10	19,6 - 19,7	34	Very Poor

Tabel 3. Hasil Rekapitulasi Nilai PCI arah Tempel-Klangon

Segmen	KM	PCI	Rating
11	19,7 - 19,6	34	Very Poor
12	19,6 - 19,5	28	Very Poor
13	19,5 - 19,4	59	Fair
14	19,4 - 19,3	46	Poor
15	19,3 - 19,2	18	Serious
16	19,2 - 19,1	51	Poor
17	19,1 - 19	60	Fair
18	19 - 18,9	49	Fair

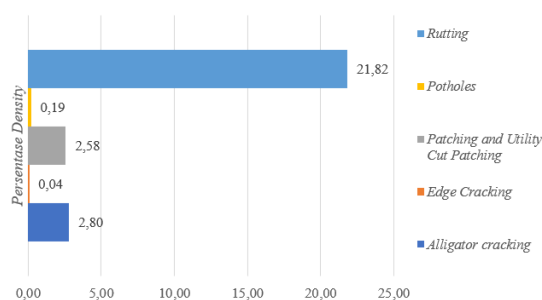
19	18,9 - 18,8	52	Poor
20	18,8 - 18,7	35	Very Poor

Berdasarkan Tabel 2 dan 3 diperoleh nilai rata-rata *PCI* untuk keseluruhan segmen pada Ruas Jalan Klangon-Tempel adalah 37,85 dan termasuk dalam kategori *poor*. Adapun rekapitulasi *persentase rating* nilai *PCI* arah Klangon-Tempel dan Tempel-Klangon dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

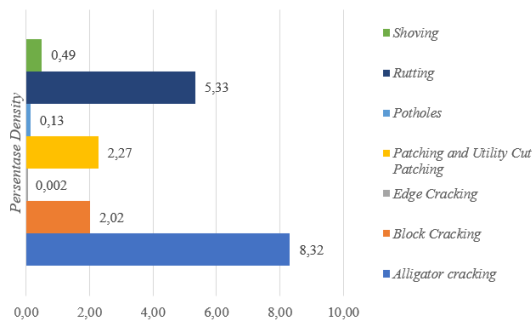
Tabel 4 Presentase Rating Nilai PCI

Rating	Jumlah Segmen	Persentase (%)
Arah Klangon-Tempel		
Failed	0	0
Serious	2	20
Very Poor	7	70
Poor	1	10
Fair	0	0
Satisfactory	0	0
Good	0	0
Jumlah Total	10	100
Arah Tempel-Klangon		
Failed	0	0
Serious	1	10
Very Poor	3	30
Poor	3	30
Fair	3	30
Satisfactory	0	0
Good	0	0
Jumlah Total	10	100

Berdasarkan pada Tabel 4 dapat diketahui *persentase rating* yang tertinggi pada arah Klangon-Tempel adalah *very poor* dengan jumlah segmen 7 atau *persentase* 70%, kemudian dilanjutkan dengan *serious* dengan jumlah segmen 2 atau *persentase* 20%, dan *rating poor* dengan jumlah 1 segmen atau *persentase* 10%. Sedangkan, pada arah Tempel-Klangon *persentase rating* tertinggi adalah *very poor*, *poor* dan *fair* dengan jumlah segmen masing-masing 3 dengan *persentase* 30%, dan *serious* dengan jumlah segmen 1 dengan *persentase* 10%.



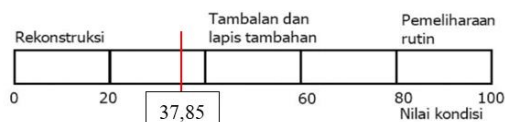
Gambar 5. Diagram Nilai *Density* arah Klangon-Tempel



Gambar 6. Diagram Nilai *Density* arah Tempel-Klangon

Untuk menentukan jenis kerusakan paling banyak terjadi pada Ruas Jalan Klangon-Tempel, dapat dilakukan berdasarkan nilai rata-rata *density*. Berdasarkan Gambar 5 dan Gambar 6, menunjukkan bahwa jenis kerusakan yang paling dominan pada arah Klangon-Tempel yaitu *rutting* dengan *persentase* 21,82%, sedangkan pada arah Tempel-Klangon yaitu *alligator cracking* dengan *persentase* 8,32%.

Adapun untuk menentukan solusi pemeliharaan dapat dilihat pada gambar 7. Berdasarkan Gambar 7, maka solusi yang sesuai untuk pemeliharaan jalan pada Jalan Klangon-Tempel yaitu lapis tambahan (*overlay*). Hal ini dipengaruhi oleh nilai akhir *PCI* sebesar 37,85.



Gambar 7. Nilai Kondisi Sebagai Indikator Tipe Pemeliharaan

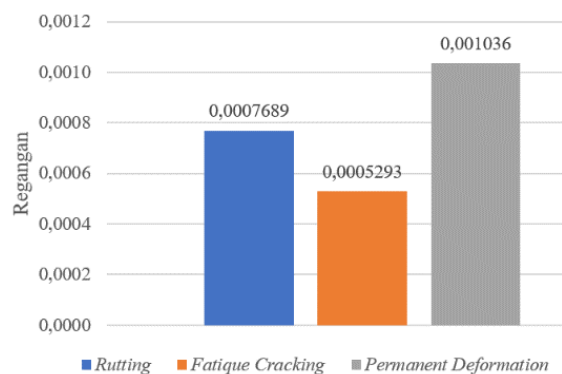
Hasil ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Labaso, dkk (2021), dimana hasil penelitiannya menunjukan bahwa kondisi pada ruas jalan Pue Bongo – Kota Palu termasuk dalam kategori *very poor* dengan nilai rerata *PCI* yaitu 37,90. Oleh karena itu, perlu dilakukan penanganan kerusakan berdasarkan MDP 2017.

Selain itu, penelitian yang memperoleh hasil *PCI* dengan kategori *very poor* dan memerlukan penanganan kerusakan juga terdapat pada penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan dan Hadi (2024) di ruas jalan

Yogyakarta-Pulowatu dan Sandyna, dkk (2021) di ruas jalan As-Shofa Pekanbaru.

### Analisis Mekanistik-Empiris dengan Program KENPAVE untuk Eksisting

Hasil respon tegangan dan regangan dengan menggunakan program *KENPAVE* sesuai dengan titik tinjau yang telah ditentukan berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2017 dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Nilai Regangan Lapis Eksisting

Dari hasil respon struktur perkerasan yang telah didapatkan, kemudian dianalisis untuk menentukan prediksi nilai regangan terhadap kerusakan *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation*. Hasil dari prediksi nilai regangan maksimum pada masing-masing kerusakan dapat dilihat secara rinci pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Repetisis Beban Lalu Lintas

Repetisis Beban Lalu Lintas (ESAL)	
Nf	8241170
Nr	119424
Nd	31432

### Analisis Overlay Berdasarkan Bina Marga 2017

Data lalu lintas harian rata-rata (LHR) ruas Jalan Klangon-Tempel untuk tahun 2021-2022 yang diperoleh dari Dinas PUPESDM Yogyakarta, dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Lalu Lintas Harian Rerata (LHR) Tahun 2021-2022

Klasifikasi Kendaraan	LHR 2021	LHR 2022
1	8785	9772
2	826	1059
3	0	0
4	405	476
5a	8	6
5b	0	5
6a	432	506
6b	82	0
7a	12	17
7b	0	0
7c	4	9
8	72	175
Total	10626	12025

Berdasarkan data lalu lintas harian pada Tabel 6, diperoleh nilai faktor pertumbuhan lalu lintas sebesar 12,95% %, Kemudian nilai faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif didapat sebesar 10,058%. Selanjutnya menentukan nilai faktor arah (DD) dan faktor distribusi jalur (DL). Dikarenakan Jalan Klangon-Tempel

merupakan jalan 2 arah dan memiliki 1 lajur pada setiap arahnya, sehingga nilai Faktor Distribusi Arah (DD) umumnya digunakan 0,50, sedangkan untuk nilai faktor distribusi lajur (DL) digunakan 100%. Setelah data sebelumnya diperoleh, kemudian besarnya beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESAL)* pada lajur desain dengan umur layan 10 tahun, sebagaimana direkomendasikan MDP Bina Marga 2017 untuk *overlay* dapat dihitung. Hasil perhitungan *Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESAL)* dapat dilihat pada Tabel 7.

Data lendutan yang akan digunakan untuk desain tebal *overlay* diperoleh dengan melakukan pengujian lansung di lapangan. Data lendutan bisa dilihat pada Tabel 8, sedangkan untuk data lendutan yang telah dilakukan perhitungan faktor koreksi temperatur dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 7. Rekapitulasi Estimasi Perhitungan CESA

Gol.	Kendaraan	LHR	LHR	LHR	VDF 4 Normal	ESA4 (2024-2025)	ESA4 (2025-2035)
		2022	2024	2025			
1	Motor	9772	12468	14083	-	-	-
2	Sedan, Jeep, Station Wagon	1059	1352	1527	-	-	-
4	Pick Up, Mobil Hantaran	476	608	686	-	-	-
5a	Bus Kecil	6	8	9	-	-	-
5b	Bus Besar	5	7	8	1	1277,50	14685,41
6a	Truk 2 Sumbu (4 roda)	506	646	730	0,55	64842,25	737023,83
7a	Truk 3 Sumbu	17	22	25	4,7	18870,50	215691,91
7c	Truk Semi Taller	9	12	13	7,4	16206,00	176592,01
Jumlah						101196,25	1143993,16
CESAL 4						1,25 × 10 <sup>6</sup>	

Tabel 8. Data Lendutan Pada Ruas Jalan Klangon-Tempel

No	STA	Posisi Pengujian	d1	Hasil Pembacaan			Dmax	Suhu Permukaan Beton Aspal (°C)
				d2	d3	d4		
1	18 + 700	Kiri	0	0,00	1,00	2,00	0,349	34
2	18 + 800	Kanan	0	4,00	6,00	12,00	2,096	35
3	18 + 900	kiri	0	0,00	1,00	1,00	0,175	33
4	19 + 000	Kanan	0	0,00	1,00	1,00	0,175	37
5	19 + 100	Kiri	0	1,00	2,00	3,00	0,524	35
6	19 + 200	Kanan	0	0,00	1,00	2,00	0,349	37
7	19 + 300	kiri	0	2,00	3,00	5,00	0,873	33
8	19 + 400	Kanan	0	3,00	6,00	12,00	2,096	38
9	19 + 500	Kiri	0	0,00	1,00	1,00	0,175	35
10	19 + 600	Kanan	0	1,00	3,00	7,00	1,222	37
11	19 + 700	kiri	0	1,00	1,00	3,00	0,524	36

Tabel 9. Rekapitulasi Analisis Data Lendutan

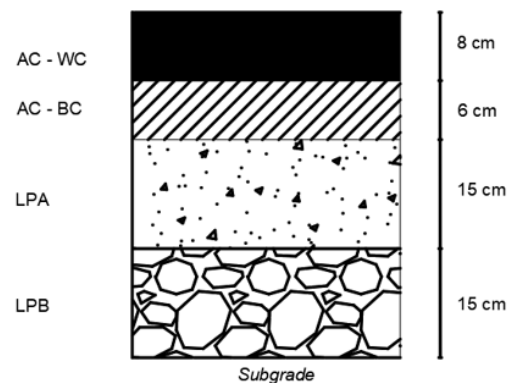
No	STA	Posisi Pengujian	Suhu Permukaan Beton Aspal	d1	Hasil Pembacaan			Dmax	Dmax <sup>2</sup>
					d2	d3	d4		
1	18 + 700	Kiri	34	0	0,00	1,00	2,00	0,349	0,122
2	18 + 800	Kanan	35	0	4,00	6,00	12,00	2,096	4,393
3	18 + 900	kiri	33	0	0,00	1,00	1,00	0,175	0,031
4	19 + 000	Kanan	37	0	0,00	1,00	1,00	0,175	0,031
5	19 + 100	Kiri	35	0	1,00	2,00	3,00	0,524	0,275
6	19 + 200	Kanan	37	0	0,00	1,00	2,00	0,349	0,122
7	19 + 300	kiri	33	0	2,00	3,00	5,00	0,873	0,762
8	19 + 400	Kanan	38	0	3,00	6,00	12,00	2,096	4,393
9	19 + 500	Kiri	35	0	0,00	1,00	1,00	0,175	0,031
10	19 + 600	Kanan	37	0	1,00	3,00	7,00	1,222	1,493
11	19 + 700	kiri	36	0	1,00	1,00	3,00	0,524	0,275
			Jumlah (mm)					8,558	11,926
			Lendutan Rerata (mm)						0,78
			Deviasi Standar (mm)						0,726
			Faktor Koreksi Temperatur						1,156
			Dwakil (mm)						1,504
			Dwakil Terkoreksi (mm)						1,739

Nilai tebal *overlay* yang dibutuhkan dapat diperoleh dengan memakai grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4. Berdasarkan nilai lendutan karakteristik dan nilai beban rencana (*ESA4*), maka diperoleh nilai tebal lapis tambah (*overlay*) yang dibutuhkan untuk beban rencana *ESA4* sebesar  $1,25 \times 10^6$ , yaitu sebesar 80 mm.

Hasil penambahan tebal (*overlay*) rencana pada perkerasan eksisting didapat ketebalan *overlay* 8 cm atau 80 mm, sehingga perlu dilakukan pekerjaan pengupasan untuk memaksimalkan kinerja struktur karena dapat menghilangkan retak dan lapisan aspal yang rusak karena oksidasi. Penentuan tebal pengupasan dan pelapisan kembali ditentukan berdasarkan kerusakan yang paling awal terjadi. Pada penelitian ini kerusakan yang awal terjadi adalah *permanent deformation*, oleh karena itu tebal pengupasan dan pelapisan kembali ditinjau berdasarkan Gambar 4.

Tebal *overlay* yang perlu dilakukan setelah pengupasan dan pelapisan kembali adalah 40 mm, dengan ketebalan pengupasan 80 mm. Pada struktur perkerasan eksisting, tebal lapis aspal adalah 100 mm dan lapis fondasi setebal 300 mm, maka dilakukan

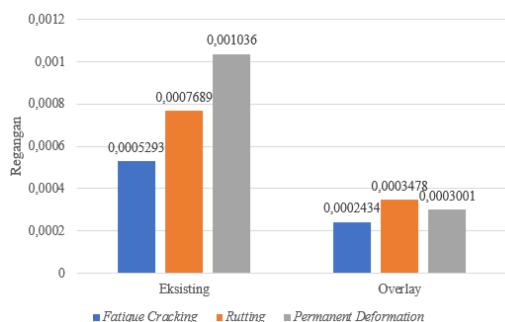
pengelupasan pada lapis aspal 100 mm dan lapis fondasi 80 mm, kemudian dilakukan pelapisan kembali setebal 180 mm. Selanjutnya lakukan *overlay* setebal 40 mm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Struktur Lapis Perkerasan dengan *Overlay*

**Analisis Mekanistik-Empirik dengan Program KENPAVE untuk Overlay**

Hasil respon tegangan dan regangan dengan menggunakan program *KENPAVE* untuk *overlay* sesuai dengan titik tinjau yang telah ditentukan berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2017 dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Nilai Regangan Lapis Overlay

Berdasarkan Gambar 10, terjadi penurunan nilai regangan pada struktur perkerasan jalan setelah dilakukan *overlay*, dengan terjadinya penurunan ini membuat kemampuan perkerasan dalam menahan jumlah maksimum beban yang melintas di atasnya.

Berdasarkan hasil respon struktur perkerasan yang telah didapatkan, kemudian dianalisis untuk menentukan prediksi nilai regangan terhadap kerusakan *fatigue cracking*, *rutting*, *permanent deformation* dan mampu bertahan sesuai umur layanan rencana 10 tahun. Hasil dari prediksi nilai regangan maksimum pada masing-masing kerusakan dapat dilihat secara rinci pada Tabel 10.

Tabel 10. Analisis Beban Lalu Lintas Pada Lapis Overlay

Tahun Ke	Beban lalu lintas rencana (Nr) (ESAL)	Repetisi Beban (ESAL)	Analisis beban lalu lintas
10	1143993	Nf	75601309 Nf>Nr (Yes)
	1143993	Nr	4164857 Nf>Nr (Yes)
	1143993	Nd	8061443 Nf>Nr (Yes)

Berdasarkan Tabel 10, dapat dilihat bahwa kondisi perkerasan jalan mampu mengakomodasi beban repetisi sebesar 75.601.309 ESAL sampai terjadi kerusakan *fatigue cracking*, 4.164.857 ESAL sampai terjadi kerusakan *rutting*, dan 8.061.443 ESAL sampai terjadi kerusakan *deformation*. Selain itu, perkerasan juga mampu mengakomodasi beban sampai tahun 2035.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Sodik (2020) dimana terjadi penurunan nilai regangan pada stuktur perkerasan jalan setelah dilakukan *overlay*, sehingga

meningkatkan kemampuan perkerasan dalam menahan jumlah maksimum beban yang kendaraan yang melintas.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis yang telah dilakukan pada Ruas Jalan Klangon-Tempel, jenis kerusakan dominan yang ditemukan adalah kerusakan alur (*rutting*) dengan rata-rata densitas sebesar 13,57%. Kondisi perkerasan terbaik berada pada segmen 17 dengan nilai PCI 60 dengan kategori sedang (*fair*), sedangkan kondisi terburuk terdapat pada segmen 1 dengan nilai PCI 15 dengan kategori sangat parah (*serious*). Secara keseluruhan, nilai PCI ruas jalan tersebut adalah 37,85 yang termasuk kategori parah (*Very Poor*), sehingga diperlukan perbaikan berupa *overlay*. Analisis tegangan dan regangan pada perkerasan lama menunjukkan nilai repetisi beban untuk kerusakan *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation* masing-masing adalah 8.241.170 ESAL, 119.424 ESAL, dan 31.432 ESAL.

Alternatif perbaikan yang disarankan meliputi pelapisan tambah (*overlay*) setebal 40 mm atau 4 cm yang telah direduksi dengan pengupasan dan pelapisan ulang (*mill and inlay*). Setelah pelapisan *overlay* dilakukan, terjadi peningkatan kemampuan perkerasan jalan, dengan nilai repetisi beban yang jauh lebih tinggi pada masing-masing jenis kerusakan, yaitu 75.601.309 ESAL untuk *fatigue cracking*, 4.573.760 ESAL untuk *rutting*, dan 8.061.443 ESAL untuk *permanent deformation*.

### Daftar Pustaka

- ASTM-D6433. 2018. *Standars Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. USA: ASTM International.
- Dhiaulhaq R. F, dan Fauzan M. 2022. Evaluasi Kerusakan Lapis Perkerasan Jalan dengan Metode Pavement Condition Index (PCI). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Vol. 07 No. 02:161-170.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2017. *Manual Desain Perkerasan jalan, Kementerian Pekerjaan Umum*, Jakarta.
- Dwiputra, A.Y. Tri Utomo, S.H. 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.
- Hardiyatmo, H. C. 2015. *Pemeliharaan Jalan Raya*, Edisi ke 2. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Huang, Y. H. 2004. *Pavement Analysis and Design*, 2nd ed. Pearson Education. United States of America. USA.
- Ikhsanudin, 2020. Analisis Kawasan Ruas Jalan Sarwodadi ditinjau dari Faktor Ekologi dan Termal. *Journal of Economic, Business and Engineering (JEBE)*. Vol. 2, No. 1, Oktober 2020
- Kurniawan, D dan Hadi, A. 2024. Kolaborasi Metode Empiris dan Mekanistik-Empiris Guna Identifikasi dan Evaluasi Kinerja Perkerasan Jalan. *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*. Vol. 14. No. 2:373-386.
- Labaso, E.R. Ishak, M.S. dan Kasan, M. 2022. Evaluasi Kerusakan Jalan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI) dan Surface Distress Index (SDI) (Studi Kasus Jalan Pue Bongo – Kota Palu). *Civil Engineering Journal on Research and Development*. Vol. 3 No. 2:67-74.
- Rahmawati, A. Aldiansyah, F. dan Setiawan D. M. 2021. Desain Tebal Perkerasan Lentur Jalan Menggunakan Program *Kenpave* di Ruas Jalan Maospati-Sukomoro, Kabupaten Magetan, Jawa Timur. *Bullwrin of Civil Eengineering*. Vol. 1 No. 1, Februari 2021.
- 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*. Vol. 2. No. 2:95-105.
- Shahin, M.Y. 1994. *Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots*. Chapman dan Hall, New York.
- Sodiq, R. A. 2020. Evaluasi Kondisi Perkerasan Dengan Metode Pavements 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. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova, Bandung.
- Tolab, L.Z. Hadi, M. dan Fauziah, M. 2022. Analisis Perbandingan Perkerasan AC-WC Berbahan Ikatan Starbit E-55 Dengan PEN 60/70 Menggunakan Metode Elastik Linear. *Proceeding Civil Engineering Research Forum Ke-3 (The 3<sup>rd</sup> CE REFORM)*. Yogyakarta. 20 Juli:180-187 (Vol. 2 No. 1)