

# EVALUASI NILAI KONDISI PERKERASAN JALAN NASIONAL DENGAN METODE PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) DAN METODE BENKELMAN BEAM (BB) (Studi Kasus: Ruas Jalan Pakem-Prambanan)

Ibnu Setiadi<sup>1)</sup>, Ary Setyawan<sup>2)</sup>, Suryoto.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

<sup>2)3)</sup> Pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami No. 36A Surakarta 57126 Telp: 0271647069. Email : [setiadiibnu346@gmail.com](mailto:setiadiibnu346@gmail.com)

## Abstract

*The density of traffic and the number of heavy vehicles passing feared to make road pavement condition decline. The roads that burdened by traffic volume continuously that greater than planned will decrease road pavement conditions, so that there should be an evaluation. This research aims to analyze the level of the pavement surface and structural conditions on the Pakem – Prambanan road. The road that has a good structural condition should also have a good surface condition. This research was conducted in Pakem - Prambanan road on the segment KM 15+500 to KM 25+500. Evaluation of pavement surface conditions using the Pavement Condition Index (PCI) method. While the evaluation of the pavement structure condition using the Benkelman Beam (BB) from Bina Marga method. Benkelman Beam deflection evaluation results are then analyzed to obtain proper treatment selection. This research uses descriptive analytical method, which is a method of research by describing of an object through a sample study examined or analyzed the data and then make conclusions. The results of the evaluation of Pakem - Prambanan road pavement surface condition KM 15+500 to KM 25+500 using the PCI obtained value of 53.98% category of "Poor". The condition evaluation results of Pakem - Prambanan road pavement structure KM 15+500 to KM 25+500 using the BB obtained  $D_{\text{wakil}}$  value of 1.9958 mm with the proposed choice of treatment type "Reconstruction". Comparative analysis of the PCI total result value show compliance with  $D_{\text{wakil}}$  value where PCI indicates the category of "Poor" and  $D_{\text{wakil}}$  show results "Reconstruction". From total of 101 segments, there are 43 segments that don't match between the PCI and BB conditions.*

**Keywords :** *Pavement Condition Index, Benkelman Beam*

## Abstrak

Padatnya arus lalu lintas dan banyaknya kendaraan berat yang lewat dikhawatirkan membuat jalan mengalami penurunan kondisi perkerasan jalan. Jalan yang terus menerus terbebani oleh volume dan lalu lintas yang lebih besar dari yang direncanakan akan mengalami penurunan kondisi perkerasan jalan, untuk itu evaluasi perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat kondisi permukaan perkerasan dan struktural perkerasan jalan pada ruas jalan Pakem – Prambanan. Jalan yang memiliki kondisi struktural baik seharusnya juga memiliki kondisi permukaan yang baik. Penelitian ini dilakukan di ruas jalan Pakem – Prambanan pada segmen KM 15+500 sampai KM 25+500. Evaluasi kondisi permukaan perkerasan menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI), dengan data yang diperoleh dari lapangan. Sedangkan evaluasi kondisi struktur perkerasan menggunakan *Benkelman Beam* (BB) dari metode Bina Marga, dengan data sekunder yang diperoleh dari Bina Marga Yogyakarta. Hasil analisis lendutan Benkelman Beam kemudian digunakan untuk mendapatkan pemilihan penanganan yang tepat. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif analitis, yaitu suatu metode penelitian dengan mendeskripsikan suatu objek penelitian yang diteliti melalui sampel atau data dan dianalisis kemudian membuat kesimpulan. Hasil evaluasi kondisi permukaan perkerasan Jalan Pakem – Prambanan KM 15+500 sampai KM 25+500 menggunakan metode PCI menghasilkan nilai sebesar 53,98 % dengan kategori "Poor". Hasil evaluasi kondisi struktur perkerasan Jalan Pakem – Prambanan KM 15+500 sampai KM 25+500 menggunakan metode BB menghasilkan nilai  $D_{\text{wakil}}$  sebesar 1,9958 mm dengan usulan pemilihan jenis penanganan "Rekonstruksi". Analisis perbandingan hasil nilai PCI total dengan  $D_{\text{wakil}}$  keseluruhan menunjukkan kesesuaian dimana PCI menunjukkan "Poor" dan  $D_{\text{wakil}}$  menunjukkan "Rekonstruksi". Dari total 101 segmen, terdapat 43 segmen yang tidak sesuai antara kondisi PCI dan BB.

**Kata Kunci :** *Pavement Condition Index, Benkelman Beam*

## PENDAHULUAN

Dalam bidang transportasi, jalan merupakan prasarana darat yang mempunyai peranan yang sangat penting sebagai penghubung antara satu daerah dengan daerah yang lain. Sehingga peranan tersebut dapat mempengaruhi aspek - aspek kehidupan seperti pembangunan daerah, ekonomi, sosial, maupun politik. Semua aspek diatas dapat berjalan lancar jika didukung dengan perkerasan jalan digunakan untuk memikul beban kendaraan yang berjalan diatasnya dalam kondisi baik atau tanpa kerusakan yang berat. Jalan yang baik berarti tidak hanya mempunyai kondisi permukaan jalan yang baik, tetapi juga kondisi struktural yang baik pula. Jalan yang mengalami *overloading* karena terus menerus terbebani oleh volume dan lalu lintas yang lebih besar dari yang direncanakan akan mengalami penurunan kekuatan struktur perkerasan jalan raya. Padatnya arus lalu lintas dan banyaknya kendaraan berat yang melalui ruas jalan Pakem – Prambanan dikhawatirkan membuat jalan mengalami penurunan kondisi perkerasan jalan

raya baik permukaannya maupun strukturalnya yang juga bisa menyebabkan berkurangnya kenyamanan berkendara dan berkurangnya efektifitas pergerakan antar daerah yang dihubungkan.

Evaluasi kondisi permukaan perkerasan jalan raya nasional Pakem - Prambanan, dapat diperoleh dengan mencari nilai PCI (*Pavement Condition Index*). Sedangkan evaluasi kondisi struktural jalan raya nasional Pakem – Prambanan, dapat diperoleh dengan menggunakan data *Benkelmen Beam (BB)*. Dari evaluasi-evaluasi yang ada dapat diketahui penanganannya yang tepat terhadap kerusakan yang terjadi.

## LANDASAN TEORI

### Metode *Pavement Condition Index (PCI)*

Metode PCI adalah metode penilaian kondisi perkerasan jalan berdasarkan jenis, tingkat dan luas kerusakan yang terjadi. Rentang nilai yang digunakan yaitu 0 sampai 100, dimana nilai 0 menandakan perkerasan sudah sangat rusak dan nilai 100 menandakan perkerasan masih sangat baik. Perhitungan PCI didasarkan atas hasil survei kondisi jalan secara visual yang teridentifikasi dari tipe kerusakan, tingkat kerusakan (*severity*), dan kuantitasnya. Tipe kerusakan jalan berdasarkan Shahin (1994) berjumlah 19 jenis kerusakan yaitu *alligator cracking, bleeding, block cracking, bums and sags, corrugation, depression, edge cracking, joint reflection, lane/shoulder drop off, longitudinal and transverse cracking, patching and utility cut patching, polished aggregate, potholes, railroad crossings, rutting, shoving, slippage cracking, swell, weathering and ravelling*. Tingkat kerusakan yang digunakan berjumlah 3 tingkat yaitu *Low Severity Level (L)*, *Medium Severity Level (M)*, dan *High Severity Level (H)*. Sedangkan langkah perhitungan nilai PCI berdasar Shain (1994) yakni:

#### Kerapatan (*Density*)

Kerapatan adalah nilai persentase antara luasan tipe kerusakan terhadap luasan suatu unit segmen yang diukur dalam meter persegi. Rumus yang digunakan menggunakan persamaan berikut :

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

atau,

$$density = \frac{Ld}{As} \times 100 \% \quad (2)$$

keterangan :

- Ad = luas total jenis kerusakan untuk tiap tingkat kerusakan (m<sup>2</sup>)
- Ld = panjang total jenis kerusakan untuk tiap tingkat kerusakan (m)
- As = luas total unit segmen (m<sup>2</sup>)

Contoh perhitungan *Density* :

#### Retak Kulit Buaya

$$p = 2.1 \text{ m, } l = 0.5 \text{ m, } A = 1.05 \text{ m}^2$$

$$Ad = 1,05 \text{ m}^2$$

$$As = 2.5 \times 100 = 250 \text{ m}^2$$

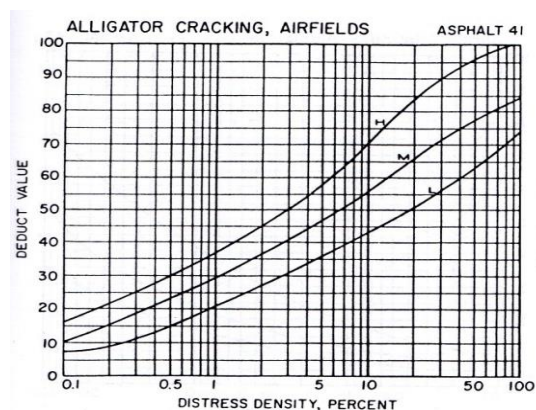
$$Density = \frac{Ad}{As} \times 100 \% ,$$

$$Density = \frac{1.05}{250} \times 100 \% ,$$

$$Density = 1,96 \%$$

#### *Deduct Value (DV)*

*Deduct value* adalah nilai pengurangan tiap jenis kerusakan yang diperoleh dari kurva hubungan antara kerapatan dan *deduct value* sesuai dengan jenis kerusakan.



Gambar 1. Contoh Kurva *Deduct Value* untuk *Aligator cracking*

Nilai Izin Maksimum Jumlah *Deduct Value* ( $m$ )

Nilai izin maksimum jumlah *deduct value* ( $m$ ) adalah perhitungan terhadap jumlah data *deduct value* dalam suatu segmen yang lebih dari 1 jenis. Jumlah data DV akan direduksi sampai sejumlah  $m$ , termasuk bagian desimal. Jika data yang tersedia kurang dari nilai  $m$ , maka seluruh data DV pada segmen tersebut dapat digunakan. Rumus  $m$  sebagai berikut

$$m = 1 + \left[ \frac{9}{98} \times (100 - HDV) \right] \quad (3)$$

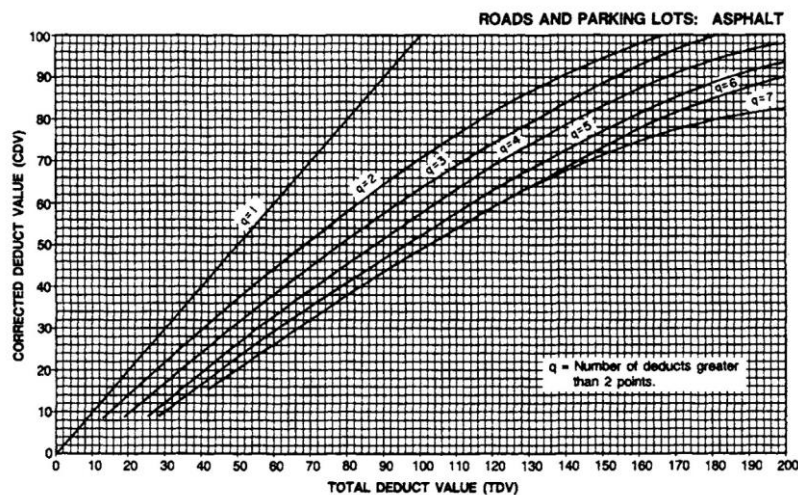
keterangan :  $m$  = nilai izin *deduct value* (DV) per segmen  
 $HDV$  = nilai *deduct value* terbesar pada segmen tersebut.

*Total Deduct Value* (TDV)

*Total deduct value* (TDV) adalah nilai total dari masing-masing nilai *deduct value* yang sudah diijinkan untuk tiap-tiap jenis kerusakan, pada pada suatu unit segmen penelitian.

*Corrected Deduct Value* (CDV)

Nilai CDV diperoleh dari kurva hubungan antara nilai TDV dan CDV dengan pemilihan lengkung kurva sesuai dengan jumlah nilai individual *deduct value* yang mempunyai nilai lebih besar dari 2, lalu ditarik garis dihubungkan dengan nilai TDV yang diperoleh.



**Gambar 2.** Grafik hubungan antara TDV dan CDV

Nilai dan Kategori *PCI*

Setelah didapat nilai CDV, maka nilai-nilai *PCI* untuk tiap unit dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$PCI_{(s)} = 100 - CDV \quad (4)$$

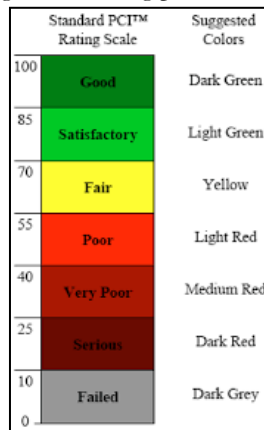
keterangan :  $PCI_{(s)}$  = *Pavement Condition Index* untuk tiap unit segmen.  
 $CDV$  = *Corrected Deduct Value* untuk tiap unit segmen.

Sedangkan nilai *PCI* secara keseluruhan menggunakan persamaan :

$$PCI = \frac{\sum PCI_{(s)}}{N} \quad (5)$$

keterangan :  $PCI$  = nilai *PCI* perkerasan keseluruhan.  
 $PCI_{(s)}$  = *Pavement Condition Index* untuk tiap unit segmen.  
 $N$  = jumlah unit segmen.

Nilai PCI tersebut lalu dibandingkan dengan nilai rating penilaian PCI seperti ditunjukkan Gambar 1



Gambar 3. Rating Kondisi Perkerasan Berdasarkan Nilai PCI

**Beban Sumbu Standar Kumulatif (CESA)**

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESA) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana (Bina Marga, 2013). Perhitungan nilai CESA menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$CESA = \sum LHRT \times VDF \times 365 \times R \times C \tag{6}$$

keterangan :

- CESA = kumulatif ekivalen beban sumbu standar kendaraan (ESA)
- LHRT = jumlah lintas harian rata – rata untuk masing-masing jenis kendaraan
- 365 = jumlah hari dalam satu tahun
- VDF = *vehicle damage factor*
- C = koefisien distribusi kendaraan
- R = faktor umur rencana pengali pertumbuhan lalu lintas

**Tabel 1.** Koefisien distribusi kendaraan (C)

Jumlah Lajur	Kendaraan ringan*		Kendaraan berat**	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,60	0,50	0,70	0,50
3	0,40	0,40	0,50	0,475
4	-	0,30	-	0,45
5	-	0,25	-	0,425
6	-	0,20	-	0,40

Sumber: Pd T-05-2005-B

Keterangan:

- \*)MobilPenumpang
- \*\*) Truk dan Bus

**Tabel 2.** *Vehicle damage factor* berdasar Bina Marga

No.	Type kendaraan & golongan	Nilai VDF
1	Sedan, jeep, st. wagon	0,0005
2	Pick-up, combi	0,1619
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	0,2174
4	Bus kecil	0,2174
5	Bus besar	0,3006
6	Truck 2 as (H)	2,4134
7	Truck 3 as	2,7416
8	Trailer 4 as, truck gandengan	3,9083
9	Truck s. trailer 5 as	4,1546

Sumber : Bina Marga

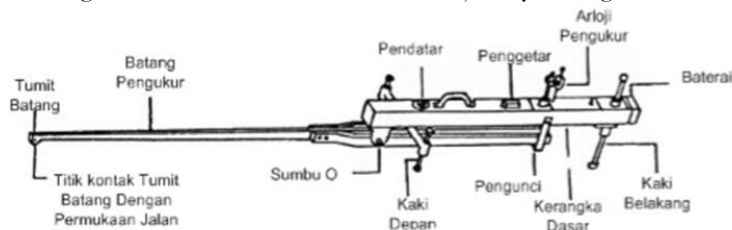
**Tabel 3.** Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (R) Minimum untuk desain

	2011 – 2020	> 2021 – 2030
arteri dan perkotaan (%)	5	4
Kolektor rural (%)	3,5	2,5
Jalan desa (%)	1	1

Sumber : Bina Marga

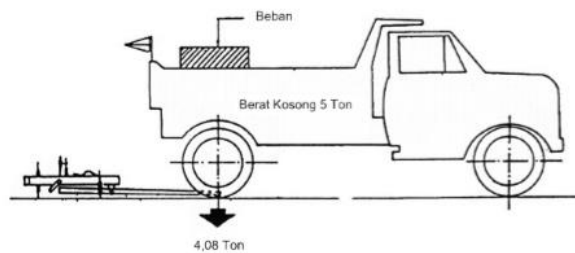
### Analisis Lenturan *Benkelman Beam* (BB)

Batang *Benkelman* yang digunakan di Indonesia terbagi menjadi dua bagian dengan perbandingan 1:2 oleh sumbu O dengan panjang total batang adalah  $366 \pm 0,16$  cm. Untuk lebih jelasnya lihat gambar berikut :



**Gambar 4.** Rangkaian Alat Benkelmen Beam

Untuk mengukur lendutan perkerasan jalan batang *Benkelman Beam* diletakkan di antara roda belakang truk yang memiliki sumbu belakang sama dengan jenis dan beban sumbu standar, posisi ujung batang *Benkelman Beam* seperti pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Posisi Alat Benkelmen Beam

Kriteria truk yang digunakan sebagai penyebab beban pada titik yang hendak diukur lendutannya adalah:

- Berat kosong truk ( $5 \pm 0,1$  ton).
- Sumbu belakang truk adalah sumbu tunggal roda ganda.
- Beban masing-masing roda belakang ban ganda = ( $4,08 \pm 0,045$  ton) atau ( $9000 \pm 100$ ) pon. Beban sumbu belakang truk sama dengan sumbu standar 18.000 pon.

Alat *Benkelman beam* digunakan untuk mengukur lendutan balik, lendutan balik titik belok, lendutan maksimum, dan cekung lendutan. Lendutan balik (*rebound deflection*) adalah besarnya lendutan vertical akibat pada titik pengamatan dihilangkan, lendutan balik ini umum digunakan untuk merencanakan tebal perkerasan. Pengukuran dilakukan setelah truk bergerak maju ke depan sejauh 6 m dari titik pengamatan dengan kecepatan 5 km/jam. Besarnya lendutan balik dipengaruhi oleh temperatur, beban dan muka air tanah pada saat pengukuran.

(sumber : Pd.T-05-2005-B)

Besarnya lendutan balik dapat dihitung melalui rumus berikut :

$$d_B = 2 \times (d_3 - d_1) \times Ft \times Ca \times FK_{B-BB} \quad (7)$$

keterangan:

$d_B$  = lendutan balik (mm)

$d_1$  = lendutan pada saat beban tepat pada titik pengukuran

$d_3$  = lendutan pada saat beban berada pada jarak 6 meter dari titik pengukuran

$Ft$  = faktor penyesuaian lendutan terhadap temperatur standar  $35^{\circ}C$ , sesuai  
 $= 4,184 \times T_L^{-0,4025}$ , untuk  $H_L < 10$  cm

$$\text{untuk tebal lapis beraspal } (H_L) \text{ lebih kecil } 10 \text{ cm atau,} \quad (8)$$

$$= 14,785 \times T_L^{-0,7573}$$
, untuk  $H_L > 10$  cm, (9)

untuk tebal lapis beraspal ( $H_L$ ) lebih besar atau sama dengan 10 cm, dengan:



$$T_L = \text{temperatur lapis beraspal, diperoleh dari hasil pengukuran langsung dilapangan atau dapat diprediksi dari temperatur udara, yaitu:}$$

$$T_L = 1/3 (T_p + T_t + T_b) \quad (10)$$

$$T_p = \text{temperatur permukaan lapis beraspal}$$

$$T_t = \text{temperatur tengah lapis beraspal}$$

$$T_b = \text{temperatur bawah lapis beraspal}$$

$$Ca = \text{faktor pengaruh muka air tanah (faktor musim)}$$

$$= 1,2 ; \text{ bila pemeriksaan dilakukan pada musim kemarau atau muka air tanah rendah}$$

$$= 0,9 ; \text{ bila pemeriksaan dilakukan pada musim hujan atau muka air tanah tinggi}$$

$$FKb-bb = \text{faktor koreksi beban uji Benkelman Beam (BB)}$$

$$= 77,343 \times (\text{Beban Uji dalam ton})^{(-2,0715)} \quad (11)$$

Sedangkan untuk mencari nilai  $D_{\text{wakil}}$  (lendutan wakil) pada suatu ruas jalan menggunakan rumus berikut :

$$d_R = \text{lendutan rata-rata pada suatu seksi jalan}$$

$$s = \text{deviasi standar}$$

$$FK = \frac{s}{d_R} \times 100\% < FK \text{ Ijin} \quad (12)$$

keterangan :

- FK = faktor keseragaman
- FK ijin = faktor keseragaman yang diijinkan
- = 0% - 10%; keseragaman sangat baik
- = 11% - 20%; keseragaman baik
- = 21% - 30%; keseragaman cukup baik

Selanjutnya, dilakukan perhitungan besarnya lendutan yang mewakili suatu sub ruas/seksi jalan, yang disesuaikan dengan fungsi/kelas jalan, menggunakan persamaan berikut :

$$D_{\text{wakil}} = d_R + 2s ; \text{ untuk jalan arteri / tol (tingkat kepercayaan 98\%)} \quad (13)$$

$$D_{\text{wakil}} = d_R + 1,64s ; \text{ untuk jalan kolektor (tingkat kepercayaan 95\%)} \quad (14)$$

$$D_{\text{wakil}} = d_R + 1,28s ; \text{ untuk jalan lokal (tingkat kepercayaan 90\%)} \quad (15)$$

dengan pengertian :

- $D_{\text{wakil}}$  = lendutan wakil
- $d_R$  = lendutan rata-rata pada suatu seksi jalan
- $s$  = deviasi standar

### Analisis Lendutan Pemicu dan Penanganan Perkerasan

Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Bina Marga (2013) disediakan metode pemilihan jenis penanganan perkerasan menggunakan nilai pemicu. Nilai tersebut antara lain Pemicu Lendutan Benkelman Beam, Pemicu Lendutan FWD, Pemicu IRI, dan Pemicu Kondisi. Dalam penelitian ini digunakan jenis Pemicu Lendutan BB. Tabel pemilihan penanganan ditampilkan pada Tabel 4 di bawah.

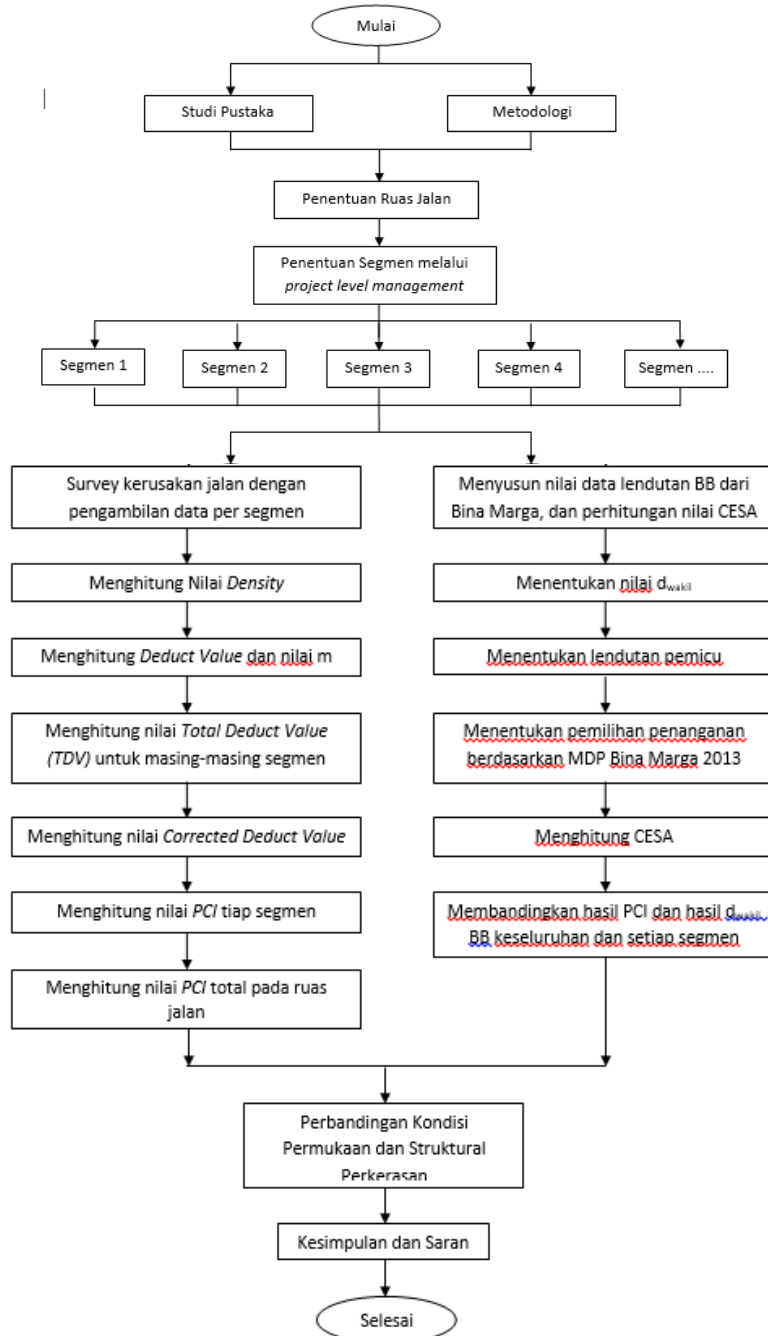
**Tabel 4.** Lendutan pemicu untuk lapis tambah dan rekonstruksi

Lalu lintas untuk 10 tahun (juta ESA / lajur)	Jenis Lapis Permukaan	Lendutan Pemicu untuk overlay (Lendutan Pemicu 1)		Lendutan Pemicu untuk investigasi untuk rekonstruksi atau daur ulang (Lendutan Pemicu 2)	
		Lendutan karakteristik Benkelman Beam (mm)	Kurva FWD D0-D200 (mm)	Lendutan karakteristik Benkelman Beam (mm)	Kurva FWD D0-D200
<0,1	HRS	>2,3	Tidak digunakan	>3,0	Tidak digunakan
0,1 – 0,2	HRS	>2,1	0,63		
0,2 – 0,5	HRS	>2,0	0,48	>2,7	
0,5 – 1	HRS	>1,5	0,39	> 2,5	0,66
1 - 2	HRS	>1,3	0,31		0,54
2 – 3	AC	>1,25	0,28		0,46
2 – 5	AC	>1,2	0,23		0,39
5 – 7	AC	>1,15	0,21		0,35
7 – 10	AC	>1,1	0,19		0,31
10 – 30	AC	>0,95	0,13	1,35	0,180
30 – 50	AC / perkerasan kaku	>0,88	0,11	1,2	0,175
50 – 100	AC / perkerasan kaku	>0,8	0,091	1,0	0,170
100 - 200	AC / perkerasan kaku	>0,75	0,082	0,9	0,160

## METODE PENELITIAN

Penelitian evaluasi nilai kondisi perkerasan pada jalan nasional luar kota Yogyakarta, ruas jalan Pakem - Prambanan ini menggunakan metode deskriptif analitis, yaitu suatu metode penelitian dengan cara mendeskripsikan atau memberi gambaran terhadap suatu objek penelitian yang diteliti melalui sampel atau data yang telah terkumpul dan membuat kesimpulan yang berlaku umum (Soegiyono, 2009).

Dalam penelitian ini terdapat dua jenis data, data primer yang diperoleh dengan cara survey di lapangan (data PCI) dan data sekunder yang sudah ada (data BB). Data-data tersebut kemudian dilakukan analisis. Tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

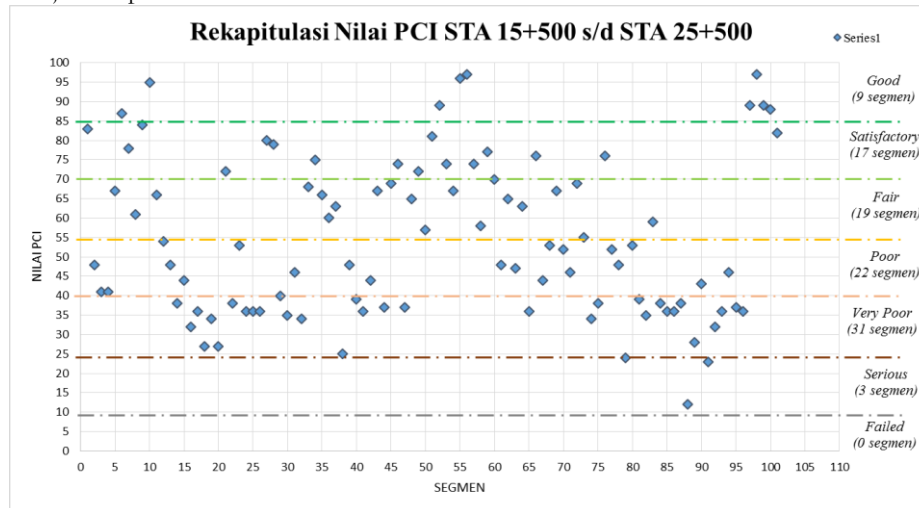


Gambar 6. Diagram Alir Tahapan Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis *Pavement Condition Index (PCI)*

Survey kerusakan ruas jalan Pakem-Prambanan dilakukan pada km 15+500 s/d km 25+500. Dibagi menjadi 101 segmen dimana setiap segmen memiliki panjang 100 m dan lebar 2,5 m. Data kerusakan tiap segmen selanjutnya dianalisis sampai didapat nilai PCI tiap segmen, lalu dihitung nilai rata-rata keseluruhan ruas. Rekapitulasi nilai PCI tiap segmen ditunjukkan pada Gambar 7



Gambar 7. Rekapitulasi Data Nilai PCI Ruas Pakem-Prambanan

Dari rekapitulasi data di atas, dapat diketahui nilai rata-rata PCI pada tiap segmen ruas jalan Pakem – Prambanan dengan perhitungan :

$$PCI = \frac{\sum PCI(s)}{N} = \frac{5452}{101} = 53,98$$

Berdasarkan nilai tersebut, maka nilai PCI ruas jalan Pakem – Prambanan termasuk dalam kategori kerusakan “*Poor*”

### Analisis *Falling Weight Deflectometer (FWD)*

#### Perhitungan CESA

Perhitungan nilai CESA menggunakan data LHR tahun 2015 semester II dengan analisis umur rencana 10 tahun (2016-2025). Dikarenakan perbedaan nilai pertumbuhan lalu lintas sebelum dan sesudah tahun 2020, maka perhitungan nilai ESA dibedakan menjadi 2 periode yakni 2016-2020, dan 2021-2025 dengan nilai pertumbuhan lalu lintas (i) tahun 2016-2020 sebesar 5%, i tahun 2020-2025 sebesar 4%, Rekapitulasi hasil perhitungan nilai CESA ditampilkan pada tabel berikut,

Tabel 5. Rekapitulasi Nilai CESA Ruas Pakem-Prambanan

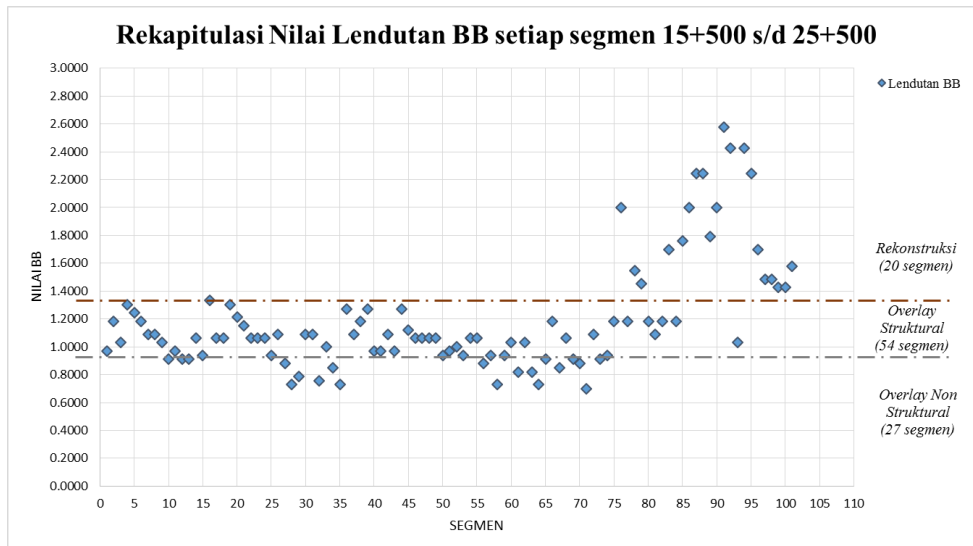
No	Gol	Type Kendaraan	VDF	LHR	ESA 2016-2020	ESA 2021-2025	R 2016-2020	R 2021-2025	CESA 2016-2020	CESA 2021-2025
1	2	Mobil Penumpang	0.0005	1880	1.20	1.46	5.526	5.416	1210	1443
2	3	Opelet, Combi, Minibus (Utilitas 1)	0.1619	4480	925.70	1126.26	5.526	5.416	933566	1113216
3	4	Pick Up Mobil Hantaran (Utilitas 2)	0.2174	1892	524.96	638.70	5.526	5.416	529421	631299
4	5a	Bus Kecil	0.2174	64	17.76	21.60	5.526	5.416	17909	21355
5	5b	Bus Besar	0.3006	68	26.09	31.74	5.526	5.416	26310	31373
6	6a	Truck Ringan 2 As	2.4134	128	394.26	479.68	5.526	5.416	397612	474126
7	6b	Truck Berat 2 As	2.4134	1168	3597.65	4377.09	5.526	5.416	3628210	4326402
8	7a	Truck Berat 3 As	2.7416	52	181.95	221.37	5.526	5.416	183496	218807
9	7b	Truck Gandeng 4 As	3.9083	0	0.00	0.00	5.526	5.416	0	0
10	7c	Truck Semi Trailer	4.1546	0	0.00	0.00	5.526	5.416	0	0

Dari tabel rekapitulasi di atas, didapat nilai CESA total sebesar 12.535.755 ESA

### Analisis Data Lentutan BB

Data lentutan *Benkelman Beam* (BB) didapat dari Bina Marga Yogyakarta berupa data lentutan tiap segmen per 100 m. Nilai lentutan ini akan dianalisis untuk menentukan jenis penanganan sesuai MDP Bina Marga 2013. Analisis dilakukan dua kali, analisis secara keseluruhan menghasilkan Dwakil keseluruhan segmen. Sedangkan analisis tiap segmen menghasilkan nilai lentutan tiap segmen yang akan dibandingkan dengan nilai PCI. Hasil seluruh perhitungan ini ditunjukkan gambar 8 berikut.





Gambar 8. Plot Data Lendutan BB Ruas Pakem-Prambanan

Hasil dB (lendutan) tiap segmen dan perbandingannya dengan PCI

Tabel 6. Perbandingan Nilai BB dan PCI Tiap Segmen

Km	d1	X12 (CM)	k a n a n				Lendutan Terkoreksi (mm), dB =	Penanganan	Nilai PCI	Kategori
			d2	d3	d4	dka				
15 + 500	0	40	0.65	0.52	0.42	0.65	0.9704	Overlay Struktural	83	Overlay Struktural
15 + 600	0	40	0.65	0.63	0.76	0.76	1.1827	Overlay Struktural	48	Poor
15 + 700	0	40	0.37	0.55	0.35	0.55	1.0311	Overlay Struktural	41	Poor
15 + 800	0	40	0.65	0.69	0.65	0.69	1.3040	Overlay Struktural	41	Poor
15 + 900	0	40	0.69	0.66	0.34	0.69	1.2434	Overlay Struktural	67	Fair
16 + 000	0	40	0.52	0.63	0.69	0.69	1.1827	Overlay Struktural	87	Good
16 + 100	0	40	0.19	0.58	0.53	0.58	1.0917	Overlay Struktural	78	Satisfactory
16 + 200	0	40	0.42	0.58	0.55	0.58	1.0917	Overlay Struktural	61	Fair
16 + 300	0	40	0.52	0.55	0.65	0.65	1.0311	Overlay Struktural	84	Satisfactory
16 + 400	0	40	0.26	0.48	0.56	0.56	0.9098	Overlay Non Struktural	95	Good
16 + 500	0	40	0.21	0.52	0.66	0.66	0.9704	Overlay Struktural	66	Fair
16 + 600	0	40	0.31	0.48	0.63	0.63	0.9098	Overlay Non Struktural	54	Poor
16 + 700	0	40	0.35	0.48	0.53	0.53	0.9098	Overlay Non Struktural	48	Poor
16 + 800	0	40	0.47	0.56	0.69	0.69	1.0614	Overlay Struktural	38	Very Poor
16 + 900	0	40	0.16	0.50	0.69	0.69	0.9401	Overlay Non Struktural	44	Poor
17 + 000	0	40	0.63	0.71	0.58	0.71	1.3344	Overlay Struktural	32	Very Poor
17 + 100	0	40	0.45	0.56	0.48	0.56	1.0614	Overlay Struktural	36	Very Poor
17 + 200	0	40	0.40	0.56	0.55	0.56	1.0614	Overlay Struktural	27	Very Poor
17 + 300	0	40	0.31	0.69	0.52	0.69	1.3040	Overlay Struktural	34	Very Poor
17 + 400	0	40	0.40	0.65	0.48	0.65	1.2131	Overlay Struktural	27	Very Poor
17 + 500	0	40	0.32	0.61	0.48	0.61	1.1524	Overlay Struktural	72	Satisfactory
17 + 600	0	40	0.40	0.56	0.50	0.56	1.0614	Overlay Struktural	38	Very Poor
17 + 700	0	40	0.61	0.56	0.61	0.61	1.0614	Overlay Struktural	53	Poor
17 + 800	0	40	0.42	0.56	0.56	0.56	1.0614	Overlay Struktural	36	Very Poor
17 + 900	0	40	0.45	0.50	0.52	0.52	0.9401	Overlay Non Struktural	36	Very Poor
18 + 000	0	40	0.42	0.58	0.76	0.76	1.0917	Overlay Struktural	36	Very Poor
18 + 100	0	40	0.35	0.47	0.66	0.66	0.8795	Overlay Non Struktural	80	Satisfactory
18 + 200	0	40	0.23	0.39	0.73	0.73	0.7278	Overlay Non Struktural	79	Satisfactory
18 + 300	0	40	0.24	0.42	0.68	0.68	0.7885	Overlay Non Struktural	40	Poor
18 + 400	0	40	0.37	0.58	0.68	0.68	1.0917	Overlay Struktural	35	Very Poor
18 + 500	0	40	0.35	0.58	0.71	0.71	1.0917	Overlay Struktural	46	Poor
18 + 600	0	40	0.27	0.40	0.71	0.71	0.7582	Overlay Non Struktural	34	Very Poor
18 + 700	0	40	0.42	0.53	0.74	0.74	1.0008	Overlay Struktural	68	Fair
18 + 800	0	40	0.31	0.45	0.68	0.68	0.8491	Overlay Non Struktural	75	Satisfactory
18 + 900	0	40	0.40	0.39	0.76	0.76	0.7278	Overlay Non Struktural	66	Fair
19 + 000	0	40	0.50	0.68	0.76	0.76	1.2737	Overlay Struktural	60	Fair
19 + 100	0	40	0.42	0.58	0.73	0.73	1.0917	Overlay Struktural	63	Fair
19 + 200	0	40	0.32	0.63	0.63	0.63	1.1827	Overlay Struktural	25	Very Poor
19 + 300	0	40	0.29	0.68	0.77	0.77	1.2737	Overlay Struktural	48	Poor
19 + 400	0	40	0.50	0.52	0.79	0.79	0.9704	Overlay Struktural	39	Very Poor
19 + 500	0	40	0.32	0.52	0.76	0.76	0.9704	Overlay Struktural	36	Very Poor
19 + 600	0	40	0.24	0.58	0.69	0.69	1.0917	Overlay Struktural	44	Poor
19 + 700	0	40	0.27	0.52	0.79	0.79	0.9704	Overlay Struktural	67	Fair
19 + 800	0	40	0.45	0.68	0.71	0.71	1.2737	Overlay Struktural	37	Very Poor
19 + 900	0	40	0.47	0.60	0.71	0.71	1.1221	Overlay Struktural	69	Fair
20 + 000	0	40	0.34	0.56	0.69	0.69	1.0614	Overlay Struktural	74	Satisfactory
20 + 100	0	40	0.15	0.56	0.63	0.63	1.0614	Overlay Struktural	37	Very Poor
20 + 200	0	40	0.32	0.56	0.63	0.63	1.0614	Overlay Struktural	65	Fair
20 + 300	0	40	0.21	0.56	0.56	0.56	1.0614	Overlay Struktural	72	Satisfactory
20 + 400	0	40	0.19	0.50	0.60	0.60	0.9401	Overlay Non Struktural	57	Fair
20 + 500	0	40	0.27	0.52	0.50	0.52	0.9704	Overlay Struktural	81	Satisfactory

Km	dl	X12 (CM)	k a n a n				Lendutan Terkoreksi (mm), dB =	Penanganan	Nilai PCI	Kategori		
			d2	d3	d4	dka						
20	+	600	0	40	0.21	0.53	0.56	0.56	1.0008	Overlay Struktural	89	Good
20	+	700	0	40	0.18	0.50	0.65	0.65	0.9401	Overlay Non Struktural	74	Satisfactory
20	+	800	0	40	0.34	0.56	0.63	0.63	1.0614	Overlay Struktural	67	Fair
20	+	900	0	40	0.18	0.56	0.60	0.60	1.0614	Overlay Struktural	96	Good
21	+	000	0	40	0.34	0.47	0.53	0.53	0.8795	Overlay Non Struktural	97	Good
21	+	100	0	40	0.31	0.50	0.31	0.50	0.9401	Overlay Non Struktural	74	Satisfactory
21	+	200	0	40	0.26	0.39	0.37	0.39	0.7278	Overlay Non Struktural	58	Fair
21	+	300	0	40	0.29	0.50	0.27	0.50	0.9401	Overlay Non Struktural	77	Satisfactory
21	+	400	0	40	0.29	0.55	0.32	0.55	1.0311	Overlay Struktural	70	Satisfactory
21	+	500	0	40	0.31	0.44	0.45	0.45	0.8188	Overlay Non Struktural	48	Poor
21	+	600	0	40	0.21	0.55	0.27	0.55	1.0311	Overlay Struktural	65	Fair
21	+	700	0	40	0.19	0.44	0.35	0.44	0.8188	Overlay Non Struktural	47	Poor
21	+	800	0	40	0.34	0.39	0.34	0.39	0.7278	Overlay Non Struktural	63	Fair
21	+	900	0	40	0.19	0.48	0.53	0.53	0.9098	Overlay Non Struktural	36	Very Poor
22	+	000	0	40	0.50	0.63	0.74	0.74	1.1827	Overlay Struktural	76	Satisfactory
22	+	100	0	40	0.29	0.45	0.71	0.71	0.8491	Overlay Non Struktural	44	Poor
22	+	200	0	40	0.35	0.56	0.69	0.69	1.0614	Overlay Struktural	53	Poor
22	+	300	0	40	0.31	0.48	0.71	0.71	0.9098	Overlay Non Struktural	67	Fair
22	+	400	0	40	0.44	0.47	0.71	0.71	0.8795	Overlay Non Struktural	52	Poor
22	+	500	0	40	0.23	0.37	0.71	0.71	0.6975	Overlay Non Struktural	46	Poor
22	+	600	0	40	0.19	0.58	0.74	0.74	1.0917	Overlay Struktural	69	Fair
22	+	700	0	40	0.35	0.48	0.76	0.76	0.9098	Overlay Non Struktural	55	Fair
22	+	800	0	40	0.27	0.50	0.69	0.69	0.9401	Overlay Non Struktural	34	Very Poor
22	+	900	0	40	0.18	0.63	0.74	0.74	1.1827	Overlay Struktural	38	Very Poor
23	+	000	0	40	0.79	1.06	1.13	1.13	2.0015	Rekonstruksi	76	Satisfactory
23	+	100	0	40	0.37	0.63	1.19	1.19	1.1827	Overlay Struktural	52	Poor
23	+	200	0	40	0.48	0.82	1.16	1.16	1.5466	Rekonstruksi	48	Poor
23	+	300	0	40	0.48	0.77	0.92	0.92	1.4557	Rekonstruksi	24	Serious
23	+	400	0	40	0.53	0.63	0.89	0.89	1.1827	Overlay Struktural	53	Poor
23	+	500	0	40	0.45	0.58	0.76	0.76	1.0917	Overlay Struktural	39	Very Poor
23	+	600	0	40	0.32	0.63	0.69	0.69	1.1827	Overlay Struktural	35	Very Poor
23	+	700	0	40	0.40	0.90	1.02	1.02	1.6983	Rekonstruksi	59	Fair
23	+	800	0	40	0.40	0.63	0.89	0.89	1.1827	Overlay Struktural	38	Very Poor
23	+	900	0	40	0.53	0.94	0.82	0.94	1.7589	Rekonstruksi	36	Very Poor
24	+	000	0	40	0.71	1.06	1.15	1.15	2.0015	Rekonstruksi	36	Very Poor
24	+	100	0	40	0.58	1.19	1.26	1.26	2.2442	Rekonstruksi	38	Very Poor
24	+	200	0	40	0.48	1.19	1.15	1.19	2.2442	Rekonstruksi	12	Serious
24	+	300	0	40	0.48	0.95	1.26	1.26	1.7893	Rekonstruksi	28	Very Poor
24	+	400	0	40	0.61	1.06	1.06	1.06	2.0015	Rekonstruksi	43	Poor
24	+	500	0	40	0.52	1.37	1.15	1.37	2.5777	Rekonstruksi	23	Serious
24	+	600	0	40	0.65	1.29	1.16	1.29	2.4261	Rekonstruksi	32	Very Poor
24	+	700	0	40	0.58	0.55	1.21	1.21	1.0311	Overlay Struktural	36	Very Poor
24	+	800	0	40	0.61	1.29	1.16	1.29	2.4261	Rekonstruksi	46	Poor
24	+	900	0	40	0.65	1.19	1.24	1.24	2.2442	Rekonstruksi	37	Very Poor
25	+	000	0	40	0.74	0.90	1.19	1.19	1.6983	Rekonstruksi	36	Very Poor
25	+	100	0	40	0.53	0.79	1.19	1.19	1.4860	Rekonstruksi	89	Good
25	+	200	0	40	0.50	0.79	1.16	1.16	1.4860	Rekonstruksi	97	Good
25	+	300	0	40	0.58	0.76	1.06	1.06	1.4253	Rekonstruksi	89	Good
25	+	400	0	40	0.55	0.76	1.21	1.21	1.4253	Rekonstruksi	88	Good
25	+	500	0	40	0.71	0.84	1.16	1.16	1.5770	Rekonstruksi	82	Satisfactory

### Perhitungan D<sub>wakil</sub> Keseluruhan

Dari nilai dB yang telah diperoleh setiap segmen, kemudian dianalisis nilai D<sub>wakil</sub> keseluruhan semua segmen.. Untuk mencari nilai D<sub>wakil</sub> dilakukan langkah-langkah perhitungan :

1) Lendutan rata-rata :

$$d_R = \sum dB / ns$$

$$= 120.4260 / 101$$

$$= 1.1923$$

2) Standard deviasi (sd):

$$Sd = \sqrt{\frac{n_s(\sum_1^{n_s} d^2) - (\sum_1^{n_s} d)^2}{n_s(n_s - 1)}}$$

$$= \sqrt{\frac{101(159.7287) - (14502.4163)^2}{101(101 - 1)}}$$

$$= 0,4017$$

### 3) Faktor Keseragaman (FK) :

$$\begin{aligned} \text{FK} &= (\text{Sd}/\text{d}_R) \times 100\% \\ &= (0.4017/1.1923) \times 100\% \\ &= 33.69\% \end{aligned}$$

Jadi,  $\text{FK} > 30$ , hal ini dikarenakan pada titik-titik tertentu nilai lendutan sangat tinggi akibat adanya kerusakan setempat.

### 4) Lendutan wakil (d wakil) :

$$\begin{aligned} \text{d wakil} &= \text{d}_R + 2\text{sd} \\ &= 1.1923 + (2 \times 0.4017) \\ &= 1.9958 \text{ mm} \end{aligned}$$

## ANALISIS PENANGANAN

Analisis penanganan dilakukan menggunakan tabel lendutan pemicu pada Tabel 4 yang telah disediakan dalam pedoman Bina Marga 2013. Diperlukan nilai CESA dan nilai Dwakil untuk mengetahui kategori lendutan pemicu. Dari Tabel 4, dengan nilai CESA 12.535.755 ESA, rentang nilai CESA yang digunakan yaitu antara 10-30 juta ESA, hingga didapat hasil bahwa nilai  $\text{BB D}_{\text{wakil}}$  berada di atas Pemicu Lendutan 2 ( $1.9958 > 1,35$ ), sehingga usulan penanganan yang diberikan melalui Tabel 1 yaitu rekonstruksi atau daur ulang.

### Perbandingan Hasil antara Metode PCI dan Metode FWD

Hasil analisis kondisi permukaan jalan Pakem – Prambanan menggunakan Metode *Pavement Condition Index* (PCI) diperoleh nilai sebesar 53,98 % atau dalam kategori “**Poor**” atau “Jelek”. Sedangkan hasil analisis kondisi struktur jalan Pakem – Prambanan menggunakan metode *Benkelman Beam* (BB) diperoleh nilai d wakil keseluruhan ruas sebesar 1,9958 mm. Sehingga menurut Pedoman Manual Desain Bina Marga 2013 membutuhkan penanganan **Rekonstruksi**. Jika dibandingkan keduanya berada kondisi yang jelek. Perbandingan antara PCI dan BB di setiap segmen menunjukkan ada 58 segmen dari total 101 segmen yang tidak sesuai antara PCI dan BB.

## KESIMPULAN

1. Hasil perhitungan metode *Pavement Condition Index* (PCI) pada ruas tersebut didapatkan nilai sebesar 53,98 %, termasuk dalam kategori kerusakan “**POOR**” atau “Jelek”
2. Analisis Lendutan Pemicu *Benkelman Beam* (BB) rerata keseluruhan segmen menghasilkan nilai  $\text{D}_{\text{wakil}}$  sebesar 1,9958 mm, berada pada lendutan pemicu 2 dengan usulan pemilihan jenis penanganan **Rekonstruksi**.
3. Perbandingan nilai kondisi PCI dan BB dari total 101 segmen, diperoleh 58 segmen lainnya sesuai, sedangkan 43 segmen yang tidak sesuai antara PCI dan BB.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Ir. Ary Setyawan, M.Sc, PhD. dan Ir. Suryoto, MT yang telah membimbing dan memberi arahan serta masukan dalam penelitian ini.

## REFERENSI

- Aji, F.H.A., dkk. 2015. *Evaluasi Struktural Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Aashto 1993 Dan Metode Bina Marga 2013 Studi Kasus : Jalan Nasional Losari – Cirebon*. (Vol. 22. No. 2 Agustus 2015)
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. *Cara Uji Lendutan Perkerasan Lentur Dengan Alat Benkelman Beam (SNI 2416:2011)*. Jakarta.
- Bina Marga. 2011. *Pedoman Desain Perkerasan Jalan Lentur*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Bina Marga. 2013. *Manual Desain Perkerasan Jalan*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Bolla, M. E. 2012. *Perbandingan Metode Bina Marga Dan Metode Poi (Pavement Condition Index) Dalam Penilaian Kondisi Perkerasan Jalan (Studi Kasus Ruas Jalan Kaliurang, Kota Malang)*. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 104-116.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2005. *Pedoman Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur Dengan Metode Lendutan. Pd T-05-2005-B*. Jakarta
- Irzami. 2010. *Penilaian Kondisi Perkerasan Dengan Menggunakan Metode Indeks Kondisi Perkerasan Pada Ruas Jalan Simpang Kulim – Simpang Batang*. (Magister Tesis, Universitas Islam Riau).

- Nainggolan, J. 2015. *Evaluasi Kondisi Perkerasan Lentur Dan Prediksi Umur Layan Jalintim Provinsi Sumatera Selatan (Studi Kasus: Ruas Jalan Batas Provinsi Jambi–Peninggalan)* (Doctoral dissertation, Universitas Sebelas Maret).
- Prabowo, A.G. 2013. *Penanganan Perkerasan Lentur Berdasarkan Kondisi Fungsional dan Kondisi Struktural Menggunakan Metode Bina Marga dan AASHTO 1993 Pada Jalan Lintas Timur Sumatera Ruas Medan-Lubuk Pakam*. (Tesis Program Magister STJR, Institut Teknologi Bandung).
- Putra, M.Y., 2013 Eka. 2016. *Analisis Tebal Lapis Tambah Dan Umur Sisa Perkerasan Akibat Beban Berlebih Kendaraan (Studi Kasus Ruas Jalan Nasional Di Provinsi Sumatera Barat)*. *Proceedings ACES (Annual Civil Engineering Seminar)*. Vol. 1..
- Putri, Elsa Eka. 2016. *Analisis Tebal Lapis Tambah Dan Umur Sisa Perkerasan Akibat Beban Berlebih Kendaraan (Studi Kasus Ruas Jalan Nasional Di Provinsi Sumatera Barat)*. *Proceedings ACES (Annual Civil Engineering Seminar)*. Vol. 1..
- Setyowati, S. 2011. *Penilaian Kondisi Perkerasan Dengan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI), Peningkatan Jalan Dan Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya Pada Ruas Jalan Solo – Karanganyar Km 4+400 – 11+050*
- Shahin, M. Y. 1994. *Pavement management for airports, roads, and parking lots* (Vol. 501). New York: Springer.
- Sukirman. S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Erlangga, Jakarta
- Suswandi. A. 2008. *Evaluasi Tingkat Kerusakan Jalan Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) Untuk Menunjang Pengambilan Keputusan (Studi Kasus: Jalan Lingkar Selatan, Yogyakarta)*. Forum Teknik Sipil No. XVIII/3-Sept 2008.