

**BAB IV**  
**ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

**4.1. Data Geometrik Ruas Jalan**

Data geometrik ruas jalan diperoleh dari hasil pengukuran langsung di lapangan dan disempurnakan oleh data sekunder yang dimiliki oleh Seksi Perencanaan Jalan dan Jembatan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Adapun data geometrik ruas jalan yang menjadi objek penelitian dapat dijabarkan melalui tabel (4.1) berikut:

Tabel 4.1. Data Geometrik Ruas Jalan  
(Direktorat Jenderal Bina Marga, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta)

<b>Deskripsi</b>	<b>Keterangan</b>
Nama Jalan	Jl. Imogiri Timur
Nama Ruas	Yogyakarta–Barongan (Imogiri)
Nomor Ruas	002
Lokasi	Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta
Panjang	± 9600 m
Titik Pengamatan	Sta. 7+000 – Sta. 9+000
Lebar Perkerasan	± 6 m
Tebal Perkerasan	± 9 cm
Jenis Perkerasan	Laston (AC-BC)
Tipe Jalan	2/2 UD
Status Jalan	Jalan Provinsi
Fungsi Jalan	Kolektor Primer
Medan	Datar

#### 4.2. Data Lalu Lintas

Data lalu lintas yang digunakan sebagai parameter dalam penelitian ini merupakan data lalu lintas harian rata-rata (LHR) tahun 2015 yang diperoleh dari Seksi Perencanaan Jalan dan Jembatan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Adapun data lalu lintas harian rata-rata (LHR) dapat dijabarkan melalui tabel (4.2) berikut:

Tabel 4.2. Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)  
(Direktorat Jenderal Bina Marga, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta)

No	Golongan Kendaraan	Jenis	LHR 2015 (Kend/Hari)
1	1	Sepeda Motor, Skuter, & Kendaraan Roda Tiga	24764
2	2	Sedan, Jeep & Station Wagon	5574
3	3	Opelet, Suburban, Combi & Mini Bus	164
4	4	Pick-up, Mikro Truk & Mobil Hantaran	902
5	5a	Bus Kecil	87
6	5b	Bus Besar	21
7	6a	Truk Dua Sumbu Empat Roda	177
8	6b	Truk Dua Sumbu Enam Roda	610
9	7a	Truk Tiga Sumbu	6
10	7b	Truk Gandeng	0
11	7c	Truck Semi-Trailer	0
12	8	Kendaraan Tak Bermotor	438

#### 4.3. Data Lendutan

Data lendutan yang digunakan sebagai parameter dalam penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh dari pengujian langsung di lapangan dengan menggunakan alat *Benkelman Beam* pada setiap jarak 100 meter. Adapun data lendutan hasil pengujian dapat dijabarkan melalui tabel (4.3) berikut:

Tabel 4.3. Data Hasil Pengujian Lendutan

Station	Beban Uji (ton)	Lendutan Balik/BB (mm)			Temperatur (°C)	
		d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	T <sub>u</sub>	T <sub>p</sub>
7+000	9,7	0	0,24	0,61	29	35
7+100	9,7	0	0,38	0,53	29	35
7+200	9,7	0	0,21	0,59	29	35
7+300	9,7	0	0,42	0,54	29	35
7+400	9,7	0	0,37	0,66	29	35
7+500	9,7	0	0,26	0,57	29	35
7+600	9,7	0	0,19	0,31	29	35
7+700	9,7	0	0,21	0,44	29	35
7+800	9,7	0	0,14	0,28	31	38
7+900	9,7	0	0,23	0,41	31	38
8+000	9,7	0	0,24	0,51	31	38
8+100	9,7	0	0,28	0,43	31	38
8+200	9,7	0	0,19	0,46	31	38
8+300	9,7	0	0,37	0,62	31	38
8+400	9,7	0	0,28	0,51	31	38
8+500	9,7	0	0,31	0,72	31	38
8+600	9,7	0	0,26	0,65	31	38
8+700	9,7	0	0,44	0,75	31	38
8+800	9,7	0	0,37	0,59	31	38
8+900	9,7	0	0,28	0,66	31	38
9+000	9,7	0	0,41	0,63	31	38

#### 4.4. Analisis Lalu Lintas

Analisis lalu lintas dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai akumulasi ekuivalen beban sumbu standar (CESA) dengan menggunakan data data lalu lintas harian rata-rata (LHR) sebagai parameter utama. Adapun terdapat beberapa parameter lain yang harus diperhitungkan pada analisis lalu lintas antara lain sebagai berikut:

1. Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Berdasarkan data geometrik ruas jalan disebutkan bahwa ruas jalan Yogyakarta–Barongan (Imogiri) memiliki lebar perkerasan sebesar  $\pm 6$  m dengan tipe jalan 2/2 UD (2 lajur dan 2 arah tak terbagi) maka diperoleh nilai koefisien distribusi kendaraan (C) adalah sebesar 0,5 (untuk kendaraan ringan dan kendaraan berat).

2. Ekuivalen Sumbu Kendaraan (E)

Pada penelitian ini muatan sumbu terberat (MST) yang direncanakan adalah 10 Ton, sehingga diperoleh nilai ekuivalen sumbu kendaraan (E) seperti pada tabel (4.4) berikut:

Tabel 4.4. Angka Ekuivalen Sumbu Kendaraan (E)

(Direktorat Jenderal Bina Marga, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta)

No	Golongan Kendaraan	Jenis	E
1	1	Sepeda Motor, Skuter & Kendaraan Roda Tiga	0
2	2	Sedan, Jeep & Station Wagon	0.00045
3	3	Opelet, Suburban, Combi & Mini Bus	0.035
4	4	Pick-up, Mikro Truk & Mobil Hantaran	0.035
5	5a	Bus Kecil	0.159
6	5b	Bus Besar	0.311
7	6a	Truk Dua Sumbu Empat Roda	0.159
8	6b	Truk Dua Sumbu Enam Roda	2.548
9	7a	Truk Tiga Sumbu	2.329
10	7b	Truk Gandeng	7.059
11	7c	Truck Semi-Trailer	4.584
12	8	Kendaraan Tak Bermotor	0

3. Faktor Umur Rencana dan Perkembangan Lalu Lintas (N)

Berdasarkan hasil survei dan analisis regresi linear yang dilakukan oleh Seksi Perencanaan Jalan dan Jembatan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, ditetapkan nilai pertumbuhan lalu lintas (r) adalah sebesar 3,5%. Sedangkan untuk peningkatan kinerja

pelayanan baik secara fungsional maupun struktural pada perkerasan jalan nilai umur rencana (n) yang digunakan adalah sebesar 10 tahun. Adapun nilai LHR akan diprediksi sesuai dengan tingkat pertumbuhan lalu lintas yang ditetapkan seperti pada tabel (4.5) berikut:

Tabel 4.5. Prediksi Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

No	Golongan Kendaraan	Jenis	LHR 2015	LHR 2017	LHR 2018	LHR 2028
1	1	Sepeda Motor, Skuter, & Kendaraan Roda Tiga	24764	26528	27457	38730
2	2	Sedan, Jeep & Station Wagon	5574	5972	6180	8718
3	3	Opelet, Suburban, Combi & Mini Bus	164	176	182	257
4	4	Pick-up, Mikro Truk & Mobil Hantaran	902	967	1001	1411
5	5a	Bus Kecil	87	94	97	137
6	5b	Bus Besar	21	23	24	33
7	6a	Truk Dua Sumbu Empat Roda	177	190	197	277
8	6b	Truk Dua Sumbu Enam Roda	610	654	677	955
9	7a	Truk Tiga Sumbu	6	7	7	10
10	7b	Truk Gandeng	0	0	0	0
11	7c	Truck Semi-Trailer	0	0	0	0
12	8	Kendaraan Tak Bermotor	438	470	486	686

Keterangan:

LHR 2015 = Data nilai LHR Lapangan

LHR 2017 = Prediksi nilai LHR tahun pelaksanaan peningkatan

LHR 2018 = Prediksi nilai LHR tahun awal masa pelayanan

LHR 2028 = Prediksi nilai LHR tahun akhir masa pelayanan

Sehingga diperoleh nilai faktor hubungan umur rencana dan perkembangan lalu lintas (N) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{1}{2} \left[ 1 + (1 + r)^n + 2(1 + r)^{\frac{(1+r)^n - 1}{r}} \right] \\
 &= \frac{1}{2} \left[ 1 + (1 + 0,035)^{10} + 2(1 + 0,035)^{\frac{(1+0,035)^{10} - 1}{0,035}} \right] \\
 &= 11,937
 \end{aligned}$$

#### 4. Akumulasi Ekuivalen Beban Sumbu Standar (CESA)

Berdasarkan hasil analisis data dan perhitungan diperoleh nilai akumulasi ekuivalen beban sumbu standar (CESA) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{CESA} &= 4007676,929 & \text{ESA} \\
 &= 4,01 \times 10^6 & \text{ESA (Dibulatkan)}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi data sebagai hasil analisis lalu lintas secara keseluruhan dapat dijabarkan melalui tabel (4.6) sebagai berikut:

**Tabel 4.6. Akumulasi Ekvivalen Beban Sumbu Standar (CESA)**

No	Golongan Kendaraan	Jenis	LHR	E	C	N	CESA
1	1	Sepeda Motor, Skuter, & Kendaraan Roda Tiga	27457	0	0,5	11,93669254	0
2	2	Sedan, Jeep & Station Wagon	6180	0,00045	0,5	11,93669254	6058,259407
3	3	Opelet, Pick-up, Suburban, Combi & Mini Bus	182	0,035	0,5	11,93669254	13876,7035
4	4	Pick-up Mikro Truk & Mobil Hantaran	1001	0,035	0,5	11,93669254	76321,86923
5	5a	Bus Kecil	97	0,159	0,5	11,93669254	33598,17865
6	5b	Bus Besar	24	0,311	0,5	11,93669254	16259,92385
7	6a	Truk Dua Sumbu Empat Roda	197	0,159	0,5	11,93669254	68235,47623
8	6b	Truk Dua Sumbu Enam Roda	677	2,548	0,5	11,93669254	3757811,307
9	7a	Truk Tiga Sumbu	7	2,329	0,5	11,93669254	35515,21148
10	7b	Truk Gandeng	0	7,059	0,5	11,93669254	0
11	7c	Truck Semi-Trailer	0	4,584	0,5	11,93669254	0
12	8	Kendaraan Tak Bermotor	486	0	0,5	11,93669254	0
<b>Jumlah</b>							4007676,929
<b>Dibulatkan</b>							$4,01 \times 10^6$

#### 4.5. Analisis Lendutan

Analisis lendutan dilakukan untuk mengetahui nilai lendutan balik ( $d_B$ ), keseragaman lendutan (FK), lendutan wakil ( $d_{\text{wakil}}$ ) dan lendutan rencana ( $d_{\text{rencana}}$ ) guna dijadikan sebagai parameter utama dalam perencanaan.

##### 1. Lendutan Balik ( $d_B$ )

Data lendutan ( $d_1$ ,  $d_2$  dan  $d_3$ ) yang diperoleh dari hasil pengujian langsung di lapangan menggunakan alat *Benkelman Beam*, akan dianalisis dengan mempertimbangkan koreksi dari berbagai faktor, guna menentukan nilai lendutan balik ( $d_B$ ). Berdasarkan pedoman Pd T-05-2005-B terdapat beberapa faktor koreksi yang harus diperhitungkan dalam menentukan nilai lendutan balik ( $d_B$ ) antara lain sebagai berikut:

##### a. Faktor Penyesuaian Lendutan Terhadap Temperatur Standar (Ft)

Adapun dari hasil analisis data dan perhitungan diperoleh nilai faktor penyesuaian lendutan terhadap temperatur standar (Ft) untuk masing-masing *station* akan dijabarkan sebagai berikut:

##### 1) Sta. 7+000 – Sta. 7+700

$$\begin{aligned}
 \text{Temperatur udara } (T_u) &= 29 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{Temperatur permukaan } (T_p) &= 35 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{Temperatur tengah } (T_t) &= 36,58 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{Temperatur bawah } (T_b) &= 32,84 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{Temperatur lapis beraspal } (T_L) &= \frac{1}{3} (T_p + T_t + T_b) \\
 &= \frac{1}{3} (35 + 36,58 + 32,84) \\
 &= 34,806667 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{Ketebalan Perkerasan } (H_L) &= 9 \text{ cm} \\
 \text{Koreksi temperatur standar (Ft)} &= 4,184 \times T_L^{-0,4025} \\
 &= 4,184 \times 34,806667^{-0,4025} \\
 &= 1,002473
 \end{aligned}$$

##### 2) Sta. 7+800 – Sta. 9+000

$$\begin{aligned}
 \text{Temperatur udara } (T_u) &= 31 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{Temperatur permukaan } (T_p) &= 38 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{Temperatur tengah } (T_t) &= 39,42 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Temperatur bawah } (T_b) &= 35,32 \text{ }^\circ\text{C} \\
 \text{Temperatur lapis beraspal } (T_L) &= \frac{1}{3} (T_p + T_t + T_b) \\
 &= \frac{1}{3} (38 + 39,42 + 35,32) \\
 &= 37,58 \text{ }^\circ\text{C} \\
 \text{Ketebalan Perkerasan } (H_L) &= 9 \text{ cm} \\
 \text{Koreksi temperatur standar } (F_t) &= 4,184 \times T_L^{-0,4025} \\
 &= 4,184 \times 37,58^{-0,4025} \\
 &= 0,972012
 \end{aligned}$$

b. Faktor Pengaruh Muka Air Tanah/ Faktor Musim (Ca)

Pengujian langsung di lapangan dengan menggunakan alat *Benkelman Beam* dilakukan pada Rabu, 14 Desember 2016 atau bertepatan dengan musim penghujan maka diperoleh nilai faktor pengaruh muka air tanah/ faktor musim (Ca) adalah sebesar 0,90.

c. Faktor Koreksi Beban Uji Benkeman Beam (FK<sub>B-BB</sub>)

Pengujian langsung di lapangan dengan menggunakan alat *Benkelman Beam* dilakukan dengan menggunakan beban uji truk dengan muatan berupa material pasir dengan bobot total (truk+pasir) sebesar 9,7 Ton, sehingga diperoleh nilai faktor koreksi beban uji (FK<sub>B-BB</sub>) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{FK}_{B-BB} &= 77,343 \times (\text{beban uji dalam ton})^{(-2,0715)} \\
 &= 77,343 \times (9,7)^{(-2,0715)} \\
 &= 0,698753
 \end{aligned}$$

Setelah menentukan nilai-nilai faktor koreksi temperatur (Ft), cuaca (Ca) dan beban uji (FK<sub>B-BB</sub>) maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis nilai lendutan balik (d<sub>B</sub>) untuk masing-masing *station* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 d_B &= 2 \times (d_3 - d_1) \times F_t \times C_a \times \text{FK}_{B-BB} \\
 \text{Sta. 7+000} &= 2 \times (0,61 - 0) \times 1,002473 \times 0,9 \times 0,698753 \\
 d_B &= 0,769127 \text{ mm} \\
 d_B^2 &= 0,591557 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sta. 7+100	$= 2 \times (0,53 - 0) \times 1,002473 \times 0,9 \times 0,698753$
$d_B$	$= 0,668258 \quad \text{mm}$
$d_B^2$	$= 0,446567 \quad \text{mm}^2$
Sta. 7+200	$= 2 \times (0,59 - 0) \times 1,002473 \times 0,9 \times 0,698753$
$d_B$	$= 0,743910 \quad \text{mm}$
$d_B^2$	$= 0,553402 \quad \text{mm}^2$
Sta. 7+300	$= 2 \times (0,54 - 0) \times 1,002473 \times 0,9 \times 0,698753$
$d_B$	$= 0,680867 \quad \text{mm}$
$d_B^2$	$= 0,463580 \quad \text{mm}^2$
Sta. 7+400	$= 2 \times (0,66 - 0) \times 1,002473 \times 0,9 \times 0,698753$
$d_B$	$= 0,832171 \quad \text{mm}$
$d_B^2$	$= 0,692508 \quad \text{mm}^2$
Sta. 7+500	$= 2 \times (0,57 - 0) \times 1,002473 \times 0,9 \times 0,698753$
$d_B$	$= 0,718693 \quad \text{mm}$
$d_B^2$	$= 0,516519 \quad \text{mm}^2$
Sta. 7+600	$= 2 \times (0,31 - 0) \times 1,002473 \times 0,9 \times 0,698753$
$d_B$	$= 0,390868 \quad \text{mm}$
$d_B^2$	$= 0,152778 \quad \text{mm}^2$
Sta. 7+700	$= 2 \times (0,44 - 0) \times 1,002473 \times 0,9 \times 0,698753$
$d_B$	$= 0,554780 \quad \text{mm}$
$d_B^2$	$= 0,307781 \quad \text{mm}^2$
Sta. 7+800	$= 2 \times (0,28 - 0) \times 0,972012 \times 0,9 \times 0,698753$
$d_B$	$= 0,342315 \quad \text{mm}$
$d_B^2$	$= 0,117179 \quad \text{mm}^2$
Sta. 7+900	$= 2 \times (0,41 - 0) \times 0,972012 \times 0,9 \times 0,698753$
$d_B$	$= 0,501246 \quad \text{mm}$
$d_B^2$	$= 0,251248 \quad \text{mm}^2$
Sta. 8+000	$= 2 \times (0,51 - 0) \times 0,972012 \times 0,9 \times 0,698753$
$d_B$	$= 0,623502 \quad \text{mm}$
$d_B^2$	$= 0,388754 \quad \text{mm}^2$
Sta. 8+100	$= 2 \times (0,43 - 0) \times 0,972012 \times 0,9 \times 0,698753$
$d_B$	$= 0,525698 \quad \text{mm}$

$$\begin{aligned}
& d_B^2 = 0,276358 \text{ mm}^2 \\
\text{Sta. 8+200} & = 2 \times (0,46 - 0) \times 0,972012 \times 0,9 \times 0,698753 \\
& d_B = 0,562374 \text{ mm} \\
& d_B^2 = 0,316265 \text{ mm}^2 \\
\text{Sta. 8+300} & = 2 \times (0,62 - 0) \times 0,972012 \times 0,9 \times 0,698753 \\
& d_B = 0,757982 \text{ mm} \\
& d_B^2 = 0,574537 \text{ mm}^2 \\
\text{Sta. 8+400} & = 2 \times (0,51 - 0) \times 0,972012 \times 0,9 \times 0,698753 \\
& d_B = 0,623502 \text{ mm} \\
& d_B^2 = 0,388754 \text{ mm}^2 \\
\text{Sta. 8+500} & = 2 \times (0,72 - 0) \times 0,972012 \times 0,9 \times 0,698753 \\
& d_B = 0,880238 \text{ mm} \\
& d_B^2 = 0,774818 \text{ mm}^2 \\
\text{Sta. 8+600} & = 2 \times (0,65 - 0) \times 0,972012 \times 0,9 \times 0,698753 \\
& d_B = 0,794659 \text{ mm} \\
& d_B^2 = 0,631483 \text{ mm}^2 \\
\text{Sta. 8+700} & = 2 \times (0,75 - 0) \times 0,972012 \times 0,9 \times 0,698753 \\
& d_B = 0,916914 \text{ mm} \\
& d_B^2 = 0,840732 \text{ mm}^2 \\
\text{Sta. 8+800} & = 2 \times (0,59 - 0) \times 0,972012 \times 0,9 \times 0,698753 \\
& d_B = 0,721306 \text{ mm} \\
& d_B^2 = 0,520282 \text{ mm}^2 \\
\text{Sta. 8+900} & = 2 \times (0,66 - 0) \times 0,972012 \times 0,9 \times 0,698753 \\
& d_B = 0,806884 \text{ mm} \\
& d_B^2 = 0,651063 \text{ mm}^2 \\
\text{Sta. 9+000} & = 2 \times (0,63 - 0) \times 0,972012 \times 0,9 \times 0,698753 \\
& d_B = 0,770208 \text{ mm} \\
& d_B^2 = 0,593220 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Adapun rekapitulasi hasil analisis lendutan balik ( $d_B$ ) untuk masing-masing *station* dapat dijabarkan dengan menggunakan tabel (4.7) sebagai berikut:

**Tabel 4.7. Analisis Lendutan Balik ( $d_B$ )**

Station	Beban Uji (ton)	Lendutan (mm)			Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )					Koreksi pada Temperatur Standar (Ft)	Koreksi Musim (Ca)	Koreksi Beban ( $\text{FK}_{\text{B-BB}}$ )	Lendutan Balik ( $d_B$ )	$d_B^2$
		$d_1$	$d_2$	$d_3$	$T_u$	$T_p$	$T_t$	$T_b$	$T_L$					
7+000	9,7	0	0,24	0,61	29	35	36,58	32,84	34,80666667	1,002472681	0,9	0,698752486	0,769127345	0,591556873
7+100	9,7	0	0,38	0,53	29	35	36,58	32,84	34,80666667	1,002472681	0,9	0,698752486	0,668258185	0,446569002
7+200	9,7	0	0,21	0,59	29	35	36,58	32,84	34,80666667	1,002472681	0,9	0,698752486	0,743910055	0,55340217
7+300	9,7	0	0,42	0,54	29	35	36,58	32,84	34,80666667	1,002472681	0,9	0,698752486	0,68086683	0,46357964
7+400	9,7	0	0,37	0,66	29	35	36,58	32,84	34,80666667	1,002472681	0,9	0,698752486	0,83217057	0,692507858
7+500	9,7	0	0,26	0,57	29	35	36,58	32,84	34,80666667	1,002472681	0,9	0,698752486	0,718692765	0,516519291
7+600	9,7	0	0,19	0,31	29	35	36,58	32,84	34,80666667	1,002472681	0,9	0,698752486	0,390867995	0,15277779
7+700	9,7	0	0,21	0,44	29	35	36,58	32,84	34,80666667	1,002472681	0,9	0,698752486	0,55478038	0,30778127
7+800	9,7	0	0,14	0,28	31	38	39,42	35,32	37,58	0,972011882	0,9	0,698752486	0,342314642	0,117179314
7+900	9,7	0	0,23	0,41	31	38	39,42	35,32	37,58	0,972011882	0,9	0,698752486	0,50124644	0,251247994
8+000	9,7	0	0,24	0,51	31	38	39,42	35,32	37,58	0,972011882	0,9	0,698752486	0,62350167	0,388754332
8+100	9,7	0	0,28	0,43	31	38	39,42	35,32	37,58	0,972011882	0,9	0,698752486	0,525697486	0,276357847
8+200	9,7	0	0,19	0,46	31	38	39,42	35,32	37,58	0,972011882	0,9	0,698752486	0,562374055	0,316264578
8+300	9,7	0	0,37	0,62	31	38	39,42	35,32	37,58	0,972011882	0,9	0,698752486	0,757982422	0,574537352
8+400	9,7	0	0,28	0,51	31	38	39,42	35,32	37,58	0,972011882	0,9	0,698752486	0,62350167	0,388754332
8+500	9,7	0	0,31	0,72	31	38	39,42	35,32	37,58	0,972011882	0,9	0,698752486	0,880237651	0,774818323
8+600	9,7	0	0,26	0,65	31	38	39,42	35,32	37,58	0,972011882	0,9	0,698752486	0,794658991	0,631482912
8+700	9,7	0	0,44	0,75	31	38	39,42	35,32	37,58	0,972011882	0,9	0,698752486	0,91691422	0,840731687
8+800	9,7	0	0,37	0,59	31	38	39,42	35,32	37,58	0,972011882	0,9	0,698752486	0,721305853	0,520282134
8+900	9,7	0	0,28	0,66	31	38	39,42	35,32	37,58	0,972011882	0,9	0,698752486	0,806884514	0,651062619
9+000	9,7	0	0,41	0,63	31	38	39,42	35,32	37,58	0,972011882	0,9	0,698752486	0,770207945	0,593220279

Mengacu pada hasil analisis nilai lendutan balik ( $d_B$ ) diatas maka ruas jalan yang menjadi objek penelitian akan dibagi menjadi tiga (3) segmen sesuai dengan tingkat keseragamannya, hal ini ditujukan untuk meningkatkan efisiensi dari penggunaan dana dan material. Adapun perhitungan lendutan rata-rata ( $d_R$ ) dan standar deviasi ( $s$ ) untuk masing-masing segmen adalah sebagai berikut:

a. Segmen I

$$\text{Station} = 7+000 - 7+500$$

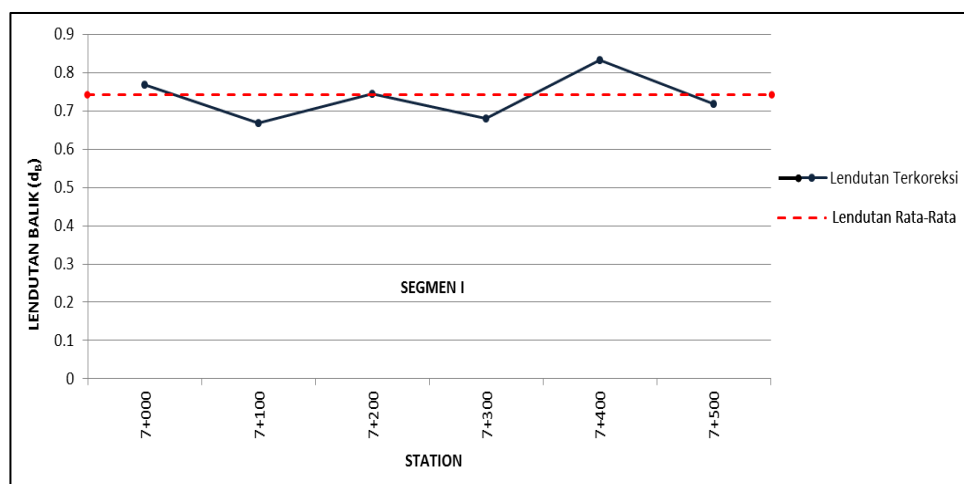
$$\text{Jumlah station } (n_s) = 6 \quad \text{titik}$$

$$\text{Jumlah lendutan balik } (\Sigma d_B) = 4,413026 \quad \text{mm}$$

$$(\Sigma d_B^2) = 3,264135 \quad \text{mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Lendutan rata-rata } (d_R) &= \frac{\Sigma d_B}{n_s} \\ &= \frac{4,413026}{6} \\ &= 0,735504 \quad \text{mm} \end{aligned}$$

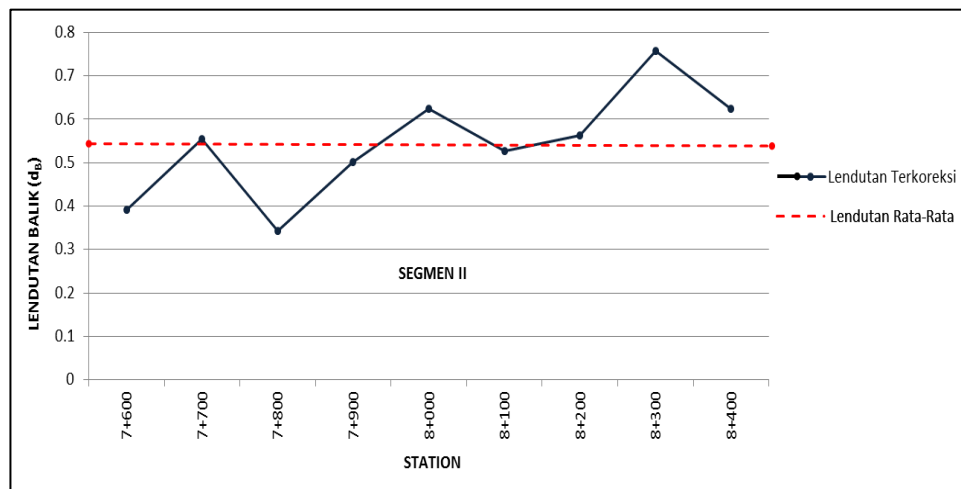
$$\begin{aligned} \text{Standar deviasi } (s) &= \sqrt{\frac{n_s [\Sigma_1^{n_s} d^2] - [\Sigma_1^{n_s} d]^2}{n_s [n_s - 1]}} \\ &= \sqrt{\frac{6 [3,264135] - [4,413026]^2}{6 [6 - 1]}} \\ &= 0,060557 \end{aligned}$$



Gambar 4.1. Analisis Lendutan Balik ( $d_B$ ) Segmen I.

## b. Segmen II

$$\begin{aligned}
 \text{Station} &= 7+600 - 8+400 \\
 \text{Jumlah station } (n_s) &= 9 \quad \text{titik} \\
 \text{Jumlah lendutan balik } (\Sigma d_B) &= 4,882267 \quad \text{mm} \\
 (\Sigma d_B^2) &= 2,773655 \quad \text{mm}^2 \\
 \text{Lendutan rata-rata } (d_R) &= \frac{\Sigma d_B}{n_s} \\
 &= \frac{4,882267}{9} \\
 &= 0,542474 \quad \text{mm} \\
 \text{Standar deviasi } (s) &= \sqrt{\frac{n_s [\Sigma_1^{n_s} d^2] - [\Sigma_1^{n_s} d]^2}{n_s [n_s - 1]}} \\
 &= \sqrt{\frac{9 [2,773655] - [4,882267]^2}{9 [9 - 1]}} \\
 &= 0,125076
 \end{aligned}$$

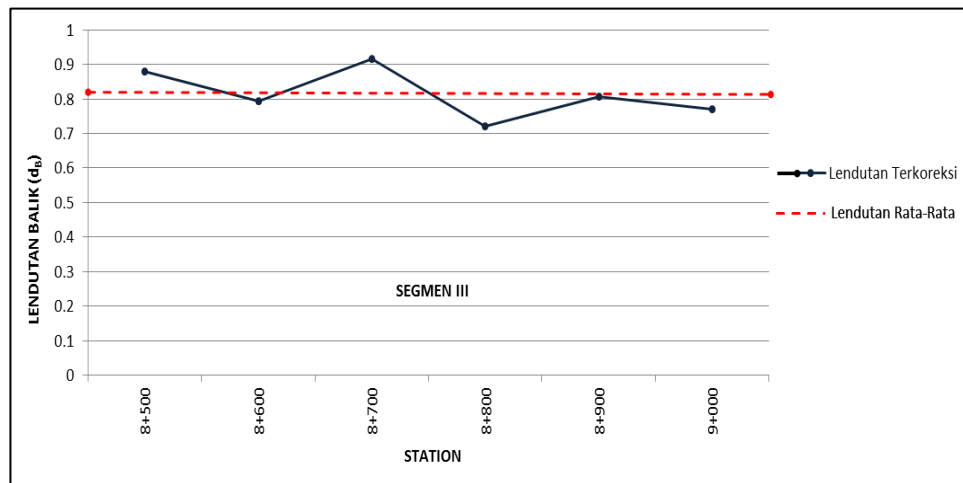


Gambar 4.2. Analisis Lendutan Balik (dB) Segmen II.

## c. Segmen III

$$\begin{aligned}
 \text{Station} &= 8+500 - 9+000 \\
 \text{Jumlah station } (n_s) &= 6 \quad \text{titik} \\
 \text{Jumlah lendutan balik } (\Sigma d_B) &= 4,890209 \quad \text{mm} \\
 (\Sigma d_B^2) &= 4,011598 \quad \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lendutan rata-rata } (d_R) &= \frac{\sum d_B}{n_s} \\
 &= \frac{4,890209}{6} \\
 &= 0,815035 \text{ mm} \\
 \\ 
 \text{Standar deviasi } (s) &= \sqrt{\frac{n_s [\sum_1^{n_s} d^2] - [\sum_1^{n_s} d]^2}{n_s [n_s - 1]}} \\
 &= \sqrt{\frac{6 [4,011598] - [4,890209]^2}{6 [6 - 1]}} \\
 &= 0,071982
 \end{aligned}$$



Gambar 4.3. Analisis Lendutan Balik ( $d_B$ ) Segmen III.

## 2. Keseragaman Lendutan (FK)

Berdasarkan hasil analisis lendutan balik ( $d_B$ ) dapat ditentukan nilai keseragaman lendutan (FK) untuk masing-masing segmen dapat dijabarkan secara singkat sebagai berikut:

### a. Segmen I

$$\begin{aligned}
 \text{FK} &= \frac{s}{d_R} \times 100\% \\
 &= \frac{0,060557}{0,735504} \times 100\% \\
 &= 8,233402 \% \quad ; \text{FK} < \text{FK}_{\text{ijin}} \text{ (Keseragaman Sangat Baik)}
 \end{aligned}$$

## b. Segmen II

$$\begin{aligned}
 FK &= \frac{s}{d_R} \times 100\% \\
 &= \frac{0,125076}{0,542474} \times 100\% \\
 &= 23,05655 \% \quad ; FK < FK_{ijin} \text{ (Keseragaman Cukup Baik)}
 \end{aligned}$$

## c. Segmen III

$$\begin{aligned}
 FK &= \frac{s}{d_R} \times 100\% \\
 &= \frac{0,071982}{0,815035} \times 100\% \\
 &= 8,831768 \% \quad ; FK < FK_{ijin} \text{ (Keseragaman Sangat Baik)}
 \end{aligned}$$

3. Lentutan Wakil ( $D_{wakil}$ )

Berdasarkan hasil analisis lentutan balik ( $d_B$ ) dapat ditentukan nilai lentutan wakil ( $D_{wakil}$ ) yang disesuaikan dengan fungsi suatu ruas jalan. Ruas jalan Yogyakarta – Barongan Imogiri merupakan jalan provinsi yang berfungsi sebagai kolektor primer, sehingga nilai lentutan wakil ( $D_{wakil}$ ) untuk masing-masing segmen adalah sebagai berikut:

## a. Segmen I

$$\begin{aligned}
 D_{wakil} &= d_R + 1,64s \\
 &= 0,735504 + (1,64 \times 0,060557) \\
 &= 0,834817 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

## b. Segmen II

$$\begin{aligned}
 D_{wakil} &= d_R + 1,64s \\
 &= 0,542474 + (1,64 \times 0,125076) \\
 &= 0,747598 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

## c. Segmen III

$$\begin{aligned}
 D_{wakil} &= d_R + 1,64s \\
 &= 0,815035 + (1,64 \times 0,071982) \\
 &= 0,933085 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



#### 4. Lendutan Rencana ( $D_{rencana}$ )

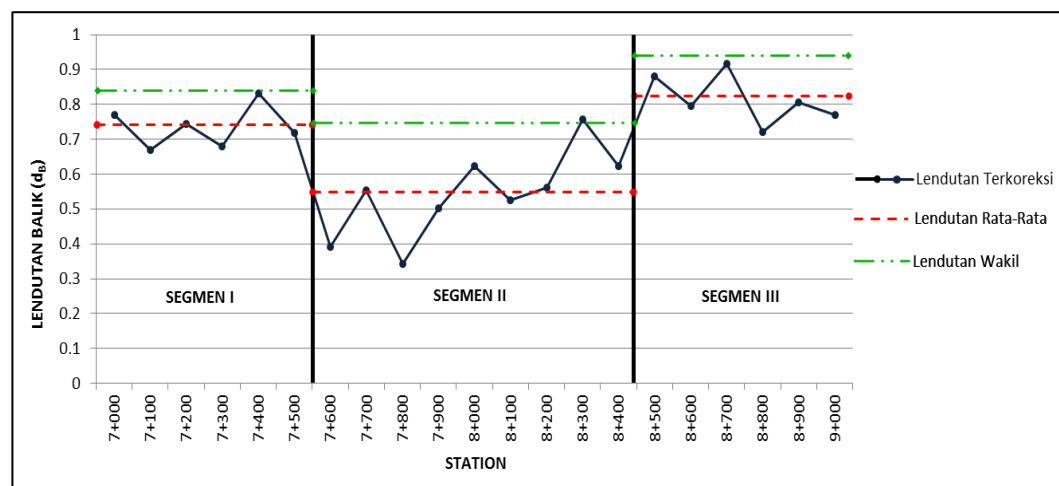
Berdasarkan hasil akumulasi ekuivalen beban sumbu standar (CESA) dapat ditentukan nilai lendutan rencana ( $D_{rencana}$ ) untuk setiap segmen (I, II dan III) sebagai berikut

$$\begin{aligned} D_{rencana} &= 22,208 \times CESA^{(-0,2307)} \\ &= 22,208 \times 4010000^{(-0,2307)} \\ &= 0,665524 \text{ mm} \end{aligned}$$

Rekapitulasi data sebagai hasil analisis lendutan secara keseluruhan dapat dijabarkan secara singkat melalui tabel (4.8) atau melalui pembacaan grafik pada gambar (4.4) sebagai berikut:

Tabel 4.8. Rekapitulasi Hasil Analisis Lendutan

Deskripsi	Satuan	Segmen I	Segmen II	Segmen III
Lendutan Rata-Rata ( $d_R$ )	mm	0,735504	0,542474	0,815035
Deviasi Standar (s)	-	0,060557	0,125076	0,071982
Keseragaman Lendutan (FK)	%	8,233402	23,05655	8,831768
$D_{wakil}$	mm	0,834817	0,747598	0,933085
$D_{rencana}$	mm	0,665524	0,665524	0,665524



Gambar 4.4. Rekapitulasi Hasil Analisis Lendutan.

#### 4.6. Analisis Tebal Lapis Tambah

Analisis tebal lapis tambah dilakukan untuk menentukan tebal lapis perkerasan tambahan (*overlay*) yang sesuai guna mengakomodasi tingkat pertumbuhan dan pembebanan lalu lintas yang tinggi.

##### 1. Faktor Koreksi Tebal Lapis Tambah ( $F_o$ )

Nilai dari faktor koreksi tebal lapis tambah ( $F_o$ ) diperoleh dengan mengkorelasikan nilai temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) pada suatu daerah tertentu (lampiran A pedoman Pd T-05-2005-B). Adapun nilai temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) untuk Kabupaten Bantul adalah sebesar 35,5 °C, sehingga nilai faktor koreksi tebal lapis tambah ( $F_o$ ) untuk setiap segmen (I, II dan III) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_o &= 0,5032 \times \text{EXP}^{(0,0194 \times \text{TPRT})} \\ &= 0,5032 \times \text{EXP}^{(0,0194 \times 35,5)} \\ &= 1,001934. \end{aligned}$$

##### 2. Tebal Lapis Tambah ( $H_o$ )

Hasil analisis lendutan wakil ( $d_{\text{wakil}}$ ) dan lendutan rencana ( $d_{\text{rencana}}$ ), maka dapat ditentukan nilai tebal lapis tambah ( $H_o$ ) untuk masing-masing segmen antara lain adalah sebagai berikut:

###### a. Segmen I

$$\begin{aligned} H_o &= \frac{[\text{Ln}(1,0364) + \text{Ln}(D_{\text{Sbl ov}}) - \text{Ln}(D_{\text{Stl ov}})]}{0,0597} \\ &= \frac{[\text{Ln}(1,0364) + \text{Ln}(0,834817) - \text{Ln}(0,665524)]}{0,0597} \\ &= 4,395146 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

###### b. Segmen II

$$\begin{aligned} H_o &= \frac{[\text{Ln}(1,0364) + \text{Ln}(D_{\text{Sbl ov}}) - \text{Ln}(D_{\text{Stl ov}})]}{0,0597} \\ &= \frac{[\text{Ln}(1,0364) + \text{Ln}(0,747598) - \text{Ln}(0,665524)]}{0,0597} \\ &= 2,546794 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

## c. Segmen III

$$\begin{aligned}
 H_o &= \frac{[\ln (1,0364)+\ln (D_{sbl\ ov})-\ln (D_{stl\ ov})]}{0,0597} \\
 &= \frac{[\ln (1,0364)+\ln (0,933085)-\ln (0,665524)]}{0,0597} \\
 &= 6,259201 \quad \text{cm}
 \end{aligned}$$

## 3. Tebal Lapis Tambah Terkoreksi (Ht)

Hasil analisis tebal lapis tambah (Ho) akan dikoreksi dengan mempertimbangkan faktor temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) yang dinyatakan dengan faktor koreksi (Fo). Adapun nilai tebal lapis tambah terkoreksi (Ht) untuk masing-masing segmen adalah sebagai berikut:

## a. Segmen I

$$\begin{aligned}
 H_t &= H_o \times F_o \\
 &= 4,395146 \times 1,001934 \\
 &= 4,403648 \quad \text{cm}
 \end{aligned}$$

## b. Segmen II

$$\begin{aligned}
 H_t &= H_o \times F_o \\
 &= 2,546794 \times 1,001934 \\
 &= 2,551721 \quad \text{cm}
 \end{aligned}$$

## c. Segmen III

$$\begin{aligned}
 H_t &= H_o \times F_o \\
 &= 6,259201 \times 1,001934 \\
 &= 6,271308 \quad \text{cm}
 \end{aligned}$$

## 4. Jenis Lapis Tambah

Jenis lapis tambah yang akan digunakan untuk perkuatan (*strengthening*) dan peningkatan (*leveling*), guna memperbaiki performa pelayanan jalan secara fungsional maupun struktural hendaknya disesuaikan dengan kondisi lalu lintas dan keadaan eksisting lapis beraspal.

Adapun berdasarkan hasil analisis data, jenis lapis tambah yang akan digunakan pada setiap segmen (I, II dan III) adalah sebagai berikut:

- a. Jenis Lapis Tambah = Laston (AC-BC)
- b. Modulus Resilient (MR) = 2000 MPa
- c. Stabilitas Marshall = 800 Kg

#### 5. Faktor Koreksi Tebal Lapis Tambah ( $FK_{TBL}$ )

Nilai dari faktor koreksi tebal lapis tambah ( $FK_{TBL}$ ) diperoleh dengan mempertimbangkan jenis lapis tambah dan nilai modulus resilient (MR) dari material yang akan digunakan. Adapun nilai dari faktor koreksi tebal lapis tambah ( $FK_{TBL}$ ) untuk setiap segmen (I, II dan III) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} FK_{TBL} &= 12,51 \times M_R^{(-0,333)} \\ &= 12,51 \times 2000^{(-0,333)} \\ &= 0,995438 \end{aligned}$$

#### 6. Tebal Lapis Tambah Terkoreksi (Ht)

Hasil analisis tebal lapis tambah terkoreksi (Ht) akan dikoreksi kembali dengan mempertimbangkan jenis lapis tambah dan nilai modulus resilient (MR) dari material yang akan digunakan yang dinyatakan dengan faktor koreksi ( $FK_{TBL}$ ). Adapun nilai tebal lapis tambah terkoreksi (Ht) untuk setiap segmen (I, II dan III) adalah sebagai berikut:

##### a. Segmen I

$$\begin{aligned} Ht &= Ht \times FK_{TBL} \\ &= 4,403648 \times 0,995483 \\ &= 4,383559 \text{ cm} \\ &= 5 \text{ cm} \end{aligned}$$

##### b. Segmen II

$$\begin{aligned} Ht &= Ht \times FK_{TBL} \\ &= 2,551721 \times 0,995483 \\ &= 2,540080 \text{ cm} \\ &= 3 \text{ cm} \quad ; Ht \leq 4 \text{ cm (syarat minimum tebal lapis} \\ &\quad \text{tambah non struktural)} \end{aligned}$$

Maka,

Nilai tebal lapis tambah terkoreksi (Ht) untuk segmen II ditentukan sebesar 4 cm mengikuti syarat minimum sesuai dengan pedoman Manual Desain Perkerasan Jalan 2013.

c. Segmen III

$$\begin{aligned}
 Ht &= Ht \times FK_{TBL} \\
 &= 6,271308 \times 0,995483 \\
 &= 6,242700 \text{ cm} \\
 &= 7 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi data sebagai hasil analisis tebal lapis tambah secara keseluruhan dapat dijabarkan secara singkat melalui tabel (4.9) sebagai berikut:

Tabel 4.9. Rekapitulasi Hasil Analisis Tebal Lapis Tambah

Deskripsi	Satuan	Segmen I	Segmen II	Segmen III
Jenis Perkerasan	-	Laston	Laston	Laston
Modulus Resilient (MR)	MPa	2000	2000	2000
Stabilitas Marshall	Kg	800	800	800
Tebal Lapis Tambah	cm	5	4	7

#### 4.7. Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis data dan perhitungan yang telah dilakukan ruas jalan Yogyakarta–Barongan (Imogiri) memiliki kondisi struktur yang layak untuk digunakan namun memerlukan suatu pemeliharaan maupun perbaikan, secara fungsional maupun struktural guna mengakomodasi tingkat pembebanan lalu lintas yang tinggi.

Pramono (2016) dalam penelitiannya yang berjudul “Analisa Kondisi Kerusakan Jalan Pada Lapis Permukaan Menggunakan Metode *Pavement Condition Index* (PCI)” yang mengambil tempat pada lokasi yang sama, dengan melakukan evaluasi perkerasan jalan secara fungsional. Dari penelitian tersebut diperoleh nilai indeks kondisi perkerasan (PCI) rata-rata ruas jalan Imogiri Timur

adalah sebesar 48,25 % yang termasuk dalam kategori sedang (*fair*) dan apabila mengacu pada matriks PCI untuk jalan lokal, dapat diambil kesimpulan bahwa ruas jalan tersebut perlu untuk dilakukan perbaikan. Adapun nilai PCI yang menggambarkan kondisi fungsional perkerasan jalan sebagai hasil dari penelitian tersebut secara umum telah sesuai, namun tidak terlalu signifikan dikarenakan terdapat beberapa *station* tertentu yang bertolak belakang dengan hasil penelitian struktural dengan metode lendutan balik menggunakan alat *Benkelman Beam* yang dilakukan oleh penulis.

Pada tabel (4.10) dibawah ini dapat dilihat dengan jelas bahwa untuk segmen I nilai PCI rata-rata adalah sebesar 44,166 % dengan kategori sedang (*fair*) dan tebal lapis tambah yang direkomendasikan berupa laston (AC-BC) dengan ketebalan sebesar 5,0 cm.

Tabel 4.10. Hasil *Pavement Condition Index* (PCI) Segmen I  
(Pranomo, 2016)

<b>Station</b>	<b>CDV Maksimal</b>	<b>PCI 100-CDV</b>	<b>Klasifikasi PCI</b>
7+000	65	35	BURUK ( <i>poor</i> )
7+100	57	43	SEDANG ( <i>fair</i> )
7+200	73	27	BURUK ( <i>poor</i> )
7+300	44	56	BAIK ( <i>good</i> )
7+400	56	44	SEDANG ( <i>fair</i> )
7+500	40	60	BAIK ( <i>good</i> )
<b>Jumlah (<math>\Sigma</math>)</b>	335	265	SEDANG ( <i>fair</i> )
<b>Rata-Rata</b>	55,833	44,166	

Pada tabel (4.11) dibawah ini dapat dilihat dengan jelas bahwa untuk segmen II nilai PCI rata-rata adalah sebesar 38,777 % dengan kategori buruk (*poor*). Hasil pengujian menunjukkan bahwa secara fungsional segmen II dalam kondisi yang lebih buruk dibandingkan dengan segmen I namun secara struktural segmen II dalam kondisi yang lebih baik dibandingkan dengan segmen I. Adapun tebal lapis tambah yang direkomendasikan berupa laston (AC-BC) dengan ketebalan sebesar 4,0 cm.

Tabel 4.11. Hasil *Pavement Condition Index* (PCI) Segmen II  
(Pranomo, 2016)

Station	CDV Maksimal	100-CDV	PCI
7+600	38	62	BAIK ( <i>good</i> )
7+700	64	36	BURUK ( <i>poor</i> )
7+800	53	47	SEDANG ( <i>fair</i> )
7+900	76	24	SANGAT BURUK ( <i>very poor</i> )
8+000	78	22	SANGAT BURUK ( <i>very poor</i> )
8+100	63	37	BURUK ( <i>poor</i> )
8+200	45	55	BAIK ( <i>good</i> )
8+300	52	48	SEDANG ( <i>fair</i> )
8+400	82	18	SANGAT BURUK ( <i>very poor</i> )
<b>Jumlah (<math>\Sigma</math>)</b>	551	349	BURUK ( <i>poor</i> )
<b>Rata-Rata</b>	61.22222222	38,777	

Pada tabel (4.12) dibawah ini dapat dilihat dengan jelas bahwa untuk segmen III nilai PCI rata-rata adalah sebesar 49 % dengan kategori sedang (*fair*). Hasil pengujian menunjukkan bahwa secara fungsional segmen III dalam kondisi yang paling baik dibandingkan dengan segmen I maupun segmen II namun secara struktural segmen III dalam kondisi yang lebih buruk dibandingkan dengan segmen I dan segmen II. Adapun tebal lapis tambah yang direkomendasikan berupa laston (AC-BC) dengan ketebalan sebesar 7,0 cm.

Tabel 4.12. Hasil *Pavement Condition Index* (PCI) Segmen III  
(Pranomo, 2016)

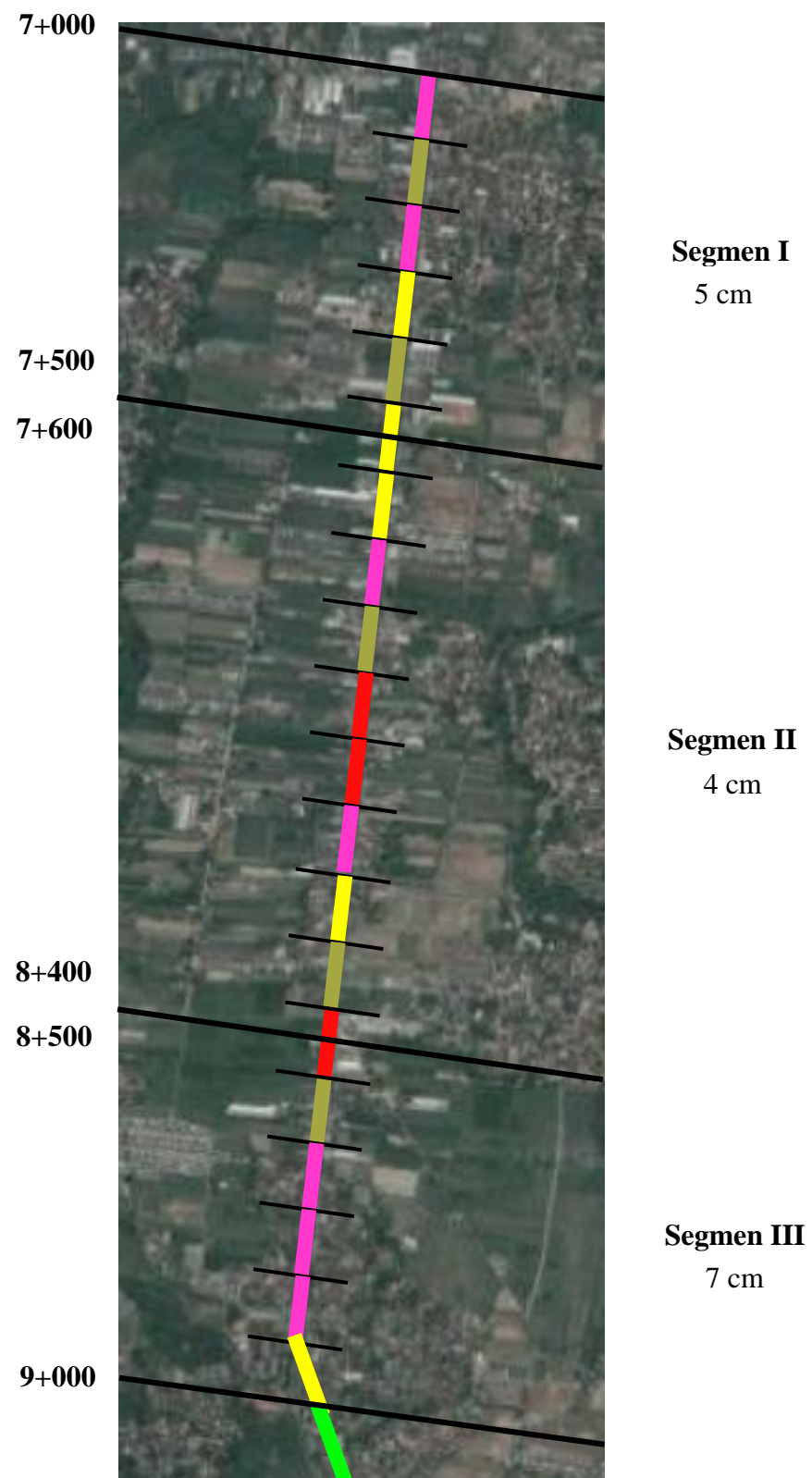
Station	CDV Maksimal	100-CDV	PCI
8+500	58	42	SEDANG ( <i>fair</i> )
8+600	68	32	BURUK ( <i>poor</i> )
8+700	70	30	BURUK ( <i>poor</i> )
8+800	75	25	BURUK ( <i>poor</i> )
8+900	35	65	BAIK ( <i>good</i> )
9+000	0	100	SEMPURNA ( <i>excellent</i> )
<b>Jumlah (<math>\Sigma</math>)</b>	306	294	SEDANG ( <i>fair</i> )
<b>Rata-Rata</b>	51	49	

Adapun rekapitulasi nilai PCI dengan tebal lapis tambah yang direkomendasikan dapat dijabarkan secara singkat melalui tabel (4.13) atau melalui gambar (4.5) sebagai berikut:

Tabel 4.12. Rekapitulasi *Pavement Condition Index* (PCI) dan Tebal Lapis Tambah (Ht) Untuk Masing-Masing Segmen

Station	Segmen	PCI (%)	PCI Rata-Rata (%)	Tebal Lapis Tambah (cm)	Jenis Lapis Tambah
7+000	I	35	44,166	5	Laston (AC-BC)
7+100		43			
7+200		27			
7+300		56			
7+400		44			
7+500		60			
7+600	II	62	38,777	4	Laston (AC-BC)
7+700		36			
7+800		47			
7+900		24			
8+000		22			
8+100		37			
8+200		55			
8+300		48			
8+400	18				
8+500	III	42	49	7	Laston (AC-BC)
8+600		32			
8+700		30			
8+800		25			
8+900		65			
9+000		100			





Gambar 4.5. Rekapitulasi *Pavement Condition Index* (PCI) dan Tebal Lapis Tambah (Ht) Untuk Masing-Masing Segmen.