

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) Metode Analisa Komponen 1987

1. Data Umum

- a. Nama Ruas Jalan : Sp.3 Pamoyanan – Suryalaya - Warudoyong
- b. Umur Rencana : 10 Tahun
- c. Data Lalu Lintas : 2025
- d. Pertumbuhan Lalu Lintas : 2,3%
- e. Data Curah Hujan : < 900 mm/Tahun
- f. Kelandaian : 6 %
- g. CBR Tanah Dasar : Segmen 1 = 3,96 %
Segmen 2 = 3,49 %
Segmen 3 = 4,34 %
- h. Fungsi Jalan : Kolektor / 2 Lajur / 2 Arah

2. Data Lalu Lintas

a. Koefisien distribusi kendaraan

Nilai koefisien distribusi kendaraan ringan dan kendaraan berat dapat dilihat pada tabel 2.4. Untuk ruas jalan Sp.3 Pamoyanan – Suryalaya – Warudoyong dengan 2 lajur dan 2 arah, ditentukan nilai koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan adalah 0,5 dan untuk kendaraan berat adalah 0,5.

b. Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) awal umur rencana

Data Lalu Lintas yang digunakan pada penelitian ini didapat dari survey langsung di lapangan. Survey LHR umumnya dilakukan dengan durasi 7x24 jam. Durasi survey kurang dari 7x24 jam dapat dilakukan untuk jalan dengan lalu lintas rendah. Pada ruas jalan yang ditinjau dilakukan survey LHR selama 7 hari dengan durasi

pengamatan selama 15 jam/hari (Pukul 06.00 – 21.00 WIB). Data survey lalu lintas sebagai berikut:

Tabel 4. 1 LHR Hari Ke - 1

Lintas Harian Rata -Rata (LHR)			
Lokasi :	Sp.3 Pamoyanan - Suryalaya - Warudoyong		
Pukul :	06.00 - 21.00 WIB		
Hari, tanggal :	Senin, 8 September 2025		
Golongan	Kendaraan		
1	Sepeda Motor Kendaraan Roda 3	< 5 Ton	8652
2	Sedan Jeep		2874
3	Pick Up Angkot		740
4	Pick Up Mikro Truk Mikro Bus		571
5a	Bus Kecil	> 5 Ton	0
5b	Bus Besar		0
6a	Truk Ringan 2 Sumbu 4 Roda		233
6b1	Truk Sedang 2 Sumbu 6 Roda		216
6b2	Truk Berat 2 Sumbu 6 Roda		14
7a2	Truk 3 Sumbu 10 roda		1
8	Kendaraan Tidak Bermotor	< 5 Ton	6
Jumlah			13307

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

Tabel 4. 2 LHR Hari Ke - 2

Lintas Harian Rata -Rata (LHR)			
Lokasi :	Sp.3 Pamoyanan - Suryalaya - Warudoyong		
Pukul :	06.00 - 21.00 WIB		
Hari, tanggal :	Selasa, 9 September 2025		
Golongan	Kendaraan		
1	Sepeda Motor Kendaraan Roda 3	< 5 Ton	8598
2	Sedan Jeep		2826
3	Pick Up Angkot		716
4	Pick Up Mikro Truk Mikro Bus		507
5a	Bus Kecil	> 5 Ton	1
5b	Bus Besar		0
6a	Truk Ringan 2 Sumbu 4 Roda		218
6b1	Truk Sedang 2 Sumbu 6 Roda		257
6b2	Truk Berat 2 Sumbu 6 Roda		46
7a2	Truk 3 Sumbu 10 roda		0
8	Kendaraan Tidak Bermotor	< 5 Ton	0
Jumlah			13169

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

Tabel 4. 3 LHR Hari Ke - 3

Lintas Harian Rata -Rata (LHR)			
Lokasi :	Sp.3 Pamoyanan - Suryalaya - Warudoyong		
Pukul :	06.00 - 21.00 WIB		
Hari, tanggal :	Rabu, 10 September 2025		
Golongan	Kendaraan		
1	Sepeda Motor Kendaraan Roda 3	< 5 Ton	8716
2	Sedan Jeep		2718
3	Pick Up Angkot		841
4	Pick Up Mikro Truk Mikro Bus		450
5a	Bus Kecil	> 5 Ton	0
5b	Bus Besar		1
6a	Truk Ringan 2 Sumbu 4 Roda		214
6b1	Truk Sedang 2 Sumbu 6 Roda		228
6b2	Truk Berat 2 Sumbu 6 Roda		32
7a2	Truk 3 Sumbu 10 roda		1
8	Kendaraan Tidak Bermotor	< 5 Ton	0
Jumlah			13201

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

Tabel 4. 4 LHR Hari Ke - 4

Lintas Harian Rata -Rata (LHR)			
Lokasi :	Sp.3 Pamoyanan - Suryalaya - Warudoyong		
Pukul :	06.00 - 21.00 WIB		
Hari, tanggal :	Kamis, 11 September 2025		
Golongan	Kendaraan		
1	Sepeda Motor Kendaraan Roda 3	< 5 Ton	8534
2	Sedan Jeep		2788
3	Pick Up Angkot		816
4	Pick Up Mikro Truk Mikro Bus		499
5a	Bus Kecil	> 5 Ton	0
5b	Bus Besar		0
6a	Truk Ringan 2 Sumbu 4 Roda		216
6b1	Truk Sedang 2 Sumbu 6 Roda		200
6b2	Truk Berat 2 Sumbu 6 Roda		22
7a2	Truk 3 Sumbu 10 roda		0
8	Kendaraan Tidak Bermotor	< 5 Ton	3
Jumlah			13078

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

Tabel 4. 5 LHR Hari ke - 5

Lintas Harian Rata -Rata (LHR)			
Lokasi :	Sp.3 Pamoyanan - Suryalaya - Warudoyong		
Pukul :	06.00 - 21.00 WIB		
Hari, tanggal :	Jumat, 12 September 2025		
Golongan	Kendaraan		
1	Sepeda Motor Kendaraan Roda 3	< 5 Ton	8296
2	Sedan Jeep		2694
3	Pick Up Angkot		580
4	Pick Up Mikro Truk Mikro Bus		309
5a	Bus Kecil	> 5 Ton	0
5b	Bus Besar		0
6a	Truk Ringan 2 Sumbu 4 Roda		199
6b1	Truk Sedang 2 Sumbu 6 Roda		229
6b2	Truk Berat 2 Sumbu 6 Roda		28
7a2	Truk 3 Sumbu 10 roda		1
8	Kendaraan Tidak Bermotor	< 5 Ton	2
Jumlah			12338

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

Tabel 4. 6 LHR Hari Ke - 6

Lintas Harian Rata -Rata (LHR)			
Lokasi :	Sp.3 Pamoyanan - Suryalaya - Warudoyong		
Pukul :	06.00 - 21.00 WIB		
Hari, tanggal :	Sabtu, 13 September 2025		
Golongan	Kendaraan		
1	Sepeda Motor Kendaraan Roda 3	< 5 Ton	8588
2	Sedan Jeep		2874
3	Pick Up Angkot		574
4	Pick Up Mikro Truk Mikro Bus		415
5a	Bus Kecil	> 5 Ton	4
5b	Bus Besar		8
6a	Truk Ringan 2 Sumbu 4 Roda		209
6b1	Truk Sedang 2 Sumbu 6 Roda		188
6b2	Truk Berat 2 Sumbu 6 Roda		30
7a2	Truk 3 Sumbu 10 roda		0
8	Kendaraan Tidak Bermotor	< 5 Ton	4
Jumlah			12894

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

Tabel 4. 7 LHR Hari Ke - 7

Lintas Harian Rata -Rata (LHR)			
Lokasi :	Sp.3 Pamoyanan - Suryalaya - Warudoyong		
Pukul :	06.00 - 21.00 WIB		
Hari, tanggal :	Minggu, 14 September 2025		
Golongan	Kendaraan		
1	Sepeda Motor Kendaraan Roda 3	< 5 Ton	8528
2	Sedan Jeep		2920
3	Pick Up Angkot		844
4	Pick Up Mikro Truk Mikro Bus		564
5a	Bus Kecil	> 5 Ton	11
5b	Bus Besar		18
6a	Truk Ringan 2 Sumbu 4 Roda		226
6b1	Truk Sedang 2 Sumbu 6 Roda		256
6b2	Truk Berat 2 Sumbu 6 Roda		48
7a2	Truk 3 Sumbu 10 roda		2
8	Kendaraan Tidak Bermotor	< 5 Ton	9
Jumlah			13426

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

Data LHR tertinggi pada ruas jalan yang ditinjau dijadikan sebagai data LHR awal umur rencana dapat dilihat pada tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4. 8 LHR Awal Umur Rencana

Lintas Harian Rata -Rata (LHR)			
Lokasi :	Sp.3 Pamoyanan - Suryalaya - Warudoyong		
Pukul :	06.00 - 21.00 WIB		
Hari, tanggal :	Minggu, 14 September 2025		
Golongan	Kendaraan		
1	Sepeda Motor Kendaraan Roda 3	< 5 Ton	8528
2	Sedan Jeep		2920
3	Pick Up Angkot		844
4	Pick Up Mikro Truk Mikro Bus		564
5a	Bus Kecil	> 5 Ton	11
5b	Bus Besar		18
6a	Truk Ringan 2 Sumbu 4 Roda		226
6b1	Truk Sedang 2 Sumbu 6 Roda		256
6b2	Truk Berat 2 Sumbu 6 Roda		48
7a2	Truk 3 Sumbu 10 roda		2
8	Kendaraan Tidak Bermotor	< 5 Ton	9
Jumlah			13426

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

Dari data LHR pada awal umur rencana tersebut dihitung persentase kendaraan berat (> 5 Ton).

$$\% \text{ Kendaraan berat} = \frac{\text{Jumlah Kendaraan Berat}}{\text{Total LHR}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Kendaraan berat} = \frac{561}{13426} \times 100\% = 4,18\%$$

c. Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) akhir umur rencana

Nilai LHR akhir umur rencana dapat dihitung menggunakan rumus

$$\text{LHR}_{\text{Akhir}} = \text{LHR}_{\text{Awal}} \times (1 + i)^n$$

i = Pertumbuhan lalu lintas

n = Umur rencana

nilai pertumbuhan lalu lintas (i) untuk metode Analisa Komponen 1987 berdasarkan pada data LHR tahun 2020 – 2025 sebesar 2,3%.

Berikut adalah contoh perhitungan $\text{LHR}_{\text{Akhir}}$ untuk sepeda motor, kendaraan roda 3:

$$\text{LHR}_{\text{Akhir}} = 8528 \times (1 + 2,3\%)^{10}$$

$$\text{LHR}_{\text{Akhir}} = 8528 \times (1,02)^{10}$$

$$\text{LHR}_{\text{Akhir}} = 8528 \times 1,2553 = 10705$$

Hasil perhitungan $\text{LHR}_{\text{Akhir}}$ untuk seluruh golongan kendaraan disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4. 9 LHR Akhir Umur Rencana

Jenis Kendaraan	Beban Sumbu	Jumlah
Sepeda Motor		10705
Sedan, Jeep	1+1 ton	3666
Pick Up, Angkot	1+1 ton	1059
Pick Up, Mikro Truk, Mikro Bus	2+2 ton	708
Bus Kecil	3+5 ton	14
Bus Besar	5+10 ton	23
Truk Ringan 2 Sumbu 4 Roda	2+4 ton	284
Truk Sedang 2 Sumbu 6 Roda	2+5 ton	321
Truk Berat 2 Sumbu 6 Roda	5+10 ton	60
Truk 3 Sumbu	6+14 ton	3
Kendaraan Tidak Bermotor		11
Jumlah		16854

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

d. Angka ekivalen (E)

Angka ekivalen masing-masing golongan beban sumbu setiap kendaraan ditentukan dengan menggunakan tabel 2.5.

Tabel 4. 10 Angka Ekivalen Jenis Kendaraan

Jenis Kendaraan	Beban Sumbu	Angka Ekivalen		
Sedan, Jeep (1.1)	1+1 ton	0.0002	0.0002	0.0004
Pick Up, Angkot (1.1)	1+1 ton	0.0002	0.0002	0.0004
Pick Up, Mikro Truk, Mikro Bus (1.1)	2+2 ton	0.0036	0.0036	0.0072
Bus Kecil (1.1)	3+5 ton	0.0183	0.1410	0.1593
Bus Besar (1.1)	5+10 ton	0.1410	2.2555	2.3965
Truk Ringan 2 Sumbu 4 Roda (1.1)	2+4 ton	0.0036	0.0577	0.0613
Truk Sedang 2 Sumbu 6 Roda (1.1)	2+5 ton	0.0036	0.1410	0.1446
Truk Berat 2 Sumbu 6 Roda (1.1)	5+10 ton	0.141	2.2555	2.3965
Truk 3 Sumbu (1.2)	6+14 ton	0.2923	0.7452	1.0375

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

e. Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)

Untuk menghitung Lintas Ekivalen Permulaan menggunakan rumus:

$$LEP = LHR_{Awal} \times C \times E$$

Berikut adalah contoh perhitungan LEP pada sedan, jeep:

$$LEP = 2920 \times 0,5 \times 0,0004 = 0,584$$

Hasil untuk seluruh golongan kendaraan disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4. 11 Lintas Ekivalen Permulaan Jenis Kendaraan

Jenis Kendaraan	LHR Awal	C	E	LEP
Sedan, Jeep	2920	0.5	0.0004	0.584
Pick Up, Angkot	844	0.5	0.0004	0.169
Pick Up, Mikro Truk, Mikro Bus	564	0.5	0.0072	2.030
Bus Kecil	11	0.5	0.1593	0.876
Bus Besar	18	0.5	2.3965	21.569
Truk Ringan 2 Sumbu 4 Roda	226	0.5	0.0613	6.927
Truk Sedang 2 Sumbu 6 Roda	256	0.5	0.1446	18.509
Truk Berat 2 Sumbu 6 Roda	48	0.5	2.3965	57.516
Truk 3 Sumbu	2	0.5	1.0375	1.038
LEP				109.217

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

f. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

Untuk menghitung Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) dapat menggunakan rumus:

$$LEA = LHR_{\text{Akhir}} \times C \times E$$

Berikut adalah contoh perhitungan LEA pada sedan, jeep:

$$LEA = 3666 \times 0,5 \times 0,0004 = 0,733$$

Hasil untuk seluruh golongan kendaraan disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4. 12 Lintas Ekuivalen Akhir Jenis Kendaraan

Jenis Kendaraan	LHR Akhir	C	E	LEA
Sedan, Jeep	3666	0.5	0.0004	0.733
Pick Up, Angkot	1059	0.5	0.0004	0.212
Pick Up, Mikro Truk, Mikro Bus	708	0.5	0.0072	2.549
Bus Kecil	14	0.5	0.1593	1.100
Bus Besar	23	0.5	2.3965	27.075
Truk Ringan 2 Sumbu 4 Roda	284	0.5	0.0613	8.696
Truk Sedang 2 Sumbu 6 Roda (Sedang)	321	0.5	0.1446	23.235
Truk Sedang 2 Sumbu 6 Roda (Berat)	60	0.5	2.3965	72.201
Truk 3 Sumbu	3	0.5	1.0375	1.302
LEA				137.103

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

g. Lintas Ekuivalen Tengah (LET)

Untuk menentukan Lintas Ekuivalen Tengah (LET) dapat menggunakan rumus:

$$LET = \frac{1}{2} \times (LEP + LEA)$$

$$LET = \frac{1}{2} \times (109,217 + 137,103)$$

$$LET = 123,160 \approx 123 \text{ kendaraan}$$

h. Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

Untuk menentukan Lintas Ekuivalen Rencana (LER) dapat menggunakan rumus:

$$LER = LET \times \frac{UR}{10}$$

$$\text{LER} = 123 \times \frac{10}{10}$$

$$\text{LER} = 123 \text{ kendaraan}$$

3. CBR tanah dasar

Pada penelitian ini data CBR tanah dasar yang digunakan merupakan data primer. CBR tanah dasar diuji menggunakan alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) setiap 100 m. Adapun data CBR tanah dasar untuk ruas jalan Sp.3 Pamoyanan – Suryalaya – Warudoyong STA. 5+000 – STA. 7+000 sebagai berikut:

Tabel 4. 13 Nilai CBR Tanah Dasar

Segmen	STA	CBR (%)
Segmen 1	5+000	10.27
	5+100	3.14
	5+200	7.25
	5+300	5.70
	5+400	7.13
	5+500	11.88
	5+600	3.97
Segmen 2	5+700	5.42
	5+800	5.54
	5+900	4.67
	6+000	3.72
	6+100	9.63
	6+200	6.13
Segmen 3	6+300	5.42
	6+400	4.52
	6+500	5.36
	6+600	7.90
	6+700	7.81
	6+800	5.90
	6+900	11.42
	7+000	4.79

(Sumber; Perhitungan Penelitian)

Dari data CBR tanah dasar tersebut untuk memperoleh nilai CBR tanah dasar segmen dapat menggunakan beberapa metode, salah satunya menggunakan metode analitis dengan rumus:

$$\text{CBR segmen} = \text{CBR rata-rata} - \frac{(\text{CBR max} - \text{CBR min})}{R}$$

Nilai R merupakan konstanta yang tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen

- Segmen 1 (Sta 5+000 – Sta 5+600)

Nilai CBR tanah dasar sebagai berikut:

$$\text{Sta 5+000} = 10,27\%$$

$$\text{Sta 5+100} = 3,14\%$$

$$\text{Sta 5+200} = 7,25\%$$

$$\text{Sta 5+300} = 5,70\%$$

$$\text{Sta 5+400} = 7,13\%$$

$$\text{Sta 5+500} = 11,88\%$$

$$\text{Sta 5+600} = 3,97\%$$

Dari nilai CBR tanah dasar tersebut didapat:

$$\text{CBR rata-rata} = 7,05\%$$

$$\text{CBR max} = 11,88\%$$

$$\text{CBR min} = 3,14\%$$

$$R = 2,83$$

Maka nilai CBR segmen 1 (Sta 5+000 – Sta 5+600) sebagai berikut:

$$\text{CBR segmen 1} = 7,05 - \frac{(11,88 - 3,14)}{2,83}$$

$$\text{CBR segmen 1} = 3,96\%$$

- Segmen 2 (Sta 5+600 – 6+200)

Nilai CBR tanah dasar sebagai berikut:

$$\text{Sta 5+600} = 3,97\%$$

$$\text{Sta 5+700} = 5,42\%$$

$$\text{Sta 5+800} = 5,54\%$$

$$\text{Sta 5+900} = 4,67\%$$

$$\text{Sta 6+000} = 3,72\%$$

$$\text{Sta 6+100} = 9,63\%$$

$$\text{Sta 6+200} = 6,13\%$$

Dari nilai CBR tanah dasar tersebut didapat:

$$\text{CBR rata-rata} = 5,58\%$$

$$\text{CBR max} = 9,63\%$$

$$\text{CBR min} = 3,72\%$$

$$R = 2,83$$

Maka nilai CBR segmen 2 (Sta 5+600 – Sta 6+200) sebagai berikut:

$$\text{CBR segmen 2} = 5,58\% - \frac{(9,63 - 3,72)}{2,83}$$

$$\text{CBR segmen 2} = 3,49\%$$

- Segmen 3 (Sta 6+200 – Sta 7+000)

Nilai CBR tanah dasar sebagai berikut:

$$\text{Sta 6+200} = 6,13\%$$

$$\text{Sta 6+300} = 5,42\%$$

$$\text{Sta 6+400} = 4,52\%$$

$$\text{Sta 6+500} = 5,36\%$$

$$\text{Sta 6+600} = 7,90\%$$

$$\text{Sta 6+700} = 7,81\%$$

$$\text{Sta 6+800} = 5,90\%$$

$$\text{Sta 6+900} = 11,42\%$$

$$\text{Sta 7+000} = 4,79\%$$

Dari nilai CBR tanah dasar tersebut didapat:

$$\text{CBR rata-rata} = 6,58\%$$

$$\text{CBR max} = 11,42\%$$

$$\text{CBR min} = 4,52\%$$

$$R = 3,08$$

Maka nilai CBR segmen 3 (Sta 6+200 – Sta 7+000) sebagai berikut:

$$\text{CBR segmen 3} = 6,58 - \frac{(11,42 - 4,52)}{3,08}$$

$$\text{CBR segmen 3} = 4,34\%$$

4. Daya Dukung Tanah Dasar (DDT)

Daya dukung tanah dasar merupakan suatu skala yang digunakan dalam nomogram untuk menyatakan kekuatan tanah dasar. Dalam menentukannya dapat menggunakan nomogram seperti pada gambar 2.2 atau dapat dilihat pada lampiran.

- Segmen 1
CBR = 3,96%
DDT = 4,20
- Segmen 2
CBR = 3,49%
DDT = 4,00
- Segmen 3
CBR = 4,34%
DDT = 4,40

5. Faktor Regional (FR)

Faktor regional merupakan faktor yang dipengaruhi oleh kelandaian, persentase kendaraan berat, serta iklim atau curah hujan. Untuk menentukan nilai Faktor Regional (FR) dapat menggunakan tabel 2.7 dengan data sebagai berikut:

Kelandaian	= 6%
% Kendaraan berat	= 4,18%
Curah hujan rata-rata per tahun	= < 900 mm/Tahun
FR	= 1,0

6. Indeks Permukaan awal umur rencana (IP0)

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IP0) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan serta nilai kerataan atau kehalusan pada awal umur rencana. Nilai IP0 dapat ditentukan menggunakan tabel 2.9 dengan data berikut:

Jenis permukaan	= Laston
Roughness (mm/km)	= > 1000 mm/km
IP0	= 3,9 – 3,5

7. Indeks Permukaan akhir umur rencana (IP)

Dalam menentukan indeks permukaan pada akhir umur rencana, perlu pertimbangan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan serta jumlah lintas ekivalen rencana. Nilai IP dapat ditentukan menggunakan tabel 2.8 dengan data berikut:

Klasifikasi jalan = Kolektor
 Lintas Ekivalen Rencana = 123 kendaraan
 IP = 2,0

8. Indeks tebal perkerasan

Indeks tebal perkerasan merupakan suatu angka yang berhubungan dengan penentuan tebal perkerasan. Menentukan nilai indeks tebal perkerasan dapat menggunakan nomogram yang lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran, dengan data sebagai berikut:

IP₀ = 3,9 – 3,5

IP = 2,0

Maka untuk menentukan nilai ITP menggunakan nomogram 4.

ITP Segmen 1 = 7,5

ITP Segmen 2 = 7,7

ITP Segmen 3 = 7,3

9. Menentukan tebal lapis tambah

Tabel 4. 14 Koefisien Kekuatan Relatif

Eksisting	Kekuatan Bahan	Koef. Kekuatan Relatif	Tebal D
Laston	MS= 590 kg	a1= 0.35	D1 10 cm
Batu Pecah Kelas A	CBR= 100%	a2= 0.14	D2 15 cm
Sirtu Kelas B	CBR= 50%	a3= 0.12	D3 15 cm

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

Dengan kondisi pada lapisan permukaan terdapat keretakan dengan tingkat sedang dan pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan, maka nilai kondisi perkerasan untuk lapisan permukaan sebesar 60%.

Nilai ITP yang ada dihitung dengan rumus berikut:

$$ITP \text{ ada} = a_1 D_1 k_1 + a_2 D_2 k_2 + a_3 D_3 k_3$$

Tabel 4. 15 Kondisi Perkerasan

Susunan Perkerasan	Koef. Kekuatan Relatif (a)	Tebal (D)	Kondisi Perkerasan (k)	
Lapis Permukaan	$a_1 = 0.35$	10	60%	2,1
Lapis Pondasi	$a_2 = 0.14$	15	85%	1,785
Lapis Pondasi Bawah	$a_3 = 0.12$	15	100%	1,8
Tanah Dasar	ITP yang ada =			5,685

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

Untuk umur rencana 10 tahun dihitung Δ ITP sebagai berikut:

$$\Delta \text{ ITP} = \text{ITP}_{\text{UR}} - \text{ITP ada}$$

$$\Delta \text{ ITP Segmen 1} = 7,5 - 5,685 = 1,815$$

$$\Delta \text{ ITP Segmen 2} = 7,7 - 5,685 = 2,015$$

$$\Delta \text{ ITP Segmen 3} = 7,3 - 5,685 = 1,615$$

Setelah Δ ITP untuk masing-masing segmen diketahui, maka selanjutnya dapat dihitung nilai tebal lapis tambah untuk masing-masing segmen dengan rumus:

$$D_1 = \frac{\Delta \text{ ITP}}{a_1}$$

- Segmen 1

$$D_1 = \frac{\Delta \text{ ITP}}{a_1}$$

$$D_1 = \frac{1,815}{0,35}$$

$$D_1 = 5,2 \text{ cm}$$

- Segmen 2

$$D_1 = \frac{\Delta \text{ ITP}}{a_1}$$

$$D_1 = \frac{2,015}{0,35}$$

$$D_1 = 5,8 \text{ cm}$$

- Segmen 3

$$D1 = \frac{\Delta \text{ITP}}{a1}$$

$$D1 = \frac{1,615}{0,35}$$

$$D1 = 4,6 \text{ cm}$$

4.2 Perhitungan Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) Metode Manual Desain

Perkerasan Jalan 2024

1. Faktor pertumbuhan lalu lintas (i)

Faktor pertumbuhan lalu lintas ditentukan dengan menggunakan tabel 2.14, untuk pulau jawa dengan klasifikasi fungsi jalan kolektor ditentukan nilai faktor pertumbuhan lalu lintas sebesar 3,50%.

Untuk LHR 1 tahun setelah survey lalu lintas atau tahun 2026 sebagai berikut:

$$\text{LHR}_{2026} = \text{LHR}_{\text{survey}} \times \left(1 + \frac{3,50}{100}\right)^1$$

Sebagai contoh untuk golongan kendaraan 5b sebagai berikut:

$$\text{LHR}_{2026} = 18 \times \left(1 + \frac{3,50}{100}\right)^1$$

$$\text{LHR}_{2026} = 18 \times 1,035$$

$$\text{LHR}_{2026} = 19 \text{ kendaraan}$$

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung menggunakan faktor pengali pertumbuhan lalu lintas dengan rumus:

$$R = \frac{(1 + 0,01 i)^{\text{UR}} - 1}{0,01 i}$$

Keterangan:

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan

UR = Umur rencana

Untuk faktor pengali pertumbuhan lalu lintas dengan beban kendaraan faktual atau 1 tahun (tahun pertama survey) dihitung sebagai berikut:

$$R = \frac{(1 + 0,01 \times 3,50)^1 - 1}{0,01 \times 3,50}$$

$$R = 1,00$$

Untuk faktor pengali pertumbuhan lalu lintas dengan beban kendaraan normal atau 9 tahun (tahun-tahun berikutnya selama umur rencana) dihitung sebagai berikut:

$$R = \frac{(1 + 0,01 \times 3,50)^9 - 1}{0,01 \times 3,50}$$

$$R = 10,37$$

2. Faktor distribusi arah (DD) dan distribusi lajur (DL)

Untuk jalan dua arah seperti ruas jalan Sp.3 Pamoyanan – Suryalaya – Warudoyong, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,5. Sedangkan untuk nilai distribusi lajur (DL) dengan 1 lajur di tiap arahnya ditentukan nilai 1,00 seperti pada tabel 2.15

3. Faktor ekivalen beban (*Vehicle Damage Factor*)

Lokasi ruas jalan yang diteliti berada di Jawa Barat mendekati lintas tengah, sehingga nilai VDF 4 dan VDF 5 masing-masing jenis kendaraan ditentukan pada tabel berikut:

Tabel 4. 16 Nilai VDF Kendaraan Pada Ruas Jalan Lintas Tengah Jawa Barat

Kondisi	Kelas Kendaraan	Gol 5B	Gol 6A	Gol 6B	Gol 7A1	Gol 7A2	Gol 7A3	Gol 7B1	Gol 7B2	Gol 7B3	Gol 7C1	Gol 7C2A	Gol 7C2B	Gol 7C3	Gol 7C4
VDF4	Faktual	1,2	0,5	3,5	-	5,7	-	-	-	-	4,0	2,6	4,1	4,4	-
	Normal	1,2	0,5	1,1	-	3,1	-	-	-	-	2,9	2,0	4,0	4,2	-
VDF5	Faktual	1,3	0,4	4,9	-	9,2	-	-	-	-	5,5	3,5	5,4	5,6	-
	Normal	1,3	0,4	1,0	-	4,0	-	-	-	-	3,5	2,2	5,2	5,3	-

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

4. Beban sumbu standar kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Standard Axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, nilai CESAL untuk seluruh jenis kendaraan yang melintas pada ruas jalan Sp.3 Pamoyanan – Suryalaya – Warudoyong diuraikan seperti berikut:

a. CESAL4

- Golongan 5b

ESA_{1 Tahun}

$$\begin{aligned} (2025-2026) &= (LHR_{JK} \times VDF4_{Faktual}) \times 365 \times DD \times DL \times R \\ &= (18 \times 1,2) \times 365 \times 0,5 \times 1,00 \times 1,00 \\ &= 3.942 \end{aligned}$$

ESA_{9 Tahun}

$$\begin{aligned} (2026-2035) &= (LHR_{JK} \times VDF4_{Normal}) \times 365 \times DD \times DL \times R \\ &= (19 \times 1,2) \times 365 \times 0,5 \times 1,00 \times 10,37 \\ &= 42.303 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ESA_{5b} &= ESA_{1 Tahun} + ESA_{9 Tahun} \\ &= 3.942 + 42.303 \\ &= 46.245 \end{aligned}$$

- Golongan 6a

ESA_{1 Tahun}

$$\begin{aligned} (2025-2026) &= (LHR_{JK} \times VDF4_{Faktual}) \times 365 \times DD \times DL \times R \\ &= (226 \times 0,5) \times 365 \times 0,5 \times 1,00 \times 1,00 \\ &= 20.622 \end{aligned}$$

ESA_{9 Tahun}

$$\begin{aligned} (2026-2035) &= (LHR_{JK} \times VDF4_{Normal}) \times 365 \times DD \times DL \times R \\ &= (234 \times 0,5) \times 365 \times 0,5 \times 1,00 \times 10,37 \\ &= 221.308 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ESA_{6a} &= ESA_{1 Tahun} + ESA_{9 Tahun} \\ &= 20.622 + 221.308 \\ &= 241.931 \end{aligned}$$

- Golongan 6b

ESA_{1 Tahun}

$$\begin{aligned} (2025-2026) &= (\text{LHR}_{\text{JK}} \times \text{VDF4}_{\text{Faktual}}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \\ &= (256 \times 3,5) \times 365 \times 0,5 \times 1,00 \times 1,00 \\ &= 163.520 \end{aligned}$$

ESA_{9 Tahun}

$$\begin{aligned} (2026-2035) &= (\text{LHR}_{\text{JK}} \times \text{VDF4}_{\text{Normal}}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \\ &= (265 \times 1,1) \times 365 \times 0,5 \times 1,00 \times 10,37 \\ &= 551.508 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ESA}_{6b} &= \text{ESA}_{1 \text{ Tahun}} + \text{ESA}_{9 \text{ Tahun}} \\ &= 163.520 + 551.508 \\ &= 715.028 \end{aligned}$$

- Golongan 7a2

ESA_{1 Tahun}

$$\begin{aligned} (2025-2026) &= (\text{LHR}_{\text{JK}} \times \text{VDF4}_{\text{Faktual}}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \\ &= (2 \times 5,7) \times 365 \times 0,5 \times 1,00 \times 1,00 \\ &= 2.080 \end{aligned}$$

ESA_{9 Tahun}

$$\begin{aligned} (2026-2035) &= (\text{LHR}_{\text{JK}} \times \text{VDF4}_{\text{Normal}}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \\ &= (2 \times 3,1) \times 365 \times 0,5 \times 1,00 \times 10,37 \\ &= 12.143 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ESA}_{7a2} &= \text{ESA}_{1 \text{ Tahun}} + \text{ESA}_{9 \text{ Tahun}} \\ &= 2.080 + 12.143 \\ &= 14.223 \end{aligned}$$

$$\text{CESAL4} = \text{ESA}_{5b} + \text{ESA}_{6a} + \text{ESA}_{6b} + \text{ESA}_{7a2}$$

$$\text{CESAL4} = 46.245 + 241.931 + 715.028 + 14.223$$

$$\text{CESAL4} = 1.017.427$$

b. CESAL5

- Golongan 5b

ESA_{1 Tahun}

$$\begin{aligned}
 (2025-2026) &= (\text{LHR}_{\text{JK}} \times \text{VDF5}_{\text{Faktual}}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \\
 &= (18 \times 1,3) \times 365 \times 0,5 \times 1,00 \times 1,00 \\
 &= 4.270
 \end{aligned}$$

ESA_{9 Tahun}

$$\begin{aligned}
 (2026-2035) &= (\text{LHR}_{\text{JK}} \times \text{VDF5}_{\text{Normal}}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \\
 &= (19 \times 1,3) \times 365 \times 0,5 \times 1,00 \times 10,37 \\
 &= 45.828
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ESA 5b} &= \text{ESA}_{1 \text{ Tahun}} + \text{ESA}_{9 \text{ Tahun}} \\
 &= 4.270 + 45.828 \\
 &= 50.098
 \end{aligned}$$

- Golongan 6a

ESA_{1 Tahun}

$$\begin{aligned}
 (2025-2026) &= (\text{LHR}_{\text{JK}} \times \text{VDF5}_{\text{Faktual}}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \\
 &= (226 \times 0,4) \times 365 \times 0,5 \times 1,00 \times 1,00 \\
 &= 16.498
 \end{aligned}$$

ESA_{9 Tahun}

$$\begin{aligned}
 (2026-2035) &= (\text{LHR}_{\text{JK}} \times \text{VDF5}_{\text{Normal}}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \\
 &= (234 \times 0,4) \times 365 \times 0,5 \times 1,00 \times 10,37 \\
 &= 177.047
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ESA 6a} &= \text{ESA}_{1 \text{ Tahun}} + \text{ESA}_{9 \text{ Tahun}} \\
 &= 16.498 + 177.047 \\
 &= 193.545
 \end{aligned}$$

- Golongan 6b

ESA_{1 Tahun}

$$\begin{aligned} (2025-2026) &= (\text{LHR}_{\text{JK}} \times \text{VDF5}_{\text{Faktual}}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \\ &= (256 \times 4,9) \times 365 \times 0,5 \times 1,00 \times 1,00 \\ &= 228.928 \end{aligned}$$

ESA_{9 Tahun}

$$\begin{aligned} (2026-2035) &= (\text{LHR}_{\text{JK}} \times \text{VDF5}_{\text{Normal}}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \\ &= (265 \times 1,0) \times 365 \times 0,5 \times 1,00 \times 10,37 \\ &= 501.371 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ESA}_{6b} &= \text{ESA}_{1 \text{ Tahun}} + \text{ESA}_{9 \text{ Tahun}} \\ &= 228.928 + 501.371 \\ &= 730.299 \end{aligned}$$

- Golongan 7a2

ESA_{1 Tahun}

$$\begin{aligned} (2025-2026) &= (\text{LHR}_{\text{JK}} \times \text{VDF5}_{\text{Faktual}}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \\ &= (2 \times 9,2) \times 365 \times 0,5 \times 1,00 \times 1,00 \\ &= 3.358 \end{aligned}$$

ESA_{9 Tahun}

$$\begin{aligned} (2026-2035) &= (\text{LHR}_{\text{JK}} \times \text{VDF5}_{\text{Normal}}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \\ &= (2 \times 4,0) \times 365 \times 0,5 \times 1,00 \times 10,37 \\ &= 15.668 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ESA}_{7a2} &= \text{ESA}_{1 \text{ Tahun}} + \text{ESA}_{9 \text{ Tahun}} \\ &= 3.358 + 15.668 \\ &= 19.026 \end{aligned}$$

$$\text{CESAL5} = \text{ESA}_{5b} + \text{ESA}_{6a} + \text{ESA}_{6b} + \text{ESA}_{7a2}$$

$$\text{CESAL5} = 50.098 + 193.545 + 730.299 + 19.026$$

$$\text{CESAL5} = 992.968$$

5. Tebal lapis tambah minimum

Tebal lapis tambah harus lebih besar atau sama dengan tebal minimum, hal ini ditentukan dari kerataan permukaan jalan yang didapat dari nilai IRI rata-rata jalan. Menentukan tebal lapis tambah minimum berdasarkan nilai IRI rata-rata jalan dapat menggunakan tabel 2.17. Untuk tebal lapis tambah minimum ruas jalan Sp.3 Pamoyanan – Suryalaya – Warudoyong berdasarkan nilai IRI rata-rata sebagai berikut:

a. Segmen 1

Tabel 4. 17 Nilai Rata-Rata IRI Permukaan Jalan Segmen 1

Sta	IRI
5+000	2,9
5+100	5,5
5+200	3,3
5+300	8,7
5+400	9,6
5+500	5,6
5+600	4,2
Rata-rata	5,7

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

Rata-rata nilai IRI segmen 1 sebesar $5,7 \approx 6$ m/km, maka dibutuhkan tebal lapis tambah minimum sebesar 50 mm.

b. Segmen 2

Tabel 4. 18 Nilai Rata-Rata IRI Permukaan Jalan Segmen 2

Sta	IRI
5+600	4,2
5+700	6,6
5+800	5,5
5+900	6,3
6+000	6,6
6+100	9,6
6+200	5,5
Rata-rata	6,3

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

Rata-rata nilai IRI segmen 2 sebesar $6,3 \approx 6$ m/km, maka dibutuhkan tebal lapis tambah minimum sebesar 50 mm.

c. Segmen 3

Tabel 4. 19 Nilai Rata-Rata IRI Permukaan Jalan Segmen 3

Sta	IRI
6+200	5,5
6+300	6,1
6+400	2,9
6+500	2,7
6+600	4,9
6+700	7,8
6+800	6,6
6+900	6,7
7+000	7,5
Rata-rata	5,6

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

Rata-rata nilai IRI segmen 3 sebesar $5,6 \approx 6$ m/km, maka dibutuhkan tebal lapis tambah minimum sebesar 50 mm.

6. Lendutan terkoreksi musim

Pengujian lendutan dilaksanakan pada musim kemarau, maka nilai lendutan harus dikoreksi dengan faktor koreksi musim kemarau sebesar 1,2.

7. Koreksi beban *Benkelman Beam*

Nilai lendutan harus dikoreksi oleh faktor koreksi beban, karena dalam pelaksanaannya pada umumnya selalu terjadi penyimpangan nilai beban yang tercatat dengan nilai beban uji standar. Maka beban yang tercatat tersebut harus dinormalkan ke beban standar pengujian lendutan dengan alat *Benkelman Beam* sebesar 8,16 ton.

Koreksi beban BB = $77,343 \times (\text{beban uji yang tercatat ton})^{(-2,0715)}$

Koreksi beban BB = $77,343 \times 8,4^{(-2,0715)}$

Koreksi beban BB = 0,9414

8. Koreksi temperatur

Secara umum temperatur perkerasan tahunan rata-rata di Indonesia adalah 42°C untuk daerah pesisir dan 38°C untuk daerah pegunungan. Maka dalam perencanaan ini diambil rata-rata nilai temperatur sebesar 40°C , dengan temperatur permukaan perkerasan saat pengukuran lendutan sebesar 36°C . Maka perhitungan faktor koreksi temperatur sebagai berikut, untuk data lendutan ruas jalan yang ditinjau lebih jelasnya dapat dilihat pada bagian lampiran.

$$F_T = \frac{\text{WMAPT}}{\text{Temperatur Perkerasan Saat Pengukuran Lendutan}}$$

$$F_T = \frac{40}{36}$$

$$F_T = 1,11$$

Selanjutnya dari nilai tersebut ditentukan faktor koreksi temperatur lendutan dengan alat *Benkelman Beam* menggunakan tabel 2.20 dan faktor koreksi temperatur lengkung lendutan dengan alat *Benkelman Beam* menggunakan tabel 2.21. Untuk tebal aspal eksisting 100 mm dan nilai F_T sebesar 1,11, maka nilai faktor koreksi temperatur sebagai berikut:

Tabel 4. 20 Nilai Faktor Koreksi Temperatur Untuk Lendutan dan Lengkung Lendutan

Faktor koreksi temperatur lendutan maksimum D_0 dengan BB	Faktor koreksi temperatur lengkung lendutan $D_0 - D_{200}$ dengan BB
1,03	1,04

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

9. Lengkung lendutan

Lengkung lendutan dinyatakan pada titik belok lengkungan atau CF (*Curvature Function*), lengkung lendutan digunakan untuk perkerasan

dengan beban lalu lintas lebih dari 100.000 ESA4 serta kurang dari 10.000.000 ESA4.

$$CF = D_0 - D_{200}$$

a. Segmen 1

- Sta 5+000

$$D_0 = 0,28 \text{ mm}$$

$$D_{200} = 0,11 \text{ mm}$$

$$CF = 0,28 - 0,11$$

$$CF = 0,17 \text{ mm}$$

b. Segmen 2

- Sta 5+600

$$D_0 = 0,29 \text{ mm}$$

$$D_{200} = 0,20 \text{ mm}$$

$$CF = 0,29 - 0,20$$

$$CF = 0,09 \text{ mm}$$

c. Segmen 3

- Sta 6+200

$$D_0 = 0,36 \text{ mm}$$

$$D_{200} = 0,27 \text{ mm}$$

$$CF = 0,36 - 0,27$$

$$CF = 0,09 \text{ mm}$$

10. Lendutan maksimum (D_0) terkoreksi

Nilai lendutan maksimum D_0 harus dikoreksi dengan faktor koreksi musim, faktor koreksi beban, dan faktor koreksi temperatur.

a. Segmen 1

Sta 5+000

$$D_0 \text{ terkoreksi} = D_0 \times \text{FK. musim} \times \text{FK. beban} \times \text{FK. temperatur}$$

$$D_0 \text{ terkoreksi} = 0,28 \times 1,2 \times 0,9414 \times 1,03$$

$$D_0 \text{ terkoreksi} = 0,326 \text{ mm}$$

b. Segmen 2

Sta 5+600

$$D_0 \text{ terkoreksi} = D_0 \times \text{FK. musim} \times \text{FK. beban} \times \text{FK. temperatur}$$

$$D_0 \text{ terkoreksi} = 0,29 \times 1,2 \times 0,9414 \times 1,03$$

$$D_0 \text{ terkoreksi} = 0,337 \text{ mm}$$

c. Segmen 3

Sta 6+200

$$D_0 \text{ terkoreksi} = D_0 \times \text{FK. musim} \times \text{FK. beban} \times \text{FK. temperatur}$$

$$D_0 \text{ terkoreksi} = 0,36 \times 1,2 \times 0,9414 \times 1,03$$

$$D_0 \text{ terkoreksi} = 0,419 \text{ mm}$$

11. Lengkung lendutan ($D_0 - D_{200}$) terkoreksi

Nilai lengkung lendutan $D_0 - D_{200}$ harus dikoreksi dengan faktor koreksi musim, faktor koreksi beban, dan faktor koreksi temperatur.

a. Segmen 1

Sta 5+000

$$D_0 - D_{200} = D_0 - D_{200} \times \text{FK. musim} \times \text{FK. beban} \times \text{FK. temperatur}$$

terkoreksi

$$D_0 - D_{200} = 0,17 \times 1,2 \times 0,9414 \times 1,04$$

terkoreksi

$$D_0 - D_{200} = 0,200 \text{ mm}$$

terkoreksi

b. Segmen 2

Sta 5+600

$$D_0 - D_{200} = D_0 - D_{200} \times \text{FK. musim} \times \text{FK. beban} \times \text{FK. temperatur}$$

terkoreksi

$$D_0 - D_{200} = 0,09 \times 1,2 \times 0,9414 \times 1,04$$

terkoreksi

$$D_0 - D_{200} = 0,106 \text{ mm}$$

terkoreksi

c. Segmen 3

Sta 6+200

$$D_0 - D_{200} = D_0 - D_{200} \times \text{FK. musim} \times \text{FK. beban} \times \text{FK. temperatur terkoreksi}$$

$$D_0 - D_{200} = 0,09 \times 1,2 \times 0,9414 \times 1,04$$

$$D_0 - D_{200} = 0,106 \text{ mm}$$

12. Penyesuaian nilai lengkung lendutan

Bagan desain lapis tambah pada gambar 2.14 dan gambar 2.15 didasarkan pada lengkung lendutan FWD. Maka apabila pengukuran dilakukan menggunakan alat *Benkelman Beam*, nilai yang diperoleh harus dikonversi ke nilai setara pengujian menggunakan FWD dengan mengalikan nilai tersebut dengan faktor penyesuaian. Penentuan faktor penyesuaian nilai lengkung lendutan BB ke FWD dapat menggunakan tabel 2.22. Untuk tebal aspal eksisting 100 mm, faktor penyesuaian nilai lengkung lendutan sebesar 0,79. Sehingga penyesuaian nilai lengkung lendutan $D_0 - D_{200}$ BB ke FWD sebagai berikut:

a. Segmen 1

Sta 5+000

$$D_0 - D_{200} \text{ penyesuaian} = 0,200 \times 0,79$$

$$D_0 - D_{200} \text{ penyesuaian} = 0,158 \text{ mm}$$

b. Segmen 2

Sta 5+600

$$D_0 - D_{200} \text{ penyesuaian} = 0,106 \times 0,79$$

$$D_0 - D_{200} \text{ penyesuaian} = 0,083 \text{ mm}$$

c. Segmen 3

Sta 6+200

$$D_0 - D_{200} \text{ penyesuaian} = 0,106 \times 0,79$$

$$D_0 - D_{200} \text{ penyesuaian} = 0,083 \text{ mm}$$

13. Tebal lapis tambah berdasarkan lendutan karakteristik

Dalam menentukan tebal lapis tambah berdasarkan lendutan karakteristik digunakan grafik pada gambar 2.12 dengan memasukkan nilai lendutan karakteristik dan beban lalu lintas (CESA4) ke dalam grafik tersebut. Untuk langkah perhitungannya sebagai berikut:

a. Menghitung D_0 terkoreksi rata-rata

- Segmen 1

Sta 5+000 – Sta 5+600

Tabel 4. 21 D_0 Terkoreksi Segmen 1

STA	D_0 terkoreksi $D_0 \times \text{kor. Temp} \times \text{kor. Musim} \times \text{kor. Beban}$
5+000	0.326
5+200	0.349
5+400	0.384
5+600	0.337
Jumlah	1.396

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

$$D_0 \text{ rata-rata} = \frac{\Sigma D_0 \text{ terkoreksi}}{n}$$

$$D_0 \text{ rata-rata} = \frac{1,396}{4}$$

$$D_0 \text{ rata-rata} = 0,349 \text{ mm}$$

- Segmen 2

Sta 5+600 – Sta 6+200

Tabel 4. 22 D_0 Terkoreksi Segmen 2

STA	D_0 terkoreksi $D_0 \times \text{kor. Temp} \times \text{kor. Musim} \times \text{kor. Beban}$
5+600	0.337
5+800	0.361
6+000	0.326
6+200	0.419
Jumlah	1.442

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

$$D_0 \text{ rata-rata} = \frac{\Sigma D_0 \text{ terkoreksi}}{n}$$

$$D_0 \text{ rata-rata} = \frac{1,442}{4}$$

$$D_0 \text{ rata-rata} = 0,361 \text{ mm}$$

- Segmen 3

Sta 6+200 – Sta 7+000

Tabel 4. 23 D0 Terkoreksi Segmen 3

STA	D0 terkoreksi D0 x kor. Temp x kor. Musim x kor. Beban
6+200	0.419
6+400	0.302
6+600	0.349
6+800	0.279
7+000	0.268
Jumlah	1.617

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

$$D_0 \text{ rata-rata} = \frac{\Sigma D_0 \text{ terkoreksi}}{n}$$

$$D_0 \text{ rata-rata} = \frac{1,617}{5}$$

$$D_0 \text{ rata-rata} = 0,323 \text{ mm}$$

b. Menghitung standar deviasi

Menghitung standar deviasi dapat menggunakan rumus berikut:

$$S = \sqrt{\frac{ns (\Sigma_1^{ns} D_0^2) - (\Sigma_1^{ns} D_0)^2}{ns \times (ns-1)}}$$

Nilai standar deviasi pada tiap-tiap segmen sebagai berikut:

- Segmen 1

Sta 5+000 – Sta 5+600

$$S = \sqrt{\frac{(4 \times 0,489) - (1,396)^2}{4 \times (4-1)}}$$

$$S = 0,024$$

- Segmen 2

Sta 5+600 – Sta 6+200

$$S = \sqrt{\frac{(4 \times 0,525) - (1,442)^2}{4 \times (4-1)}}$$

$$S = 0,041$$

- Segmen 3

Sta 6+200 – Sta 7+000

$$S = \sqrt{\frac{(5 \times 0,538) - (1,617)^2}{5 \times (5-1)}}$$

$$S = 0,061$$

- c. Menghitung koefisien variasi

Untuk nilai koefisien variasi memiliki beberapa kategori di antaranya:

0% – 10% = nilai keseragaman sangat baik

11% – 20% = nilai keseragaman baik

21% – 30% = nilai keseragaman cukup baik

Menghitung nilai koefisien variasi dapat menggunakan rumus berikut:

Koefisien variasi = $(S/D_0 \text{ rata-rata}) \times 100\%$

- Segmen 1

Sta 5+000 – Sta 5+600

$$\text{Koefisien variasi} = (0,024/0,349) \times 100\%$$

$$\text{Koefisien variasi} = 6,88\% \text{ (sangat baik)}$$

- Segmen 2

Sta 5+600 – Sta 6+200

$$\text{Koefisien variasi} = (0,041/0,361) \times 100\%$$

$$\text{Koefisien variasi} = 11,36\% \text{ (baik)}$$

- Segmen 3

Sta 6+200 – Sta 7+000

$$\text{Koefisien variasi} = (0,061/0,323) \times 100\%$$

$$\text{Koefisien variasi} = 18,89\% \text{ (baik)}$$

d. Lendutan Karakteristik

Untuk menghitung nilai lendutan karakteristik dapat menggunakan rumus berikut:

Lendutan karakteristik = Lendutan rata-rata – (f x standar deviasi)

Dimana nilai f sebagai berikut:

f = 1,645 (probabilitas 95%) untuk jalan TOL atau jalan bebas hambatan

f = 1,282 (probabilitas 90%) untuk jalan kolektor dan jalan arteri

f = 0,842 (probabilitas 80%) untuk jalan lokal dan arteri

Nilai lendutan karakteristik pada tiap-tiap segmen sebagai berikut:

- Segmen 1

Sta 5+000 – Sta 5+600

Lendutan karakteristik = $0,349 - (1,282 \times 0,024)$

Lendutan karakteristik = 0,38 mm

- Segmen 2

Sta 5+600 – 6+200

Lendutan karakteristik = $0,361 - (1,282 \times 0,041)$

Lendutan karakteristik = 0,41 mm

- Segmen 3

Sta 6+200 – Sta 7+000

Lendutan karakteristik = $0,323 - (1,282 \times 0,061)$

Lendutan karakteristik = 0,40 mm

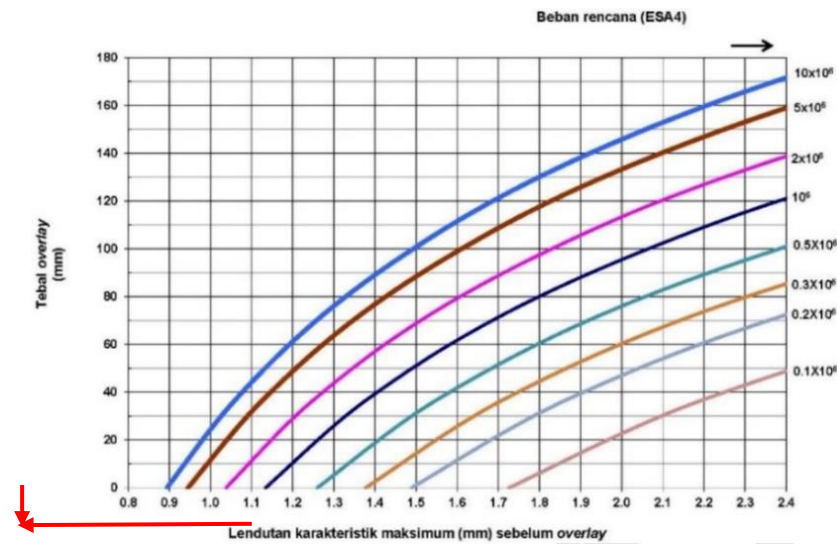
e. Menentukan tebal lapis tambah berdasarkan lendutan karakteristik

Tebal lapis tambah ditentukan menggunakan grafik pada gambar 2.12, berdasarkan pada nilai lendutan karakteristik dan nilai kumulatif beban rencana lalu lintas (CESA4) yang telah diperoleh sebagai berikut:

- Segmen 1

Lendutan karakteristik = 0,38 mm

CESA 4 = 1.017.427

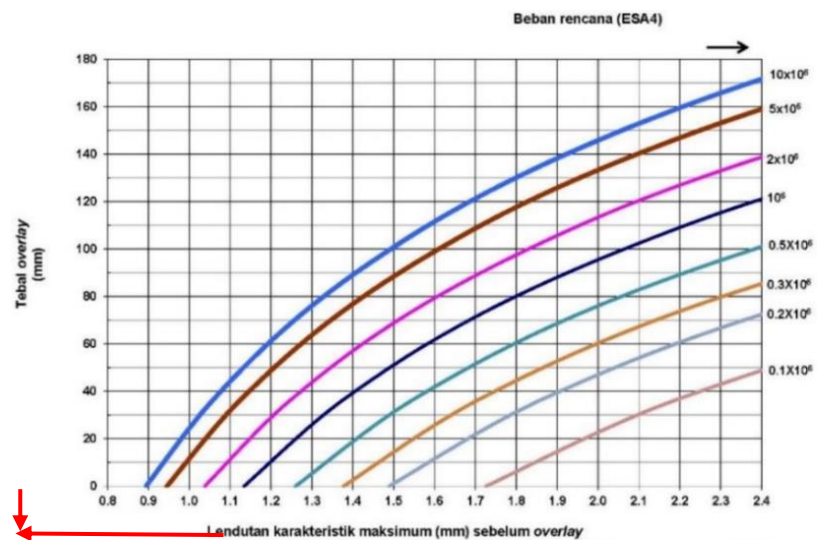


Gambar 4. 1 Menentukan Tebal Overlay Dengan Lendutan Karakteristik Segmen 1
(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jaan 2024)

- Segmen 2

Lendutan karakteristik = 0,41 mm

CESA 4 = 1.017.427

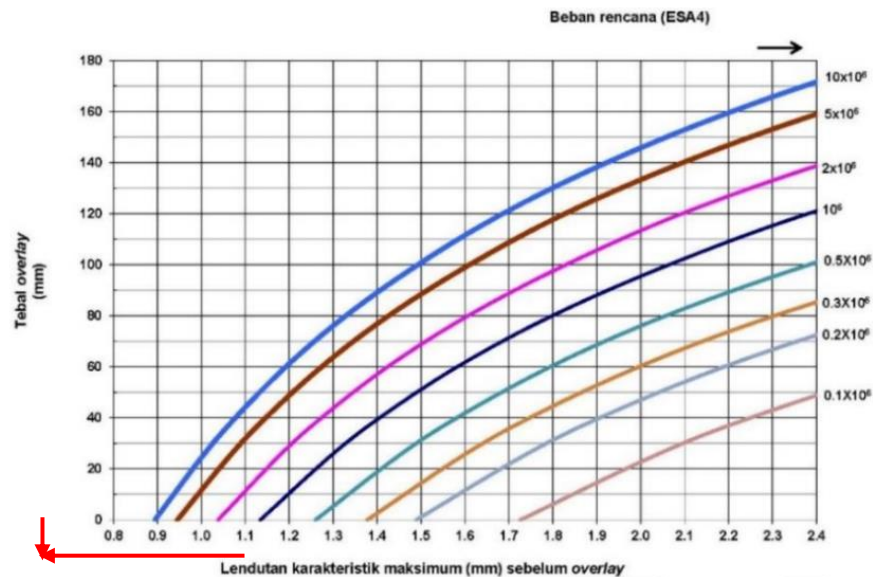


Gambar 4. 2 Menentukan Tebal Overlay Dengan Lendutan Karakteristik Segmen 2
(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

- Segmen 3

Lendutan karakteristik = 0,40 mm

CESA 4 = 1.017.427



Gambar 4. 3 Menentukan Tebal Overlay Dengan Lendutan Karakteristik Segmen 3

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

Berdasarkan grafik di atas dengan nilai lendutan karakteristik serta beban lalu lintas rencana pada masing-masing segmen, maka pada segmen 1, segmen 2, dan segmen 3 ruas jalan yang diteliti dianggap masih mampu menahan terjadinya perubahan bentuk permanen pada *subbase* dan tanah dasar, sehingga belum diperlukan desain *overlay* untuk mencegah deformasi permanen.

14. Tebal lapis tambah berdasarkan lengkung lendutan

Dalam menentukan tebal lapis tambah berdasarkan lengkung lendutan digunakan grafik pada gambar 2.14 dan gambar 2.15, dengan memasukkan nilai rata-rata lengkung lendutan ($D_0 - D_{200}$ rata-rata) dan beban lalu lintas (CESA5) ke dalam grafik tersebut. Untuk Langkah perhitungannya sebagai berikut:

a. Menghitung $D_0 - D_{200}$ rata-rata

- Segmen 1

Sta 5+000 – Sta 5+600

Tabel 4. 24 $D_0 - D_{200}$ Terkoreksi Segmen 1

STA	$D_0 - D_{200}$ Penyesuaian ke FWD
5+000	0.158
5+200	0.037
5+400	0.083
5+600	0.083
Jumlah	0.362

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

$$D_0 - D_{200} \text{ rata-rata} = \frac{\Sigma D_0 - D_{200} \text{ penyesuaian FWD}}{n}$$

$$D_0 - D_{200} \text{ rata-rata} = \frac{0,362}{4}$$

$$D_0 - D_{200} \text{ rata-rata} = 0,090$$

- Segmen 2

Sta 5+600 – Sta 6+200

Tabel 4. 25 $D_0 - D_{200}$ Terkoreksi Segmen 2

STA	$D_0 - D_{200}$ Penyesuaian ke FWD
5+600	0.083
5+800	0.046
6+000	0.093
6+200	0.083
Jumlah	0.306

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

$$D_0 - D_{200} \text{ rata-rata} = \frac{\Sigma D_0 - D_{200} \text{ penyesuaian FWD}}{n}$$

$$D_0 - D_{200} \text{ rata-rata} = \frac{0,306}{4}$$

$$D_0 - D_{200} \text{ rata-rata} = 0,077$$

- Segmen 3

Sta 6+200 – Sta 7+000

Tabel 4. 26 D0 - D200 Terkoreksi Segmen 3

STA	D0-D200 Penyesuaian ke FWD
6+200	0.083
6+400	0.046
6+600	0.046
6+800	0.056
7+000	0.083
Jumlah	0.315

(Sumber: Perhitungan Penelitian)

$$D_0 - D_{200} \text{ rata-rata} = \frac{\sum D_0 - D_{200} \text{ penyesuaian FWD}}{n}$$

$$D_0 - D_{200} \text{ rata-rata} = \frac{0,315}{5}$$

$$D_0 - D_{200} \text{ rata-rata} = 0,063$$

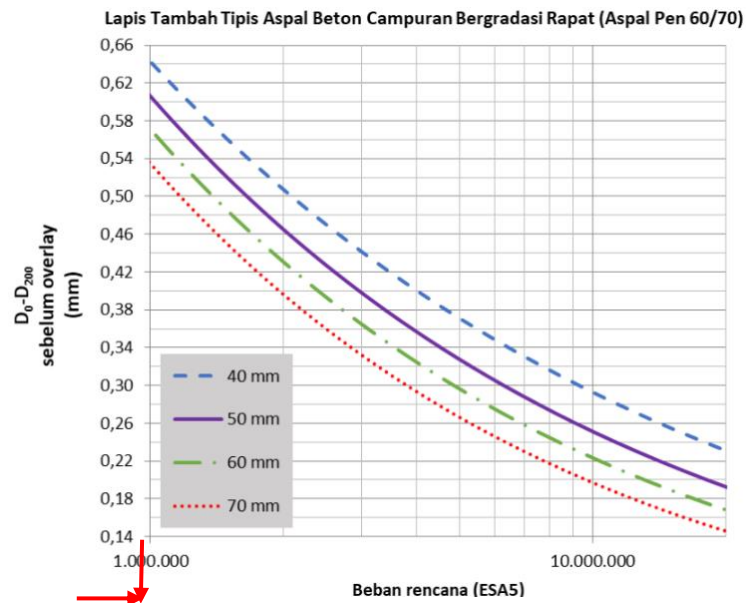
b. Menentukan tebal lapis tambah berdasarkan lengkung lendutan

Tebal lapis tambah ditentukan menggunakan grafik pada gambar 2.14 dan gambar 2.15, berdasarkan pada nilai lengkung lendutan rata-rata ($D_0 - D_{200}$ rata-rata) dan nilai kumulatif beban rencana lalu lintas (CESA5) yang telah diperoleh sebagai berikut:

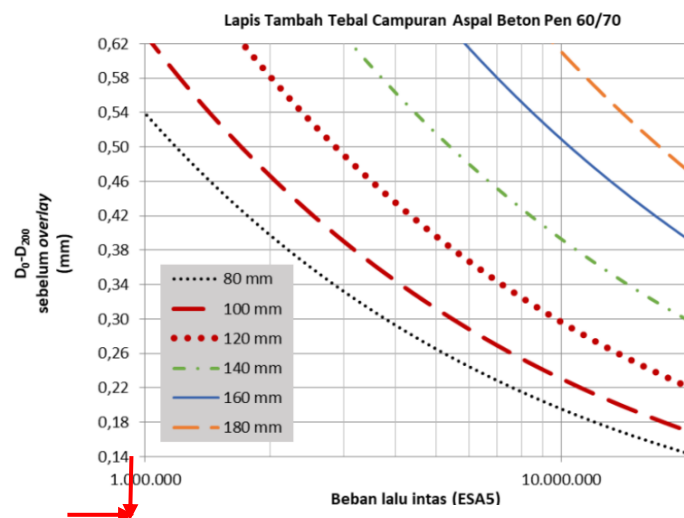
- Segmen 1

$$D_0 - D_{200} \text{ rata-rata} = 0,090 \approx 0,09 \text{ mm}$$

$$\text{CESA 5} = 992.968$$



(a) Lapis tambah tipis



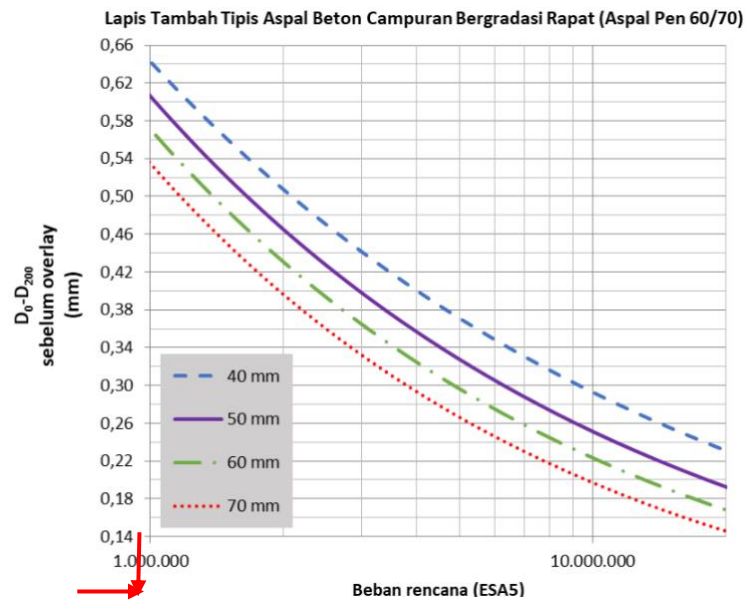
(b) Lapis tambah tebal

Gambar 4. 4 Menentukan Tebal Overlay Dengan Lengkung Lendutan
Segmen 1
(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

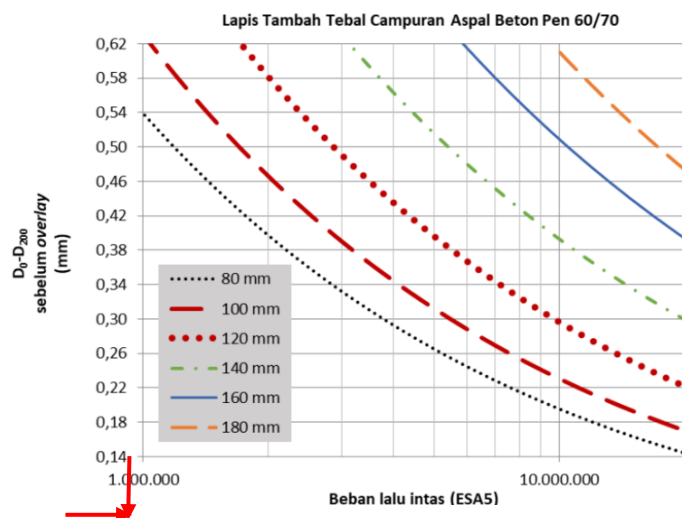
- Segmen 2

$$D_0 - D_{200} \text{ rata-rata} = 0,077 \approx 0,08 \text{ mm}$$

$$\text{CESA 5} = 992.968$$



(a) Lapis tambah tipis



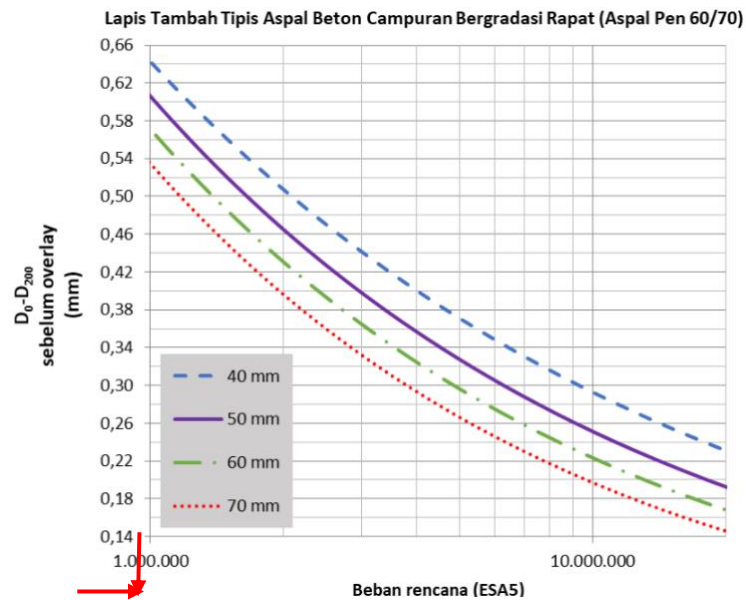
(b) Lapis tambah tebal

Gambar 4. 5 Menentukan Tebal Overlay Dengan Lengkung Lendutan Segmen 2
(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

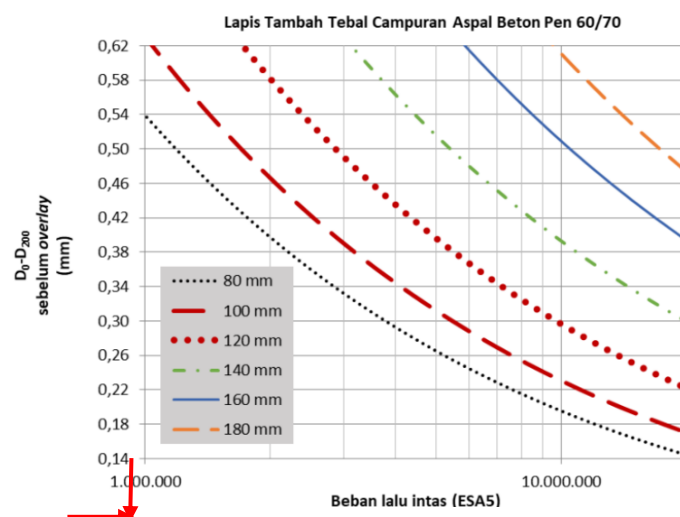
- Segmen 3

$$D_0 - D_{200} \text{ rata-rata} = 0,063 \approx 0,06 \text{ mm}$$

$$\text{CESA 5} = 992.968$$



(a) Lapis tambah tipis



(b) Lapis tambah tebal

Gambar 4. 6 Menentukan Tebal Overlay Dengan Lengkung Lendutan Segmen 3
(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

Berdasarkan grafik di atas dengan nilai lengkung lendutan rata-rata serta beban lalu lintas rencana pada masing-masing segmen, maka pada segmen 1, segmen 2, dan segmen 3 ruas jalan yang diteliti dianggap masih mampu menahan terjadinya retak lelah, sehingga

belum diperlukan desain *overlay* tipis maupun *overlay* tebal untuk mencegah retak lelah.

4.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan desain tebal lapis tambah perkerasan lentur pada ruas jalan Sp.3 Pamoyanan – Suryalaya – Warudoyong Sta. 5+000 sampai Sta. 7+000 dengan menggunakan metode Analisa Komponen 1987 dan Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 diperoleh hasil untuk metode Analisa Komponen 1987 dari data yang ada untuk perhitungan menggunakan metode tersebut diperoleh nilai Lintas Ekvivalen Rencana (LER) sebesar 123 kendaraan, serta nilai CBR tanah dasar segmen untuk segmen 1 sebesar 3,96%, segmen 2 sebesar 3,49%, dan segmen 3 sebesar 4,34%. Sehingga diperoleh ketebalan *overlay* pada masing-masing segmen, untuk segmen 1 sebesar 5,2 cm, segmen 2 sebesar 5,8 cm, dan segmen 3 sebesar 4,6 cm. Maka dari ketiga segmen tersebut diambil ketebalan yang paling besar untuk mewakili ketebalan lapis tambah pada ruas jalan yang ditinjau sebesar 5,8 cm atau dibulatkan menjadi 6 cm.

Sedangkan untuk perhitungan dengan metode MDPJ 2024 berdasarkan data lendutan ruas jalan Sp.3 Pamoyanan – Suryalaya – Warudoyong di beberapa titik pada Sta 5+000 – Sta 7+000, menghasilkan nilai lendutan karakteristik dan lengkung lendutan rata-rata untuk tiap-tiap segmen yang cukup kecil sehingga pada kondisi ini, ruas jalan tersebut dianggap masih mampu menahan terjadinya deformasi permanen maupun terjadinya retak lelah. Maka desain tebal lapis tambah yang dipilih dalam metode ini adalah ketebalan yang terbesar yaitu tebal lapis tambah minimum berdasarkan nilai IRI untuk perbaikan bentuk kerataan permukaan pada segmen 1 sebesar 5 cm, segmen 2 sebesar 5 cm, dan segmen 3 sebesar 5 cm.