

BAB V

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan

Tahapan perhitungan tebal lapis tambah perkerasan dengan metode lendutan Pd T-05-2005 adalah sebagai berikut :

1. Dihitung repetisi beban lalu lintas rencana (CESA) dalam ESA.

a. Jumlah lajur dan koefisien distribusi kendaraan (C).

Ruas jalan Yogyakarta – batas kota Bantul memiliki lebar perkerasan 7 m dengan 2 lajur 2 arah (2/2 UD). Berdasarkan Tabel 3.2 koefisien kendaraan ringan maupun berat sebesar 0,5.

b. Ekuivalen beban sumbu kendaraan (E)

Hasil analisis survei lalu lintas ruas jalan Yogyakarta – Batas Kota Bantul pada tahun 2011 sebagai berikut :

- | | |
|--------------------------------|------------------|
| 1) Mobil Penumpang 2 Ton (1+1) | = 7211 kendaraan |
| 2) Bus 8 Ton (3+5) | = 346 kendaraan |
| 3) Truk 2 as 13 Ton (5+8) | = 208 kendaraan |
| 4) Truk 3 as 20 Ton (6+14G) | = 3 kendaraan |

Angka ekuivalen beban sumbu kendaraan ditentukan menggunakan Tabel 3.3 sebagai berikut :

- | | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| 1) Mobil Penumpang 2 Ton (1+1) | : $0,00118 + 0,00118 = 0,00236$ |
| 2) Bus 8 Ton (3+5) | : $0,09526 + 0,14097 = 0,23623$ |
| 3) Truk 2 as 13 Ton (5+8) | : $0,73503 + 0,92385 = 1,65888$ |
| 4) Truk 3 as 20 Ton (6+14G) | : $1,52416 + 1,07161 = 2,59577$ |

c. Faktor umur rencana dan perkembangan lalu lintas

Dengan :

n = Umur rencana pelayanan jalan.

r = Tingkat pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana.

N = Faktor hubungan rencana yang telah disesuaikan dengan pertumbuhan lalu lintas.

Evaluasi yang dilakukan selama umur rencana yaitu 5 tahun, dengan faktor pertumbuhan lalu lintas sebesar 5 %.

$$N = 0,5 \left[1 + (1 + 0,05)^5 + 2(1 + 0,05) \frac{(1 + 0,05)^{5-1} - 1}{0,05} \right]$$

$$N = 5,66$$

d. Akumulasi ekivalen beban sumbu standar (CESA)

Dalam menentukan akumulasi beban sumbu lalu lintas (CESA) selama umur rencana ditentukan dengan Persamaan 3.6

$$CESA = \sum_{\text{Traktor-Trailer}}^{MP} m \times 365 \times E \times C \times N$$

Dengan pengertian :

CESA = Akumulasi ekivalen beban sumbu standar

m = Jumlah masing-masing jenis kendaraan

365 = Jumlah hari dalam satu tahun

E = Ekivalen beban sumbu (Tabel 3.3)

C = Koefisien distribusi kendaraan (Tabel 3.2)

N = Faktor hubungan umur rencana yang sudah disesuaikan dengan perkembangan lalu lintas (Tabel 3.4)

• Mobil penumpang 2 Ton

$$\begin{aligned} CESA &= \sum_{\text{Traktor-Trailer}}^{MP} 7211 \times 365 \times 0,00236 \times 0,5 \times 5,66 \\ &= 175798,70 \end{aligned}$$

• Bus 8 Ton

$$CESA = \sum_{\text{Traktor-Trailer}}^{MP} 246 \times 365 \times 0,00236 \times 0,5 \times 5,66$$

- Truk 2 as 13 Ton

$$\begin{aligned} \text{CESA} &= \sum_{\text{Traktor-Trailer}}^{\text{MP}} 208 \times 365 \times 1,65888 \times 0,5 \times 5,66 \\ &= 356653,87 \end{aligned}$$

- Truk 2 as 20 Ton

$$\begin{aligned} \text{CESA} &= \sum_{\text{Traktor-Trailer}}^{\text{MP}} 3 \times 365 \times 2,59577 \times 0,5 \times 5,66 \\ &= 8049,26 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CESA total} &= 175798,70 + 84485,03 + 356653,87 + 356653,87 \\ &= 466766,87 = 466767 \end{aligned}$$

2. Menghitung lendutan balik hasil pengujian dengan alat Benkelman Beam dan koreksi dengan faktor muka air tanah (faktor musim, Ca) dan koreksi temperatur standar (Ft) serta faktor koreksi beban uji. Besarnya lendutan balik adalah sesuai Persamaan 3.7.

$$d_B = 2 \times (d_4 - d_1) \times Ft \times Ca \times FK_{B-BB}$$

dengan pengertian :

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 pengukuran.

Ft = Faktor penyesuaian lendutan terhadap temperature standar 35°C, sesuai Persamaan 3.8, untuk tebal lapis beraspal (H_L) lebih kecil 10 cm atau Persamaan 3.9, untuk tebal lapis beraspal (H_L) lebih besar atau sama dengan 10 cm atau menggunakan Tabel 3.5 atau pada Gambar 3.1 (kurva A untuk H_L , 10 cm dan kurva B untuk $H_L \geq 10$ cm).

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

$$TL = 1/3 (Tp + Tt + Tb)$$

Tp = temperatur permukaan lapis beraspal

Tt = temperatur tengah lapis beraspal atau dari Tabel 3.6

Tb = temperatur bawah lapis beraspal atau dari Tabel 3.6

Ca = Faktor pengaruh muka air tanah (faktor musim)

= 0,9 ; bila pemeriksaan dilakukan pada musim hujan atau muka air tanah tinggi

FK_{B-BB} = Faktor koreksi beban uji *Benkelman Beam (BB)*

$$= 77,343 \times (\text{beban uji dalam ton})^{(-2,0715)}$$

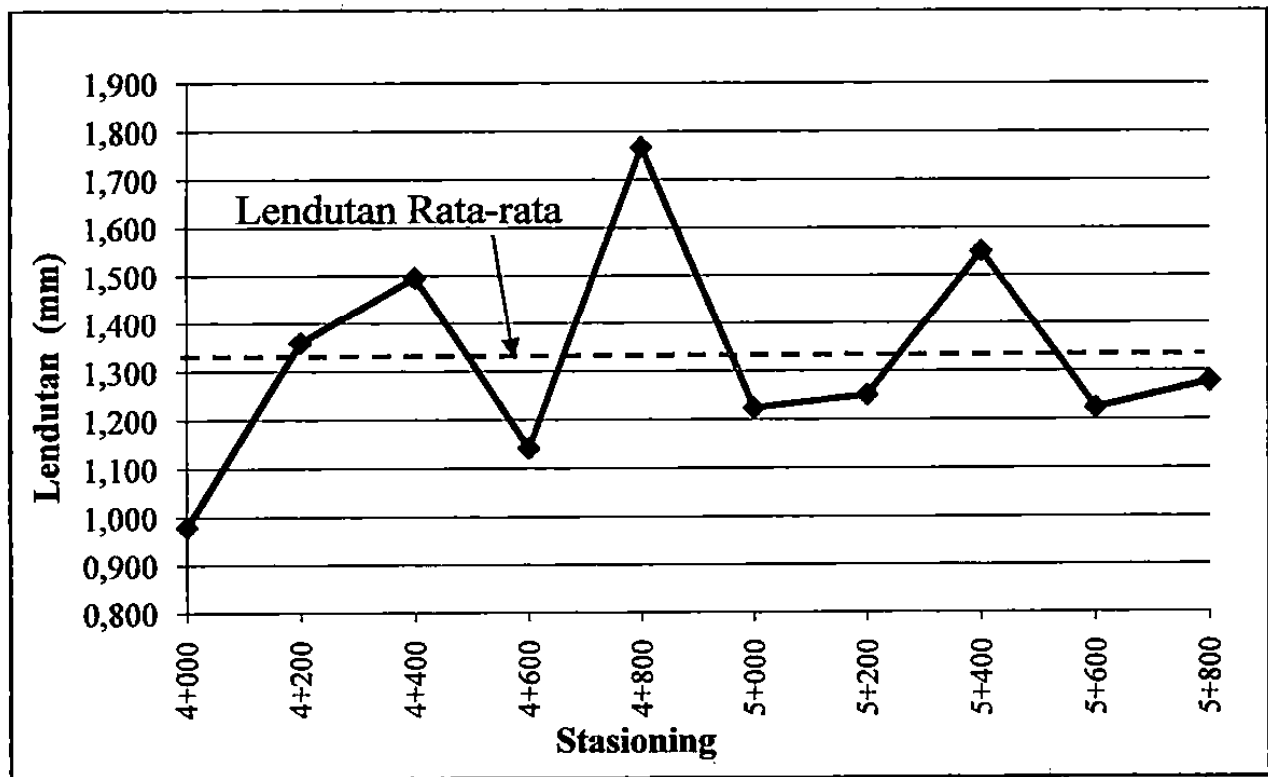
Untuk mendapatkan tingkat keseragaman yang baik maka panjang ruas yang diteliti dibagi menjadi 3 segmen. Segmen I (Sta 4+000 sampai Sta 5+800),

II (Sta 6+000 sampai Sta 7+800) dan segmen III (Sta 8+000 sampai Sta

Tabel 5.1 Nilai Lendutan Benkelman Beam Terkoreksi (db) Ruas Jalan Yogyakarta – Bts Kota Bantul

, Segmen I (Sta 4+000 sampai Sta 5+800)

Sta	Beban uji (ton)	Lendutan Balik BB (db) Kiri					Lendutan Balik BB (db) Kanan					Temperatur (C)							Koreksi Temperatur Standar (Ft)	Koreksi Musim (Ca)	Koreksi Beban (FKB-bb)	Lendutan Terkoreksi (mm) db	(db) ²
		d ₁	d ₃	d ₄	d _{ka}	d _l	d ₃	d ₄	d _{ka}	T _u	T _p	T _t	T _b	T _L									
4+000	8,20	0,00	33	36	0,83	0,00	32	34	0,78	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	0,979	0,959				
4+200	8,20	0,00	48	50	1,15	0,00	43	46	1,06	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	-1,357	1,843				
4+400	8,20	0,00	44	46	1,06	0,00	55	55	1,27	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,496	2,237				
4+600	8,20	0,00	38	41	0,94	0,00	41	42	0,97	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,142	1,305				
4+800	8,20	0,00	44	44	1,01	0,00	23	65	1,50	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,768	3,125				
5+000	8,20	0,00	39	40	0,92	0,00	44	45	1,04	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,224	1,498				
5+200	8,20	0,00	43	46	1,06	0,00	31	32	0,74	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,251	1,565				
5+400	8,20	0,00	41	42	0,97	0,00	54	57	1,31	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,550	2,403				
5+600	8,20	0,00	42	45	1,04	0,00	43	45	1,04	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,224	1,498				
5+800	8,20	0,00	29	32	0,74	0,00	46	47	1,08	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,278	1,634				
jumlah																0,99	1,2	0,990	1,278	1,634			
Lendutan rata ² (dr)																			13,272	18,073			
Jumlah titik (ns)																			10				
Deviasi standar (s)																			0,226				



Gambar 5.1 Lendutan Benkelman Beam Terkoreksi (Sta 4+000 - 5+800)

3. Ditentukan panjang seksi yang memiliki keseragaman (FK) yang sesuai dengan

...

$$= \sqrt{\frac{10(18,073) - (13,272)^2}{10(10-1)}}$$

$$= 0,226$$

d = Nilai lendutan balik (d_B) atau lendutan langsung (d_L) tiap titik pemeriksaan pada suatu seksi jalan.

n_s = Jumlah titik pemeriksaan pada suatu seksi jalan.

$$FK = \frac{s}{d_R} \times 100\% < FK \text{ ijin}$$

$$FK = \frac{0,226}{1,327} \times 100\%$$

$$FK = 17,03\% < FK \text{ ijin (keseragaman baik).}$$

4. Hitung lendutan wakil ($D_{\text{wakil}}/D_{\text{sblm Ov}}$) untuk masing-masing seksi jalan yang tergantung dari kelas jalan dengan Persamaan 3.16 untuk jalan kolektor (tingkat kepercayaan 95%).

$$D_{\text{wakil}} = d_R + 1,64 s$$

dengan pengertian :

D_{wakil} = Lendutan yang mewakili suatu seksi jalan.

d_R = Lendutan rata-rata pada suatu seksi jalan sesuai Persamaan 3.13

s = Deviasi standar sesuai Persamaan 3.14

$$D_{\text{wakil}} = 1,327 + 1,64 (0,226)$$

$$= 1,697 \text{ mm}$$

5. Dihitung lendutan rencana/ijin ($D_{\text{rencana}}/D_{\text{stlhOv}}$) dengan menggunakan Persamaan 3.18 untuk lendutan dengan Benkelman Beam

$$D_{\text{rencana}} = 22,208 \times \text{CESA}^{(-0,2307)}$$

dengan pengertian :

D_{rencana} = Lendutan rencana, dalam satuan millimeter.

CESA = Akumulasi ekuivalen beban sumbu standar, dalam satuan ESA atau dengan memplot data lalu lintas rencana (CESA) pada Gambar

6. Dihitung tebal lapis tambahan/*overlay* (H_o) dengan menggunakan Persamaan 3.19 atau dengan memplot pada Gambar 3.3

$$H_o = \frac{[\ln(1,036) + \ln(D_{sbl\ ov}) - \ln(D_{stl\ ov})]}{0,0597}$$

dengan pengertian :

H_o = Tebal lapis tambah sebelum dikoreksi temperatur rata-rata tahunan daerah tertentu, dalam satuan centimeter.

$D_{sbl\ ov}$ = Lendutan sebelum lapis tambah/ D_{wakil} , dalam satuan millimeter.

$D_{stl\ ov}$ = Lendutan setelah lapis tambah atau lendutan rencana, dalam satuan millimeter.

$$H_o = \frac{[\ln(1,036) + \ln(1,697) - \ln(1,093)]}{0,0597}$$

$$H_o = 7,968 \text{ cm}$$

7. Dihitung tebal lapis tambah/*overlay* terkoreksi (H_t) dengan mengkalikan H_o dengan faktor koreksi *overlay* (F_o), yaitu sesuai dengan Persamaan 3.20 dan 3.21.

$$F_o = 0,5032 \times \text{EXP}^{(0,0194 \times \text{TPRT})}$$

$$F_o = 0,5032 \times \text{EXP}^{(0,0194 \times 35,3)}$$

$$F_o = 1,002$$

dengan pengertian :

F_o = Faktor koreksi tebal lapis tambah/*overlay*.

TPRT = Untuk Yogyakarta TPRT 35,5 °C.

$$H_t = H_o \times F_o$$

$$H_t = 7,968 \times 1,002$$

$$H_t = 7,983$$

dengan pengertian :

H_t = Tebal lapis tambah/*overlay* laston setelah dikoreksi TPRT

H_o = Tebal lapis tambah laston sebelum dikoreksi TPRT

Bila jenis atau sifat campuran beraspal yang akan digunakan tidak sesuai dengan ketentuan di atas maka tebal lapis tambah harus di koreksi dengan faktor koreksi tebal lapis tambah

atau Gambar 3.5 atau Tabel 3.7. Jenis campuran beraspal yang digunakan adalah laston modifikasi dengan Modulus Resilien (M_R) 3000 MPa dengan stabilitas Marshall minimum 1000 kg.

Berdasarkan Persamaan 3.22 di gunakan FK_{TBL} sebesar :

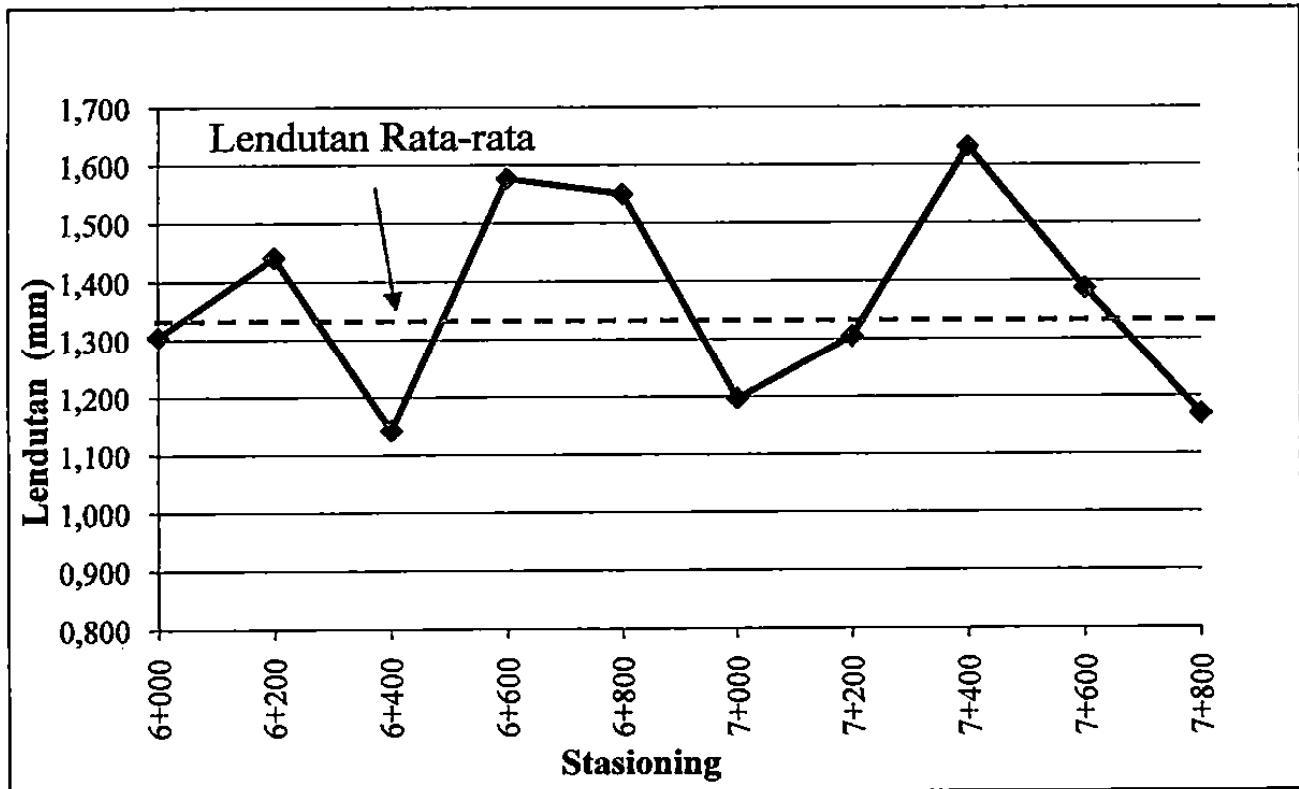
$$\begin{aligned}FK_{TBL} &= 12,51 \times M_R^{-0,333} \\ &= 12,51 \times 3000^{-0,333} \\ &= 0,87\end{aligned}$$

• Dikitung tabel jenis tambah takaroksi (Ut) setelah dikoreksi dengan faktor

Tabel 5.2 Nilai Lendutan Benkelman Beam Terkoreksi (d_B) Ruas Jalan Yogyakarta – Bts Kota Bantul

b. Segmen II (Sta 6+000 sampai Sta 7+800)

Sta	Beban uji (ton)	Lendutan Balik BB (d_B) Kiri				Lendutan Balik BB (d_B) Kanan				Temperatur (C)					Koreksi Temperatur Standar (Ft)	Koreksi Musim (Ca)	Koreksi Beban (FKB-BB)	Lendutan Terkoreksi (mm) d_B	$(d_B)^2$
		d_1	d_3	d_4	d_{ki}	d_1	d_3	d_4	d_{ka}	T_u	T_p	T_i	T_b	T_L					
6+000	8,20	0,00	39	41	0,94	0,00	42	48	1,11	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,305	1,704
6+200	8,20	0,00	46	48	1,11	0,00	51	53	1,22	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,441	2,078
6+400	8,20	0,00	41	42	0,97	0,00	25	30	0,69	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,142	1,305
6+600	8,20	0,00	56	58	1,34	0,00	43	45	1,04	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,577	2,488
6+800	8,20	0,00	56	57	1,31	0,00	47	48	1,11	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,550	2,403
7+000	8,20	0,00	42	44	1,01	0,00	38	40	0,92	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,197	1,432
7+200	8,20	0,00	42	45	1,04	0,00	45	48	1,11	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,305	1,704
7+400	8,20	0,00	46	48	1,11	0,00	59	60	1,38	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,632	2,663
7+600	8,20	0,00	39	41	0,94	0,00	49	51	1,18	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,387	1,924
7+800	8,20	0,00	40	43	0,99	0,00	39	40	0,92	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,169	1,368
jumlah																	13,707	19,067	
Lendutan rata2 (dr)																	1,370		
Jumlah titik (ns)																	10		
Deviasi standar (s)																	0,176		



Gambar 5.2 Lendutan Benkelman Beam Terkoreksi (Sta 6+000 - 7+800)

- Menentukan faktor keseragaman lendutan (FK)

$$FK = \frac{s}{d_R} \times 100\% < FK \text{ ijin}$$

$$FK = \frac{0,176}{1,370} \times 100\% < FK \text{ ijin}$$

$$FK = 12,865\% < FK \text{ ijin} \quad (11 < FK < 20 ; \text{keseragaman baik})$$

- Menghitung lendutan wakil ($D_{\text{wakil}}/D_{\text{sbl ov}}$)

$$D_{\text{wakil}} = d_R + 1,64 s$$

$$D_{\text{wakil}} = 1,370 + 1,64 (0,176)$$

$$D_{\text{wakil}} = 1,660 \text{ mm}$$

- Menghitung lendutan rencana ($D_{\text{rencn}}/D_{\text{stl ov}}$)

$$D_{\text{rencana}} = 22,208 \times \text{CESA}^{(-0,2307)}$$

$$D_{\text{rencana}} = 22,208 \times 466766^{(-0,2307)}$$

$$D_{\text{rencana}} = 1,002 \text{ mm}$$

- Menghitung tebal lapis tambah sebelum dikoreksi temperatur

$$H_o = \frac{[\ln(1,036) + \ln(D_{sbl\ ov}) - \ln(D_{stl\ ov})]}{0,0597}$$

$$H_o = \frac{[\ln(1,036) + \ln(1,660) - \ln(1,093)]}{0,0597}$$

$$H_o = 7,596 \text{ cm}$$

- Menentukan tebal lapis tambah setelah dikoreksi temperatur

$$H_t = H_o \times F_o$$

$$H_t = 7,596 \times 1,002$$

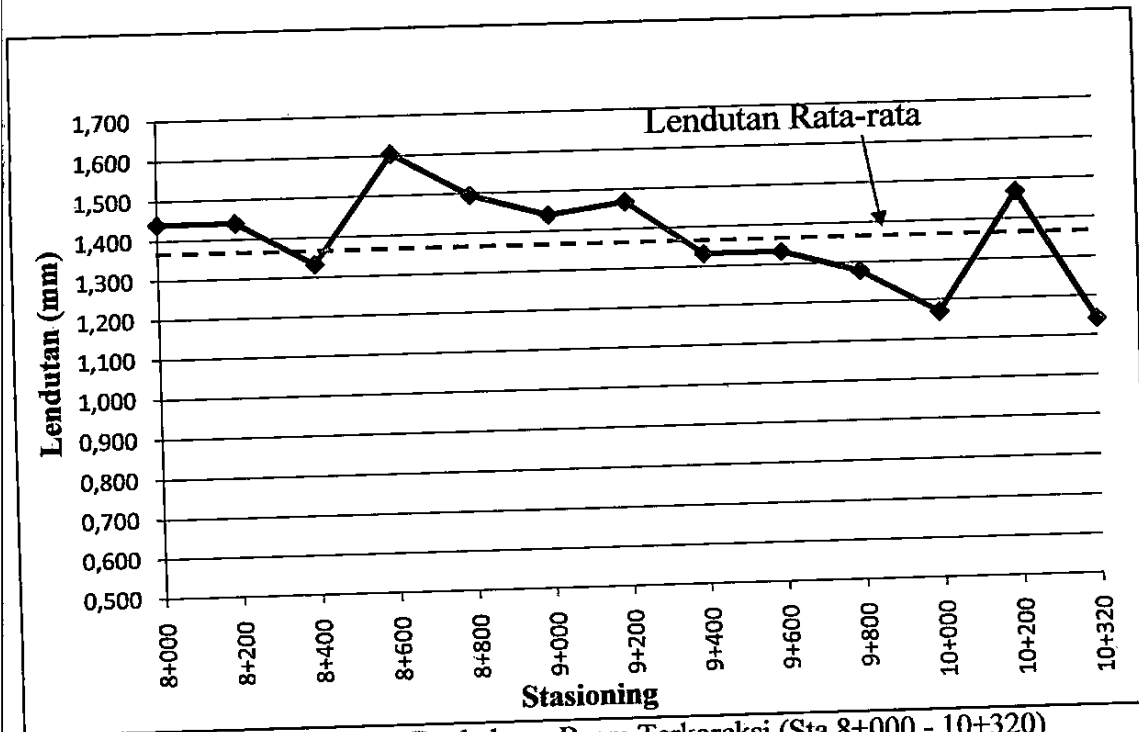
$$H_t = 7,611$$

- Menentukan tebal lapis tambah setelah dikoreksi dengan FK...

Tabel 5.3 Nilai Lendutan Benkelman Beam Terkoreksi (d_B) Ruas Jalan Yogyakarta – Bts Kota Bantul

c. Segmen III (Sta 8+000 sampai Sta 10+320)

Sta	Beban uji (ton)	Lendutan Balik BB (d_B) Kiri				Lendutan Balik BB (d_B) Kanan				Temperatur (C)					Koreksi Temperatur Standar (Ft)	Koreksi Musim (Ca)	Koreksi Beban (FKB-BB)	Lendutan Terkoreksi (mm) d_B	$(d_B)^2$
		d_1	d_3	d_4	d_{ki}	d_1	d_3	d_4	d_{ka}	T_u	T_p	T_t	T_b	T_L					
8+000	8,20	0,00	52	53	1,22	0,00	38	40	0,92	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,441	2,078
8+200	8,20	0,00	43	45	1,04	0,00	50	53	1,22	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,441	2,078
8+400	8,20	0,00	40	42	0,97	0,00	47	49	1,13	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,333	1,776
8+600	8,20	0,00	57	59	1,36	0,00	45	48	1,11	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,605	2,575
8+800	8,20	0,00	53	55	1,27	0,00	44	45	1,04	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,441	2,078
9+000	8,20	0,00	40	43	0,99	0,00	51	53	1,22	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,469	2,157
9+200	8,20	0,00	36	39	0,90	0,00	53	54	1,24	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,333	1,776
9+400	8,20	0,00	42	44	1,01	0,00	46	49	1,13	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,333	1,776
9+600	8,20	0,00	46	49	1,13	0,00	39	41	0,94	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,278	1,634
9+800	8,20	0,00	29	31	0,71	0,00	47	47	1,08	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,169	1,368
10+000	8,20	0,00	34	36	0,83	0,00	42	43	0,99	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,469	2,157
10+200	8,20	0,00	35	37	0,85	0,00	52	54	1,24	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,469	2,157
10+320	8,20	0,00	33	34	0,78	0,00	39	42	0,97	35	37	35,8	33,2	35,33	0,99	1,2	0,990	1,142	1,305
jumlah																	17,949	24,991	
Lendutan rata2 (dr)																	1,381		
Jumlah titik (ns)																	13		
Deviasi standar (s)																	0,132		



Gambar 5.3. Lendutan Benkelman Beam Terkoreksi (Sta 8+000 - 10+320)

- Menentukan faktor keseragaman lendutan (FK)

$$FK = \frac{s}{d_R} \times 100\% < FK \text{ ijin}$$

$$FK = \frac{0,132}{1,381} \times 100\% < FK \text{ ijin}$$

$$FK = 9,558 \% < FK \text{ ijin } (0 < FK < 10 ; \text{ keseragaman sangat baik.})$$

- Menghitung lendutan wakil ($D_{\text{wakil}}/D_{\text{sbl ov}}$)

$$D_{\text{wakil}} = d_R + 1,64 s$$

$$D_{\text{wakil}} = 1,381 + 1,64 (0,132)$$

$$D_{\text{wakil}} = 1,597 \text{ mm}$$

- Menghitung lendutan rencana ($D_{\text{rencana}}/D_{\text{stl ov}}$)

$$D_{\text{rencana}} = 22,208 \times \text{CESA}^{(-0,2307)}$$

$$D_{\text{rencana}} = 22,208 \times 466766^{(-0,2307)}$$

$$D_{\text{rencana}} = 1,093 \text{ mm}$$

- Menghitung tebal lapis tambah sebelum dikoreksi temperatur

$$H_o = \frac{[\ln (1,036) + \ln (D_{sbl\ ov}) - \ln (D_{stl\ ov})]}{0,0597}$$

$$H_o = \frac{[\ln (1,036) + \ln (1,597) - \ln (1,093)]}{0,0597}$$

$$H_o = 6,950 \text{ cm}$$

- Menentukan tebal lapis tambah setelah dikoreksi temperatur

$$H_t = H_o \times F_o$$

$$H_t = 6,950 \times 1,002$$

$$H_t = 6,963 \text{ cm}$$

- Menentukan tebal lapis tambah setelah dikoreksi dengan FK_{TBL}

$$H_t = 6,963 \times FK_{TBL}$$

$$= 6,963 \times 0,87$$

$$= 6,055 \text{ cm}$$

B. Perhitungan Tebal Lapis Tambah dengan Metode lendutan

Asphalt Institute (MS-17)

1. Menghitung Beban Lalu Lintas (ESAL)

Perhitungan beban lalu lintas pada metode Asphalt Institute hampir sama dengan metode Bina Marga, yang membedakan hanya pada perhitungan beban truk faktor. Perhitungan ESAL dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$ESAL = \text{Jumlah kendaraan masing-masing golongan} \times \text{truk faktor}$$

a. Koefisien distribusi lajur

Ruas jalan Yogyakarta – Batas kota Bantul memiliki lebar perkerasan 7m dengan 2 lajur 2 arah (2/2 UD). Berdasarkan Tabel 3.9 persentase distribusi lajur 50% atau 0,5.

b. Faktor pertumbuhan (*Growth Factor*)

Faktor hubungan umur rencana dan perkembangan lalu lintas ditentukan menurut persamaan 3.23 atau Tabel 3.10. Evaluasi yang dilakukan selama

5 tahun dengan faktor pertumbuhan lalu lintas 50%

c. Faktor truk (*Truck Factor*)

Faktor truk adalah jumlah ESAL yang dihasilkan oleh satu lintasan kendaraan. Penggunaan faktor truk disebabkan oleh beban berlebih yang diterima oleh jalan dari kendaraan berat. Faktor truk ditentukan dari data distribusi beban gandar dengan menggunakan faktor ekivalensi beban. Ruas jalan Yogyakarta – Batas kota Bantul merupakan jalan kolektor. Distribusi faktor truk berdasarkan kelas jalan dapat dilihat pada Tabel 3.11.

d. Ekivalensi beban kendaraan (E)

Angka ekivalensi Asphalt Institute mengacu pada ekivalensi AASHTO. Pada perhitungan ini digunakan angka ekivalen dengan $P_t = 2,5$ dan $SN = 3$ menggunakan Persamaan 3.36 untuk beban tunggal dan Persamaan 3.37 untuk beban ganda.

Tabel 5.4. Perhitungan Beban Lalu Lintas (ESAL)

Jenis Kendaraan	m	n	E	DL	GF	TF	ESAL
MP 2T	7221	365	0,0009	0,5	5,53	-	11635
Bus 8T	346	365	0,1926	0,5	5,53	-	268805
Truk 2 As 13T	208	365	0,2693	0,5	5,53	0,13	29373
Truk 3 As 20T	3	365	1,1051	0,5	5,53	0,72	7221
Total							317034

Untuk memudahkan penentuan lapis tambah maka digunakan ESAL

500.000.

2. Menentukan tebal lapis tambah (*overlay*)

a. Segmen I (Sta 4+000 - Sta 5+800).

Tabel 5.5. Perhitungan Lendutan Balik Sta 4+000 - 5+800

Lendutan Balik		
Sta	x	x^2
4+000	0,83	0,69
4+200	1,15	1,32
4+400	1,27	1,61
4+600	0,97	0,94
4+800	1,50	2,24
5+000	1,04	1,07

Lanjutan Tabel 5.5

5+200	1,06	1,12
5+400	1,31	1,72
5+600	1,04	1,07
5+800	1,08	1,17

- i. Hitung nilai lendutan rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{11,24}{10} = 1,124$$

- ii. Hitung standar deviasi.

Standar deviasi dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$s = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \bar{x} \sum x}{n - 1}}$$

Dengan,

s = Standar deviasi.

\bar{x} = Lendutan rata – rata dalam satu segmen.

n = Jumlah titik pemeriksaan dalam satu segmen.

Sehingga diperoleh nilai standar deviasi sebagai berikut :

$$s = \sqrt{\frac{12,97 - 1,124 \times 11,24}{10 - 1}} = 0,19114 \text{ mm}$$

- iii. Menghitung lendutan wakil.

Nilai lendutan yang digunakan dalam perhitungan adalah lendutan wakil/*Representative rebound deflection*. Untuk menentukan besarnya lendutan yang mewakili suatu seksi jalan, digunakan persamaan berikut :

$$\text{RRD} = (\bar{x} + 2s) \text{ F.C}$$

dengan :

RRD = Lendutan yang mewakili suatu seksi jalan.

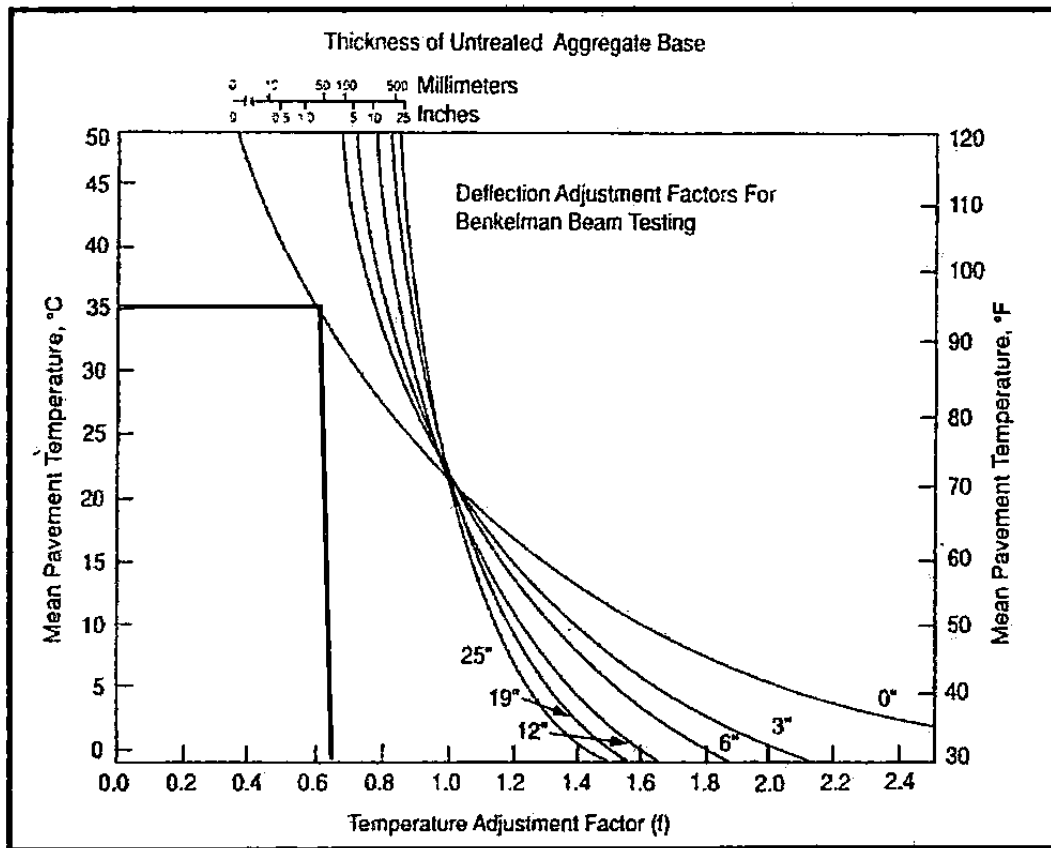
\bar{x} = Lendutan rata – rata.

s = Standar deviasi.

F = Faktor koreksi temperatur.

C = Faktor koreksi periode kritis.

C = 1, jika test dilakukan pada musim semi.



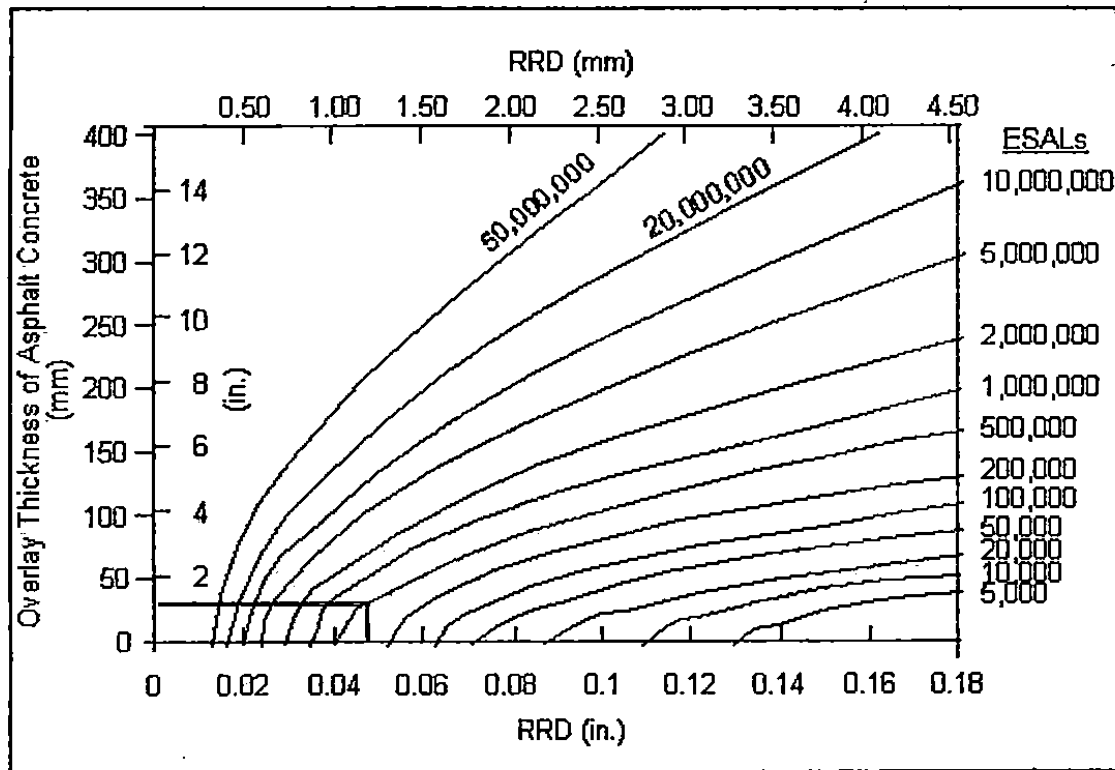
Gambar 5.4 Faktor Penyesuaian Temperatur

Temperatur perkerasan rata-rata tahunan untuk daerah Yogyakarta sebesar 35,5 °C, maka dari grafik diatas diperoleh faktor penyesuaian temperatur sebesar 0,64.

Sehingga diperoleh lendutan wakil/RRD sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{RRD} &= (\bar{x} + 2s) F.C \\ &= (1,124 + 2 \times 0,19114) 0,64 \times 1,20 \\ \text{RRD} &= 1,157 \text{ mm} = 0,046 \text{ inci} \end{aligned}$$

3. Menentukan tebal lapis terbah dengan menghubungkan antara nilai ESAL dan



Gambar 5.5. Grafik Penentuan Tebal Lapis Tambah Sta 4+000 - 5+800

Dari grafik diatas maka diperoleh tebal lapis tambah (*overlay*) $t = 1,4$ inci atau 3,556 cm

b. Segmen II (Sta 6+000 - Sta 7+800).

Tabel 5.6. Perhitungan Lendutan Balik Sta 6+000 - 7+800.

Lendutan Balik		
Sta	x	x^2
6+000	1,11	1,22
6+200	1,22	1,49
6+400	0,97	0,94
6+600	1,34	1,79
6+800	1,31	1,72
7+000	1,01	1,03
7+200	1,11	1,22
7+400	1,38	1,91
7+600	1,18	1,38
7+800	0,99	0,98
jumlah	11,61	13,69
Rata-rata	1,161	
Standar deviasi (s)	0,1494	

i. Hitung nilai lendutan rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{11,61}{10} = 1,161$$

ii. Hitung standar deviasi

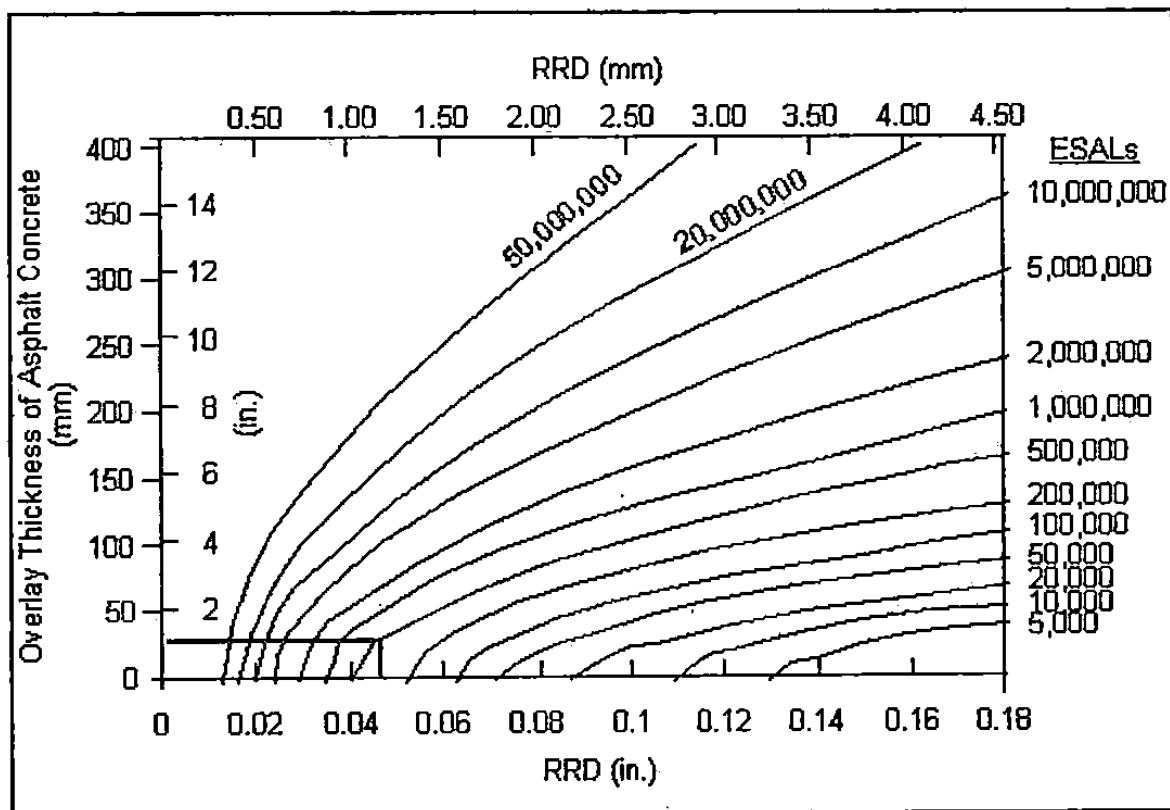
$$s = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \bar{x} \sum x}{n-1}} = \sqrt{\frac{13,69 - 1,161 \times 11,61}{10-1}} = 0,14940 \text{ mm}$$

iii. Menghitung lendutan wakil

$$\text{RRD} = (\bar{x} + 2s) \text{ F.C}$$

$$= (1,161 + 2 \times 0,14940) 0,64 \times 1,20$$

$$\text{RRD} = 1,21 \text{ mm} = 0,044 \text{ inci}$$



Gambar 5.6. Grafik Penentuan Tebal Lapis Tambah Sta 6+000- 7+800

Diketahui: $\sigma = 1,161$ mm, $s = 0,14940$ mm, $\text{F.C} = 0,64$, $\text{K} = 1,20$

c. Segmen III (Sta 8+000-Sta 10+320).

Tabel 5.7. Perhitungan lendutan balik Sta 8+000 - 10+320

Lendutan Balik		
Sta	x	x ²
8+000	0,99	0,98
8+200	1,22	1,49
8+400	1,22	1,49
8+600	1,13	1,27
8+800	1,36	1,85
9+000	1,27	1,61
9+200	1,22	1,49
9+400	1,24	1,55
9+600	1,13	1,27
9+800	1,13	1,27
10+000	1,08	1,17
10+200	0,99	0,98
10+320	1,24	1,55
jumlah	15,21	17,94
Rata-rata	1,170	
Standar deviasi (S)	0,1290	

i. Hitung nilai lendutan rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{15,21}{13} = 1,170$$

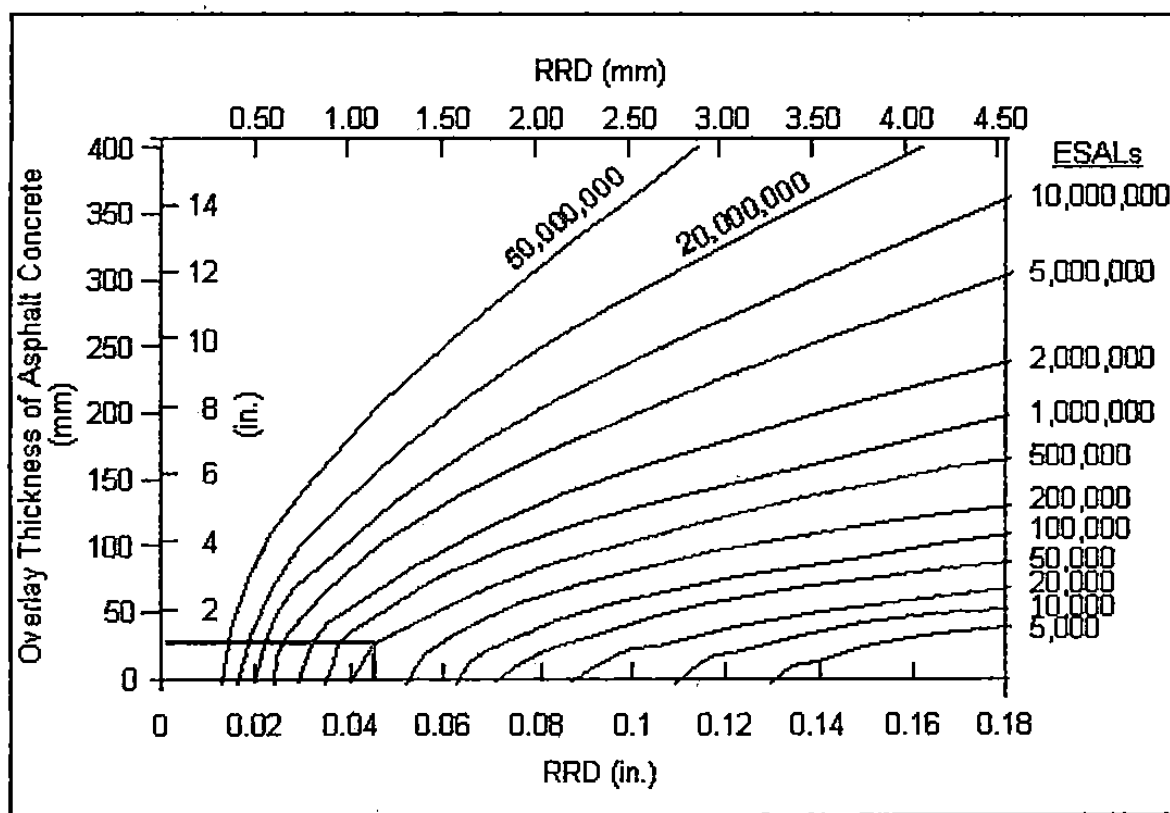
ii. Hitung standar deviasi

$$s = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \bar{x} \sum x}{n-1}} = \sqrt{\frac{17,94 - 1,170 \times 15,21}{13-1}} = 0,1290 \text{ mm}$$

iii. Menghitung lendutan wakil

$$\text{RRD} = (\bar{x} + 2s) \text{ F.C}$$

$$= (1,170 + 2 \times 0,1290) 0,64 \times 1,20$$



Gambar 5.5. Grafik Penentuan Tebal Lapis Tambah Sta 8+000 - 10+320

Dari grafik diatas maka diperoleh tebal lapis tambah (*overlay*) $t = 1,1$ inci atau 2,79 cm

C. Koreksi Perhitungan Bina Marga Menggunakan Ekuivalen AASHTO

Berdasarkan komentar Aloysius Tjan yang menyatakan adanya kesalahan dalam perancangan ekuivalensi beban kendaraan dalam metode Bina Marga mengakibatkan adanya distorsi faktor ekuivalensi beban yang dihitung. Besarnya kesalahan yang terjadi tergantung pada nilai P_t dan besarnya persen kesalahan tergantung dari besarnya beban sumbu.

Mengingat ekuivalensi beban kendaraan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi beban lalu lintas yang akan direncanakan, maka dicoba menggunakan beban ekuivalensi AASHTO pada perhitungan metode Bina Marga.

Dalam perhitungan ini dipakai nilai $P_t = 2,5$ dengan $SN = 2$

1. Menghitung repetisi beban lalu lintas rencana (CESA) dalam ESA.

Tabel 5.8. Perhitungan Beban Lalu Lintas Menggunakan Ekuivalen AASHTO

Jenis Kendaraan	m (kend)	n (1 thn)	E	C	N	CESA
Mobil Penumpang 2T	7211	365	0,0009	0,5	5,66	5963
Bus 8T	346	365	0,1926	0,5	5,66	6881
Truk 2 As 13T	208	365	0,2693	0,5	5,66	57899
Truk 3 As 20T	3	365	1,1051	0,5	5,66	3427
Total CESA						136170

Dari tabel diatas dapat dilihat nilai ekuivalen yang lebih kecil dibanding dengan ekuivalen Bina Marga. Hal tersebut mempengaruhi nilai CESA untuk masing-masing tipe kendaraan sehingga menghasilkan beban lalu lintas yang kecil juga.

2. Perhitungan tebal lapis tambah

Tabel 5.9. Perhitungan Tebal Lapis Tambah

	Segmen I (Sta 4+000 - Sta 5+800)	Segmen II (Sta 6+000 - Sta 7+800)	Segmen III (Sta 8+000-Sta 10+320)
	(a)	(b)	(c)
Lendutan Balik rata-rata (d_R)	1,372 mm	1,370 mm	1,381 mm
Deviasi standar	0,226	0,176	0,132
Faktor keseragaman (FK)	17,03 %	12,86 %	9,55 %
$(D_{\text{wakil}}/D_{\text{sblOv}})$	1,697 mm	1,660 mm	1,597 mm
$(D_{\text{rencana}}/D_{\text{stlOv}})$	1,452 mm	1,452 mm	1,452 mm
Tebal lapis tambah (H_o)	3,207 cm	2,836 cm	2,189 cm
Faktor koreksi (F_o)	1,002	1,002	1,002
lapis tambah terkoreksi (H_t)	2,794 cm	2,470 cm	1,907 cm

Pada Tabel 5.9 terlihat perhitungan lapis tambah yang lebih kecil, hal ini dipengaruhi oleh beban lalu lintas yang direncanakan (CESA). Nilai CESA berpengaruh pada penentuan lendutan rencana ($D_{rencana}/D_{stlOv}$) yang pada perhitungan ini lebih besar dibanding menggunakan ekivalen Bina Marga, sehingga menghasilkan perhitungan tebal lapis tambah yang lebih kecil, baik sebelum dikoreksi maupun setelah dikoreksi dengan faktor koreksi *overlay* (F_o).

Tabel 5.10. Rangkuman Hasil Perhitungan

Metode	Beban Lalu lintas	Tebal lapis tambah		
		Segmen I	Segmen II	Segmen III
Bina Marga	466767	6,942 cm	6,618 cm	6,055 cm
Asphalt Institute	317034	3,556 cm	3,048 cm	2,79 cm
Koreksi Bina Marga	136170	2,794 cm	2,470 cm	1,907 cm

Dari Tabel 5.10 diatas dapat disimpulkan bahwa pengaruh beban lalu lintas menentukan seberapa besar lapis tambah yang dibutuhkan. Perhitungan beban lalu lintas metode Bina Marga menghasilkan nilai yang besar dari metode Asphalt Institute. Hal tersebut dipengaruhi oleh penerapan angka ekivalen, faktor pertumbuhan serta faktor truk yang digunakan. Angka ekivalen yang digunakan metode Bina Marga tidak selaras dengan ekivalensi AASHTO yang merupakan acuan dalam perencanaan, sedangkan Asphalt Institute menggunakan ekivalensi AASHTO. Selain itu metode Bina marga tidak menganalisa faktor truk yang merupakan adanya beban berlebih dari kendaraan berat. Untuk perhitungan lapis tambah, parameter perencanaan serta faktor koreksi yang digunakan metode Bina

M... lebih besarnya dibandingkan metode Asphalt Institute