

BAB III LANDASAN TEORI

A. Uji Lendutan Perkerasan Lentur

Dari sekian banyak model alat dalam pengujian lendutan pada perkerasan lentur salah satunya dapat menggunakan alat *Benkleman Beam* (BB) yang diletakkan pada lapisan *surface* perkerasan lentur untuk mengukur lendutan balik maksimum, lendutan balik titik belok dan cekung lendutan yang dihasilkan dari beban kendaraan yang disalurkan oleh roda, yang mana pengujian menggunakan *Benkleman Beam* (BB) tersebut tidak menyebabkan kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan (*non destruktif*).

Berdasarkan SNI 2416:2011 mengenai Pedoman Cara Uji Lendutan Perkerasan Lentur dengan Alat *Benkleman Beam* terdapat tiga jenis pengukuran yang dilakukan menggunakan alat *Benkleman Beam* tersebut, yaitu

1. Lendutan balik maksimum (*Maximum Rebound Deflection*)

Merupakan besarnya lendutan balik perkerasan pada kedudukan di titik kontak batang *Benkelman Beam* setelah beban berpindah sejauh 6 meter.

2. Lendutan balik titik belok

Merupakan besarnya lendutan balik erkerasan pada kedudukan di titik kontak batang *Benkelman Beam* setelah beban berpindah sejauh 0,30 meter untuk penetrasi asbuton dan laburan atau sejauh 0,40 meter untuk aspal beton.

3. Cekung lendutan (*Bowl Deflection*)

Merupakan kurva yang menggambarkan bentuk lendutan dari suatu segmen perkerasan jalan akibat beban yang disalurkan oleh ban kendaraan.

Apabila pada waktu pengujian lendutan ditemukan data yang meragukan maka lokasi atau titik tersebut dianjurkan untuk dilakukan pengujian ulang atau titik pengujian dipindah pada lokasi atau titik disekitarnya (Badan Litbang DPU, Pd. T-05-2005-B). Dari hasil pengujian yang dilakukan menggunakan alat *Benkleman Beam* (BB) tersebut dapat dianalisa rencana tebal lapis tambahan (*overlay*) berdasarkan pedoman Perencanaan Tebal Lapis Tambahan Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan Pd. T-05-2005-B. Perencanaan tebal lapis tambahan (*overlay*) berdasarkan lendutan maksimum yang didapatkan dari pengujian dengan

alat *Benkleman Beam* (BB) di lapangan, sedangkan data lendutan balik titik belok dan cekung lendutan digunakan sebagai data pembanding. Tebal lapis tambah (*overlay*) bertujuan untuk meningkatkan kekuatan struktur perkerasan yang sudah masuk tahap rehabilitasi agar dapat melayani lalu lintas saat ini atau yang direncanakan selama kurun waktu yang akan datang.

B. Perencanaan Tebal Lapisan Tambahan Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan

Tebal lapis tambahan (*overlay*) merupakan konstruksi tambahan untuk meningkatkan kekuatan pada struktur perkerasan jalan yang sudah tidak mampu melayani beban lalu lintas, dimana perencanaan tebal lapisan tambahan (*overlay*) ini dapat direncanakan dengan analisis menggunakan Metode Lendutan balik yang mengacu pada pedoman Pd. T-05-2005-B yang dimana dianalisis sesuai dengan data yang langsung diambil di lapangan menggunakan alat Benkelman Beam. Adapun ketentuan tahapan perhitungan dalam perencanaan tebal lapisan tambahan (*overlay*) perkerasan lentur menggunakan Metode Lendutan Pd. T-05-2005-B adalah sebagai berikut :

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

a. Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan, yang menampung lalu-lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Tabel 3.1

Tabel 3.1 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur
$L < 4,50 \text{ m}$	1
$4,50 \text{ m} \leq L < 8,00 \text{ m}$	2
$8,00 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	3
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,50 \text{ m}$	6

Sumber: Badan Litbang DPU, Pd. T-05-2005-B.

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana ditentukan sesuai Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

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

Sumber: Badan Litbang DPU, Pd. T-05-2005-B.

b. Ekuivalen beban sumbu kendaraan (E)

Angka ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut Persamaan 3.2, 3.3, 3.4 dan 3.5 atau pada Tabel 3.3.

$$\text{Angka Ekuivalen STRT} = \left[\frac{\text{Beban.sumbu (ton)}}{5,40} \right]^4 \dots\dots\dots (3.2)$$

$$\text{Angka Ekuivalen STRG} = \left[\frac{\text{Beban.sumbu (ton)}}{8,16} \right]^4 \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\text{Angka Ekuivalen SDRG} = \left[\frac{\text{Beban.sumbu (ton)}}{13,76} \right]^4 \dots\dots\dots (3.4)$$

$$\text{Angka Ekuivalen STrRG} = \left[\frac{\text{Beban.sumbu (ton)}}{18,45} \right]^4 \dots\dots\dots (3.5)$$

Tabel 3.3 Ekuivalen beban sumbu kendaraan (E)

Beban sumbu (ton)	Ekuivalen beban sumbu kendaraan (E)			
	STRT	STRG	SDRG	STrRG
1	0,00118	0,00023	0,00003	0,00001
2	0,01882	0,00361	0,00045	0,00014
3	0,09526	0,01827	0,00226	0,00070
4	0,30107	0,05774	0,00714	0,00221
5	0,73503	0,14097	0,01743	0,00539
6	1,52416	0,29231	0,03615	0,01118
7	2,82369	0,54154	0,06698	0,02072
8	4,81709	0,92385	0,11426	0,03535
9	7,71605	1,47982	0,18302	0,05662
10	11,76048	2,25548	0,27895	0,08630
11	17,21852	3,30225	0,40841	0,12635
12	24,38653	4,67697	0,57843	0,17895

Tabel 3.3. Lanjutan

Beban sumbu (ton)	Ekivalen beban sumbu kendaraan (E)			
	STRT	STRG	SDRG	STrRG
13	33,58910	6,44188	0,79671	0,24648
14	45,17905	8,66466	1,07161	0,33153
15	59,53742	11,41838	1,41218	0,43690
16	77,07347	14,78153	1,82813	0,56558
17	98,22469	18,83801	2,32982	0,72079
18	123,45679	23,67715	2,92830	0,90595
19	153,26372	29,39367	3,63530	1,12468
20	188,16764	36,08771	4,46320	1,38081

Sumber: Badan Litbang DPU, Pd. T-05-2005-B.

c. Faktor hubungan umur rencana dan perkembangan lalu lintas (N)

Faktor hubungan umur rencana dan perkembangan lalu lintas ditentukan menurut Persamaan 3.6 atau Tabel 3.4.

$$N = 0,5 \left[1 + (1+r)^n + 2(1+r) \frac{(1+r)^{n-1} - 1}{r} \right] \dots\dots\dots (3.6)$$

Tabel 3.4 Faktor Hubungan Umur Rencana dengan Perkembangan Lalu Lintas (N)

n Tahun	r (%)					
	2	4	5	6	8	10
1	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05
2	2,04	2,08	2,10	2,12	2,16	2,21
3	3,09	3,18	3,23	3,28	3,38	3,48
4	4,16	4,33	4,42	4,51	4,69	4,87
5	5,26	5,52	5,66	5,81	6,10	6,41
6	6,37	6,77	6,97	7,18	7,63	8,10
7	7,51	8,06	8,35	8,65	9,28	9,96
8	8,67	9,40	9,79	10,19	11,06	12,01
9	9,85	10,79	11,30	11,84	12,99	14,26
10	11,06	12,25	12,89	13,58	15,07	16,73
11	12,29	13,76	14,56	15,42	17,31	19,46
12	13,55	15,33	16,32	17,38	19,74	22,45
13	14,83	16,96	18,16	19,45	22,36	25,75
14	16,13	18,66	20,09	21,65	25,18	29,37
15	17,47	20,42	22,12	23,97	28,24	33,36
20	24,54	30,37	33,89	37,89	47,59	60,14
25	32,35	42,48	48,92	56,51	76,03	103,26
30	40,97	57,21	68,10	81,43	117,81	172,72

Sumber: Badan Litbang DPU, Pd. T-05-2005-B.

d. Akumulasi ekivalen beban sumbu standar (CESA)

Dalam menentukan akumulasi beban sumbu lalu lintas (CESA) selama umur rencana ditentukan dengan Persamaan 3.7.

$$\text{CESA} = \sum_{\text{Traktor-}}^{\text{MP}} m \times 365 \times E \times C \times N \dots\dots\dots (3.7)$$

Keterangan :

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)

2. Lendutan dengan *Benkelman Beam* (BB)

Lendutan yang digunakan untuk perencanaan adalah lendutan berdasarkan hasil pengujian lapangan menggunakan alat *Benkelman Beam* (BB). Nilai lendutan tersebut harus dikoreksi dengan, faktor muka air tanah (faktor musim) dan koreksi temperatur serta faktor koreksi beban uji (bila beban uji tidak tepat sebesar 8,16 ton). Besarnya lendutan balik sesuai Persamaan 3.8 berikut:

$$d_B = 2 \times (d_3 - d_1) \times Ft \times Ca \times FK_{B-BB} \dots\dots\dots (3.8)$$

Keterangan:

d_B = Lendutan balik (mm)

d_1 = Lendutan pada saat beban berada pada titik pengukuran (mm)

d_3 = Lendutan pada saat beban berada pada jarak 6 meter dari titik pengukuran (mm)

F_t = Faktor penyesuaian lendutan terhadap temperatur standar 35° C, yang nilainya ditentukan menggunakan Persamaan 3.8 dan 3.9 atau melalui pembacaan grafik pada Gambar 3.13 serta dapat pula ditentukan melalui tabel 3.5 sebagai berikut:

$$F_t = 4,184 \times T_L^{-0,4025} \text{ untuk } H_L < 10 \text{ cm} \dots\dots\dots (3.9)$$

$$F_t = 14,785 \times T_L^{-0,7573} \text{ untuk } H_L \geq 10 \text{ cm} \dots\dots\dots (3.10)$$

Keterangan:

T_L = Temperatur lapis beraspal, diperoleh dari hasil pengukuran langsung dilapangan atau dapat ditentukan melalui prediksi berdasarkan temperatur udara dilapangan dengan menggunakan Persamaan 3.11 berikut:

$$T_L = \frac{1}{3} (T_p + T_t + T_b) \dots\dots\dots(3.11)$$

Keterangan:

T_p = Temperatur permukaan lapis beraspal

T_t = Temperatur tengah lapis beraspal (Tabel 3.8.)

T_b = Temperatur bawah lapis beraspal (Tabel 3.8.)

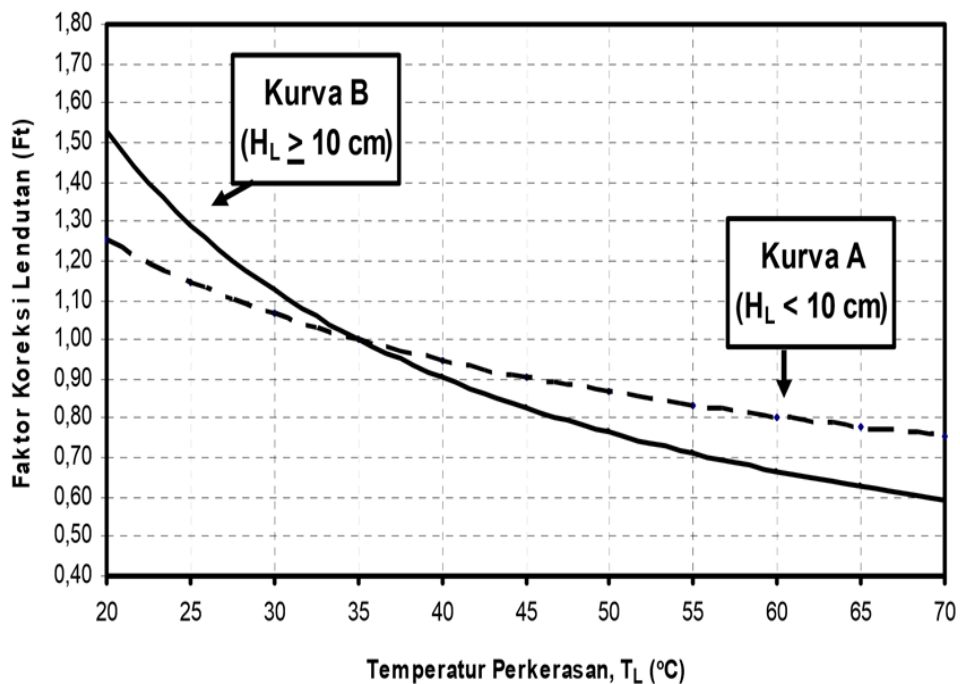
C_a = faktor pengaruh muka air tanah (faktor musim)

= 1,20 ; musim kemarau atau muka air tanah rendah

= 0,9 ; musim hujan atau muka air tinggi

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

$$= 77,343 \times (\text{beban uji dalam ton})^{(-2,0715)} \dots\dots\dots(3.12)$$



Gambar 3.1 Faktor koreksi lendutan terhadap temperatur standar (Ft)

Sumber: Badan Litbang DPU, Pd. T-05-2005-B.

Tabel 3.5 Faktor Koreksi Lendutan Terhadap Temperatur Standar (Ft)

T _L (°C)	Faktor Koreksi (Ft)		T _L (°C)	Faktor Koreksi (Ft)	
	Kurva A (H _L < 10 cm)	Kurva B (H _L ≥ 10 cm)		Kurva A (H _L < 10 cm)	Kurva B (H _L ≥ 10 cm)
20	1,25	1,53	46	0,90	0,81
22	1,21	1,42	48	0,88	0,79
24	1,16	1,33	50	0,87	0,76
26	1,13	1,25	52	0,85	0,74
28	1,09	1,19	54	0,84	0,72
30	1,06	1,13	56	0,83	0,70
32	1,04	1,07	58	0,82	0,68
34	1,01	1,02	60	0,81	0,67
36	0,99	0,98	62	0,79	0,65
38	0,97	0,94	64	0,78	0,63
40	0,95	0,90	66	0,77	0,62
42	0,93	0,87	68	0,77	0,61
44	0,91	0,84	70	0,76	0,59

Catatan:

- Kurva A adalah faktor koreksi (Ft) untuk tebal lapis beraspal (HL) kurang dari 10 cm.
- Kurva B adalah faktor koreksi (Ft) untuk tebal lapis beraspal (HL) minimum 10 cm.

Sumber: Badan Litbang DPU, Pd. T-05-2005-B.

Tabel 3.6 Temperatur Tengah (Tt) dan Bawah (Tb) Lapis Beraspal Berdasarkan Data Temperatur Udara (Tu) dan Temperatur Permukaan (Tp)

Tu + Tp (°C)	Temperatur lapis beraspal (°C) pada kedalaman					
	2,5 cm	5,0 cm	10 cm	15 cm	20 cm	30 cm
45	26,8	25,6	22,8	21,9	20,8	20,1
46	27,4	26,2	23,3	22,4	21,3	20,6
47	28,0	26,7	23,8	22,9	21,7	21,0
48	28,6	27,3	24,3	23,4	22,2	21,5
49	29,2	27,8	24,7	23,8	22,7	21,9
50	29,8	28,4	25,2	24,3	23,1	22,4
51	30,4	28,9	25,7	24,8	23,6	22,8
52	30,9	29,5	26,2	25,3	24,0	23,3
53	31,5	30,0	26,7	25,7	24,5	23,7
54	32,1	30,6	27,1	26,2	25,0	24,2
55	32,7	31,2	27,6	26,7	25,4	24,6
56	33,3	31,7	28,1	27,2	25,9	25,1
57	33,9	32,3	28,6	27,6	26,3	25,5

Tabel 3.6. Lanjutan

Tu + Tp (°C)	Temperatur lapis beraspal (°C) pada kedalaman					
	2,5 cm	5,0 cm	10 cm	15 cm	20 cm	30 cm
58	34,5	32,8	29,1	28,1	26,8	26,0
59	35,1	33,4	29,6	28,6	27,2	26,4
60	35,7	33,9	30,0	29,1	27,7	26,9
61	36,3	34,5	30,5	29,5	28,2	27,3
62	36,9	35,1	31,0	30,0	28,6	27,8
63	37,5	35,6	31,5	30,5	29,1	28,2
64	38,1	36,2	32,0	31,0	29,5	28,7
65	38,7	36,7	32,5	31,4	30,0	29,1
66	39,3	37,3	32,9	31,9	30,5	29,6
67	39,9	37,8	33,4	32,4	30,9	30,0
68	40,5	38,4	33,9	32,9	31,4	30,5
69	41,1	39,0	34,4	33,3	31,8	30,9
70	41,7	39,5	34,9	33,8	32,3	31,4
71	42,2	40,1	35,4	34,3	32,8	31,8
72	42,8	40,6	35,8	34,8	33,2	32,3
73	43,4	41,2	36,3	35,2	33,7	32,8
74	44,0	41,7	36,8	35,7	34,1	33,2
75	44,6	42,3	37,3	36,2	34,6	33,7
76	45,2	42,9	37,8	36,7	35,0	34,1
77	45,8	43,4	38,3	37,1	35,5	34,6
78	46,4	44,0	38,7	37,6	36,0	35,0
79	47,0	44,5	39,2	38,1	36,4	35,5
80	47,6	45,1	39,7	38,6	36,9	35,9
81	48,2	45,6	40,2	39,0	37,3	36,4
82	48,8	46,2	40,7	39,5	37,8	36,8
83	49,4	46,8	41,2	40,0	38,3	37,3
84	50,0	47,3	41,6	40,5	38,7	37,7
85	50,6	47,9	42,1	40,9	39,2	38,2

Sumber: Badan Litbang DPU, Pd. T-05-2005-B

3. Keseragaman Lendutan (FK)

Perhitungan tebal lapis tambah dapat dilakukan pada setiap titik pengujian atau berdasarkan panjang segmen (seksi). Apabila berdasarkan panjang seksi maka cara menentukan panjang seksi jalan harus dipertimbangkan terhadap keseragaman lendutan. Keseragaman yang dipandang sangat baik mempunyai

rentang faktor keseragaman antara 0 sampai dengan 10, antara 11 sampai dengan 20 keseragaman baik dan antara 21 sampai dengan 30 keseragaman cukup baik. Untuk menentukan faktor keseragaman lendutan adalah dengan menggunakan Persamaan 3.13 sebagai berikut:

$$FK = s/d_R \times 100\% < FK \text{ ijin} \dots\dots\dots (3.13)$$

Keterangan :

FK = faktor keseragaman.

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

d_R = lendutan rata-rata pada suatu seksi jalan.

$$= \sum \frac{d}{n_s} \dots\dots\dots (3.14)$$

s = deviasi standar/simpang baku

$$= \sqrt{\frac{n_s(\sum_1^{n_s} d^2) - (\sum_1^{n_s} d)^2}{n_s(n_s - 1)}} \dots\dots\dots (3.15)$$

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.

4. Lendutan wakil (D_{wakil})

Untuk menentukan besarnya lendutan yang mewakili suatu sub ruas/seksi jalan, digunakan Persamaan 3.16, 3.17 dan 3.18 yang disesuaikan dengan fungsi/kelas jalan, yaitu:

a. Untuk jalan arteri atau jalan tol (tingkat kepercayaan 98%);
 $D_{\text{wakil}} = d_R + 2s \dots\dots\dots (3.16)$

b. Untuk jalan kolektor (tingkat kepercayaan 95%);
 $D_{\text{wakil}} = d_R + 1,64s \dots\dots\dots (3.17)$

c. Untuk jalan lokal (tingkat kepercayaan 90%);
 $D_{\text{wakil}} = d_R + 1,28s \dots\dots\dots (3.18)$

Keterangan:

- D_{wakil} = lendutan yang mewakili suatu seksi jalan
 d_R = lendutan yang mewakili suatu seksi jalan
 s = standar deviasi (simpangan baku)

5. Lendutan rencana/ijin (D_{rencana})

Hitung lendutan rencana/ijin (D_{rencana}) dengan menggunakan Persamaan 3.19 untuk lendutan dengan alat FWD dan Persamaan 3.20 untuk lendutan dengan alat *Benkleman Beam* (BB):

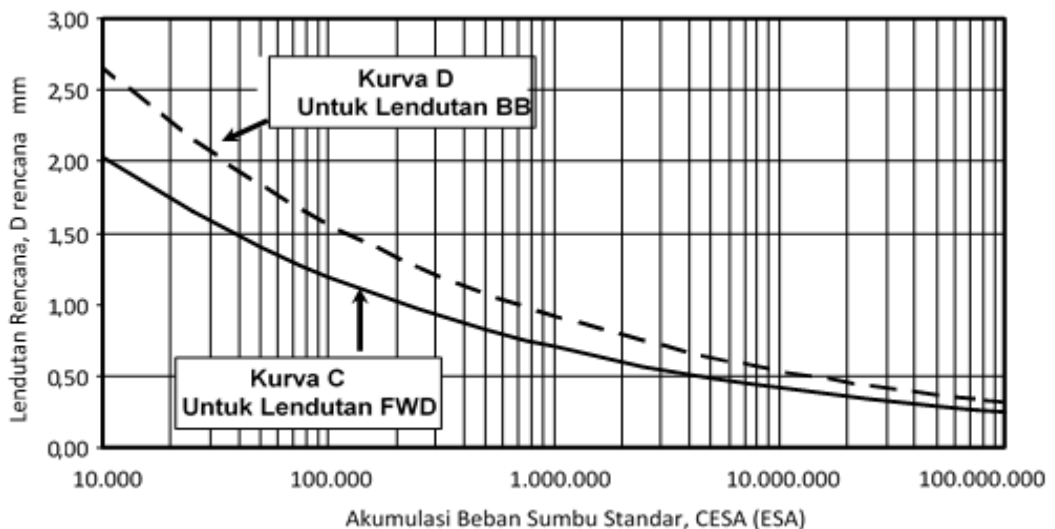
$$D_{\text{rencana}} = 17,004 \times \text{CESA}^{(-0,2307)} \dots\dots\dots (3.19)$$

$$D_{\text{rencana}} = 22,208 \times \text{CESA}^{(-0,2307)} \dots\dots\dots (3.20)$$

Keterangan :

D_{rencana} = lendutan rencana, dalam satuan milimeter.

CESA = akumulasi ekivalen beban sumbu standar, dalam satuan ESA atau dengan memplot data lalu-lintas rencana (CESA) pada Gambar 3.14 Kurva C untuk lendutan dengan alat FWD dan Gambar 3.14 Kurva D untuk lendutan balik dengan alat *Benkleman Beam* (BB).



Gambar 3.2 Hubungan Antara Lendutan Rencana dan Lalu lintas

Sumber: Badan Litbang DPU, Pd. T-05-2005-B.

6. Hitung tebal lapis tambahan/*overlay* (H_o) sebelum dikoreksi

Menghitung tebal lapis tambahan atau *overlay* (H_o) dengan menggunakan Persamaan 3.21 atau dapat diplotkan berdasarkan garafik hubungan antara lendutan sebelum *overlay* dengan lendutan setelah *overlay* pada Gambar 3.15.

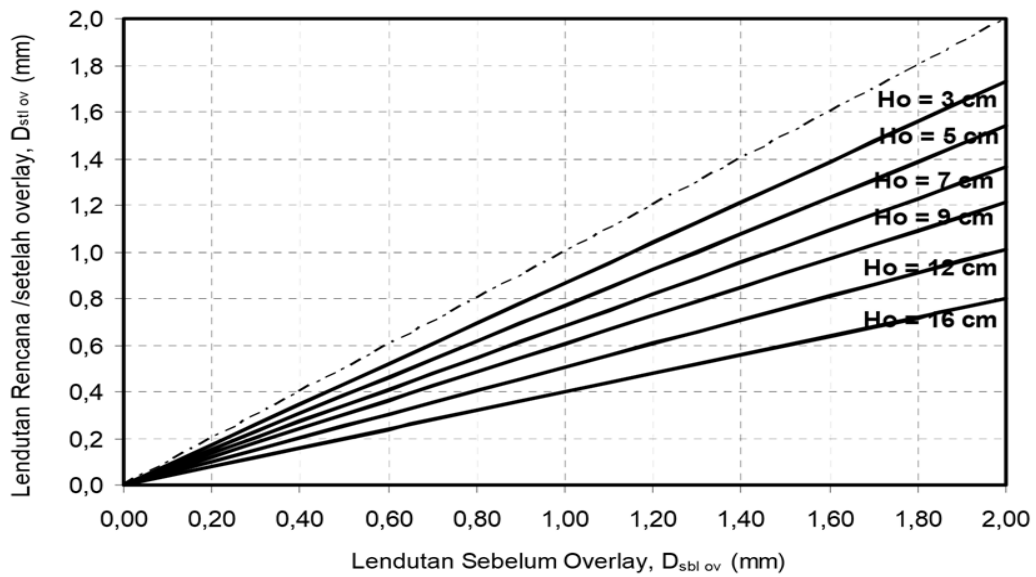
$$H_o = \frac{[\ln (1,0364)+\ln (D_{sbl\ ov})- \ln (D_{stl\ ov})]}{0,0597} \dots\dots\dots (3.21)$$

Keterangan:

H_o = Tebal lapis tambah, sebelum dikoreksi dengan temperatur perkerasan rata-rata tahunan daerah tertentu (cm)

$D_{sbl\ ov}$ = Lendutan sebelum lapis tambah atau D_{wakil} (mm)

$D_{stl\ ov}$ = Lendutan setelah lapis tambah atau $D_{rencana}$ (mm)



Gambar 3.3 Tebal Lapis Tambahan/*Overlay* (H_o)

Sumber: Badan Litbang DPU, Pd. T-05-2005-B.

7. Hitung tebal lapis tambahan/*overlay* terkoreksi (H_t)

Untuk mencari tebal lapis tambahan/*overlay* terkoreksi (H_t) adalah dengan mengalikan nilai H_o dengan faktor koreksi *overlay* (F_o). Dalam perencanaan tebal lapis tambah/*overlay* didasarkan pada temperatur standar dalam satuan°C yaitu sebesar 35°C, mengingat temperatur di daerah-daerah di Indonesia memiliki temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) yang tentunya berbeda-beda setiap daerahnya, maka perlu dilakukan koreksi berdasarkan temperatur perkerasan rata-rata tahunan untuk daerah atau kota sesuai nilai temperatur perkerasan rata-rata tahunan yang terlampir pada Pedoman Pd T-05-2005-B. Adapun untuk menghitung tebal lapis tambahan/*overlay* terkoreksi (H_t) dapat dianalisis sesuai Persamaan 3.22 dan 3.23.

$$F_o = 0,5032 \times \text{EXP}^{(0,0194 \times \text{TPRT})} \dots\dots\dots (3.22)$$

Keterangan:

Fo = Faktor koreksi tebal perkerasan (*overlay*)

TPRT = Temperatur perkerasan rata-rata tahunan untuk daerah atau kota

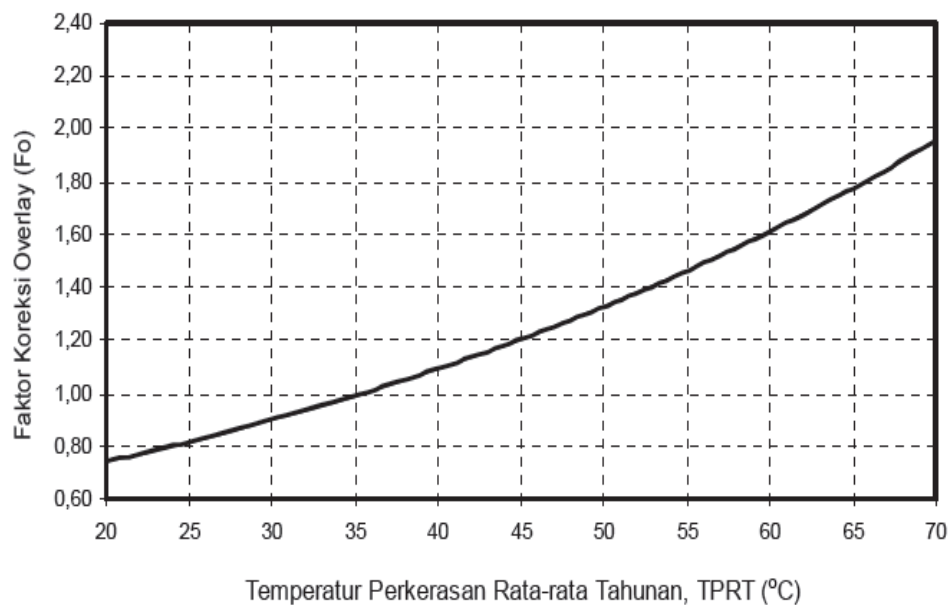
$$H_t = H_o \times F_o \dots\dots\dots (3.23)$$

Keterangan:

H_t = Tebal lapis tambah, setelah dikoreksi dengan temperatur perkerasan rata-rata tahunan daerah tertentu (cm)

H_o = Tebal lapis tambah, sebelum dikoreksi dengan temperatur perkerasan rata-rata tahunan daerah tertentu (cm)

F_o = Faktor koreksi tebal lapis tambah



Gambar 3.4 Faktor Korelasi Tebal Lapis Tambah/Overlay (Fo)

Sumber : Badan Litbang DPU, Pd. T-05-2005-B

8. Jenis Lapis Tambah

Pedoman Pd. T-05-2005-B ini berlaku untuk lapis tambah dengan Laston, yaitu modulus resilien (MR) sebesar 2000 MPa dan Stabilitas Marshall minimum 800 kg. Nilai modulus resilien (MR) diperoleh berdasarkan pengujian UMATTA atau alat lain dengan temperatur pengujian 25°C. Apabila jenis campuran beraspal untuk lapis tambah menggunakan Laston Modifikasi dan Lataston atau

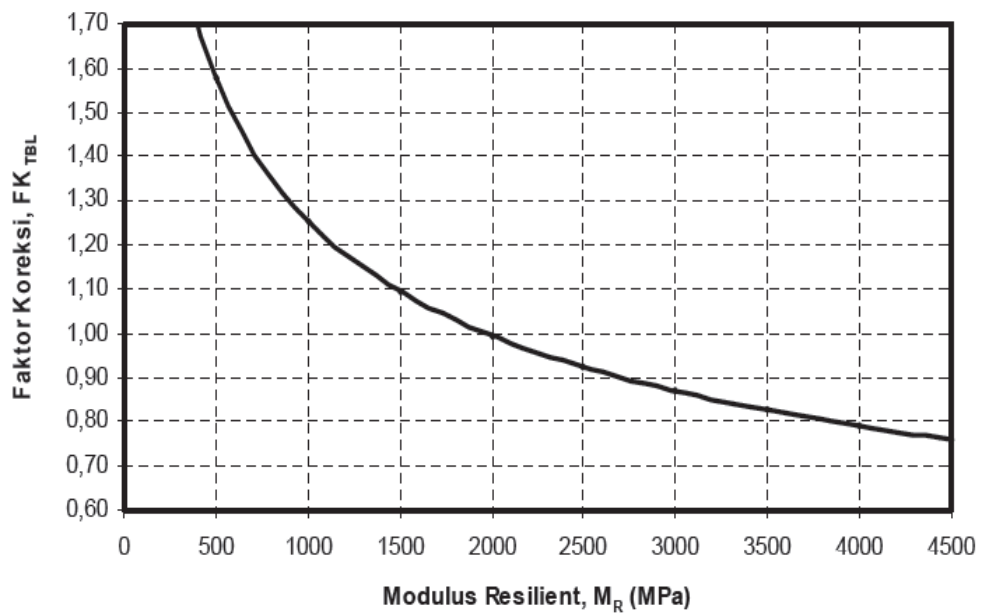
campuran beraspal yang mempunyai sifat berbeda (termasuk untuk Laston) dapat menggunakan faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian (FK_{TBL}) sesuai Persamaan 3.24 atau Gambar 3.17 dan Tabel 3.9

$$FK_{TBL} = 12,51 \times M_R^{(-0,333)} \dots\dots\dots(3.24)$$

Keterangan:

FK_{TBL} = Faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian

M_R = Modulus resilien (MPa)



Gambar 3.5 Faktor Korelasi Tebal Lapis Tambah/Overlay (F_o)

Sumber: Badan Litbang DPU, Pd. T-05-2005-B.

Tabel 3.7 Faktor Koreksi Tebal Lapis Tambah Penyesuaian (FK_{TBL})

Jenis Lapisan	Modulus Resilien, M_R (MPa)	Stabilitas Marshall (Kg)	FK_{TBL}
Laston Modifikasi	3000	Min. 1000	0,85
Laston	2000	Min. 800	1,00
Laston	1000	Min. 800	1,23

Sumber: Badan Litbang DPU, Pd. T-05-2005-B.

C. Menghitung Parameter Tebal lapis Permukaan Structural Number (SN) dan Modulus Elastisitas dengan Metode AASHTO 1993

Metode Aashto (1993) ini pada dasarnya adalah metode perencanaan yang didasarkan pada metode empiris. Parameter yang dibutuhkan dalam perencanaan dengan metode Aashto antara lain:

a. Structural Number (SN)

Structural number (SN) merupakan fungsi dari ketebalan lapisan, koefisien relatif lapisan (*layer coefficients*), dan koefisien drainase (*drainage coefficients*).

Persamaan untuk structural number adalah sebagai berikut:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \dots\dots\dots (3.25)$$

di mana :

a_1 = koefisien relatif lapis ke-i

D_2 = tebal masing-masing lapis perkerasan ke-i (cm)

M_2 = koefisien drainase lapis ke-i

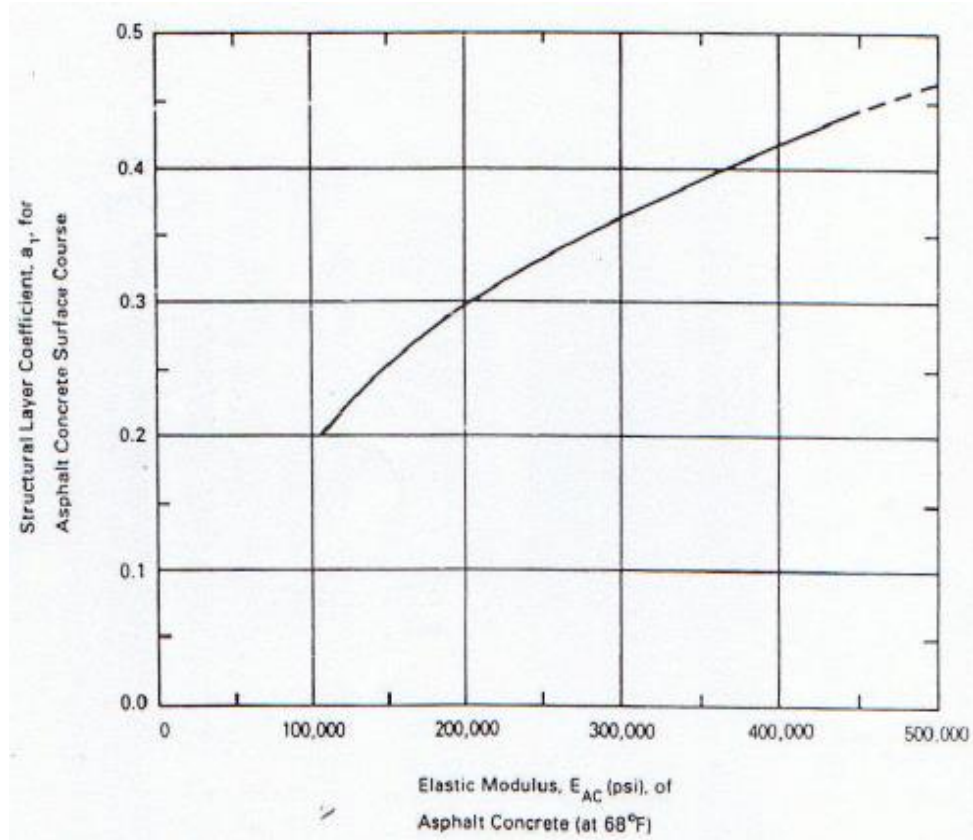
SN = *structural number*

b. Koefisien kekuatan relatif

Berdasarkan jenis dan fungsi material lapis perkerasan, estimasi koefisien kekuatan relatif dikelompokkan ke dalam 5 kategori, yaitu: beton aspal (*asphalt concrete*), lapis pondasi granular (*granular subbase*), *cement-treated base* (CTB), dan *asphalt-treated base* (ATB). Untuk mencari koefisien relatif dari 5 kategori tersebut diatas menggunakan grafik yang ada yaitu sebagai berikut :

1. Lapis permukaan beton aspal (*asphalt concrete surface course*)

Lapis permukaan beton aspal dapat dilihat pada grafik yang dipergunakan untuk memperkirakan koefisien kekuatan relatif lapis permukaan berbeton aspal bergradasi rapat berdasarkan modulus elastisitas (E_{AC}) pada suhu 68°F (metode ASSHTO 4123) pada Gambar 3.6 disarankan agar berhati-hati untuk nilai modulus diatas 450.000 psi. Meskipun modulus beton aspal yang lebih tinggi, lebih kaku dan lebih tahan terhadap lenturan akan tetapi, lebih rentan terhadap retak.

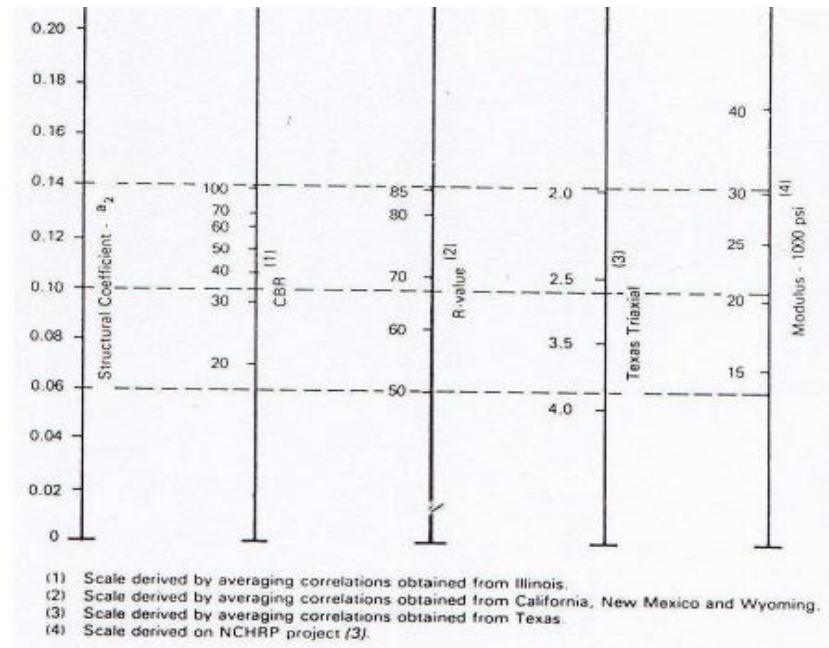


Gambar 3.6 Grafik untuk memperkirakan koefisien kekuatan relatif lapis permukaan beton aspal (a_1)

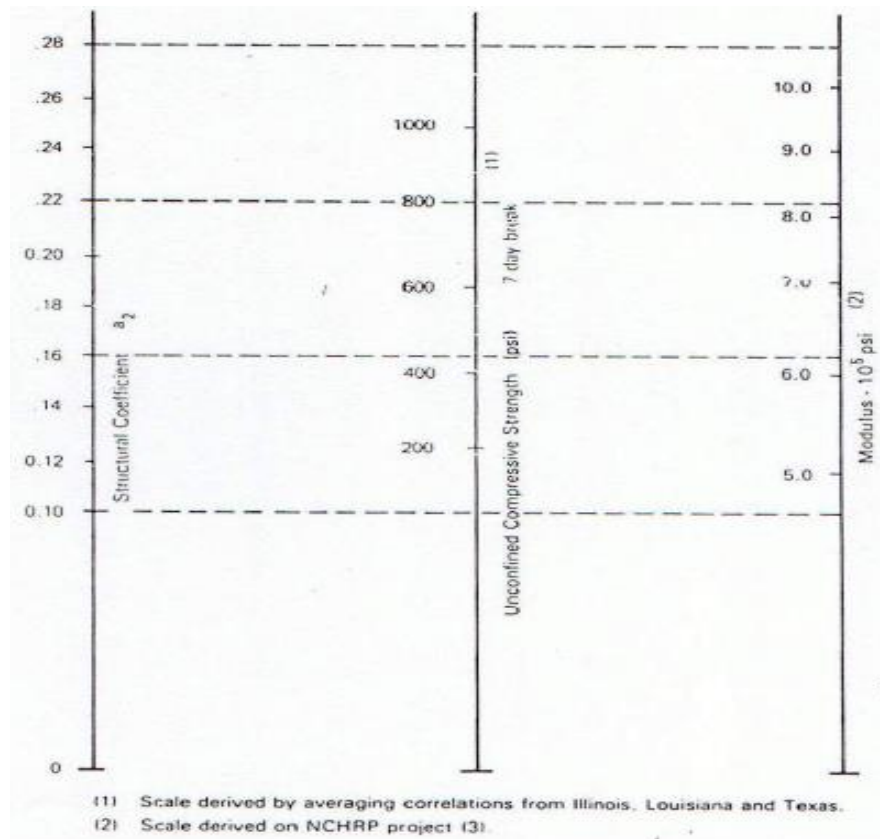
2. Lapis pondasi granular (*granular base layer*)

Lapis pondasi granular aspal dan lapis pondasi granular bersemen atau koefisien kekuatan relatif a_2 dapat di perkirakan dengan menggunakan grafik Gambar 3.7 dan Gambar 3.8 atau di hitung dengan menggunakan persamaan 3.26 .

$$A_2 = 0,249 (\log_{10} E_{BS}) - 0,977 \dots \dots \dots (3.26)$$



Gambar 3.7 Grafik variasi koefisien kekuatan relatif lapis pondasi granular(a2)

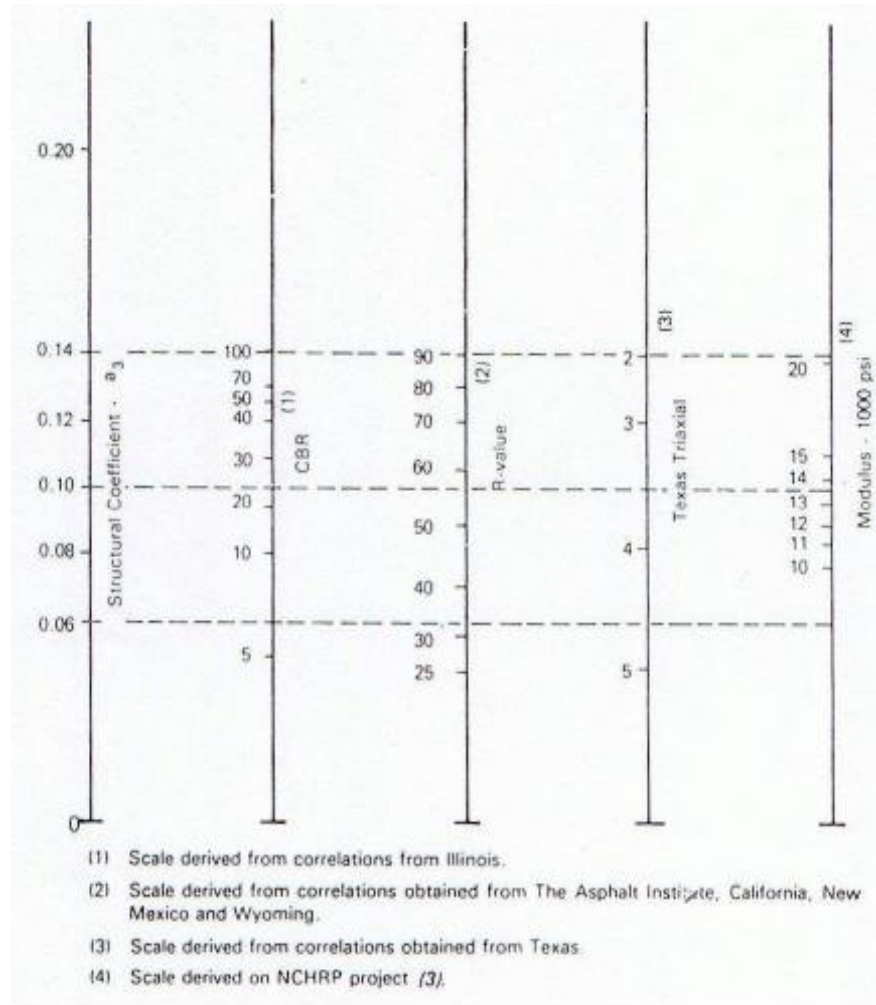


Gambar 3.8 Grafik variasi koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bersemen (a2)

3. Lapis pondasi bawah (*granular subbase layer*)

Lapis pondasi bawah granular a_3 dapat di perkirakan dengan menggunakan Gambar 3.9 atau dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3. 27.

$$A_3 = 0,227 (\log_{10}E_{BS}) - 0,839 \dots\dots\dots(3.27)$$



Gambar 3.9 Grafik variasi koefisien kekuatan relatif lapis pondasi granular (a3)

b) Koefisien drainasi

Untuk mengakomodasi kualitas sistim drainasi yang dimiliki perkerasan jalan dirincikan pada tabel 3.8 Kualitas drainasi pada perkerasan lentur di perhitungkan dalam perencanaan dengan menggunakan koefisien relatif yang dimodifikasi. Faktor untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif ini adalah koefisien drainasi (m) dan disertakan kedalam persamaan indeks tebal

pekerasan (ITP) bersama-sama dengan koefisien kekuatan relatif (a) dan ketebalan (D). Tabel 3.9 memperlihatkan nilai koefisien drainasi (m) yang merupakan fungsi dari kualitas drainasi dan persen waktu selama setahun struktur perkerasan akan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh.

Tabel 3.8 Definisi kualitas drainasi

Kualitas drainasi	Air hilang dalam
Baik sekali	2 Jam
Baik	1 Hari
Sedang	1 Minggu
Jelek	1 Bulan
Jelek sekali	Air tidak akan mengalir

Sumber: Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

Pt T- 01-2002 B

Tabel 3.9 Koefisien drainasi (m) untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif material untreated base dan subbase pada perkerasan lentur

Kualitas drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1 %	1-5 %	5-25%	> 25 %
Baik sekali	1,40 – 1,30	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Baik	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Sedang	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Jelek	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Jelek sekali	1,05 – 0,95	0,80 – 0,75	0,60 – 0,40	0,40

Sumber: Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T- 01-2002 B

b. Lalu lintas

Menurut Siegfried (2007), prosedur perencanaan untuk parameter lalu lintas didasarkan pada kumulatif beban gandar standar ekuivalen (*Equivalent Standard Axle Load*, ESAL). Perhitungan untuk ESAL ini didasarkan pada konversi lalu lintas yang lewat terhadap beban gandar standar 8,16 kN dan mempertimbangkan umur rencana, volume lalu lintas, faktor distribusi lajur, serta faktor bangkitan lalu lintas (*growth factor*).

c. Reliability

Menurut Sukirman (1999), reliabilitas adalah nilai probabilitas dari kemungkinan tingkat pelayanan dapat dipertahankan selama masa pelayanan dipandang dari si pemakai jalan. Reliabilitas adalah nilai jaminan bahwa

perkiraan beban lalu lintas yang akan memakai jalan tersebut dapat dipenuhi. Reliabilitas dinyatakan dalam tingkat reliabilitas (*level of reliability*).

Tabel 3. 10 Rekomendasi Tingkat Realibilitas Untuk Berbagai macam Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan	Rekomendasi tingkat realibilitas	
	Perkotaan	Antar kota
Bebas hambatan	85 – 99,9	80 – 99,5
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 - 95	75 – 95
Lokal	50 - 80	50- 80

Sumber : Sumber: Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

Pt T- 01-2002 B

d. Faktor Lingkungan

Persamaan-persamaan yang di gunakan untuk perencanaan ASSTHO didasarkan atas hasil pengujian dan pengamatan pada jalan percobaan selama lebih kurang 2 tahun, pengaruh jangka panjang dari temperatur dan kelembapan pada penurunan serviceability belum di pertimbangkan, faktor lingkungan ini adalah pengaruh dari kondisi swell dan frost heave di pertimbangkan, maka penurunan serviceability dipertimbangkan selama analisis yang kemudian berpengaruh pada umur rencana.

e. *Serviceability*

Menurut Siegfried (2007), *serviceability* tingkat pelayanan yang diberikan oleh sistem perkerasan yang dirasakan pengguna jalan. Parameter *serviceability* utama adalah *Present Serviceability Index* (PSI). *Serviceability* penentu tingkat pelayanan fungsional suatu sistem perkerasan jalan.