Prakata

Pedoman perencanaan tebal lapis tambah perkerasan lentur dengan metode lendutan dipersiapkan oleh Panitia Teknik Standardisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan melalui Gugus Kerja Bidang Perkerasan Jalan pada Sub Panitia Teknik Standardisasi Bidang Prasarana Transportasi. Pedoman ini diprakarsai oleh Pusat Litbang Prasarana Transportasi, Badan Litbang ex. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Pedoman ini merupakan revisi Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan Dengan Alat Benkelman Beam (01/MN/B/1983) dan selain berlaku untuk data lendutan yang diperoleh berdasarkan alat *Benkelman Beam* juga berlaku untuk data lendutan yang diperoleh dengan alat *Falling Weight Deflectometer*.

Di samping mengacu pada Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan Dengan Alat Benkelman Beam (01/MN/B/1983) dan hasil penelitian, pedoman ini mengaacu juga pada Metoda Pengujian Lendutan Perkerasan Lentur Dengan Alat Benkelman Beam (SNI 07-2416-1991), dan Perencanaan Tebal Perkerasan dengan Analisa Komponen (SNI 03-1732-1989).

Pedoman ini digunakan sebagai rujukan bagi perencana, pelaksana dan pengawas kegiatan peningkatan jalan.

Tata Cara penulisan ini disusun mengikuti Pedoman BSN No. 8 th. 2000 dan dibahas dalam forum konsensus yang melibatkan narasumber, pakar dan stakeholder Prasarana Transportasi sesuai ketentuan Pedoman BSN No. 9 tahun 2000.

Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum

BACK

Daftar RSNI 2006

Pendahuluan

Pedoman perencanaan tebal lapis tambah dengan metode lendutan dengan menggunakan alat *Falling Deflectometer (FWD)* belum dibuat NSPM nya sedangkan Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan Dengan Alat Benkelman Beam (01/MN/B/1983) dipandang perlu direvisi karena ada beberapa parameter yang perlu penyesuaian. Salah satu penyesuaian yang perlu dilakukan adalah pada grafik atau rumus tebal lapis tambah/overlay. Rumus atau grafik overlay yang terdapat dalam pedoman dan manual tersebut berbentuk asimtot dan lendutan setelah lapis tambah terbatas sebesar 0,5 mm. Hal ini tidak realistis terutama untuk perencanaan perkerasan yang melayani lalu lintas padat dan berat. Berdasarkan perencanaan dengan cara mekanistik (teori elastis linier) yang mengatakan bahwa kebutuhan kekuatan struktur perkerasan yang dicerminkan dengan besaran lendutan sejalan dengan akumulasi beban lalu lintas rencana, maka makin banyak lalu lintas yang akan dilayani, lendutan rencana harus makin kecil.

Upaya untuk memenuhi tuntutan tersebut perlu disusun pedoman perencanaan tebal lapis tambah dengan metode lendutan yang disesuaikan dengan kondisi lalu lintas dan lingkungan di Indonesia.

Saat ini acuan yang ada adalah Tata Cara Pemeriksaan Lendutan dengan alat Benkelman Beam (SNI 07-2416-1991), Perencanaan Tebal Perkerasan dengan Analisa Komponen (SNI 03-1732-1989) dan Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan Dengan Alat Benkelman Beam (01/MN/B/1983).

Dengan telah diberlakukannya pedoman ini maka Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan Dengan Alat Benkelman Beam (01/MN/B/1983) tidak berlaku lagi.
Pedoman ini diharapkan akan memberikan keterangan yang cukup bagi perencana, pelaksana dan pengawas dalam perencanaan atau perhitungan tebal lapis tambah untuk konstruksi perkerasan lentur.

Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum

BACK

Daftar RSNI 2006

Pedoman perencanaan tebal lapis tambah perkerasan lentur dengan metode lendutan

1 Ruang lingkup

Pedoman ini menetapkan kaidah-kaidah dan tata cara perhitungan lapis tambah perkerasan lentur berdasarkan kekuatan struktur perkerasan yang ada yang diilustrasikan dengan nilai lendutan. Pedoman ini memuat deskripsi berbagai faktor dan parameter yang digunakan dalam perhitungan serta memuat contoh perhitungan.
Perhitungan tebal lapis tambah yang diuraikan dalam pedoman ini hanya berlaku untuk konstruksi perkerasan lentur atau konstruksi perkerasan dengan lapis pondasi agregat dengan lapis permukaan menggunakan bahan pengikat aspal.
Penilaian kekuatan struktur perkerasan yang ada, didasarkan atas lendutan yang dihasilkan dari pengujian lendutan langsung dengan menggunakan alat *Falling Weight Deflectometer (FWD)* dan lendutan balik dengan menggunakan alat *Benkelman Beam (BB)*.

2 Acuan normatif

– SNI 03-1732-18-989, *Perencanaan tebal perkerasan dengan analisa komponen*

– SNI 03-2416-1991, *Metoda pengujian lendutan perkerasan lentur dengan alat Benkelman Beam*

3 Istilah dan definisi

Istilah dan definisi yang digunakan dalam pedoman ini sebagai berikut :

3.1

angka ekivalen beban sumbu kendaraan (E)

angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban sumbu standar

3.2

Benkelman Beam (BB)

alat untuk mengukur lendutan balik dan lendutan langsung perkerasan yang menggambarkan kekuatan struktur perkerasan jalan

3.3

CESA (Cummulative Equivalent Standard Axle)

akumulasi ekivalen beban sumbu standar selama umur rencana

3.4

Falling Weight Deflectometer (FWD)

alat untuk mengukur lendutan langsung perkerasan yang menggambarkan kekuatan struktur perkerasan jalan

Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum

3.5

Laston

campuran beraspal dengan gradasi agregat gabungan yang rapat/menerus dengan menggunakan bahan pengikat aspal keras tanpa dimodifikasi *(Straight Bitumen*)

3.6

Laston modifikasi

campuran beraspal dengan gradasi agregat gabungan yang rapat/menerus dengan menggunakan bahan pengikat aspal keras yang dimodifikasi (seperti aspal polimer, aspal multigrade dan aspal keras yang dimodifikasi asbuton)

3.7

Lataston

campuran beraspal dengan gradasi agregat gabungan yang senjang dengan menggunakan bahan pengikat aspal keras tanpa dimodifikasi *(Straight Bitumen*)

3.8

lendutan maksimum (*maximum deflection*)

besar gerakan turun vertikal maksimum suatu permukaan perkerasan akibat beban

3.9

lendutan balik (*rebound deflection*)

besar lendutan balik vertikal suatu permukaan perkerasan akibat beban dipindahkan

3.10

lendutan langsung

besar lendutan vertikal suatu permukaan perkerasan akibat beban langsung

3.11

lendutan rencana/ijin

besar lendutan rencana atau yang diijinkan sesuai dengan akumulasi ekivalen beban sumbu standar selama umur rencana (*Cummulative Equivalent Standard Axle, CESA*)

3.12

pusat beban (*load center*)

letak beban pada permukaan perkerasan yang berada tepat dibawah garis sumbu gandar belakang dan ditengah-tengah ban ganda sebuah truk

3.13

perkerasan jalan

konstruksi jalan yang diperuntukan bagi lalu lintas yang terletak diatas tanah dasar

Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum

3.14

perkerasan lentur

konstruksi perkerasan jalan yang dibuat dengan menggunakan lapis pondasi agregat dan lapis permukaan dengan bahan pengikat aspal

3.15

tebal lapis tambah (*overlay*)

lapis perkerasan tambahan yang dipasang di atas konstruksi perkerasan yang ada dengan tujuan meningkatkan kekuatan struktur perkerasan yang ada agar dapat melayani lalu lintas yang direncanakan selama kurun waktu yang akan datang

4 Simbol dan singkatan

- **C** : koefisien distribusi kendaraan
- **Ca** : faktor pengaruh muka air tanah
- $\mathbf{D_{rencana}}$: lendutan rencana
- $\mathbf{D_{sbl\ ov}}$: lendutan sebelum overlay
- $\mathbf{D_{stl\ ov}}$: lendutan setelah overlay
- $\mathbf{D_{wakil}}$: lendutan wakil
- **d** : lendutan
- $\mathbf{d_1}$: lendutan pada saat beban tepat pada titik pengukuran
- $\mathbf{d_3}$: lendutan pada saat beban berada pada jarak 6 meter dari titik pengukuran
- $\mathbf{d_{f1}}$: lendutan langsung pada pusat beban
- $\mathbf{d_L}$: lendutan langsung
- $\mathbf{d_R}$: lendutan rencana
- **E** : ekivalen beban sumbu kendaraan
- **FK** : faktor keseragaman
- $\mathbf{FK_{ijin}}$: faktor keseragaman yang diijinkan
- **Fo** : faktor koreksi tebal lapis tambah atau overlay
- **Ft** : faktor penyesuaian lendutan terhadap temperatur standar 35^{o}C
- $\mathbf{FK_{B\text{-}BB}}$: faktor koreksi beban uji *Benkelman Beam (BB)*
- $\mathbf{FK_{B\text{-}FWD}}$: faktor koreksi beban uji *Falling Weight Deflectometer (FWD)*
- $\mathbf{FK_{TBL}}$: faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian (untuk Laston Modifikasi atau Lataston)
- **Ho** : tebal lapis tambah sebelum dikoreksi
- $\mathbf{H_L}$: tebal lapis beraspal
- **Ht** : tebal lapis tambah setelah dikoreksi
- **L** : lebar perkearasan
- **MP** : mobil penumpang
- **m** : jumlah masing-masing jenis kendaraan
- $\mathbf{M_R}$: modulus resilien
- **N** : faktor hubungan antara umur rencana dengan perkembagan lalu lintas
- **n** : umur rencana
- $\mathbf{n_s}$: jumlah titik pemeriksaan pada suatu seksi jalan
- **r** : angka pertumbuhan lalu lintas
- **S** : deviasi standar atau simpangan baku
- **SDRG** : Sumbu Dual Roda Ganda
- **STRG** : Sumbu Tunggal Roda Ganda
- **STRT** : Sumbu Tunggal Roda Tunggal

Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum

- **STrRG** : Sumbu Triple Roda Ganda
- **TPRT** : Temperatur Perkerasan Rata-rata Tahunan
- **T_b** : temperatur bawah lapis beraspal
- **T_L** : temperatur lapis beraspal
- **T_p** : temperatur permukaan perkerasan beraspal
- **T_t** : temperatur tengah lapisan beraspal
- **T_u** : temperatur udara

5 Ketentuan perhitungan

5.1 Lalu lintas

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 1.

Tabel 1 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur
L < 4,50 m	1
4,50 m ≤ L < 8,00 m	2
8,00 m ≤ L < 11,25 m	3
11,25 m ≤ L < 15,00 m	4
15,00 m ≤ L < 18,75 m	5
18,75 m ≤ L < 22,50 m	6

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana ditentukan sesuai Tabel 2.

Tabel 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

Keterangan : *) Mobil Penumpang
**) Truk dan Bus

b) Ekivalen beban sumbu kendaraan (E).

Angka ekivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut Rumus 1, 2, 3 dan 4 atau pada Tabel 3.

$$\text{Angka ekivalen STRT} = \left[\frac{\text{beban sumbu (ton)}}{5{,}40}\right]^4 \quad \text{..... (1)}$$

Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum

BACK
Daftar RSNI 2006

$$\text{Angka ekivalen STRG} = \left[\frac{\text{beban sumbu (ton)}}{8{,}16}\right]^4 \quad \text{..... (2)}$$

$$\text{Angka ekivalen SDRG} = \left[\frac{\text{beban sumbu (ton)}}{13{,}76}\right]^4 \quad \text{..... (3)}$$

$$\text{Angka ekivalen STrRG} = \left[\frac{\text{beban sumbu (ton)}}{18{,}45}\right]^4 \quad \text{..... (4)}$$

Tabel 3 Ekivalen beban sumbu kendaraan (E)

Beban sumbu (ton)	Ekivalen 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
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

c) Faktor umur rencana dan perkembangan lalu lintas

Faktor hubungan umur rencana dan perkembangan lalu lintas ditentukan menurut Rumus 5 atau Tabel 4 dibawah ini.

$$N = \frac{1}{2}\left[1 + (1+r)^n + 2(1+r)\frac{(1+r)^{n-1} - 1}{r}\right] \quad \text{..... (5)}$$

Badan Litbang PU - Pusat Penelitian Pekerjaan Umum

Tabel 4 Faktor hubungan antara 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

d) Akumulasi ekivalen beban sumbu standar (CESA)

Dalam menentukan akumulasi beban sumbu lalu lintas (CESA) selama umur rencana ditentukan dengan Rumus 6.

$$CESA = \sum_{Traktor-Trailer}^{MP} mx365xExCx\ N \quad \text{..... (6)}$$

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)
C = koefisien distribusi kendaraan (Tabel 2)
N = Faktor hubungan umur rencana yang sudah disesuaikan dengan perkembangan lalu lintas (Tabel 4)

5.2 Lendutan

Lendutan yang digunakan dalam perhitungan ini adalah lendutan hasil pengujian dengan alat *Falling Weight Deflectometer (FWD) atau Benkelman Beam (BB).* Apabila pada waktu pengujian lendutan ditemukan data yang meragukan maka pada lokasi atau titik tersebut dianjurkan untuk dilakukan pengujian ulang atau titik pengujian dipindah pada lokasi atau titik disekitarnya.

5.2.1 Lendutan dengan *Falling Weight Deflectometr (FWD)*

Lendutan yang digunakan adalah lendutan pada pusat beban (d_{f1}). Nilai lendutan ini harus dikoreksi dengan faktor muka air tanah (faktor musim) dan koreksi temperatur serta faktor koreksi beban uji (bila beban uji tidak tepat sebesar 4,08 ton). Besarnya lendutan langsung adalah sesuai Rumus 7.

$d_L = d_{f1} \times Ft \times Ca \times FK_{B\text{-}FWD}$ ..... (7)

Digital Library Departemen Pekerjaan Umum

BACK
Daftar RSNI 2006

dengan pengertian :

d_L = lendutan langsung (mm)

d_{f1} = lendutan langsung pada pusat beban (mm)

Ft = faktor penyesuaian lendutan terhadap temperatur standar 35^0C, yaitu sesuai Rumus 8, untuk tebal lapis beraspal (H_L) lebih kecil 10 cm atau Rumus 9, untuk tebal lapis beraspal (H_L) lebih besar atau sama dengan 10 cm atau menggunakan Tabel 5 atau pada Gambar 1 (Kurva A untuk $H_L < 10$ cm dan Kurva B untuk $H_L \geq 10$ cm).

= $4{,}184 \times T_L^{-0{,}4025}$, untuk $H_L < 10$ cm ..... (8)

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

T_L = temperatur lapis beraspal, diperoleh dari hasil pengukuran langsung dilapangan atau dapat diprediksi dari temperatur udara,yaitu:

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

T_p = temperatur permukaan lapis beraspal

T_t = temperatur tengah lapis beraspal atau dari Tabel 6

T_b = temperatur bawah lapis beraspal atau dari Tabel 6

Ca = faktor pengaruh muka air tanah (faktor musim)

= 1,2 ; bila pemeriksaan dilakukan pada musim kemarau atau muka air tanah rendah

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

$FK_{B\text{-}FWD}$ = faktor koreksi beban uji *Falling Weight Deflectometer (FWD)*

= $4{,}08 \times (\text{Beban Uji dalam ton})^{(-1)}$ ..... (11)

Cara pengukuran lendutan dengan alat FWD mengacu pada Petunjuk Pengujian Lendutan Perkerasan Lentur Dengan Alat *Falling Weight Deflectometer* (Dadang AS-Pustran, 2003) dan gambar alat *Falling Weight Deflectometer (FWD)* ditunjukkan pada Gambar C1 pada Lampiran C.

5.2.2 Lendutan dengan *Benkelman Beam (BB)*

Lendutan yang digunakan untuk perencanaan adalah lendutan balik. 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 adalah sesuai Rumus 12.

$d_B = 2 \times (d_3 - d_1) \times Ft \times Ca \times FK_{B\text{-}BB}$ ..... (12)

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 titik pengukuran

Ft = faktor penyesuaian lendutan terhadap temperatur standar 35^0C, sesuai Rumus 8, untuk tebal lapis beraspal (H_L) lebih kecil 10 cm atau Rumus 9, untuk tebal lapis beraspal (H_L) lebih besar atau sama dengan 10 cm atau menggunakan Tabel 5 atau pada Gambar 1 (Kurva A untuk $H_L < 10$ cm dan Kurva B untuk $H_L \geq 10$ cm).

T_L = temperatur lapis beraspal, diperoleh dari hasil pengukuran langsung dilapangan atau dapat diprediksi dari temperatur udara,yaitu:

$T_L = 1/3\ (T_p + T_t + T_b)$ ..... (13)

T_p = temperatur permukaan lapis beraspal

T_t = temperatur tengah lapis beraspal atau dari Tabel 6

T_b = temperatur bawah lapis beraspal atau dari Tabel 6

Ca = faktor pengaruh muka air tanah (faktor musim)

= 1,2 ; bila pemeriksaan dilakukan pada musim kemarau atau muka air tanah rendah

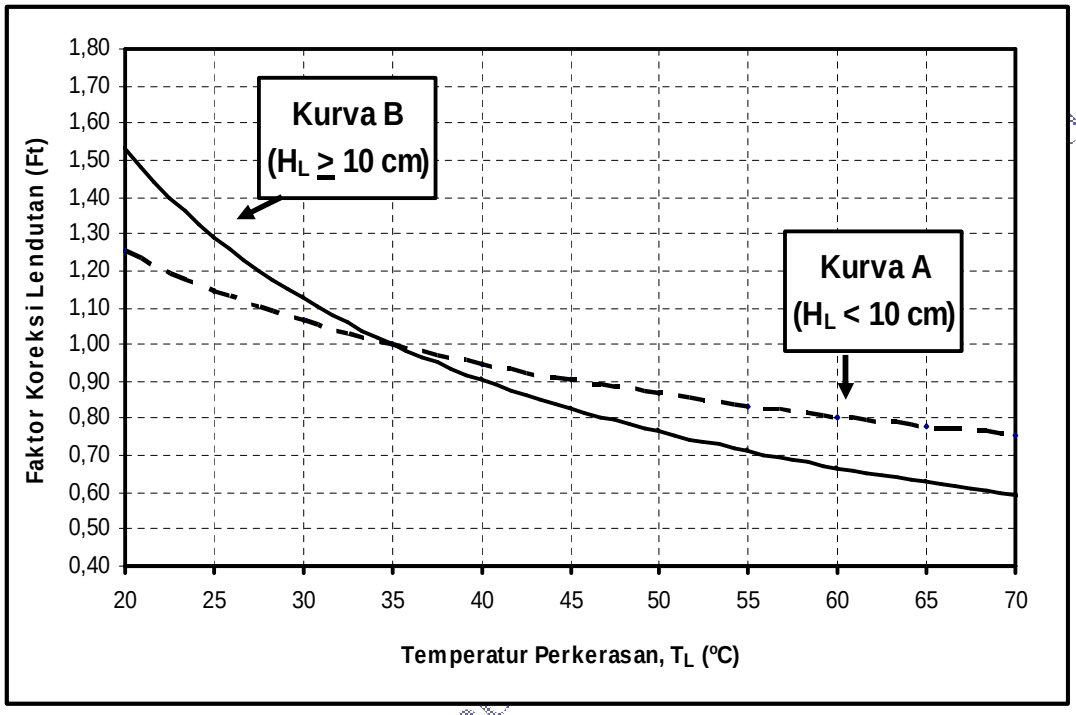
= 0,9 ; bila pemeriksaan dilakukan pada musim hujan atau muka air tanah tinggi

Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum

$FK_{B\text{-}BB}$ = faktor koreksi beban uji *Benkelman Beam (BB)*

= 77,343 x (Beban Uji dalam ton)$^{(-2,0715)}$ ..... (14)

Cara pengukuran lendutan balik mengacu pada SNI 03-2416-1991 (Metoda Pengujian Lendutan Perkerasan Lentur Dengan Alat Benkelman Beam) dan gambar alat *Benkelman Beam (BB)* ditunjukkan pada Gambar C2 pada Lampiran C.



Gambar 1 Faktor koreksi lendutan terhadap temperatur standar (Ft)

Tabel 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 ($H_L \geq$ 10 cm)		Kurva A (H_L < 10 cm)	Kurva B ($H_L \geq$ 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

Badan Litbang PU

Catatan :

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

Tabel 6 Temperatur tengah (T_t) dan bawah (T_b) lapis beraspal berdasarkan data temperatur udara (T_u) dan temperatur permukaan (T_p)

$T_u + T_p$ (^oC)	Temperatur lapis beraspal (^oC) 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
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

Badan Litbang PU - Departemen Pekerjaan Umum

5.3 Keseragaman lendutan

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 Rumus 15 sebagai berikut:

$$FK = \frac{s}{d_R} \times 100\% < FK \text{ ijin} \quad \text{..... (15)}$$

dengan pengertian :

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

$$= \frac{\sum_{1}^{n_s} d}{n_s} \quad \text{..... (16)}$$

s = deviasi standar = simpangan baku

$$= \sqrt{\frac{n_s\left(\sum_{1}^{n_s} d^2\right) - \left(\sum_{1}^{n_s} d\right)^2}{n_s(n_s - 1)}} \quad \text{..... (17)}$$

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

5.4 Lendutan wakil

Untuk menentukan besarnya lendutan yang mewakili suatu sub ruas/seksi jalan, digunakan Rumus 18, 19 dan 20 yang disesuaikan dengan fungsi/kelas jalan, yaitu:

– $D_{wakil} = d_R + 2\,s$; untuk jalan arteri / tol (tingkat kepercayaan 98%) ..... (18)
– $D_{wakil} = d_R + 1{,}64\,s$; untuk jalan kolektor (tingkat kepercayaan 95%) ..... (19)
– $D_{wakil} = d_R + 1{,}28\,s$; untuk jalan lokal (tingkat kepercayaan 90%) ..... (20)

dengan pengertian :

D_{wakil} = lendutan yang mewakili suatu seksi jalan
d_R = lendutan rata-rata pada suatu seksi jalan sesuai Rumus 16
s = deviasi standar sesuai Rumus 17

5.5 Faktor koreksi tebal lapis tambah

Tebal lapis tambah/overlay yang diperoleh adalah berdasarkan temperatur standar 35°C, maka untuk masing-masing daerah perlu dikoreksi karena memiliki temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) yang berbeda. Data temperatur perkerasan rata-rata tahunan untuk setiap daerah atau kota ditunjukkan pada Lampiran A, sedangkan faktor koreksi tebal lapis tambah/overlay (Fo) dapat diperoleh dengan Rumus 21 atau menggunakan Gambar 2.

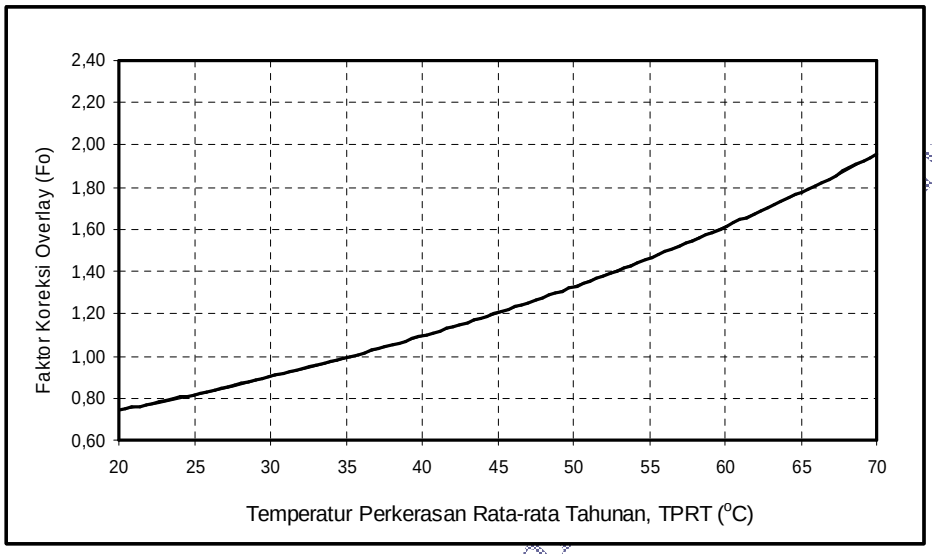
Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum

$$Fo = 0{,}5032 \text{ x } EXP^{(0{,}0194 \text{ x } TPRT)} \quad \text{.....} \quad (21)$$

dengan pengertian :

Fo = faktor koreksi tebal lapis tambah/overlay

TPRT = temperatur perkerasan rata-rata tahunan untuk daerah/kota tertentu (Tabel A1 pada Lampirn A)



Gambar 2 Faktor koreksi tebal lapis tambah/overlay (Fo)

5.6 Jenis lapis tambah

Pedoman ini berlaku untuk lapis tambah dengan Laston, yaitu modulus resilien (M_R) sebesar 2000 MPa dan Stabilitas Marshall minimum 800 kg. Nilai modulus resilien (M_R) 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 Rumus 22 atau Gambar 3 dan Tabel 7.

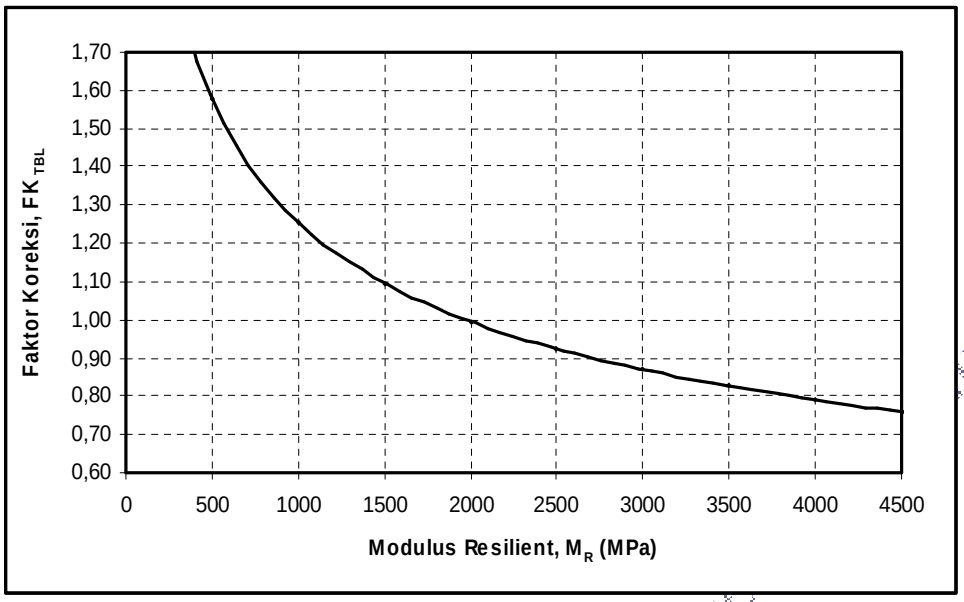
$$FK_{TBL} = 12{,}51 \text{ x } M_R^{-0{,}333} \quad \text{.....} \quad (22)$$

dengan pengertian :

FK_{TBL} = faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian

M_R = Modulus Resilien (MPa)

Badan Litbang PU Departemen PU



Gambar 3 Faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian (FK_{TBL})

Tabel 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
Lataston	1000	min. 800	1,23

6 Prosedur perhitungan

Perhitungan tebal lapis tambah yang disarankan pada pedoman ini adalah berdasarkan data lendutan yang diukur dengan alat FWD atau BB. Pengukuran lendutan dengan alat FWD disarankan dilakukan pada jejak roda luar (jejak roda kiri) dan untuk alat BB pada kedua jejak roda (jejak roda kiri dan jejak roda kanan). Pengukuran lendutan pada perkerasan yang mengalami kerusakan berat dan deformasi plastis disarankan dihindari.

Perhitungan tebal lapis tambah perkerasan lentur dapat menggunakan rumus-rumus atau gambar-gambar yang terdapat pada pedoman ini. Tahapan perhitungan tebal lapis tambah adalah sebagai berikut:

a) hitung repetisi beban lalu-lintas rencana (CESA) dalam ESA;

b) hitung lendutan hasil pengujian dengan alat FWD atau BB dan koreksi dengan faktor muka air tanah (faktor musim, Ca) dan faktor temperatur standar (Ft) serta faktor beban uji ($FK_{B\text{-}FWD}$ untuk pengujian dengan FWD dan $FK_{B\text{-}BB}$ untuk pengujian dengan BB) bila beban uji tidak tepat sebesar 8,16 ton) atau sesuai Pasal 5.2;

c) tentukan panjang seksi yang memiliki keseragaman (FK) yang sesuai dengan tingkat keseragaman yang diinginkan sesuai Butir 5.3;

d) hitung Lendutan wakil (D_{wakil}) untuk masing-masing seksi jalan yang tergantung dari kelas jalan sesuai Butir 5.4;

Pusat Litbang PU Departemen PU

e) hitung lendutan rencana/ijin ($D_{rencana}$) dengan menggunakan Rumus 23 untuk lendutan dengan alat FWD dan Rumus 24 untuk lendutan dengan alat BB;

$$Drencana = 17{,}004 \times CESA^{(-0{,}2307)} \quad \text{..... (23)}$$

$$Drencana = 22{,}208 \times CESA^{(-0{,}2307)} \quad \text{..... (24)}$$

dengan pengertian :

Drencana = 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 Kurva C untuk lendutan dengan alat FWD dan Gambar 4 Kurva D untuk lendutan balik dengan alat BB.

f) hitung tebal lapis tambah/overlay (Ho) dengan menggunakan Rumus 25 atau dengan memplot pada Gambar 5.

$$Ho = \frac{\left[\text{Ln}\left(1{,}0364\right) + \text{Ln}\left(D_{sbl\ ov}\right) - \text{Ln}\left(D_{stl\ ov}\right)\right]}{0{,}0597} \quad \text{..... (25)}$$

dengan pengertian :

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

g) hitung tebal lapis tambah/overlay terkoreksi (Ht) dengan mengkalikan Ho dengan faktor koreksi overlay (Fo), yaitu sesuai dengan Rumus 26;

$$Ht = Ho \times Fo \quad \text{..... (26)}$$

dengan pengertian :

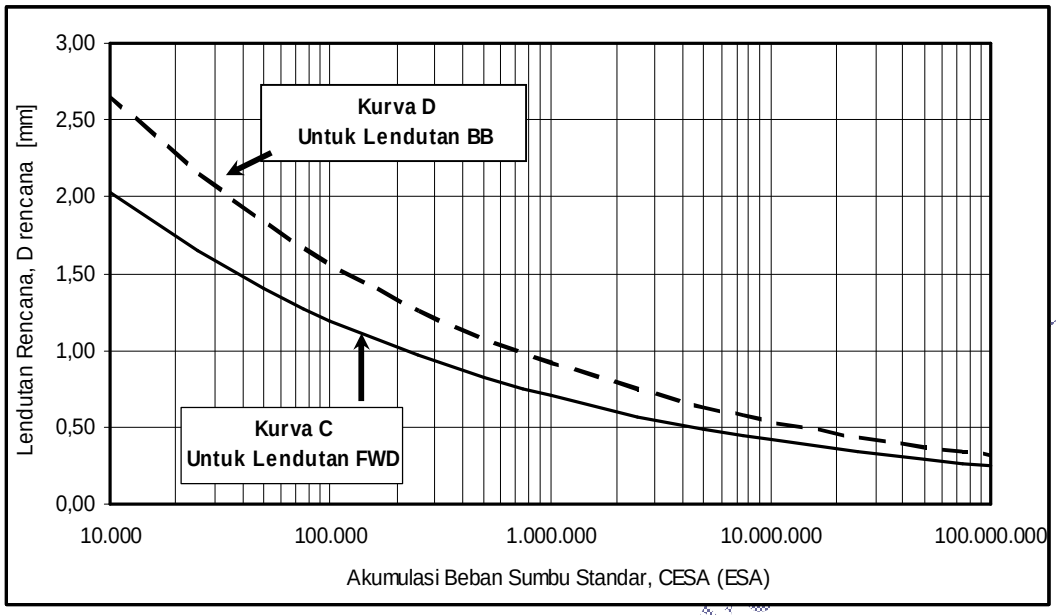
Ht = tebal lapis tambah/overlay Laston setelah dikoreksi dengan temperatur rata-rata tahunan daerah tertentu, dalam satuan centimeter.
Ho = tebal lapis tambah Laston sebelum dikoreksi temperatur rata-rata tahunan daerah tertentu, dalam satuan centimeter.
Fo = faktor koreksi tebal lapis tambah/overlay (sesuai Rumus 21 atau Gambar 2)

h) bila jenis atau sifat campuran beraspal yang akan digunakan tidak sesuai dengan ketentuan di atas maka tebal lapis tambah harus dikoreksi dengan faktor koreksi tebal tebal lapis tambah penyesuaian (FK_{TBL}) sesuai Rumus 22 atau Gambar 3 atau Tabel 7.

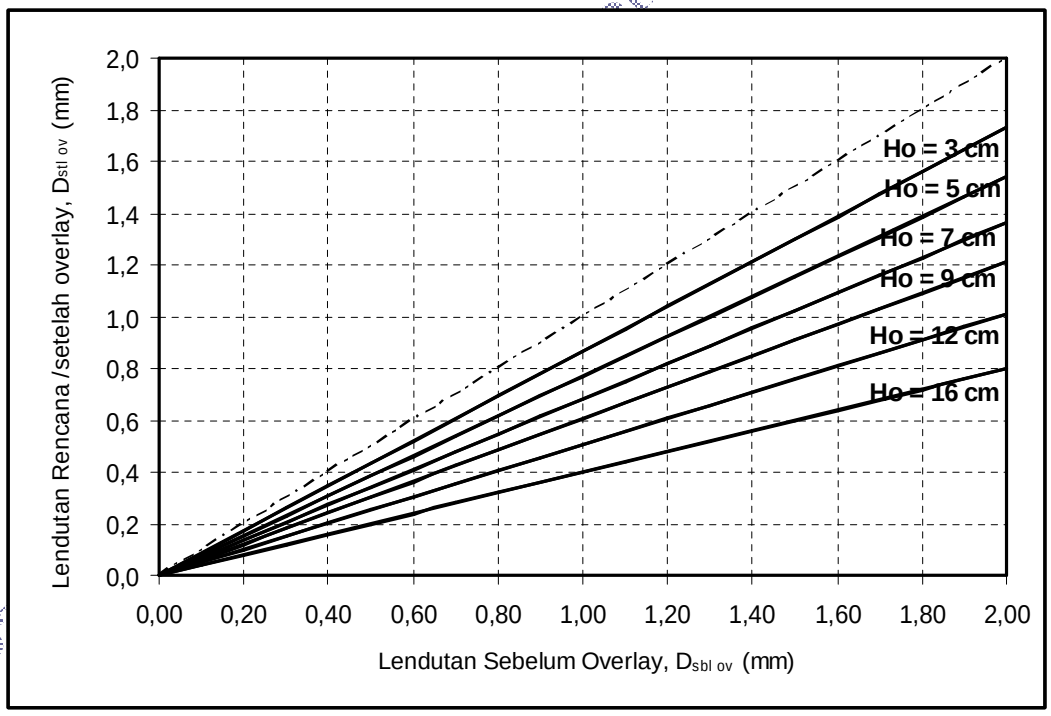
Badan Litbang PU - Departemen Pekerjaan Umum

BACK

Daftar RSNI 2006



Gambar 4 Hubungan antara lendutan rencana dan lalu-lintas



Gambar 5 Tebal lapis tambah/overlay (Ho)

Lampiran A

Temperatur Perkerasan Rata-Rata Tahunan (TPRT)

Tabel A1 Temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) untuk beberapa daerah/kota di Indonesia

NO.	KOTA	TP rata[2] (°C)
Propinsi DI Aceh		
1	BAND.CUT NYAK DIEN (MEULABOH)	34,6
2	MET. LHOKSEUMAWE (LHOKSEUMAWE)	34,9
3	PBRK.GULA COK GIREK (COK GIREK)	35,4
4	BANDARA BILANG BINTANG (BANDA ACEH)	35,5
5	KODAM I. SABANG (SABANG)	35,9
Propinsi Sumatra Utara		
1	BRASTAGI-KOTA GADUNG	24,6
2	KEB.PERCOB. BALIGE-GURGUR	24,9
3	MARIHAT ST.P.SIANTAR (PEMATANG SIANTAR)	32,7
4	ARON GLP. TIGA	32,9
5	MET.GUNUNG SITOLI (BINAKA)	34,4
6	BANDAR. PINANG SORI (SIBOLGA)	34,8
7	BANDARA POLONIA (MEDAN)	35,8
8	KLIMATOLOGI SAMPALI (SAMPALI)	35,7
9	JL.GEROPAH BELAWAN (BELAWAN-MEDAN)	36,2
Propinsi Sumatra Barat		
1	SUKARAME KEBUN PERCOB	27,8
2	PADANG PANJANG	28,0
3	RAMBATAN, BATUSANGKAR	31,5
4	SUMANI, KOTO SINGKARAK (SOLOK)	32,6
5	B. BENIH PADANG GELUGUR	33,7
6	KLIM. SICINCIN (SICINCIN PARIAMAN)	33,8
7	BANDARA TABING (PADANG)	35,0
Propinsi Riau		
1	BANDARA KIJANG (TANJUNG PINANG)	34,8
2	BANDARA SIMP. TIGA (PEKANBARU)	35,2
3	BANDARA JAYAPURA (JAPURA-RENGAT)	35,4
4	BANDARA DABO (DABO-SINGKEP)	35,8
5	BANDARA NATUNA (RANAI)	36,0
6	METEO TAREMPA (TAREMPA)	36,8

NO.	KOTA	TP rata[2] (°C)
Propinsi Jambi		
1	BAND. DEPATI PARBO (DEPATI PARBO)	28,9
2	BANDARA PALMERAH (PALMERAH JAMBI)	35,7
3	BL. BENIH PADI S.KARYA (LUBUK RUSO)	35,8
4	SEBAPO, DIPERTA KM 21(SEBAPO)	35,9
Propinsi Bengkulu		
]	BANDARA PADANG KEMILING (BENGKULU)	35
2	KLIMAT. PULAI BAI (PULAU BAI)	35
3	GEOF. KEPAHIANG (KAPAHIANG)	32,2
Propinsi Sumatra Selatan		
1	BALAI BENIH TANJUNG TEBAT LAHAT (LAHAT)	33,1
2	BANDARA TANJUNG PANDAN (TANJUNG PANDAN)	34,8
3	BALAI BENIH TUG.MULYO (LUBUK LINGGAU)	35,1
4	PANGKAL PINANG	35,4
5	BANDARA PANGKAL PINANG	35,3
6	MET. PANGKAL PINANG	35,6
7	BALAI BENIH RIAS TOBOALI	35,9
8	DIPERTA KAB.LEMATANG ILIR OT. (MUARA ENIM)	35,9
9	METEO PERTANIAN KENTEN (KENTEN)	35,9
10	PERC. KAYU AGUNG, OKI (KAYU AGUNG)	35,9
11	PALEMBANG	36,2
12	BAND.TALANG BETUTU	36,2
13	BALAI BENIH SENTRAL BLT. (BELITANG)	36,2
14	BALAI BENIH SEI PINANG OGAN. KOMERING ILIR (SEI PINANG-DEWI SRI)	36,3
15	BANDAR. TALANG BETUTU	36,4
16	SEKAYU, DIPERTA KAB.MUSI BANYUASIN	36,7
Propinsi Lampung		
1	LANUD ASTRA KSETRA	31,5
2	TANJUNG KARANG	34,8
3	BANDARA BRANTI	35,2

Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum

Tabel A1 Temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) untuk beberapa daerah/kota di Indonesia (lanjutan)

NO.	KOTA	TP rata[2] (°C)
Propinsi DKI Jakarta		
1	CENGKARENG (MET.BAND. SOEKARNO-HATTA)	35,8
2	BAND. HALIM PERDANA KUSUMAH	36,0
3	JAKARTA OBSERVATION JL.A.R.HAKIM (JAKARTA)	36,6
4	BANDARA KEMAYORAN (JAKARTA)	36,8
5	TANJUNG PRIUK (MET. MARITIM TG. PRIUK)	37,3
Propinsi Banten		
1	PELUD.BUDIARTO CURUG	35,3
2	TANGERANG	35,5
3	KLIMAT. CILEDUG JL.MEGA 1 PD BETUNG	35,6
4	SERANG (METEO SERANG)	35,9
5	GEOF. JL. TANAH TINGGI	35,9
Propinsi Jawa Barat		
1	LEMBANG	26,6
2	PANGALENGAN (CUKUR GONDANG - KEC. PANGALENGAN)	27,4
3	MET.CITEKO CISARUA	28,5
4	BANDUNG (3a + 3b)	30,5
5	GEOFISIKA JL.CEMARA 48	30,5
6	LANUMA HUSEN S.NEGARA	30,6
7	KEBUN CURUG, JASINGA	32,7
8	KUNINGAN-CRB (KEB.PERCOB. KNGN)	33,0
9	BOGOR (2a + 2b + 2c + 2d)	33,1
10	LANUD TASIKMALAYA	33,1
11	TASIKMALAYA (7a+7b)	33,2
12	LANUD ATENG SANJAYA	34,1
13	KUMAT.1.DARMAGA KP 76	34,2
14	CIPATUJAH, PERKEB. NASIONAL	34,3
15	KALIJATI-SUBANG (LANUD KALIJATI)	35,0
16	PAMANUKAN (K.P.PUSAKANEGARA)	35,0
17	CIBINONG (KEB.PERCOB.TANAMAN)	35,2
18	PURWAKARTA (CIKUMPAI, KEC.CEMPAKA)	35,4
19	SUKAMANDI	35,8
20	KERAWANG (JATISARI, JL.RAYA KALIASIN)	35,8
21	JATIWANGI (METEO. JATIWANGI)	36,3
22	JATILUHUR	36,7

NO.	KOTA	TP rata[2] (°C)
Propinsi Jawa Tengah		
1	BABADAN	24,4
2	KLEDUNG (KEB.BIBIT PURNOMOSARI)	25,2
3	KUDUS (COLO KUDUS, DIPERTA KAB. KUDUS)	30,8
4	MAGELANG (DPU PENGAIRAN SENENG)	32,3
5	SEMARANG KLIMAT, JL.SILIWANGI 291	32,4
6	WONOSOBO (WADASLINTANG, KEC WADAS LINTANG)	34,3
7	PROY.REST.CANDI BOROBUDUR	34,4
8	BANYUMAS (BOJONGSARI, KEC.KEBONG BARU)	34,6
9	JEPARA (BEJI, KEC. BANGSRI)	35,0
10	KEDU (SEMPOR, PROYEK SERBA GUNA KEDU SELATAN)	35,1
11	UNGARAN (SPMA UNGARAN)	35,2
12	SRIMARDONO	35,3
13	SENDANG HARJO	35,5
14	PURBALINGGA (KARANG KEMIRI, KEC. KEMANGKON)	35,7
15	PURWODADI (NGAMBAK KAPUNG, KEC. KEDUNGJATI	35,7
16	CILACAP (METEO CILACAP)	35,8
17	SURAKARTA (LANUD ADI SUMARNO)	35,8
18	BREBES (KERSANA, KB.BIBIT KERSN)	36,4
19	TEGAL, JL.PANCASILA 2.	36,5
20	PEKALONGAN (BALAI BENIH GAMER)	36,6
21	SEMARANG	36,6
22	METEO MARITIM SEMARANG	36,8
23	PATI (TC.RENDOLE PATI)	36,8
24	BANDARA AHMAD YANI	37,0
25	WONOCOLO	40,4
Propinsi DI Yogyakarta		
1	KEB.HORTIKULTURA NGIPIKSARI (YOGYAKARTA)	31,1
2	LANUMA ADI SUCIPTO (YOGYA.)	35,5
3	UNIV.PERT.ILMU TANAH UGM (YOGYAKARTA)	35,5
4	WONOCATUR UPN VETERAN (YOGYAKARTA).	36,1
5	GN.KIDUL PLAYEN	36,9

Badan Standardisasi Nasional

Tabel A1 Temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) untuk beberapa daerah/kota di Indonesia (lanjutan)

NO.	KOTA	TP rata^2 (^{o}C)
Propinsi Jawa Timur		
1	CINDOGO	26,5
2	TRETES (GEO.TRETES PASURUHAN)	28,3
3	PUNTEN, SIDOMULYO BATU	29,3
4	KP.TLEKUNG, KEC. BATU MALANG	29,4
5	NGANJUK (BULAK MOJO, PROY. SERBA GUNA)	31,0
6	LANUMA ABD.RAHMAN SALEH	31,2
7	SUMBER ASIN, POS SUBER MANJING	31,2
8	MALANG	31,7
9	BENDUNGAN SELOREJO	31,9
10	UNBRA JL.MAJEN.HARYONO	33,4
11	KARANG KATES, PROY.SERBA GUNA	34,2
12	JEMBER (KALIWINING,JL.MOH.SERUJI 2)	35,1
13	PG. GEDAWUNG	35,3
14	KP. GENTENG	35,4
15	JATIROTO JL.MERAK I	35,6
16	KENING/TUBAN, JL. JOHAR 26	35,7
17	KEDUNGREJO	35,7
18	TUGUREJO	35,8
19	BANYUWANGI	36,0
20	SELOGIRI, KEC. GIRI KETAPANG	36,0
21	METEO BANYUWANGI	36,1
22	MOJOKERTO	36,1
23	MADIUN (LANUMA ISWAHYUDI)	36,3
24	SURABAYA	36,8
25	PASURUAN (JL.PAHLAWAN 25 PASURUAN)	36,8
26	KALIANGET (METEO KALIANGET)	37,0
27	PG. WONOLANGUN	37,0
28	BAWEAN (METEO SANGKAPURA)	37,1
29	METEO JL.TANJUNG.SADANI	37,4
30	SURABAYA MARITIM, JL.TJG SADANI	37,4
31	PG. WARINGIN ANOM	37,4
32	PACITAN	37,6
33	PAMEKASAN	37,6
34	LANUD JUANDA TNI AURI	37,8
35	PASINAN	39,6
36	SITUBONDO (PG. ASEMBAGUS, KEC. SITUBONDO)	39,9
37	WIROLEGI	44,2

NO.	KOTA	TP rata^2 (^{o}C)
Propinsi Bali		
1	CANDI KUNING, DIPERTA PROP. DT.I DENPASAR	25,0
2	BESAKIH (PERTANIAN DAERAH DT.I. BALI)	28,5
3	DENPASAR (BANDARA NGURAHRAI)	36,4
Propinsi Kalimantan Barat		
1	LANUD SINGKAWANG II (SINGKAWANG)	31,4
2	MET. PALOH (PALOH)	35,2
3	BANDARA SUSILO SINTANG (SUSILO SINTANG)	35,4
4	BANDARA SUPADIO (SUPADIO-PONTIANAK)	35,6
5	KLIMAT. SIANTAN (SIANTAN)	35,7
6	BANDARA ROCHADA USMAN (KETAPANG)	35,8
7	NANGAPINOH	35,8
Propinsi Kalimantan Tengah		
1	BANDARA ISKANDAR (PANGKALAN BUN)	34,8
2	BANDARA BERINGIN (MUARA TEWEH)	35,4
3	BANDARA PANARUNG (PALANGKARAYA-PNRNG)	36,1
Propinsi Kalimantan Timur		
1	LONG BAWAN	28,6
2	BARONG TONGKOK	33,7
3	TANJUNG REDEP	34,6
4	LOAJANAN, DINAS PERTANIAN RAKYAT	35,5
5	BANDARA TEMINDUNG (SAMARINDA-TEMINDUNG)	35,6
6	BANDARA SEPINGAN (BALIKPAPAN)	36,0
7	BANDARA JUWATA (TARAKAN)	36,0
Propinsi Kalimantan Selatan		
1	BANJAR BARU, KOT.POS 49 (BANJARMASIN)	35,6
2	SMPK PELAIHARI	35,6
3	BANJARMASIN	35,7
4	MET. BANJARMASIN	35,8
5	TANAH AMBUNGAN	35,8
6	PANTAI HAMBAWANG	35,9
7	BANDARA STAGEN K.BARU	35,9
8	BANJARSARI	37,8

Hak cipta ini dilindungi oleh Undang-Undang
Badan Standardisasi Nasional

BACK
Daftar RSNI 2006

Tabel A1 Temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) untuk beberapa daerah/kota di Indonesia (lanjutan)

NO.	KOTA	TP rata[2] (°C)
Propinsi Sulawesi Utara		
1	TOMPASO-KAWANGKOAN	29,6
2	MENADO (1a & 1b)	34,4
3	KLIMAT. KAYUWATU	34,9
4	BANDAR.SAMRATULANGI	35,0
5	METEO. GORONTALO	36,0
6	METEO. NAHA SANGIHE	36,2
7	METEO. BITUNG	37,6
Propinsi Sulawesi Tengah		
1	BANDARA KASIGUNCU (POSO)	35,3
2	BANDARA MUTIARA (PALU)	36,1
3	BANDARA BBG. LUWUK (BUBUNG LUWUK)	37,0
Propinsi Sulawesi Tenggara		
1	LANUMA W.MONGONSIDI (KENDARI)	35,1
2	BETOAMBARI BAU BAU	36,3
Propinsi Sulawesi Selatan		
1	PANAKUKANG	35,3
2	MAMASA POLMAS	35,4
3	BANDARA HASANUDIN	35,6
4	MASAMBA	35,6
5	P.G. BONE, JL.MASJID RAYA	35,8
6	UJUNG PANDANG	35,9
7	PG. TAKALAR	36,7
8	MAJENE	37,2
9	MARITIM PANAIKANG	40,0
Propinsi Papua (Irian Jaya)		
1	MET TORES FAK FAK	34,0
2	METEO. SERUI (SERUI)	35,3
3	KLIMAT PERTANIAN (GENYEM)	35,5
4	MET.RENDANI (WONOKWARI)	35,7
5	RANSIKI	35,8
6	METEO. NABIRE	36,0
7	METEO BIAK (BIAK)	36,2
7	METEO SENTANI	36,5
8	METEO. UTAROM (KAIMANA)	36,7
9	DOK II (JAYAPURA)	37,4

NO.	KOTA	TP rata[2] (°C)
Propinsi Nusa Tenggara Barat		
1	BANDARA SELAPARANG (REMBIGA-AMPENAN)	35,1
2	SENGKOL, PUJUT (LOMBOK TENGAH)	34,3
3	BANDARA SUMBAWA BESAR	35,8
4	BANDARA. M. SALAHUDIN (BIMA)	36,7
5	LEKONG	35,4
6	LOKA PRIA	36,6
Propinsi Nusa Tenggara Timur		
1	WAINGAPU, BANDARA MAU HAU	35,7
2	BANDARA LEKUNIK (LEKUNIK)	36,0
3	METEO KUPANG (KUPANG)	36,1
4	KUPANG	36,2
5	MET.PELUD.PERINTIS (MALI)	36,4
6	MET.LASIANA (KUPANG)	36,8
7	LARANTUKA	37,0
8	BANDAR WAIOTI (MAUMERE)	37,2
9	TARDAMU	37,3
Propinsi Maluku		
1	GAMAR MALAMO	33,8
2	LABUHA	34,5
3	BANDARA AMAHAI (AMAHAI)	34,8
4	MET.KAIRATU MLKU TENG.	35,0
5	BANDARA PATIMURA (AMBON)	35,3
6	NAMLEA (BURU UTARA)	35,3
7	TERNATE (1a & 1b)	35,4
8	BANDARA BABULAH	35,7
9	KP YANDENA	35,9
10	PELUD DUMATUBUN TUAL	36,1
11	METEO SAUMLAKI	36,3
12	BADANAIRE BANDA	36,8
13	MALI	37,0
14	MET.GESER (GESER)	37,2

Badan Standardisasi Nasional

Lampiran B

Contoh Perhitungan Tebal Lapis Tambah

B.1 Diketahui:

a) Lokasi Jalan : Ruas Purwakarta-Plered (Jalan Arteri)
b) Lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 5 tahun (CESA) = 30.000.000 ESA
c) Tebal lapis beraspal (AC) = 20 cm
d) Pengujian lendutan dilakukan pada arah Plered dengan alat *FWD* dan *BB*
e) Pelaksanaan pengujian pada musim kemarau
f) Lendutan hasil pengujian dengan *FWD* dan *BB* berturut-turut ditunjukkan pada Tabel B.1 dan B.2 di bawah ini.

Berapa tebal lapis tambah yang diperlukan untuk umur rencana 5 tahun dengan jumlah repetisi beban lalu lintas 30.000.000 ESA menggunakan data lendutan *FWD* dan *BB* ?

Tabel B.1 Data lendutan hasil pengujian dengan alat *FWD*

Km	Teg (Kpa)	Lendutan langsung/FWD (mm)							Temperatur (^{O}C)	
		d_{f1}	d_{f2}	d_{f3}	d_{f4}	d_{f5}	d_{f6}	d_{f7}	T_u	T_p
82,000	578	0,237	0,181	0,163	0,148	0,119	0,089	0,052	31,0	48,1
82,100	579	0,271	0,208	0,181	0,160	0,124	0,086	0,053	31,0	46,0
82,200	578	0,278	0,197	0,175	0,153	0,124	0,086	0,053	32,0	47,1
82,300	575	0,338	0,238	0,210	0,190	0,147	0,104	0,060	32,0	44,6
82,400	575	0,257	0,228	0,215	0,202	0,168	0,128	0,070	32,0	39,3
82,500	578	0,223	0,176	0,166	0,156	0,131	0,100	0,058	32,0	44,7
82,600	577	0,422	0,280	0,238	0,207	0,156	0,112	0,069	33,0	48,9
82,700	584	0,219	0,168	0,156	0,140	0,118	0,087	0,061	33,0	47,2
82,800	579	0,352	0,235	0,201	0,173	0,130	0,093	0,057	33,0	47,6
82,900	583	0,220	0,170	0,154	0,137	0,114	0,082	0,052	33,0	37,5
83,000	585	0,264	0,180	0,157	0,141	0,114	0,081	0,055	33,0	45,7
83,100	583	0,189	0,154	0,136	0,123	0,100	0,079	0,049	33,0	43,8
83,200	581	0,185	0,150	0,135	0,119	0,095	0,071	0,049	34,0	47,5
83,300	579	0,278	0,196	0,165	0,142	0,108	0,077	0,048	34,0	46,6
83,400	580	0,252	0,186	0,164	0,146	0,120	0,091	0,056	34,0	45,3
83,500	578	0,290	0,215	0,179	0,155	0,118	0,084	0,053	34,0	44,2
83,600	576	0,334	0,275	0,235	0,204	0,142	0,096	0,058	34,0	44,5
83,700	579	0,401	0,329	0,286	0,251	0,182	0,116	0,064	34,0	44,0
83,800	579	0,433	0,378	0,335	0,301	0,227	0,150	0,075	34,0	39,4
83,900	579	0,334	0,284	0,251	0,221	0,170	0,115	0,066	34,0	41,5
84,000	580	0,277	0,195	0,170	0,149	0,122	0,088	0,055	34,0	45,4

Bahan Ajar Pelatihan Perkerasan Jalan Lentur Untuk Umum

Tabel B.2 Data lendutan hasil pengujian dengan alat *BB*

KM	Beban Uji (ton)	Lendutan balik/*BB* (mm)			Temperatur (^{o}C)	
		d1	d2	d3	Tu	Tp
82,000	8,20	0,00	0,07	0,17	29	46,1
82,100	8,20	0,00	0,09	0,18	29	44,0
82,200	8,20	0,00	0,07	0,14	29	44,1
82,300	8,20	0,00	0,05	0,15	30	42,6
82,400	8,20	0,00	0,07	0,20	31	38,3
82,500	8,20	0,00	0,07	0,14	31	43,7
82,600	8,20	0,00	0,17	0,31	31	46,9
82,700	8,20	0,00	0,07	0,13	32	46,2
82,800	8,20	0,00	0,08	0,22	32	46,6
82,900	8,20	0,00	0,07	0,14	32	36,5
83,000	8,20	0,00	0,08	0,15	32	44,7
83,100	8,20	0,00	0,09	0,15	32	42,8
83,200	8,20	0,00	0,07	0,14	32	45,5
83,300	8,20	0,00	0,20	0,30	32	44,6
83,400	8,20	0,00	0,09	0,18	32	43,3
83,500	8,20	0,00	0,07	0,18	33	43,2
83,600	8,20	0,00	0,09	0,19	33	43,5
83,700	8,20	0,00	0,09	0,20	34	44,0
83,800	8,20	0,00	0,07	0,25	33	38,4
83,900	8,20	0,00	0,10	0,16	33	40,5
84,000	8,20	0,00	0,09	0,16	34	45,4

C.2 Penyelesaian :

a) Perencanaan tebal lapis tambah berdasarkan pengujian lendutan dengan alat *FWD.*

1) Untuk mengkoreksi nilai lendutan lapangan dapat menggunakan Rumus 7, sedangkan hasil lendutan yang telah dikoreksi disajikan pada Tabel B.3.

Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum

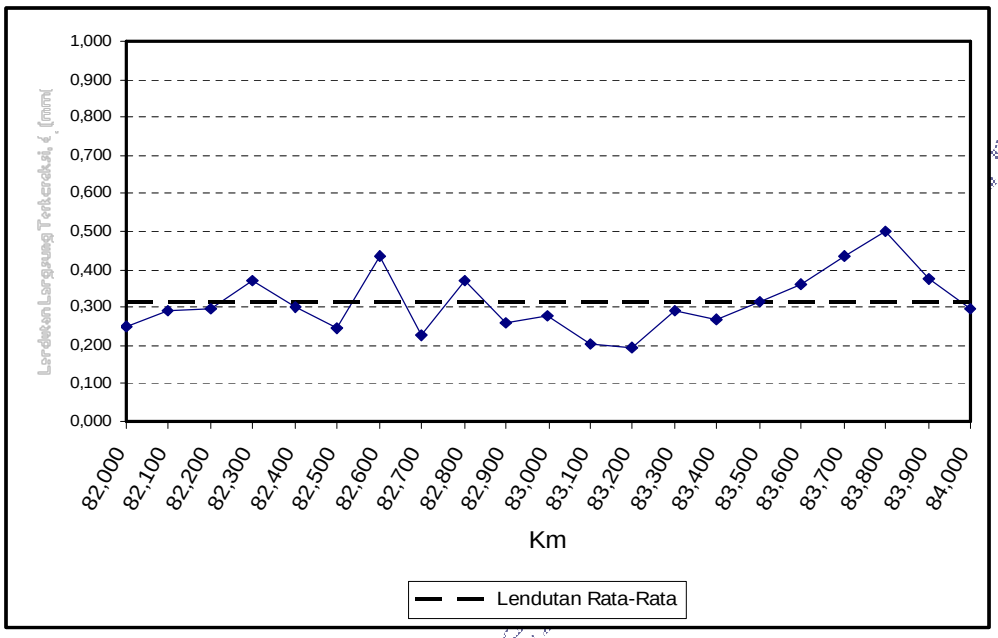
Tabel B.3 Nilai lendutan *FWD* terkoreksi (d_L)

Km	Tegangan (KPa)	Beban Uji (Ton)	Lendutan *FWD* (mm) d_{f1} (mm)	Temperatur (^{O}C) T_u	T_p	T_t	T_b	T_L	Koreksi Pada Temperatur Standar (Ft)	Koreksi Musim (Ca)	Koreksi Beban ($FK_{B\text{-}FWD}$)	Lendutan Terkoreksi (mm), d_L = d_{f1} x Ft x Ca x $FK_{B\text{-}FWD}$	d_L^2
82,000	578	4,10	0,237	31,0	48,1	39,3	36,5	41,3	0,9	1,2	0,995	0,250	0,063
82,100	579	4,11	0,271	31,0	46,0	38,3	35,5	39,9	0,9	1,2	0,994	0,293	0,086
82,200	578	4,10	0,278	32,0	47,1	39,3	36,5	40,9	0,9	1,2	0,995	0,295	0,087
82,300	575	4,08	0,338	32,0	44,6	38,1	35,3	39,3	0,9	1,2	1,000	0,372	0,138
82,400	575	4,08	0,257	32,0	39,3	35,5	32,9	35,9	1,0	1,2	1,000	0,303	0,092
82,500	578	4,10	0,223	32,0	44,7	38,1	35,4	39,4	0,9	1,2	0,995	0,244	0,059
82,600	577	4,09	0,422	33,0	48,9	40,6	37,8	42,4	0,9	1,2	0,997	0,437	0,191
82,700	584	4,14	0,219	33,0	47,2	39,8	37,0	41,3	0,9	1,2	0,985	0,229	0,052
82,800	579	4,11	0,352	33,0	47,6	40,0	37,2	41,6	0,9	1,2	0,994	0,369	0,136
82,900	583	4,13	0,220	33,0	37,5	35,1	32,5	35,0	1,0	1,2	0,987	0,261	0,068
83,000	585	4,15	0,264	33,0	45,7	39,1	36,3	40,4	0,9	1,2	0,983	0,280	0,078
83,100	583	4,13	0,189	33,0	43,8	38,2	35,4	39,1	0,9	1,2	0,987	0,206	0,042
83,200	581	4,12	0,185	34,0	47,5	40,4	37,6	41,8	0,9	1,2	0,990	0,192	0,037
83,300	579	4,11	0,278	34,0	46,6	40,0	37,2	41,3	0,9	1,2	0,994	0,293	0,086
83,400	580	4,11	0,252	34,0	45,3	39,4	36,6	40,4	0,9	1,2	0,992	0,269	0,073
83,500	578	4,10	0,290	34,0	44,2	38,8	36,1	39,7	0,9	1,2	0,995	0,315	0,099
83,600	576	4,09	0,334	34,0	44,5	39,0	36,2	39,9	0,9	1,2	0,999	0,363	0,132
83,700	579	4,11	0,401	34,0	44,0	38,7	36,0	39,6	0,9	1,2	0,994	0,436	0,190
83,800	579	4,11	0,433	34,0	39,4	36,5	33,9	36,6	1,0	1,2	0,994	0,500	0,250
83,900	579	4,11	0,334	34,0	41,5	37,5	34,8	38,0	0,9	1,2	0,994	0,375	0,141
84,000	580	4,11	0,277	34,0	45,4	39,4	36,6	40,5	0,9	1,2	0,992	0,296	0,087
											Jumlah	6,577	2,187
											Lendutan Rata-rata (d_R)	0,313	
											Jumlah Titik (n_s)	21	
											Deviasi Standar (s)	0,0798	

BACK

Daftar RSNI 2006

2) Keseragaman lendutan
Berdasarkan hasil perhitungan yang disajikan pada Tabel B.3 maka sebagai gambaran tentang tingkat keseragaman lendutan yang sudah dikoreksi dapat dilihat pada Gambar B1.



Gambar B.1. Lendutan *FWD* terkoreksi (d_L)

Untuk menentukan tingkat keseragaman lendutan menggunakan Rumus 15, yaitu:

FK = $(s/d_R) \times 100\%$

= $(0,0798/0,313) \times 100\%$

= 25,5

Jadi; 20 < FK < 30 --> Keseragaman lendutan cukup baik

3) Lendutan wakil (D_{wakil} atau $D_{sbl\ ov}$) dengan menggunakan Rumus 18 (untuk jalan Arteri), yaitu:

D_{wakil} atau $D_{sbl\ ov}$ = $d_R + 2\ S$

= $0,313 + 2 \times 0,0798$

= 0,473 mm

4) Menghitung lendutan rencana/Ijin/ ($D_{rencana}$ atau $D_{stl\ ov}$) dapat menggunakan Gambar 4 Kurva C atau dengan Rumus 23 sebagai berikut:

$D_{rencana}$ atau $D_{stl\ ov}$ = $17,004 \times CESA^{-0,2307}$

= $17,004 \times 30.000.000^{-0,2307}$

= 0,320 mm

5) Menghitung tebal lapis tambah (Ho) sesuai Gambar 5 atau dengan Rumus 25 sebagai berikut:

Ho = $\{Ln(1,0364) + Ln(D_{sbl\ ov}) - Ln(D_{slt\ ov})\}/0,0597$

= {LN(1,0364)+LN(0,473)-LN(0,320)}/0,0597

= 7,10 cm

Badan Litbang PU Departemen

6) Menentukan koreksi tebal lapis tambah (Fo)
Lokasi ruas jalan Purwakarta-Plered pada Tabel A1 (Lampiran A), diperoleh temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) = 35,4 ^{o}C.
Dengan menggunakan Gambar 2 atau menggunakan Rumus 21 maka faktor koreksi tebal lapis tambah (Fo) diperoleh:

Fo = 0,5032 x EXP $^{(0,0194 \times TPRT)}$
= 0,5032 x EXP $^{(0,0194 \times 35,4)}$
= 1,00

7) Menghitung tebal lapis tambah terkoreksi (Ht) dengan menggunakan Rumus 26, yaitu:

Ht = Ho x Fo
= 7,10 x 1,00
= 7,10 cm (Laston dengan Modulus Resilien 2000 MPa dengan Stabilitas Marshall minimum sebesar 800 kg)

8) Bila jenis campuran beraspal yang akan digunakan sebagai bahan lapis tambah adalah Laston Modifikasi dengan Modulus Resilien 3000 MPa dan Stabilitas Marshall minimum sebesar 1000 kg maka faktor penyesuaian tebal lapis tambah (FK_{TBL}) dapat diperoleh dengan menggunakan Rumus 22 atau Gambar 3 atau Tabel 7. Berdasarkan Rumus 22 atau Gambar 3 atau Tabel 7, diperoleh FK_{TBL} sebesar 0,87. Jadi tebal lapis tambah yang diperlukan untuk Laston Modifikasi dengan Modulus Resilien 3000 MPa dan Stabilitas Marshall minimum sebesar 1000 kg adalah:

Ht = 7,10 cm x FK_{TBL}
= 7,10 cm x 0,87
= 6,2 cm

9) Kesimpulan

Tebal lapis tambah yang diperlukan untuk ruas jalan Purwakarta-Plered agar dapat melayani lalu-lintas sebanyak 30.000.000 ESA selama umur rencana 5 tahun adalah 7,1 cm Laston dengan Modulus Resilien 2000 MPa dengan Stabilitas Marshall minimum sebesar 800 kg atau setebal 6,2 cm untuk Lanston Modifikasi dengan Modulus Resilien 3000 MPa dan Stabilitas Marshall minimum sebesar 1000 kg.

b) Perencanaan tebal lapis tambah berdasarkan pengujian lendutan dengan alat *BB.*

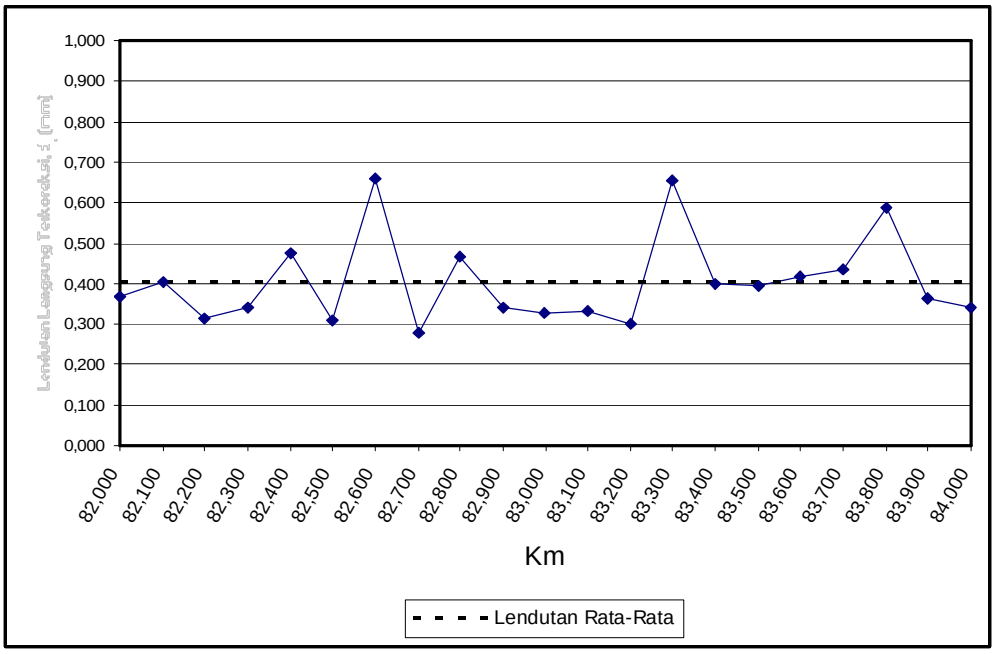
1) Untuk mengkoreksi nilai lendutan lapangan dapat menggunakan Rumus 7, sedangkan hasil lendutan yang telah dikoreksi ditunjukkan pada Tabel B.4.

Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum

Tabel B.4 Nilai lendutan *BB* terkoreksi (d_B)

Sta	Beban Uji (ton)	Lendutan balik/BB (mm)			Temperatur (^oC)					Koreksi Pada Temperatur Standar (Ft)	Koreksi Musim (Ca)	Koreksi Beban (FK_{B-BB})	Lendutan Terkoreksi (mm), d_B = $2(d_3-d_1) \times Ft \times Ca \times FK_{B-BB}$	d_B^2
		d1	d2	d3	T_u	T_p	T_t	T_b	T_L					
82,000	8,20	0,00	0,07	0,17	29	46,1	37,3	34,6	39,4	0,9	1,2	0,990	0,370	0,137
82,100	8,20	0,00	0,09	0,18	29	44,0	36,3	33,7	38,0	0,9	1,2	0,990	0,402	0,162
82,200	8,20	0,00	0,07	0,14	29	44,1	36,4	33,7	38,1	0,9	1,2	0,990	0,312	0,098
82,300	8,20	0,00	0,05	0,15	30	42,6	36,1	33,5	37,4	1,0	1,2	0,990	0,339	0,115
82,400	8,20	0,00	0,07	0,20	31	38,3	34,5	32,0	34,9	1,0	1,2	0,990	0,476	0,227
82,500	8,20	0,00	0,07	0,14	31	43,7	37,1	34,5	38,4	0,9	1,2	0,990	0,310	0,096
82,600	8,20	0,00	0,17	0,31	31	46,9	38,7	35,9	40,5	0,9	1,2	0,990	0,660	0,435
82,700	8,20	0,00	0,07	0,13	32	46,2	38,8	36,1	40,4	0,9	1,2	0,990	0,277	0,077
82,800	8,20	0,00	0,08	0,22	32	46,6	39,0	36,2	40,6	0,9	1,2	0,990	0,467	0,218
82,900	8,20	0,00	0,07	0,14	32	36,5	34,2	31,6	34,1	1,0	1,2	0,990	0,340	0,115
83,000	8,20	0,00	0,08	0,15	32	44,7	38,1	35,4	39,4	0,9	1,2	0,990	0,326	0,106
83,100	8,20	0,00	0,09	0,15	32	42,8	37,2	34,5	38,2	0,9	1,2	0,990	0,334	0,112
83,200	8,20	0,00	0,07	0,14	32	45,5	38,5	35,7	39,9	0,9	1,2	0,990	0,301	0,091
83,300	8,20	0,00	0,20	0,30	32	44,6	38,1	35,3	39,3	0,9	1,2	0,990	0,653	0,426
83,400	8,20	0,00	0,09	0,18	32	43,3	37,4	34,7	38,5	0,9	1,2	0,990	0,398	0,159
83,500	8,20	0,00	0,07	0,18	33	43,2	37,9	35,1	38,7	0,9	1,2	0,990	0,396	0,157
83,600	8,20	0,00	0,09	0,19	33	43,5	38,0	35,3	38,9	0,9	1,2	0,990	0,417	0,174
83,700	8,20	0,00	0,09	0,20	34	44,0	38,7	36,0	39,6	0,9	1,2	0,990	0,433	0,188
83,800	8,20	0,00	0,07	0,25	33	38,4	35,6	32,9	35,6	1,0	1,2	0,990	0,586	0,344
83,900	8,20	0,00	0,10	0,16	33	40,5	36,6	33,9	37,0	1,0	1,2	0,990	0,365	0,133
84,000	8,20	0,00	0,09	0,16	34	45,4	39,4	36,6	40,5	0,9	1,2	0,990	0,341	0,116
												Jumlah	8,505	3,686
												Lendutan Rata-rata (d_R)	0,405	
												Jumlah Titik (n_s)	21	
												Deviasi Standar (s)	0,1097	

2) Keseragaman lendutan
Berdasarkan hasil perhitungan yang disajikan pada Tabel B.4 maka sebagai gambaran tentang tingkat keseragaman lendutan yang sudah dikoreksi dapat dilihat pada Gambar B2.



Gambar B.2. Lendutan *BB* terkoreksi (d_B)

Untuk memastikan tingkat keseragaman lendutan dengan menggunakan Rumus 15, yaitu:

FK = $(s/d_R) \times 100\% = (0{,}1097/0{,}405) \times 100\%$
= 27,1

Jadi; 20 < FK < 30 --> Keseragaman lendutan cukup baik

3) Lendutan wakil (D_{wakil} atau $D_{sbl\ ov}$) dengan menggunakan Rumus 18 (untuk Jalan Arteri), yaitu:
D_{wakil} atau $D_{sbl\ ov}$ = $d_R + 2\ S$
= $0{,}405 + 2 \times 0{,}1097$
= 0,624 mm

4) Menghitung lendutan rencana/Ijin/ ($D_{rencana}$ atau $D_{stl\ ov}$) dapat menggunakan Gambar 4 Kurva D atau dengan Rumus 24 sebagai berikut:
$D_{rencana}$ atau $D_{stl\ ov}$ = $22{,}208 \times CESA^{-0{,}2307}$
= $22{,}208 \times 30.000.000^{-0{,}2307}$
= 0,408 mm

5) Menghitung tebal lapis tambah (Ho) sesuai Gambar 5 atau dengan Rumus 25 sebagai berikut:

Ho = $\{Ln(1{,}0364) + Ln(D_{sbl\ ov}) - Ln(D_{slt\ ov})\}/0{,}0597$
= {LN(1,0364)+LN(0,624)-LN(0,408)}/0,0597
= 7,3 cm

6) Menentukan koreksi tebal lapis tambah (Fo)
Lokasi ruas jalan Purwakarta-Plered pada Tabel A1 (Lampiran A), diperoleh temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) = 35,4 ^{o}C.
Dengan menggunakan Gambar 2 atau menggunakan Rumus 21 maka faktor koreksi tebal lapis tambah (Fo) diperoleh:

Fo = 0,5032 x EXP $^{(0,0194 \times TPRT)}$
= 0,5032 x EXP $^{(0,0194 \times 35,4)}$
= 1,00

7) Menghitung tebal lapis tambah terkoreksi (Ht) dengan menggunakan Rumus 26, yaitu:

Ht = Ho x Fo
= 7,30 x 1,00
= 7,30 cm (Laston dengan Modulus Resilien 2000 MPa dengan Stabilitas Marshall minimum sebesar 800 kg)

8) Bila jenis campuran beraspal yang akan digunakan sebagai bahan lapis tambah adalah Laston Modifikasi dengan Modulus Resilien 3000 MPa dan Stabilitas Marshall minimum sebesar 1000 kg maka faktor penyesuaian tebal lapis tambah (FK_{TBL}) dapat diperoleh dengan menggunakan Rumus 22 atau Gambar 3 atau Tabel 7. Berdasarkan Rumus 22 atau Gambar 3 atau Tabel 7, diperoleh FK_{TBL} sebesar 0,87. Jadi tebal lapis tambah yang diperlukan untuk Laston Modifikasi dengan Modulus Resilien 3000 MPa dan Stabilitas Marshall minimum sebesar 1000 kg adalah:

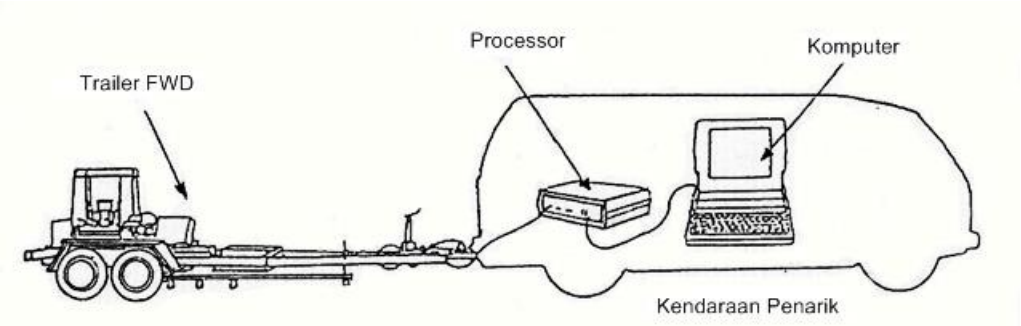
Ht = 7,30 cm x FK_{TBL}
= 7,30 cm x 0,87
= 6,4 cm

9) Kesimpulan

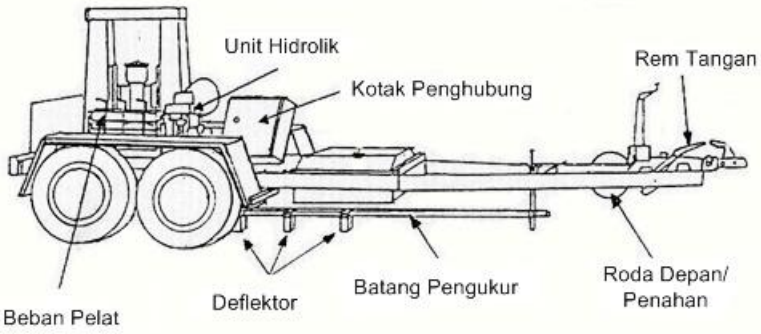
Tebal lapis tambah yang diperlukan untuk ruas jalan Purwakarta-Plered agar dapat melayani lalu-lintas sebanyak 30.000.000 ESA selama umur rencana 10 tahun adalah 7,3 cm Laston dengan Modulus Resilien 2000 MPa dengan Stabilitas Marshall minimum sebesar 800 kg atau setebal 6,4 cm untuk Lanston Modifikasi dengan Modulus Resilien 3000 MPa dan Stabilitas Marshall minimum sebesar 1000 kg.

Lampiran C
(Informatif)

Gambar alat pengujian lendutan

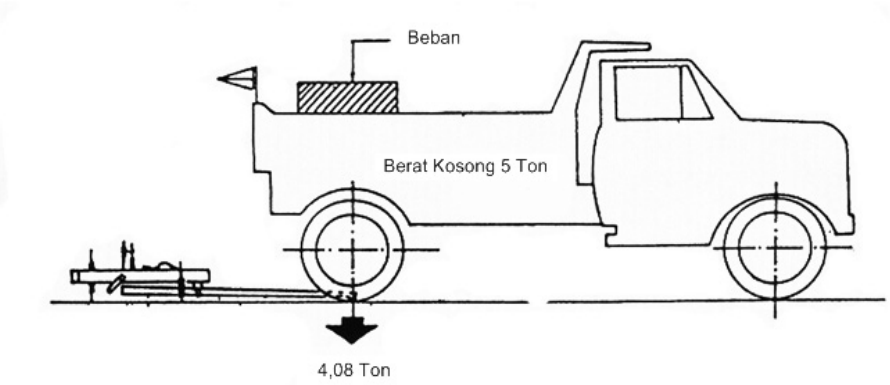


Gambar C.1a. Rangkaian Alat Falling Weight Deflectometer (FWD)

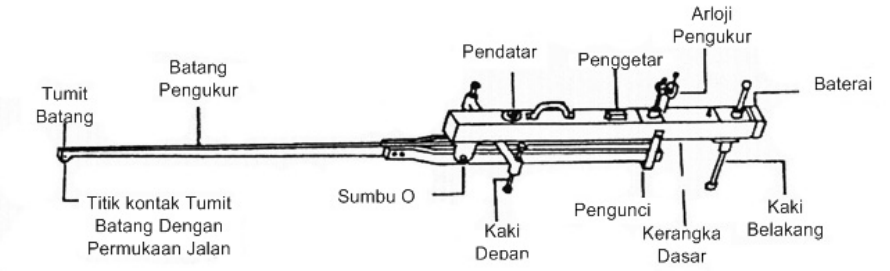


Gambar C.1b. Trailer Alat Falling Weight Deflectometer (FWD)

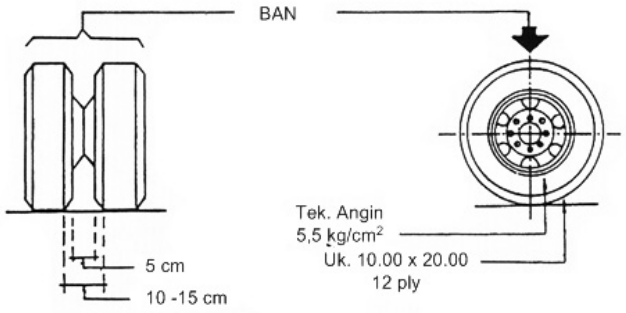
Gambar C1 Alat *Falling Weight Deflectometer (FWD)*



Gambar C.2a. Rangkaian Alat Benkelman Beam (BB)



Gambar C.2b. Skema Benkelman Beam



Gambar C.2c. Ban Roda Belakang Truk Standar

Gambar C2 Alat *Benkelman Beam (BB)*

Lampiran D
(Informatif)

Daftar nama dan lembaga

1) Pemerkasa

Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, Badan Penelitian dan Pengembangan ex. Departemen Kimpraswil.

2) Penyusun

Nama	Lembaga
Ir. Nono, MEng.Sc	Pusat Litbang Prasarana Transportasi
Ir. Dadang Achmad Saripudin	Pusat Litbang Prasarana Transportasi

Bibliografi

- AUSTROADS (1992) : Pavement Design, A Guide to the Struktural Design of Road Pavements. Sydney.
- Dadang AS dan Andri H (1995) : Metoda Perhitungan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur Berdasarkan Hasil Pengukuran FWD, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Jalan, Bandung.
- Dadang AS (2003) : Petunjuk Pemeriksaan Lendutan Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan *Falling Weight Deflectometer* (FWD). Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum (1983) : Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan Dengan Alat Benkelman Beam No. 01/MN/B/1983, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Nono, Siegfried dan Dadang AS (2003) : Pengkajian Metoda Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur Dengan Falling Weight Deflectometer (FWD), Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, Bandung.
- Ullidtz (1998) : Modelling Flexible Pavement Response and Performance. The Technical Universuty of Denmark. Polyteknisk Forlag, Denmark.