

PEDOMAN

Konstruksi dan Bangunan

Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan



DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM

Daftar isi

Daftar isi	i
Daftar gambar	ii
Daftar tabel	iii
Prakata	iv
Pendahuluan	v
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
3.1 angka ekivalen beban sumbu kendaraan (E)	1
3.2 <i>Benkelman Beam</i> (BB)	1
3.3 <i>CESA (Cumulative Equivalent Standard Axle)</i>	1
3.4 <i>Falling Weight Deflectometer</i> (FWD)	1
3.5 Laston	2
3.6 Laston Modifikasi	2
3.7 Laston	2
3.8 lendutan maksimum (<i>maximum deflection</i>)	2
3.9 lendutan balik (<i>rebound deflection</i>)	2
3.10 lendutan langsung	2
3.11 lendutan rencana/ljin	2
3.12 pusat beban (<i>load center</i>)	2
3.13 perkerasan jalan	2
3.14 perkerasan lentur	3
3.15 tebal lapis tambah (<i>overlay</i>)	3
4 Simbol dan singkatan	3
5 Ketentuan perhitungan	4
5.1 Lalu lintas	4
5.2 Lendutan	6
5.2.1 Lendutan dengan <i>Falling Weight Deflectometer</i> (FWD)	6
5.2.2 Lendutan dengan <i>Benkelman Beam</i> (BB)	7
5.3 Keseragaman lendutan	10
5.4 Lendutan wakil	10
5.5 Faktor koreksi tebal lapis tambah	10
5.6 Jenis lapis tambah	11
6 Prosedur perhitungan	12
Lampiran A Temperatur Perkerasan Rata-Rata Tahunan (TPRT)	15
Lampiran B Contoh Perhitungan Tebal Lapis Tambah	19
Lampiran C Gambar alat pengujian lendutan (informatif)	27
Lampiran D Daftar nama dan lembaga (informatif)	29
Bibliografi	30

Daftar gambar

Gambar 1	Faktor koreksi lendutan terhadap temperatur standar (F_t)	8
Gambar 2	Faktor koreksi tebal lapis tambah/overlay (F_o)	11
Gambar 3	Faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian ($F_{K_{TBL}}$)	12
Gambar 4	Hubungan antara lendutan rencana dan lalu-lintas	14
Gambar 5	Tebal lapis tambah/overlay (H_o)	14
Gambar B.1	Lendutan FWD terkoreksi (d_L)	22
Gambar B.2	Lendutan BB terkoreksi (d_B)	25
Gambar C.1	Alat <i>Falling Weight Deflectometer</i> (FWD)	27
Gambar C.2	Alat <i>Benkelman Beam</i> (BB)	28

Daftar tabel

Tabel 1	Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan	4
Tabel 2	Koefisien distribusi kendaraan (C)	4
Tabel 3	Ekivalen beban sumbu kendaraan (E)	5
Tabel 4	Faktor hubungan antara umur rencana dengan perkembangan lalu lintas (N)	6
Tabel 5	Faktor koreksi lendutan terhadap temperatur standar (Ft)	8
Tabel 6	Temperatur tengah (T_t) dan bawah (T_b) lapis beraspal berdasarkan data temperatur udara (T_u) dan temperatur permukaan (T_p)	9
Tabel 7	Faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian (FK_{TBL})	12
Tabel A.1	Temperatur perkerasan rata-rata (RPRT) untuk beberapa daerah/kota di Indonesia	15
Tabel B.1	Data lendutan hasil pengujian dengan alat <i>FWD</i>	19
Tabel B.2	Data lendutan hasil pengujian dengan alat <i>BB</i>	20
Tabel B.3	Nilai lendutan <i>FWD</i> terkoreksi (D_L)	21
Tabel B.4	Nilai lendutan <i>BB</i> terkoreksi (D_B)	24



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 Standarisasi 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 mengacu 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.

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.

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 ekuivalen 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 ekuivalen beban sumbu standar selama umur rencana

3.4

Falling Weight Deflectometer (FWD)

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

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

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
- C_a : faktor pengaruh muka air tanah
- $D_{rencana}$: lendutan rencana
- $D_{sbl\ ov}$: lendutan sebelum overlay
- $D_{stl\ ov}$: lendutan setelah overlay
- D_{wakil} : lendutan wakil
- d : lendutan
- d_1 : lendutan pada saat beban tepat pada titik pengukuran
- d_3 : lendutan pada saat beban berada pada jarak 6 meter dari titik pengukuran
- d_{ft} : lendutan langsung pada pusat beban
- d_L : lendutan langsung
- d_R : lendutan rencana
- E : ekivalen beban sumbu kendaraan
- FK : faktor keseragaman
- FK_{ijin} : faktor keseragaman yang diijinkan
- F_o : faktor koreksi tebal lapis tambah atau overlay
- F_t : faktor penyesuaian lendutan terhadap temperatur standar 35°C
- FK_{B-BB} : faktor koreksi beban uji *Benkelman Beam (BB)*
- FK_{B-FWD} : faktor koreksi beban uji *Falling Weight Deflectometer (FWD)*
- FK_{TBL} : faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian (untuk Laston Modifikasi atau Lataston)
- H_o : tebal lapis tambah sebelum dikoreksi
- H_L : tebal lapis beraspal
- H_t : tebal lapis tambah setelah dikoreksi
- L : lebar perkerasan
- MP : mobil penumpang
- m : jumlah masing-masing jenis kendaraan
- M_R : modulus resilien
- N : faktor hubungan antara umur rencana dengan perkembangan lalu lintas
- n : umur rencana
- 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

- 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
$L < 4,50 \text{ m}$	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

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) Ekvivalen 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.

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

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

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

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

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.

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

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.

$$CESA = \sum_{\text{Traktor - Trailer}}^{MP} m \times 365 \times E \times C \times N \dots\dots\dots (6)$$

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_{r1}). 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.

$$d_L = d_{r1} \times Ft \times Ca \times FK_{B-FWD} \dots\dots\dots (7)$$