

BAB III

LANDASAN TEORI

III.1. Metode Analisa Komponen Bina Marga

Langkah-langkah perencanaan tebal lapisan perkerasan dengan menggunakan metode ini ialah :

3.1.1 Menentukan nilai daya dukung tanah dasar.

Daya dukung tanah dasar (*sub grade*) pada perencanaan perkerasan lentur berkorelasi dan dinyatakan dengan nilai CBR (*California Bearing Ratio*) yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100 % dalam memikul beban lalu lintas.

Dengan memperhatikan nilai CBR yang diperoleh, keadaan lingkungan, kondisi tanah dasar di sepanjang jalan, maka CBR tanah dasar dapat ditentukan. Dari nilai CBR yang diperoleh dapat ditentukan nilai Daya Dukung Tanah (DDT) dengan mempergunakan nomogram pada lampiran I.

Pengujian CBR dilakukan pada beberapa titik dan penentuan CBR yang mewakili dapat ditentukan secara analitis dengan menggunakan persamaan 3.1 (Sukirman, 1999).

$$CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - (CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}}) / R \quad (3.1)$$

dengan :

CBR_{segmen} = CBR yang mewakili

CBR_{maks} = CBR maksimum

CBR_{min} = CBR minimum

$CBR_{rata-rata}$ = Jumlah nilai CBR/jumlah titik

R = nilainya tergantung jumlah data dan ditentukan berdasarkan tabel 3.1

Tabel 3.1 Nilai R untuk perhitungan CBR segmen

Jumlah titik Pengamatan	Nilai R
2	1.41
3	1.91
4	2.24
5	2.48
6	2.67
7	2.83
8	2.96
9	3.08
>10	3.18

Sumber : Sukirman 1999

3.1.2 Menentukan Umur Rencana jalan yang hendak direncanakan.

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas dasar pertimbangan-pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu lintas serta nilai ekonomi yang bersangkutan.

3.1.3 Menentukan faktor regional

Faktor Regional berguna untuk memperhatikan kondisi jalan yang berbeda antara jalan yang satu dengan yang lain. Bina Marga memberikan angka yang bervariasi menurut daftar pada tabel 3.2

Tabel 3.2: Faktor Regional

Curah Hujan	Kelandaian I(<6%)		Kelandaian II(6-10%)		Kelandaian III(>10%)	
	% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat	
	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%
Iklm I <900 mm/th	0.5	1.0-1.5	1	1.5-2.0	1.5	2.0-2.5
Iklm II ≥ 900mm/th	1.5	2.0-2.5	2	2.5-3.0	2.5	3.0-3.5

Sumber : Bina Marga 1987

Cat: pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30 m) FR ditambah dengan 0.5. Pada daerah rawa-rawa FR ditambah dengan 1.0.

3.1.4 Menentukan Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

Penentuan lintas ekuivalen rencana dengan menggunakan tahap – tahap sebagai berikut :

a. Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Koefisien distribusi kendaraan merupakan prosentase kendaraan pada lajur rencana dengan menggunakan tabel 3.3 di bawah ini .

Tabel 3.3 Koefisien Distribusi ke lajur rencana

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan*		Kendaraan Berat**	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 lajur	1	1	1	1
2 lajur	0.6	0.5	0.7	0.5
3 lajur	0.4	0.4	0.5	0.475
4 lajur		0.3		0.45
5 lajur		0.25		0.425
6 lajur		0.2		0.4

Sumber : Bina Marga 1987

* berat total kendaraan < 5 ton

** berat total kendaraan > 5 ton

Menurut Bina Marga, jika ruas jalan tersebut tidak memiliki batas lajur, maka jumlah lajur dapat ditentukan dengan berpedoman pada tabel 3.4

Tabel 3.4 Pedoman Penentuan Jumlah Lajur

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (m)
L < 5.5 m	1 lajur
5.50 m < L < 8.25 m	2 lajur
8.25 m < L < 11.25 m	3 lajur
11.25 m < L < 15.00 m	4 lajur
15.00 m < L < 18.75 m	5 lajur
18.75 m < L < 22.00 m	6 lajur

Sumber : Bina Marga 1987

b. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka ekuivalen dari suatu beban gandar kendaraan adalah angka yang menyatakan jumlah lintasan sumbu tunggal seberat 8.16 ton (18000 lbs) yang akan menyebabkan derajat kerusakan yang sama apabila beban gandar tersebut lewat satu kali.

Angka ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut persamaan :

$$E_{\text{sumbu tunggal}} = (\text{beban sumbu tunggal, kg}/8160)^4 \quad (3.2)$$

$$E_{\text{sumbu ganda}} = (\text{beban sumbu ganda, kg}/8160)^4 \times 0.086 \quad (3.3)$$

Pada tabel 3.5 dapat dilihat konfigurasi beban sumbu kendaraan dan angka ekuivalen beban sumbu standar yang diberikan oleh Bina Marga.

c. Lalulintas Harian Rata-rata (LHR)

Lalu lintas harian rata – rata setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing – masing arah pada jalan dengan median. Data volume lalu lintas dapat diperoleh dari pos – pos rutin yang ada disekitar lokasi. Jika tidak terdapat pos – pos rutin di

dekat lokasi atau untuk pengecekan data , perhitungan volume lalu lintas dapat dilakukan secara manual ditempat – tempat yang di anggap perlu. Perhitungan dapat dilakukan selama 3 x 24 jam atau 3 x 16 jam terus menerus. Dengan memperhatikan faktor hari, bulan, musim dimana perhitungan dilakukan, dapat diperoleh data lalu lintas harian rata – rata yang representatif.

d. Lintas Ekuivalen Permukaan (LEP)

Lintas Ekuivalen pada awal umur rencana dihitung dengan persamaan :

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \quad (3.4)$$

dengan :

E_j = Angka Ekuivalen tiap jenis kendaraan

C_j = Koefisien Distribusi tiap jenis kendaraan

e. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

Lintas ekuivalen di akhir umur rencana ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j \quad (3.5)$$

dengan :

i = pertumbuhan lalu lintas

j = jenis kendaraan

Angka pertumbuhan lalu lintas (i) ditentukan berdasarkan persamaan 3.6 dan 3.7 berikut.

$$b = a (1 + i)^n \quad (3.6)$$

$$i = [(b/a) - 1] \cdot 100\% \quad (3.7)$$

dengan :

b = volume lalu lintas tahun ke n (kend/hr)

a = volume lalu lintas pada ke tahun a (kend/hr)

i = tingkat pertumbuhan lalu lintas (%)

n = jumlah tahun

f. Lintas Ekivalen Tengah (LET)

Lintas ekivalen tengah dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$LET = \frac{1}{2} (LEP + LEA) \quad (3.8)$$

g. Lintas Ekivalen Rencana (LER)

Lintas ekivalen rencana dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$LER = LET \times FP \quad (3.9)$$

Faktor Penyesuaian (FP) ditentukan dengan persamaan :

$$FP = UR/10 \quad (3.10)$$

dengan:

LET = Lintas Ekivalen Tengah

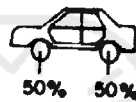


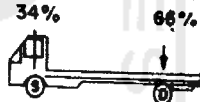
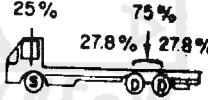
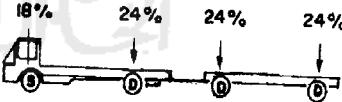
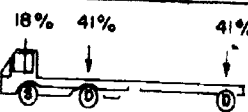
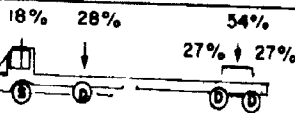
LEP = Lintas Ekivalen Permulaan



LEA = Lintas Ekivalen Akhir

FP = Faktor Penyesuaian (FP) = UR/10

UR = Umur Rencana.

Tabel 3.5 Distribusi Beban Sumbu dan Angka Ekvivalen Tiap Golongan Kendaraan

KONFIGURASI SUMBU & TIPE	BERAT KOSONG (ton)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (ton)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (ton)	UE 18 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL MAKSIMUM	
1.1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0004	
1.2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1.2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1.2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1.22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416	
1.2+2.2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	4,9283	
1.2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	
1.2-22 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,183	

 RODA TUNGGAL PADA UJUNG SUMBU
 RODA GANDA PADA UJUNG SUMBU

Sumber : Bina Marga 1983

3.1.5 Menentukan Indeks Permukaan

Indeks Permukaan (IP) adalah suatu angka yang digunakan untuk menyatakan kerataan / kehalusan serta kekokohan permukaan perkerasan jalan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat.

3.1.5.1 Indeks Permukaan Awal (Ipo)

Indeks Permukaan Awal dapat ditentukan dengan menggunakan tabel 3.6 yang penentuannya disesuaikan dengan jenis lapis permukaan.

Tabel 3.6 : Indeks Permukaan pada awal umur rencana (Ipo)

Jenis Lapis Permukaan	Ipo	Roughness * (mm/km)
Laston	≥ 4	≤ 1000
	3.9-3.5	> 1000
Lasbutag	3.9-3.5	≤ 2000
	3.4-3.0	> 2000
HRA	3.9-3.5	≤ 2000
	3.4-3.0	>2000
Burda	3.9-3.5	<2000
Burtu	3.4-3.0	<2000
Lapen	3.4-3.0	≤ 3000
	2.9-2.5	>3000
Latasbum	2.9-2.5	
Buras	2.9-2.5	
Latasir	2.9-2.5	
Jalan Tanah	≤ 2.4	
Jalan Kerikil	≤ 2.4	

Sumber : Bina Marga 1987

*Alat pengukur roughmeter yang dipakai adalah roughmeter NAASRA. yang dipasang pada kendaraan standar Datsun 1500 Stasiun Wagon. dengan kecepatan kendaraan ± 32 km/jam.

3.1.5.2 Indeks Permukaan Terminal (Ipt)

Indeks Permukaan Terminal dari perkerasan dapat ditentukan dengan tabel 3.7 yang penentuannya berdasarkan Lintas Ekuivalen Rencana dan klasifikasi jalan.

Tabel 3.7: Indeks Permukaan pada akhir umur rencana (IPT)

LER (Lintas Ekevalen Rencana)	Ipt			
	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1.0 - 1.5	1.5	1.5 - 2.0	-
10 - 100	1.5	1.5 - 2.0	2	-
100 - 1000	1.5 - 2.0	2	2.0 - 2.5	-
> 1000	-	2.0 - 2.5	2.5	-

Sumber : Bina Marga 1987

3.1.6 Menentukan Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Indeks Tebal Perkerasan (ITP) atau Structural Number (SN) adalah angka yang berhubungan dengan penentuan tebal perkerasan. Dalam menentukan tebal perkerasan lentur, yang akan dihitung adalah ITP atau SN menurut persamaan :

$$ITP = a_1.D_1 + a_2.D_2 + a_3.D_3 \quad (3.11)$$

dengan :

a = koefisien kekuatan relatif bahan

D = tebal lapis perkerasan

1,2,3 menunjukkan lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah.

3.1.6.1 Koefisien Kekuatan Relatif Bahan (a)

Koefisien kekuatan relatif adalah merupakan ukuran kemampuan bahan (lapis perkerasan) dalam menjalankan fungsinya sebagai bagian dari perkerasan. Koefisien ini ditetapkan secara empiris untuk tiap jenis bahan.

Nilai a tergantung pada kualitas dan fungsi bahan lapis perkerasan tersebut.

Penentuan koefisien relatif bahan dapat dilihat dalam tabel 3.8

Tabel 3.8 Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS(kg)	Kt(kg/cm ²)	CBR	
0.4			744			LASTON
0.35			590			
0.32			454			
0.3			340			
0.35			744			
0.31			590			
0.28			454			
0.26			340			
0.3			340			Achuton
0.26			340			Hot Rolled Asphalt
0.25						Aspal Makadam
0.2						LAPEN (mekanis)
	0.28		590			LAPEN (manual)
	0.26		454			LASTON atas
	0.24		340			
	0.23					LAPEN (mekanis)
	0.19					LAPEN (manual)
	0.15			22		Stabilitas tanah dgn semen
	0.13			18		
	0.15			22		Stabilitas tanah dgn kapur
	0.13			18		
	0.14				100	Pondasi macadam(basah)
	0.12				60	Pondasi macadam(kering)
	0.14				100	Batu Pecah (Kelas A)
	0.13				80	Batu Pecah (Kelas B)
	0.12				60	Batu Pecah (Kelas C)
		0.13			70	Sirtu/pitrun (Kelas A)
		0.12			50	Sirtu/pitrun (Kelas B)
		0.11			30	Sirtu/pitrun (Kelas C)
		0.1			20	Tanah/lempung kepasiran

Sumber : Bina Marga 1987

3.1.6.2 Tebal Perkerasan (D)

Perkiraan besarnya ketebalan masing – masing jenis lapis perkerasan ini tergantung dari nilai minimum yang telah diberikan oleh Bina Marga. Tebal minimum dari masing – masing jenis perkerasan dapat dilihat pada tabel 3.9 berikut.

Tabel 3.9 Tebal Minimum Lapisan Perkerasan

Lapisan Permukaan

ITP	Tebal Minimum(cm)	Bahan
< 3.00		Lapisan Pelindung, BURAS, BURTU/BURDA
3.00 - 6.70	5	LAPEN/aspal macadam, HRA, asbuton, LASTON
6.71 - 7.49	7.5	LAPEN/aspal macadam, HRA, asbuton, LASTON
7.50 - 9.99	7.5	Asbuton, LASTON
>> 10.00	10	LASTON

Sumber : Bina Marga 1987

Lapisan Pondasi

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3.00	15	Batu pecah, Stabilitas tanah dgn semen, Stabilitas tanah dgn kapur
3.00-7.49	20	Batu pecah, Stabilitas tanah dgn semen, Stabilitas tanah dgn kapur
	10	LASTON ATAS
7.90-9.99	20*	Batu pecah, Stabilitas tanah dgn semen, Stabilitas tanah dgn kapur, pondasi macadam
	15	LASTON ATAS
10.00-12.24	20	Batu pecah, Stabilitas tanah dgn semen atau kapur, pondasi macadam,LAPEN, LASTON ATAS
>>12.15	25	Batu pecah, Stabilitas tanah dgn semen atau kapur, pondasi macadam,LAPEN, LASTON ATAS

Sumber : Bina Marga 1987

*Batas 20 cm tersebut dapat diturunkan menjadi 15 cm bila untuk pondasi bawah digunakan material berbutir kasar.

Indeks Tebal Perkerasan ini ditentukan oleh Lintas Ekuivalen Rencana (LER), Daya Dukung Tanah (DDT), Faktor Regional (FR), Indeks Permukaan (Ipo dan Ipt) dengan menggunakan nomogram – nomogram pada lampiran 2.

3.1.7 Pelapisan Tambahan

Perhitungan lapisan tambahan adalah dengan mengurangi ITP jalan yang ada dengan ITP yang sesuai dengan kondisi sekarang dan beberapa tahun ke depan. Kondisi perkerasan jalan lama (*existing road*) dinilai sesuai daftar pada tabel 3.10

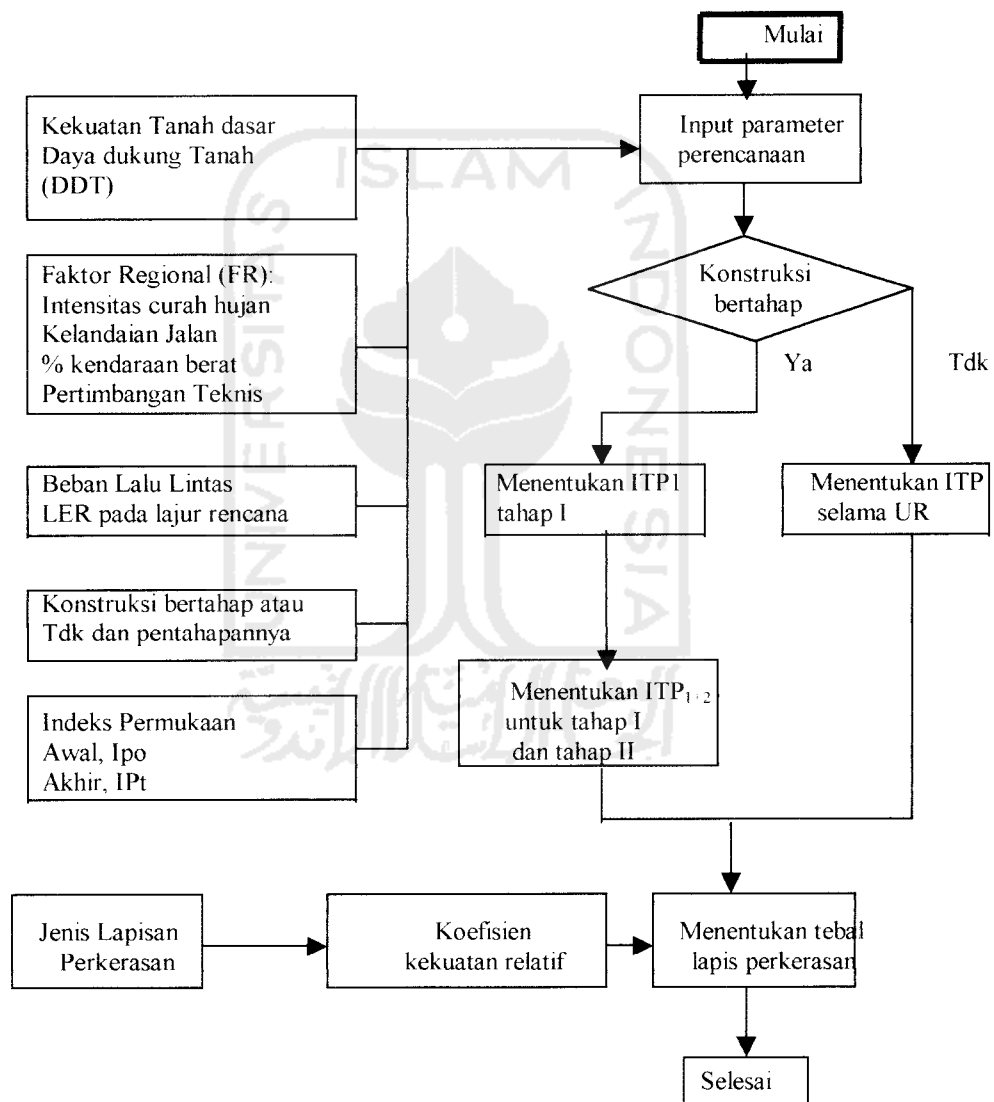
Tabel 3.10 Nilai Kondisi Perkerasan Jalan

1. Lapis Permukaan:	
Umumnya tidak retak, hanya sedikit deformasi pada jalur roda	90-100%
Terlihat retak halus, sedikit deformasi pada jalur roda namun masih stabil	70-90%
Retak sedang, beberapa deformasi pada jalur roda, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan	50-70%
Retak banyak, demikian juga deformasi pada jalur roda, menunjukkan gejala ketidakstabilan	30-50%
2. Lapis Pondasi :	
a. Pondasi Aspal Beton atau Penetrasi Macadam	
Umumnya tidak retak	90-100%
Terlihat retak halus, namun masih tetap stabil	70-90%
Retak sedang, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan	50-70%
Retak banyak, menunjukkan gejala ketidakstabilan	30-50%
b. Stabilisasi Tanah dengan Semen atau Kapur	
Indeks Plastisitas (<i>Plasticity Indeks=PI</i>) ≤ 10	70-100%
c. Pondasi Macadam atau Batu Pecah :	
Indeks Plastisitas (<i>Plasticity Indeks=PI</i>) ≤ 6	80-100%
3 Lapis Pondasi Bawah	
Indeks Plastisitas (<i>Plasticity Indeks=PI</i>) ≤ 6	90-100%
Indeks Plastisitas (<i>Plasticity Indeks=PI</i>) > 6	70-90%

Sumber : Bina Marga 1987

3.1.8 Bagan alir prosedur perencanaan

Prosedur perancangan perkerasan lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga digambarkan pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Bagan Alir Perhitungan Tebal Perkerasan Metoda Bina Marga'87

Sumber : Bina Marga 1987

3.2 Evaluasi Kondisi Struktural Perkerasan

Pada dasarnya pemeriksaan kondisi struktural dengan benkelman beam merupakan pengukuran besarnya gerak turun vertikal pada permukaan jalan akibat gaya di atasnya, yang disebut lendutan.

Pemeriksaan dengan alat *benkelman beam* yang umum digunakan Bina Marga adalah pemeriksaan lendutan balik dan pengukuran lendutan balik titik belok.

Faktor-faktor yang mempengaruhi data antara lain (Sukirman, 1999) :

a. Faktor Koreksi Beban (F_l)

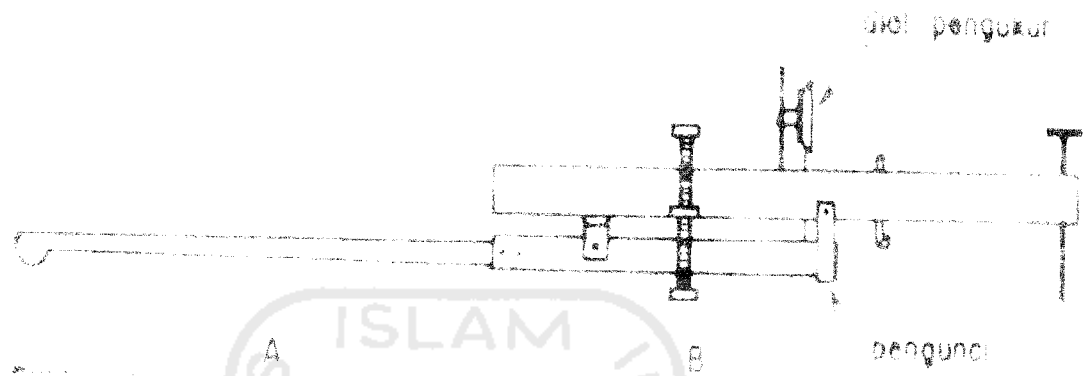
Beban truk pemeriksaan mempengaruhi harga lendutan. Jika beban truk tidak standar (8.16 ton), maka harga lendutan harus dikoreksi dengan menggunakan faktor koreksi beban. Faktor koreksi beban ditentukan berdasarkan persamaan 3.12 berikut.

$$F_l = \text{Beban standar, 8.16 ton} / \text{Beban truk pemeriksa} \quad (3.12)$$

b. Faktor Pengali (F_m)

Panjang dan perbandingan batang benkelman beam mempengaruhi hasil perhitungan lendutan sehingga sebelum digunakan perbandingan antara Dim A/Dim B harus ditentukan. Faktor pengali ditentukan berdasarkan gambar 3.2 dan persamaan 3.13

$$F_m = \text{Dim A} / \text{Dim B} \quad (3.13)$$



Gambar3.2 Alat Benkelman beam

Sumber: Sukirman 1999

c. Faktor Koreksi (Fe)

Faktor koreksi diperlukan karena pengaruh musim dan lingkungan akan mempengaruhi hasil pemeriksaan. Bina Marga menentukan besarnya Fe sebagai berikut :

1. $Fe = 1.0$, jika pemeriksaan pada musim penghujan.
2. $Fe = 1.5$, jika pemeriksaan di musim kemarau.
3. $Fe = 1.0 - 1.5$, jika pemeriksaan di awal musim kemarau dan musim penghujan.
4. $Fe = 1.0$, jika pemeriksaan di musim kemarau dan lokasi pemeriksaan pada daerah dengan muka air tanah tinggi.
5. $Fe = 0.9 - 1.0$ jika pemeriksaan di lokasi yang kondisi drainasenya jelek.

Pembacaan yang dilakukan pada pemeriksaan dengan *benkelman beam* adalah (Sukirman, 1999) :

1. Pembacaan awal (d1), dilakukan pada saat posisi beban tepat berada pada tumit batang (gambar 3.3) dan seringkali dinolkan.
2. Pembacaan kedua (d2), yaitu pada saat posisi beban berada pada jarak X_{12} dari titik awal. $X_{12} = 30$ cm untuk jenis permukaan penetrasi dan $X_{12} = 40$ cm untuk jenis permukaan aspal beton (gambar 3.3).
3. Pembacaan ketiga (d3), yaitu pada saat posisi beban pada jarak C dari titik awal (gambar 3.3). C adalah jarak dari tumit batang sampai kaki depan.
4. Pembacaan keempat (d4), adalah pembacaan pada saat posisi beban berada pada jarak 6 meter dari titik awal (gambar 3.3).

Gambar 3.3 Posisi beban dan jenis pembacaan

Sumber : Sukirman 1999

3.2.1 Analisa dan Perhitungan Data Pembacaan

3.2.1.1 Lendutan Balik

Lendutan balik adalah besarnya lendutan balik vertikal permukaan jalan akibat dihilangkan beban di atasnya. Lendutan balik dapat ditentukan menggunakan persamaan 3.14 (Sukirman, 1999).

$$d = F_m \cdot F_l \cdot F_e (d_4 - d_1) \quad (3.14)$$

dengan :

d = lendutan balik

F_m = Faktor pengali (persamaan 3.13)

F_l = Faktor koreksi beban (persamaan 3.12)

F_e = Faktor koreksi

d_4 = pembacaan keempat

d_1 = pembacaan awal

3.2.1.2 Kemiringan Titik Belok ($\text{tg } \theta$)

Kemiringan titik belok ditentukan berdasarkan persamaan 3.15 berikut (Sukirman, 1999).

$$\text{tg } \theta = [(d_2 - d_1) / X_{12}] \cdot F_m \cdot F_l \cdot F_e \quad (3.15)$$

dengan :

$\text{tg } \theta$ = kemiringan titik belok

d_2 = pembacaan kedua

d_1 = pembacaan awal

F_m = Faktor pengali (persamaan 3.13)

F_l = Faktor koreksi beban (persamaan 3.12)

F_e = Faktor koreksi

3.3 Metode Bina Marga 01/MN/B/1983

Perhitungan lapis tambahan dengan cara lendutan balik hendaknya dikontrol dengan cara kemiringan titik ($tg\phi$) dan tebal lapis tambahan rencana diambil yang terbesar.

3.3.1. Perhitungan Tebal Lapisan Tambahan Lendutan Balik

Tahap – tahap penentuan tebal lapis tambahan dengan lendutan balik adalah (Bina Marga, 1983) :

I. Perhitungan Lendutan Balik

Tahap – tahap perhitungan lendutan balik :

1. Lendutan balik (*rebound deflection*) tiap-tiap titik dihitung dengan persamaan 3.14
2. Menggambar nilai lendutan balik tiap titik pemeriksaan yang diperoleh. Jika tiap titik pemeriksaan menggunakan lebih dari satu alat benkelman beam, maka digambar nilai lendutan balik rata-rata dari tiap titik pemeriksaan tersebut.
3. Menghubungkan nilai –nilai lendutan balik sehingga merupakan grafik lendutan balik.

4. Menempatkan panjang seksi jalan dengan mengusahakan agar tiap-tiap seksi jalan tersebut mempunyai lendutan balik yang kurang lebih seragam.
5. Untuk menentukan besarnya lendutan balik yang mewakili suatu seksi jalan tersebut (*representative rebound deflection*) dipergunakan persamaan yang disesuaikan dengan fungsi jalan ,sebagai berikut:

$$(1) \quad D = \bar{d} + 2 S \text{ untuk jalan arteri/ tol} \quad (3.16)$$

$$(2) \quad D = \bar{d} + 1,64 S \text{ untuk jalan kolektor} \quad (3.17)$$

$$(3) \quad D = \bar{d} + 1,28 S \text{ untuk jalan lokal} \quad (3.18)$$

$$S = \sqrt{\frac{n(\sum d^2) - (\sum d)^2}{n(n-1)}} \quad (3.19)$$

dengan :

$$\bar{d} = \frac{\sum d}{n} \quad (\text{lendutan balik rata-rata, dalam suatu seksi jalan})$$

d = lendutan balik tiap titik di dalam seksi jalan .

D = Lendutan balik yang mewakili suatu seksi jalan

n = jumlah titik pemeriksaan pada suatu seksi jalan

S = standar deviasi

II. Perhitungan Lapis Tambahan

Tahap – tahap perhitungan tebal lapis tambahan :

1. Pengumpulan data lalu lintas yang diperlukan pada jalan yang bersangkutan antara lain lalu lintas harian rata-rata (LHR) dan jumlah lalu lintas rencana (design traffic number) ditentukan atas dasar jumlah jalur dan jenis kendaraan.
2. Menghitung besarnya jumlah ekivalen harian rata-rata terhadap satuan 8,16 ton beban as tunggal dengan menjumlahkan hasil perkalian masing-masing jenis lalu lintas harian rata-rata tersebut.
3. Menentukan umur rencana dan perkembangan lalu lintas.
4. Menentukan jumlah lalu lintas secara akumulatif selama umur rencana dengan persamaan 3.21 dan 3.22 berikut.

$$AE\ 18\ KSAL = 365 \times N \times LEP \quad (3.20)$$

$$N = \frac{1}{2} \left[1 + (1+R)^n + 2(1+R) \frac{(1+R)^{n-1} - 1}{R} \right] \quad (3.21)$$

dengan :

AE 18 KSAL = Accumulative Equivalent 18 Kip Single Axle Load

LEP = Lintas Ekivalen Permulaan (persamaan 3.4)

365 = Jumlah hari dalam satu tahun .

N = Faktor umur rencana yang sudah disesuaikan dengan perkembangan lalu lintas

R = Perkembangan Lalu Lintas

n = Umur Rencana

5. Berdasarkan hasil AE 18 KSAL dari grafik hubungan antara lendutan balik yang diijinkan pada lampiran 3 akan diperoleh lendutan balik yang diijinkan .
6. Berdasarkan lendutan balik yang ada (sebelum diberi lapis tambahan) dengan menggunakan grafik pada lampiran 4 dapat ditentukan tebal lapisan tambahan yang nilai lendutan baliknya tidak boleh melebihi lendutan balik yang diijinkan .

3.3.2 Perhitungan Tebal Lapis Tambahan dengan Kemiringan Titik Belok.

Tahapan untuk menentukan tebal lapis tambahan dengan menggunakan kemiringan titik belok :

I. Perhitungan kemiringan titik belok

1. Setelah mendapatkan data lapangan yang berupa hasil pembacaan tiap titik pemeriksaan , maka tangen (kemiringan) titik belok tiap-tiap titik dihitung dengan menggunakan persamaan 3.15.
2. Menggambar nilai kemiringan titik belok tiap titik pemeriksaan yang diperoleh.
3. Menghubungkan nilai kemiringan titik belok sehingga merupakan grafik kemiringan titik belok .

4. Menempatkan panjang seksi jalan dengan mengusahakan agar tiap-tiap seksi jalan tersebut mempunyai tangen ϕ yang kurang lebih seragam.
5. Untuk menentukan $\overline{\text{tg } \phi}$ yang mewakili satu seksi jalan tersebut (*representative slope of deflection basin*) dengan menggunakan persamaan :

$$\overline{\text{Tg } \phi} = \overline{\text{tg } \phi} + 2S \text{ untuk jalan arteri} \quad (3.22)$$

$$\overline{\text{Tg } \phi} = \overline{\text{tg } \phi} + 1,64 S \text{ untuk jalan kolektor} \quad (3.23)$$

$$\overline{\text{Tg } \phi} = \overline{\text{tg } \phi} + 1,28 S \text{ untuk jalan lokal} \quad (3.24)$$

$$S = \sqrt{\frac{n (\sum \text{tg } \phi^2) - (\sum \text{tg } \phi)^2}{n(n-1)}} \quad (3.25)$$

dengan :

$\overline{\text{Tg } \phi}$ = $\overline{\text{Tg } \phi}$ yang mewakili suatu seksi jalan

$\overline{\text{tg } \phi} = \frac{\sum \text{tg } \phi}{n}$ ($\overline{\text{tg } \phi}$ rata-rata, dalam suatu seksi jalan)

$\text{tg } \phi$ = $\text{tg } \phi$ tiap titik dalamn seksi jalan

n = jumlah titik pemeriksaan pada suatu seksi jalan .

S = Standar deviasi

II. Perhitungan lapis tambahan

Berdasarkan hasil AE 18 KSAL dari perhitungan lapis tambahan lendutan balik, dari grafik hubungan antara nilai $tg \phi$ dan tebal lapis yang dibutuhkan pada lampiran 5 akan diperoleh tebal lapis tambahan yang nilai $tg \phi$ nya tidak boleh melebihi nilai $tg \phi$ yang terjadi.

