

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Umum

Perencanaan tebal lapis keras jalan baru umumnya dibedakan menjadi dua metode, yaitu (Silvia, 1999) :

- a. Metode Teoritis (Analitis), metode ini dikembangkan berdasarkan teoritis matematis dari sifat tegangan dan regangan pada lapis keras akibat beban berulang dari lalu-lintas, misalkan Brown & Brunton, dan
- b. Metode Empiris, metode ini dikembangkan berdasarkan pengalaman dan penelitian dari jalan-jalan yang dibuat khusus untuk penelitian atau dari jalan yang sudah ada. Terdapat banyak metode empiris yang telah dikembangkan oleh berbagai negara seperti : Metode AASTHO Amerika Serikat, Metode Bina Marga Indonesia, Metode NAASRA Australia, Metode Road Note 29 Inggris, Metode Road Note 31 Inggris, The Asphalt Institute, Shell International Petroleum, Nihon Doro Kyo Kai (Japan Road Association).

Perencanaan tebal lapis keras lentur dengan metode empiris sebaiknya dilakukan dengan beberapa metode. Hasil perencanaan akhir diperoleh dari hasil studi banding, dengan memperhatikan biaya konstruksi awal, perputaran harga material, pemeliharaan, tenaga kerja, ketersediaan material yang diperlukan,

asumsi yang digunakan pada setiap metode dan kondisi lingkungan (Silvia Sukirman, 1999).

Berikut ini akan diuraikan Metode Bina Marga 1987 dan Metode AASTHO 1986 untuk melakukan perencanaan tebal lapis keras lentur jalan raya.

### **3.2 Metode Bina Marga 1987**

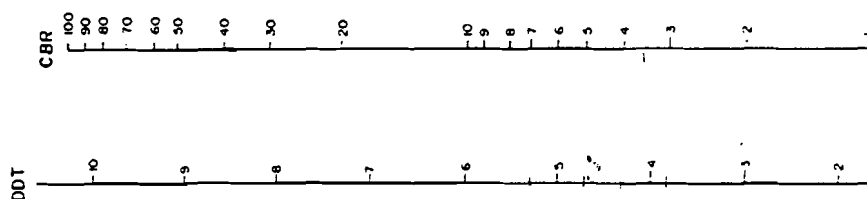
Metode Bina Marga dikeluarkan pada tahun 1987 dengan nama Metode Analisa Komponen, SKBI-2.3.26.1987, UDC : 626.73 (02). Metode ini merupakan modifikasi dari Metode AASTHO 1972, revisi 1981. Modifikasi dilakukan untuk penyesuaian dengan kondisi alam, lingkungan, sifat tanah dasar dan jenis lapis keras yang umum digunakan di Indonesia (Silvia Sukirman, 1999).

Metode Bina Marga 1987 hanya berlaku untuk struktur lapis keras yang menggunakan material berbutir ("Granular Material", batu pecah) dan tidak berlaku untuk struktur lapis keras yang menggunakan batu besar (cara Telford) (Bina Marga, 1987).

Berdasarkan metode ini, dalam menentukan dan merencanakan suatu perkerasan lentur jalan, harus memperhatikan hal-hal berikut ini (Bina Marga, 1987).

#### **3.2.1 Daya Dukung Tanah (DDT) dan CBR**

Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) adalah suatu skala yang dipakai dalam nomogram penetapan tebal lapis keras untuk menyatakan kekuatan tanah dasar yang ditentukan berdasarkan grafik korelasi seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1. Harga CBR disini adalah harga CBR lapangan atau CBR laboratorium.



Gambar 3.1 Grafik Korelasi DDT dan CBR

Sumber : Bina Marga, 1987

CBR lapangan biasanya digunakan untuk perencanaan lapis tambahan ("Overlay") dan CBR laboratorium untuk perencanaan jalan baru. Harga yang mewakili sejumlah harga CBR yang dilaporkan, ditentukan dengan cara berikut ini :

- a. menentukan harga CBR terendah,
- b. menentukan banyaknya harga CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR,
- c. angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100% dan jumlah lainnya merupakan prosentase dari 100%,
- d. dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan prosentase Langkah c, dan
- e. nilai CBR yang mewakili adalah yang didapat dari prosentase 90%.

### 3.2.2 Faktor Regional (FR)

Faktor Regional (FR) adalah faktor setempat, menyangkut keadaan lapangan dan iklim yang dapat mempengaruhi keadaan pembebanan, daya dukung tanah dasar dan lapis keras. Dalam perencanaan tebal lapis keras, faktor regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen, prosentase kendaraan berat yang berhenti serta curah hujan seperti yang ditunjukkan dalam Table 3.1 berikut ini :

Tabel 3.1 Faktor Regional (FR)<sup>a)</sup> Metode Bina Marga 1987

Kategori Iklim	Kelandaian I (< 6%)		Kelandaian II (6%-10%)		Kelandaian III (> 10%)	
	% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat	
	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Iklim I < 900 mm/th	0,5	1,0- 1,5	1,0	1,5-2,0	1,5	2,0-2,5
Iklim II > 900 mm/th	1,5	2,0-2,5	2,0	2,5-3,0	2,5	3,0-3,5

Sumber : Bina Marga, 1987

<sup>a)</sup> pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30 m) FR ditambah dengan 0,5 dan pada daerah rawa-rawa FR ditambah dengan 1,0

### 3.2.3 Lalu-Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Lalu-Lintas Harian Rata-Rata (LHR) adalah jumlah rata-rata dari lalu-lintas berbagai jenis kendaraan bermotor dari yang beroda empat sampai dengan jenis-jenis kendaraan berat yang dicatat selama 24 jam sehari untuk kedua jurusan. LHR 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.

### 3.2.4 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 menurut Tabel 3.2, sedangkan koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana, ditentukan menurut Tabel 3.3.

Tabel 3.2 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Lapis Keras

Metode Bina Marga 1987

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

Sumber : Bina Marga, 1987

Tabel 3.3 Koefisien Distribusi Kendaraan (C) Metode Bina Marga 1997

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan <sup>*)</sup>		Kendaraan Berat <sup>**)</sup>	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,60	0,50	0,70	0,50
3	0,40	0,40	0,50	0,475
4	-	0,30	-	0,45
5	-	0,25	-	0,425
6	-	0,20	-	0,40

Sumber : Bina Marga, 1987

<sup>\*)</sup> berat total < 5 ton, misalnya : mobil penumpang, pick up, mobil hantaran<sup>\*\*)</sup> berat total  $\geq$  5 ton, misalnya : bus, truk, traktor, semi trailer, trailer

### 3.2.5 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan adalah angka yang menunjukkan jumlah lintasan sumbu tunggal seberat 8,16 ton yang akan menyebabkan kerusakan yang sama atau penurunan indeks permukaan yang sama, jika kendaraan tersebut melintas 1 kali. Misalnya : diketahui  $E_{\text{Truk}} = 1,2$ , ini berarti 1 kali lintasan kendaraan truk menyebabkan penurunan indeks permukaan yang sama dengan 1,2 kali lintasan sumbu standar (Silvia Sukirman, 1999).

Bina Marga 1987 memberikan persamaan untuk menentukan angka ekivalen beban sumbu kendaraan berikut ini :

$$E_{\text{Sumbu Tunggal}} = (\text{beban satu sumbu tunggal (Kg)}/8160)^4 \dots\dots\dots (3.1)$$

$$8E_{\text{Sumbu Ganda}} = 0,086 (\text{beban satu sumbu ganda (Kg)}/8160)^4 \dots\dots\dots (3.2)$$

Angka ekivalen beban sumbu kendaraan (E) dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini :

Tabel 3.4 Angka Ekivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan  
Metode Bina Marga 1987

Beban Sumbu		Angka Ekivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
(1)	(2)	(3)	(4)
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1,0000	0,0860
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	28660	6,4419	0,5540
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9820
16000	35276	14,7815	3,2712

Sumber : Bina Marga, 1987

### 3.2.6 Persamaan-Persamaan Lintas Ekivalen

Persamaan-persamaan lintas ekivalen yang digunakan dalam Metode Bina Marga 1987 dapat dilihat pada uraian berikut :

### a. Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)

Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) adalah jumlah lintas ekivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal sebesar 8,16 ton (18.000 Lb) pada lajur rencana yang diduga terjadi pada permulaan umur rencana dan dihitung menggunakan Persamaan 3.3 berikut ini :

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR C_j E_j \dots\dots\dots (3.3)$$

dengan :

j = jenis kendaraan,

n = tahun pengamatan,

LHR = lalu-lintas harian rata-rata,

C<sub>j</sub> = koefisien distribusi kendaraan dan

E<sub>j</sub> = angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan

### b. Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

Lintas Ekivalen Akhir (LEA) adalah jumlah lintas ekivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 Lb) pada lajur rencana yang diduga terjadi pada akhir umur rencana dan dihitung menggunakan Persamaan 3.4

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1+i)^{UR} C_j E_j \dots\dots\dots (3.4)$$

dengan :

j = jenis kendaraan,

n = tahun pengamatan,

LHR = lalu-lintas harian rata-rata,

UR = umur rencana,

$C_j$  = koefisien distribusi kendaraan dan

$E_j$  = angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan

### c. Lintas Ekivalen Tengah

Lintas Ekivalen Tengah (LET) adalah jumlah lintas harian rata-rata sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 Lb) pada lajur rencana di pertengahan umur rencana dan dihitung menggunakan Persamaan 3.5 berikut ini :

$$LET = (LEP + LEA)/2 \dots\dots\dots (3.5)$$

### d. Lintas Ekivalen Rencana (LER)

Lintas Ekivalen Rencana (LER) adalah suatu besaran yang dipakai dalam nomogram penetapan tebal lapis keras untuk menyatakan jumlah lintas ekivalen sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 Lb) pada lajur rencana dan dihitung menggunakan Persamaan 3.6 berikut ini :

$$LER = LET \cdot FP \dots\dots\dots (3.6)$$

$$FP = UR / 10 \dots\dots\dots (3.7)$$

dengan : FP = Faktor Penyesuaian dan UR = Umur Rencana

### 3.2.7 Indeks Permukaan (IP)

Indeks Permukaan (IP) adalah suatu angka yang digunakan untuk menyatakan kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan jalau yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu-lintas yang melintasi lapis keras.

Nilai indeks permukaan beserta artinya adalah sebagai berikut :

- a. IP = 1,0 menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu-lintas kendaraan,



- b.  $IP = 1,5$  menyatakan tingkat pelayanan rendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus),
- c.  $IP = 2,0$  menyatakan tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih mantap,
- d.  $IP = 2,5$  menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik.

Dalam menentukan indeks permukaan pada akhir umur rencana (IPt), perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah Lintas Ekuivalen Rencana (LER) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IPt)

Metode Bina Marga 1987

LER <sup>*)</sup>	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
< 10	1,0 - 1,5	1,5	1,5 - 2,0	-
10-100	1,5	1,5 - 2,0	2,0	-
100-1000	1,5 - 2,0	2,0	2,0 - 2,5	-
> 1000	-	2,0 - 2,5	2,5	2,5

Sumber : Bina Marga, 1987

<sup>\*)</sup> LER dalam satuan ekuivalen 8,16 ton (18.000 Lb) beban surubu tunggal

Penentuan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo), perlu memperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan/kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana seperti yang tercantum dalam Table 3.6 berikut ini:

Tabel 3.6 Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana (IPo)

Metode Bina Marga 1987

Jenis Lapis Keras	Ipo	Roughness (mm/Km)
(1)	(2)	(3)
Laston	$\geq 4$	$\leq 1000$
	3,9 - 3,5	$> 1000$
Lasbutak	3,9 - 3,5	$\leq 2000$
	3,4 - 3,0	$> 2000$
HRA	3,9 - 3,5	$\leq 2000$
	3,4 - 3,0	$> 2000$
BURDA	3,9 - 3,5	$< 2000$
BURTU	3,4 - 3,0	$< 2000$
LAPEN	3,4 - 3,0	$\leq 3000$
	2,9 - 2,5	$> 3000$
LATASBUM	2,9 - 2,5	-
BURAS	2,9 - 2,5	-
LATASIR	2,9 - 2,5	-
JALAN TANAH	$\leq 2,4$	-
JALAN KERIKIL	$\leq 2,4$	-

Sumber Bina Marga, 1987

\*) alat pengukur roughness yang dipakai adalah roughometer NAASRA yang dipasang pada kendaraan standar Datsun 1500 Station Wagon dengan kecepatan kendaraan  $\pm 32$  km/jam.

### 3.2.8 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan (a) dan kegunaannya, ditentukan secara korelasi sesuai nilai "Marshall Test" (bahan dengan Aspal), kuat tekan (bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur) atau CBR (bahan lapis pondasi bawah). Nilai koefisien kekuatan relatif bahan lapis keras dapat dilihat pada Tabel

3.7 berikut ini :

Tabel 3.7 Koefisien Kekuatan Relatif (a) Metoda Bina Marga 1987

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	MS (kg)	K <sub>1</sub> (kg/cm)	CBR (%)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
0,40			744			Laston
0,35			590			
0,32			454			
0,30			340			
0,35			744			Lasbutag
0,31			590			
0,28			454			
0,26			340			
0,30			340			HRA
0,26			340			Aspal Macadam
0,25						Lapen (Mekanis)
0,20						Lapen (Manual)
	0,28		590			Laston Atas
	0,26		454			
	0,24		340			
	0,23					
	0,19					Lapen (Manual)
	0,15			22		Stabilitas Tanah dengan Semen
	0,13			18		
	0,15			22		Stabilitas Tanah dengan Kapur
	0,13			18		
	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)
		0,10			20	Tanah/Lempung Kepasiran

Sumber : Bina Marga, 1987

### 3.2.9 Batas Minimum Tebal Lapis Keras

Batas minimum tebal lapis keras lentur dapat dilihat pada Tabel 3.8 berikut ini :

Tabel 3.8 Batas-Batas Minimum Tebal Lapis Keras Metode Bina

Marga 1987

<b>Lapis Permukaan ("Surface Course")</b>		
<b>ITP</b>	<b>Tebal Minimum (cm)</b>	<b>Bahan</b>
<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>
< 3,00	5	Lapis Pelindung (Buras/Burtu/Burda)
3,00 – 6,70	5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
3,71 – 7,49	7,5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag, Lasto
≥ 10,00	10	Laston
<b>Lapis Pondasi Atas (Base Course")</b>		
< 3,00	15	Batu Pecah, Stabilisasi Tanah dengan Semen, Stabilisasi Tanah dengan Kapur
3,00 – 7,49	20*)	Batu Pecah, Stabilisasi Tanah dengan Semen, Stabilisasi Tanah dengan Kapur
	10	Laston Atas
7,50 – 9,99	20	Batu Pecah, Stabilisasi Tanah dengan Semen, Stabilisasi Tanah dengan Kapur, pondasi Macadam
	15	Laston Atas
10,00 – 12,14	20	Batu Pecah, Stabilisasi Tanah dengan Semen, Stabilisasi Tanah dengan Kapur, Pondasi Macadam, Lapen, Laston Atas
≥ 12,25	25	Batu Pecah, Stabilisasi Tanah dengan Semen, Stabilisasi Tanah dengan Kapur, Pondasi Macadam, Lapen, Laston Atas
<b>Lapis Pondasi Bawah ("Sub Base Course")</b>		
Untuk setiap nilai ITP jika digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm		

Sumber : Bina Marga, 1987

\*) batas 20 cm tersebut dapat diturunkan menjadi 15 cm jika pondasi bawah digunakan material berbutir kasar.

### 3.2.10 Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Indeks Tebal Perkerasan (ITP) adalah suatu angka yang berhubungan dengan penentuan tebal lapis keras.

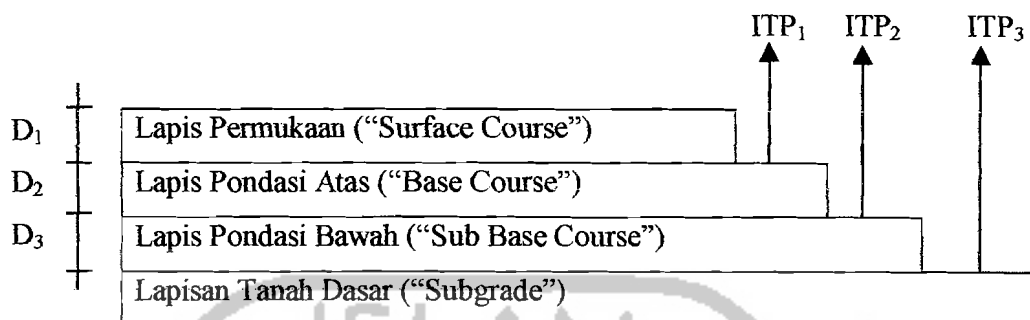
$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 \dots \dots \dots (3.8)$$

$a_1, a_2, a_3$  = koefisien kekuatan relatif bahan lapis keras (Tabel 3.7)

$D_1, D_2, D_3$  = tebal masing-masing lapisan lapis keras

Struktur lapis keras lentur dengan metode Bina Marga 1987 dapat dilihat

pada Gambar 3.2 berikut ini .



Gambar 3.2 Struktur Lapis Keras Lentur Metode Bina Marga 1987  
Sumber : Bina Marga, 1987

### 3.3 Metode AASHTO 1986

Metode perencanaan tebal lapis keras lentur AASHTO (American Association Of State Highway and Transportation Officials), berkembang sejak dimulainya pengujian lapangan di Ottawa (negara bagian Illionis). Perkembangan metode AASHTO berkelanjutan sesuai dengan hasil pengamatan, pengalaman dan penelitian yang didapat, sampai dikeluarkannya AASHTO 1986 (AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986), yang merupakan penyempurnaan AASHTO 1972 dan 1981 (Silvia Sukirman, 1999).

#### 3.3.1 Persamaan Dasar

Persyaratan dasar yang perlu diperhatikan dalam perencanaan tebal lapis keras lentur menggunakan metode AASHTO 1986 adalah : jalan harus memiliki permukaan yang tetap rata, kuat, dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan dan bernilai ekonomis.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut, AASHTO 1986 memberikan

persamaan dasar berikut ini :

$$\text{Log}_{10} W_{18} = [9,36 \cdot \text{Log}_{10}(SN+1) - 0,20] \text{Log}_{10} \left[ \frac{[(\Delta PSI)/(4,2 - 1,5)]}{[(0,4 + 1094)/(SN + 1)^{5,19}]} \right] + Z_r \cdot S_o + 2,32 \text{Log}_{10} (M_r) - 8,07 \quad (3.9)$$

$$SN = a_1 d_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (3.10)$$

$$\Delta PSI = IPO - IPT \quad (3.11)$$

dengan :

$W_{18}$  = lintas ekivalen selama umur rencana (18 Kips ESAL),

$SN$  = "Structure Number" / Indeks Tebal Perkerasan (ITP),

$\Delta PSI$  = "Present Serviceability Index" / Nilai Indeks Permukaan,

$Z_r$  = simpangan baku normal,

$S_o$  = simpangan baku keseluruhan,

$M_r$  = Resilient Modulus (Psi),

$a$  = koefisien kekuatan relatif bahan,

$D$  = tebal masing-masing lapisan lapis keras,

$m$  = koefisien drainase masing-masing lapisan lapis keras

$IPO$  = Indeks Permukaan pada awal umur rencana, dan

$IPT$  = Indeks Permukaan pada akhir umur rencana

### 3.3.2 Parameter Perencanaan

Parameter perencanaan yang digunakan dalam metode AASTHO 1986, didasarkan atas berbagai pertimbangan seperti yang diuraikan berikut :

### 3.3.2.1 Batasan Waktu

Batasan waktu meliputi pemilihan lamanya umur rencana dan umur kinerja jalan ("performance periode"). Umur kinerja jalan adalah masa pelayanan jalan dimana pada akhir masa pelayanan dibutuhkan rehabilitasi atau overlay. Umur rencana dapat sama atau lebih besar dari umur kinerja jalan.

### 3.3.2.2 Beban Lalu-Lintas dan Pertumbuhan Lalu-Lintas

Beban lalu-lintas merupakan beban yang langsung mengenai permukaan lapis keras. Kerusakan suatu jalan sebagian besar disebabkan oleh beban lalu-lintas tersebut yang merupakan beban berulang. Lintas ekuivalen kumulatif selama umur rencana dan selama umur kinerja jalan tersebut, dapat ditentukan dengan mengetahui beban lalu-lintas dan tingkat pertumbuhannya. AASHTO 1986 memberikan persamaan sebagai berikut (Silvia Sukirman, 1999)

AASHTO menggunakan rumus :

$$18 \text{ Kips ESAL} = 365 \times A_i \times E_i \times C_i \times (1+a)^n \times \left[ \frac{\{(1+i)^n - 1\}}{i} \right] \dots \dots \dots (3.12)$$

dimana :

18 Kips ESAL = lintas ekuivalen kumulatif pada lajur rencana

$A_i$  = jumlah kendaraan untuk 1 jenis kendaraan, dinyatakan dalam kendaraan/hari/ 2 arah pada tahun perhitungan volume lalu-lintas,

$E_i$  = angka ekuivalen beban sumbu untuk satu jenis kendaraan,

$C_i$  = koefisien distribusi kendaraan pada lajur rencana,

$a$  = faktor pertumbuhan lalu-lintas tahunan dari perhitungan volume lalu-lintas dilakukan sampai saat jalan tersebut dibuka,

- $n'$  = jumlah tahun dari saat diadakan perhitungan volume lalu-lintas sampai jalan tersebut dibuka,
- $i$  = faktor pertumbuhan lalu-lintas dari jalan tersebut dibuka sampai pada tahun pengamatan, dan
- $n$  = jumlah tahun pengamatan.

Persamaan 3.12 di atas berdasarkan atas Persamaan 3.13 sampai 3.16 yang diberikan AASHTO 1986 berikut ini :

$$W_{18}' = D_D \cdot D_1 \cdot W_{18} \dots\dots\dots (3.13)$$

$$W_{18} = W_{18}' \left[ \frac{(1+g)^n - 1}{g} \right] \dots\dots\dots (3.14)$$

$$\text{*Faktor} = \left[ \frac{(1+g)^n - 1}{g} \right] \dots\dots\dots (3.15)$$

$$g = \text{angka pertumbuhan lalu-lintas} / 100 \dots\dots\dots (3.16)$$

dengan :

$W_{18}'$  = kumulatif 18 Kips ESAL,

$D_D$  = faktor distribusi arah,

$D_1$  = faktor distribusi lajur, (dapat dilihat pada Tabel 3.9)

$W_{18}$  = lintas ekivalen 18 Kips ESAL,

$g$  = angka pertumbuhan lalu-lintas,

$W_{t18}$  = kumulatif pengulangan 18 Kips ESAL awal tahun perencanaan,

\*Faktor = faktor pertumbuhan lalu-lintas.

Jumlah beban sumbu ekivalen 18 Kips ESAL menunjukkan jumlah beban untuk semua lajur dan kedua arah. Untuk perencanaan, jumlah beban ini harus didistribusikan menurut arah dan lajur rencana. Faktor distribusi arah biasanya



50% atau ditetapkan dengan cara lain, sedangkan faktor distribusi lajur dapat dilihat pada Tabel 3.9 berikut ini :

Tabel 3.9 Faktor Distribusi Lajur ( $D_L$ ) Metode AASHTO 1986

Jumlah Lajur untuk Kedua Arah	Persen $W_{t18}$ (18 Kips ESAL) Pada Lajur Rencana
(1)	(2)
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
$\geq 4$	50 – 75

Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structure, 1986

### 3.3.2.3 Reliabilitas dan Simpangan Baku Keseluruhan

Reliabilitas adalah nilai probabilitas dari kemungkinan tingkat pelayanan dapat dipertahankan selama masa pelayanan, dipandang dari pemakaian jalan yang merupakan nilai jaminan bahwa perkiraan beban lalu-lintas yang akan melintasi jalan tersebut dapat terpenuhi. AASHTO 1986 memberikan tingkat reliabilitas seperti yang tercantum dalam Tabel 3.10 berikut ini :

Tabel 3.10 Tingkat Reliabilitas (R) Metode AASHTO 1986

Fungsi Jalan	Tingkat Keandalan ( R ) dalam %	
	Urban	Rural
(1)	(2)	(3)
Jalan tol	85,0 – 99,9	80,0 – 99,9
Arteri	80,0 – 99,0	75,0 – 95,0
Kolektor	80,0 – 95,0	75,0 – 95,0
Lokal	50,0 – 80,0	50,0 – 80,0

Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986

Simpangan baku keseluruhan akibat dari perkiraan beban lalu-lintas dan kondisi perkerasan yang dianjurkan oleh AASHTO dapat dilihat pada Tabel 3.11 yang ditentukan berdasarkan nilai tingkat reliabilitas pada Tabel 3.10

Tabel 3.11 Simpangan Baku Normal ( $Z_r$ )

Reliabilitas ( R ) (%) (1)	Standard Normal Deviate ( $Z_r$ ) (2)
50,0	- 0,000
60,0	- 0,253
70,0	- 0,524
75,0	- 0,674
80,0	- 0,841
85,0	- 1,037
90,0	- 1,282
91,0	- 1,340
92,0	- 1,405
93,0	- 1,476
94,0	- 1,555
95,0	- 1,645
96,0	- 1,751
97,0	- 1,881
98,0	- 2,054
99,0	- 2,327
99,90	- 3,090
99,99	- 3,750

Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986

Simpangan baku keseluruhan ( $S_o$ ) akibat dari perkiraan beban lalu-lintas dan kondisi perkerasan yang dianjurkan oleh AASHTO 1986 adalah antara 0,35-0,45.

#### 3.3.2.4 Kondisi Lingkungan

Kondisi lingkungan sangat mempengaruhi masa pelayanan jalan. Faktor perubahan kadar air pada tanah berbutir halus memungkinkan tanah tersebut akan mengalami pengembangan ("Swelling"), yang mengakibatkan kondisi daya

dukung tanah dasar menurun. Besarnya pengembangan dapat diperkirakan dari nilai indeks plastis tanah tersebut.

Pengaruh perubahan musim, perbedaan temperatur, kerusakan-kerusakan akibat lelahnya bahan, sifat material yang dipergunakan, dapat pula mempengaruhi umur pelayanan jalan. Berarti terdapat pengurangan nilai indeks permukaan jalan akibat kondisi lingkungan saja. Khusus untuk tanah dasar, hal ini dapat dikorelasikan dengan hasil penyelidikan tanah berupa boring, pemeriksaan laboratorium terhadap sifat-sifat tanah dari contoh tanah yang diperoleh pada waktu pemboran di sepanjang jalan tersebut.

Besarnya penurunan indeks permukaan akibat pengembangan ("swell") merupakan fungsi dari tingkat pengembangan ("swell rate constant"), kemungkinan pengembangan ("swell probability"), dan besarnya potensi merembes ke atas ("potential vertical rise") yang diberikan dalam bentuk Persamaan 3.17 berikut ini:

$$\text{PSI Swell} = 0,0035 \times V_r \times P_s \times (1 - e^{-\theta t}) \dots \dots \dots (3.17)$$

dengan :

- PSI Swell = perubahan indeks permukaan akibat pengembangan tanah dasar,
- $V_r$  = besarnya potensi merembes ke atas dinyatakan dalam inch,
- $P_s$  = probabilitas pengembangan dinyatakan dalam persen,
- $\theta$  = tingkat pengembangan tetap, dan
- $t$  = jumlah tahun yang ditinjau, dihitung dari saat jalan tersebut dibuka untuk umum.

### 3.3.2.5 Kriteria Kinerja Jalan

Kinerja jalan yang diharapkan dinyatakan dalam nilai indeks permukaan (IP) pada awal umur rencana (IPt).

Konsep yang digunakan AASHTO dalam menyatakan kekuatan dan kerataan suatu permukaan jalan adalah berdasarkan kerusakan yang terjadi pada ruas jalan, sehingga tingkat pelayanan jalan menurun. Angka yang menyatakan tingkat kekuatan dan kerataan permukaan jalan selanjutnya disebut dengan Nilai Indeks Permukaan ("Present Serviceability Index"/PSI).

Jalan yang baru dibuka untuk melayani beban lalu-lintas, biasanya mempunyai tingkat pelayanan tinggi. Lambat laun kondisi permukaan jalan akan menurun akibat beban lalu-lintas berulang yang harus diterima lapis permukaan jalan. Pengaruh lingkungan yang kurang baik, akan mempercepat penurunan tersebut.

PSI yang diberikan oleh AASHTO 1986 berkisar antara 0 – 5, yang ditentukan oleh jenis lapis permukaan dan kelas jalan. Pada jalan yang baru dibuka untuk lalu-lintas,  $IP_0 = 4,2$ . dalam waktu yang tertentu,  $IP_0 = 4,2$  tersebut akan mengalami penurunan sampai mencapai Indeks Permukaan Terminal (IPT) 2,5 atau 2.

### 3.3.2.6 Resilient Modulus Tanah Dasar ( $M_r$ )

Kekuatan daya dukung tanah pada suatu ruas jalan tidak tersebar secara merata sepanjang ruas jalan, sehingga diperlukan suatu penyeragaman. Nilai daya dukung tanah ditetapkan berdasarkan nomogram korelasi terhadap berbagai cara pengujian, seperti :CBR, "R – Value" dan "Group Index". Untuk mendapatkan

nilai daya dukung tanah dengan menggunakan nomogram, masing-masing cara langsung dikorelasikan pada skala yang menyatakan nilainya.

Penentuan ukuran elastisitas untuk tanah dasar dinyatakan dengan Resilient Modulus Tanah Dasar ( $M_r$ ) yang dapat diperoleh dari pemeriksaan AASHTO T.274 atau korelasi dengan nilai CBR dengan Persamaan 3.18 berikut ini :

$$M_r = 1500 \cdot CBR \text{ (Psi)} \dots\dots\dots (3.18)$$

Pemeriksaan  $M_r$  sebaiknya dilakukan selama 1 tahun penuh, sehingga dapat diperoleh besarnya  $M_r$  sepanjang musim dalam 1 tahun. Besarnya kerusakan relatif dari setiap kondisi tanah dasar dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.19 berikut ini :

$$U = 1,18 \cdot 10^8 \cdot M_r^{-2,32} \dots\dots\dots (3.19)$$

dengan :

$U$  = kerusakan relatif, dan

$M_r$  = resilient modulus, dinyatakan dalam Psi.

Resilient modulus efektif untuk tanah dasar yang digunakan dalam perencanaan tebal lapis keras lentur adalah harga korelasi yang diperoleh dari kerusakan relatif rata-rata.

### 3.3.2.7 Faktor Drainasi

Sistem drainasi jalan sangat mempengaruhi kinerja jalan, termasuk tingkat kecepatan pengeringan air yang jatuh atau terdapat pada struktur lapis keras bersama beban lalu-lintas dan kondisi permukaan jalan.

AASHTO 1986 membagi kualitas drainasi menjadi lima tingkat seperti yang tercantum dalam Tabel 3.12 berikut ini :

Tabel 3.12 Kualitas Drainasi Jalan Metode AASHTO 1986

Kualitas Drainasi	Waktu yang Dibutuhkan untuk Meringkakan Air
(1)	(2)
Baik sekali	2 jam
Baik	1 hari
Cukup	1 minggu
Buruk	1 bulan
Buruk sekali	Air tidak mungkin dikeringkan

Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986.

Berdasarkan kualitas drainasi pada lokasi jalan tersebut dapat ditentukan koefisien drainasi ( $m$ ) dari lapis keras lentur. AASHTO 1986 memberikan daftar koefisien drainasi seperti yang terdapat dalam Tabel 3.13 berikut ini.

Tabel 3.13 Koefisien Drainasi ( $m$ ) Metode AASHTO 1986

Kualitas Drainasi	Persen Waktu Lapis Keras Dalam Keadaan Lembab Jenuh			
	< 1	1 - 5	5 - 25	> 25
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Baik sekali	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,23	1,20
Baik	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1,00
Cukup	1,15 - 1,05	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,80
Buruk	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,60
Buruk Sekali	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,40

Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986

### 3.3.2.8 Penentuan "Structural Number" (SN)

"Structural Number" (SN) disebut juga sebagai Indeks Tebal Perkerasan (ITP) yang merupakan suatu besaran untuk penentuan tebal lapis keras lentur.

SN dipengaruhi oleh kekuatan bahan penyusun ( $a$ ). untuk bahan perkerasan dengan aspal, nilainya ditetapkan dengan "Marshall Stability", bahan perkerasan dengan semen atau kapur ditetapkan dengan "Triaxial Test" (kuat

tekan) dan lapis pondasi ditetapkan dengan nilai CBR ("California Bearing Ratio"). Besarnya nilai koefisien kekuatan relatif masing-masing bahan dapat dilihat pada Tabel 3.14 berikut ini.

Tabel 3.14 Koefisien Kekuatan Relatif Bahan AASHTO 1986

LAYER (1)	Pavement Component (2)	Coefficient (3)	
Surface Course	Road Mix (Low Stability)	0,20	
	Plant Mix (High Stability)	0,44	
	Sand Asphalt	0,40	
Base Course	Sand Gravels	0,07	
	Crushed Stone	0,14	
	Cement Treated (No Soil Cement), Compressive Strength @ 7 Day	650 Psi or more (4,48 Mpa)	0,23
		400 to 650 Psi (2,76 - 4,48 Mpa)	0,20
		400 Psi or less (0,76 Mpa)	0,15
	Bituminous Treated	Coarse Graded	0,34
		Sand Asphalt	0,30
Lime Treated		0,16 - 0,30	
Sub Base Course	Sand Gravel	0,05 - 0,10	
	Sand or Sandy Clay		

Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986.

Selain nilai kekuatan relatif bahan yang disebutkan di atas, AASHTO 1986 memberikan nomogram untuk menentukan nilai koefisien kekuatan relatif bahan lapis keras. Nilai yang diperoleh dengan menggunakan nomogram tersebut, mendekati sama dengan nilai dari hasil penelitian yang dilakukan AASHTO seperti yang terdapat pada Tabel 3.14 tersebut.

Koefisien kekuatan relatif bahan lapis pondasi atas/"Granular Base Layer" ( $a_2$ ), dapat ditentukan selain dengan uji laboratorium dapat juga digunakan Persamaan 3.20 berikut ini.

$$a_2 = 0,249 \cdot \log_{EBS} - 0,977 \dots\dots\dots (3.20)$$

dengan :

$a_2$  = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi atas, dan



EBS = modulus elastis/resilient modulus lapis pondasi atas.

Koefisien kekuatan relatif bahan lapis pondasi bawah/"Ganular Su<sub>0</sub> Base

Layer" (a<sub>3</sub>). dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3.21 berikut ini.

$$a_3 = 0,227 \cdot \log SB - 0,839 \dots\dots\dots (3.21)$$

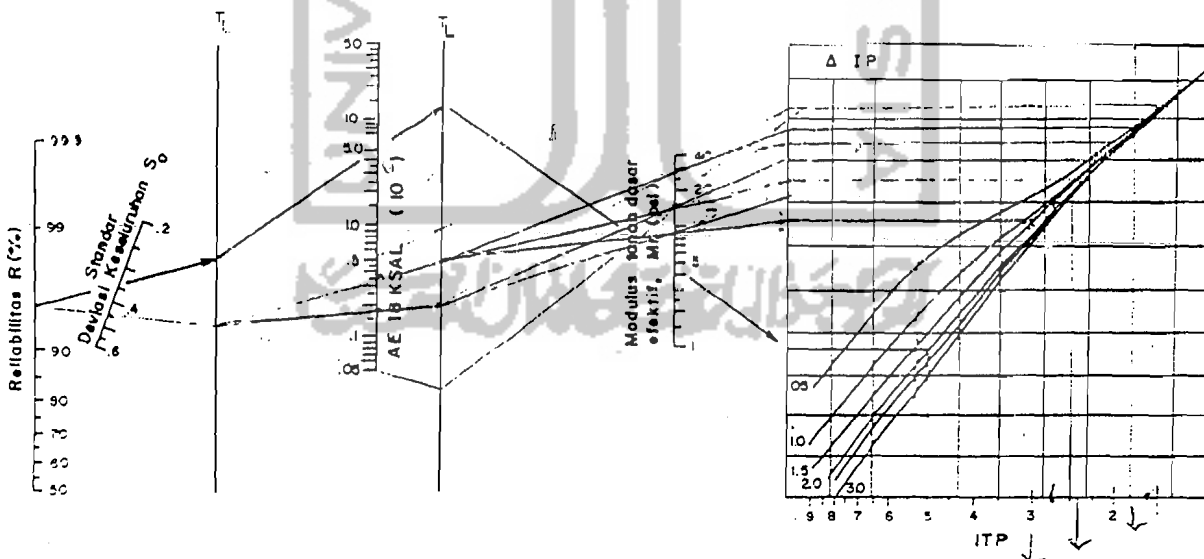
dengan :

a<sub>3</sub> = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah, dan

SB = modulus elastis/resilient modulus lapis pondasi bawah.

Penentuan SN untuk tahap pertama dalam perencanaan tebal lapis keras lentur jalan adalah dengan mempergunakan nomogram seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.3 berikut ini :

$$\log_{10} W_{18} = Z_R^2 S_o + 9,36^4 \log_{10} (ITP + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta IP}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(ITP + 1)^{5,19}}} + 2,32^2 \log_{10} M_R - 8,07$$



Gambar 3.3 Nomogram Penentuan ITP Metode AASHTO 1986  
 Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986



### 3.3.2.9 Batas Minimum Tebal Lapis Keras

AASHTO 1986 memberikan batas-batas minimum tebal lapis keras lentur seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.15 berikut ini:

Tabel 3.15 Batas-Batas Minimum Tebal Lapis Keras Lentur

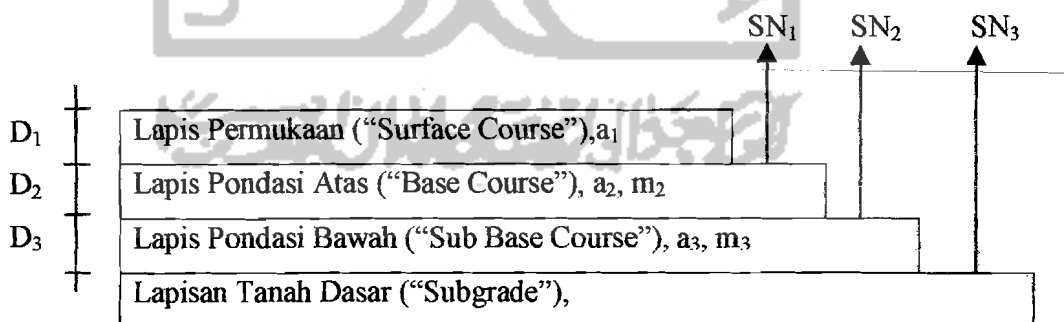
Metode AASHTO 1986

Traffic (ESAL) (1)	Asphalt Concrete (2)	Agregat Base (3)
< 0.000	1,0" (Or Surface Treatment)	4"
50.000 – 150.000	2,0"	4"
150.000 – 500.000	2,5"	4"
500.000 – 2.000.000	3,0"	6"
2.000.000 – 7.000.000	3,5"	6"
>7.000.000	4,0"	6"

Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986

### 3.3.10 Pemilihan Jenis Lapisan Lapis Keras

Pemilihan jenis lapisan lapis keras yang akan digunakan adalah dengan menentukan besarnya koefisien relatif dan modulus resilient dari lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah yang akan digunakan seperti dalam Gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4 Struktur Lapis Keras Lentur Metode AASHTO 1986

Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986

Penentuan tebal lapisan lapis keras lentur adalah dengan menggunakan

Persamaan 3.22 sampai 3.26 berikut ini.

$$D_1^* \geq SN_1/a_1 \dots\dots\dots (3.22)$$

$$SN_1^* + a_1.D_1^* \geq SN_1 \dots\dots\dots (3.23)$$

$$D_2^* \geq (SN_2 - SN_1^*)/(a_2.m_2) \dots\dots\dots (3.24)$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2 \dots\dots\dots (3.25)$$

$$D_3^* \geq [ SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*) ]/(a_3.m_3) \dots\dots\dots (3.26)$$

dengan :

a = koefisien kekuatan relatif bahan masing-masing lapisan,

D = tebal masing-masing lapisan,

m = koefisien drainasi masing-masing lapisan, dan

D\* dan SN\* = nilai yang sebenarnya digunakan, dapat sama atau lebih besar dari nilai yang diperlukan.

