

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Perencanaan tebal lapis keras jalan baru umumnya dibedakan menjadi dua metode, yaitu (Silvia, 1993) :

- a. 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 AASHTO Amerika Serikat, Metode Bina Marga Indonesia, Metode NAASRA Australia, Metode Road Note 29 Inggris, Metode Road Note 31 Inggris, dan
- b. Metode Teoritis (Analitis), metode ini dikembangkan berdasarkan teori matematis dari sifat tegangan dan regangan pada lapis keras akibat beban berulang dari lalu lintas.

Persyaratan dasar dalam perencanaan tebal lapis keras adalah sebagai berikut (Suprpto, 1994) :

- a. menyediakan permukaan jalan yang selalu rata dan kuat,
- b. menjamin keamanan yang tinggi untuk masa yang lama sesuai umur rencana jalan, dan
- c. memerlukan biaya pemeliharaan yang sekecil-kecilnya.

Kemampuan untuk memenuhi persyaratan tersebut bergantung pada hal-hal berikut ini (Suprpto, 1994).

- a. kebutuhan dan tuntutan lalu lintas di daerahnya,
- b. keadaan tanah serta iklim daerah, dan
- c. kemampuan pendanaan untuk pelaksanaan pembangunan lapis keras.

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, 1993).

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

3.2 Metode Bina Marga 1987

Metode Bina Marga 1987 merupakan modifikasi dari Metode AASHTO 1972, revisi 1981. Modifikasi dilakukan untuk penyesuaian dengan kondisi alam, lingkungan, sifat tanah dasar dan jenis lapis keras yang umum digunakan di Indonesia (Silvia, 1993).

Metode Bina Marga dikeluarkan pada tahun 1987 dengan nama Metode Analisa Komponen, SKBI-2.3.26.1987, UDC : 626.73 (02). Metode ini 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 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 3.1, sedangkan koefisien

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

Tabel 3.1 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Lapis Keras Metode Bina Marga 1987

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

Sumber : Bina Marga, 1987

Tabel 3.2 Koefisien Distribusi Kendaraan (C) Metode Bina Marga 1987

Jumlah Lajur	Kendaraan ringan ^{*)}		Kendaraan Berat ^{**)}	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	1,00	1,00	1,00	1,000
2	0,60	0,50	0,70	0,500
3	0,40	0,40	0,50	0,475
4	-	0,30	-	0,450
5	-	0,25	-	0,425
6	-	0,20	-	0,400

Sumber : Bina Marga, 1987

^{*)} berat total < 5 ton, misalnya : mobil penumpang, pick up, mobil hantaran.

^{**)} berat total \geq 5 ton, misalnya : bus, truk, traktor, semi trailer, trailer

3.2.2 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka Ekuivalen (E) beban sumbu kendaraan adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh lintasan beban sumbu tunggal kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban standar sumbu tunggal sebesar 8,16 ton (18.000 Lb) (Bina Marga, 1987).

Angka Ekuivalen (E) 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 $E_{Truk} = 1,2$, ini berarti 1 kali lintasan kendaraan truk

menyebabkan penurunan indeks permukaan yang sama dengan 1,2 kali lintasan sumbu standar (Silvia, 1993).

Bina Marga 1987 memberikan persamaan untuk menentukan angka ekuivalen beban sumbu kendaraan berikut ini.

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

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

Angka ekuivalen beban sumbu kendaran (E) dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan Metode Bina Marga 1987

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
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

3.2.3 Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) adalah jumlah rata-rata lalu lintas kendaraan bermotor roda empat atau lebih 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 Persamaan-Persamaan Lintas Ekivalen

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

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.

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

dengan :

j = jenis kendaraan,

n = tahun pengamatan,

LHR = lalu lintas harian rata-rata,

C_j = koefisien distribusi kendaraan, dan

E_j = 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.

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

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 (LET)

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.

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

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 dan 3.7 berikut ini.

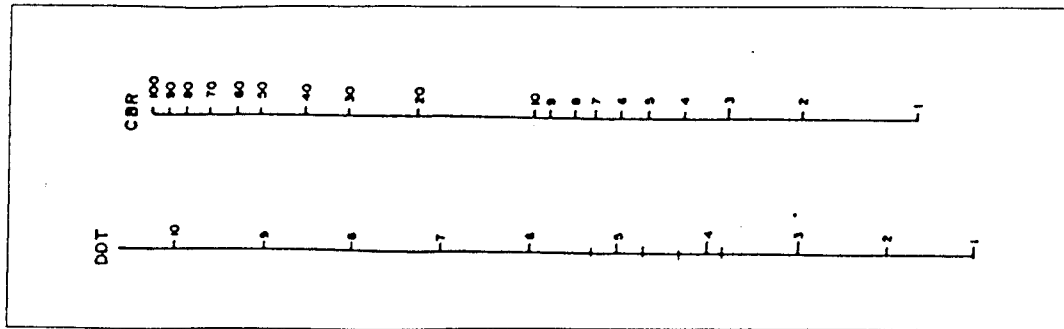
$$LER = LET \cdot FP \quad (3.6)$$

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

dengan : FP = Faktor Penyesuaian dan UR = Umur Rencana.

3.2.5 Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR

Daya dukung tanah dasar adalah suatu skala yang dipakai dalam nomogram penetapan tebal lapis keras untuk menyatakan kekuatan tanah dasar yang ditentukan berdasarkan grafik korelasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1. Harga CBR di sini 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 persentase dari 100 %,
- d. dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan persentase Langkah c, dan
- e. nilai CBR yang mewakili adalah yang didapat dari persentase 90 %.

3.2.6 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, persentase kendaraan berat dan yang berhenti serta curah hujan seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Faktor Regional (FR)^{*)} 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

*) 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.

3.2.7 Indeks Permukaan (IP)

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

Nilai indeks permukaan beserta artinya adalah sebagai berikut :

- IP = 1,0 menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan,
- IP = 1,5 menyatakan tingkat pelayanan rendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus),
- IP = 2,0 menyatakan tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih mantap,
- 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*)	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

*) LER dalam satuan angka ekuivalen 8,16 ton (18.000 Lb) beban sumbu tunggal

Penentuan indeks permukaan pada awal umur rencana (IP_0), perlu memperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan/kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana seperti yang tercantum dalam Tabel 3.6 berikut ini.

**Tabel 3.6 Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana (IP_0)
Metode Bina Marga 1987**

Jenis Lapis Keras	IP_0	Roughness (mm/km)
(1)	(2)	(3)
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	$\leq 2,4$	-
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 ± 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.

**Tabel 3.7 Koefisien Kekuatan Relatif (a)
Metode Bina Marga 1987**

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a ₁	a ₂	a ₃	MS (kg)	K _t (kg/cm)	CBR (%)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,33	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	Lasbutag
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,25	-	-	-	-	-	HRA
0,20	-	-	-	-	-	Aspal Macadam
-	0,28	-	590	-	-	Lapen (Mekamis)
-	0,24	-	454	-	-	Lapen (Manual)
-	0,23	-	-	-	-	Laston Atas
-	0,19	-	-	-	-	
-	0,15	-	-	22	-	Lapen (Mekamis)
-	0,13	-	-	18	-	Lapen (Manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stabilitas Tanah dengan Semen
-	0,13	-	-	18	-	Stabilitas Tanah dengan Kapur
-	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.

**Tabel 3.8 Batas-Batas Minimum Tebal Lapis Keras
Metode Bina Marga 1987**

Lapis Permukaan ("Surface Course")		
ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
(1)	(2)	(3)
< 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, Laston
≥ 10,00	10	Laston
Lapis Pondasi Atas ("Base Course")		
< 3,00	15	Batu Pecah, Stabilitas Tanah dengan Semen, Stabilitas Tanah dengan Kapur
3,00 - 7,49	20 ^{*)}	Batu Pecah, Stabilitas Tanah dengan Semen, Stabilitas Tanah dengan Kapur
	10	Laston Atas
7,50 - 9,99	20	Batu Pecah, Stabilitas Tanah dengan Semen, Stabilitas Tanah dengan Kapur, Pondasi Macadam
	15	Laston Atas
10,0 - 12,14	20	Batu Pecah, Stabilitas Tanah dengan Semen, Stabilitas Tanah dengan Kapur, Pondasi Macadam, Lapen, Laston Atas
≥ 12,25	25	Batu pecah, Stabilitas Tanah dengan Semen, Stabilitas Tanah dengan Kapur, Pondasi Macadam, Lapen, Laston Atas
Lapis Pondasi Bawah ("Sub Base Course")		
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.

Perhitungan perencanaan tebal lapis keras lentur didasarkan pada kekuatan relatif masing-masing lapis keras jangka panjang. Penentuan tebal lapis keras lentur dinyatakan dengan Indeks Tebal Perkerasan (ITP), yang dapat diketahui dengan Persamaan 3.8.

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 \dots\dots\dots (3.8)$$

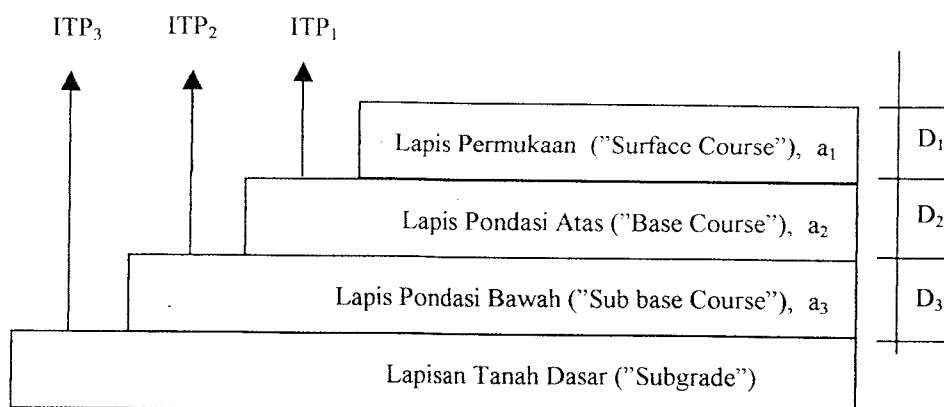
dengan :

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 (cm).

Bagan alir perencanaan tebal lapis keras lentur dengan metode ini dapat dilihat pada Lampiran 6, sedangkan nomogram penentuan tebal lapis keras lentur dapat dilihat pada Lampiran 11.

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 Illinois). 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, 1993).

3.3.1 Persamaan Dasar

Perencanaan tebal lapis keras lentur ("Flexible Pavement") dengan menggunakan Metode AASHTO 1986, didasarkan atas hasil penelitian dan pengamatan terhadap kegagalan struktur lapis keras lentur dalam mendukung beban lalu lintas yang melintas di atas permukaan jalan. Kegagalan tersebut terlihat dari kerusakan-kerusakan jalan yang terjadi.

Persyaratan dasar yang perlu diperhatikan dalam perencanaan tebal lapis keras lentur menggunakan metode ini 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.

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

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (3.10)$$

$$\Delta PSI = IP_o - IP_t \quad (3.11)$$

dengan :

W_{18}	= lintas ekuivalen selama umur rencana (18 Kips ESAL),
SN	= "Structural Number"/Indeks Tebal Perkerasan (ITP),
Δ PSI	= "Present Serviceability Index"/Nilai Indeks Permukaan,
Z_r	= simpangan baku normal,
S_o	= simpangan baku keseluruhan,
M_r	= Modulus Resilien (Psi),
a	= koefisien kekuatan relatif bahan,
D	= tebal masing-masing lapisan lapis keras,
m	= koefisien drainasi 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 AASHTO 1986, didasarkan atas berbagai pertimbangan seperti yang diuraikan berikut ini.

3.3.2.1 Batasan Waktu

Batasan waktu meliputi pemilihan lamanya umur rencana dan umur kinerja jalan ("Perfomanced Period"). Umur kinerja jalan adalah masa pelayanan jalan yang pada akhir masa pelayanan dibutuhkan perbaikan, rehabilitasi atau "Overlay". Umur rencana dapat sama atau lebih besar dari umur kinerja jalan.

3.3.2.2 Beban Lalu Lintas dan Tingkat Pertumbuhan Lalu Lintas

Beban lalu lintas yang digunakan dalam metode ini adalah beban sumbu sebesar 18.000 Lbs (18 Kips) untuk menyatakan korelasi beban sumbu kendaraan dengan beban sumbu standar ("Equivalent Single Axle Load"/ESAL). Untuk menyatakan korelasi tersebut, digunakan faktor ekuivalen (TEF/"Traffic Equivalent Factor"). Besarnya nilai TEF tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.9 sampai Tabel 3.12 dan untuk selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 18.

Tabel 3.9 Faktor Ekuivalen Sumbu Tunggal, Pt = 2,0 Metode AASHTO 1986

Axle Load		Structural Number					
Kips	Kn	1	2	3	4	5	6
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
2	8.9	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
4	17.8	0,0020	0,0030	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
6	26.7	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100
8	35.6	0,0300	0,0400	0,0400	0,0300	0,0300	0,0300
10	44.5	0,0800	0,0800	0,0900	0,0800	0,0800	0,0800
12	53.4	0,1600	0,1800	0,1900	0,1800	0,1700	0,1700
14	62.3	0,3200	0,3400	0,3500	0,3500	0,3400	0,3300
16	71.2	0,5900	0,6000	0,6100	0,6100	0,6000	0,6000
18	80.1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
20	89.1	1,6100	1,5900	1,5600	1,5500	1,5700	1,6000
22	97.9	2,4900	2,4400	2,3500	2,3100	2,3500	2,3100
24	106.8	3,7100	3,6200	3,4300	3,3300	3,4000	3,5100
26	115.7	5,3600	5,2100	4,8800	4,6800	4,7700	4,9600
28	124.6	7,5400	7,3100	6,7800	6,4200	6,5200	6,8300
30	133.4	10,380	10,030	9,2400	8,6500	8,7300	9,1700
32	142.3	14,000	13,510	12,370	11,460	11,480	12,070
34	151.2	18,550	17,870	16,300	14,970	14,870	15,630
36	160.2	24,200	23,300	21,160	19,280	19,020	19,930
38	169.0	31,140	29,950	27,120	24,550	24,030	25,100
40	177.9	39,570	38,020	34,340	30,920	30,040	31,250

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

Tabel 3.10 Faktor Ekuivalen Sumbu Ganda, Pt = 2,0 Metode AASHTO 1986

Axle Load		Structural Number					
Kips	Kn	1	2	3	4	5	6
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
10	44.5	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100
12	53.4	0,0100	0,0200	0,0200	0,0100	0,0100	0,0100
14	62.3	0,0200	0,0300	0,0300	0,0300	0,0200	0,0100
16	71.2	0,0400	0,0500	0,0500	0,0500	0,0400	0,0400
18	80.1	0,0700	0,0800	0,0800	0,0800	0,0800	0,0700
20	89.1	0,1000	0,1200	0,1200	0,1200	0,1100	0,1000
22	97.9	0,1600	0,1700	0,1800	0,1700	0,1600	0,1600
24	106.8	0,2300	0,2400	0,2600	0,2500	0,2400	0,2300
26	115.7	0,3200	0,3400	0,3600	0,3500	0,3400	0,3300
28	124.6	0,4500	0,4600	0,4900	0,4800	0,4700	0,4600
30	133.4	0,6100	0,6200	0,6500	0,6400	0,6300	0,6200
32	142.3	0,8100	0,8200	0,8400	0,8400	0,8300	0,8200
34	151.2	1,0600	1,0700	1,0800	1,0800	1,0800	1,0700
36	160.2	1,3800	1,3800	1,3800	1,3800	1,3800	1,3800
38	169.0	1,7600	1,7500	1,7300	1,7200	1,7300	1,7400
40	177.9	2,2200	2,1900	2,1500	2,1300	2,1600	2,1800
42	186.8	2,7700	2,7300	2,6400	2,6200	2,6600	2,7000
44	195.7	3,4200	3,3600	3,2300	3,1800	3,2400	3,3100
46	204.6	4,2000	4,1100	3,9200	3,8300	3,9100	4,0200
48	213.5	5,1000	4,9800	4,7200	4,5800	4,6800	4,8300

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

Tabel 3.11 Faktor Ekuivalen Sumbu Tunggal, Pt = 2,5 Metode AASHTO 1986

Axle Load		Structural Number					
Kips	Kn	1	2	3	4	5	6
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
2	8,9	0,0004	0,0004	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
4	17,8	0,0030	0,0040	0,0040	0,0040	0,0030	0,0020
6	26,7	0,0100	0,0200	0,0200	0,0100	0,0100	0,0100
8	35,6	0,0300	0,0500	0,0500	0,0400	0,0300	0,0300
10	44,5	0,0800	0,1000	0,1200	0,1000	0,0900	0,0800
12	53,4	0,1700	0,2000	0,2300	0,2100	0,1900	0,1800
14	62,3	0,3300	0,3600	0,4000	0,3900	0,3600	0,3400
16	71,2	0,5900	0,6100	0,6500	0,6500	0,6200	0,6100
18	80,1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
20	89,1	2,6100	1,5700	1,4900	1,4700	1,5100	1,5500
22	97,9	2,4800	2,3800	2,1700	2,0900	2,1800	2,3000
24	106,8	3,6900	3,4900	3,0900	2,8900	3,0300	3,2700
26	115,7	5,3300	4,9900	4,3100	3,9100	4,0900	4,4800
28	124,6	7,4900	6,9800	5,9000	5,2100	5,3900	5,9800
30	133,4	10,310	9,550	7,9400	6,8300	6,9700	7,7900
32	142,3	13,900	12,820	10,520	8,8500	8,8800	9,9500
34	151,2	18,410	16,940	13,740	11,340	11,180	12,510
36	160,2	24,020	22,040	17,730	14,380	13,930	15,500
38	169,0	30,900	28,300	22,610	18,060	17,200	18,980
40	177,9	39,260	35,890	28,510	22,500	21,080	23,040

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

Tabel 3.12 Faktor Ekuivalen Sumbu Ganda, Pt = 2,5 Metode AASHTO 1986

Axle Load		Structural Number					
Kips	Kn	1	2	3	4	5	6
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
10	44,5	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100
12	53,4	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0100	0,0100
14	62,3	0,0300	0,0400	0,0400	0,0300	0,0300	0,0200
16	71,2	0,0400	0,0700	0,0700	0,0600	0,0500	0,0400
18	80,1	0,0700	0,0100	0,1100	0,0900	0,0800	0,0700
20	89,1	0,1100	0,1400	0,1600	0,1400	0,1200	0,1100
22	97,9	0,1600	0,2000	0,2300	0,2100	0,1800	0,1700
24	106,8	0,2300	0,2700	0,3100	0,2900	0,2600	0,2400
26	115,7	0,3300	0,3700	0,4200	0,4000	0,3600	0,3400
28	124,6	0,4500	0,4900	0,5500	0,5300	0,5000	0,4700
30	133,4	0,6100	0,6500	0,7000	0,7000	0,6600	0,6300
32	142,3	0,8100	0,8400	0,8900	0,8900	0,8600	0,8300
34	151,2	1,0600	1,0800	1,1100	1,1100	1,0900	1,0800
36	160,2	1,3800	1,3800	1,3800	1,3800	1,3800	1,3800
38	169,0	1,7500	1,7300	1,6900	1,6800	1,7000	1,7300
40	177,9	2,2100	2,1600	2,0600	2,0300	2,0800	2,1400
42	186,8	2,7600	2,6700	2,4900	2,4300	2,5100	2,6100
44	195,7	3,4100	3,2700	2,9900	2,8800	3,0000	3,1600
46	204,6	4,1800	3,9800	3,5800	3,4000	3,5500	3,7900
48	213,5	5,0800	4,8000	4,2500	3,9800	4,1700	4,4900

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

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, 1993) :

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

dengan :

- 18 Kips ESAL = lintas ekuivalen kumulatif pada lajur rencana,
- A_i = jumlah untuk satu jenis kendaraan (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 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 didasarkan atas Persamaan 3.13 sampai 3.16 yang diberikan AASHTO 1986 berikut ini.

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

$$W_{t18} = W_{18}' \left[\frac{(1+g)^t - 1}{g} \right] \dots\dots\dots (3.14)$$

$$* \text{Faktor} = [(1 + g)^t - 1] / g \quad (3.15)$$

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

dengan :

W_{18} = kumulatif 18 Kips ESAL,

D_D = faktor distribusi arah

D_L = faktor distribusi lajur, dapat dilihat pada Tabel 3.13,

W_{18} = lintas ekuivalen 18 Kips ESAL,

g = angka pertumbuhan lalu lintas,

t = tahun perencanaan,

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

* Faktor = faktor pertumbuhan lalu lintas, dapat dilihat pada Lampiran 17.

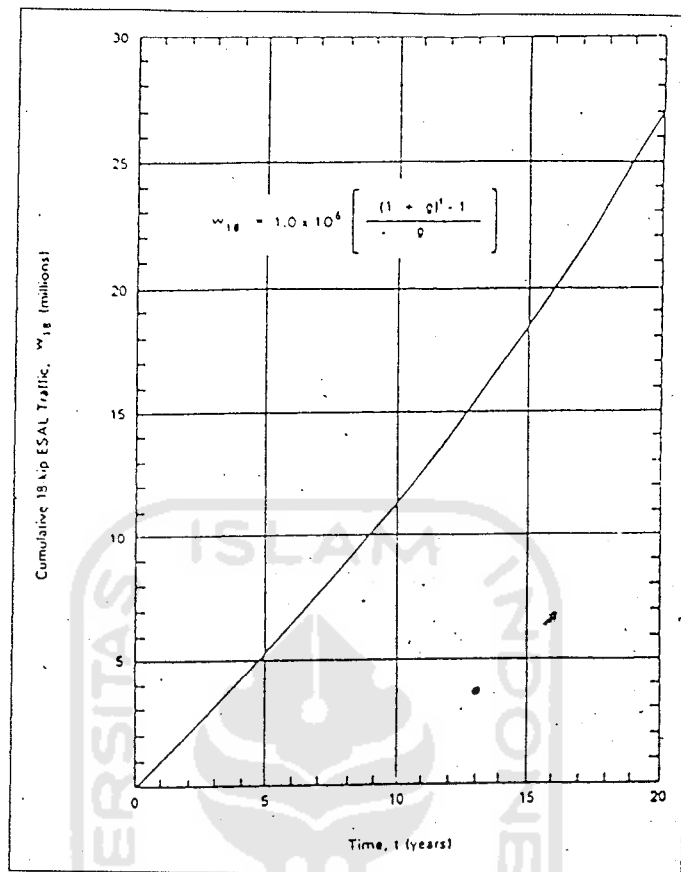
Jumlah beban sumbu ekuivalen 18 Kips ESAL menunjukkan jumlah beban untuk semua lajur dan kedua arah. Untuk perencanaan, jumlah beban ini harus didistribusikan menurut arah dan lajur rencana. Faktor distribusi arah biasanya 50 % atau ditetapkan dengan cara lain, sedangkan faktor distribusi lajur dapat dilihat pada Tabel 3.13 berikut ini.

Tabel 3.13 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
≥ 4	50 – 75

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

Besarnya 18 Kips ESAL sebaiknya digambarkan dalam bentuk grafik hubungan antara 18 Kips ESAL dengan waktu seperti contoh pada Gambar 3.3 dan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 20.



Gambar 3.3 Grafik Hubungan Antara 18 Kips ESAL dengan Jumlah Tahun
 Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 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 pemakai 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 3.14 berikut ini.

Tabel 3.14 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 normal (Z_r) akibat perkiraan beban lalu lintas dan kondisi lapis keras dapat dilihat pada Tabel 3.15, yang ditentukan berdasarkan nilai tingkat reliabilitas pada Tabel 3.14.

Tabel 3.15 Simpangan Baku Normal (Z_r)

Reliability (R) (%)	Standard Normal Deviate (Z_r)
(1)	(2)
50,00	- 0,000
60,00	- 0,253
70,00	- 0,524
75,00	- 0,674
80,00	- 0,841
85,00	- 1,037
90,00	- 1,282
91,00	- 1,340
92,00	- 1,405
93,00	- 1,476
94,00	- 1,555
95,00	- 1,645
96,00	- 1,751
97,00	- 1,881
98,00	- 2,054
99,00	- 2,327
99,90	- 3,090
99,99	- 3,750

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

AASHTO 1986 memberikan nilai untuk menentukan besarnya gabungan kesalahan prediksi lalu lintas dan tanah dasar atau simpangan baku keseluruhan (S_o) sebagai berikut :

- a. prediksi lalu lintas dipertimbangkan, $S_o = 0,44$,
- b. prediksi lalu lintas tidak dipertimbangkan, $S_o = 0,49$, dan
- c. besaran nilai, $S_o = 0,40 - 0,50$

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.

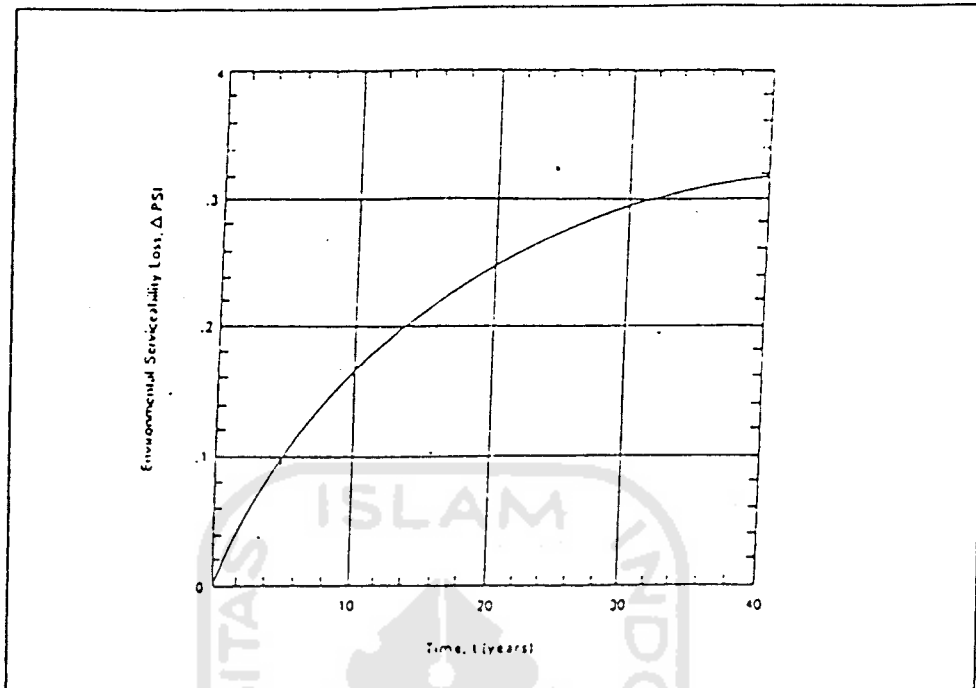
Pengaruh perubahan musim, perbedaan temperatur, kerusakan akibat lelahnya bahan, sifat material yang dipergunakan, dapat mempengaruhi umur pelayanan jalan. Besarnya penurunan indeks permukaan akibat pengembangan merupakan fungsi dari tingkat pengembangan ("Swell Probability"/Ps) dan besarnya potensi merembes ke atas ("Potential Vertical Rise"/Vr) yang diberikan dalam bentuk Persamaan 3.17 berikut ini.

$$PSI_{\text{swell}} = 0,00335 \cdot Vr \cdot Ps \cdot (1 - e^{-\theta t}) \dots\dots\dots (3.17)$$

dengan :

- PSI_{swell} = perubahan indeks permukaan akibat pengembangan tanah dasar,
- Vr = besarnya potensi merembes keatas, dinyatakan dalam inch, dapat dilihat pada Lampiran 15,
- Ps = probalitas pengembangan, dinyatakan dalam persen,
- θ = tingkat pengembangan tetap, dan
- t = jumlah tahun yang ditinjau, dihitung dari saat jalan tersebut dibuka untuk umum.

Besarnya penurunan akibat pengembangan digambarkan dalam bentuk grafik, yang merupakan hubungan antara waktu (jumlah tahun) dan besarnya penurunan. Besarnya penurunan tersebut dapat dilihat pada contoh dalam Gambar 3.4 dan untuk selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 21.



Gambar 3.4 Grafik Hubungan Antara PSI_{Swell} dengan Jumlah Tahun
 Sumber : AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986

3.3.2.5 Kriteria Kinerja Jalan

Kinerja jalan yang diharapkan dinyatakan dalam nilai indeks permukaan (IP) pada awal umur rencana (IPo) dan pada akhir 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 sebagai 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. Untuk jelasnya, dapat dilihat pada Lampiran 22.

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, $I_{Po} = 4,2$. Dalam waktu yang tertentu, $I_{Po} = 4,2$ tersebut akan mengalami penurunan sampai mencapai Indeks Permukaan Terminal (IPT) 2,5 atau 2.

3.3.2.6 Modulus Resilien Tanah Dasar (M_r)

Kekuatan daya dukung tanah pada suatu ruas jalan tidak tersebar secara merata di 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. Nomogram tersebut dapat dilihat pada Lampiran 14.

Penentuan ukuran elastisitas untuk tanah dasar dinyatakan dengan Modulus Resilien 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.

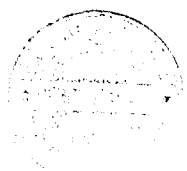
$$u = 1,18 \cdot 10^8 \cdot M_r^{-2,32} \dots\dots\dots (3.19)$$

dengan :

u = kerusakan relatif, dan

M_r = modulus resilien, dinyatakan dalam Psi.

Modulus resilien efektif untuk tanah dasar yang dipergunakan dalam perencanaan tebal lapis keras lentur adalah harga korelasi yang diperoleh dari



kerusakan relatif rata-rata dalam setahun.

3.3.2.7 Faktor Drainasi

Sistem drainasi jalan sangat mempengaruhi kriteria 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 3.16 berikut ini.

Tabel 3.16 Kualitas Drainasi Jalan Metode AASHTO 1986

Kualitas Drainasi (1)	Waktu yang Dibutuhkan untuk Meringkakan Air (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 3.17 berikut ini.

Tabel 3.17 Koefisien Drainasi (m) Metode AASHTO 1986

Kualitas Drainasi (1)	Persen Waktu Lapis Keras Dalam Keadaan Lembab Jenuh			
	< 1 (2)	1 - 5 (3)	5 - 25 (4)	> 25 (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

Grafik yang menunjukkan angka koefisien drainasi (m) dapat dilihat pada Lampiran 16

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 penyusunnya (a). Untuk bahan perkerasan dengan aspal, nilainya ditetapkan dengan "Marshall Stability", bahan perkerasan dengan semen atau kapur ditetapkan dengan "Triaxial Test" (kuat tekan) dan bahan lapis pondasi ditetapkan dengan nilai CBR ("California Bearing Ratio"). Besarnya nilai koefisien kekuatan relatif masing-masing bahan dapat dilihat pada Tabel 3.18 berikut ini.

Tabel 3.18 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 Gravel		0,07
	Crushed Stone		0,14
	Cement Treated (No Soil Cement), Compressive Strength @ 7 Days	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		0,11
	Sand or Sandy Clay		0,05 – 0,10

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 3.18 tersebut. Nomogram untuk menentukan koefisien kekuatan relatif bahan lapis keras dapat dilihat pada Lampiran 13.

Koefisien kekuatan relatif bahan lapis permukaan (a_1) untuk Laston ("Asphalt Concrete"), dapat ditentukan dengan menggunakan grafik yang terdapat pada Lampiran 13, yang didasarkan pada modulus elastis ("Resilient") Laston pada suhu 68°F dengan nilai lebih besar dari 450.000 Psi.

Koefisien kekuatan relatif bahan lapis pondasi atas/"Granular Base Layers" (a_2), dapat ditentukan dengan menggunakan grafik yang terdapat pada Lampiran 13. Sebagai pengganti nilai hasil uji laboratorium, dapat digunakan Persamaan 3.20 berikut ini.

$$a_2 = 0,249 \cdot \text{Log } E_{BS} - 0,977 \quad \dots\dots\dots (3.20)$$

dengan :

a_2 = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi atas, dan

E_{BS} = modulus elastis/modulus resilien lapis pondasi atas.

Koefisien kekuatan relatif bahan lapis pondasi bawah/"Granular Sub Base Layers" (a_3), dapat ditentukan dengan menggunakan grafik yang terdapat pada Lampiran 13. Sebagai pengganti nilai hasil uji laboratorium, dapat digunakan Persamaan 3.21 berikut ini.

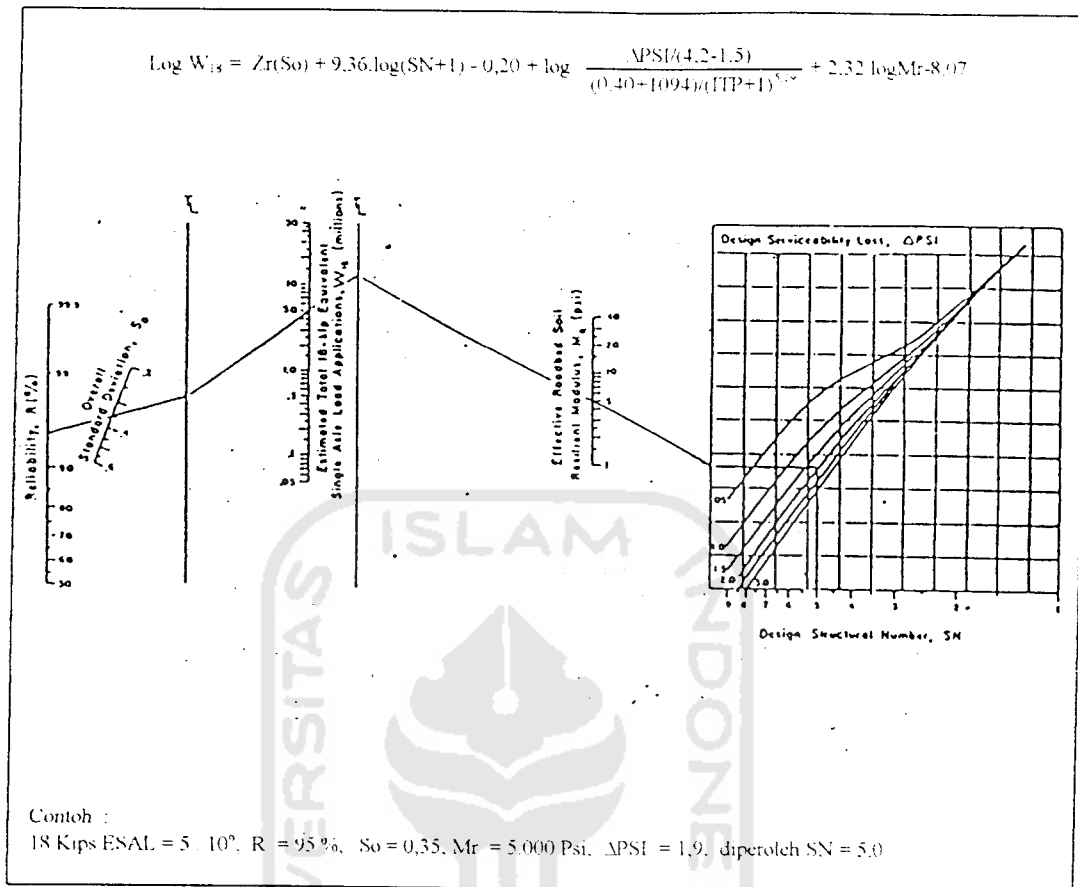
$$a_3 = 0,227 \cdot \text{Log } E_{SB} - 0,839 \quad \dots\dots\dots (3.21)$$

dengan :

a_3 = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah, dan

E_{SB} = modulus elastis/modulus resilien lapis pondasi bawah.

Penentuan SN untuk tahap pertama dalam perencanaan tebal lapis keras lentur jalan adalah dengan mempergunakan nilai nomogram seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Nomogram Penentuan ITP Metode AASHTO 1986

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

SN dengan asumsi tidak terjadi penurunan IP akibat "Swelling" (SN untuk umur kinerja jalan adalah maksimum). Terjadinya penurunan IP akibat "Swelling" menyebabkan umur kinerja jalan berkurang, sehingga tidak lagi sama dengan umur kinerja jalan maksimum. Cara memperkirakan umur kinerja jalan akibat beban lalu lintas dan pengembangan ("Swelling") adalah dengan "Trial and Error" berikut ini.

1. memperkirakan umur kinerja jalan ("Performance Period") akibat beban lalu lintas dan pengembangan sebesar a tahun (besarnya lebih kecil dari umur kinerja jalan maksimum),
2. menentukan besarnya penurunan IP (ΔPSI_{swell}) selama a tahun dengan menggunakan persamaan atau grafik yang diperoleh pada Langkah 3.3.2.4,

- menentukan besarnya penurunan IP (ΔPSI_{TR}) akibat beban lalu lintas dan pengembangan ("Swell") selama umur kinerja jalan berdasarkan Persamaan 3.22 berikut ini.

$$\Delta PSI_{TR} = IP_o - IP_t - \Delta PSI_{swell} \text{ (Langkah 2) } \dots\dots\dots (3.22)$$

- menentukan 18 Kips ESAL dengan menggunakan nomogram pada Gambar 3.5. Semua parameter lain sama dengan yang dipergunakan pada Langkah 3.3.2.8, kecuali untuk ΔPSI yang sama dengan hasil langkah 3,
- menentukan berapa lama besarnya 18 Kips ESAL pada langkah 4 dengan persamaan pada Langkah 3.3.2.2. Angka yang diperoleh pada Langkah 5 ini harus mendekati hasil pada Langkah 1. Jika terdapat perbedaan yang besar, maka iterasi harus dilanjutkan sampai hasil yang diperoleh pada Langkah 5 mendekati perkiraan pada Langkah 1.

Perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan langkah seperti contoh dalam Tabel 3.19 dan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 23.

Tabel 3.19 Perhitungan Umur Kinerja Jalan Metode AASHTO 1986

ITP awal		=			
Umur Kinerja Jalan Maksimum		=			
IP perencanaan		= $IP_o - IP_t$		= Tahun langkah 3	
Iterasi No	Perkiraan umur kinerja jalan	IP_{swell}	IP akibat beban lalu lintas	AE18KSAL (18 Kips ESAL)	Perkiraan umur kinerja jalan (tahun)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	Langkah 1	Langkah 2	Langkah 2 dan 3	Pergunakan grafik gambar 3.5	Pergunakan grafik langkah 2 = 5
Iterasi 2 dan seterusnya, dilakukan sampai mencapai langkah 1 \approx langkah 5					

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 3.20 berikut ini.

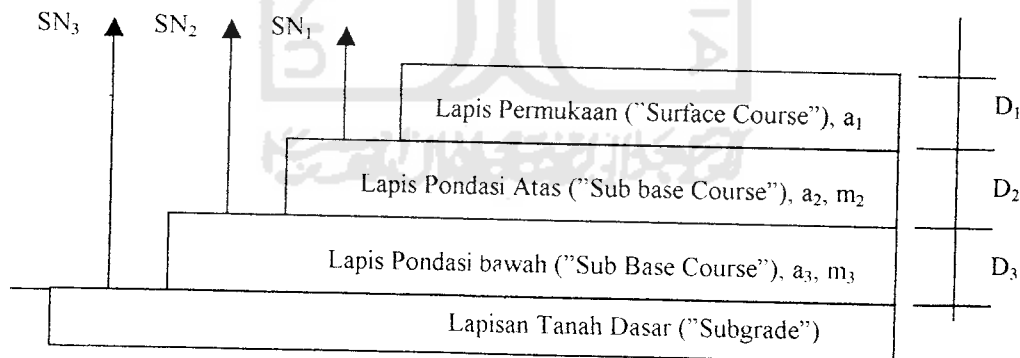
Tabel 3.20 Batas-Batas Minimum Tebal Lapis Keras Lentur Metode AASHTO 1986

Traffic (ESAL) (1)	Asphalt Concrete (2)	Agregate Base (3)
< 0.000	1,0" (Or Surface Treatment)	4"
50.001 – 150.000	2,0"	4"
150.001 – 500.000	2,5"	4"
500.001 – 2.000.000	3,0"	6"
2.000.001 – 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 resilien dari lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah yang akan dipergunakan seperti dalam Gambar 3.6 berikut ini.



Gambar 3.6 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 3.23 sampai 3.27 berikut ini.

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

$$SN_1^* = a_1 \cdot D_1^* \geq SN_1 \quad \dots \dots \dots (3.24)$$

$$D_2^* \geq (SN_2 - SN_1^*) / (a_2 \cdot m_2) \quad \dots \dots \dots (3.25)$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2 \quad \dots \dots \dots (3.26)$$

$$D_3^* \geq [SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)] / (a_3 \cdot m_3) \quad \dots \dots \dots (3.27)$$

dengan :

- a = koefisien kekuatan relatif bahan masing-masing lapisan,
- D = tebal masing-masing lapisan,
- m = koefisien drainasi masing-masing lapisan,
- D* dan SN* = nilai yang sebenarnya digunakan, dapat sama atau lebih besar dari nilai yang diperlukan.

Bagan alir perencanaan tebal lapis keras lentur dengan metode AASHTO 1986 dapat dilihat pada Lampiran 7, sedangkan nomogram untuk penentuan tebal lapis keras lentur dapat dilihat pada Lampiran 12.