

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **A. Pendahuluan**

Beberapa hal yang mempengaruhi perkerasan jalan sehubungan dengan fungsinya sebagai media bagi para pemakai jalan adalah : (1) beban lalu lintas, (2) kondisi lingkungan dan (3) karakteristik material (Paquette, 1987; 473).

Terjadinya retak-retak (*cracks*), alur memanjang (*rutting*), amblas dan kerusakan lainnya disebabkan oleh beban lalu lintas yang terjadi secara berulang-ulang pada perkerasan.

Pada kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan, kerusakan yang terjadi pada perkerasan akan menjadi lebih parah lagi (Witczak, 1975; 101).

Ketiga faktor diatas merupakan tinjauan dasar dalam merencanakan perkerasan yang diperkenalkan oleh AASHTO lewat berbagai penelitiannya (Witczak, 1975; 506).

Untuk tujuan perencanaan perkerasan, Bina Marga banyak merujuk pada hasil-hasil penelitian dari AASHTO tersebut. Walaupun demikian, berbagai penyesuaian atas beberapa anggapan yang berbeda telah dimodifikasikan sesuai dengan kondisi iklim dan jenis bahan lapis keras yang digunakan.

#### **B. Metode Bina Marga 1987**

Berdasarkan pedoman perencanaan tebal perkerasan

lentur jalan raya dengan metode analisa komponen no. 01/PD/B/1987, Direktorat Jendral Bina Marga dalam menentukan dan merencanakan suatu perkerasan jalan raya baik pada jalan baru maupun jalan lama, dalam perencanaannya selalu memperhatikan delapan parameter utama yang harus diperhatikan, yaitu :

1. Prosentase kendaraan pada jalur rencana.
2. Angka ekivalen.
3. Lintas ekivalen.
4. Daya dukung tanah.
5. Faktor regional.
6. Indek permukaan.
7. Indek tebal perkerasan.
8. koefisien kekuatan relatif.

#### 1. Prosentase Kendaraan Pada Jalur Rencana

Jalan raya, pada umumnya digolongkan menjadi tiga bagian berdasarkan fungsinya, yaitu :

- a. Jalan Arteri (utama), adalah merupakan jalan kelas I yaitu jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, lalu lintas berat, berjalur banyak dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien, serta konstruksi perkerasan terbaik.
- b. Jalan Kolektor (sekunder), adalah merupakan jalan kelas II yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, lalu lintasnya terdapat lalu lintas lambat dan jumlah jalan masuk dibatasi. Kelas



jalan ini terdiri atas jalan kelas : IIA, IIB, dan IIC.

c. Jalan lokal (penghubung), adalah merupakan jalan kelas III yaitu jalan yang melayani lalu lintas ringan, jalur tunggal atau jalur dua dan konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah pelaburan dengan aspal.

Ketiga golongan jalan tersebut terbagi atas beberapa kelas yang dicirikan berdasarkan kecepatan, berat kendaraan, jumlah jalur dan penggunaan jenis permukaan perkerasan jalan ( terlihat pada tabel 3.1)

Tabel 3.1. Standar Perencanaan Geometrik

Klasifikasi Jalan	Jalan raya Utama			Jalan Raya sekunder									Jalan Penghubung		
	I			IIA			IIB			IIC			III		
Klasifikasi Medan	D	B	G	D	B	G	D	B	G	D	B	G	D	B	G
LHR dalam smp	>2000			6000-2000			1500-8000			<2000			-		
Kecepatan Rencana (km/jam)	120	100	80	100	80	60	80	60	40	60	40	30	60	40	30
Lebar Daerah penggunaan min. (m)	60	60	60	40	40	40	30	30	30	30	30	30	20	20	20
Lebar perkerasan (m)	Min.2(2x3,75)			2x3,5 atau 2x(2x3,50)			2x3,50			2x3,50			3,50-6,0		
Lebar median min ( m )	10			1,5 <sup>1)</sup>			-			-			-		
Lebar Bahu (m)	3,5	3,0	3,0	3,0	2,5	2,5	3,0	2,5	2,5	2,5	1,5	1,0	1,5 - 2,5 <sup>2)</sup>		
Lereng melintang perkerasan	2%			2%			2%			3%			4%		
Lereng melintang bahu	4%			4%			6%			6%			6% bahu		
Jenis lapisan permukaan jalan	Aspal beton (hot mix)			Aspal beton			Penetrasi berganda/ setaraf			Paling tinggi penetrasi tunggal			Paling tinggi pelaburan dengan aspal		
Miring tikungan max	10%			10%			10%			10%			10%		
Jari-jari lengkung min. (m)	560	350	210	350	210	115	210	115	50	115	50	30	115	50	30
Landai max.	3%	5%	6%	4%	6%	7%	5%	7%	8%	6%	8%	10%	6%	8%	12%

Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya

- 1) Untuk 4 jalur
- 2) Menurut kendaraan setempat

Untuk batasan lebar perkerasan pada masing-masing jalur, menurut pedoman perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya No. 01/PD/B/1987 adalah seperti terlihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan ( L ) ( meter )	Jumlah Jalur
$L < 5,50$	1 jalur
$5,50 \leq L < 8,25$	2 jalur
$8,25 \leq L < 11,25$	3 jalur
$11,25 \leq L < 15,00$	4 jalur
$15,00 \leq L < 18,75$	5 jalur
$18,75 \leq L < 22,00$	6 jalur

Sumber : Bina marga, 1987.

Dalam hubungannya dengan jumlah kendaraan yang melewati lajur rencana, masing-masing beratnya di perhitungkan dengan memberikan nilai koefisien tertentu berdasarkan jumlah lajur dan arah. Nilai koefisien ini disebut nilai koefisien distribusi kendaraan (c) , terlihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Koefisien Distribusi Kendaraan (c)

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

Sumber : Bina Marga, 1987.

Berdasarkan kenyataan, bahwa lalulintas pada jalan raya terdiri dari kendaraan campuran dengan berbagai ragam jenis, kecepatan dan beratnya. Oleh karenanya perlu untuk mengadakan pengelompokan. Pengelompokan tersebut membantu dalam perhitungan volume lalulintas yang terjadi, yaitu dengan membandingkannya terhadap nilai satuan mobil penumpang (smp). Terlihat pada tabel 3.4.

3). Berat total < 5 ton, misalnya : mobil penumpang, pick up, mobil hantaran.

4). berat total  $\geq$  5 ton, misalnya : bus, truk, semi trailer, trailer.

Tabel 3.4. Pengelompokan Kendaraan

Kelompok	Jenis Kendaraan	Nilai smp
I	Sepeda	0,5
II	Mobil penumpang/sepeda motor	1
III	Truk ringan (berat kotor < 5 ton) <sup>3</sup>	2
IV	Truk sedang > 5 ton <sup>4</sup>	2,5
V	Bus	3
VI	Truk berat	3
VII	Kendaraan tidak bermotor	7

Sumber : Bina Marga, 1993

## 2. Angka Ekuivalen (E)

Berat kendaraan didistribusikan ke perkeerasan jalan melalui roda yang terletak pada jarak tertentu dari titik berat kendaraan tersebut.

Beragamnya konfigurasi sumbu pada setiap jenis kendaraan, menjadikan angka ekuivalennya tidak sama, yaitu tergantung dari letak titik berat kendaraan tersebut dalam memberikan prosentase beban pada roda depan (as tunggal) dan roda belakang (as tunggal atau ganda).

Seperti halnya anggapan penyeragaman pengaruh setiap jenis kendaraan terhadap keseluruhan arus lalulintas ditetapkan dengan satuan mobil penumpang (smp), ragam beban masing-masing kendaraanpun perlu disesuaikan dengan nilai ekuivalen beban standar, yaitu sebesar 18 kip. Seperti terlihat pada tabel 3.5. dibawah ini.

Tabel 3.5. angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban sumbu		Angka Ekuivalen	
kg	Lb	Sumbu tunggal	Sumbu ganda
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	0,9877
16000	35276	14,7815	1,2712

Sumber : Bina Marga, 1987.

Persamaan dasar yang dipakai Bina Marga dalam menetapkan angka ekuivalen masing-masing sumbu adalah sebagai berikut :

$$\text{Angka ekuivalen} = 1 \left[ \frac{\text{Beban satu sumbu tunggal (kg)}}{8160} \right]^4$$

..... ( 3.1 )

$$\text{Angka ekuivalen} = 0,086 \left[ \frac{\text{Beban satu sumbu ganda (kg)}}{8160} \right]^4$$

..... ( 3.2 )

### 3. Lintas Ekuivalen

Pengaruh beban lalu lintas yang menyebabkan terjadinya kerusakan ditentukan oleh besarnya arus lalu lintas, yaitu jumlah kendaraan dalam 1 hari/ Zarah/ total

lajur yang dibedakan menurut jenis kendaraan.

Dalam perhitungan perancangan perkerasan jalan, analisis lalulintas untuk setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk jalur dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median. Analisa lalulintas yang demikian disebut lalulintas harian rata-rata (LHR)

Dengan mengekivalenkan berat setiap kendaraan terhadap beban standar 18 kip, maka jumlah kendaraan yang melintasi lajur rencana tersebut ditetapkan dalam perhitungan sebagai jumlah lintas ekivalen harian rata-rata untuk masing-masing umur rencana :

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

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

$$LET = 1/2 ( LEP + LEA ) \dots\dots\dots ( 3.5 )$$

Sedangkan besaran yang dipakai dalam nomogram penentuan tebal perkerasan, perlu menyesuaikan dengan kebutuhan umur rencana selama 20 tahun.

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

$$FP = UR/10$$

Keterangan :

- j = jenis kendaraan  
 i = perkembangan lalulintas  
 FP = faktor penyesuaian  
 UR = umur rencana  
 C = koefisien distribusi kendaraan  
 E = angka ekivalen  
 LEP = lintas ekivalen permulaan  
 LEA = lintas ekivalen akhir  
 LET = lintas ekivalen tengah  
 LER = lintas ekivalen rencana

**4. Daya Dukung Tanah (DDT)**

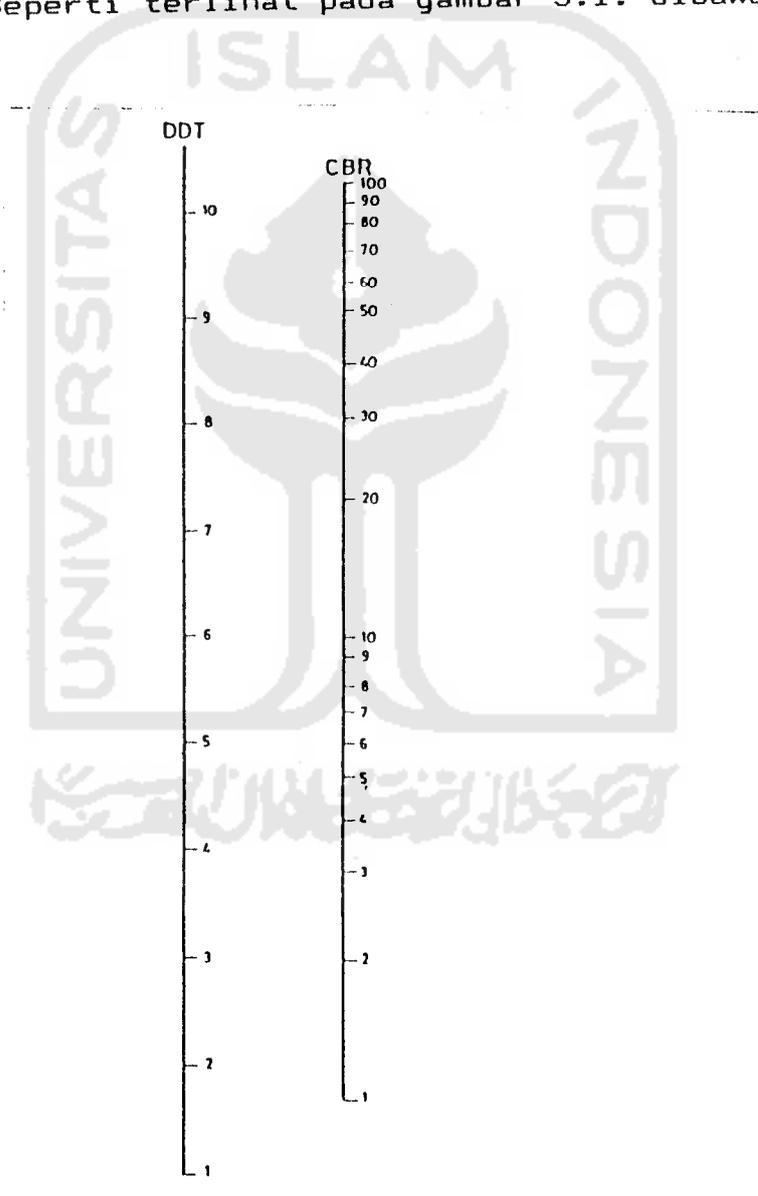
Untuk menentukan atau menilai kekuatan tanah dasar jalan (subgrade) lazimnya dipakai cara California Bearing Ratio (CBR). Cara ini pertama kali dikembangkan oleh California State Higway Departement.

Berdasarkan pedoman perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya No. 01/PD/B/1987, pemeriksaan CBR dapat dilakukan sebagai berikut :

- a. Ditentukan harga CBR terendah.
- b. Ditentukan berapa banyak harga CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR.
- c. Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100 %, sedangkan jumlah yang lainnya merupakan persentase dari 100 %.
- d. Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan persentase jumlah tadi.

e. Nilai CBR rata-rata adalah yang didapat dari angka persentase 90 %.

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan nomogram yang dikorelasikan terhadap nilai rata-rata CBR. Seperti terlihat pada gambar 3.1. dibawah ini.



Gambar 3.1. Korelasi DDT dan CBR  
Sumber : Bina Marga, 1987.

##### 5. Faktor Regional (FR)

Faktor regional (FR) adalah faktor yang menun-

jukan keadaan lingkungan suatu tempat. Di Indonesia perbedaan kondisi lingkungan yang dipertimbangkan meliputi :

1. Kondisi lapangan, yaitu tingkat permeabilitas tanah dasar, perlengkapan drainasi, kelandaian serta persentase kendaraan yang berhenti seberat 13 ton.
2. Kondisi iklim, yaitu intensitas curah hujan rata-rata pertahun. Seperti terlihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.6. Faktor Regional (FR)

Curah hujan	Kelandaian I ( < 6% )		Kelandaian II ( 6-10% )		Kelandaian III ( > 10% )	
	% kend.berat		% kend.berat		% kend.berat	
	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%
Iklim I <900mm/th	0,5	1,0-1,5	1,0	1,5-2,0	1,5	2,0-2,5
Iklim II >900mm/th	1,5	2,0-2,5	2,0	2,5-3,0	2,5	3,0-3,5

Catatan : 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.

Sumber : Bina Marga, 1987.

## 6. Indek Permukaan (IP)

Indek Permukaan (IP) adalah besaran yang dipakai untuk menyatakan kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan jalan sehubungan dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat (Bina Marga).

Untuk tujuan perencanaan perkerasan jalan, nomo-

gram yang diberikan oleh Bina Marga berlaku untuk periode rencana 10 tahun pada indeks permukaan akhir (IPt) = 1 ; 1,5 ; 2 dan 2,5, seperti terlihat pada gambar lampiran 1 - 9. Adapun beberapa nilai IP berdasarkan kondisi jalan adalah sebagai berikut :

IP = 1,0 : Permukaan jalan dalam keadaan rusak berat.

IP = 1,5 : Tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus).

IP = 2,0 : Permukaan jalan masih cukup baik.

IP = 2,5 : Permukaan jalan masih cukup stabil dan baik.

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah ekivalen rencana (LER), terlihat pada tabel 2.2. Dan Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan/kehalusan serta kekokohan) pada awal rencana, seperti terlihat pada tabel 2.1.

## 7. Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Indek Tebal Perkerasan (ITP) merupakan fungsi dari daya dukung tanah, faktor regional, lintas ekivalen, umur rencana dan indeks permukaan. Besarnya nilai ITP dapat dicari dengan menggunakan nomogram dari ITP yang dikorelasikan dengan nilai daya dukung tanah, lintas ekivalen rencana dan faktor regional serta dipengaruhi oleh indeks permukaan. Nilai ITP dicari dengan menggu-

nakan rumus sebagai berikut :

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 \dots\dots\dots ( 3.7 )$$

Keterangan :

$a_1, a_2, a_3$  : koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan.

$D_1, D_2, D_3$  : tebal masing-masing lapis perkerasan (cm).

Angka 1,2,3, masing-masing berarti lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

Persyaratan tebal minimum dari masing-masing lapisan dapat dilihat pada tabel 3.7.

Tabel 3.7. Batas-batas Minimum Tebal Lapis Keras

1. Lapis Permukaan

ITP	Tebal minimum (cm)	Bahan
< 3,00	-	Lapis 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.

## 2. Lapis Pondasi

ITP	Tebal minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
3,00-7,49	20 <sup>5)</sup>	Batu pecah, Stab.tanah dengan semen, Stab.tanah dengan kapur
7,50-9,99	10 20	Laston Atas Batu pecah, Stab.tanah dengan semen, Stab.tanah dengan kapur
10,00-12,24	15 20	Pondasi macadam Laston atas Batu pecah, Stab.tanah dengan semen, Stab.tanah dengan kapur, Pondasi macadam, Laston atas, lapen
≥ 12,25	25	Batu pecah, Stab.tanah dengan semen, Stab.tanah dengan kapur, Pondasi macadam, Lapen, Laston atas

Sumber : Bina Marga, 1987.

## 3. Lapis Pondasi Bawah

Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah tebal minimum adalah 10 cm.

### B. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif (a) masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi dan pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai dengan nilai hasil uji Marshal (Kg) (untuk bahan dengan aspal), Kuat tekan ( $\text{Kg/cm}^2$ ) (untuk bahan yang distabilisasikan dengan semen atau kapur), atau CBR (%) (untuk bahan lapis pondasi atau pondasi bawah). Nilai koefisien Relatif untuk masing-masing bahan dapat dilihat pada tabel pada tabel 3.8 dan 3.9.

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

Tabel 3.8. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan bahan			Jenis bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt kg/cm <sup>2</sup>	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	Asbuton
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	Hot Rolled - Asphalt
0,26	-	-	340	-	-	Asphalt Macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	590	-	-	Laston Atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	

Sumber: Bina Marga, 1987.

Tabel 3.9. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan bahan			Jenis bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt kg/cm <sup>2</sup>	CBR (%)	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stab. tanah - dengan semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stab. tanah - dengan 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)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah/lempung kepasiran

Sumber : Bina Marga, 1987.

### C. Metode AASHTO tahun 1986

Metode perencanaan tebal perkerasan lentur menurut AASHTO berkembang semenjak dimulainya pengujian/penelitian lapangan secara berkala yang dilaksanakan di Ottawa, negara bagian Illinois, USA pada bulan Oktober 1958 sampai November 1960 dari American Association of State Highway Traffic Officials (AASHTO), perkembangan metoda yang berkelanjutan sesuai dengan hasil pengamatan, penelitian dan pengalaman maka dikeluarkanlah AASHTO Guide for Design of Pavement Struktur, 1986 sebagai penyempurnaan dari AASHTO 1972, AASHTO 1981 dan AASHTO 1983 antara lain memberikan persyaratan dasar yang perlu diperhatikan dalam perencanaan perkerasan (Croney, 1977; 475) yaitu : 1) jalan harus memiliki permukaan yang tetap rata dan kuat, 2) dapat menjamin keamanan dan kenyamanan bagi para pemakai jalan dan 3) bernilai ekonomis pada pembiayaan untuk periode rencana serta biaya perawatan selama periode tertentu.

Pada perhitungan perencanaan tebal lapis keras dengan menggunakan AASHTO 1986, ada hal-hal penting yang harus diperhatikan sebagai parameter perencanaan yaitu antara lain :

1. Batasan waktu
2. Beban lalu lintas dan tingkat pertumbuhan lalu lintas
3. Reliabilitas dan simpangan baku keseluruhan
4. Kondisi lingkungan
5. kriteria kinerja jalan
6. Nilai modulus resilien tanah dasar ( $M_r$ )

7. Faktor drainase (m)
8. Indek tebal perkerasan (ITP=PSI) dalam AASHTO dinyatakan dengan SN (Structur Number) tahap pertama
9. Jenis perkerasan yang digunakan dan tebal masing-masing yang digunakan

Pada metode AASHTO 1986 ini daya dukung tanah dasar (DDT) dinyatakan dalam modulus resilien (Mr) yang dapat diperoleh dengan pemeriksaan AASHTO T 274 atau dengan korelasi dengan CBR (pemeriksaan laboratorium), sedangkan faktor regional (FR) yaitu berdasarkan perbedaan kondisi lingkungan yang dalam hal ini dinyatakan dengan koefisien drainase, kehilangan tingkat pelayanan, dan simpangan baku keseluruhan. ASSHTO 1986 memberikan persamaan sebagai berikut sebagai rumus dasar, yaitu :

$$\log W_{18} = Z_r \times (S_o) + 9,36 \log_{10} (SN + 1) - 0,20 + \frac{\log \left\{ \frac{\Delta PSI}{(4,2 - 1,5)} \right\}}{0,40 + 1094 / (SN + 1)^{5,19}} + 2,23 \log_{10} (Mr) - 8,07 \quad ( 3.8 )$$

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 M_2 + a_3 D_3 M_3 \quad ( 3.9 )$$

$$\Delta PSI = I_{Po} - I_{Pt} \quad ( 3.10 )$$

Keterangan :

W<sub>18</sub> = lintas ekivalen selama umur rencana

Z<sub>r</sub> = simpangan baku

S<sub>o</sub> = gabungan kesalahan baku dari perkiraan

lalulintas dan kinerja perkerasan, AASHTO memberikan nilai  $S_o = 0,30 - 0,40$  untuk rigid pavement dan  $0,4-0,50$  untuk flexible pavement.

SN = Struktur number (Indek tebal perkerasan) yang menyatakan hubungan antara nilai kekuatan relatif bahan perkerasan dengan tebal masing-masing perkerasan.

PSI = Selisih indek permukaan (IP) awal dan akhir

$M_r$  = Modulus relisien tanah dasar (psi)

D = tebal masing-masing lapis perkerasan

a = koefisien kekuatan relatif

M = koefisien drainase tiap lapis

AASHTO 1986 memberikan nilai indek permukaan (PSI) berkisar antara 0 - 5, yang ditentukan oleh jenis lapisan permukaan sereta kelas jalan. Pada jalan yang baru dibuka nilai indek permukaan sebesar  $I_{Po} = 4,2$  (Witczak, 1975 : 507). Selama periode tertentu, nilai indek permukaan mengalami penurunan dari  $I_{Po} = 4,2$  hingga mencapai indek permukaan terminal  $I_{Pt} = 1,5; 2,0; \text{ atau } 2,5$ .

Indek tebal perkerasan merupakan besaran yang menyatakan indek tebal masing-masing lapis perkerasan juga ditentukan oleh kekuatan bahan penyusunnya, yaitu bahan perkerasan sebagai lapis permukaan ( $a_1$ ), pondasi ( $a_2$ ) dan pondasi bawah ( $a_3$ ). Untuk bahan perkerasan dari aspal,

nilainya ditetapkan oleh Marshall stability, sedangkan bahan perkerasan dengan semen atau kapur ditetapkan dengan Triaxial test (kuat tekan) atau CBR untuk bahan lapis pondasi bawah. Besarnya nilai koefisien kekuatan relatif oleh AASHTO untuk masing-masing bahan dapat dilihat pada lampiran 11 sampai 15.

### 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.

### 2. Beban Lalulintas dan Tingkat Pertumbuhan lalulintas

Beban gandar yang dipakai adalah sebesar 18 kip untuk menyatakan korelasi beban gandar kendaraan dengan beban gandar standar 18 kip digunakan faktor ekivalen. Faktor ekivalen ini atau traffic equivalent factor (TEF) dapat ditentukan dengan menggunakan tabel 3.10 dan tabel 3.11. terhadap tahun perencanaan umur perkerasan jalan dan Structural Number (SN), dimana angka ini diperoleh dari persamaan ( 3.8 ).

Tabel 3.10. Faktor ekivalen gandar tunggal Pt = 2,0

Axle Load !		Structural Number (SN)						
Kips	KN	!	1	2	3	4	5	6
2	8,9	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
4	17,8	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
6	26,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8	35,6	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
10	44,5	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08
12	53,4	0,16	0,18	0,19	0,18	0,17	0,17	0,17
14	62,3	0,32	0,34	0,35	0,35	0,34	0,33	0,33
16	71,2	0,59	0,60	0,61	0,61	0,60	0,60	0,60
18	80,1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	89,1	1,61	1,59	1,56	1,55	1,57	1,60	1,60
22	97,9	2,49	2,44	2,35	2,31	2,35	2,31	2,31
24	106,8	3,71	3,62	3,43	3,33	3,40	3,51	3,51
26	115,7	5,36	5,21	4,88	4,68	4,77	4,96	4,96
28	124,6	7,54	7,31	6,78	6,42	6,52	6,83	6,83
30	133,4	10,38	10,03	9,24	8,65	8,73	9,17	9,17
32	142,3	14,00	13,51	12,37	11,46	11,48	12,07	12,07
34	151,2	18,55	17,87	16,30	14,97	14,87	15,63	15,63
36	160,2	24,20	23,30	21,16	19,28	19,02	19,93	19,93
38	169,0	31,14	29,95	27,12	24,55	24,03	25,10	25,10
40	177,6	39,57	38,02	34,34	30,92	30,04	31,25	31,25

Sumber : AASHTO Interim Guide, 1986.

Tabel 3.11. Faktor ekuivalen gandar ganda Pt = 2,0

Axle Load !		Structural Number (SN)						
Kips	KN	!	1	2	3	4	5	6
10	44,5		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
12	53,4		0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
14	62,3		0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
16	71,2		0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
18	80,1		0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07
20	89,1		0,10	0,12	0,12	0,12	0,11	0,10
22	97,9		0,16	0,17	0,18	0,17	0,16	0,16
24	106,8		0,23	0,24	0,26	0,25	0,24	0,23
26	115,7		0,32	0,34	0,36	0,35	0,34	0,33
28	124,6		0,45	0,46	0,49	0,48	0,47	0,46
30	133,4		0,61	0,62	0,65	0,64	0,63	0,62
32	142,3		0,81	0,82	0,84	0,84	0,83	0,82
34	151,2		1,06	1,07	1,08	1,08	1,08	1,07
36	160,2		1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
38	169,0		1,76	1,75	1,73	1,72	1,73	1,74
40	177,9		2,22	2,19	2,15	2,13	2,16	2,18
42	186,8		2,77	2,73	2,64	2,62	2,66	2,70
44	195,7		3,42	3,36	3,23	3,18	3,24	3,31
46	204,6		4,20	4,11	3,92	3,83	3,91	4,02
48	213,5		5,10	4,98	4,72	4,58	4,68	4,83

Sumber : AASHTO Interim Guide, 1986.

Dengan mengetahui Beban Lalulintas dan Tingkat Pertumbuhan lalulintas, maka dapat ditentukan lintas ekuivalen kumulatif selama umur rencana dan selama umur kinerja jalan tersebut. AASHTO 1986 memberikan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$W_{18t} = D_D \times D_L \times W_{18} \dots\dots\dots (3.11)$$

$$W_{18t} = W_{18'} \left| \frac{(1+g)^t - 1}{g} \right| \dots\dots\dots (3.12)$$

Dengan :

$W_{18t}$  = Angka ekivalen kumulatif 18-k ESAL.

$W_{18'}$  = Jumlah kendaraan ekivalen 18-k ESAL yaitu hasil dari perkalian perencanaan lalulintas harian rata-rata pada awal tahun perencanaan dengan faktor ekivalen ESAL.

$D_D$  = Faktor distribusi arah

$D_L$  = Faktor distribusi lajur yaitu terlihat pada tabel 3.12.

$g$  = Angka pertumbuhan lalulintas

$t$  = Tahun perencanaan

$W_{18'}$  = Kumulatif pengulangan 18-k ESAL pada awal tahun perencanaan.

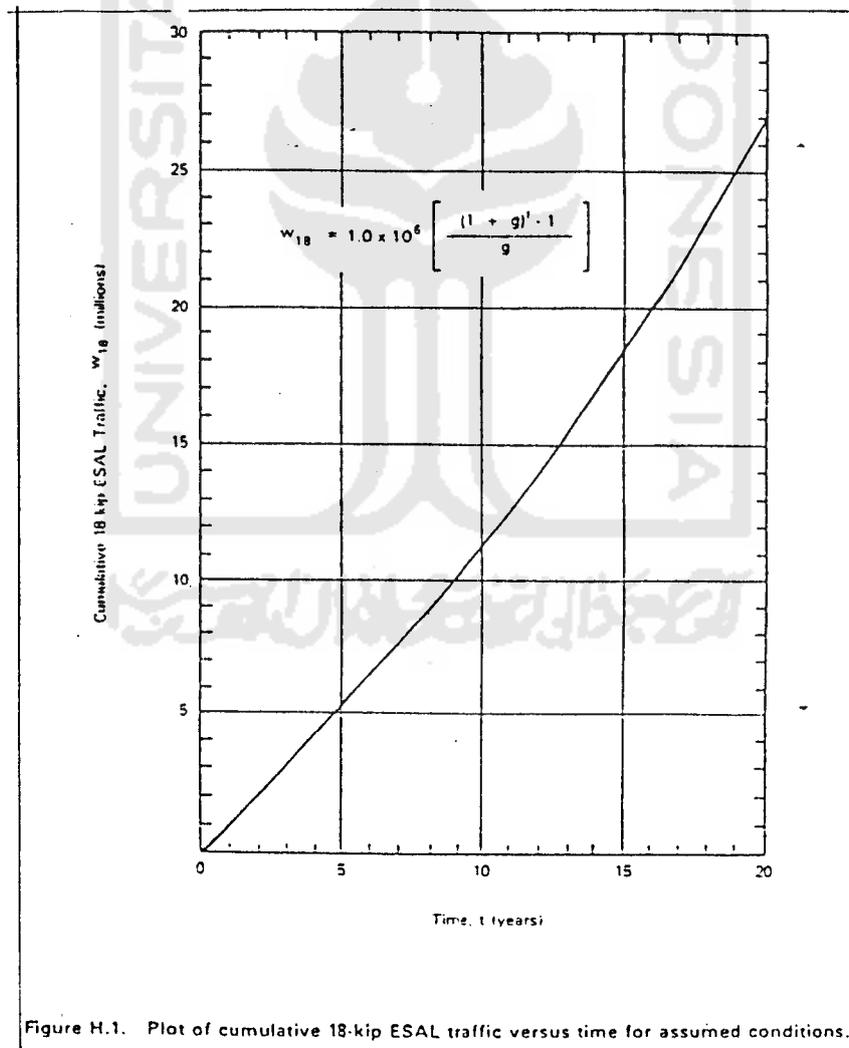
Untuk menentukan pengulangan beban dalam perencanaan fungsi waktu, dibuat gambar perkiraan kumulatif pengulangan 18-k ESAL dalam periode analisis (gambar 3.2) yang diperoleh dari persamaan (3.12).

Tabel 3.12. Faktor distribusi jalur ( $D_L$ )

Number of lane in both directions	Persen 18-K ESAL ESAL traffic in design lane
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4 or more	50 - 75

Sumber : AASHTO Interim Guide, 1986 halaman D-2

Besarnya 18-K ESAL digambarkan dalam bentuk grafik yang merupakan hubungan antara 18-Kip ESAL dan waktu. Hal ini sangat memberi kemudahan dalam perhitungan pengurangan masa pelayanan (performance periode) akibat kondisi lingkungan yang dilakukan dengan cara "trial and error", seperti pada contoh grafik gambar 3.2. dibawah ini :



Gambar 3.2. Grafik hubungan antara 18-kESAL dan jumlah tahun

Sumber : AASHTO' 86.

### 3. Reliabilitas dan simpangan baku keseluruhan

Reliabilitas adalah nilai probabilitas dari kemungkinan tingkat pelayanan dapat dipertahankan selama masa pelayanan dipandang dari sipemakai jalan. Reliabilitas adalah nilai jaminan bahwa perkiraan beban lalu lintas yang akan memakai jalan tersebut dapat dipenuhi. Reliabilitas dinyatakan dalam tingkat reliabilitas, seperti terlihat pada tabel 3.13.

Tabel 3.13. Tingkat Reliabilitas (*Level of Reliability*), R

Fungsi Jalan	Tingkat keandalan (R), %	
	Urban	Rural
Jalan tol	85 - 99,9	80 - 99,9
Arteri	80 - 99	75 - 95
Kolektor	80 - 95	75 - 95
Lokal	50 - 80	50 - 80

Sumber : AASHTO' 86

Simpangan baku ( $Z_r$ ) keseluruhan akibat dari perkiraan beban lalu lintas dan kondisi perkerasan dapat dilihat pada tabel 3.14. dibawah ini, berdasarkan angka reliability dari tabel 3.13.

Tabel 3.14. Simpangan baku keseluruhan

Reliability R (%)	Standar normal Deviate (Zr)
50	-0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

Sumber : AASHTO Interim Guide, 1986 hal I-62

#### 4. Kondisi lingkungan

Kondisi lingkungan sangat berpengaruh terhadap masa pelayanan jalan tersebut. 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 (*swell*) dapat diperkirakan dari

nilai indeks plastis tanah tersebut. Umur pelayanan jalan dipengaruhi oleh Pengaruh perubahan musim, perbedaan temperatur, kerusakan-kerusakan akibat lelahnya bahan, sifat material yang dipergunakan . Sehingga menyebabkan terjadinya pengurangan terhadap nilai indeks permukaan akibat kondisi lingkungan. Untuk tanah dasar dapat dilakukan dengan korelasi terhadap 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 keatas (*potensial vertical rise*). Untuk menentukan besarnya nilai Indeks Permukaan (PSI) akibat pengembangan - (*swell*), AASHTO'86 memberika rumusan sebagai berikut :

$$PSI_{swell} = 0,00335 \times V_r \times P_s \times (1 - e^{-\theta t}) \dots (3.13)$$

dengan :

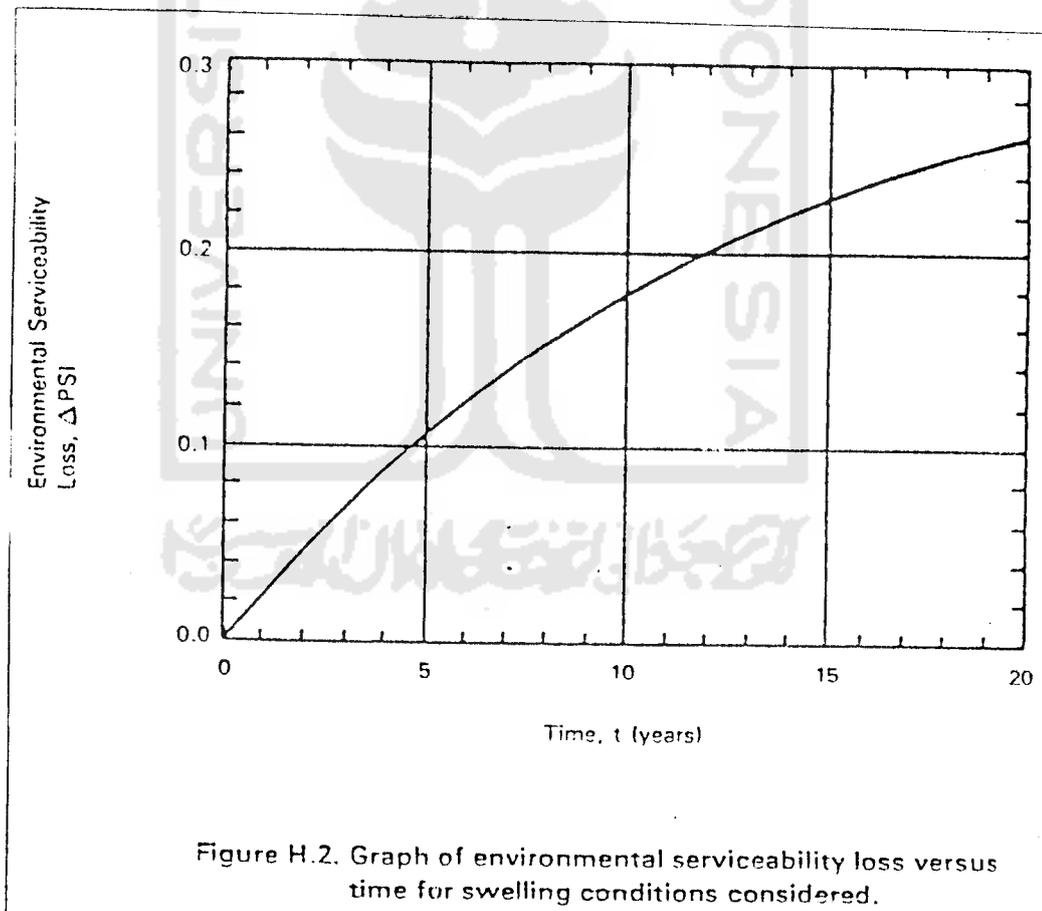
PSI *swell* = perubahan indeks permukaan akibat pengembangan tanah.

$V_r$  = besarnya potensi merembes ke atas, dinyatakan dalam inch, ampiran 10

$P_s$  = probabilitas pengembangan, (%).

- $\theta$  = tingkat pengembangan tetap.
- $t$  = jumlah tahun yang ditinjau, dihitung dari saat jalan tersebut dibuka untuk umum.

Besarnya penurunan pelayanan akibat pengembangan tanah digambarkan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada gambar 3.3 dibawah ini :



Gambar 3.3. Grafik hubungan antara penurunan pelayanan dan waktu untuk mengembang (jumlah tahun) .

### 5. Kriteria Kinerja Jalan

Kriteria kinerja jalan dinyatakan dalam nilai indeks permukaan (PSI) pada awal umur rencana (IPO) dan pada akhir umur rencana (IPT).

### 6. Nilai Modulus Resilient (Mr)

Nilai modulus resilien (MR) digunakan untuk menentukan besarnya nilai daya dukung tanah dasar, dapat diperoleh dengan korelasi terhadap nilai CBR atau diperoleh dengan pemeriksaan AASHTO T274. Pemeriksaan Mr sebaiknya dilakukan selama 1 tahun penuh sehingga dapat diperoleh besarnya Mr sepanjang musim dalam setahun. Besarnya kerusakan relatif dari setiap kondisi tanah dasar dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$u = 1,18 \times 10^8 \times Mr^{-2,23} \dots\dots\dots ( 3.14 )$$

$$Mr = 1500 \times CBR , \text{ dinyatakan dalam psi}$$

dengan :

$$u = \text{kerusakan relatif}$$

$$Mr = \text{Modulus resilien tanah dasar , (psi)}$$

Modulus Resilient efektif untuk tanah dasar yang dipergunakan dalam perencanaan tebal perkerasan adalah harga korelasi yang diperoleh dari kerusakan relatif rata-rata dalam setahun.

## 7. Faktor Drainase

Sistim drainase dari jalan sangat mempengaruhi kinerja jalan tersebut. Tingkat kecepatan pengeringan air yang jatuh / atau terdapat pada konstruksi jalan raya bersama-sama dengan beban lalu lintas dan kondisi permukaan jalan sangat mempengaruhi umur pelayanan jalan. AASHTO 1986 membagi kualitas drainase ini menjadi 5 tingkat seperti pada tabel 3.15.

Tabel 3.15. Kualitas drainase

Kualitas drainase	waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan air
Baik sekali	2 jam
Baik	1 hari
Cukup	1 minggu
Buruk	1 bulan
Buruk sekali	Air tak mungkin dikeringkan

Sumber : AASHTO Interim Guide, 1986

Berdasarkan kualitas dari drainase pada lokasi jalan tersebut maka dapatlah ditentukan koefisien drainase dari lapisan perkerasan lentur. AASHTO'86 memberikan daftar koefisien drainase seperti pada tabel 3.16.

Tabel 3.16. Koefisien drainase

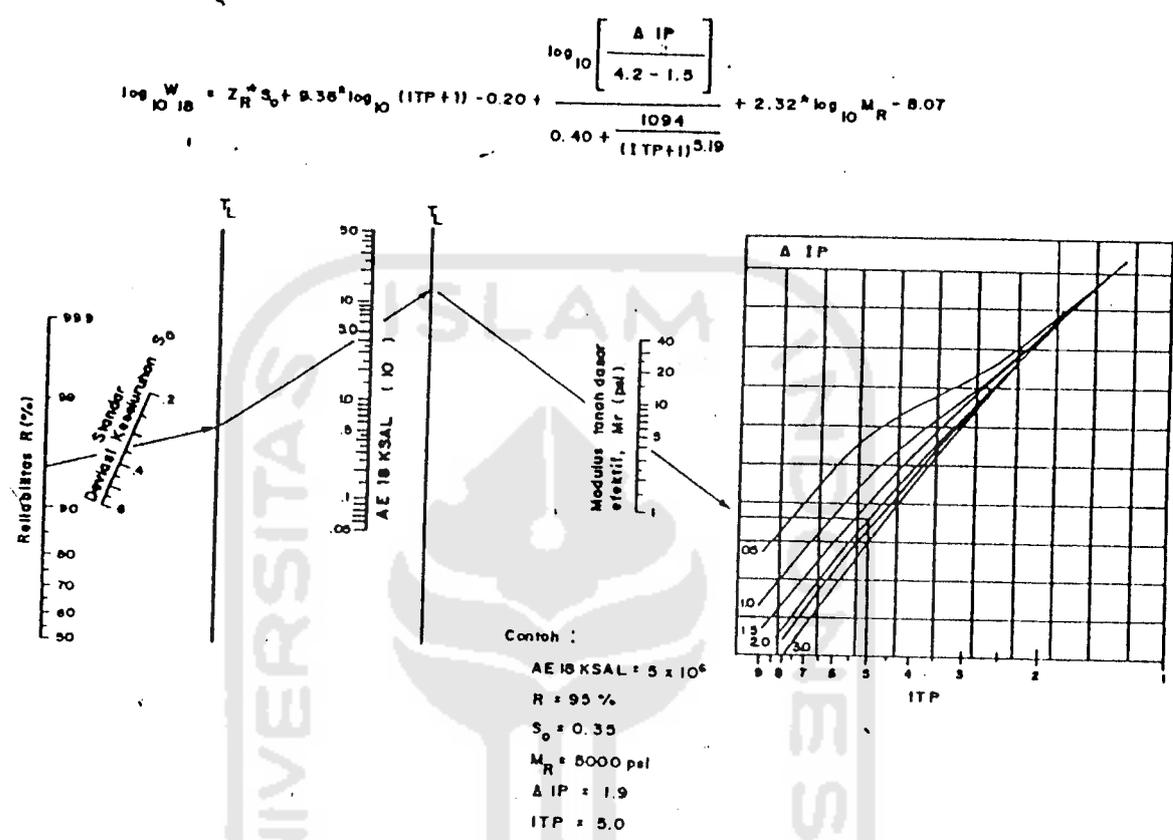
Kualitas drainase	Persen waktu perkerasan dalam keadaan lembab-jenuh			
	< 1	1 - 5	5 - 25	>25
Baik sekali	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,20
Baik	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,00	1,00
Cukup	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,80
Buruk	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60
Buruksekali	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

Sumber : AASHTO Interim Guide , 1986

### B. Menentukan nilai SN tahap pertama

Untuk menentukan nilai SN tahap pertama dengan menggunakan nomogram seperti pada gambar 3.4, dibawah ini dengan tujuan jika hasil dari hitungan (SN yang diambil dengan harga anggapan) tidak sesuai dengan SN yang dicari.





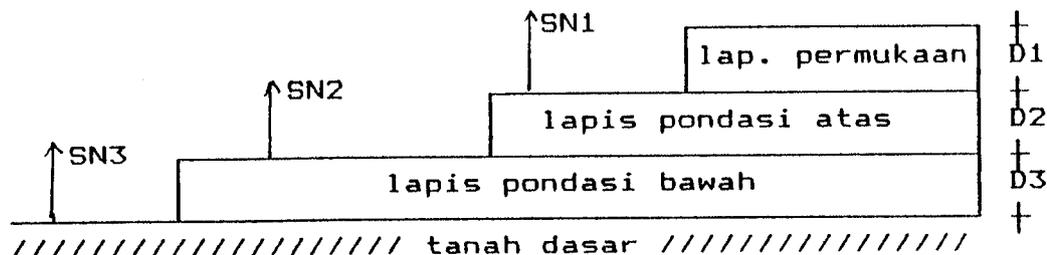
Gambar 3.4. Nomogram nilai SN

Nilai SN yang diperoleh pada langkah diatas adalah SN dengan asumsi tidak terdapat penurunan IP (=PSI) akibat swelling, dengan demikian berarti SN (=ITP) untuk umur kinerja jalan maksimum. Karena terdapat penurunan PSI akibat swelling, umur kinerja jalan (*performance periode*) berkurang sehingga tidak lagi sama dengan umur kinerja jalan maksimum. Lapis tambahan harus dilaksanakan sebelum umur kinerja jalan yang direncanakan (= umur kinerja jalan maksimum) untuk tahap pertama selesai. Cara memperkirakan umur kinerja jalan akibat beban lalu lintas dan pengembangan adalah dengan cara trial and error, yaitu sebagai berikut :

1. Diperkirakan umur kinerja jalan (*performance periode* akibat beban lalu lintas dan pengembangannya, dalam  $a$  tahun (besarnya lebih kecil dari umur kinerja jalan maksimum).
2. Ditentukan berapa besarnya penurunan PSI (=  $\Delta IP_{swell}$ ) selama  $a$  tahun dengan mempergunakan rumus atau grafik pada langkah 4.
3. Ditentukan besarnya penurunan PSI (=  $\Delta IP$ ) akibat beban lalu lintas dan pengembangan, selama umur kinerja jalan.

$$PSI = IPO - IPT - IP_{swell} \text{ (langkah 2)}$$

4. Ditentukan AE18KSAL dengan mempergunakan nomogram gambar 3.4. Untuk nilai PSI yang sama maka  $PSI = IPO - IPT - IP_{swell}$
5. Ditentukan berapa lama besarnya AE18KSAL yang diperoleh pada langkah 4 tercapai dengan mempergunakan rumus atau grafik yang diperoleh pada langkah 2 (gambar 3.2) yaitu hasilnya harus  $\pm$  sama dengan umur kinerja jalan (langkah 1), jika terdapat perbedaan maka iterasi harus diteruskan sampai hasil yang diperoleh pada langkah 5 ini mendekati harga perkiraan pada langkah 1. Perhitungan dapat dilakukan dengan mempergunakan rumus dibawah ini yang terlihat pada gambar 3.5. dibawah ini.



Gambar 3.5. Struktur perkerasan tiap lapis

Rumus dari AASHTO, 1986 yang digunakan adalah :

$$D_1^* \geq SN_1 / a_1$$

$$SN_1^* = a_1 D_1^* \geq SN_1$$

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

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

$$D_3^* \geq \{ SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*) \} / a_3 m_3$$

dengan :

a = koefisien kekutan relatif

D = tebal perkerasan tiap lapis

m = koefisien drainasi

$D^*$  dan  $SN^*$  adalah nilai yang sebenarnya dipergunakan, dapat sama atau lebih besar dari nilai yang dibutuhkan.