

### **BAB III**

#### **LANDASAN TEORI**

##### **A. Metode Analisa Komponen SKBI 1987**

Metode Analisa Komponen dikembangkan dalam SKBI 2.3.26.1987, merupakan metode yang bersumber dari Metode AASTHO '72 dan dimodifikasi sesuai dengan kondisi berbagai faktor seperti kondisi alam, lingkungan, sifat tanah dasar, dan jenis lapis perkerasan yang umumnya dipergunakan di Indonesia. Metode Analisa Komponen SKBI 1987 yang dikembangkan tersebut mengatur metode perhitungan tebal perkerasan untuk dua tipe jalan yaitu jalan baru dan perkuatan jalan lama. Prinsip dasar perhitungan untuk kedua tipe jalan adalah sama.

Dalam Metode Bina Marga ini ada beberapa istilah dan parameter yang digunakan untuk merencanakan tebal tiap lapis perkerasan lentur. Istilah dan parameter tersebut diuraikan sebagai berikut :

##### **1. Jumlah Jalur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)**

Jalur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalur ditentukan dari lebar perkerasan menurut tabel dibawah ini:

**Tabel 3.1** Jumlah Jalur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

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

Sumber : SKBI-2.3.26. 1987

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut tabel di bawah ini:

**Tabel 3.2** Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah Lajur	Kendaraan ringan *)		Kendaraan berat **)	
	1 arah	2 arah	3 arah	4 arah
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,60	0,50	0,70	0,50
3	0,40	0,40	0,50	0,475
4	-	0,30	-	0,5
5	-	0,25	-	0,425
6	-	0,20	-	0,4

\*) Berat Total < 5 ton, misalnya : bus penumpang, pick up, mobil hantaran

\*\*) Berat Total > 5 ton, misalnya : bus, truk, traktor, semi trailer, trailer

Sumber : SKBI-2.3.26. 1987

## 2. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka Ekuivalen (E) dari suatu beban sumbu kendaraan adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban standar sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lb). Angka Ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu setiap kendaraan ditentukan menurut tabel di bawah ini :

**Tabel 3.3** Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Golongan Kendaraan		Angka Ekuivalen	
Kg	Lbs	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

**Tabel 3.3** Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan (lanjutan)

Golongan Kendaraan		Angka Ekuivalen	
Kg	Lbs	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
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	11,4148	0,9820
16000	35276	14,2712	1,2712

Sumber : SKBI-2.3.26. 1987

Angka ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu setiap kendaraan ditentukan menurut rumus dan **Tabel 3.3**.

$$\text{Angka Ekuivalen Sumbu Tunggal} = \left( \frac{\text{Beban Sumbu Tunggal (kg)}}{8160} \right)^4 \quad \dots(3.1)$$









$$\text{Angka Ekuivalen Sumbu Double} = 0,086x \left( \frac{\text{Beban Sumbu Ganda (kg)}}{8160} \right)^4 \quad \dots(3.2)$$

$$\text{Angka Ekuivalen Sumbu Triple} = 0,021x \left( \frac{\text{Beban Sumbu Triple (kg)}}{8160} \right)^4 \quad \dots(3.3)$$

### 3. Konfigurasi Beban Sumbu Kendaraan

Untuk menentukan konfigurasi beban sumbu kendaraan dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 3.4** Konfigurasi Beban Sumbu Kendaraan

Tipe dan Konfigurasi Sumbu	Berat Kosong (ton)	Muatan Maksimum (ton)	Berat Total Maksimum (ton)	U 18 ESAL Kosong	U 18 ESAL Maksimum	○ Roda Tunggal pada ujung sumbu ● Roda ganda pada ujung sumbu
1,1 HP	1,5	0,5	2	0,0001	0,0005	
1,2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1,2 L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1,22 H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1,22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416	
1,2 + 2,2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	3,9083	
1,2 - 2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	
1,2 - 2,2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,183	

#### 4. Lalulintas Harian Rata-Rata

Lalulintas harian rata-rata setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median.

$$LHR_n = LHR_0 \times (1 + i)^{UR} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dimana :

$i$  = Perkembangan Lalulintas

Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP), yang dihitung dengan rumus:

$$LEP = \sum LHR_j \times C_j \times E_j \dots\dots\dots(3.5)$$

Dimana :

$C_j$  = Koefisien Distribusi Arah

$j$  = Masing-masing Jenis Kendaraan

Lintas Ekuivalen Akhir (LEA), yang dihitung dengan rumus:

$$LEA = \sum LHR_j (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j \dots\dots\dots(3.6)$$

Dimana :

$i$  = Tingkat Pertumbuhan Lalulintas

$j$  = Masing-masing Jenis Kendaraan

UR = Umur Rencana

Lintas Ekuivalen Tengah (LET), yang dihitung dengan rumus :

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \dots\dots\dots(3.7)$$

Lintas Ekuivalen Rencana (LER), yang dihitung dengan rumus :

$$LER = LET \times FP \dots\dots\dots(3.8)$$

Dimana :

FP = Faktor Penyesuaian

$$FP = \frac{UR}{10}$$

## 5. Faktor Pertumbuhan Lalulintas

Faktor pertumbuhan lalulintas yang dinyatakan dalam persen per tahun menunjukkan penambahan jumlah kendaraan yang memakai jalan dari tahun ke tahun. Adanya penambahan jumlah lalulintas disebabkan oleh beberapa faktor yaitu perkembangan daerah, kesejahteraan masyarakat dan kemampuan membeli kendaraan.

## 6. Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan adalah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalulintas kendaraan sampai diperlukan suatu perbaikan yang bersifat struktural (sampai diperlukan lapis tambahan atau *overlay*). Dalam menetapkan umur rencana suatu perkerasan jalan sangat ditentukan atas pertimbangan dari klasifikasi fungsi jalan, pola lalulintas, dan perkembangan sosial ekonomi daerah tersebut. Pada perkerasan lentur jalan baru biasanya umur rencana diambil selama 20 tahun, sedangkan untuk peningkatan jalan diambil umur rencana 10 tahun.

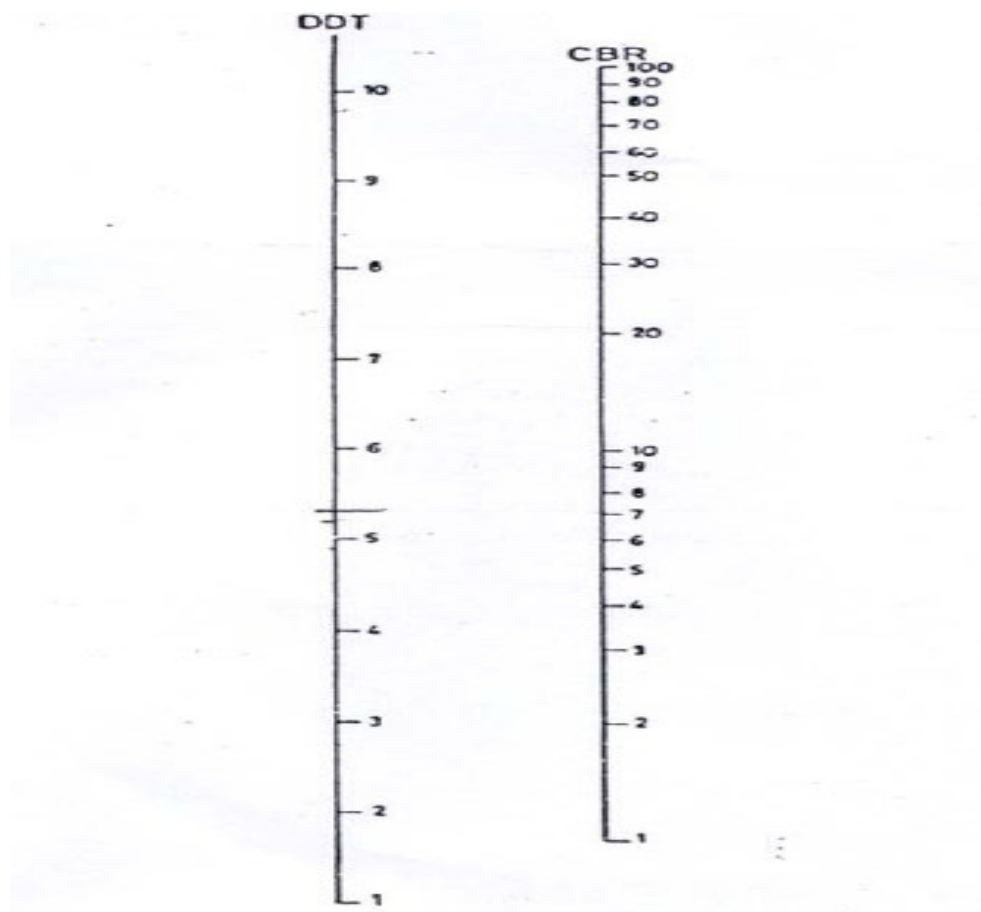
## 7. Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi (**Gambar 1**), yang dimaksud dengan harga CBR disini adalah harga CBR lapangan atau CBR laboratorium. Jika digunakan CBR lapangan maka pengambilan contoh tanah dasar dilakukan dengan tabung (*undisturb*), kemudian direndam dan diperiksa harga CBR-nya. CBR lapangan biasanya digunakan untuk perencanaan lapis tambahan (*overlay*), jika dilakukan menurut Pengujian Kepadatan Ringan (SKBI 3.3. 30.1987/UDC 624.131.43) (02) atau Pengujian Kepadatan Berat (SKBI 3.3. 30.1987/UDC 624.131.53) (02) sesuai dengan kebutuhan. CBR laboratorium biasanya dipakai untuk perencanaan pembangunan jalan baru. Sementara ini, dianjurkan untuk mendasarkan daya dukung tanah dasar hanya kepada pengukuran nilai CBR.

Cara-cara lain hanya digunakan bila telah disertai data-data yang dapat dipertanggungjawabkan. Cara-cara lain tersebut dapat berupa : *Group Index*, *Plate Bearing Test* atau *R-value*.

Harga yang mewakili dari sejumlah harga CBR yang dilaporkan, ditentukan sebagai berikut:

- Tentukan harga CBR terendah.
- Tentukan berapa banyak harga dari masing-masing nilai CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR.
- Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100%. Jumlah lainnya merupakan persentase dari 100%.
- Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan persentase jumlah tadi.
- Nilai CBR yang mewakili adalah yang didapat dari angka persentase 90% .



**Gambar 3.1** Korelasi DDT dan CBR

Catatan: Hubungan nilai CBR dengan garis mendatar sebelah kiri diperoleh nilai DDT.

## 8. Faktor Regional (FR)

Keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen serta persentase kendaraan dengan berat 13 ton, dan kendaraan yang berhenti, sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan rata-rata per tahun. Mengingat persyaratan penggunaan disesuaikan dengan "Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya" edisi terakhir, maka pengaruh keadaan lapangan yang menyangkut permeabilitas tanah dan perlengkapan drainase dapat dianggap sama, dengan demikian dalam penentuan tebal perkerasan ini, Faktor Regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), persentase kendaraan berat dan yang berhenti serta iklim (curah hujan) sebagai berikut:

**Tabel 3.5** Faktor Regional (FR)

Curah Hujan	Kelandaian I ( < 6 % )		Kelandaian II ( 6 - 10 % )		Kelandaian III ( > 10 % )	
	% Kendaraan Berat					
	≤ 30 %	>30 %	≤ 30 %	>30 %	≤ 30 %	>30 %
Iklm I <900 mm/th	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklm II >900 mm/th	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,5 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

Sumber : SKBI-2.3.26. 1987

Catatan: Pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pember-hentian atau tikungan tajam (jari-jari 30 m) FR ditambah dengan 0,5. Pada daerah rawa-rawa FR ditambah dengan 1,0.

## 9. Indeks Permukaan (IP)

Indeks Permukaan ini menyatakan nilai daripada kerataan / kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu-lintas yang lewat. Adapun beberapa nilai IP beserta artinya diuraikan seperti di bawah ini: IP = 1,0 :adalah menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalulintas kendaraan.



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

IP = 2,0: adalah tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih mantap.

IP = 2,5: adalah menyatakan permukaan jalan yang masih cukup stabil dan baik.

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah Lintas Ekuivalen Rencana (LER), menurut tabel di bawah ini:

**Tabel 3.6** Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IP)

LER = Lintas Ekivalen Rencana *)	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
<10	1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	2,0
10 – 100	1,5	1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5
100 – 1000	1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	3,0
> 1000	2,0	2,0 – 2,5	3,0	3,0 – 3,5

\*) LER dalam satuan angka ekuivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal.

Catatan: Pada proyek-proyek penunjang jalan, JAPAT / jalan murah atau jalan darurat maka IP dapat diambil 1,0.

Sumber : SKBI-2.3.26. 1987

Nilai indeks permukaan awal (IPo) ditentukan dari jenis lapis permukaan dan nilai indeks permukaan akhir (IPt) ditentukan dari nilai LER.

Adapun nilai IPo dari masing-masing jenis lapis permukaan disajikan dalam tabel berikut :

**Tabel 3.7** IPo Terhadap Jenis Lapis Permukaan

Jenis Lapis Permukaan	IPo	<i>Roughness</i> ( mm/km )
Laston	$\geq 4$	$\leq 1000$
	3,9 – 3,5	<1000
Lasbutag	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
	3,4 – 3,0	>2000
HRA	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
	3,4 – 3,0	>2000

**Tabel 3.7** IPo Terhadap Jenis Lapis Permukaan (lanjutan)

Jenis Lapis Permukaan	IPo	<i>Roughness</i> ( mm/km )
Burda	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
Burtu	3,4 – 3,0	$\leq 2000$
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 : SKBI-2.3.26. 1987

#### 10. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif (a) masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai nilai *Marshall Test* (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur), atau CBR ( untuk bahan lapis pondasi bawah ). Daftar koefisien kekuatan relatif ditentukan menurut tabel berikut :

**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	-	-	
0,35	-	-	454	-	-	

Tabel 3.8 Koefisien Kekuatan Relatif (lanjutan)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (Kg)	Kt (kg/cm <sup>2</sup> )	CBR (%)	
0,30	-	-	340	-	-	Lasbutag
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	
0,25	-	-	-	-	-	Aspal Macadam
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (Mekanis)
-	0,28	-	590	-	-	Lapen (Manual)
-	0,26	-	454	-	-	Laston Atas
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (Mekanis)
-	0,15	-	-	22	-	Lapen (Manual)
-	0,13	-	-	18	-	Stabiitas Tanah Dengan Semen
-	0,15	-	-	22	-	Stabiitas Tanah Dengan Kapur
-	0,13	-	-	18	-	Batu Pecah Kelas A
-	0,14	-	-	-	100	Batu Pecah Kelas B
-	0,13	-	-	-	80	Batu Pecah Kelas C
-	0,12	-	-	-	60	Sirtu Kelas A
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu Kelas B
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu Kelas C
-	-	0,11	-	-	30	Tanah lempung/Kepasiran
-	-	0,10	-	-	20	

Catatan : Kuat tekan stabilitas tanah dengan semen diperiksa pada hari ke-7. Kuat tekan stabilitas tanah dengan kapur diperiksa pada hari ke-21.

Sumber : SKBI-2.3.26. 1987

### 11. Batas-Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

Untuk menentukan Tebal Lapis Permukaan (D1) digunakan **Tabel 3.9** yang merupakan hubungan antara nilai ITP, dan bahan yang digunakan pada lapisan permukaan.

**Tabel 3.9** Tebal Minimum pada Lapis Permukaan Perkerasan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
<3,00	5	Lapis Pelindung (Buras/ Burtu/ Burda)
3,00 – 6,70	5	Laston/ Aspal Macadam/ HRA/ Lasbutag/ Laston
6,71 – 7,49	7,5	Lapen/ Aspal Macadam/ HRA/ Lasbutag/ Laston
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag/ laston
>10,00	10	Laston

Sumber : SKBI-2.3.26. 1987

Untuk menentukan Tebal Lapis Pondasi (D2) digunakan **Tabel 3.10** yang merupakan hubungan antara nilai ITP, dan bahan yang digunakan pada lapis permukaan.

**Tabel 3.10** Tebal Minimum pada Lapis Pondasi Atas Perkerasan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
<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
7,50 – 9,99	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam
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

Sumber : SKBI-2.3.26. 1987

**12. Menghitung Tebal Perkerasan**

$$ITP = a_1.D_1 + a_2.D_2 + a_3.D_3 \dots\dots\dots(3.9)$$

Dimana :

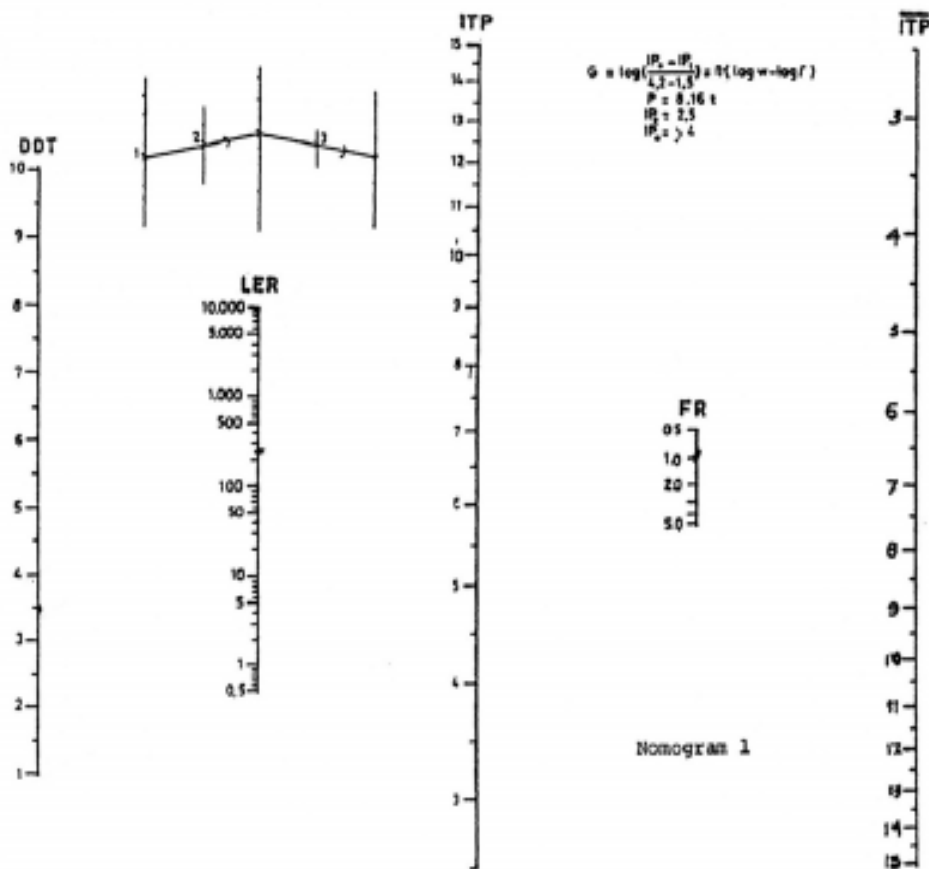
a1, a2, a3 = Koefisien Kekuatan Relatif Bahan Perkerasan

D1, D2, D3 = Tebal Masing-masing Lapis Perkerasan (cm)

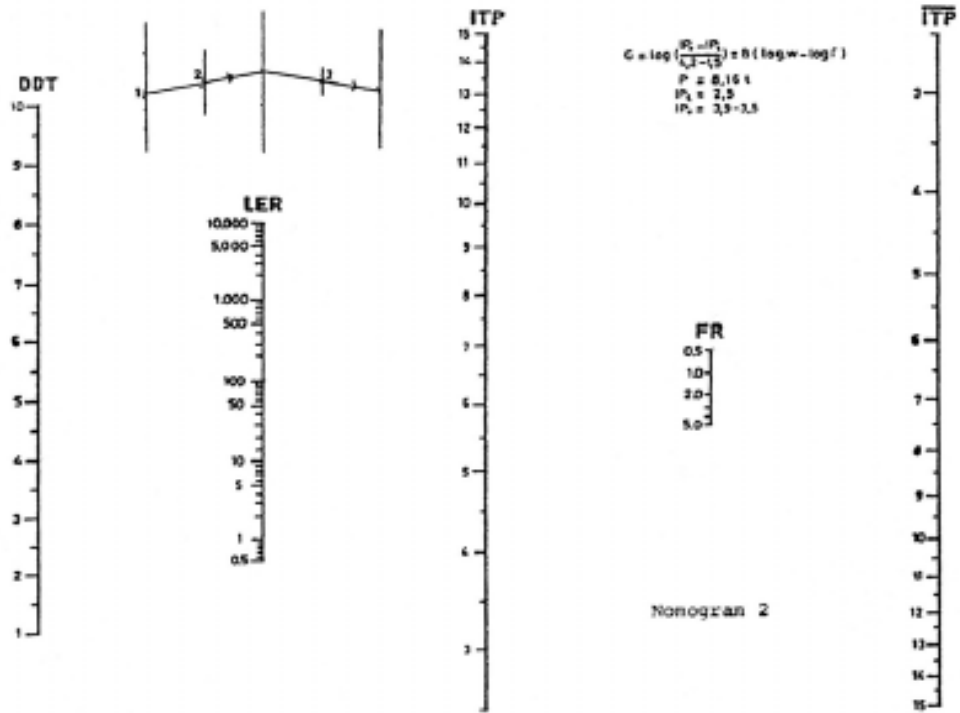
Dengan nilai-nilai a1, a2, a3 didapatkan mengacu pada **Tabel 3.8** sementara nilai ITP dari nomogram korelasi LER, DDT, dan FR pada **Gambar 3.2.** sampai dengan **Gambar 3.10.**

**13. Indeks Tebal Perkerasan (ITP)**

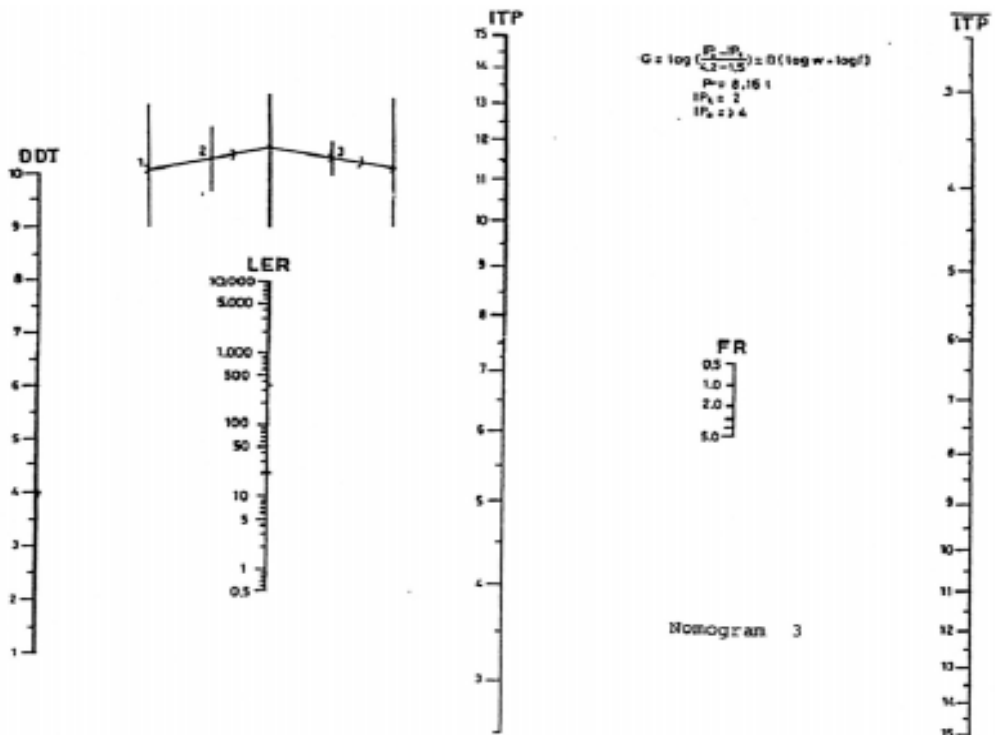
Setelah didapatkan nilai - nilai DDT, LER rencana, FR,maka nilai - nilai itu dapat diplotkan pada nomogram dan dihubungkan dengan garis lurus yang mana di ujung garis lurus tersebut akan menunjukkan nilai ITP. Adapun nomogramnya disajikan pada **Gambar 3.2** sampai dengan **Gambar 3.10.**



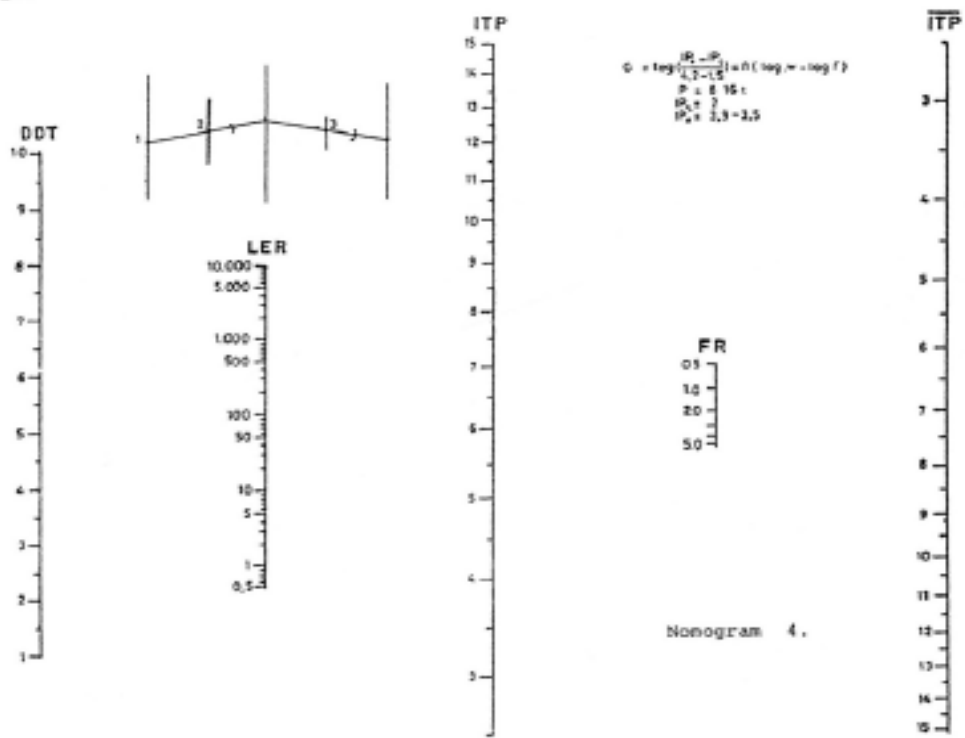
**Gambar 3.2** Nomogram 1 untuk  $IP_t = 2,5$  dan  $IP_o \geq 4$



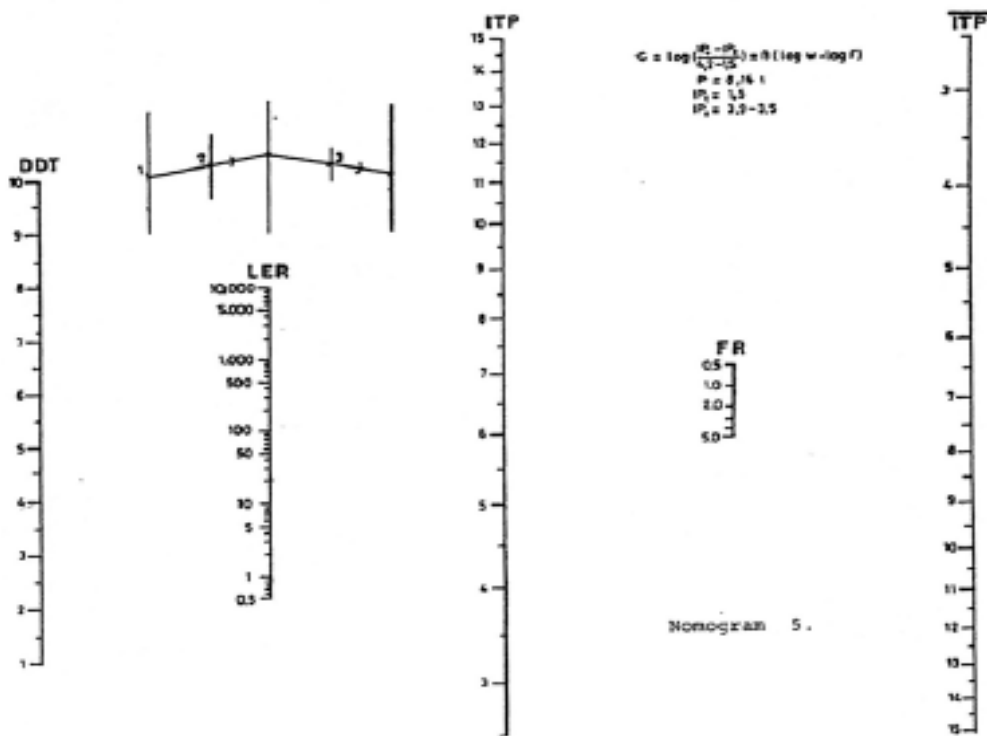
Gambar 3.3 Nomogram 2 untuk  $IP_t = 2,5$  dan  $IP_o = 3,9 - 3,5$



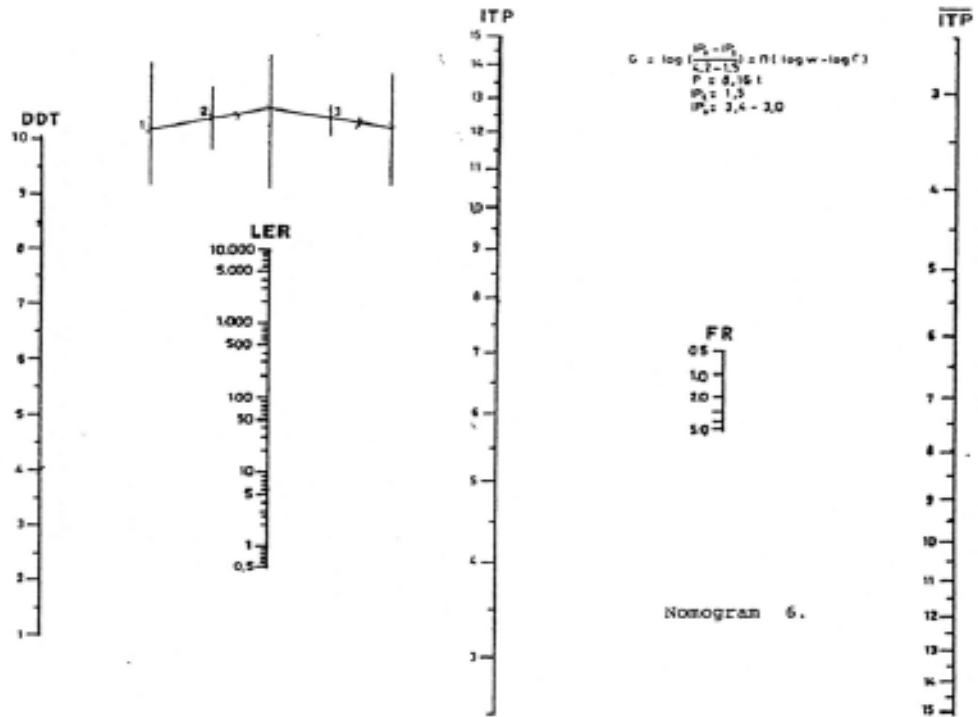
Gambar 3.4 Nomogram 3 untuk  $IP_t = 2$  dan  $IP_o \geq 4$



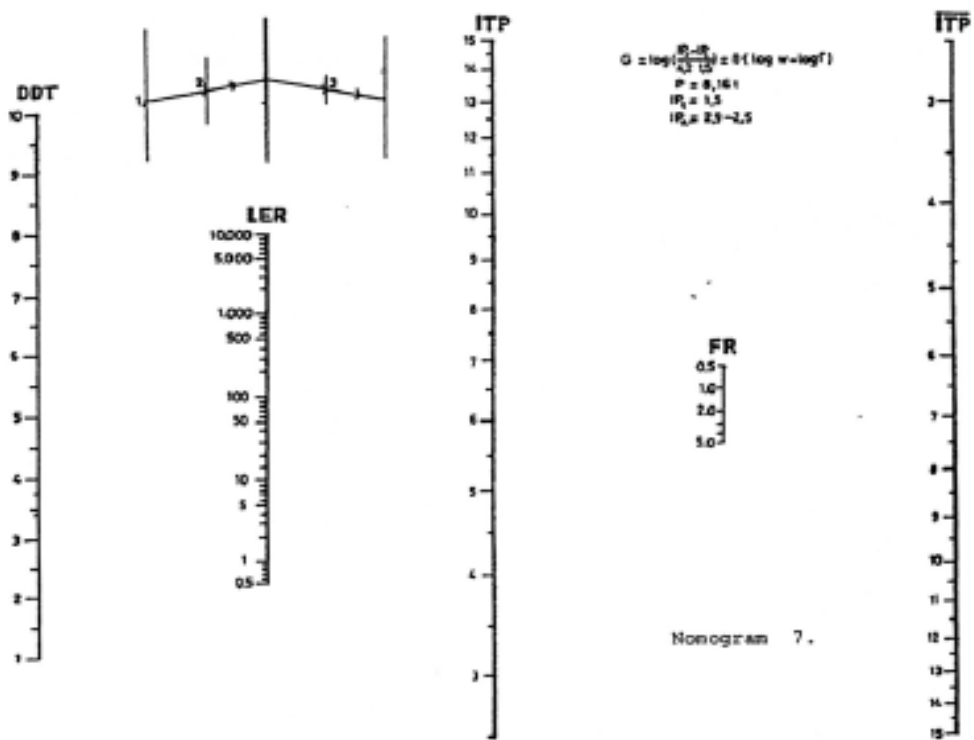
Gambar 3.5 Nomogram 4 untuk  $IP_t = 2$  dan  $IP_o = 3,9 - 3,5$



Gambar 3.6 Nomogram 5 untuk  $IP_t = 1,5$  dan  $IP_o = 3,9 - 3,5$

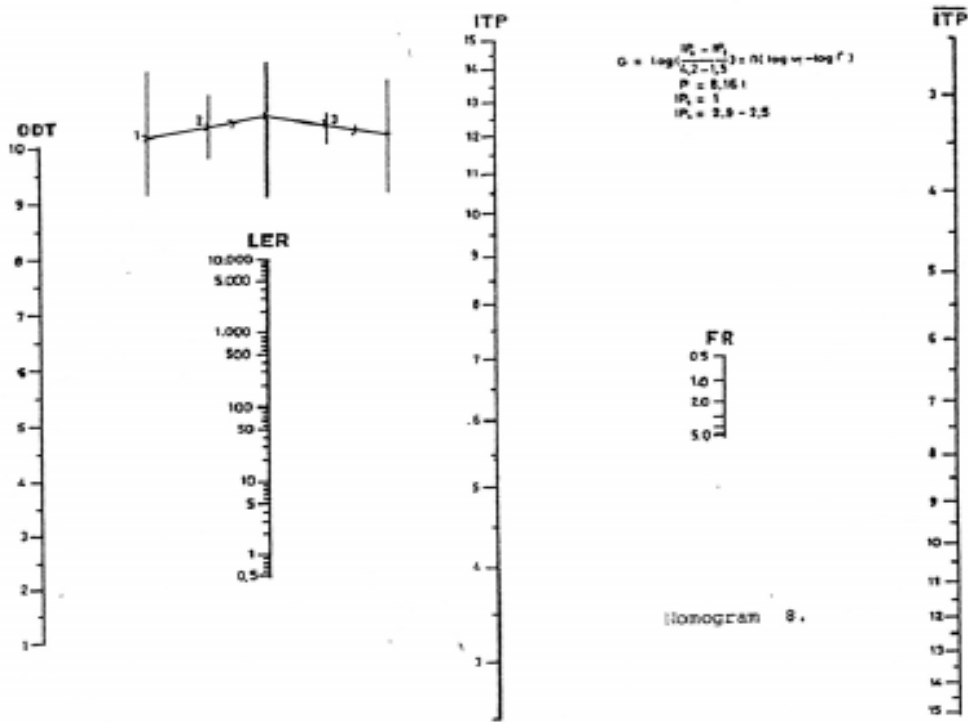


Gambar 3.7 Nomogram 6 untuk IPT = 1,5 dan IPO = 3,4 – 3,0

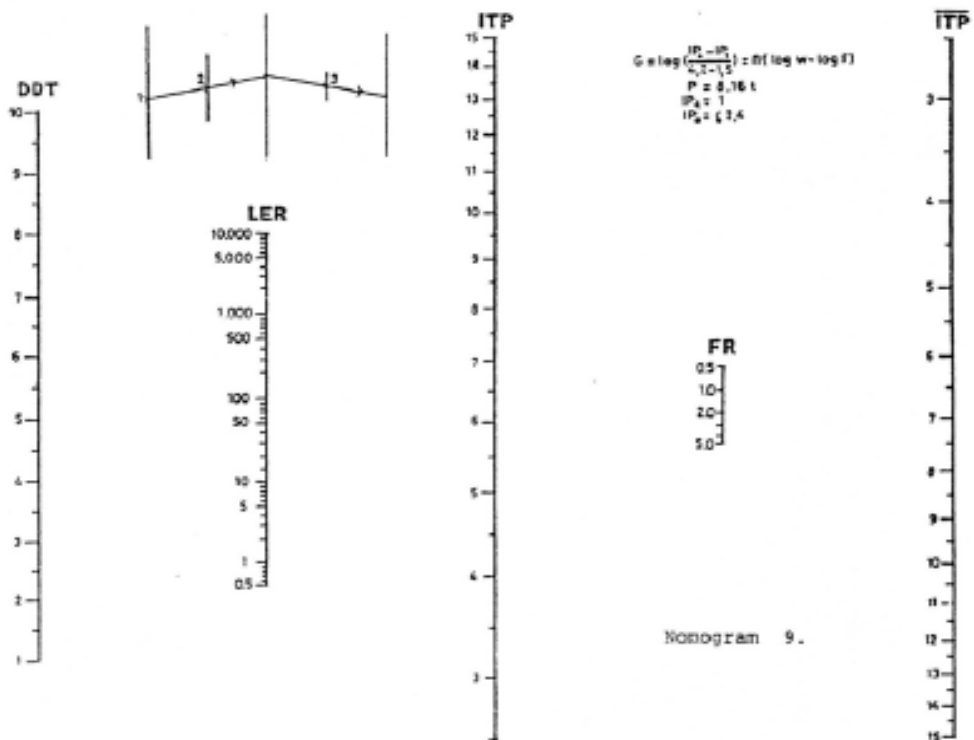


Gambar 3.8 Nomogram 7 untuk IPT = 1,5 dan IPO = 2,9 – 2,5





Gambar 3.9 Nomogram 8 untuk  $IP_t = 1$  dan  $IP_o = 2,9 - 2,5$



Gambar 3.10 Nomogram 9 untuk  $IP_t = 1$  dan  $IP_o \leq 2,4$

### B. Metode AASHTO 1993

Metode AASHTO 1972 merupakan salah satu metode yang digunakan untuk perancangan tebal perkerasan lentur yang berkembang di Amerika Serikat (negara bagian Illinois). Sejak tahun 1958 hingga 1960 metode ini digunakan di negara tersebut hingga sekarang mengalami perubahan yang cukup banyak karena menyesuaikan kondisi alam dan regional lingkungan. Adanya perkembangan dan perubahan pada Metode AASHTO dari waktu ke waktu hingga sekarang menjadi Metode AASHTO 1993. Adapun parameter terbaru yang menjadi acuan AASHTO 1993 dapat dilihat pada **Tabel 3.11**.

**Tabel 3.11** Parameter AASHTO 1993

No	Parameter	AASHTO 1993
1	Daya Dukung Tanah	Dinyatakan dalam Modulus <i>Resilient</i> (Mr) diperoleh dari tes AASHTO-T274 atau korelasi terhadap CBR tanah dasar.
2	Faktor Regional (FR)	FR tidak digunakan lagi
3	Reliabilitas	Parameter baru (Zr)
4	Simpangan baku keseluruhan (So)	Ada simpangan baku (So)
5	Koefisien drainasi (m)	Ada koefisien drainasi
6	Rumus ITP atau SN	$SN = a_1.D_1 + a_2.D_2.m_2 + a_3.D_3.m_3$

Dengan :

- $a_i$  = Koefisien Kekuatan Relatif Bahan Lapis Perkerasan ke-i
- $D_i$  = Tebal Lapis Perkerasan ke-i
- $m_i$  = Koefisien Drainasi Lapis ke-i
- ITP = Indeks Tebal Perkerasan
- SN = *Structural Number*

### 1. Periode Analisa (*Analysis Period*)

Batasan waktu meliputi pemeliharaan umur rencana dan kinerja jalan. Umur rencana (UR) dapat sama atau lebih dari umur kinerja jalan tersebut. Untuk jalan baru umumnya diambil UR 20 tahun. Besarnya periode analisa didasarkan pada klasifikasi fungsi jalan dan dapat dilihat pada **Tabel 3.12**.

**Tabel 3.12** Umur Rencana Berdasarkan Kondisi Jalan

<i>Highway Condition</i>	<i>Analysis Period</i>
<i>High Volume Urban</i>	30 – 50
<i>High Volume Rural</i>	20 – 50
<i>Low Volume Paved</i>	15 – 25
<i>Low Volume Agregate Surface</i>	10 – 20

Sumber : AASHTO 1993

### 2. Lalulintas (*Traffic*)

Prosedur perencanaan didasarkan pada nilai kumulatif 18 – *kips* ekuivalen beban sumbu tunggal (*18 – kips Equivalen Single Axle Load*) selama periode analisa. Untuk beberapa kondisi perencanaan dengan konstruksi perkerasan yang diharapkan hingga akhir masa layanan tanpa peningkatan dan pelapisan ulang diperlukan lalulintas secara keseluruhan selama masa analisa. Tetapi jika dipertimbangkan untuk konstruksi bertahap seperti peningkatan dan pelapisan ulang, maka harus diantisipasi pula pengaruh dari pengembangan tanah, pembekuan, dan dana yang tersedia.

Selain itu digunakan persamaan (3.11) untuk memprediksi beban lalulintas 18 – *kips – ESAL* selama priode analisa.

$$w_{18} = DD \times DL \times w_{18} \dots\dots\dots 3.10)$$

Dengan :

DD = Faktor Distribusi Berdasarkan Arah

DL = Faktor Distribusi Berdasarkan Jumlah Lajur W18= Nilai Komulatif Prediksi ESAL 18 – *kips*

Pada umumnya DD diambil 0,5. Pada beberapa kasus khusus terdapat pengecualian dimana kendaraan berat cenderung menuju satu arah tertentu.

Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa DD bervariasi dari 0,3 – 0,7 tergantung arah mana yang ‘berat’ dan ‘kosong’, sedangkan faktor DL nilainya dapat diambil dari tabel berikut :

**Tabel 3.13** Faktor Distribusi Arah (DL)

Jumlah Lajur Tiap Arah	% 18 – Kips ESAL Design
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
≥ 4	50 – 75

Sumber : AASHTO 1993

### 3. Angka Ekivalen (E)

AASHTO menghitung angka ekivalen (E) sebagai perbandingan umur perkerasan akibat beban lalu lintas standar (18 kips) terhadap umur perkerasan akibat beban lalu lintas tidak standar ( $x$  kips). Angka ekivalen dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[ \frac{L_{18} + L_{2S}}{L_x + L_{2S}} \right]^{4,79} \left[ \frac{10^{G/\beta X}}{10^{G/\beta 18}} \right] [L_{2X}]^{4,33} \dots\dots\dots(3.11)$$

Dengan :

- W = Ekivalen Beban Sumbu Standar ( $w = 18000 \text{ lbs} = 80 \text{ kN}$ )
- $L_x$  = Beban Sumbu yang Akan Dievaluasi
- $L_{18}$  = Beban Sumbu Standar 18 kips
- $L_2$  = Notasi Konfigurasi Sumbu (1 = Sumbu Tunggal, 2 = Sumbu Ganda, 3 = Sumbu Triple dan seterusnya)

$$G = \text{Log} \left[ \frac{4,2 - Pt}{4,2 - 1,5} \right] \dots\dots\dots(3.12)$$

$$\beta = 0,4 \left[ \frac{0,081(L_x + L_{2X})^{3,23}}{(SN + 1)^{5,19} (L_{2X})^{3,23}} \right] \dots\dots\dots(3.13)$$

#### 4. Kinerja Jalan (*Pavement Performance*)

Hal yang menjadi dasar perencanaan perkerasan lentur jalan raya dengan Metode AASHTO 1993 adalah kinerja jalan yang memberikan pengertian bahwa perencanaan perkerasan didasarkan pada total volume lalu lintas yang spesifik dengan tingkat pelayanan minimum yang terjadi pada akhir umur rencana. Kinerja perkerasan jalan dinyatakan dengan Indeks Pelayanan (*Service Ability Index*) pada awal (Po) dan akhir (Pt) umur rencana meliputi :

- a. Keamanan yang ditentukan oleh besarnya gesekan akibat adanya kontak antara roda dengan permukaan jalan.
- b. Struktur perkerasan, sehubungan dengan kondisi fisik dari jalan tersebut seperti adanya retak – retak, amblas, alur, gelombang, dan tipe kerusakan jalan yang lain.
- c. Fungsi pelayanan (*Function Performance*), berhubungan dengan kinerja perkerasan tersebut untuk memberikan pelayanan pada pengendara yang digambarkan dengan tingkat kualitas berkendara (*Riding Quality*). Angka PSI diperoleh dari pengukuran kekasaran (*Roughness*), dan pengukuran kerusakan (*Distress*) seperti retak – retak, amblas, alur, dan tipe kerusakan lain selama masa pelayanan. Nilai IP beserta artinya ditunjukkan pada **Tabel 3.14**.

**Tabel 3.14** Indeks Permukaan Jalan

Indeks Permukaan	Fungsi Pelayanan
4 – 5	Sangat Baik
3 – 4	Baik
2 – 3	Cukup
1 – 2	Kurang
0 – 1	Sangat Kurang

Sumber : AASHTO 1993

Untuk perencanaan diberikan 2 angka PSI yaitu PSI pada awal (Po) dan Akhir (Pt) umur rencana. Nilai yang direkomendasikan oleh AASHTO *Road Test* adalah 4,2 atau disarankan dipilih sesuai dengan kondisi setempat.

Angka PSI pada umur rencana adalah angka yang masih dapat diterima sebelum dilakukannya pelapisan ulang (*overlay*).

Angka antara 2,5 – 3,0 adalah yang disarankan untuk digunakan pada perencanaan jalan kelas tinggi, sedangkan 2,0 untuk jalan kelas rendah. Tetapi apabila pertimbangan ekonomi menjadi faktor yang berpengaruh, maka nilai Pt 1,5 dapat dipakai.

Salah satu kriteria untuk menentukan tingkat pelayanan terendah pada akhir umur rencana (Pt) dapat didasarkan dari penerimaan pengguna jalan. Nilai Pt berdasarkan penerimaan pemakai jalan ditunjukkan pada **Tabel 3.15**.

**Tabel 3.15** Kondisi Pelayanan yang Masih Diterima Pengguna Jalan

<b>Indeks Pelayanan Akhir (Pt)</b>	<b>% Masyarakat yang menerima</b>
3,0	12
2,0	55
1,0	85

Sumber : AASHTO 1993

Faktor yang menyebabkan penurunan angka PSI adalah : lalulintas, umur perkerasan, dan faktor lingkungan. Tetapi faktor perkerasan bila tidak disertai faktor lain di atas tidak terlalu dipastikan dapat menyebabkan penurunan angka PSI. Beberapa usaha telah dilakukan untuk menghitung penurunan angka PSI ( $\Delta$ PSI) terhadap pengaruh lingkungan yaitu : pengembangan tanah akibat air dan salju. Sehingga, total  $\Delta$ PSI adalah jumlah antara pengaruh yang diakibatkan lalulintas dan pengembangan tanah dan salju. Nilai total  $\Delta$ PSI ditunjukkan pada persamaan (3.14).

$$\Delta\text{PSI} = \Delta\text{PSI Traffic} + \Delta\text{PSI Swell Frostheave} \dots\dots\dots(3.14)$$

Dengan:

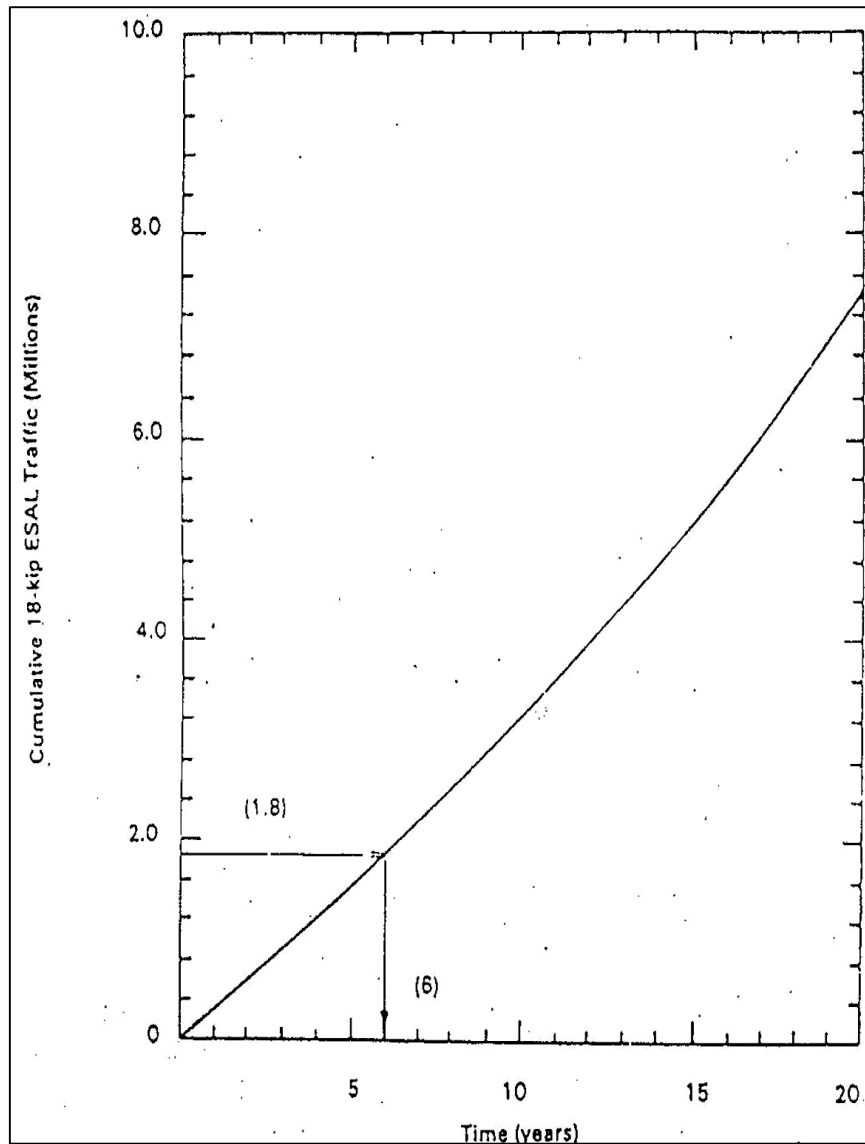
$\Delta$ PSI = Total Penurunan Pelayanan

$\Delta$ PSI *Traffic* = Penurunan Akibat Lalulintas

$\Delta$ PSI *Swell Frostheave* = Penurunan Akibat Pengembangan *Subgrade*

Nilai komulatif ekivalen lalulintas ( $w_{18}$ ) memberikan pengaruh terhadap kinerja jalan sehingga masa pelayanan perkerasan biasanya tidak akan mampu memberikan pelayanan sesuai umur rencananya, artinya dalam beberapa tahun sebelum umur

rencana habis perkerasan perlu dilakukan peningkatan jalan. Oleh karena itu harus dipersiapkan grafik komulatif lalulintas 18-kips ESAL terhadap waktu seperti disajikan pada **Gambar 3.10**



**Gambar 3.11** Kumulatif Lalulintas 18-Kips ESAL Terhadap Waktu

### 5. Modulus *Resilient* Tanah Dasar (Mr)

Nilai modulus *resilient* tanah dasar (MR) dapat diperoleh dari pemeriksaan AASHTO T274 atau korelasi dengan nilai CBR. Pemeriksaan MR sebaiknya dilakukan selama 1 tahun penuh sehingga dapat diperoleh nilai MR sepanjang musim dalam setahun. Besarnya kerusakan relatif dari setiap kondisi tanah dapat dihitung dengan mempergunakan persamaan (3.15)

$$u = 1,18 \times 108 \times MR - 2,32 \dots\dots\dots(3.15)$$

Dengan :

u = Kerusakan Relatif

Mr = Modulus *Resilient* dinyatakan dalam 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. Modulus *resilient* tanah dasar juga sering dikorelasikan dengan nilai CBR dengan persamaan (3.16).

$$Mr \text{ (PSI)} = 1500 \times \text{CBR} \dots\dots\dots(3.16)$$

Persamaan ini sering digunakan untuk tanah berbutir halus yang menggunakan CBR rendaman  $\leq 10$ .

## 6. Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Dalam AASHTO 1993 nilai koefisien distribusi kendaraan (C) dinyatakan dalam faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur (DL) dengan persamaan (3.17).

$$C = DD \times DL \dots\dots\dots(3.17)$$

Dimana :

DD = Faktor Distribusi Arah

DL = Faktor Distribusi Lajur

Pada umumnya DD diambil 0,5. Pada beberapa kasus khusus terdapat pengecualian dimana kendaraan berat cenderung menuju satu arah tertentu. Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa DD bervariasi dari 0,3 – 0,7 tergantung arah mana yang ‘berat’ dan ‘kosong’, sedangkan faktor DL nilainya dapat diambil dari **Tabel 3.13**.

## 7. Reliabilitas (R) dan Simpang Baku Keseluruhan (So)

Reliabilitas adalah nilai probabilitas dari kemungkinan tingkat pelayanan yang 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. Nilai Reliabilitas dalam AASHTO 1993 dapat dilihat dalam **Tabel 3.16**.



**Tabel 3.16** Tingkat Reliabilitas

Fungsi Jalan	Tingkat Kendaraan	
	Urban	Rural
Jalan Tol	85 – 99,9	85 – 99,9
Arteri	80 – 99	75 – 99
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 – 80	50 – 80

Sumber : AASHTO 1993

Berdasarkan tingkat Reliabilitas AASHTO 1993 memberikan nilai simpang baku normal (ZR) yang sering dipakai dalam perancangan. Nilai simpang baku normal dapat dilihat pada **Tabel 3.17**.

**Tabel 3.17** Nilai Simpang Baku Normal (ZR)

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

Sumber : AASHTO 1993

Simpangan baku keseluruhan (So) merupakan gabungan simpangan baku dari perkiraan lalu lintas dan perkiraan kinerja lalu lintas. Ada beberapa kriteria yang disarankan oleh AASHTO 1993 sehubungan dengan variasi prediksi kinerja jalan, yaitu :

- a. Perkiraan simpangan baku keseluruhan untuk keadaan dimana variasi lalu lintas akan diperhitungkan adalah 0,44 untuk perkerasan lentur.

- b. Perkiraan simpangan baku keseluruhan untuk keadaan dimana variasi lalulintas akan diperhitungkan adalah 0,49 untuk perkerasan kaku (*Rigid Pavement*).
- c. Nilai So yang disarankan berkisar antara 0,40 – 0,50 untuk perkerasan lentur.

### 8. Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)

Lintas ekivalen pada saat jalan mulai dibuka dihitung dengan menggunakan persamaan (3.18).

$$LEP = LHR0 \times E \times DD \times DL \dots \dots \dots (3.18)$$

Dengan :

LHR0 = Lalulintas Harian di Awal Umur Rencana

E = Angka Ekivalen untuk Satu Jenis Kendaraan

DD = Faktor Distribusi Arah

DL = Faktor Distribusi Jalur

### 9. Lintas Ekivalen Selama Umur Rencana (W18)

Nilai lintas ekivalen selama umur rencana (w18) diperoleh dengan menggunakan persamaan (3.19).

$$W18 = LEP \times 365 \times N \dots \dots \dots (3.19)$$

Dengan :

365 = Jumlah Hari dalam Setahun

N = Faktor Umur Rencana Yang Sudah Disesuaikan Dengan Perkembangan Lalulintas

Besarnya nilai N diperoleh dari persamaan (3.20)

$$N = \frac{(1 + i)^{UR} - 1}{i} \dots \dots \dots (3.20)$$

Dengan :

i = Faktor Pertumbuhan Lalulintas Selama UR

UR = Umur Rencana

## 10. Kondisi Lingkungan

Kondisi lingkungan sangat mempengaruhi masa pelayanan jalan. Faktor kadar air 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, perubahan temperatur, kerusakan – kerusakan akibat penurunan kualitas bahan, sifat material bahan yang dipergunakan dapat pula mempengaruhi umur pelayanan jalan.

Terdapat pengurangan nilai indeks permukaan akibat kondisi lingkungan, besarnya penurunan indeks permukaan akibat pengembangan merupakan fungsi dari tingkat pengembangan (*swell rate contant*), kemungkinan pengembangan (*swell probability*), dan besarnya potensi merembes keatas (*potensial vertical rise*).

$$IP\ Swell = 0,00335 \times Vr \times Ps \times (1 - e^{\delta T}) \dots \dots \dots (3.21)$$

Dengan :

$IP\ Swell$  = Perubahan Indeks Permukaan Akibat Pengembangan Tanah Dasar

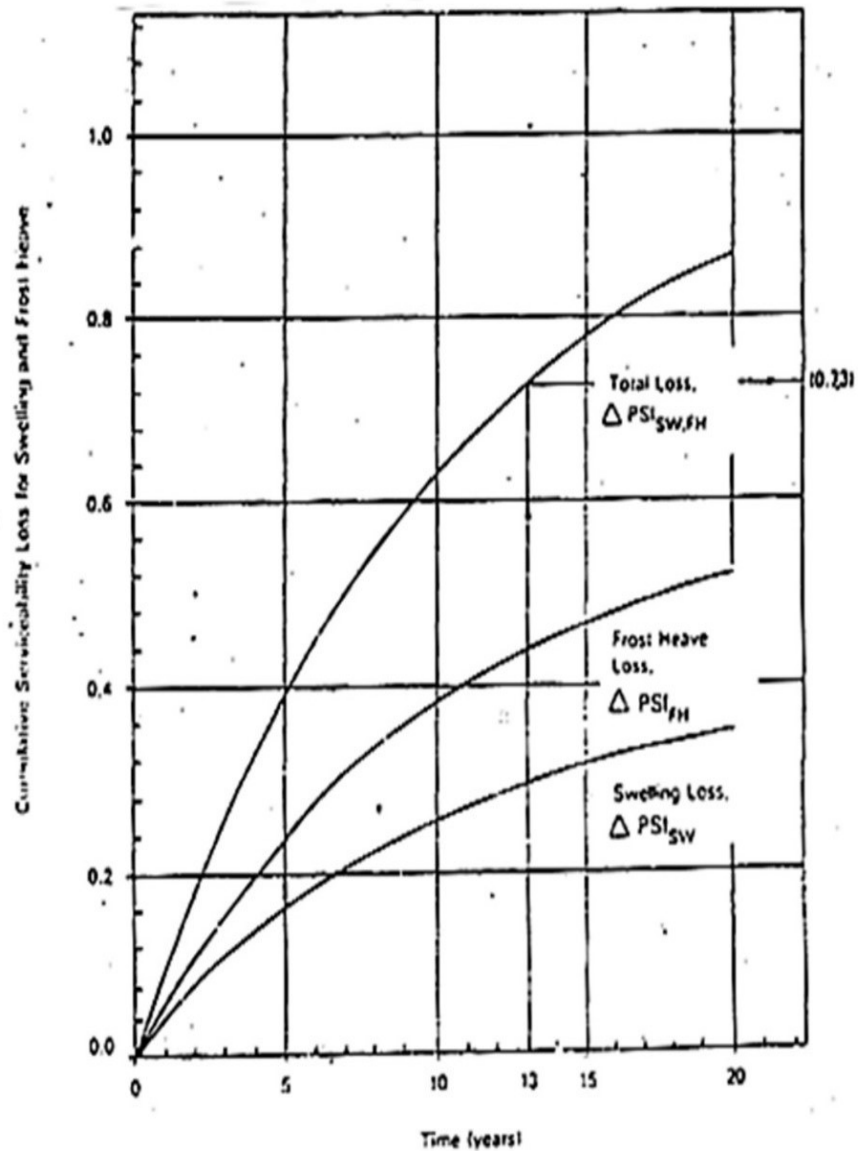
$Vr$  = Besarnya Potensi Merembes ke Atas (Inch)

$Ps$  = Probabilitas Pengembangan (%)

$\delta$  = Tingkat Pengembangan Tetap

$T$  = Jumlah Tahun yang Ditinjau (dihitung dari saat jalan tersebut dibuka untuk umum)

Apabila diperoleh data atau pengujian yang kurang memadai, maka untuk menentukan nilai penurunan pelayanan perkerasan akibat pengembangan tanah ditentukan melalui grafik pada **Gambar 3.12**.



**Gambar 3.12** Hubungan Antara  $\Delta PSI$  dan Waktu Pelayanan Kinerja Jalan

## 11. Faktor Drainase

Sistem drainasi pada jalan sangat mempengaruhi kinerja jalan tersebut. Tingkat kecepatan pengeringan air yang terdapat pada konstruksi jalan raya bersama-sama dengan beban lalu lintas dan kondisi permukaan jalan sangat mempengaruhi umur pelayanan jalan. Metode AASHTO 1993 membagi kualitas drainasi menjadi 5 tingkat, seperti yang ditunjukkan dalam **Tabel 3.18**.

**Tabel 3.18** Kualitas Drainase

<b>Kualitas Drainase</b>	<b>Waktu Yang Dibutuhkan Untuk Meringkan Air</b>
Baik Sekali	2 jam
Baik	1 hari
Cukup	1 minggu
Buruk	1 bulan
Buruk Sekali	Air tak mungkin dikeringkan

Sumber : AASHTO, 1993

Penentuan variabel selanjutnya yaitu persen struktur perkerasan dalam setahun terkena air sampai ketinggian jenuh. Persen waktu struktur perkerasan dalam 1 tahun terkena air dinyatakan dengan rumus :

$$P = \frac{TJ}{24} \times \frac{TH}{365} \times WL \times 100$$

$$P = TJ \times TH / 8760 \times 1-C \times 100 \dots \dots \dots (3.22)$$

P = Persen Hari Efektif Hujan

Tj = Hujan Rata-Rata Perhari(Jam)

Th = Jumlah Rata-Rata Hari Hujan(Tahun)

WL = Faktor Air Hujan Yang Masuk Ke Pondasi

C = Koefesien Pengaliran

Dalam **Tabel 3.19** ditunjukkan koefesien pengaliran (C) yang disarankan oleh Bina Marga 1990

**Tabel 3.19** Koefesien Pengaliran (C)

<b>No</b>	<b>Kondisi Permukaan Tanah</b>	<b>Koefesien Pengaliran (C)</b>
1	Jalan Beton dan Jalan Aspal	0,70 – 0,95
2	Bahu Jalan :	
	Tanah Berbutir Halus	0,40 – 0,65
	Tanah Berbutir Kasar	0,10 – 0,20
	Batuan Masif Keras	0,70 -0,85
	Batuan Masif Lunak	0,60 – 0,75

Sumber : Bina Marga, 1990

Berdasarkan kualitas dari drainase dan persen perkerasan terkena air pada lokasi jalan tersebut, maka dapat ditentukan koefisien drainase dari lapisan perkerasan lentur. Metode AASHTO 1993 memberikan daftar koefisien drainase seperti yang tertera pada **Tabel 3.20**.

**Tabel 3.20** Nilai Koefisien Drainase

Kualitas Drainase	% Waktu Perkerasan Dalam Keadaan Lembab Basah			
	< 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
Buruk Sekali	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,40

Sumber : AASHTO, 1993

## 12. Indeks Tebal Perkerasan (Sn)

Indeks tebal perkerasan (SN) untuk struktur perkerasan awal perlu ditentukan terlebih dahulu, agar tebal lapisan perkerasan dapat direncanakan. Metode AASHTO 1993 memberikan persamaan dasar untuk menentukan tebal lapisan perkerasan berdasarkan nilai SN sebagai berikut:

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 \dots \dots \dots (3.23)$$

Dengan :

$a_i$  = Koefisien Relatif Lapis ke-i

$D_i$  = Tebal Lapis ke-i

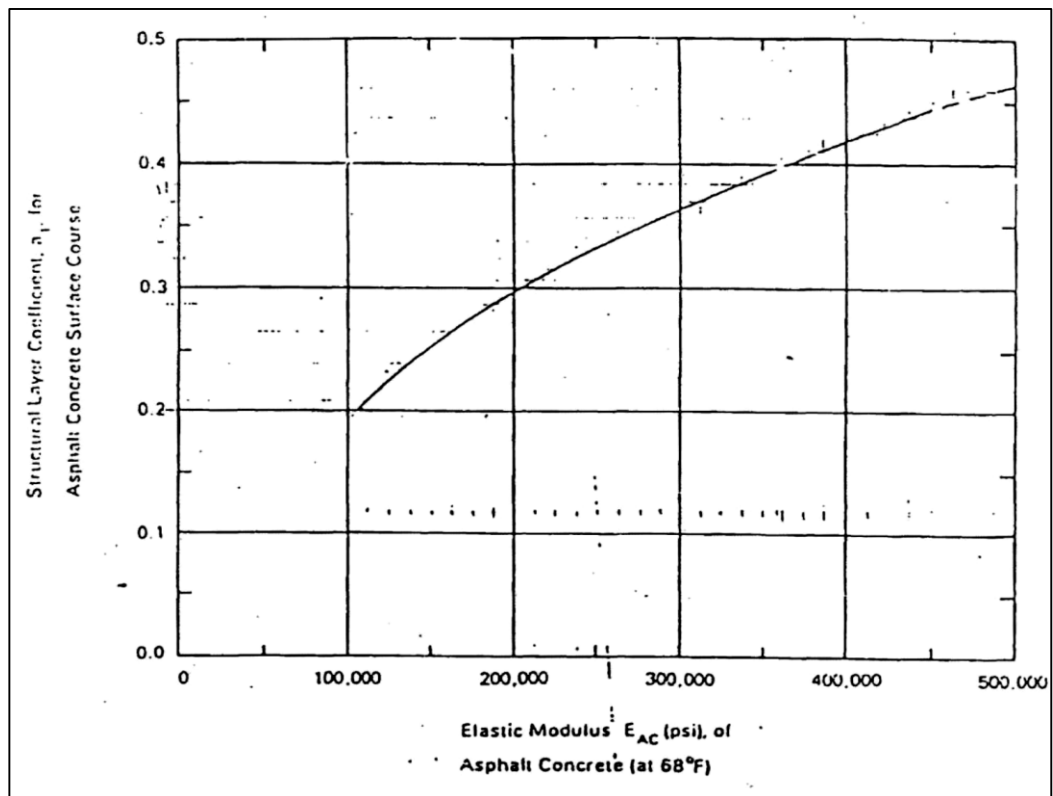
$m_i$  = Koefisien Drainase Lapis ke-i

## 13. Koefisien Relatif Lapisan (a)

Koefisien relatif lapisan (a) merupakan kekuatan masing-masing jenis bahan pada Metode AASHTO 1993. Angka koefisien relatif lapisan (a) diperoleh dari korelasi modulus elastik (*resilient*), CBR atau *R-value*. Untuk mendapatkan nilai modulus material, Metode AASHTO 1993 menganjurkan pengujian dengan Metode AASHTO T274 (untuk lapisan pondasi bawah dan material tanpa bahan

perekat) dan ASTM D4123 (untuk beton aspal dan material yang distabilisasi).

Untuk memperkirakan nilai koefisien lapisan beton aspal ( $a_1$ ) dapat digunakan **Gambar 3.13** untuk lapisan permukaan berdasarkan modulus elastis (*resilient*), EAC pada suhu 68°F. Dianjurkan untuk berhati-hati dalam mengambil nilai di atas 450.000 PSI. Meskipun modulus beton aspal lebih tinggi dan memiliki perlawanan terhadap lentur, namun rentan terhadap pengaruh panas dan retak karena penurunan kualitas bahan.



**Gambar 3.13** Grafik Untuk Memperkirakan Koefisien Lapisan Dari Tingkat Kepadatan Beton Aspal ( $a_1$ ) Berdasarkan Modulus Elastis

Untuk memperkirakan nilai koefisien lapisan ( $a_2$ ) dapat dilihat pada **Gambar 3.14** dan berdasarkan salah satu dari empat tes laboratorium yang tidak sama terhadap material pondasi berbutir dengan memasukkan *Resilient* dasar (EBS). Selain itu ( $a_2$ ) juga dapat diperkirakan dari persamaan (3.24).

$$a_2 = 0,249 (\log EBS) - 0,977 \dots \dots \dots (3.24)$$

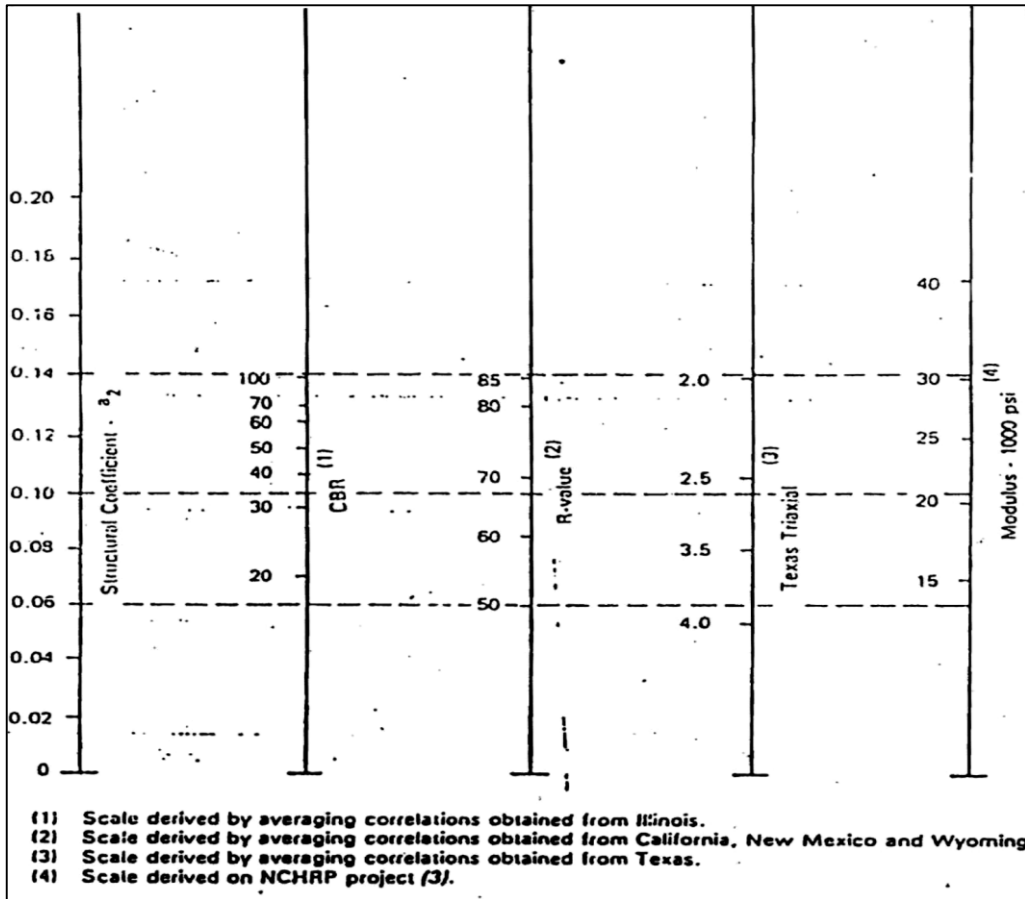
Untuk lapisan pondasi berbutir, EBS merupakan fungsi tegangan ( $\theta$ ) yang dapat dituliskan dengan persamaan (3.25):

$$EBS = K_1 \times \theta k_2 \dots \dots \dots (3.25)$$

Dengan :

$\theta$  = Jumlah Tegangan Pokok,  $\delta_1 + \delta_2 + \delta_3$  (PSI)

$k_1, k_2$  = Regresi Konstan (tipe material)



**Gambar 3.14** Variasi Koefisien Lapisan Pondasi Atas Dengan Material Berbutir

(a2) Untuk Berbagai-Macam Parameter Kekuatan Pondasi

Menurut AASHTO *Road Test*, nilai modulus (EBS dalam PSI) untuk pondasi mengikuti **Tabel 3.21**.

**Tabel 3.21** Nilai Modulus (EBS dalam PSI) untuk Pondasi

Tingkat Kelembaban	Persamaan	Tegangan (PSI)			
		$\theta = 5$	$\theta = 10$	$\theta = 20$	$\theta = 30$
Kering	$8000 \times \theta^{0,6}$	21,012	31,848	48,273	61,569
Lembab	$4000 \times \theta^{0,6}$	10,506	15,924	24,136	30,784
Basah	$3200 \times \theta^{0,6}$	8,404	12,739	19,309	24,627



Sumber : AASHTO,1993

EBS merupakan fungsi dari kelembaban dan tegangan ( $\theta$ ). Nilai untuk tegangan dalam lapisan pondasi bervariasi untuk modulus tanah dasar dan tebal lapisan permukaan. Nilai yang dapat digunakan dalam perencanaan dapat dilihat dalam **Tabel 3.22**.

**Tabel 3.22** Nilai Tegangan ( $\theta$ ) Berdasarkan Tebal Beton Aspal Dan MR Tanah Dasar

Tebal Aspal Beton (inch)	Modulus <i>resilient</i> tanah dasar (PSI)		
	3000	7000	15000
< 2	20	25	30
2 – 4	10	15	20
4 – 6	5	10	15
> 6	5	5	5

Sumber : AASHTO,1993

Sedangkan untuk nilai K1 dan K2 dapat ditentukan berdasarkan nilai dari AASHTO *Method* T274 seperti pada **Tabel 3.23**.

**Tabel 3.23** Nilai K1 dan K2 Untuk Material Pondasi Atas dan Pondasi Bawah Tanpa Bahan Pengikat

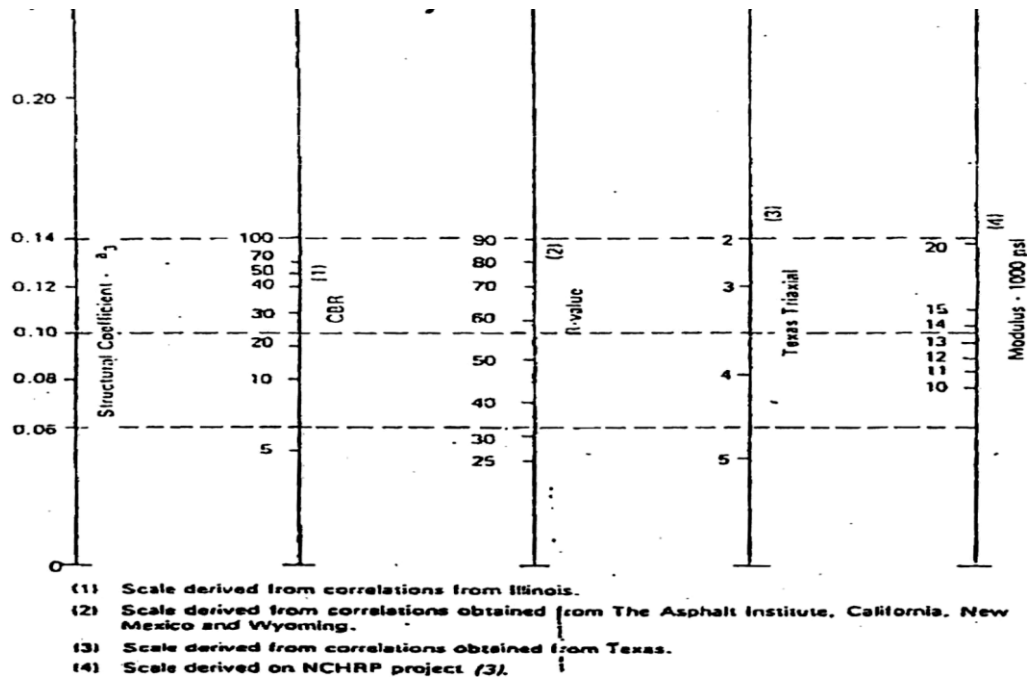
Lapisan	Kondisi Kelembaban	Fungsi Kualitas Material	
		K1	K2
Pondasi atas	Kering	6000 – 10000	0,5 – 0,7
	Lembab	4000 – 6000	0,5 – 0,7
	Basah	2000 – 4000	0,5 – 0,7
Pondasi Bawah	Kering	6000 – 8000	0,4 – 0,6
	Lembab	4000 – 6000	0,4 – 0,6
	Basah	1500 – 4000	0,4 – 0,6

Sumber : AASHTO, 1993

Untuk memperkirakan nilai koefisien lapisan ( $a_3$ ) dapat dilihat pada **Gambar 3.15** dan berdasarkan salah satu dari empat tes laboratorium yang tidak sama terhadap material pondasi berbutir dengan memasukan *resilient* dasar (EBS). Selain itu  $a_3$  juga diperkirakan dari persamaan (3.26).

$$a_3 = 0,227 (\log EBS) - 0,839 \dots\dots\dots(3.26)$$

Untuk lapisan pondasi bawah, EBS dipengaruhi oleh tegangan, adapun caranya sama dengan lapisan pondasi atas. Nilai K1 dan K2 dapat dilihat pada **Tabel 3.23** diatas. Menurut AASHTO *Road Test*, nilai material pondasi bawah sesuai dengan grafik **Gambar 3.15** berikut :



**Gambar 3.15** Variasi Koefisien Lapisan Pondasi Bawah dengan Material Berbutir (a3) Untuk Berbagai – Macam Parameter Kekuatan Pondasi

Sumber : AASHTO, 1993

**Tabel 3.24** Nilai EBS Untuk Pondasi Bawah

Kondisi Lembab	Persamaan	Tegangan		
		$\theta = 5$	$\theta = 7,5$	$\theta = 10$
Lembab	$Mr = 5400 \times \theta^{0,6}$	14,183	18,090	21,497
Basah	$Mr = 4600 \times \theta^{0,6}$	12,082	15,410	18,312

Sumber : AASHTO, 1993

#### 14. Batas – Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan (Di)

AASHTO 1993 memberikan batasan minimum untuk tebal perkerasan sesuai **Tabel 3.25**.

**Tabel 3.25** Nilai Tebal Perkerasan Minimum (Inch)

Volume Lalulintas ESAL's	Beton Aspal	Pondasi Agregat
< 50.000	1,0	4
50.000 – 150.000	2,0	4
150.000 – 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, 1993

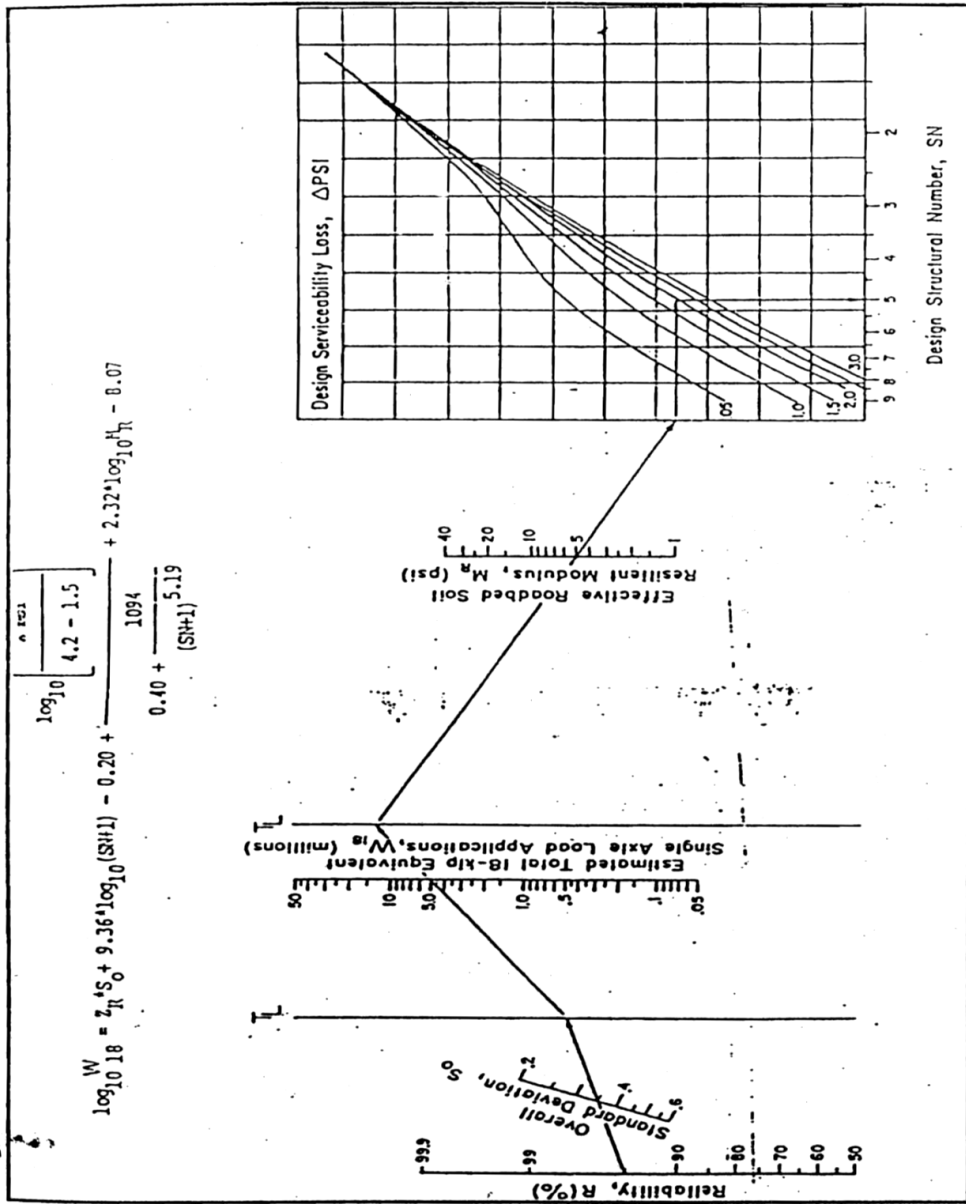
Adapun langkah – langkah penentuan tebal perkerasan adalah berdasarkan persamaan (3.27 sampai dengan 3.29).

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{D_1 \cdot a_1} \dots\dots\dots(3.27)$$

$$D_2 \geq \frac{SN_2 - (D_1 \cdot a_1)}{a_2 \cdot m_2} \dots\dots\dots(3.28)$$

$$D_3 \geq \frac{SN_3 - (D_1 \cdot a_1 + D_2 \cdot a_2 \cdot m_2)}{a_3 \cdot m_3} \dots\dots\dots(3.29)$$

Sedangkan untuk menentukan nilai SN (*Structural Number*) yaitu dengan nomogram yang ada pada **Gambar 3.16**.



Gambar 3.16 Nomogram Menentukan Sn