

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Parameter Desain

Dalam perencanaan perkerasan jalan ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan yaitu berdasarkan fungsi jalan, umur rencana, lalu lintas, sifat tanah dasar, kondisi lingkungan, dan material lapis perkerasan yang tersedia di suatu daerah tertentu.

1) Fungsi Jalan

Jalan pada umumnya menurut fungsinya berdasarkan pasal 8 Undang-Undang No 38 Tahun 2004 tentang Jalan dikelompokkan sebagai berikut :

a. Jalan Arteri

Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan umum dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.

b. Jalan Kolektor

Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah masuk dibatasi.

c. Jalan Lokal

Jalan Lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

d. Jalan Lingkungan

Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat dan kecepatan rata-rata rendah.

2) Umur rencana

Umur rencana adalah waktu dalam satuan tahun dihitung sejak perkerasan jalan dibuka untuk lalu lintas sampai saat diperlukan perbaikan berat. Selama umur rencana ini, perkerasan diharapkan bebas dari pekerjaan perbaikan berat (Suprpto, 2000, dalam Hardwiyono, 2012).

Umur rencana untuk lapis perkerasan lentur biasanya didesain pada umumnya menggunakan 20 tahun dan masa perawatan jalan 10 tahun. Perencanaan umur rencana lapis perkerasan lentur yang lebih dari 20 tahun dinilai kurang ekonomis, karena pertumbuhan lalu lintas yang sukar diprediksi.

3) Lalu Lintas

a. Jalur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntungkan bagi lalu lintas kendaraan. Jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur yang merupakan bagian dari jalur lalu lintas pada perkerasan jalan. Pada jalur lalu lintas yang sering dilewati kendaraan beroda empat atau lebih biasanya memiliki lebih dari satu lajur (Hardwiyono, 2012). Jumlah lajur minimal untuk jalan dengan dua arah minimal adalah dua lajur, yang biasanya disebut dengan jalan 2 jalur 2 lajur.

b. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melintasi pada satu titik tinjauan yang bisa diamati secara visual dan dihitung dalam satuan waktu yang biasa dinyatakan dalam kendaraan/hari. Satuan volume lalu lintas yang biasa digunakan adalah :

i) Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Lalu lintas harian rata-rata (LHR) adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari.

ii) Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT)

LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melintasi satu jalur selama 24 jam dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh.

iii) Kapasitas

Kapasitas adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melintasi suatu penampang jalan pada jalur jalan selama satu jam dengan kondisi lalu lintas tertentu.

4) Sifat Tanah Dasar

Tanah dasar adalah lapisan dasar untuk meletakkan lapisan perkerasan. Sifat tanah dasar ini sangat mempengaruhi ketebalan lapis perkerasan dan material perkerasan di atasnya secara keseluruhan. Pada umumnya di Indonesia, daya dukung tanah dasar untuk lapis perkerasan jalan bisa dicari dengan metode *California Bearing Ratio* (CBR).

Nilai CBR diperoleh dari hasil uji lab ataupun pengujian langsung di lapangan. Tanah dasar untuk struktur jalan biasanya merupakan tanah asli, timbunan, ataupun galian yang sudah dipadatkan mencapai kepadatan 95% kepadatan maksimum.

5) Kondisi Lingkungan

Pengaruh kondisi lingkungan/lapangan terhadap lapis perkerasan jalan cukup besar dikarenakan musuh utama dari aspal adalah air. Berikut ini pengaruh kondisi lingkungan terhadap lapis perkerasan jalan menurut (Hardwiyono, 2012) adalah :

- a. Berpengaruh terhadap sifat teknis struktur lapis perkerasan dan sifat komponen material lapis perkerasan.
- b. Pelapukan bahan material.
- c. Mempengaruhi penurunan tingkat kenyamanan lapis perkerasan.

Faktor utama yang mempengaruhi struktur lapis perkerasan jalan adalah air yang berasal dari hujan. Air hujan ini akan meresap masuk dalam tanah dasar dan bahan granular yang tidak diperkeras sehingga butiran materialnya

mengembang, kepadatannya menurun, daya dukung tanah (DDT) berkurang, nilai CBR mengecil. Pengaruh perubahan suhu akibat perubahan cuaca terutama berpengaruh kepada perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan ikat material granular. Hal ini disebabkan sifat reologi aspal yang berkembang jika terkena suhu panas dan menyusut jika terkena suhu dingin. Pada suhu panas aspal cenderung melunak dan daya dukung aspal berkurang. Sebaliknya pada suhu dingin aspal cenderung mengeras, kaku, tingkat kelenturan berkurang, dan mudah pecah.

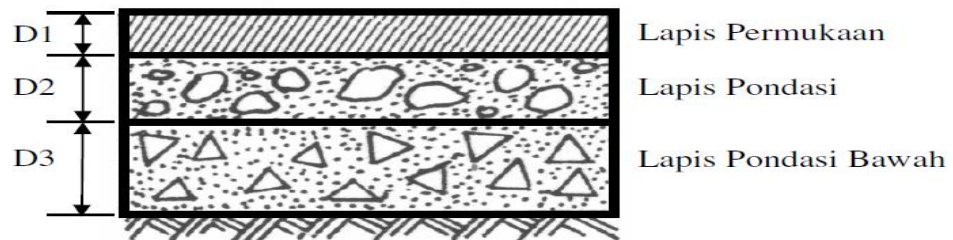
6) Material Lapis Perkerasan

Perencanaan tebal lapis perkerasan jalan dipengaruhi juga oleh jenis lapisan yang digunakan untuk menyusun lapisan perkerasan tersebut. Hal ini ditentukan dari ketersediaan material di lokasi proyek jalan mudah didapatkan atau tidak, serta mutu yang diinginkan dari material itu tersedia atau tidak. Material lapis perkerasan pada umumnya yang digunakan adalah :

Lapis Permukaan (<i>Surface Course</i>) :	Laston
	Lasbutag
	HRA
	Aspal macadam
	Lapen (mekanis/manual)
Lapis Pondasi Atas (<i>Base Course</i>) :	Laston atas
	Lapen (mekanis/manual)
	Stab.Tanah dengan kapur
	Batu pecah (kelas A, B, dan C)
Lapis Pondasi Bawah (<i>Sub Base Course</i>) :	Sirtu/pitrun (kelas A, B, dan C)
	Tanah/Lempung kepasiran

B. Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Analisa Komponen SKBI 1987

Jenis struktur perkerasan lentur yang digunakan dalam desain perkerasan jalan dengan Metode Analisa Komponen SKBI 1987 dapat dilihat pada (Gambar 3.1)



Sumber : Bina Marga, 1987

Gambar 3.1 Jenis struktur lapis perkerasan lentur menurut Metode Analisa Komponen SKBI 1987

Berikut adalah parameter yang diperlukan dalam mendesain perencanaan tebal perkerasan jalan menggunakan Metode Analisa Komponen SKBI 1987.

1) Lalu Lintas Rencana

a. 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 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

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

Sumber : Bina Marga, 1987

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

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

Sumber : Bina Marga, 1987

*) Berat total < 5 ton, misalnya mobi penumpang, pick up, mobil hantaran

***) Berat total > 5 ton, misalnya bus, truck, traktor, semi trailer, trailer.

b. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka Ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut persamaan 3.1, 3.2 dan 3.3 selain menggunakan persamaan tersebut bisa juga menggunakan Tabel 3.3.

Sumbu Tunggal

$$E = \left[\frac{\text{beban satu sumbu tunggal (ton)}}{8,16} \right]^4 \dots\dots\dots (3.1)$$

Sumbu Ganda

$$E = 0,086 \times \left[\frac{\text{beban satu sumbu ganda (ton)}}{8,16} \right]^4 \dots\dots\dots (3.2)$$

Sumbu Tripel

$$E = 0,053 \times \left[\frac{\text{beban satu sumbu ganda (ton)}}{8,16} \right]^4 \dots\dots\dots (3.3)$$

Tabel 3.3 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	0,9820
16000	35276	14,7815	1,2712

Sumber : Bina Marga, 1987

- c. Lalu Lintas Harian Rata-rata dan Rumus- rumus Lintas Ekuivalen
- i. Lalu Lintas Harian Rata-rata (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. LHR pada umur rencana dapat dihitung menggunakan persamaan 3.4 berikut ini.

$$LHR_{20} = LHR_0 \times (1+i)^{UR} \dots\dots\dots(3.4)$$
 - ii. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) dapat dihitung dengan persamaan 3.5 sebagai berikut.

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \dots\dots\dots(3.5)$$

Dengan : j = Jenis kendaraan

iii. Lintas Ekivalen Akhir (LEA) dapat dihitung dengan persamaan 3.6 sebagai berikut.

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

Dengan : j = Jenis kendaraan
i = Perkembangan lalu lintas

iv. Lintas Ekivalen Tengah (LET) dapat dihitung dengan persamaan 3.7 sebagai berikut.

$$LET = \frac{1}{2} \times (\sum LEP + \sum LEA) \dots\dots\dots(3.7)$$

v. Lintas Ekivalen Rencana (LER) dapat dihitung dengan persamaan 3.8 sebagai berikut.

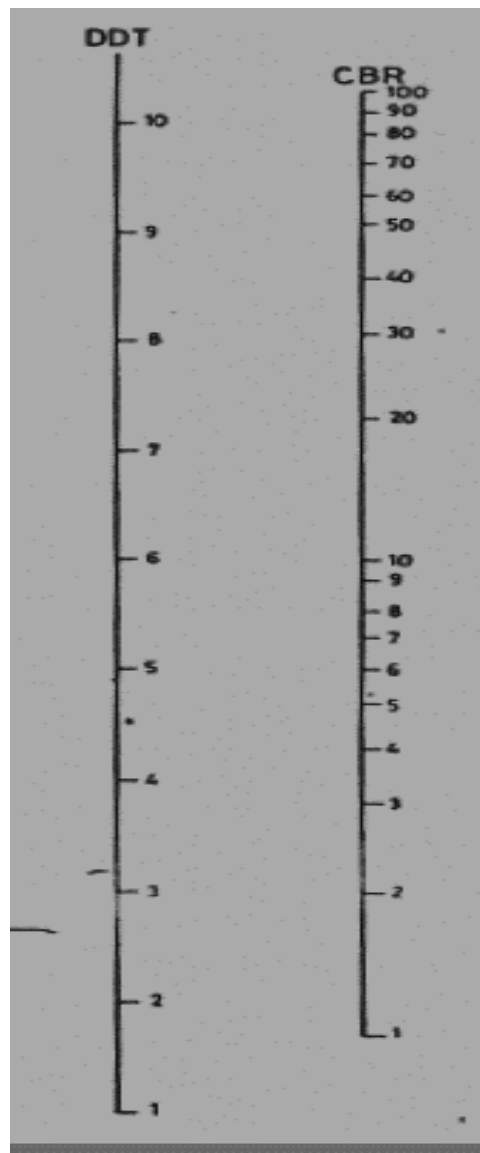
$$LER = LET \times FP \dots\dots\dots(3.8)$$

Dengan :
FP = Faktor Penyesuaian
 $FP = \frac{UR}{10}$

2) Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi (Gambar 3.2). Yang dimaksud dengan nilai CBR disini adalah nilai CBR lapangan ataupun CBR laboratorium. Selain menggunakan grafik korelasi untuk mencari nilai DDT bisa juga menggunakan persamaan 3.9 sebagai berikut.

$$\text{DDT} = 4,3 \log \text{CBR} + 1,7 \dots\dots\dots(3.9)$$



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

Sumber : Bina Marga, 1987

Gambar 3.2 Grafik Korelasi CBR dan DDT

3) Faktor Regional

Keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan Drainasi, bentuk alinemen serta presentase kendaraan dengan berat 13 ton, dan kendaraan yang berhenti, sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan rata-rata per tahun. Faktor regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinemen (kelandaian dan tikungan), presentase kendaraan berat dan iklim (curah hujan). Ketentuan faktor regional dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I (< 6%)		Kelandaian II (6-10%)		Kelandaian III (> 10%)	
	% Kendaraan berat		% Kendaraan berat		% Kendaraan berat	
	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %
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

4) Indeks Permukaan (IP)

Nilai Indeks Permukaan (IP) ini menyatakan nilai dari kerataan atau kehalusan permukaan yang berkaitan dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Berikut nilai IP beserta dengan pengertiannya :

- IP = 1,0 Menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.
- IP = 1,5 Menyatakan tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus).
- IP = 2,0 Menyatakan tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih cukup.
- IP = 2,5 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 ekivalen rencana (LER), seperti pada Tabel 3.5 berikut ini.

Tabel 3.5 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

LER = Lintas Ekivalen Rencana (*)	Klasifikasi Jalan			
	Local	Kolektor	Arteri	Tol
< 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 ekivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan/kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana, menurut Tabel 3.6 berikut ini.

Tabel 3.6 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana

Jenis Permukaan	IPo	Roughness *) (mm/km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
LASBUTAG	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
BURDA	3,9 – 3,5	< 2000
BURTU	3,4 – 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	> 3000
LATASBUM	2,9 – 2,5	
BURAS	2,9 – 2,5	

Tabel 3.6 Lanjutan

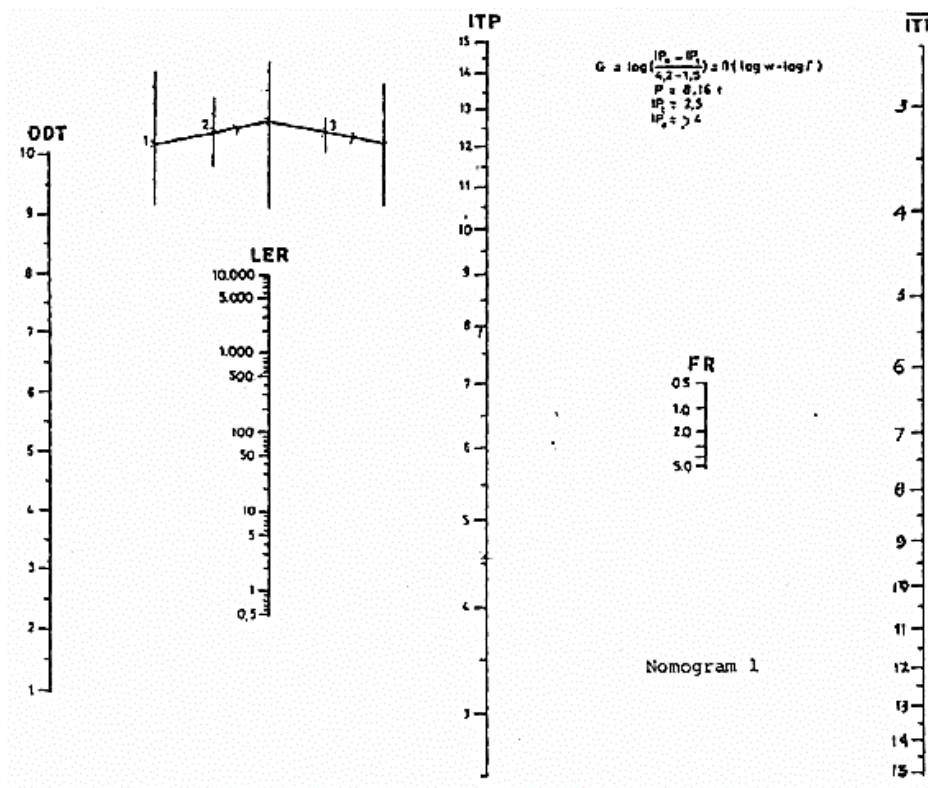
Jenis Permukaan	I _{Po}	Roughness *) (mm/km)
LATASIR	2,9 – 2,5	
JALAN TANAH	≤ 2,4	
JALAN KERIKIL	≤ 2,4	

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 per jam.

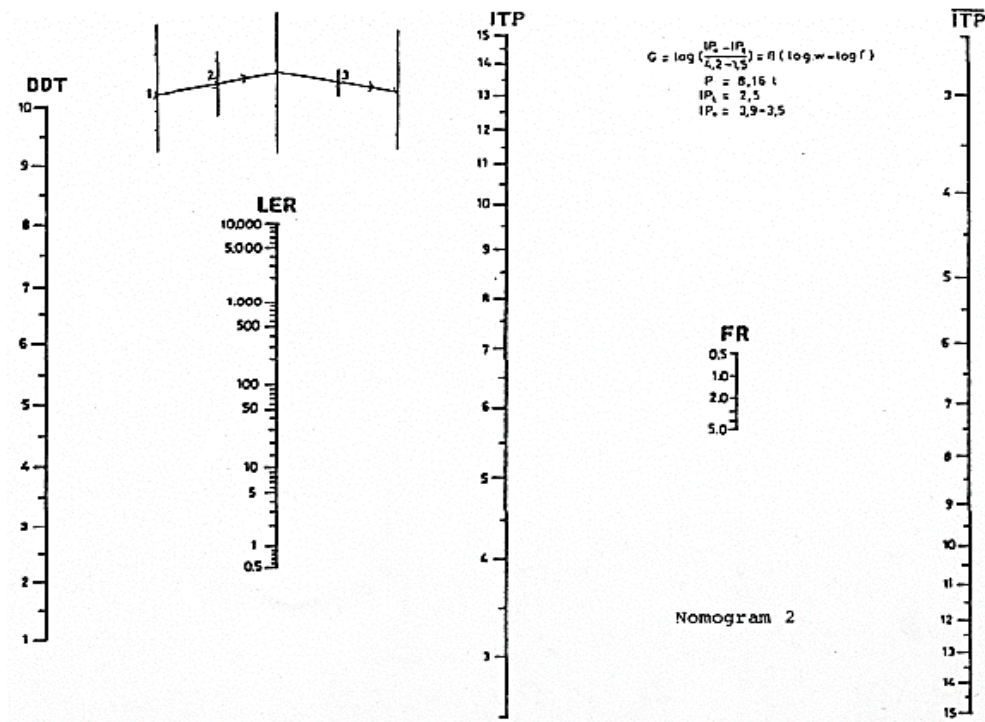
5) Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Untuk mencari nilai Indeks Tebal Perkerasan (ITP) menggunakan Nomogram sesuai dengan nilai IP dan I_{Po} (dalam nomogram nilai IP ditunjukkan dengan IPT), yang dapat dilihat pada Gambar 3.3 sampai Gambar 3.11 berikut ini.



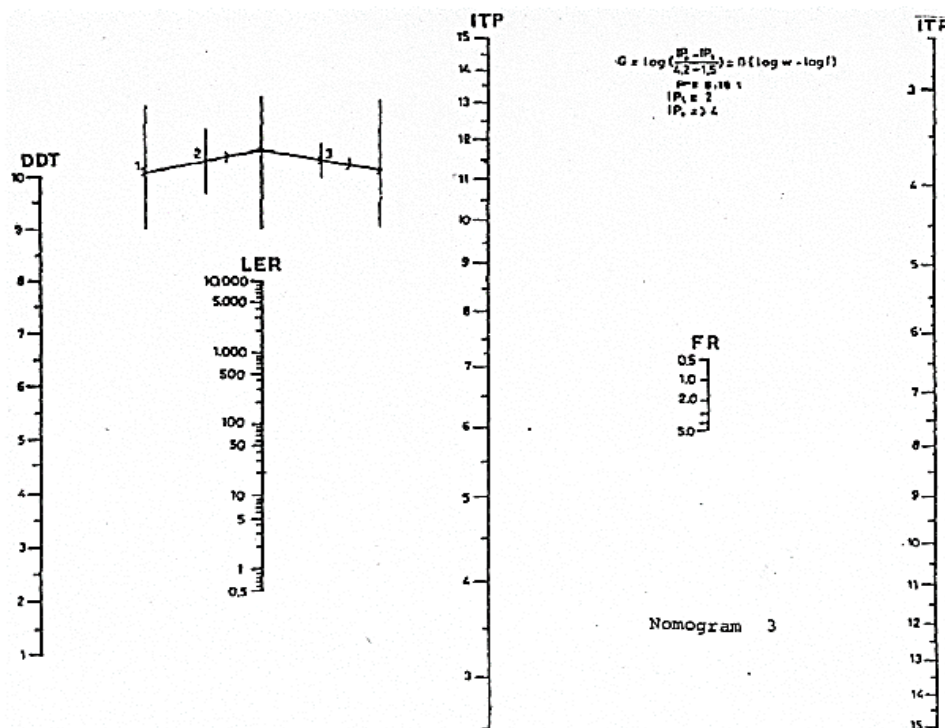
Sumber : Bina Marga 1987

Gambar 3.3 Nomogram 1



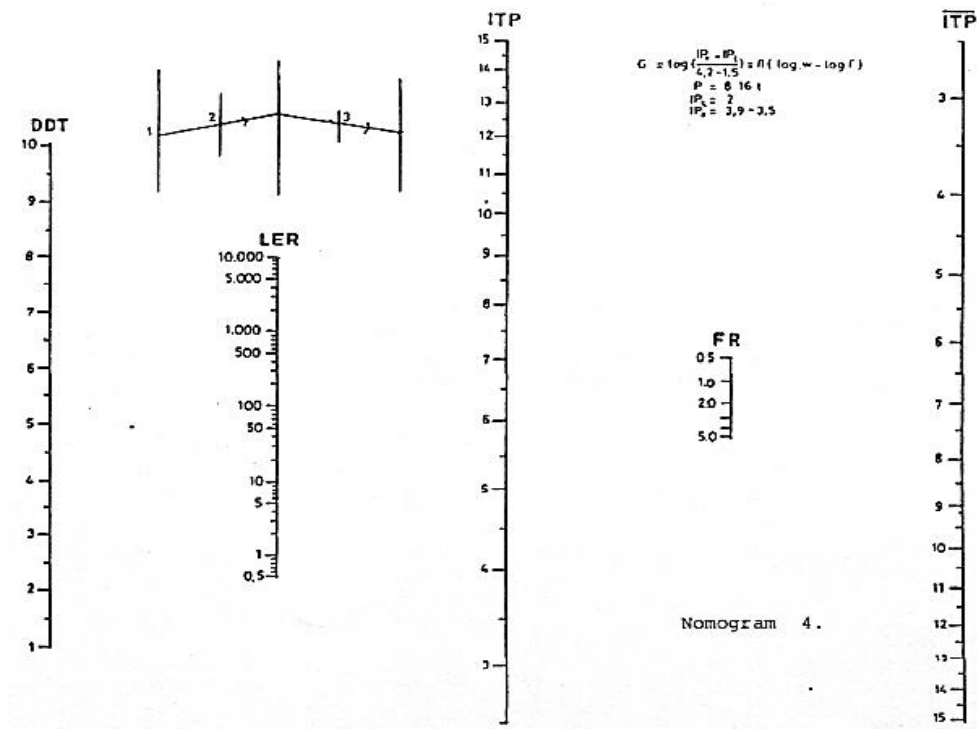
Sumber : Bina Marga 1987

Gambar 3.4 Nomogram 2



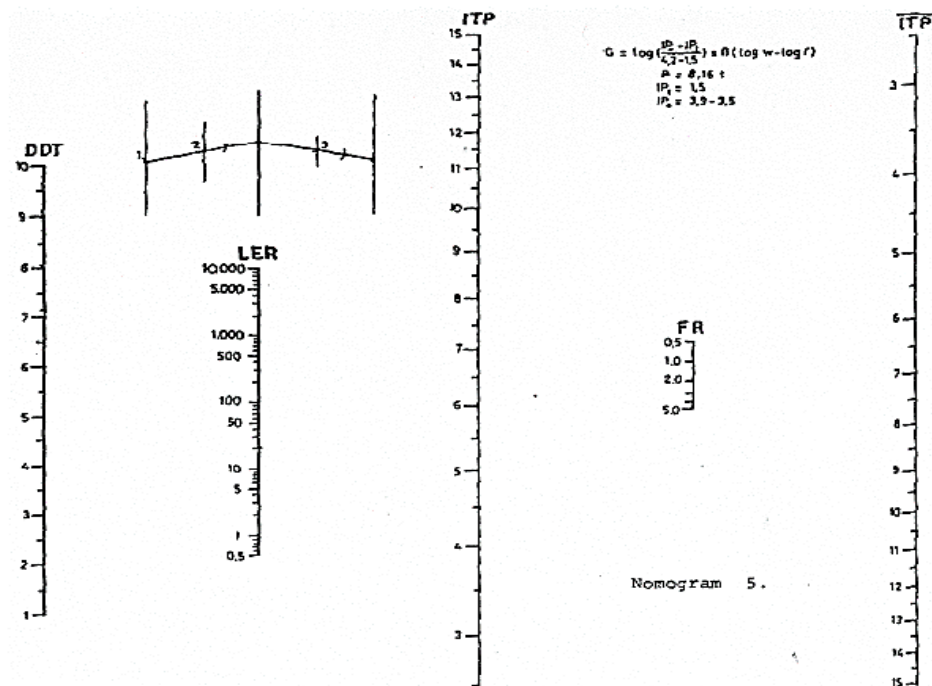
Sumber : Bina Marga 1987

Gambar 3.5 Nomogram 3



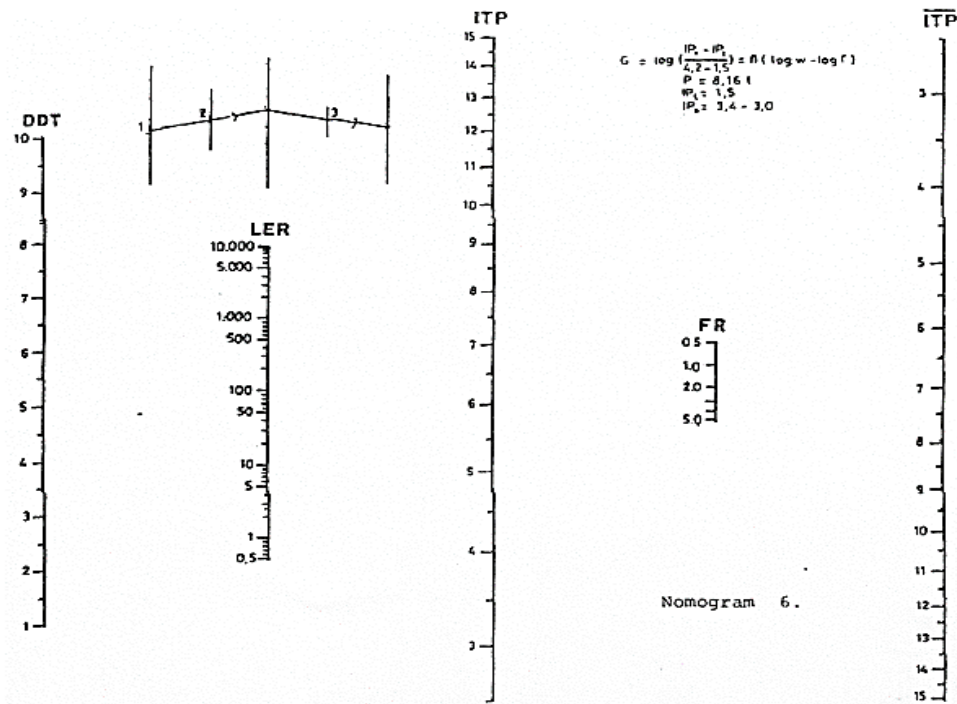
Sumber : Bina Marga 1987

Gambar 3.6 Nomogram 4



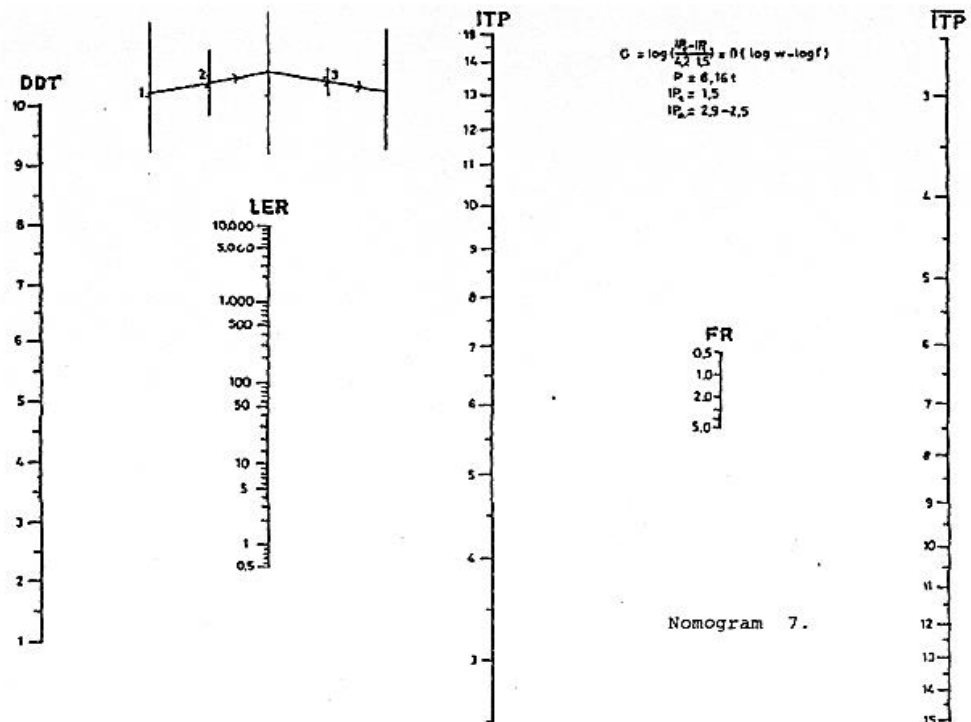
Sumber : Bina Marga 1987

Gambar 3.7 Nomogram 5



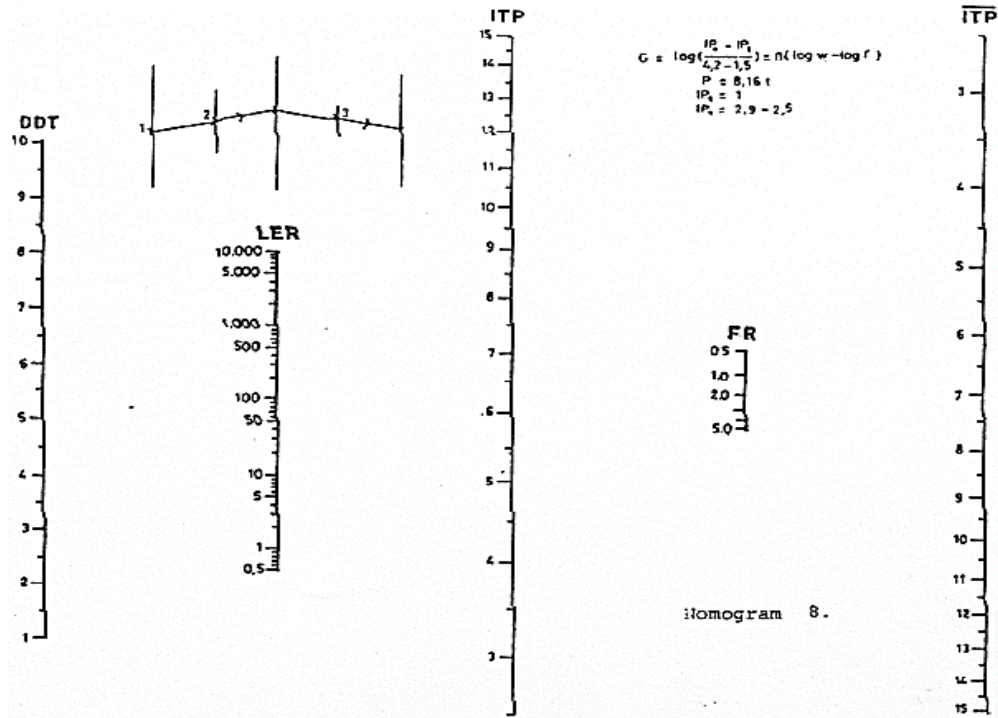
Sumber : Bina Marga 1987

Gambar 3.8 Nomogram 6



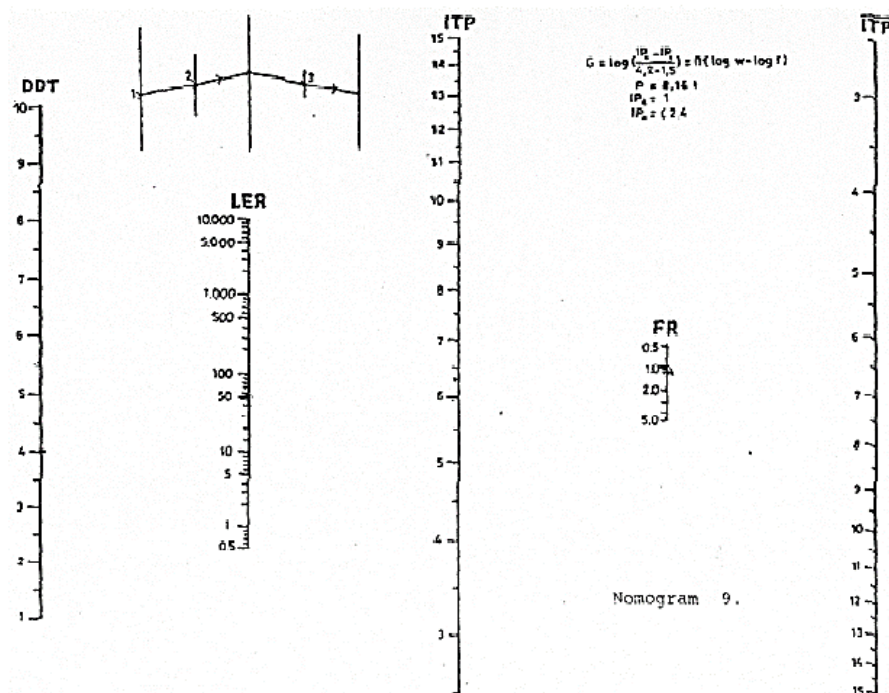
Sumber : Bina Marga 1987

Gambar 3.9 Nomogram 7



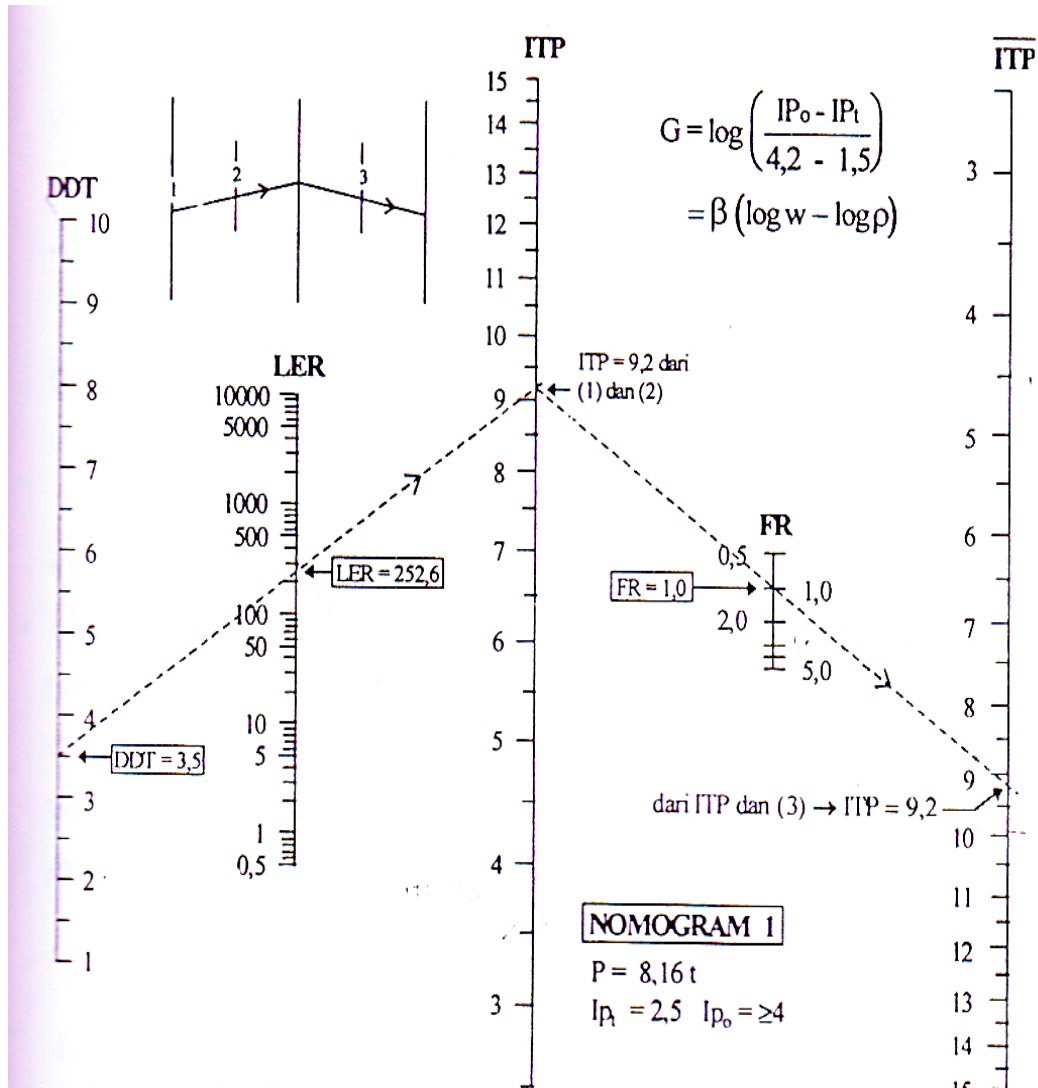
Sumber : Bina Marga 1987

Gambar 3.10 Nomogram 8



Sumber : Bina Marga 1987

Gambar 3.11 Nomogram 9



Sumber : SKBI 2. 3. 26. 1987 / SNI 03-1732-1989

Gambar 3.12 Contoh Penggunaan Nomogram

Nilai ITP dapat digunakan untuk mencari nilai D1, D2, dan D3 dari persamaan 3.10 sebagai berikut.

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 \dots \dots \dots (3.10)$$

- Dengan : ITP = Indeks Tebal Perkerasan
- a₁, a₂, a₃ = Koefisien kekuatan relative bahan lapis perkerasan
- D₁, D₂, D₃ = Tebal masing-masing lapis Perkerasan

Untuk nilai koefisien relative bahan lapis perkerasan (a_1 , a_2 , ataupun a_3) yang akan digunakan pada persamaan 3.9 dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut ini.

Tabel 3.7 Koefisien Kekuatan Relative (a)

Koefisien Kekuatan Relative			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
A1	A2	A3	MS (Kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,35	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	350	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	Lasbutag
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal Macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (Mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (Manual)
-	0,28	-	590	-	-	Laston Atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	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	Batu pecah (Kelas A)

Tabel 3.7 Lanjutan

Koefisien Kekuatan Relatife			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
A1	A2	A3	MS (Kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
-	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 A)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah/Lempung Kepasiran

Sumber : Bina Marga, 1987

6) Batas-Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

a. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Tabel 3.8 Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Permukaan perkerasan

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

Sumber : Bina Marga, 1987

b. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Tabel 3.9 Batas-batas Minimum Tebal 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	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 – 12,14	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas
$\geq 12,25$	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas

Sumber : Bina Marga, 1987

c. Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Untuk ketebalan D3 menggunakan rumus balik dari persamaan 3.10, apabila hasil dari perhitungan < 10 cm maka nilai ketebalan yang dipakai minimum 10 cm.

C. Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode AASHTO 1993

Pada perkerasan lentur, struktur perkerasan jalan terdiri dari lapisan-lapisan. Ketika menghitung tebal perkerasan jalan, angka struktural perkerasan aspal di atas tanah dasar ditentukan terlebih dahulu. Dengan cara yang sama, angka struktural yang dibutuhkan di atas lapis pondasi bawah dan lapis pondasi juga ditentukan. Dari angka-angka struktural yang dibutuhkan untuk setiap lapisan, dapat ditentukan tebal maksimum ijin pada setiap lapisan perkerasan jalan.

Dalam perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan metode AASHTO 1993, maka digunakan parameter-parameter sebagai berikut :

1) Analisis Lalu Lintas

Untuk perhitungan analisis lalu lintas pada metode AASHTO 1993 ini mencakup jumlah atau volume kendaraan yang lewat, serta Faktor Distribusi Arah (DD) dengan nilai antara 0,3 – 0,7 dan Faktor Distribusi Lajur (DL) yang mengacu pada Tabel 3.10 berdasarkan AASTHO 1993. Untuk mencari nilai W18 dapat digunakan persamaan 3.11 lalu dilanjutkan ke persamaan 3.12 berikut ini.

$$\hat{W}18 = LHR_0 \times E \times DD \times DL \dots\dots\dots(3.11)$$

$$W18 = \hat{W}18 \times 365 \times \frac{(1+g)^n-1}{g} \dots\dots\dots(3.12)$$

Dimana :

- E = Angka ekivalen kendaraan.
- DD = Faktor distribusi arah.
- DL = Faktor distribusi lajur.
- $\hat{W}18$ = Jumlah beban gandar standar kumulatif selama 1 tahun.
- W18 = Jumlah beban lalu lintas standar kumulatif umur rencana.
- g = Tingkat pertumbuhan per tahun.
- n = Umur rencana.

Tabel 3.10 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur	Jumlah Lalu Lintas Pada Lajur Rencana (%)
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 – 75

Sumber : AASHTO, 1993

2) Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir (P_t)

Kemampuan Pelayanan Akhir (P_t) ditentukan dari survei pendapat yang menyatakan sejauh mana perkerasan masih bisa diterima. Dari survei tersebut, AASHTO (1993) memberikan pedoman nilai minimum P_t pada Tabel 3.11.

Dalam perencanaan, dibutuhkan pemilihan indeks pelayanan awal dan akhir. AASHTO (1993) menyarankan nilai-nilai kemampuan pelayanan akhir (P_t) sebagai berikut.

- a. Jalan raya utama, $P_t = 2,5$ atau 3.
- b. Jalan raya dengan lalu lintas rendah, $P_t = 2,0$.
- c. Jalan raya relatife minor, $P_t = 1,5$.

Tabel 3.11 Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir

P_t	Persen Orang Berpendapat Tidak Setuju
3,0	12 %
2,5	55 %
2,0	85 %

Sumber : AASHTO, 1993

3) Indeks Kemampuan Pelayanan Awal (P_o)

Kemampuan Pelayanan Awal (P_o) bergantung pada tingkat kehalusan atau kerataan perkerasan awal, sedangkan Kemampuan Pelayanan Akhir (P_t) bergantung pada kekasaran atau tidak ratanya jalan yang masih memungkinkan untuk dilalui kendaraan sebelum dilakukan rehabilitasi. Untuk nilai P_o AASHTO (1993) menyarankan sebagai berikut :

- a. Untuk perkerasan beton atau perkerasan kaku, $P_o = 4,5$.
- b. Untuk perkerasan aspal atau perkerasan lentur, $P_o = 4,2$.

Nilai-nilai tersebut masih dapat berubah, karena masih dipengaruhi oleh metode pembangunan, pengalaman setempat, dan standar yang digunakan.

4) Kehilangan Kemampuan Pelayanan (ΔPSI)

Kehilangan kemampuan pelayanan total (*total loss of serviceability*) dapat dihitung dengan persamaan 3.13 berikut ini.

$$\Delta PSI = P_o - P_t \dots\dots\dots(3.13)$$

Untuk perkerasan lentur dengan volume lalu lintas tinggi $\Delta PSI = P_o - P_t = 4,2 - 2,5 = 1,7$ dan untuk perkerasan lentur dengan lalu lintas rendah $\Delta PSI = 4,2 - 2,0 = 2,2$.

5) Reliabilitas (R) dan Deviasi Standar Normal (Z_R)

Nilai *reliabilitas* (R) berkisar antara 50% - 99,99% dan menyatakan kemungkinan melesetnya besaran-besaran nilai parameter rancangan yang dipakai. Semakin tinggi nilainya, semakin tinggi kemungkinan terjadinya selisih antara hasil perancangan dan kenyataan. Nilai-nilai R yang disarankan oleh AASHTO (1993) untuk perancangan berbagai klasifikasi jalan, bisa dilihat pada Tabel 3.12, sedangkan untuk nilai-nilai Z_R yang berhubungan dengan R bisa dilihat pada Tabel 3.13 berikut.

Tabel 3.12 Nilai *reliabilitas* (R)

Tipe Jalan	Nilai (R) dalam %	
	Perkotaan (<i>urban</i>)	Pedesaan (<i>rural</i>)
Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>)	90 – 99,9	85 – 99,9
Utama	85 – 99	80 – 95
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 – 80	50 – 80

Sumber : AASHTO, 1993

Tabel 3.13 Hubungan antara R dengan Z_R

R (%)	Z_R	R (%)	Z_R
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

6) Deviasi Standar Keseluruhan (S_o)

Deviasi standar keseluruhan (*overall standard deviation*, S_o) merupakan parameter yang digunakan untuk memperhitungkan adanya variasi dari input data. Deviasi standar keseluruhan dipilih sesuai dengan kondisi lokal. Untuk nilai S_o AASHTO (1993) menyarankan :

- a. Untuk perkerasan lentur : S_o diantara 0,40 – 0,50.
- b. Untuk perkerasan kaku : S_o diantara 0,30 – 0,40.

Disarankan dalam AASHTO (1993), untuk nilai S_o perkerasan lentur (aspal) = 0,45 dan untuk nilai S_o perkerasan kaku (beton) = 0,35.

7) Koefisien Lapisan

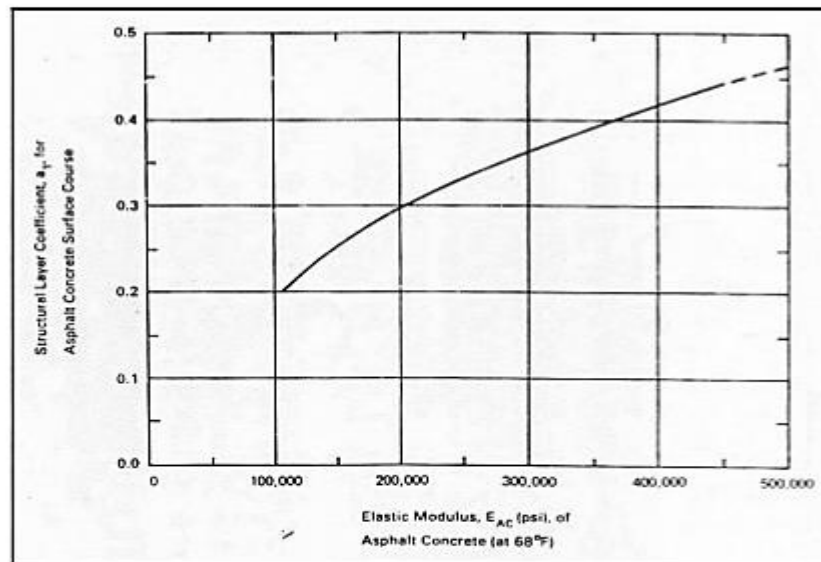
Koefisien lapisan (a_i) menyatakan hubungan empiris antara SN untuk suatu struktur perkerasan dengan tebal lapisan, yang menyatakan kemampuan relatif dari suatu material agar berfungsi sebagai satu komponen struktural dari perkerasannya (Yoder dan Witczack, 1975. dalam Hardiyatmo, 2015). Sedangkan koefisien lapisan yang diusulkan oleh AASHTO ditunjukkan pada Tabel 3.14 berikut.

Tabel 3.14 Koefisien Lapisan (a_i)

Tipe Material	a_i (1/in)
Lapis permukaan aspal, koefisien a_1 :	
Campuran aspal panas gradasi padat	0,44
Aspal pasir	0,40
Campuran dipakai ulang ditempat	0,20
Campuran dipakai ulang oleh pabrik	0,40 (0,40 - 0,44)
Lapis pondasi atas, koefisien a_2 :	
Batu pecah	0,14 (0,08 – 0,14)
Kerikil berpasir	0,07
Pondasi pozolanik	0,28 (0,25 – 0,30)
Pondasi dirawat kapur	0,22 (0,15 – 0,30)
Pondasi dirawat semen	0,27
Tanah – semen	0,20
Pondasi dirawat aspal, gradasi kasar	0,34
Pondasi dirawat aspal, gradasi pasir	0,30
Campuran dipakai ulang diolah di tempat	0,40 (0,40 – 0,44)
Campuran dipakai ulang diolah di pabrik	0,44
Lapis pondasi bawah, koefisien a_3 :	
Kerikil berpasir	0,11
Lempung berpasir	0,08 (0,05 – 0,10)
Tanah dirawat kapur	0,11
Lempung dirawat kapur	0,16 (0,14 – 0,18)
Batu pecah	0,14 (0,08 – 0,14)

Sumber : AASHTO, 1993

Untuk lapis permukaan aspal beton bergradasi rapat, nilai koefisien a_1 dapat diestimasi dengan didasarkan modulus elastis aspal beton pada suhu 68°F (AASHTO, 1993) dengan menggunakan grafik pada Gambar 3.13

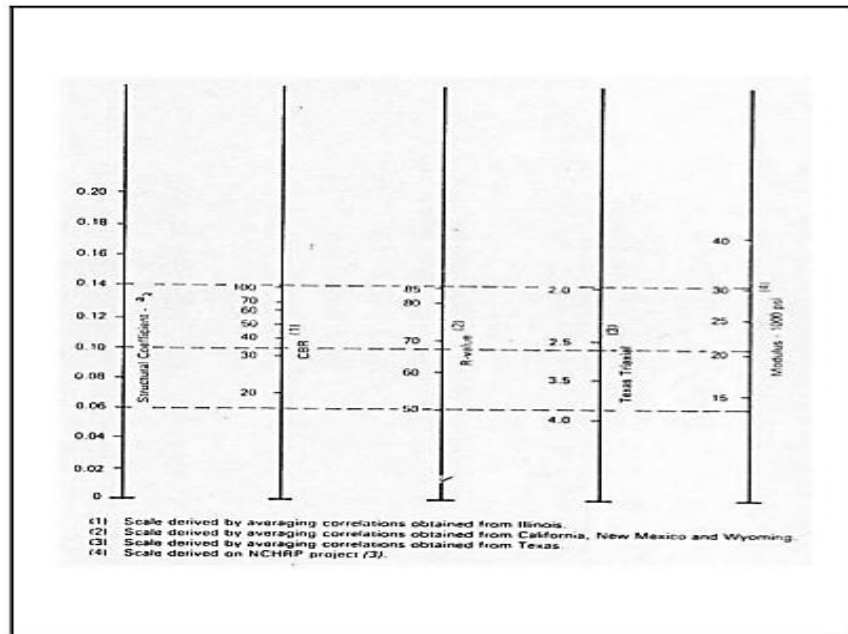


Sumber : AASTHO, 1993

Gambar 3.13 Grafik koefisien kekuatan relatif lapis permukaan (a_1)

Koefisien lapisan dari lapis pondasi atas (a_2) satuan M_R (E_{BS}) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 3.14 atau menggunakan grafik pada Gambar 3.14 berikut.

$$a_2 = (0,249 \times (\log_{10} E_{BS})) - 0,977 \dots\dots\dots (3.14)$$

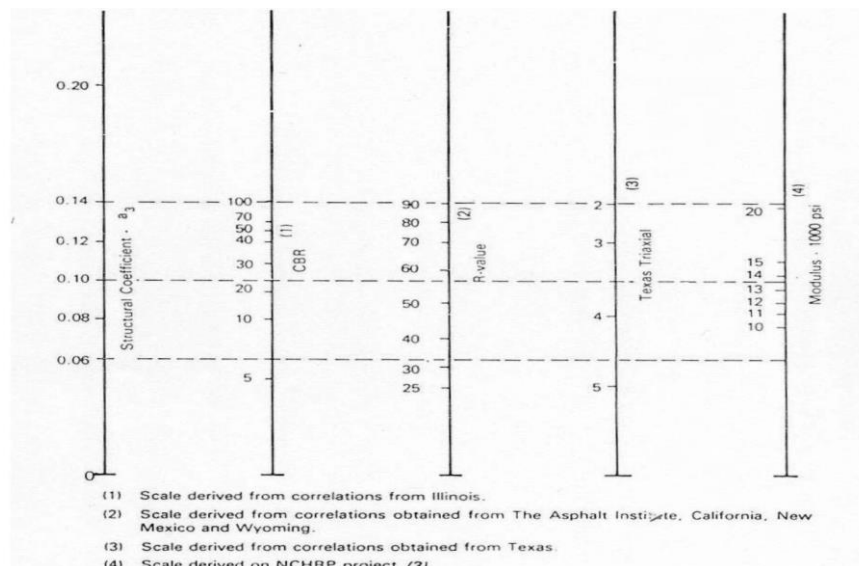


Sumber : AASTHO, 1993

Gambar 3.14 Grafik koefisien kekuatan relatif lapis pondasi atas (a_2)

Untuk lapis pondasi bawah (a_3) satuan M_R (E_{SB}) dapat ditentukan dengan menggunakan grafik pada Gambar 3.15 atau menggunakan persamaan 3.15 berikut.

$$a_3 = (0,227 \times (\log_{10} E_{SB})) - 0,839 \dots\dots\dots (3.15)$$



Sumber : AASTHO, 1993

Gambar 3.15 Grafik koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah (a_3)

8) Kualitas Drainasi

Dalam perencanaan dengan metode AASHTO (1993), diperlukan data kondisi kualitas Drainasi yang mempengaruhi kekuatan lapis pondasi dan pondasi bawah. Penentuan kualitas Drainasi dilakukan dengan mempertimbangkan hal-hal berikut :

- a. Air hujan atau air dari atas permukaan jalan yang akan masuk kedalam pondasi jalan.
- b. Air dari samping jalan yang kemungkinan akan masuk ke pondasi jalan dan muka air tanah yang tinggi di bawah tanah dasar.
- c. Pendekatan waktu (lamanya) dan frekuensi hujan, yang rata-rata terjadi hujan selama 3 jam per hari (hujan jarang terjadi secara terus menerus selama 1 minggu)

Waktu 3 jam dapat diambil sebagai pendekatan dalam penentuan kualitas Drainasi, sehingga pemilihan umum Drainasi adalah “baik” untuk Jalan Tol dan “sedang” untuk Jalan bukan Tol. Kualitas Drainasi yang disarankan oleh AASHTO (1993) bisa dilihat pada Tabel 3.15 berikut.

Tabel 3.15 Kualitas Drainasi

Kualitas Drainasi	Air Tersingkir Dalam Waktu
Sempurna	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Buruk	1 bulan
Sangat Buruk	Air tidak mengalir

Sumber : AASHTO, 1993

9) Koefisien Drainasi (m_i)

Dalam perencanaan perkerasan lentur perlu adanya koefisien Drainasi (m_i). Pengaruh dari kualitas Drainasi ini dinotasikan sebagai m_2 (untuk lapis pondasi atas) dan m_3 (untuk lapis pondasi bawah).

Penentuan koefisien Drainasi (m_i) didasarkan pada kualitas dan hari efektif hujan dalam setahun yang akan mempengaruhi perkerasan. Klasifikasi kualitas Drainasi ditunjukkan dalam Tabel 3.15, dan nilai-nilai m_i ditunjukkan pada Tabel 3.16 berikut.

Tabel 3.16 Koefisien drainasi dan koefisien modifikasi kekuatan lapisan (m_i)

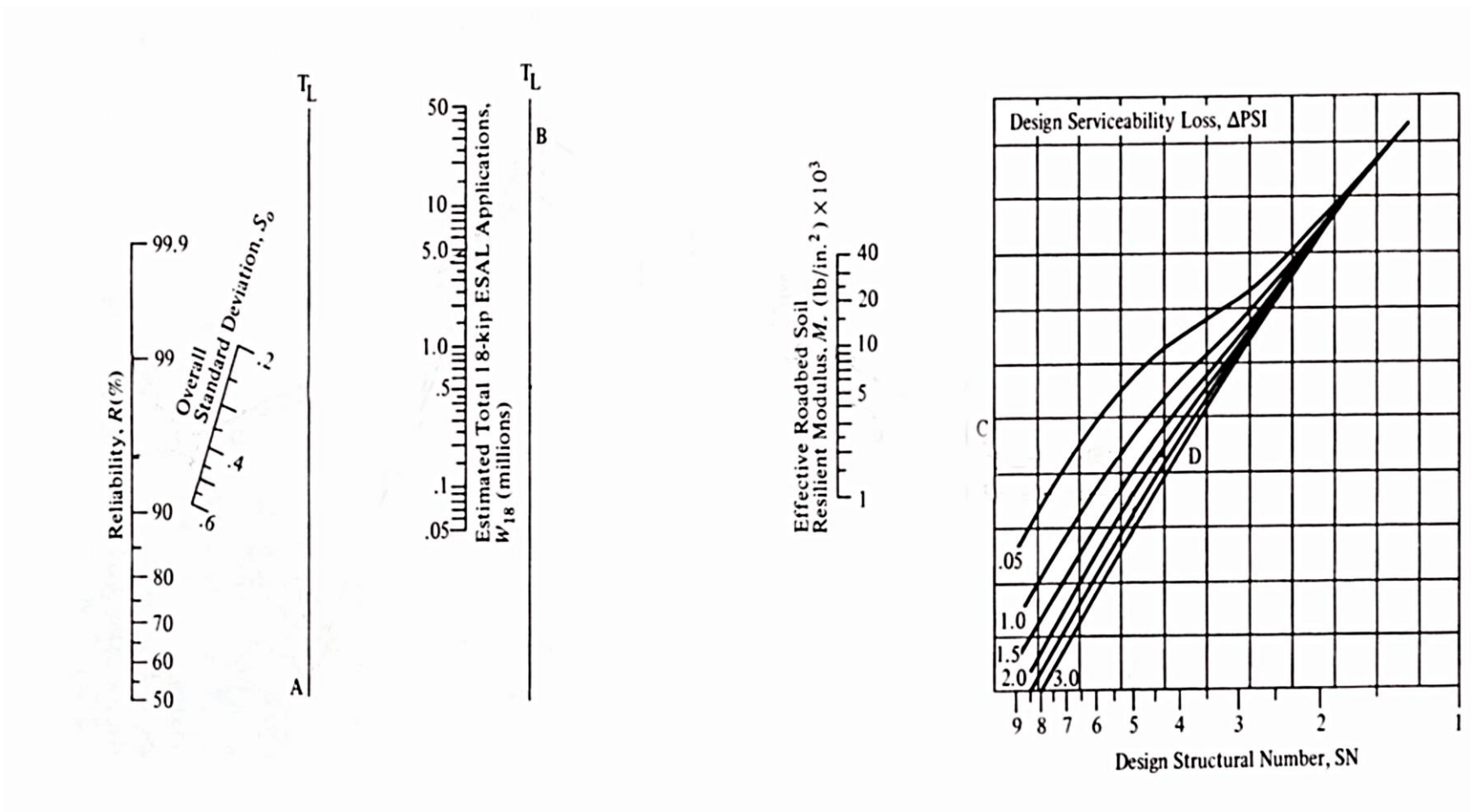
Kualitas Drainasi	Persen waktu struktur perkerasan terkena air hingga tingkat kelembabannya mendekati jenuh air (P)			
	< 1 %	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Sempurna	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Baik	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Sedang	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Buruk	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Sangat Buruk	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Sumber : AASHTO, 1993

10) Angka Struktural (SN)

Hitungan tebal lapis perkerasan lentur dilakukan dengan lebih dahulu menentukan angka struktural (SN) yang dinyatakan dalam persamaan 3.16 ataupun menggunakan grafik pada gambar 3.16

$$\begin{aligned}
 \log_{10} W_{18} &= Z_R S_0 + 9,36 \log_{10}(SN+1) - 0,2 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} \\
 &+ 2,32 + \log_{10} M_R - 8,07 \dots\dots\dots(3.16)
 \end{aligned}$$



Sumber : AASTHO, 1993

Gambar 3.16 Nomogram untuk mencari nilai SN

Besaran SN menyatakan nilai abstrak kekuatan struktur perkerasan yang terbentuk dari kekuatan gabungan antara dukungan tanah (M_R), jumlah total beban gandar tunggal, kemampuan pelayanan akhir, dan kondisi lingkungan (AASHTO, 1993). Angka indeks ini dapat dikonversikan ke dalam tebal dari berbagai macam material perkerasan. Angka Struktural (SN) dapat digunakan untuk mencari nilai D_1 , D_2 , dan D_3 dengan persamaan 3.17

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3 \dots\dots\dots(3.17)$$

Dengan :

- D_1 = tebal lapis permukaan (in)
- D_2 = tebal lapis pondasi (in)
- D_3 = tebal lapis pondasi bawah (in)
- m_2 = koefisien Drainasi untuk lapis pondasi atas
- m_3 = koefisien Drainasi untuk lapis pondasi bawah
- a_1, a_2, a_3 = berturut-turut koefisien untuk lapis permukaan, lapis pondasi atas, dan lapis pondasi bawah

Berikut ini adalah persamaan-persamaan SN yang disarankan oleh AASHTO (1993):

a. Angka Struktural 1 (SN_1)

$$D_1 = \frac{SN^1}{a_1} \dots\dots\dots(3.18)$$

Dengan SN_1 = angka struktural lapis permukaan

b. Angka Struktural 2 (SN_2)

$$D_2 = \frac{SN_2 - a_1D_1^*}{a_2m_2} \dots\dots\dots(3.19)$$

Dengan SN_2 = angka struktural lapis pondasi atas

$$D_1^* = \text{tebal } D_1 \text{ setelah dibulatkan (in)}$$

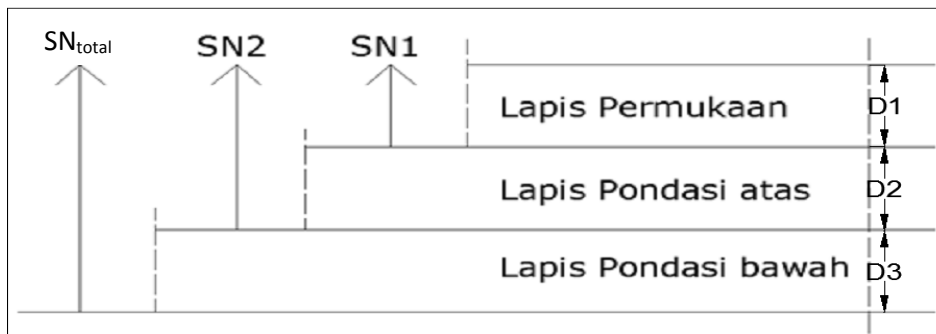
c. Angka Struktural 3 (SN_{total})

$$D_3 = \frac{SN_{total} - (a_1D_1^* + a_2m_2D_2^*)}{a_3m_3} \dots\dots\dots(3.20)$$

Dengan SN_3 = angka struktural lapis pondasi bawah

$$D_2^* = \text{tebal } D_2 \text{ setelah dibulatkan (in)}$$

Dalam menghitung tebal masing-masing lapisan, maka dilakukan cara hitungan yang sesuai pada ilustrasi Gambar 3.17 berikut.



Gambar 3.17 Diagram tebal lapisan