

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2013

1. Metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2013

Metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2013 adalah salah satu metode terbaru yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga. Metode ini digunakan sebagai perencanaan perkerasan pada jalan baru, pelebaran jalan, dan rekonstruksi perkerasan lentur dan kaku. Pada metode ini dijelaskan pula faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan struktur perkerasan.

Metode ini digunakan untuk menghasilkan desain awal yang nantinya hasil tersebut dapat diperiksa dan dijadikan desain perkerasan lentur dan kaku.

2. Langkah-langkah perencanaan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

- a) Umur rencana (UR) menurut Bina Marga, 2013, adalah jumlah waktu dalam tahun dihitung sejak jalan tersebut mulai dibuka sampai saat diperlukan perbaikan berat atau dianggap perlu untuk diberi lapis permukaan yang baru. Untuk menentukan umur rencana perkerasan dapat dilihat dengan Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru

Jenis perkerasan	Elemen perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan lentur	Lapis aspal dan lapisan berbutir pondasi jalan	20
	Semua lapisan perkerasan untuk area yang tidak diijinkan sering ditinggikan akibat pelapisan ulang, missal: jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan.	40
Perkerasan kaku	Lapis pondasi, lapis pondasi bawah, lapis pondasi semen	

Sumber:Manual Desain Perkerasan Jalan No.02/M/BM/2013

b) Analisis volume lalu lintas untuk penentuan LHRT (lalu lintas harian rata-rata tahunan) didasarkan pada survei faktual. Untuk keperluan desain volume lalu lintas dapat diperoleh dari:

- 1) Survei lalu lintas aktual dengan durasi 7x24 jam. Pelaksanaan survei mengacu pada Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas dengan Cara Manual Pd T-19-2004-B atau dapat menggunakan peralatan dengan pendekatan yang sama.
- 2) Hasil-hasil survei sebelumnya
- 3) Untuk jalan dengan lalu lintas rendah dapat menggunakan nilai perkiraan dari Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan dengan Lalu Lintas Rendah (Kasus Beban Terbelah)

Deskripsi Jalan	LHRT dua arah	Kendaraan berat (% dari lalu lintas)	Umur Rencana (Th)	Pertumbuhan lalu Lintas (%)	Faktor Pertumbuhan Lalu lintas	Kelompok Sumbu/ Kendaraan berat	Kumulatif HVAG	ESA/HVAG (overloaded)	Lalin desain Indikatif (Pangkat 4) Overloaded
Jalan desa minor dengan akses kendaraan berat terbatas	30	3	20	1	22	2	14.454	3,16	$4,5 \times 10^4$
Jalan kecil 2 arah	90	3	20	1	22	2	21.681	3,16	7×10^4
Jalan lokal	500	6	20	1	22	2,1	252.945	3,16	8×10^5
Akses lokal daerah industri atau quarry	500	8	20	3.5	28,2	2,3	473.478	3,16	$1,5 \times 10^8$
Jalan kolektor	500	7	20	3.5	28,2	2,2	1.585.122	3,16	5×10^8

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No.02/M/BM/2013

Untuk penentuan volume lalu lintas pada jam sibuk dan Lintas Harian Rata-rata (LHRT) mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). LHRT yang dihitung adalah untuk semua jenis kendaraan kecuali sepeda motor, ditambah 30% jumlah sepeda motor.

- c) Menentukan faktor pertumbuhan lalu lintas. Faktor pertumbuhan lalu lintas didasarkan pada data-data pertumbuhan historis atau formulasi korelasi dengan pertumbuhan lain yang valid, bila tidak ada maka dapat dengan tabel berikut.

Tabel 3.3 Perkiraan Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

	2011 - 2020	>2021 - 2030
Arteri dan perkotaan (%)	5	4
Rural (%)	3,5	2,5

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan No.02/M/BM/2013

Untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana (R),

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana :

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

i = Tingkat pertumbuhan tahunan (%)

UR = Umur rencana (tahun)

- d) Menentukan faktor distribusi dan kapasitas lajur. Kapasitas pada lajur desain tidak boleh melampaui kapasitas lajur selama umur rencana. Kapasitas lajur mengacu pada Peraturan Menteri PU N0.19/PRT/M/2011 mengenai Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan berkaitan Rasio Volume Kapasitas (RVK) yang harus dipenuhi.

Tabel 3.4 Faktor Distribusi Lajur (D_L)

Jumlah lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur rencana (% terhadap populasi kendaraan Niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013

e) Menentukan VDF (*Vehicle Damage Factor*). VDF adalah perkiraan faktor ekuivalen beban. Perhitungan beban lalu lintas yang akurat sangatlah penting.

Beban lalu lintas tersebut diperoleh dari:

- 1) Studi jembatan timbang/timbangan statis lainnya khusus untuk ruas jalan yang didesain.
- 2) Studi jembatan timbang yang pernah dilakukan sebelumnya dan dianggap cukup representatif untuk ruas jalan yang didesain.
- 3) Data WIM regional yang dikeluarkan oleh Direktorat Bina Marga Teknik.
- 4) Klasifikasi kendaraan dan nilai VDF standar Tabel 3.6.

Tabel 3.5 Ketentuan Cara Pengumpulan Data Beban Lalu Lintas

Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan	Sumber Data Beban Lalu Lintas
Jalan bebas hambatan	1
Jalan raya	1 atau 2
Jalan sedang	1 atau 2 atau 3
Jalan kecil	1 atau 2 atau 3

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013

Tabel 3.6 Klasifikasi Kendaraan dan Nilai VDF Standar

	Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi Sumbu	Muatan-muatan yang di Angkut	Kelompok Sumbu	Distribusi Tipikal (%)		Faktor Ekuivalen Beban	
	Klasifikasi Lama	Alternatif					Semua Kendaraan Bermotor	Semua Kendaraan Bermotor Kecuali Sepeda Motor	VDF ₄	VDF ₅
	1	1	Sepeda Motor	1.1		2	30,4			
	2,3,4	2,3,4	Sedan/Angkot/Pick-up/Station wagon	1.1		2	51,7	74,3		
KENDARAAN NIAGA	5a	5a	Bus kecil,	1.2		2	3,5	5	0,3	0,2
	5b	5b	Bus besar	1.2		2	0,1	0,2	1	1
	6a,1	6,1	Truk 2 sumbu cargoringan	1.1	Muatan Umum	2	4,6	6,6	0,3	0,2
	6a,2	6,2	Truk 2 sumbu ringan	1.2	Tanah, Pasir, Besi, Semen	2			0,8	0,8
	6b1,1	7,1	Truk 2 sumbu cargosedabg	1.2	Muatan Umum	2	-	-	0,7	0,7
	6b1,2	7,2	Truk 2 sumbu sedang	1.2	Tanah, Pasir, Besi, Semen	2	-	-	1,6	1,7
	6b2,1	8,1	Truk 2 sumbu berat	1.2	Muatan Umum	2	3,8	5,5	0,9	0,8
	6b2,2	8,2	Truk 2 sumbu berat	1.2	Tanah, Pasir, Besi, Semen	2			7,3	11,2
	7a1	9,1	truk 3 sumbu ringan	1.22	Muatan Umum	3	3,9	5,6	7,6	11,2
	7a2	9,2	Truk 3 sumbu sedang	1.22	Tanah, Pasir, Besi, Semen	3			28,1	64,4
	7a3	9,3	Truk 3 sumbu berat	1.1.2	Muatan Umum	3	0,1	0,1	28,9	62,2
	7b	10	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2	Tanah, Pasir, Besi, Semen	4	0,5	0,7	36,9	90,4
	7c1	11	Truk 4 sumbu trailer	1.2-22		4	0,3	0,5	13,6	24
	7c2.1	12	Truk 5 sumbu trailer	1.22-22		5	0,7	1	19	33,2
	7c2.2	13	Truk 5 sumbu trailer	1.2-222		5			30,3	69,7
7c3	14	Truk 6 sumbu trailer	1.22-222		5	0,3	0,5	41,6	93,7	

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013

- f) Menghitung beban sumbu standar kumulatif, atau *cumulative equivalent single axle load* (CESA) adalah jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas rencana pada lajur rencana selama umur rencana (Bina Marga 2013), yang ditentukan sebagai berikut:

$$ESA = (\sum LHRT_{\text{jenis kendaraan}} \times VDF) \times D_L \dots \dots \dots (3.2)$$

$$CESA = ESA \times 365 \times R \dots \dots \dots (3.3)$$

Dimana :

ESA = Lintas sumbu standar ekivalen (*Equivalent Standard Axle*) untuk 1 hari.

LHRT = Lintas harian rata-rata tahunan untuk jenis kendaraan tertentu.

CESA = Kumulatif beban standar ekivalen selama umur rencana.

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas.

- g) Menghitung *Traffic Multiplier* (TM), pada perkerasan lentur dinyatakan dalam ekivalen sumbu standar 80kN. *Traffic Multiplier* (TM) lapisan aspal untuk kondisi pembebanan yang berlebih di Inonesia berkisar 1,8 – 2. Nilai CESA tertentu (pangkat 4) untuk perencanaan perkerasan lentur harus dikalikan dengan nilai *Traffic Multiplier* (TM) untuk menapatkan CESA₅.

Kerusakan perkerasan secara umum,

$$ESA_4 = \left(\frac{L_{ij}}{SL}\right)^4 \dots \dots \dots (3.4)$$

Dimana:

L_{ij} = Beban pada sumbu atau kelompok sumbu

SL = Beban standar untuk sumbu atau kelompok sumbu (nilai SL mengikuti ketentuan dalam pedoman desain Pd T-05-2005)

- h) Menghitung CESA₅

$$CESA_5 = TM \times CESA_4 \dots \dots \dots (3.5)$$

- i) Menentukan Daya Dukung *Subgrade*, nilai CBR *subgrade* yang umum di Indonesia adalah 4% - 6%.

Penentuan segmen seragam,

$$CBR \text{ karakteristik} = CBR \text{ rata-rata} - 1,3 \times \text{standar deviasi} \dots \dots \dots (3.6)$$

$$CBR \text{ ekivalen} = \left\{ \frac{\sum h CBR^{0,333}}{\sum h} \right\}^3 \dots \dots \dots (3.7)$$

Dimana :

h = Tinggi lapisan

Tabel 3.7 Chart desain perkiraan nilai CBR tanah dasar.

Zona Iklim dan Posisi	LHRT <2000			LHRT ≥2000			
	Zone iklim II, III, and IV galian, dan timbunan kotak atau timbunan dengan FSL < 1000 mm diatas muka tanah asli		Galian di Zona Iklim 1 Semua timbunan dengan FSL > 1000mm di atas tanah asli kecuali konstruksi kotak	Zone iklim II, III, and IV Galian dan timbunan kotak dan timbunan dengan FSL < 1000 mm di atas tanah asli		Galian di Zone Iklim 1 dan semua timbunan dgn FSL > 1000mm diatas muka tanah kecuali konstruksi kotak	
Posisi muka air tanah rencana (Tabel 13)	Dibawah standar desain minimum	standar desain minimum	≥1200 mm di bawah formasi	Dibawah standar desain minimum	standar desain minimum	≥1200 mm di bawah formasi	
Jenis Tanah	PI	CBR Perkiraan (%)					
Lempung gemuk	50 - 70	2	2	2	2	2	2
Lempung lanauan	40	2.5	2.7	3	2.5	2.6	3
	30	3	3.3	4	3.5	3.6	4
Lempung pasiriran	20	4	4.3	5	4.5	4.8	5.5
	10	3	3.5	4.5	4.5	5	6
Lanau		1	1.3	2	1	1.3	2
Tanah berbutir		Gunakan CBR Laboratorium (%)					

Timbunan / konstruksi kotak : mengacu pada sub bab 10.3.

FSL : finished surface level (sampai dengan bagian teratas perkerasan)

Formasi : bagian terbawah tanah dasar

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013

j) Menentukan struktur pondasi jalan

Tabel 3.8 Chart Desain Solusi Pondasi Jalan Minimum

CBR Tanah Dasar Chart 1 atau tanah dasar 100% MDD, dipadatkan rendaman 4 hari	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur desain pondasi	Deskripsi struktur pondasi (4)	Lalu lintas lajur desain umur rencana 40 tahun (juta CESA)		
				<2	2 sampai 4	>4
				Tebal peningkatan tanah dasar minimum (mm)		
≥ 6	SG6	A	perbaiki tanah dasar meliputi bahan stabilisasi kapur atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis ≤200mm tebal lapis)	tidak perlu peningkatan		
5	SG5					100
4	SG4			100	150	200
3	SG3			150	200	300
2,5	SG2,5			175	250	350
tanah ekspansif (potential swell >5%)		AE		400	500	600

Tabel 3.9 Chart Desain Solusi Pondasi Jalan Minimum (Lanjutan)

CBR Tanah Dasar Chart 1 atau tanah dasar 100% MDD, dipadatkan rendaman 4 hari	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur desain pondasi	Deskripsi struktur pondasi (4)	Lalu lintas lajur desain umur rencana 40 tahun (juta CESA)		
				<2	2 sampai 4	>4
				Tebal peningkatan tanah dasar minimum (mm)		
<2,5 (DCP Insitu)	SG1 aluvial jenuh Tipikal CBR awal \leq 1,5% dibawah lapis permukaan keras	B	Lapis penopang capping	1000	1100	1200
			Atau lapis penopang dan geogrid	650	750	850
Perkerasan lentur aluvial kering		C1	perbaiki tanah dasar atau timbunan dengan rendaman CBR \geq 5 dalam 3 lapis	400	500	600
perkerasan kaku pada tanah aluvial kepadatan rendah kering		C2	perbaiki tanah dasar atau timbunan dengan rendaman CBR \geq 5 dengan tebal per lapis <300mm	1000	1100	1200
Tanah gambut dengan HRS atau perkerasan DBST		D	lapis penopang berbutir	1000	1250	1500

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013

k) Menentukan struktur perkerasan dengan chart desain.

Tabel 3.10 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Desain	ESA 20 Tahun (juta) (pangkat 4 kecuali disebutkan lain)				
		0 - 0,5	0,1- 4	4- 10	10- 30	> 30
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat	4			2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (desa dan daerah perkotaan)	4A		1,2			

Tabel 3.11 Pemilihan Jenis Perkerasan (Lanjutan)

Struktur Perkerasan	Desain	ESA 20 Tahun (juta) (pangkat 4 kecuali disebutkan lain)				
		0 - 0,5	0,1- 4	4- 10	10- 30	> 30
AC WC modifikasi atau SMA dengan CTB (pangkat 5)	3				2	
AC tebal ≥ 100 m dengan lapis pondasi berbutir (pangkat 5)	3A			1,2		
AC tipis atau HRS diatas lapis pondasi berbutir	3		1,2			
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau Kerikil Alam	Tabel 3.7	3	3			
Lapis Pondasi Tanah Semen (<i>Soil Cement</i>)	Tabel 3.8	1	1			
Perkerasan Tanpa Penutup	Tabel 3.9	1				

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013

Tabel 3.12 Chart Desain Lapis Perkerasan Lentur

		STRUKTUR PERKERASAN							
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Pengulangan beban sumbu desain 20 tahun terkoreksi (pangkat 5) (10^6 CESA _d)		< 0.5	0.5 – 2.0	0.5 - 4	4 - 30	30 – 50 (3)	50 – 100 (3)	100 – 200 (3)	200 – 500 (3)
Jenis permukaan yang umum		HRS, SS, atau Penmac	HRS		AC _c atau AC ₁	AC _c			
Jenis lapis Pondasi dan lapis Pondasi bawah		Berbutir A (2)			Cement Treated base (CTB) (= cement treated base A (2))				
		KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)							
HRS WC		30	30	30					
HRS Base		35	35	35					
AC WC					40	40	40	50	50
Lapisan beraspal	AC binder lapis 1				60	75	60	60	60
	AC binder lapis 2/base				75	80	60	80	60
	AC binder lapis 3/base						65	80	80
	AC binder lapis 4/base								80
CTB atau Agregat Kelas A	CTB				150	150	150	150	150
	Base A Lapis 1	150	100	125	150	150	150	150	150
	Base A Lapis 2 / Base B		125/150	125/150					
Base A, Base B atau kerikil alam atau distabilisasi dengan CBR >10%		150	125	125					

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013

Tabel 3.13 Desain Perkerasan Lentur Alternatif

	STRUKTUR PERKERASAN			
	FF1	FF2	FF3	FF4
	ESA ₅ (juta) untuk UR 20 th di lajur desain			
	0.8	1	2	5
TEBAL LAPIS PERKERASAN (mm)				
AC WC	50	40	40	40
AC BC lapis 1	0	60	60	60
AC BC lapis 2/ AC Base	0	0	80	60
AC BC lapis 3/ AC Base	0	0	0	75
LPA Kelas A lapis 1	150	150	150	150
LPA Kelas A lapis 2/ LPA Kelas B	150	150	150	150
LPA Kelas A , LPA Kelas Batau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR >10%	150	150	0	0

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013

Tabel 3.14 Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir

	Struktur Perkerasan								
	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	FF6	FF7	FF8	FF9
Solusi yang dipilih	Lihat catatan 3				Lihat catatan 3				
Pengulangan beban sumbu desain 20 tahun di lajur desain (pangkat 5) (10 ⁶ CESA ₅)	1-2	2-4	4-7	7-10	10-20	20-30	30-50	50-100	100-200
	Ketebalan lapis perkerasan (mm)								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC-Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA	400	300	300	300	300	300	300	300	300

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013

Tabel 3.15 Karakteristik modulus bahan berbutir lepas yang digunakan untuk pengembangan chart desain

Ketebalan lapisan atas bahan berpengikat	Modulus bahan lapis atas berpengikat (MPa)		
	900 (HRS WC/ HRS BC)	1100 (AC WC)	1200 (AC BC)
40 mm	350	350	350
75 mm	350	350	350
100 mm	350	345	345
125 mm	320	310	310
150 mm	280	280	275
175 mm	250	245	240
200 mm	220	210	205
225 mm	180	175	170
≥ 250 mm	150	150	150

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013

Tabel 3.16 Parameter kelelahan (*fatigue*) K yang digunakan untuk pengembangan chart desain dan untuk analisis mekanistik

Bahan lapisan aspal	Volume aspal (Vb) (%)	Parameter K [†] untuk kondisi iklim Indonesia
HRS WC	16.4	0.009427
HRS BC	14.8	0.008217
AC WC	12.2	0.006370
AC BC	11.5	0.005880
[†] K = (6981(0.856Vb + 1.08))/E ^{0.36}		

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013

B. AASHTO 1993

1. Metode AASHTO 1993

Metode AASHTO 1993 Menurut Siegfried (2007), salah satu metoda perencanaan untuk tebal perkerasan jalan yang sering digunakan. Metoda ini sudah dipakai secara umum diseluruh dunia untuk perencanaan serta diadopsi sebagai standar perencanaan di berbagai Negara. Metoda AASHTO 1993 ini pada dasarnya adalah metoda perencanaan yang didasarkan pada metoda empiris. Parameter yang dibutuhkan pada perencanaan menggunakan metoda AASHTO 1993 ini antara lain *Structural number (SN)*, *Lalu lintas*, *Reliability*, *Faktor lingkungan* dan *Serviceability*.

a) *Structural Number*

Menurut Rosyidi (2007), *Structural Number (SN)* merupakan fungsi dari ketebalan lapisan, koefisien relatif lapisan (*layer coefficient*), dan koefisien drainase (*drainage coefficients*). Persamaan untuk *structural number* adalah sebagai berikut:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \dots \dots \dots (3.8)$$

Dimana:

SN = nilai *structural number*.

a_i, a_2, a_3 = Koefisien relatif masing-masing lapisan.

D_1, D_2, D_3 =Tebal masing-masing lapisan perkerasan.

$m_1, m_2, m_3,$ = Koefisien drainase masing-masing lapisan.

b) Lalu lintas

Menurut Siegrfried (2007), prosedur perencanaan untuk parameter lalu lintas didasarkan pada kumulatif beban gandar standar ekivalen (*Equivalent Standard Axle Load*, ESAL). Perhitungan untuk ESAL ini didasarkan pada konversi lalu lintas yang lewat terhadap beban gandar standar 8,16 kN dan mempertimbangkan umur rencana, volume lalu lintas, faktor distribusi lajur, serta faktor bangkitan lalu lintas (*growth factor*).

c) Reliabilitas (*reliability*)

Menurut Rosyidi (2007), konsep *reliability* untuk perencanaan perkerasan didasarkan pada beberapa ketidakpastian (*uncertainties*) dalam proses perencanaan untuk meyakinkan alternatif-alternatif berbagai perencanaan. Tingkat *reliability* ini yang digunakan tergantung pada volume lalu lintas, klasifikasi jalan yang akan direncanakan maupun ekspektasi dari pengguna jalan.

d) Faktor Lingkungan

Menurut Rosyidi (2007), persamaan-persamaan yang digunakan untuk perencanaan AASHTO didasarkan atas hasil pengujian dan pengamatan pada jalan percobaan selama lebih kurang 2 tahun. Pengaruh jangka panjang dari temperatur dan kelembaban pada penurunan *serviceability* belum dipertimbangkan. Satu hal yang menarik dari faktor lingkungan ini adalah pengaruh dari kondisi awal *swell* dan *first heave* dipertimbangkan, maka penurunan *serviceability* diperhitungkan selama masa analisis yang kemudian berpengaruh pada umur rencana perkerasan.

e) *Serviceability*

Menurut Rosyidi (2007), *serviceability* merupakan tingkat pelayanan yang diberikan oleh sistem perkerasan yang kemudian dirasakan oleh pengguna jalan. Untuk *serviceability* ini parameter utama yang dipertimbangkan adalah nilai *Present Serviceability Index* (PSI). Nilai *Serviceability* ini merupakan nilai yang menjadi penentu tingkat pelayanan fungsional dari suatu sistem perkerasan jalan. Secara numerik

serviceability ini merupakan fungsi dari beberapa parameter antara lain ketidakrataan, jumlah lobang, luas tambalan, dll.

2. Persamaan AASHTO 1993

Menurut Rosyidi (2007), dari hasil percobaan jalan AASHO untuk berbagai macam variasi kondisi dan jenis perkerasan, maka disusunlah metoda perencanaan AASHO yang kemudian berubah menjadi AASHTO. Dasar perencanaan dari metoda AASHTO baik AASHTO'72, AASHTO'86, maupun metoda terbaru saat sekarang yaitu AASHTO'93 adalah persamaan seperti yang diberikan dibawah ini:

$$\text{Log}_{10}W_{18}=Z_R S_o+9,36\log_{10}(SN+1)0,20+\frac{\log_{10}\left\{\frac{P_o-P_t}{P_o-P_f}\right\}}{0,40+\frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}}+2,32\log_{10}Mr-8,07...(3.9)$$

Dimana:

W_{18} = Kumulatif beban gandar standar selama umur rencana (CESA).

Z_R = Standar normal deviasi.

S_o = *Combined standard error* dari prediksi lalu lintas dan kinerja

SN = *Structural number*.

P_o = *Initial serviceability*

P_t = *Terminal serviceability*

P_f = *Failure serviceability*

Mr = *Modulus resilien* (psi).

3. Langkah-langkah Perencanaan dengan Metode AASHTO

a) Analisis lalu lintas

- 1) Penentuan umur rencana, bisa digunakan 20 – 40 tahun.
- 2) Penentuan faktor distribusi arah (D_D), biasanya nilai yang digunakan sebesar 0,5. Namun pada kasus tertentu besarnya nilai dari faktor distribusi arah bisa digunakan 0,3 – 0,7. Pengecualian ini terjadi pada kendaraan berat yang cenderung menuju ke satu arah tertentu.

3) Penentuan faktor distribusi lajur (D_L)Tabel 3.17 Faktor distribusi lajur (D_L)

Jumlah lajur per-arrah	% Beban gandar standar dalam lajur rencana
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4	50 - 75

Sumber: AASHTO 1993

4) Data Lalu lintas harian rata-rata (LHR).

5) Menghitung lalu lintas pada lajur rencana (W_{18})

$$W_{18} = D_D \times D_L \times \hat{W}_{18} \dots \dots \dots (3.10)$$

Dimana :

 D_D = Faktor distribusi arah. D_L = Faktor distribusi lajur. \hat{W}_{18} = Beban gandar standar kumulatif untuk dua arah6) Menghitung lalu lintas kumulatif selama umur rencana (W_t)

$$W_t = w_{18} \times \frac{(1+g)^n - 1}{g} \dots \dots \dots (3.11)$$

Dimana :

 W_t = Jumlah beban gandar tunggal standar kumulatif. w_{18} = Beban gandar standar kumulatif selama 1 tahun. n = Umur pelayanan (tahun) g = Perkembangan lalu lintas (%)b) Perhitungan *Modulus Resilient* (M_R) tanah dasar

$$M_R = 1500 \text{ CBR (psi)} \dots \dots \dots (3.12)$$

Dimana :

CBR = Nilai CBR (%)

 M_R = Modulus resilienc) Menentukan *serviceability*.

- 1) Indeks kemampuan pelayanan awal (P_o), untuk perkerasan kaku menggunakan nilai P_o 4,5 dan untuk perkerasan lentur menggunakan nilai P_o 4,2

2) Indeks kemampuan pelayanan akhir (P_t) dapat menggunakan Tabel 3.15.

Tabel 3.18 Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir (P_o)

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

Sumber : AASHTO 1993

3) Kehilangan kemampuan pelayanan (ΔPSI)

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

Pada perkerasan lentur (*flexible pavement*) dengan tingkat lalu lintas tinggi $\Delta PSI = P_o - P_t = 4,2 - 2,5$ dan untuk tingkat lalu lintas rendah $\Delta PSI = P_o - P_t = 4,2 - 2,0 = 2,2$.

d) Menentukan *reliability* (R) dan standar deviasi normal (Z_R).

Tabel 3.19 Nilai Reliabilitas (R)

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi tingkat reliabilitas	
	Perkotaan	Antar kota
Bebas hambatan	85 - 99,9	80 - 9,9
Arteri	80 - 99	75 - 95
Kolektor	80 - 95	75 - 95
Lokal	50 - 85	50 - 80

Sumber : AASHTO 1993

Tabel 3.20 Nilai Standar Deviasi Normal untuk Tingkatan *Reliability*.

Reliabilitas, R (%)	Standar deviasi normal, Z_R
50	0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282

Tabel 3.20 Nilai Standar Deviasi Normal untuk Tingkatan *Reliability*.

Reliabilitas, R (%)	Standar deviasi normal, Z_R
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 1993

- e) Deviasi standar keseluruhan (S_o), dapat menggunakan nilai berikut:

Tabel 3.21 Nilai (S_o)

Jenis perkerasan	Nilai (S_o)
Perkerasan lentur	0,40 – 0,50
Perkerasan kaku	0,30 – 0,40

Sumber: AASHTO 1993

- f) Penentuan koefisien drainase.

Tabel 3.22 Definisi Kualitas Drainase

Kualitas drainase	Air hilang dalam
Baik sekali	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Jelek	1 bulan
Jelek Sekali	Air tidak mengalir

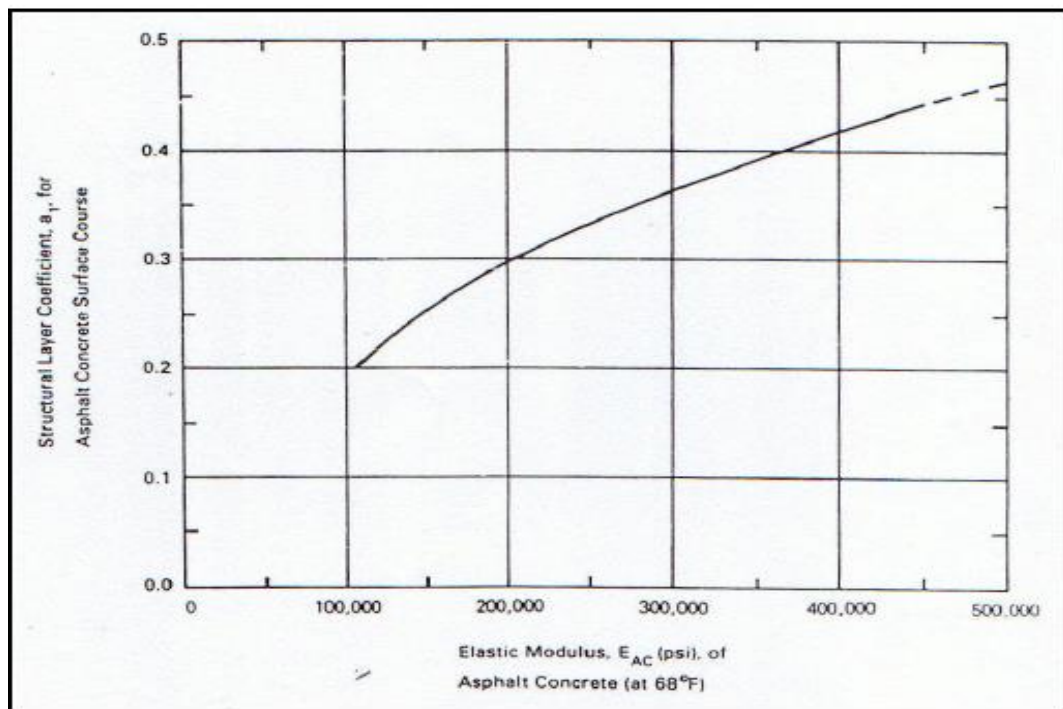
Sumber : AASHTO 1993

Tabel 3.23 Koefisien Drainase (m)

Kualitas Drainase	(% Waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh)			
	< 1%	1 – 5%	5 – 25%	>25%
Baik sekali	1,40–1,30	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
Jelek sekali	1,05-0,95	0,08-0,75	0,60-0,40	0,40

Sumber: AASHTO 1993

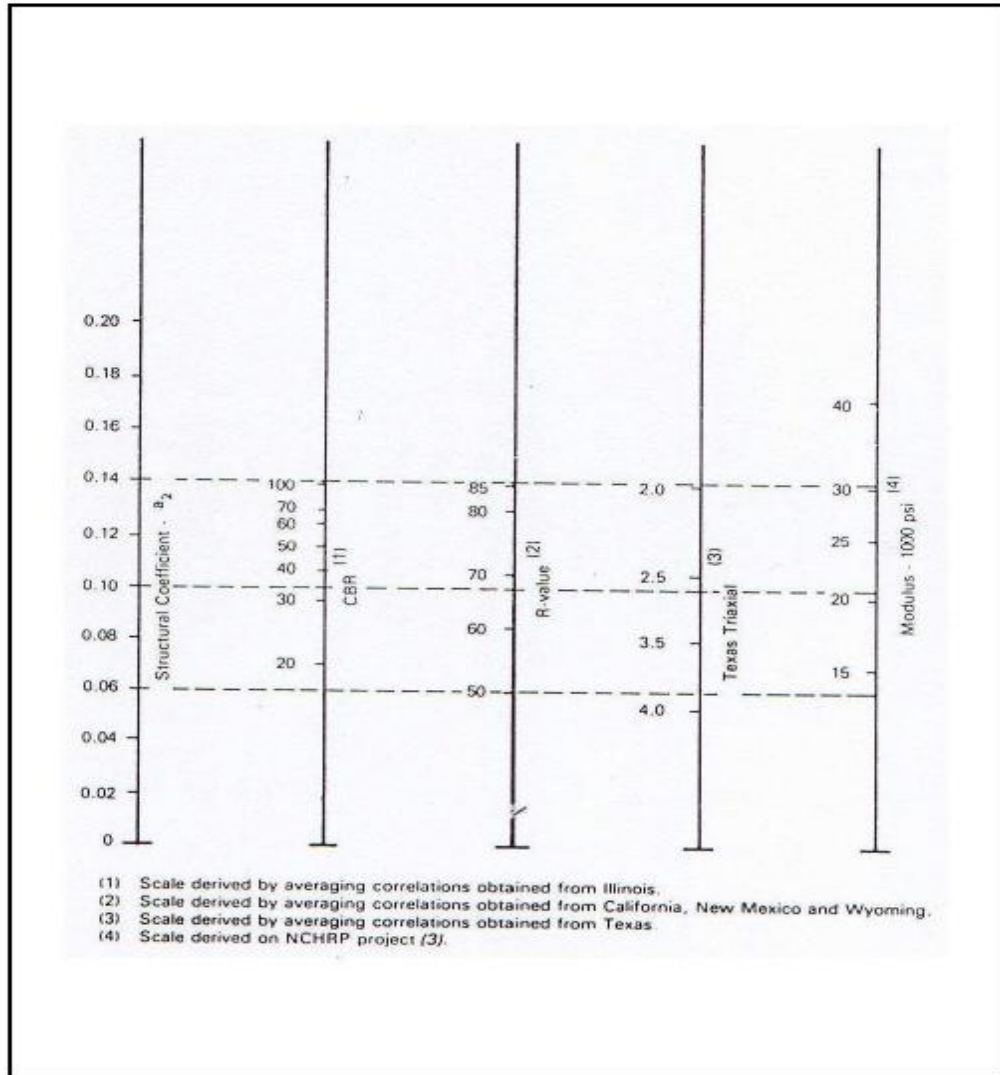
- g) Menentukan bahan dan koefisien layer. a_i (Koefisien kekuatan relatif), dikelompokkan menjadi 5 yaitu: beton aspal (*asphalt concrete*), lapis pondasi granular (*granular base*), lapis pondasi bawa granular (*granular subbase*), *cement-treated base* (CTB), dan *asphalt-treated base* (ATB).



Gambar 3.5 Grafik perkiraan koefisien kekuatan relatif lapis permukaan beton aspal a_1 (AASHTO 1993)

Pada α_2 , koefisien kekuatan relatif dapat digunakan Gambar 3.3 atau dengan rumus berikut:

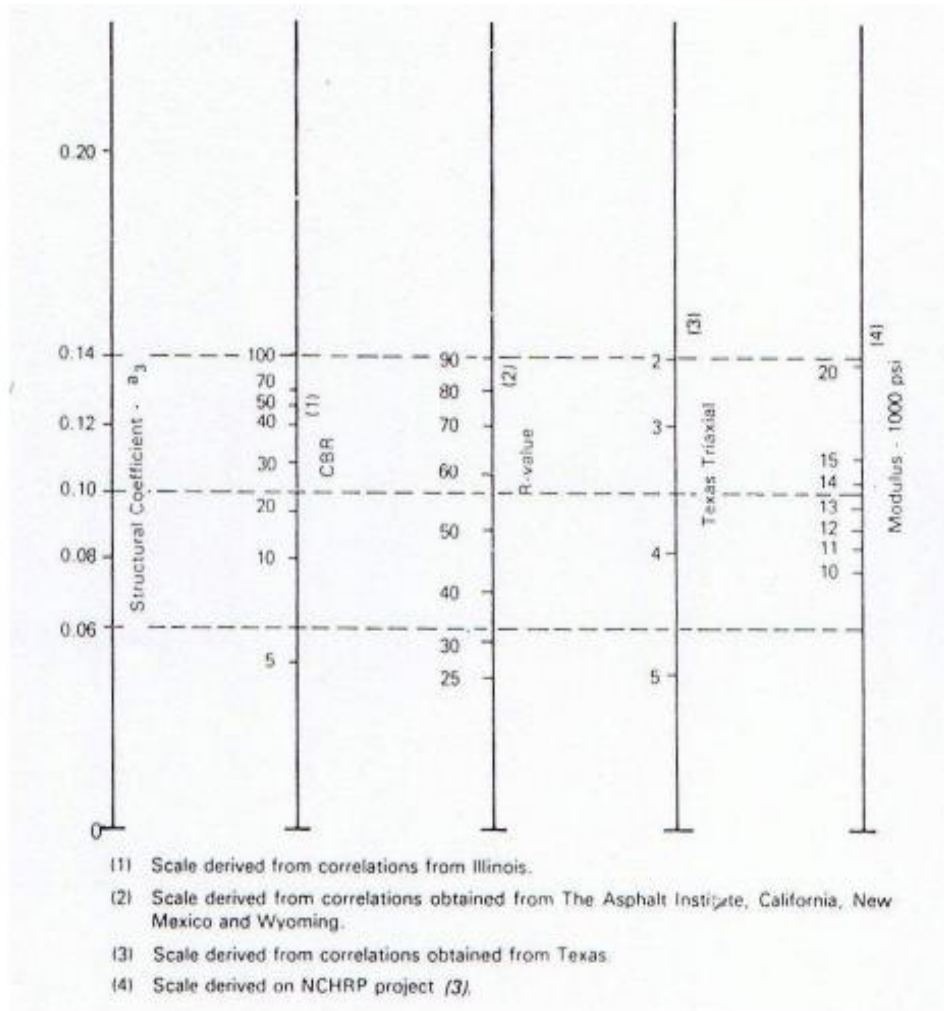
$$\alpha_2 = 0,249 (\log_{10} E_{BS}) - 0,977 \dots\dots\dots (3.15)$$



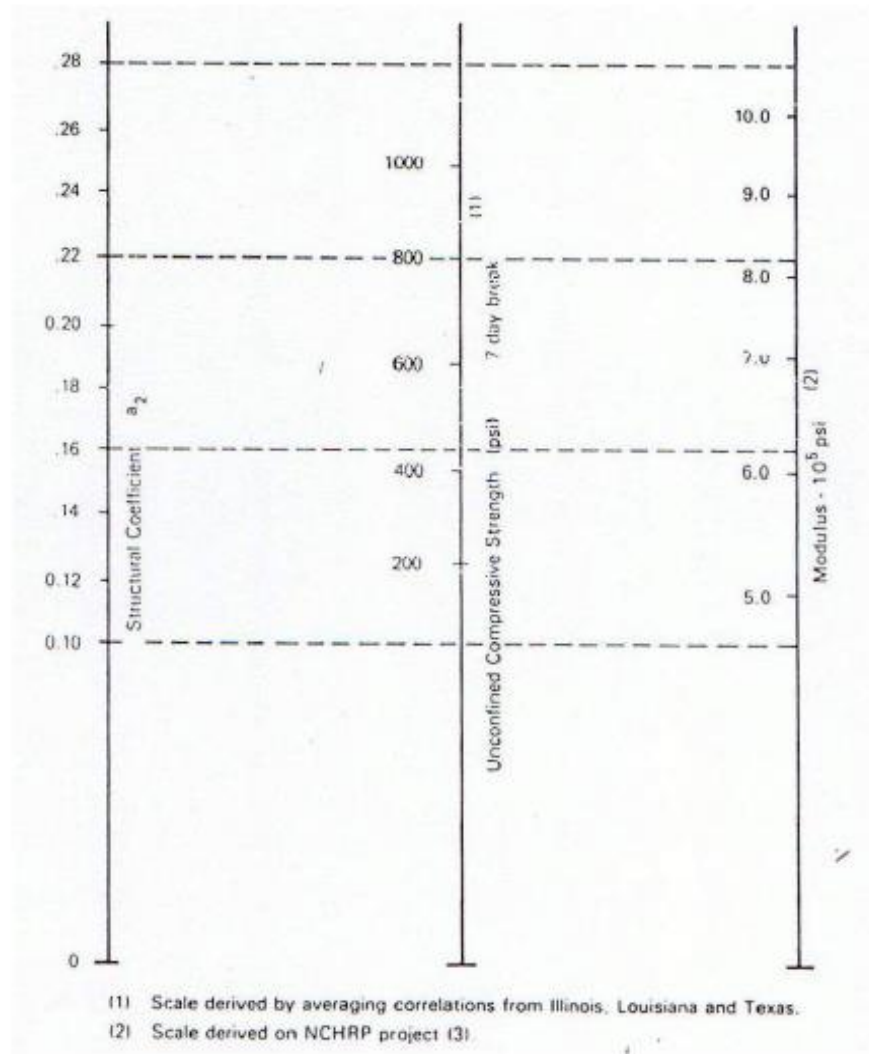
Gambar 3.6 Grafik variasi koefisien kekuatan relatif lapis pondasi atas α_2
 (AASHTO1993)

Pada a_3 dapat menggunakan Gambar 3.4 atau dengan rumus berikut:

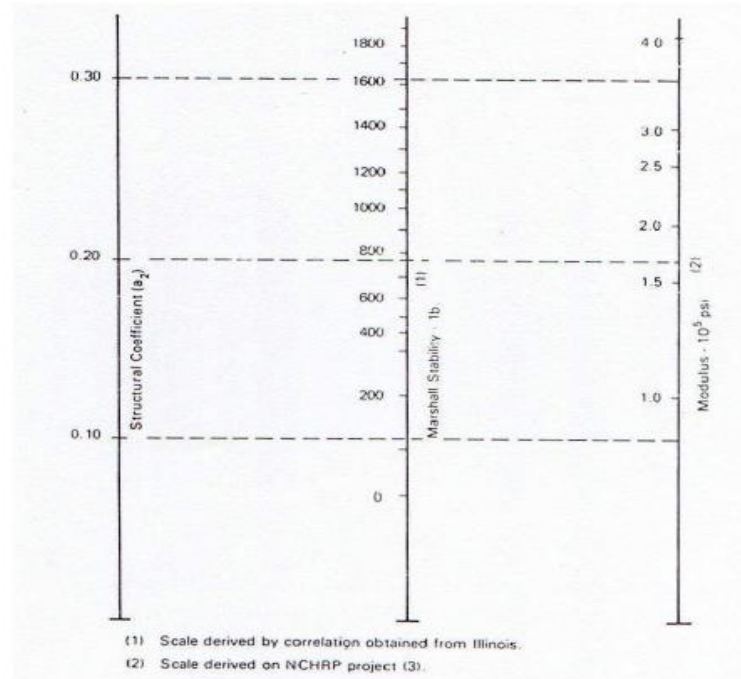
$$a_3 = 0,227 (\log_{10} E_{BS}) - 0,839 \dots\dots\dots (3.16)$$



Gambar 3.7 Grafik variasi koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah a_3
 (AASHTO 1993)



Gambar 3.8 Grafik variasi koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bersemen (CTB) (AASHTO 1993)



Gambar 3.9 Grafik variasi koefisien kekuatan relatif lapis pondasi beraspal
(AASHTO 1993)

Tabel 3.24 Koefisien Lapisan

Koefisien Lapisan			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
α_1	α_2	α	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	Lasbutag
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal Macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	590	-	-	

Tabel 3.25 Koefisien Lapisan (Lanjutan)

Koefisien Lapisan			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
α_1	α_2	α	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	stabilisasi tanah-semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stabilisasi tanah kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu Pecah (kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun (kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun (kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun (kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah/lempung berpasir

Sumber: SNI 1732 – 1989-F

- h) Menghitung angka struktural (SN), dapat menggunakan nomogram pada gambar 3.10 atau dengan rumus pada (3.17).

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_o + 9,36 \log_{10} (SN+1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left\{ \frac{P_o - P_t}{P_o - P_f} \right\}}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10} M_r - 8,07 \dots \dots \dots (3.17)$$

Dimana:

W_{18} = Kumulatif beban gandar standar selama umur rencana.

Z_R = Standar normal deviasi.

S_o = *Combined standard error* dari prediksi lalu lintas dan kinerja.

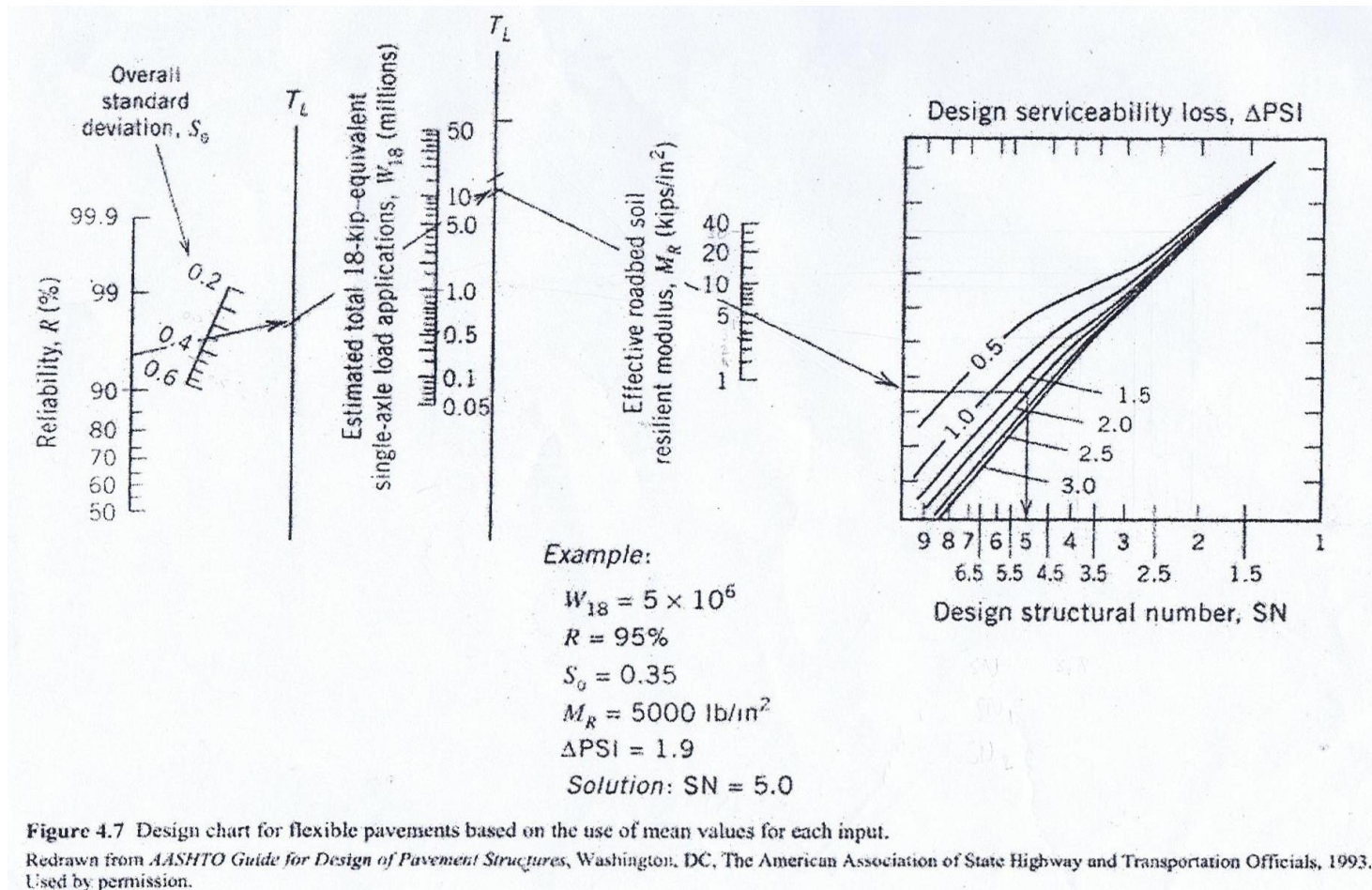
SN = *Structural number*.

M_R = Modulus resilien.

P_o = *Initial serviceability*.

P_t = *Terminal serviceability*.

P_f = *Failure serviceability*.



Gambar 3.10 Nomogram perhitungan tebal perkerasan lentur AASHTO 1993

SN (*structural number*) dibutuhkan untuk mengakomodasi lalu lintas rencana dengan menggunakan data lalu lintas, modulus elastisitas tanah dasar, nilai-nilai fungsional *serviceability*, reliability dan standar deviasi normal.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \dots \dots \dots (3.14)$$

Dimana:

SN = Nilai *Structural Number*.

a_1, a_2, a_3 = Koefisien relatif masing-masing lapisan.

D_1, D_2, D_3 =Tebal masing-masing lapisan perkerasan.

$m_1, m_2, m_3,$ = Koefisien drainase masing-masing lapisan.

Untuk menentukan tebal lapis perkerasan dapat menggunakan persamaan beriktu, menurut AASHTO 1993 :

1) Angka Struktural 1 (SN₁)

$$D_1 = \frac{SN^1}{a_1} \dots \dots \dots (3.15)$$

Dengan;

SN¹ = Angka struktural lapis perkerasan

D₁ = Tebal lapis perkerasan

a₁ = Koefisien layer lapisan

2) Angka Struktural 1 (SN₂)

$$D_2 = \frac{SN_2 - a_1 D_1}{a_2 m_2} \dots \dots \dots (3.16)$$

Dengan;

SN₂ = Angka struktural lapis pondasi atas

D₁ = Tebal lapis perkerasan D₁ (in)

a_{1, a2} = Koefisien layer lapisan

m₂ = Koefisien drainase

3) Angka Struktural 3 (SN₃)

$$D_3 = \frac{SN_3 - a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2}{a_3 m_3} \dots \dots \dots (3.17)$$

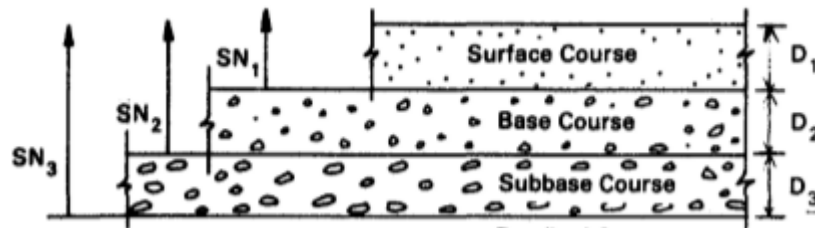
Dengan;

SN₃ = Angka struktural lapis pondasi bawah

D₂ = Tebal lapis perkerasan D₂ (in)

a_{1, a2, a3} = Koefisien layer lapisan

m_2, m_3 = Koefisien drainase



Gambar 3.11 Diagram tebal lapis perkerasan (AASHTO 1993)

4) Syarat tebal minimum lapisan

Nilai-nilai tebal lapisan minimum campuran aspal dan lapis pondasi menurut AASHTO (1993) dan Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah (Pt T-01-2001-B) ditunjukkan pada Tabel 3.26. (Hadiyatmo, 2015).

Tabel 3.26 Tebal minimum campuran beraspal dan lapis pondasi

Lalu-lintas rancangan ESAL	Campuran berasp al (in)	LAPEN (in)	LASBUTAG (in)	Agregat lapis pondasi (in)
<50.000	1*	2	2	4
50.001 - 150.000	2	-	-	4
150.001 - 500.000	2,5	-	-	4
500.001 - 2.000.000	3	-	-	6
2.000.001 - 7.000.000	3,5	-	-	6
> 7.000.000	4	-	-	6

Sumber: AASHTO 1993