

## BAB V

### ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

#### A. Perhitungan Tebal Perkerasan Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

##### 1. Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Baru

###### a. Umur Rencana

Penentuan umur rencana perkerasan pada jalan baru sesuai dengan data sekunder yaitu 20 tahun.

###### b. Analisis volume lalu lintas

Tabel 5.1 Data lalu lintas ruas Jalan Baron – Tepus (Planjan –Tepus)

Jenis Kendaraan	Volume kendaraan
Mobil Penumpang	194
Minibus, oplet, dll	139
<i>Micro truck, pick-up, mobil hantaran</i>	93
Truck 2 sumbu 4 roda	101

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Kota Yogyakarta.

###### c. Faktor Pertumbuhan Lalu lintas

Sesuai data sekunder yang diperoleh melalui Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Kota Yogyakarta, diketahui angka pertumbuhan lalu lintas pada ruas Jalan Baron –Tepus (PLanjan – Tepus) sebesar 7,18%.

Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas.

$$\text{Rumus: } R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i}$$

Dimana: R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

i = Tingkat pertumbuhan tahunan (7,18%)

UR = Umur rencana (20tahun)

$$\text{Sehingga : } R = \frac{(1+0,0718)^{20}-1}{0,0718} = 20,137$$

d. Faktor Distribusi Lajur

Penentuan nilai dari faktor distribusi lajur dapat menggunakan Tabel 3.4. Dari tabel tersebut didapatkan nilai faktor distribusi lajur ( $D_L$ ) sebesar 80%

e. Menghitung beban sumbu standar kumulatif, atau *cumulative equivalent single axle load* (CESA).

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

$$ESA = (LHRT \sum_{\text{jenis kendaraan}} \times ESA_4) \times D_L$$

$$CESA = ESA \times 365 \times R$$

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)

$ESA$  = 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.

Sehingga: Hitungan menggunakan contoh pada kendaraan ringan 2 T dengan konfigurasi gandar 1.1

$$ESA_4 = \left(\frac{2 \times 50\%}{8,16}\right)^4 + \left(\frac{2 \times 50\%}{8,16}\right)^4$$

$$= 0,00048$$

$$ESA = (194 \times 0,00048) \times 80\%$$

$$= 0,075781$$

$$CESA_4 = ESA \times 365 \times R$$

$$= 0,075781 \times 365 \times 20,137$$

$$= 555,8387$$

f. *Traffic Multiplier* (TM)

Penentuan nilai TM berkisar antara 1,8 – 2. Pada analisis ini digunakan nilai TM sebesar 1,8.

g. Menghitung CESA<sub>5</sub>

$$\text{Rumus: } \text{CESA}_5 = \text{TM} \times \text{CESA}_4$$

Dimana : TM = *Traffic Multiplier*, diambil nilai 1,8.

Sehingga: Hitungan menggunakan contoh pada kendaraan ringan 2T

$$\text{CESA}_5 = 1,8 \times 555,8387 = 1000,5098$$

Tabel 5.2 Hasil perhitungan ESA, CESA<sub>4</sub>, CESA<sub>5</sub>

Jenis Kendaraan	konfigurasi sumbu	LHR	ESA4	ESA	CESA4	CESA5
Mobil Penumpang	1.1	194	0,000488	0,07578	555,83874	1000,5097
Minibus, oplet, dll	1.1	139	0,000488	0,05430	398,25559	716,8601
Micro truck, pick-up, mobil hantaran	1.1	93	0,000488	0,03633	266,45878	479,6258
Truck 2 sumbu 4 roda	1.2	101	5,175962	418,2177	3067534,6	5521562,26
	Jumlah =	527			ESA20 tahun	5,52156226

## h. CBR tanah dasar

Kondisi tanah dasar pada ruas Jalan Baron - Tepus adalah normal, dengan nilai CBR yang didapat dari data sekunder sebesar 3% dan dapat dipadatkan. Metode untuk tanah normal, dimana tanah dasar didominasi dengan jenis tanah lempung dapat menggunakan Tabel 3.8. Dari tabel tersebut dapat diketahui desain solusi pondasi jalan minimum.

Tabel 5.3 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	perbaikan tanah dasar meliputi bahan stabilitasi	tidak perlu peningkatan		
5	SG5					100
4	SG4			100	150	200
3	SG3			150	200	300
2,5	SG2,5		timbunan pilihan (pemadatan berlapis ≤200mm tebal lapis)	175	250	350
tanah ekspansif (potential swell >5%)		AE		400	500	600

Tabel 5.4 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

Dari tabel diatas didapatkan hasil berupa:

- 1) CBR tanah dasar : 3%
- 2) Kelas kekuatan tanah dasar : SG3
- 3) Prosedur desain pondasi : A

Deskripsi struktur pondasi jalan : Perbaiki tanah dasar meliputi bahan stabilitas kapur atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis  $\leq 200$ mm tebal lepas).

- 4) Tebal minimum peningkatan tanah dasar: 300mm.

## f. Menentukan struktur perkerasan.

Penentuan struktur perkerasan dapat menggunakan Tabel 3.9 tentang pemilihan jenis perkerasan. Dari hasil perhitungan, didapat nilai ESA 20 tahun sebesar  $5,5 \times 10^6$ .

Tabel 5.5 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			
AC WC modifikasi atau SMA dengan CTB (pangkat 5)	3				2	
AC dengan CTB (pangkat 5)	3			2		
AC tebal $\geq 100$ 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 (Soil Cement)	Tabel 3.8	1	1			
Perkerasan Tanpa Penutup	Tabel 3.9	1				

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

## g. Menentukan tebal lapis perkerasan lentur.

Tebal lapis perkerasan lentur dapat menggunakan Tabel 5.5 mengenai chart desain lapis perkerasan lentur.

Tabel 5.6 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) ( $10^6$ CESA5)	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

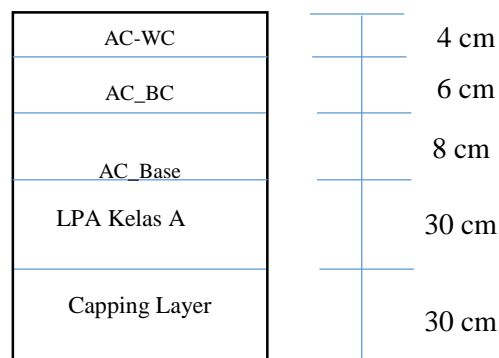
Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013

Dari bagan desain diatas, didapatkan hasil perkerasan seperti Tabel 5.6 dibawah ini.

Tabel 5.7 Tebal lapis perkerasan dari bagan desain 3A

Lapis Perkerasan	Tebal Perkerasan (mm)
	Alternatif Bagan Desain 3A
AC-WC	40
AC-BC	60
AC-Base	80
LPA	300
Capping Layer	300

Tebal lapis perkerasan dapat dilihat dari gambar berikut.



Gambar 5.1 Hasil tebal lapis perkerasan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

## B. Perhitungan Tebal Perkerasan Menggunakan Metode AASHTO 1993

### 1. Analisis lalu lintas

#### a) Umur rencana

Penentuan umur rencana perkerasan baru sesuai dengan data sekunder yang didapat dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Kota Yogyakarta yaitu sebesar 20 tahun.

#### b) Faktor distribusi arah dan Lajur

Pada perhitungan kali ini digunakan faktor distribusi arah ( $D_D$ ) sebesar 0,5. Untuk distribusi lajur dapat menggunakan tabel 3.14. Berdasarkan data sekunder yang didapat, diketahui bahwa tipe jalan pada perencanaan ruas Jalan Baron – Tepus adalah 2/2 UD. Sehingga, didapatkan nilai faktor distribusi lajur sebesar 80%.

#### c) Faktor pertumbuhan lalu lintas

Sesuai dengan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Kota Yogyakarta, bahwa faktor pertumbuhan lalu lintas sebesar 7,18%.

#### d) Data volume kendaraan.

Tabel 5.8 Data Volume kendaraan

Jenis Kendaraan	volume
Mobil Penumpang	194
Minibus, oplet, dll	139
Micro truck, pick-up, mobil hantaran	93
Truck 2 sumbu 4 roda	101

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Kota Yogyakarta.

#### e) Menghitung lalu lintas pada lajur rencana ( $W_{18}$ )

Tabel 5.9 Hasil perhitungan beban gandar standar kumulatif ( $\hat{W}_{18}$ )

Jenis Kendaraan	volum e	konfigura si sumbu	Faktor Ekivalen		$\hat{w}_{18}$
			Sb-1	Sb-2	
Mobil Penumpang (2T)	194	1.1	0,00126	0,00126	0,485
Minibus, oplet, dll (2T)	139	1.1	0,00126	0,00126	0,3475
Micro truck, pick-up, mobil hantaran (2T)	93	1.1	0,00126	0,00126	0,2325
Truck 2 sumbu 4 roda (14T)	101	1.2	0,792	1,601	241,7839
total $\hat{w}_{18}$ dihitung untuk ruas jalan 2 lajur 2 arah					242,8489

Contoh perhitungan faktor ekivalen pada sumbu tunggal.

$$\text{Rumus :STRT} = \left[ \frac{\text{Beban gandar tunggal,roda tunggal (kN)}}{53 \text{ kN}} \right]^4$$

$$\text{STRG} = \left[ \frac{\text{Beban gandar tunggal,roda ganda (kN)}}{80 \text{ kN}} \right]^4$$

Sehingga : contoh perhitungan pada truk 2 sumbu 4 roda (gol.6) 5+9.

$$E = \left[ \frac{50 \text{ (kN)}}{53 \text{ kN}} \right]^4 = 0,792$$

$$E = \left[ \frac{90 \text{ (kN)}}{80 \text{ kN}} \right]^4 = 1,601$$

$$E = 0,792 + 1,601 = 2,3938$$

Maka, untuk menghitung lalu lintas pada lajur rencana:

$$W_{18} = D_D \times D_L \times \hat{W}_{18}$$

$$W_{18} = 0,5 \times 80\% \times 242,8489 = 97,13956$$

$$W_{18} \text{ pertahun} = 365 \times 97,1396 = 35355,954$$

$$\text{Sehingga : } W_t = 35355,954 \times \frac{(1+0,0178)^{20}-1}{0,0178} = 1,48 \times 10^6$$

## 2. Modulus Resilient ( $M_R$ ) tanah dasar

Nilai CBR diketahui sebesar 3%. Nilai ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Kota Yogyakarta.

$$\text{Rumus : } M_R = 1500 \text{ CBR (psi)}$$

$$\text{Dimana : } \text{CBR} = 3\%$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } M_R &= 1500 \times 3 \\ &= 4500 \text{ psi} \end{aligned}$$

## 3. Serviceability

Indeks kemampuan pelayanan awal ( $P_o$ ) = 4,2

Indeks kemampuan pelayanan akhir ( $P_t$ ) = 2

$$\text{Rumus : } \Delta\text{PSI} = P_o - P_t$$

$$\text{Sehingga : } \Delta\text{PSI} = 4,2 - 2 = 2,2$$

## 4. Reliability (R) dan Standar deviasi normal ( $Z_R$ )

Tabel 5.10 Nilai Reliabilitas

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



Tabel 5.11 Nilai Reliabilitas (Lanjutan)

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi tingkat reliabilitas	
	Perkotaan	Antar kota
Kolektor	80 - 95	75 - 95
Lokal	50 - 85	50 - 80

Sumber : AASHTO 1993

Nilai *reliability* didapat 90%, sehingga untuk menentukan deviasi standar normal ( $Z_R$ ) dapat menggunakan Tabel 3.17. Dari tabel tersebut didapatkan nilai deviasi standar normal  $Z_R$  sebesar -1,282.

5. Standar deviasi keseluruhan ( $S_o$ )

Penentuan nilai  $S_o$  untuk perkerasan lentur dapat diketahui melalui Tabel 3.18. Dari tabel tersebut didapatkan nilai  $S_o$  sebesar 0,45.

6. Koefisien Drainase

Sesuai dengan data sekunder yang diperoleh bahwa kualitas drainase adalah baik dengan waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh sebesar 20%. Untuk penentuan nilai koefisien drainase ( $m$ ) dapat menggunakan Tabel 3.20.

7. Koefisien lapisan.

Dalam menentukan koefisien lapisan dapat menggunakan Tabel 5.10

Tabel 5.12 koefisien lapisan

Koefisien Lapisan			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	Lasbutag
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	Aspal Macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)

Tabel 5.13 koefisien lapisan (Lnajutan)

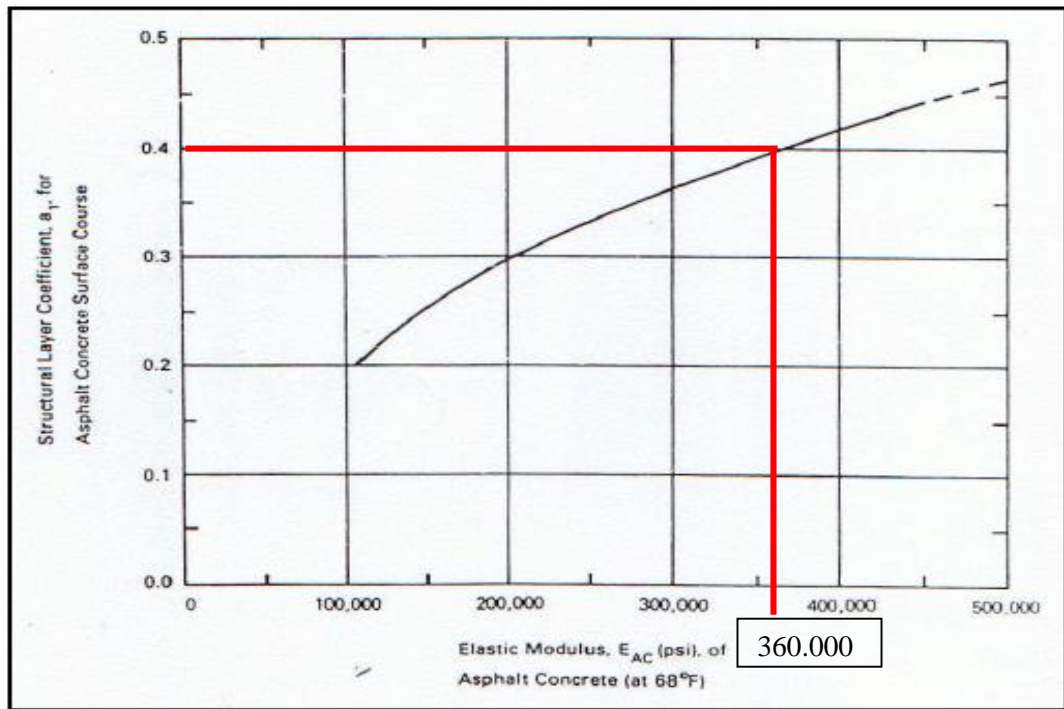
Koefisien Lapisan			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
-	0,28	-	590	-	-	
-	0,26	-	454	-	-	Laston atas
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	stabilisasi tanah-semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	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

Dari tabel diatas digunakan nilai koefisien lapisan sebagai berikut:

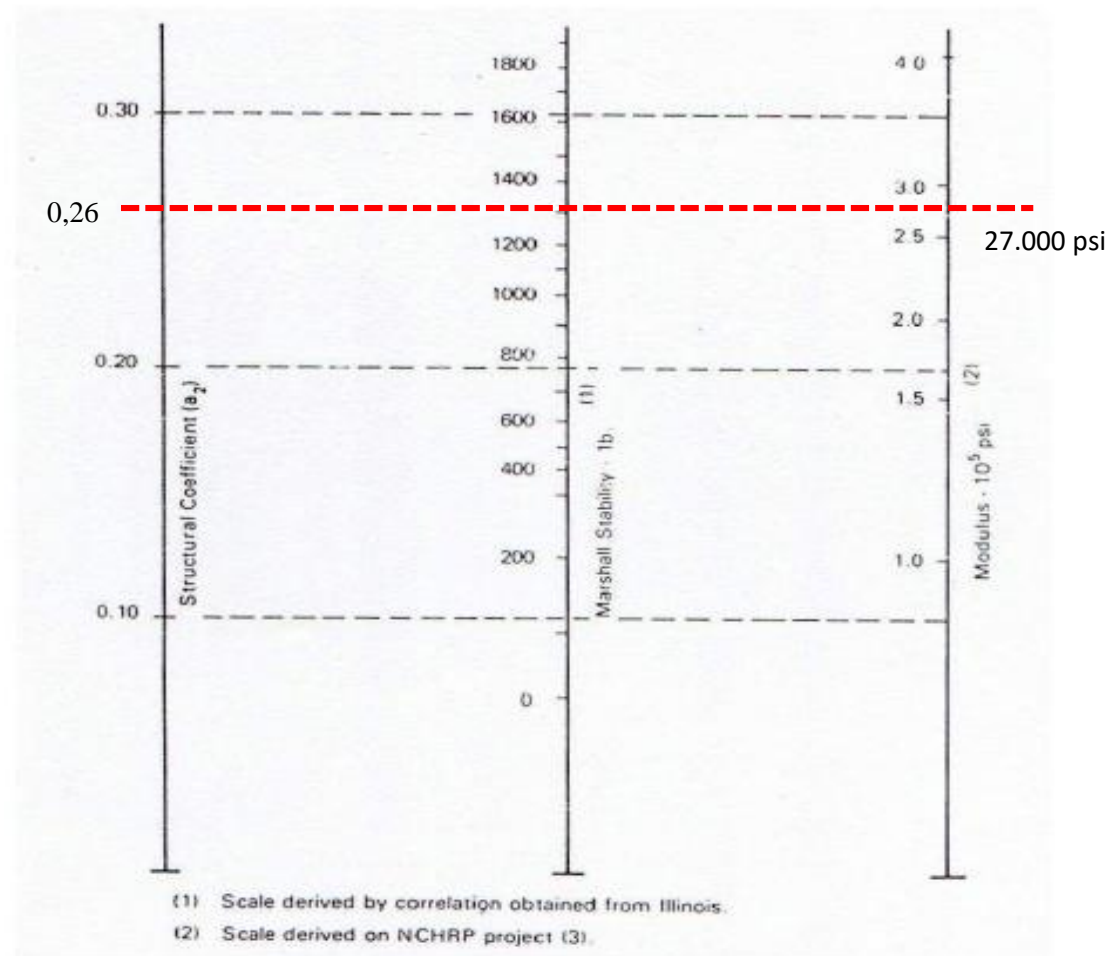
- a)  $\alpha_1 = 0,40$  (Laston)
- b)  $\alpha_2 = 0,26$  ( Laston atas)
- c)  $\alpha_3 = 0,13$  (Sirtu kelas A)

Selanjutnya dalam menentukan modulus elastisitas setiap lapisan digunakan nomogram. Untuk lapisan  $\alpha_1$  dapat menggunakan Gambar 5.2.



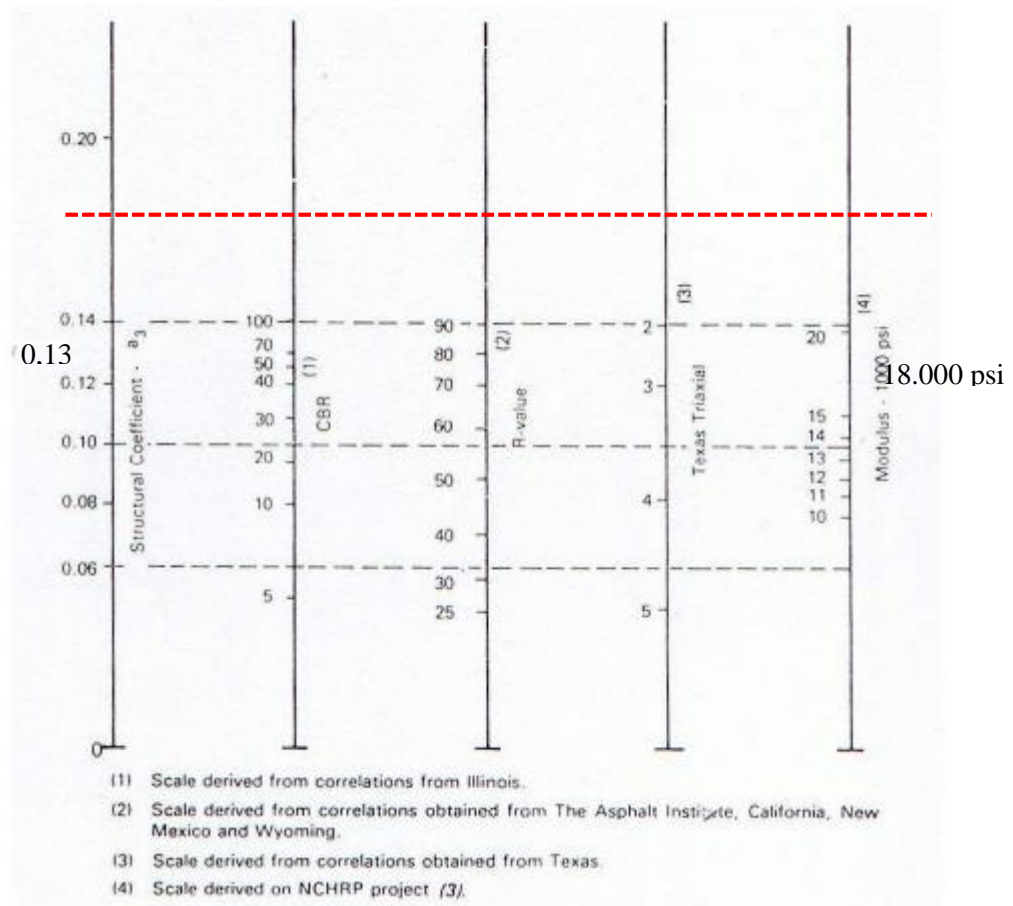
Gambar 5.2 Nomogram untuk koefisien lapis permukaan ( $a_1$ )

Untuk menentukan modulus elastisitas pada koefisien layer  $a_2$  digunakan nomogram pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Nomogram untuk menentukan koefisien lapis pondasi atas ( $a_2$ )

Menentukan modulus elastisitas untuk koefisien layer  $a_3$  dapat menggunakan Gambar 5.4



Gambar 5.4 Nomogram untuk koefisien lapis pondasi bawah ( $a_3$ )

Tabel 5.11 Parameter menentukan nilai SN

No.	Parameter	
1.	Umur rencana	20 thn
2.	Faktor distribusi arah ( $D_D$ )	0,5
3.	Faktor distribusi lajur ( $D_L$ )	80%
4.	Perkembangan lalu lintas ( $g$ )	7,18%
5.	Lalu lintas pada lajur rencana ( $W_{18}$ )	25563,8
6.	Beban gandar tunggal standar kumulatif ( $W_t$ )	$1,48 \times 10^6$

No.	Parameter	
7.	Modulus Resilien ( $M_R$ )	4500 (psi)
8.	Koefisien drainase $m_1, m_2$	Tabel 3.20 (1,00)
9.	Indeks kemampuan pelayanan awal ( $P_o$ )	4,2
10.	Indeks kemampuan pelayanan akhir ( $P_t$ )	2
11.	Standar deviasi ( $S_o$ )	0,45
12.	Reliability (R)	90%
13.	Standar deviasi normal ( $Z_R$ )	-1,282
14.	<i>Design serviceability loss</i> $\Delta PSI$	2

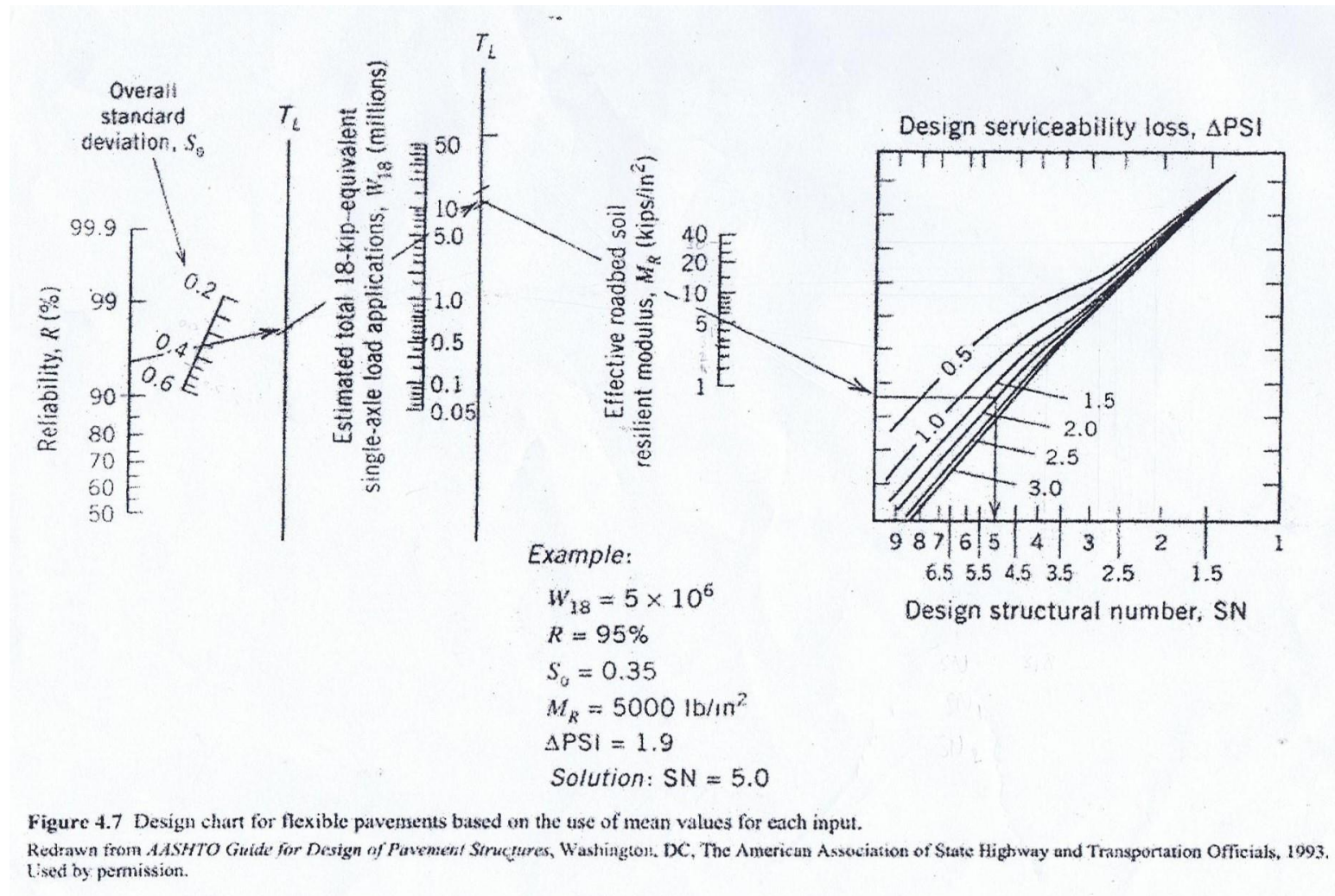
8. SN (*Structural Number*)

Dalam menentukan nilai SN dapat menggunakan nomogram pada Gambar 5.5. Dari nomogram tersebut didapatkan hasil berupa:

SN : 4,5

SN<sub>1</sub> : 1,8

SN<sub>2</sub> : 2,6



Gambar 5.5 Nomogram untuk mencari nilai SN, SN<sub>1</sub>, SN<sub>2</sub>

## 9. Tebal lapis perkerasan

Penentuan tebal lapis perkerasan dapat menggunakan persamaan 3.14.

Rumus :  $SN = a_1.D_1 + a_2.D_2.m_1 + a_3.D_3.m_3$

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

Sehingga : Angka Struktural 1 (SN1)

$$D_1 = \frac{SN^1}{a_1} = \frac{1,8}{0,40} = 4,5 \text{ in} = 12 \text{ cm}$$

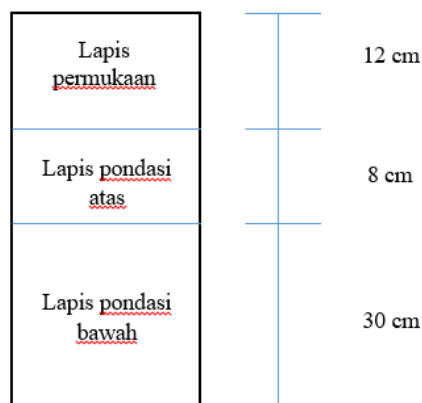
Angka Struktural 2 (SN2)

$$D_2 = \frac{SN_2 - a_1 D_1}{a_2 m_2} = \frac{2,4 - (0,40 \cdot 4,7)}{0,26 \cdot 1} = 3 \text{ in} = 8 \text{ cm}$$

Angka Struktural 3 (SN3)

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

$$= \frac{4,1 - (0,40 \cdot 4,7) + (0,26 \cdot 1 \cdot 3,1)}{0,13 \cdot 1} = 30,5 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$



Gambar 5.6 Hasil tebal lapis perkerasan menggunakan metode AASHTO



### C. Pembahasan

Pada hasil yang didapat menunjukkan ketebalan yang berbeda dari kedua metode tersebut. Hasil perhitungan dengan metode AASHTO 1993 didapatkan ketebalan yang lebih besar dibandingkan dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013. Hal ini disebabkan adanya perbedaan parameter desain dari kedua metode tersebut, yaitu:

#### 1. Lalu lintas

Pada metode Manual Desain perkerasan Jalan 2013 dan AASHTO 1993 digunakan angka ekuivalen pada semua jenis kendaraan, hanya saja terdapat perbedaan pada perhitungannya. Pada metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 untuk perkerasan lentur kerusakan yang disebabkan lalu lintas desain dinyatakan dalam ekuivalen sumbu standar 80kN.

#### 2. Penentuan nilai $\Delta$ PSI, $Z_R$ , $S_O$

Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 untuk menentukan tebal perkerasan tidak menggunakan parameter  $\Delta$ PSI,  $Z_R$ ,  $S_O$  tetapi, parameter tersebut digunakan pada Metode AASHTO 1993. Parameter ini meliputi nilai kehilangan kemampuan pelayanan ( $\Delta$ PSI), nilai standar deviasi normal ( $Z_R$ ) dan nilai standar deviasi keseluruhan ( $S_O$ ).

Pada AASHTO 1993 nilai kehilangan kemampuan pelayanan ( $\Delta$ PSI) digunakan sebagai tolak ukur untuk mengetahui kapan harus dilakukan peningkatan pelayanan pada ruas jalan tersebut. Untuk nilai standar deviasi normal ( $Z_R$ ) berkaitan dengan nilai R yaitu *Reliability*. *Reliability* adalah nilai untuk menyatakan tingkat kemungkinan bahwa perkerasan yang dirancang akan tetap memuaskan selama masa pelayanan yang dapat dilihat menggunakan tabel dibawah ini.

Tabel 5.14 Nilai standar deviasi normal untuk tingkatan *reliability*

Reliabilitas, R (%)	Standar deviasi normal, $Z_R$
50	0,000
60	-0,253

Tabel 5.15 Nilai standar deviasi normal untuk tingkatan *reliability* (Lanjutan)

Reliabilitas, R (%)	Standar deviasi normal, $Z_R$
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

Sumber: AASHTO 1993

Untuk R dengan contoh nilai 90%, maka nilai  $Z_R$  didapat angka -1,282. Pada deviasi standar keseluruhan ( $S_O$ ) digunakan untuk memperhitungkan adanya variasi dari input data. Contohnya, untuk perkerasan lentur digunakan nilai  $S_O$  antara 0,30 -0,40.

### 3. Daya Dukung Tanah *Subgrade*.

Pada metode AASHTO 1993 penentuan daya dukung tanah untuk *subgrade* diwakili oleh *Modulus Resilient* ( $M_R$ ) dengan rumus:

$$M_R = 1500 \text{ CBR (psi)} \dots\dots\dots (5.1)$$

*Modulus Resilient* adalah suatu ukuran kemampuan tanah dalam menahan deformasi akibat beban lalu lintas selama umur pelayanan. Sehingga ketika nilai CBR yang didapat sebesar 3%, maka nilai  $M_R$  sebesar 4500 psi.

Sementara pada metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 besaran daya dukung tanah ditentukan menggunakan tabel seperti dibawah ini.

Tabel 5.15 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)		
$\geq 6$	SG6	A	perbaiki tanah dasar meliputi bahan stabilitasi kapur atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis $\leq 200$ mm 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
<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

#### 4. Penentuan tebal lapis perkerasan

Pada Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 untuk menentukan ketebalan lapis perkerasan jalan digunakan tabel seperti dibawah ini.

Tabel 5.16 Chart desain lapis perkerasan lentur

	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) ( $10^6$ CESA5)	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

Selanjutnya dari hasil perhitungan didapatkan nilai untuk parameter lalu lintas sebesar  $5,5 \times 10^6$  yang kemudian di plotkan kedalam tabel 5.16 dan didapatlah ketebalan lapis perkerasan pada kolom FF3. Berbeda dengan metode AASHTO 1993, bahwa untuk mencari tebal lapis perkerasan digunakan rumus atau bisa dengan nomogram seperti pada gambar 3.10, yang selanjutnya untuk mencari ketebalan dapat digunakan rumus seperti dibawah ini.

$$SN = a_1.D_1 + a_2.D_2.m_1 + a_3.D_3.m_3 \dots\dots\dots (3.14)$$

Sehingga dari beberapa parameter diatas menyebabkan perbedaan pada hasil perencanaan tebal perkerasan jalan di Ruas Baron–Tepu.

Tabel 5.12 Hasil perencanaan tebal perkerasan lentur

Jenis Lapisan	MDP 2013	AASHTO 1993
Lapisan Permukaan ( <i>surface course</i> )	10 cm	15 cm
Lapis Pondasi atas ( <i>base course</i> )	8 cm	10 cm
Lapis pondasi bawah ( <i>Subbase course</i> )	30 cm	35 cm