BAB V
DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengumpulan Data

Dalam merencanakan tebal perkerasan lentur ruas jalan Tempel-Pakem tentunya dibutuhkan mengenai data-data terkait perencanaan. Data ini bersumber dari data sekunder yang diperoleh dari instansi yaitu Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, stasiun klimatologi Yogyakarta.

5.1.1 Volume Lalu lintas

Data volume lalu lintas yang terdapat pada ruas jalan Tempel-Pakem ini merupakan data survey yang dilakukan pada tahun 2015 dan 2016 yang dilakukan oleh instansi terkait.

Tabel 5.1 Volume Lalu Lintas

Golongan Kendaraan	Jenis Kendaraan	Tahun 2016 (Kend/hari)
1	Motor	13920
2	Sedan, Jeep	3108
3	Minibus	456
4	Pick-up	996
5A	Bus Kecil	23
5B	Bus Besar	12
6A	Truk 2 sumbu 4 roda	94
6B	Truk 2 sumbu 6 roda	480
7A	Truk 3 sumbu	37
7B	Truk Gandengan	-
7C	Truk Semi-Trailer	-
8	Kendaraan Tidak Bermotor	134

Sumber: Bina Marga DIY (2018)

5.1.2 Data Hujan

Data hujan yang digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan lentur seperti yang ditunjukan pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Jumlah Hari Hujan per Tahun

No	Tahun	Hari Hujan (Hari)
1	2011	170
2	2012	163
3	2013	149

Lanjutan Tabel 5.2 Jumlah Hari Hujan per Tahun

No	Tahun	Hari Hujan (Hari)
4	2014	160
5	2015	119

Sumber: Badan Meteotologi Mlati Yogyakarta

Berdasarkan data jumlah hari hujan diperoleh rata-rata jumlah hari hujan per tahun adalah 166,17 hari. Untuk rata-rata lama hujan per hari menggunakan 3 jam per hari dan curah hujan maksimum sebesar 702 mm/tahun.

5.1.3 CBR Tanah Dasar

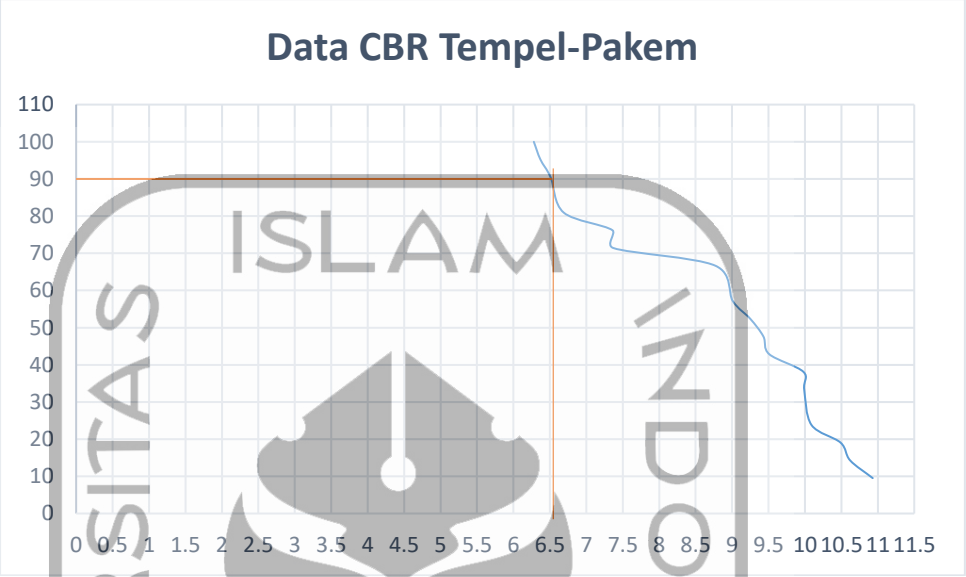
Pengujian CBR tanah dasar menggunakan alat *Dinamic Cone Penetrometer* (DCP) dari pengujian yang dilakukan sepanjang ruas Tempel-Pakem dapat dilihat pada Tabel 5.3 sebagai berikut.

Tabel 5.3 DCP Ruas Jalan Tempel-Pakem

No	KM YOG	CBR (%)	Faktor Musim Kemarau	CBR Terkoreksi (%)
1	17+300	14,41	0,70	10,09
2	17+500	14,27	0,70	9,99
3	17+700	15,62	0,70	10,93
4	17+900	14,27	0,70	9,99
5	18+100	15,62	0,70	10,93
6	18+300	14,99	0,70	10,49
7	18+500	13,48	0,70	9,43
8	18+700	12,87	0,70	9,01
9	18+900	12,53	0,70	8,77
10	19+100	12,53	0,70	8,77
11	19+300	9,30	0,70	6,51
12	19+500	10,52	0,70	7,36
13	19+700	9,30	0,70	6,51
14	19+900	9,11	0,70	6,37
15	20+100	8,97	0,70	6,28
16	20+300	10,53	0,70	7,37
17	20+500	9,56	0,70	6,69
18	20+700	15,17	0,70	10,62
19	20+900	13,59	0,70	9,51
20	21+100	14,25	0,70	9,98
21	21+300	13,22	0,70	9,25

Sumber: Bina Marga DIY (2017)

Kemudian dari data tersebut diambil 90% keadaan terburuk. Maka didapatkan nilai CBR nya sebesar 6,52%. Grafik hasil analisis CBR dapat dilihat pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Nilai CBR Ruas Jalan Tempel-Pakem

5.1.4 Pertumbuhan Lalu Lintas

Pertumbuhan lalu lintas pada ruas jalan Tempel-Pakem pada tahun 2016 adalah sebesar 4,8%.

5.1.5 Data Umum

1. Jalan dibuka pada tahun = 2017
2. umur rencana = 20 tahun
4. Bahan yang digunakan untuk susunan lapis perkerasan:
   - i. Lapis permukaan = Laston MS 744 Kg
   - ii. Lapis pondasi atas = Batu pecah (Kelas A)
   - iii. Lapis pondasi bawah = Sirtu (Kelas A)

5.2 Konsep Desain Bina Marga 1987 dan AASHTO 1993

Dalam perancangan tebal perkerasan jalan lentur menggunakan metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1993 mempunyai beberapa perbedaan dan kesamaan dari segi konsep desain, hal tersebut akan mempengaruhi pada hasil

perancangan. Berikut perbandingan konsep desain perencanaan Bina Marga 1987 dan AASHTO 1993 dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Perbandingan Konsep Desain

Bina Marga 1987	**AASHTO 1993**
Faktor Beban Sumbu	
Angka ekivalen beban sumbu kendaraan : 1. Beban sumbu (Kg) 2. Jenis Sumbu	Faktor Esal : 1. Beban sumbu (Kips) 2. Jenis Sumbu
Faktor Pertumbuhan	
$(1+i)^n$	$\frac{(1+g)^n-1}{g}$
Lalu Lintas Rencana	
Lintas ekivalen rencana (LER) : 1. Lalu lintas awal 2. Lalu lintas akhir 3. Angka ekivalen 4. Faktor pertumbuhan	Desain traffic Esal : 1. Lalu lintas akhir 2. Faktor esal 3. Faktor pertumbuhan
Faktor Penyesuaian	
Faktor regional (FR) : 1. Curah hujan 2. Persen kendaraan berat 3. Kelandaian	Reliabilitas (R) : 1. Klasifikasi jalan 3. Standar deviasi keseluruhan 4. Jenis perkerasan
Faktor Kondisi Perkerasan Awal	
Indeks pelayanan awal : 1. Jenis perkerasan 2. Kekasaran Indeks pelayanan akhir : 1. Klasifikasi jalan 2. Lintas ekivalen rencana (LER)	Indeks pelayanan awal 1. Jenis perkerasan Indekes pelayanan akhir : 1.Klasifikasi jalan 2.Kehilangan kemampuan pelayanan (ΔPSI)

Lanjutan Tabel 5.4 Perbandingan Konsep Desain

Bina Marga 1987	AASHTO 1993
Tanah Dasar	
Daya dukung tanah (DDT) : 1. CBR rencana (%)	Modulus resilient (Psi) : 1. CBR rencana (%)
Penentu Tebal Perkerasan	
Nomogram ITP : 1.Indeks pelayanan awal 2.Indeks Pelayanan akhir 3.Faktor regional (FR) 4.Lintas ekivalen rncana (LER) 5.Daya dukung tanah (DDT)	Persamaan dasar AASHTO 1993 : 1.Standar deviasi keseluruhan 2.Indeks pelayanan awal 3.Indeks pelayanan akhir 4.Reliabilitas 5.Modulus resilient tanah dasar 6.Struktural number (SN)

Dari Tabel 5.4 dapat dilihat terdapat perbedaan parameter input dari kedua metode tersebut. Terdapat perbedaan pada faktor penyesuaian, pada metode Bina Marga 1987 terdapat parameter penyesuaian berupa faktor lingkungan yang didalam nya berupa kelandaian jalan, persentase kendaraan berat dan iklim. Faktor lingkungan pada metode Bina Marga 1987 disesuaikan dengan keadaan setempat sedangkan pada metode AASHTO 1993 faktor penyesuaian berupa nilai reliabilitas, nilai reliabilitas ini digunakan untuk mengakomodasi ketidaktepatan hitungan volume lintas dan kinerja perkerasan sehingga semakin tinggi nilai Reliabilitas maka semakin tinggi kemungkinan terjadi selisih antara hasil perancangan dan kenyataan. Pada metode Bina Marga 1987 pada faktor tanah dasar dinyatakan dengan DDT, dimana nilai DDT ini didapatkan dari hasil konversi nilai CBR tanah dasar sedangkan pada metode AASHTO 1993 pada faktor tanah dasar dinyatakan dengan Modulus Resilient (Mr).

Nilai ITP pada metode Bina Marga 1987 adalah penentu hasil tebal lapis perkerasan, nilai tersebut didapatkan dari memasukan beberapa parameter input pada nomogram ITP. Pada metode AASHTO penentu hasil tebal perkerasan dengan memasukan parameter input yang nantinya akan menghasilkan nilai SN.

5.3 Evaluasi Tebal Perkerasan dengan Metode Bina Marga 1987

Dalam menentukan tebal perkerasan lentur Bina Marga 1987 dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Lalu Lintas Rencana

Data lalu lintas rencana (LHR) merupakan data sekunder yang diperoleh dari dinas terkait yaitu Bina Marga Provinsi Yogyakarta. Dari data lalu litas yang ditunjukan pada Tabel 5.1 dapat dihitung nilai LHR pada awal umur rencana pada tahun 2017 dan LHR pada akhir umur rencana pada tahun 2036 menggunakan Persamaan 3.3 berikut contoh perhitungan LHR akhir umur rencana untuk kendaraan mobil penumpang golongan 2.

LHR_{2017} = LHR x $(1+i)^{UR}$

= 3108 x $(1+0{,}048)^{1}$

= 3754,421 kend/hari

Berikut adalah hasil perhitungan LHR pada awal umur rencana pada tahun 2017 seluruh jenis kendaraan. Dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 LHR Awal Umur Rencana

Golongan Kendaraan	Jenis Kendaraan	Tipe Gandar	LHR (Kend/hari)
2	Sedan, Jeep	1.1	3257,184
3	Minibus	1.2	477,888
4	Pick-up	1.2L	1043,808
5A	Bus Kecil	1.2	24,104
5B	Bus Besar	1.2	12,575
6A	Truk 2 sumbu 4 roda	1.2H	98,512
6B	Truk 2 sumbu 6 roda	1.2H	503,04
7A	Truk 3 sumbu	1.2.2	38,776
7B	Truk Gandengan	1.2+2.2	0
7C	Truk Semi Trailer	1.2-2.2	0
8	Kendaraan Tidak Bermotor		140,432

Berikut adalah hasil perhitungan LHR pada akhir umur rencana pada tahun 2036 seluruh jenis kendaraan. Dapat dilihat pada tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 LHR Akhir Umur Rencana

Golongan Kendaraan	Jenis Kendaraan	Tipe Gandar	LHR (Kend/hari)
2	Sedan, Jeep	1.1	7937,9191
3	Minibus	1.2	1164,6368
4	Pick-up	1.2L	2543,8119
5A	Bus Kecil	1.2	58,7427
5B	Bus Besar	1.2	30,6483
6A	Truk 2 sumbu 4 roda	1.2H	240,0787
6B	Truk 2 sumbu 6 roda	1.2H	1225,9334
7A	Truk 3 sumbu	1.2.2	94,4991
7B	Truk Gandengan	1.2+2.2	-
7C	Truk Semi Trailer	1.2-2.2	-
8	Kendaraan Tidak Bermotor		342,2398

2. Koefisien Distribusi Kendaraan

Jalur kendaraan pada ruas jalan Tempel-Pakem adalah 1 lajur 2 arah. Sehingga berasarkan tabel 3.3 nilai koefisien distribusi kendaraan (c) bernilai 0,5.

3. Angka Ekivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka ekivalen (E) unuk kendaraan sepeda motor adalah 0, karena angka ekivalen tersebut tidak diperhitungkan. Pada kendaraan dengan berat sumbu dibawah 16 ton bias menggunakan tabel 3.4, atau bisa menggunakan persamaan 3.1 dan persamaan 3.2. Berikut adalah perhitungan untuk angka ekivalen (E) seluruh jenis kendaraan.

a. Angka Ekivalen mobil Penumpang 2 ton (Golongan 2)

$$E = \left(\frac{50\% \; x \; 2000}{8160}\right)^4 + \left(\frac{50\% \; x \; 2000}{8160}\right)^4$$

$$= 0,0005$$

b. Angka Ekivalens truk 3 sumbu (Golongan 7A)

$$E = \left(\frac{34\% \; x \; 25000}{8160}\right)^4 + 0,086 \; x \; \left(\frac{75\% \; x \; 25000}{8160}\right)^4$$

$$= 2,7415$$

Berikut adalah hasil perhitungan untuk angka ekivalensi (E) seluruh jenis kendaraan, dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Angka Ekivalen (E)

Golongan Kendaraan	Jenis Kendaraan	Angka Ekivalensi (E)
2	Sedan, Jeep	0,0005
3	Minibus	0,3006
4	Pick-up	0,3006
5A	Bus Kecil	0,2174
5B	Bus Besar	5,0264
6A	Truk 2 sumbu 4 Roda	2,3858
6B	Truk 2 sumbu 6 roda	2,3858
7A	Truk 3 sumbu	2,7415
7B	Truk Gandengan	3,9083
7C	Truk Semi Trailer	6,1179

4. Lintas Ekivalen Kendaraan

Setelah menghitung LHR pada akhir umur rencana, menentukan koefisien distribusi kendaraan (C) dan menghitung angka ekivalen (E) pada tiap kendaraan maka dilanjutkan dengan menghitung lintas ekivalen Permulaan (LEP), lintas ekivalen akhir (LEA) dengan menggunakan Persamaan 3.4 dan Persamaan 3.5. Berikut adalah contoh perhitungan untuk nilai LEP dan LEA.

LEP = LHR_{2017} x C x E

= 3108 x 0,5 x 0,0005

= 0,7347

LEA = LHR_{2036} x C x E

= 7937,9191 x 0,5 x 0,0005

= 1,7904

Berikut ini adalah hasil perhitungan LEP dan LEA untuk semua jenis kendaraan dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Nilai LEP dan LEA

Golongan Kendaraan	Jenis Kendaraan	LEP	LEA
2	Sedan, Jeep	0,7346	1,7904
3	Minibus	71,8189	175,0261
4	Pick-up	156,8674	382,2938
5A	Bus Kecil	2,6202	6,3856
5B	Bus Besar	31,6060	77,0255
6A	Truk 2 sumbu 4 roda	117,5149	286,3898

Lanjutan Tabel 5.8 Nilai LEP dan LEA

Golongan Kendaraan	Jenis Kendaraan	LEP	LEA
6B	Truk 2 sumbu 6 roda	600,0764	1462,4159
7A	Truk 3 sumbu	53,1536	129,5379
7B	Truk Gandengan	-	-
7C	Truk Semi Trailer	-	-
Jumlah		1034,3922	2520,8652

5. Lintas Ekivalensi Tengah (LET)

Setelah menghitung nilai LEP dan LEA maka dapat dicari nilai Lilai Ekivalen Tengah (LET) dengan menggunakan Persamaan 3.6.

$$\text{LET} = \frac{LEP + LEA}{2}$$

$$= \frac{1034{,}3922 + 2520{,}8652}{2}$$

$$= 1777{,}6288$$

6. Lintas Ekivalen Rencana (LER)

Setelah mendapatkan nilai Lintas Ekivalen Tengan (LET) lalu dapat mencari nilai Lintas Ekivalen Rencana (LER) dengan mengunakan Persamaan 3.7 sebagai berikut.

$$\text{LER} = \text{LET} \times \text{FP}$$

$$= 1777{,}6288 \times \frac{20}{10}$$

$$= 3555{,}2574$$

7. Daya Dukung Tanah (DDT)

Dari data sekunder yang didapat diketahui ruas jalan Tempel-Pakem memiliki nilai CBR tanah dasar sebesar 6,52 %. Dari nilai CBR tersebut dapat dicari nilai Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) menggunakan Persamaan 3.9 sebagai berikut.

$$\text{DDT} = 4{,}3 \log \text{CBR} + 1{,}7$$

$$= 4{,}3 \log 6{,}52 + 1{,}7$$

= 5,2012

8. Faktor Regional

Dalam menentukan Fakor Regional diperlukan data persen kelandaian, persen kendaraan berat dan curah huan. Berikut adalah data yang di dapat dari dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi DIY dan Stasiun Klimatologi Mlati Yogyakarta.

Persen kelandaian jalan = 4,68 %

Persen kendaraan berat = 40,04 %

Curah hujan = 702 mm/tahun

Dari data tersebut dapat ditentukan nilai Faktor Regional (FR) pada ruas Tempel-Pakem dengan mengunakan Tabel 3.5 adalah 1,5.

9. Indeks Permukaan

a) Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Pada data sekunder akan direncanakan menggunakan laston dengan Roughness >1000 mm/km, sehingga berdasarkan Tabel 3.6 diperoleh nilai IPo 3,9-3,5.

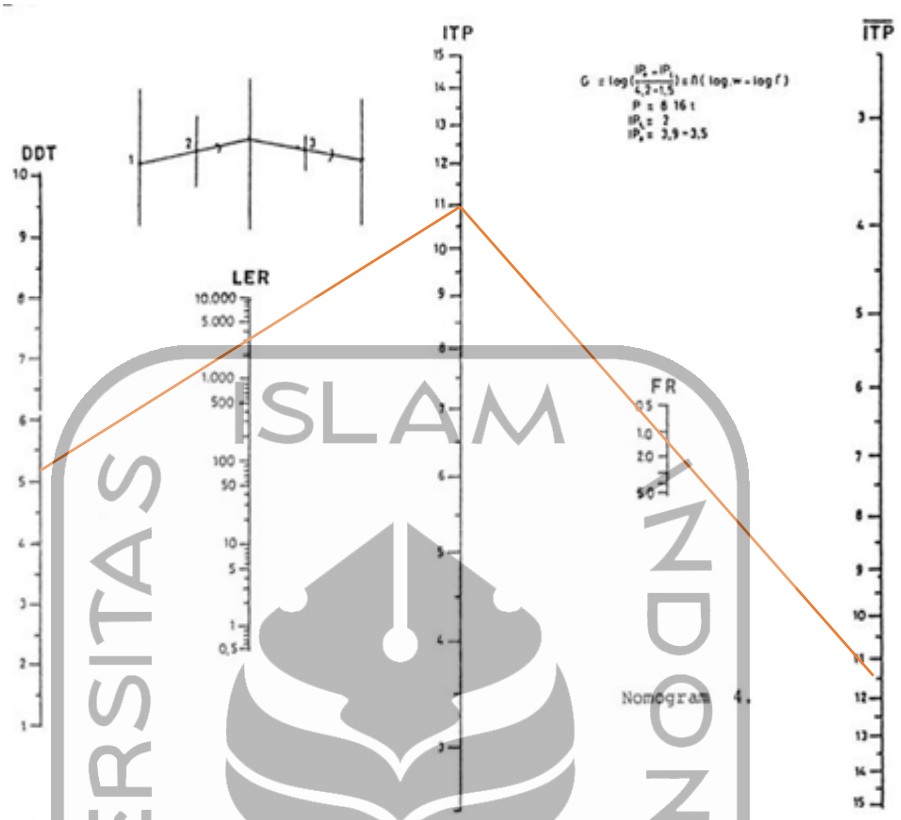
b) Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IPt)

Ruas jalan Tempe-Pakem merupakanjalan Kolektor dengan nilai LER berdasarkan perhitungan sebelumnya adalah sebesar 3555,2574 sehingga berdasarkan Tabel 3.7 diperoleh nilai IPt nya adalah 2.

10. Indeks Tebal Permukaan (ITP)

Dari nilai IPo sebesar 3,9-3,5 dan nilai IPt sebesar 2 maka nomogram yang digunakan adalah nomogram 4. Nilai Indeks Tebal Perkerasan (ITP) ditentukan degan memasukan data-data berikut.

a. DDT = 5,2012
b. LER = 3555,2574
c. FR = 1,5



Gambar 5.2 Grafik Nilai Indeks Perkerasan (ITP)

Berdasarkan nomogram nomer 4 tersebut didapatkan nilai ITP sebesar 11,5 sehingga tebal lapis perkerasan dapat diketahui berdasarkan jenis bahan lapis perkerasannya.

11. Tebal Lapis Perkerasan

a. Lapis Permukaan *(Surface Course)*

Pada lapis permukaan direncanakan menggunakan lapisan Laston sehingga tebal minimum (D1) yang diijinkan berdasarkan Tabel 3.9 dengan nilai ITP 11,5 maka tebal minimal 10 cm.

b. Lapis Pondasi Atas *(Base Course)*

Pada lapis pondasi atas direncanakan menggunakan batu pecah (Kelas A) sehingga tebal minimum untuk lapisan (D2) yang diijinkan berdasarkan Tabel 3.10 dengan nilai ITP 11,5 adalah 20 cm.

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

Pada lapis pondasi bawah direncanakan menggunakan sirtu (Kelas A) sehingga dengan perhitungan dengan Persamaan 3.10 didapatkan tebal minimum pondasi bawh seperti berikut ini.

ITP = a1D1 + a2D2 + a3D3

11,5 = (0,40 x 10) + (0,14 x 20) + (0,13 x D3)

11,5 = 4 + 2,8 + 0,13D

11,5 = 6,8 + 0,13 D

11,5 – 6,8 = 0,13 D

4,7 = 0,13 D

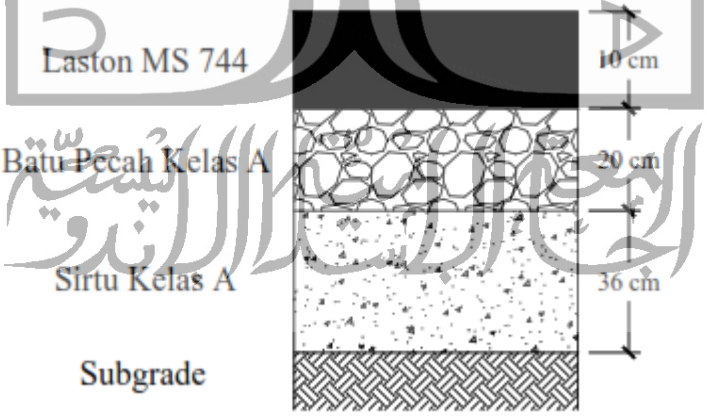
D3 = 36,15 cm → 36 cm

Maka hasil dari perhitungan tebal perkerasan mengunakan metode Bina Marga 1987 didapatkan tebal masing-masing lapis perkerasan sebagai berikut.

Lapis Permukan = 10 cm

Lapis Pondasi Atas = 20 cm

Lapis Pondasi Bawah = 36 cm



Gambar 5.3 Tebal Lapis Perkerasan Bina Marga 1987

5.4 Evaluasi Tebal Perkerasan dengan Metode AASHTO 1993

Perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan metode AASHTO 1993 dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Analisis Lalu Lintas

Analisis lalu lintas diperlukan dalam mendesain tebal perkerasan lentur. Berikut ini adalah data-data yang diperlukan dalam perhitungan analisis lalu lintas menggunakan metode AASHTO 1993 merujuk pada Tabel 5.1 Volume Lalu Lintas (Kend/hari) Pada Tahun 2016.

a. Angka Ekivalen (E)

Pada perhitungan angka ekivalen setiap kendaraan ditentukan berdasarkan tabel beban gandar pada AASHTO 1993 dengan memperhitungkan nilai Pt = 2 dan nilai SN total sebesar 5,725 dengan diketahui tebal lapisan eksisting dan koefisien kekuatan relatif sebesar 0,44 dengan tebal lapisan eksisting sebesar 16 cm, koefisien lapis pondasi atas memiliki koefisien kekuatan relatif sebesar 0,14 dengan tebal lapisan eksisting sebesar 30 cm dan lapis pondasi bawah memiliki koefisien kekuatan relatif sebesar 0,11 dengan tebal lapisan eksisting sebesar 30 cm. Maka didapat angka ekivalen (E) dengan cara interpolasi. Hasil hitungan angka ekivalen (E) tiap golongan kendaraan berdasarkan metode AASHTO 1993 dapat dilihat pada tabel 5.9 sebagai berikut.

Tabel 5.9 Angka ekivalen (E)

Tipe Kendaraan	Berat Total (kips)	Konfigurasi Beban Sumbu Roda (kips)					Angka Ekivalen (E)
		Depan	Belakang				
		ST,RT	Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	
Sedan, Jeep	4,4	0,00038	0,0004				0,0008
Minibus	19,79	0,0165	0,256				0,2043
Pick-up	18,25	0,0111	0,173				0,2043
Bus Kecil	13,19	0,0037	0,046				0,2043
Bus Besar	19,79	0,0170	0,256				0,2968

Lanjutan Tabel 5.8 Angka ekivalen (E)

Tipe Kendaraan	Berat Total (kips)	Konfigurasi Beban Sumbu Roda (kips)					Angka Ekivalen (E)
		Depan	Belakang				
		ST,RT	Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	
Truk 2 sumbu 4 roda	18,25	0,0683	0,173				2,4159
Truk 2 sumbu 6 roda	40,03	0,3013	5,299				2,5077
Truk 3 sumbu	55	0,3202	1,837	1,837			2,7416
		Jumlah					8,5757

b. Faktor Distribusi Arah dan Lajur (DD dan DL)

1. Distribusi arah (DD)

   Peraturan AASTO 1993 nilai DD berkisar Antara 0,3-0,7. Perencanaan jalan ruas Tempel-Pakem nilai (DD) sebesar 0,5.

2. Distribusi Lajur (DL)

   Mengacu pada tabel 3.11 maka nilai Distribusi Lajur (DL) dengan 2 lajur berkisar Antara 80-100%. Maka pada ruas Tempel-Pakem nilai (DL) sebesar 90%.

Setelah menentukan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lanjur (DL) maka dapat menghitung analisis lalu lintas menggunakan Persamaan 3.10 dan 3.11. Berikut ini contoh perhitungan analisis lalu lintas pada jenis kendaraan mobil penumpang golongan 2.

$\hat{W}18$ = LHR x E x DD x DL

= 3108 x 0,0008 x 0,5 x 90%

= 1,1189 ESAL

Tabel 5.9 Nilai $\hat{W}18$

Golongan Kendaraan	Jenis Kendaraan	$\hat{W}18$ (ESAL)
2	Sedan, Jeep	1,1189
3	Minibus	41,9223

Lanjutan Tabel 5.9 Nilai Ŵ18

Golongan Kendaraan	Jenis Kendaraan	Ŵ18 (ESAL)
4	Pick-up	91,5672
5A	Bus Kecil	2,1145
5B	Bus Besar	1,6028
6A	Truk 2 sumbu 4 roda	102,1926
6B	Truk 2 sumbu 6 roda	541,6632
7A	Truk 3 sumbu	45,6477
7B	TrukGandengan	-
7C	Truk Semi Trailer	-
8	Kendaraan Tidak Bermotor	-
	Jumlah	827,8291

Kemudia masukan nilai W18 tersebut pada Persamaan 3.12 berikut ini.

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

$$= 1{,}1189 \times 365 \times \frac{(1+0{,}048)^{20} - 1}{0{,}048}$$

$$= 13221{,}9032 \text{ ESAL}$$

Tabel 5.10 Nilai W18

Golongan Kendaraan	Jenis Kendaraan	W18 (ESAL)
2	Sedan, Jeep	13221,9032
3	Minibus	495400,2116
4	Pick-up	1082058,357
5A	Bus Kecil	24987,2913
5B	Bus Besar	18939,4831
6A	Truk 2 sumbu 4 roda	1207618,579
6B	Truk 2 sumbu 6 roda	6400881,627
7A	Truk 3 sumbu	539422,1727
7B	Truk Gandengan	-
7C	Truk Semi Trailer	-
8	Kendaraan Tidak Bermotor	-
Jumlah		9782529,625

2. Indeks Kemampuan Pelayanan

Indeks kemampuan pelayanan terdapat 3 bagian yaitu Indeks Kemampuan Pelayanan Awal (Po), Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir (Pt) dan Kehilangan Kemampuan Pelayanan (ΔPSI). Pada ruas jalan Tempel-Pakem ditentukan nilai Po dan Pt sebagai berikut.

Po = 4,2

Pt = 2

Setelah menentukan nilai Kemampuan Pelayanan Awal (Po) dan nilai Kemampuan Pelayanan Akhir (Pt) di atas, dapat dihitung Kehilangan Kemampuan Pelayanan (ΔPSI) dengan menggunakan Persamaan 3.13 berikut.

ΔPSI = Po – Pt

= 4,2 – 2

= 2,2

3. *Reliabilitas* (R) dan Deviasi Standar Normal (Zr)

Penentuan nilai *Reliabilitas* (R) harus diketahui tipe jalan yang akan desain, ruas jalan Tempel-Pakem adalah tipe jalan kolektor sehingga mengacu pada tabel 3.13 maka nilai *Reliabilitas* (R) adalah 80% sampai 90%. Pada perencanaan ruas Tempel-Pakem diambil nilai *Reliabilitas* sebesar 80%.

Setelah mendapatkan nilai *Reliabilitas* (R) maka mencari nilai Deviasi Standar Normal (ZR)) dengan mengacu pada Tabel 3.14, sehingga didapatkan nilai Deviasi Standar Normal (ZR) sebesar -0,841.

4. Deviasi Standar Keseluruhan (So)

Deviasi Standar Keseluruhan (so) merujuk pada peraturan AASHTO 1993 menyarankan memakai nilai diantara 0,40-0,50. Pada perencanaan tebal perkerasan lentur di ruas jalan Tempel-Pakem ini diambil nilai So sebesar 0,45.

5. Koefisien Drainase (mi)

Penentuan koefisien drainase (mi) didasarkan pada kualitas dan hari efektif hujan dalam setahun yang akan mempengaruhi perkerasan. Adapun cara mendapatkan koefisien drainase sebagai berikut.

a. Jumlah hari hujan rata-rata per tahun (Th rata-rata) = 152,2 hari
b. Hujan rata-rata per hari (Tj) = 3 jam
c. Penentuan nilai koefisien C berdasarkan kondisi permukaan tanah.
   Digunakan nilai C untuk tanah berbutir halus sebesar 0,65 dan tanah berbutir kasar sebesar 0,20.

d. Menentukan nilai faktor air hujan (P)

Faktor air hujan (WL) tanah berbutir halus dihitung menggunakan Persamaan 3.16 sebagai berikut.

WL = 100 – C

= 100 – 65

= 35 %

Dari data tersebut digunakan untuk mencari persen waktu struktur perkerasan terkena air hingga tingkat kelembapannya mendekati jenuh air (P) tanah berbutir halus menggunakan Persamaan 3.17 sebagai berikut.

$$P = \frac{Tj}{24} \; x \; \frac{Th\,rata-rataTj}{365} \; x \; WL \; x \; 100$$

$$= \frac{3}{24} \; x \; \frac{152,2}{365} \; x \; 0,35 \; x \; 100$$

= 1,824 %

Dalam penentuan kualitas drainase ada hal yang harus diperhatikan yaitu air hujan yang ada di atas permukaan jalan yang akan masuk kedalam pondasi jalan kemudian air dari samping jalan kemungkinan akan masuk ke pondasi jalan dan pendekatan waktu serta frekuensi hujan, yang biasa nya rata-rata terjadi hujan selama 3 jam. Berdasarkan hasil perhitungan dan kualitas drainase di ruas jalan Tempel-Pakem tergolongan dalam kategori baik karena rata-rata hujan yang terjadi selama 3 jam perhari serta jarang sekali terjadi hujan selama 1 minggu secara terus menerus dan material yang ada dapat dengan cepat menyingkirkan air dari perkerasan. Nilai P pada material tanah berbutir halus sebesar 1,824% dan nilai P untuk tanah berbutir kasar sebesar 4,16%. Lalu merujuk pada tabel 3.17 maka didapat nilai koefisien drainase m1 dipakai sebesar 1,15 dan m2 sebesar 1.

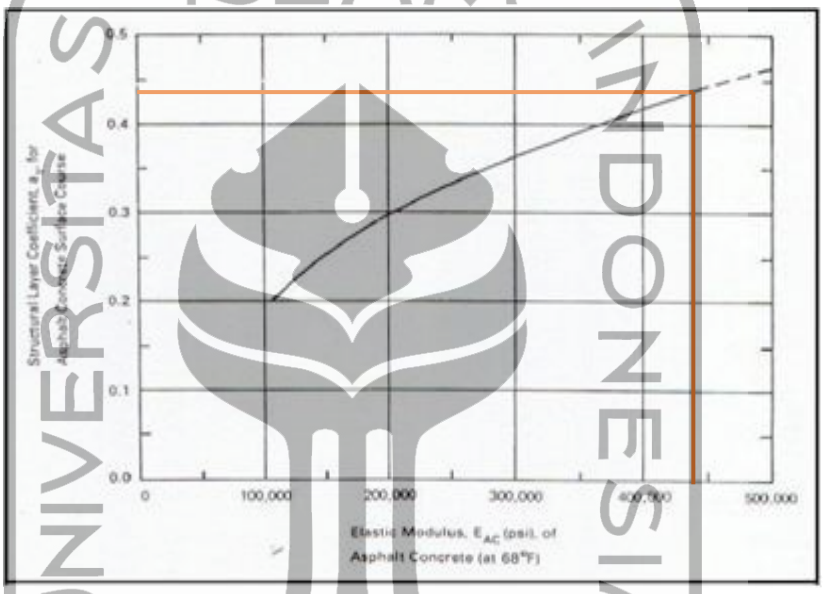
6. Koefisien Lapisan

Perencanaan tebal perkerasan pada ruas jalan Tempel-Pakem menggunakan Laston MS 744 Kg pada lapis permukaan, batu pecah kelas A pada

lapis pondasi atas dan sirtu kelas A pada lapis pondasi bawah. Nilai koefisien lapisan (a) dapat diketahui dari Tabel 3.15. Nilai koefisien lapisan digunakan untuk mencari nilai Modulus Resilient (MR) seperti berikut.

a. Lapisan Permukaan *(Suface Course)*

Pada bahan Laston mempunyai nilai koefisien lapisan (a) sebesar 0,44 sehingga dapat dicari nilai *Elastic Modulus* (EAC) menggunakan grafik pada Gambar 5.31 sebagai berikut.



Gambar 5.4 Nilai Modulus Resilient (MR) EAC

Dari Gambar 5.4 maka didapatkan nilai *Elastic Modulus* (EAC) sebesar 440.000 Psi.

b. Lapisan Pondasi Atas *(Base Course)*

Pada bahan batu pecah mempunyai nilai koefisien lapisan (a) sebesar 0,14. Untuk mendapatkan nilai Modulus Resilient (MR) dapat menggunakan gambar 3.15 dan juga dapat menggunakan Persamaan 3.14 sebagai berikut.

a2 = (0,249x (log10 EBS)) – 0,977

0,14 = (0,249x (log10 EBS)) – 0,977

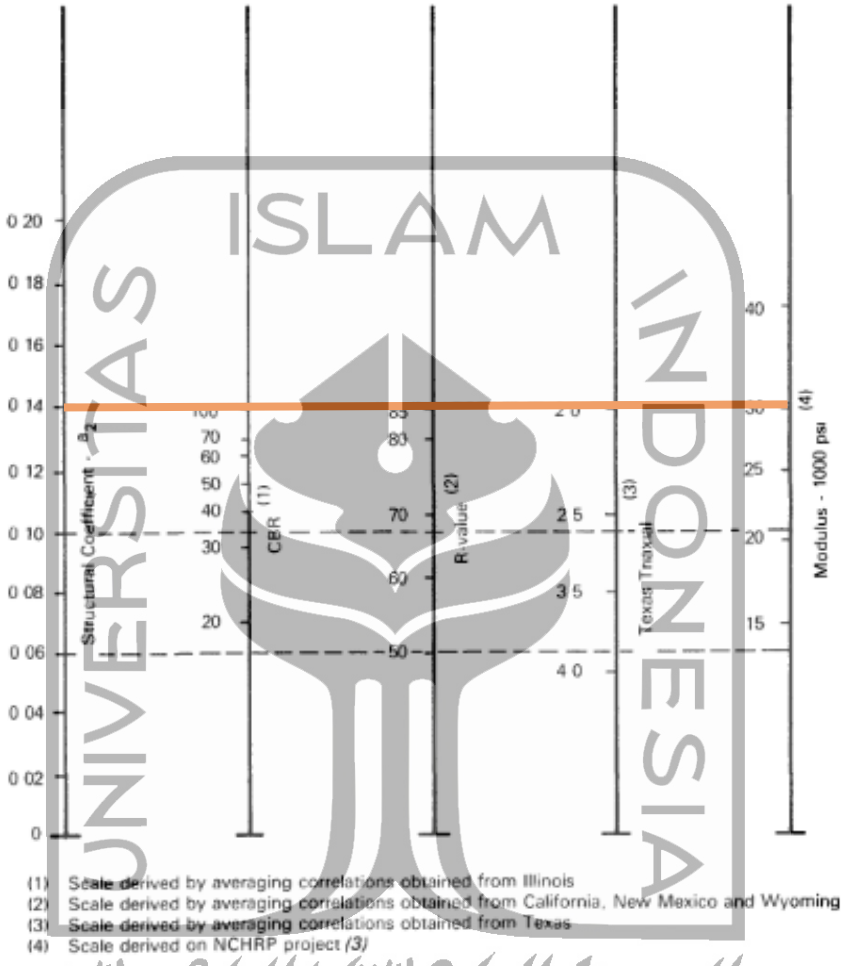
0,14 + 0,977 = (0,249 x (log10 EBS))

1,117 = (0,249 x (log10 EBS))

1,117 / 0,249 = log 10 EBS

4,486 = log 10 EBS

EBS = 30619,63 Psi



Gambar 5.5 Nilai Modulus Resilient (MR) EBS

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

Pada bahan sirtu mempunyai nilai koefisien lapisan (a) sebesar 0,11. Untuk mendapatkan nilai Modulus Resilient (MR) dapat menggunakan gambar 3.16 dan dapat menggunakan Persamaan 3.15 sebagai berikut.

a3 = (0,227x (log10 ESB)) – 0,977

0,11 = (0,227x (log10 ESB)) – 0,977

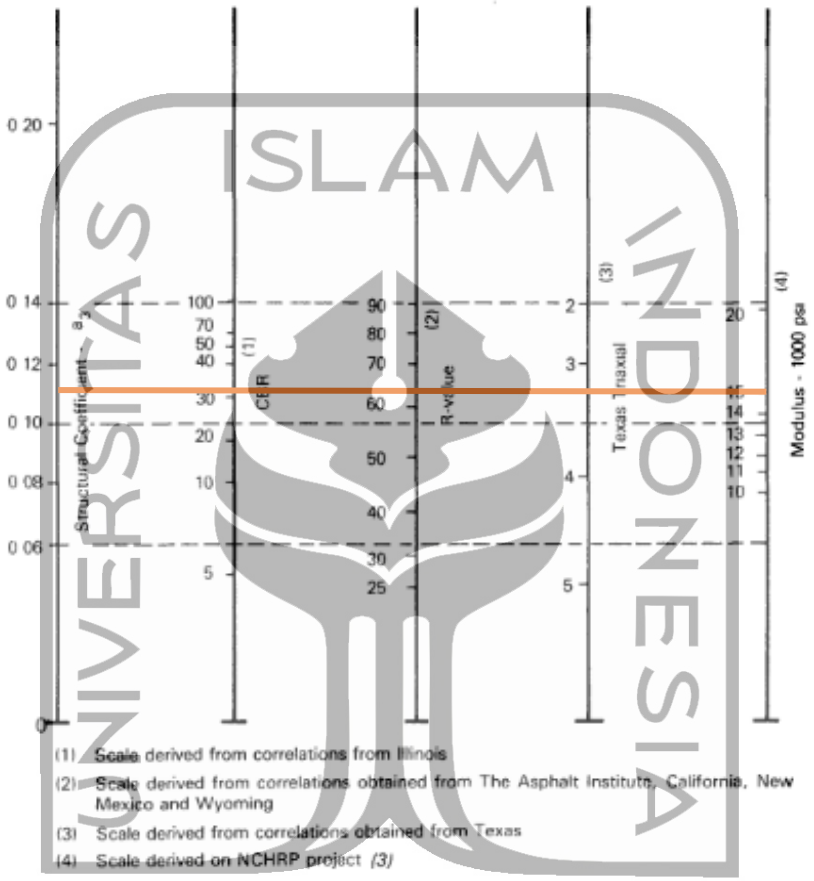
0,11 + 0,839 = (0,227 x (log10 ESB))

0,949 = (0,249 x (log10 ESB))

0,949 / 0,227 = log 10 ESB

4,181 = log 10 ESB

ESB = 15170,5 Psi



Gambar 5.6 Nilai Modulus Resilient (MR) ESB

d. Menghitung Nilai Modulus Resilient (Mr)

Diketahui bahwa nilai CBR pada ruas jalan Tempel-Pakem sebesar 6,52 % maka nilai Modulus Resiient dapat dihitung menggunakan Persamaan sebagai berikut.

Mr = 1500 x CBR

= 1500 x 6,52

= 9780 Psi

7. Angka Struktural (SN)

Setelah mendapatkan nilai modulus elastisitas pada setiap lapisan maka dilanjutkan mencari angka structural (SN) menggunakan nomogram pada gambar 5.332. Angka Struktural (SN) digunakan untuk mencari ketebalan masing-masing lapisan. Berikut data-data yang digunakan untuk mendapatkan nilai Angka Struktural (SN) yang telah dihitung sebelumnya adalah sebagai berikut.

So = 0,45

R = 80%

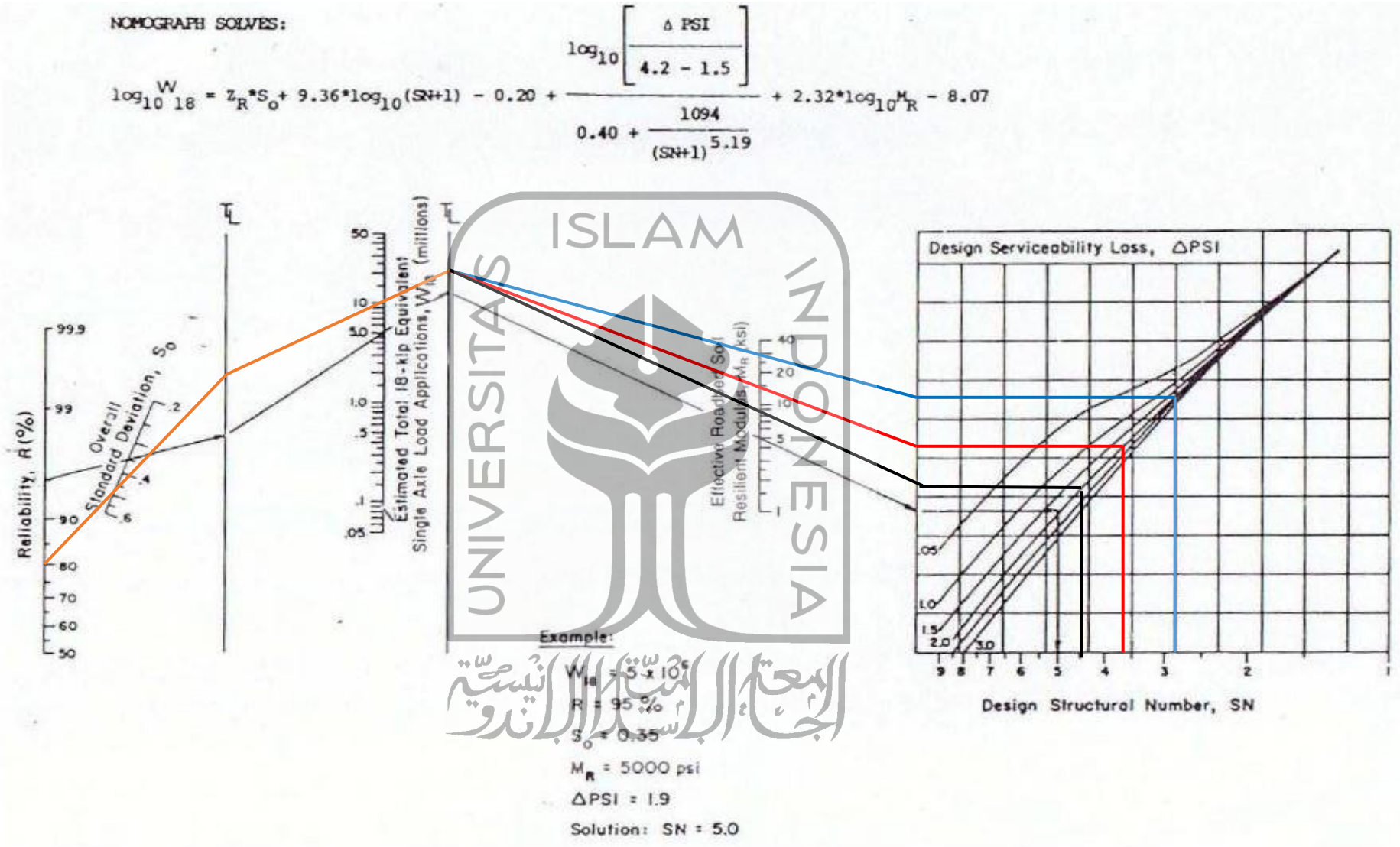
W18 = 9782529,625 ESAL

ΔPSI = 2,2

EBS = 30619,63 Psi

ESB = 15170,5 Psi

MR = 9780 Psi



Gambar 5.7 Nomogram Desain Tebal Perkerasan Lentur Metode AASHTO 1993

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Dari nomogram didapatkan nilai SN pada setiap lapisan sebagai berikut.

SN_{total} = 2,9

SN1 = 3,7

SN2 = 4,7

Sehingga dapat dihitung tebal perkerasan dari setiap lapisan menggunakan Persamaan 3.18 sebagai berikut.

a. Lapis Permukaan *(Surface Course)*

SN1 = a1 x D1

2,9 = 0,40 x D1

D1 = 6,59 in → (17 cm)

b. Lapis Pondasi Atas *(Base Course)*

SN2 = a1 x D1 + a2 x D2 x m2

3,7 = (0,40 x 6,59) + (0,14 x D2 x 1,15)

3,7 = 2,636 + 0,15 D2

D2 = 7,093 in → (18 cm)

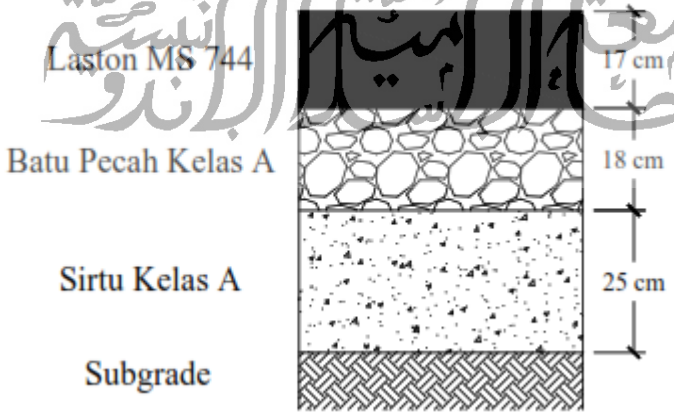
c. Lapis Pondasi Bawah *(Sub Base Course)*

SN = (a1 x D1) + (a2 x D2 x m2) + (a3 x D3 x m3)

4,7 = (0,40 x 6,59) + (0,14 x 7,093 x 1,15) + (0,11 x D3 x 1)

4,7 = 2,636 + 1,061 + 0,11 D3

D3 = 10,03 in → (25 cm)



Gambar 5.8 Tebal Lapis Perkerasan AASHTO 1993

5.5 Pembahasan

Ruas jalan Tempel-Pakem merupakan jalan penghubung antara provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dengan provinsi Jawa Tengah yang dan pekerjaan rehabilitasi di jalan tersebut telah selesai dilakukan. Ruas jalan Tempel-Pakem menggunakan perkerasan lentur *(flexible pavement)* dan perencanaan pada penelitian ini menggunakan metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1993 maka diperoleh dua hasil tebal lapisan yang berbeda. Hasil yang didapatkan menggunakan metode Bina Marga 1987 pada lapisan permukaan *(Surface Course)* menggunakan bahan laston MS 590 kg didapatkan hasil tebal minimal 10 cm lalu pada lapisan pondasi atas *(Base Course)* menggunakan batu pecah kelas A sebesar 20 cm dan pada lapisan pondasi bawah *(Sub Base Course)* menggunakan sirtu kelas A didapatkan hasil sebesar 36 cm. Perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan metode AASHTO 1993 dengan mengunakan bahan yang sama dengan metode Bina Marga 1987 maka didapatkan hasil pada lapisan permukaan *(Surface Course)* sebesar 17 cm lalu pada lapisan pondasi atas *(Base Course)* sebesar 18 cm dan pada lapisan pondasi bawah *(Sub Base Course)* sebesar 25 cm sedangkan tebal perkerasan kondisi *existing* pada lapis permukaan *(Surface Course)* sebesar 16 cm, lapis pondasi atas *(Base Course)* sebesar 30 cm dan pada lapis pondasi bawah *(Sub Base Course)* sebesar 30 cm.

Berdasarkan hasil analisis dari kedua metode tersebut dapat dibandingkan, perencanaan menggunakan metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1993 didapatkan selisih perbedaan hasil pada lapis permukaan terdapat selisih sebesar 7 cm, kemudian pada lapis pondasi atas dengan menggunakan bahan yang sama yaitu Batu pecah kelas A didapatkan selisih sebesar 2 cm dan pada lapisan pondasi bawah menggunakan bahan sirtu kelas A sebesar 11 cm. Perbedaan hasil perhitungan menggunakan metode Bina Marga 1987, AASHTO 1993 dan kondisi eksisting dikarenakan perbedaan parameter input dari masing-masing metode. Selisih tebal lapisan perkerasan kondisi eksisting telah memenuhi persyaratan minimum tebal lapisan dari metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1993.

Perbedaan tebal perkerasan masing-masing metode ditunjukan pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 Perbandingan Tebal Lapis Perkerasan Masing-masing Metode

Perkerasan	Tebal Struktur Perkerasan		
	Lapis Permukaan (cm)	Lapis Pondasi Atas (cm)	Lapis Pondasi Bawah (cm)
Kondisi *Existing*	16	30	30
Bina Marga 1987	10	20	36
AASHTO 1993	17	18	25

Perbandingan kedua metode yang dianalisa dan kondisi *existing* menunjukan perbedaan nilai tebal perkerasan. Terdapat perbedaan nilai angka struktural (SN) pada tiap metode dengan memasukan nilai tebal perkerasan pada tiap lapisan menggunakan Persamaan 3.10. Perbedaan angka struktural (SN) pada masing-masing metode dapat dilihat pada Tabel 5.13 sebagai berikut.

Tabel 5.13 Perbandingan Nilai Angka Strukural Masing-masing Metode

Perkerasan	Angka Struktural (SN)
Kondisi *Existing*	14,5
Bina Marga 1987	11,48
AASHTO 1993	12,57

Berdasarkan Tabel 5.13 terdapat perbedaan hasil angka struktural (SN) pada tiap metode hal ini dikarenakan adanya perbedaan pada parameter input pada masing-masing metode. Perbedaan nilai angka struktural (SN) disebabkan perbedaan parameter yang digunakan dari kedua metode tersebut. Pada metode AASHTO 1993 terdapat faktor penyesuaian yaitu nilai Reliabilitas (R), klasifikasi jalan, standar deviasi keseluruhan dan jenis perkerasan yang akan digunakan. Pada metode Bina Marga 1987 faktor penyesuaian yang harus diperhatikan adalah faktor regional (FR) yang didasarkan pada curah hujan, persentase kendaraan berat dan kelandaian jalan. Selain itu perbedaan lain pada metode Bina Marga 1987 menggunakan Lintas Ekivalen Rencana (LER) sedangkan pada metode AASHTO 1993 diganti menjadi perkiraan nilai komulatif ekivalen beban (W18).

Pada metode AASHTO 1993 data CBR tanah digunakan untuk mengetahui modulus resilient tanah (MR). Data Reliabilitas akan mengakomodasi ketidaktepatan hitungan volume lintas dan kinerja perkerasan, nilai reliabilitas tersebut menghasilkan Po,Pt,So dan akan menghasilkan nilai ΔPSI lalu lintas. Nilai lintas ekivalen selama umur rencana (W18), modulus Resilient (MR) dan nilai ΔPSI lalu lintas akan mendapatkan nilai *Structural Number* (SN) menggunakan Nomogram nilai SN. Pada metode AASHTO 1993 nilai koefisien drainase digunakan untuk mengantisipasi pengaruh drainase terhadap kinerja lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah sehingga nilai koefisien drainase semakin besar maka tebal lapisan pondasi semakin tipis namun semakin kecil nilai koefisien drainase maka tebal lapisan akan semakin tebal.

Perbedaan parameter input dari metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1993 dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Perbandingan Parameter Input Bina Marga 1987 dan AASHTO 1993

No	Parameter Input	Bina Marga 1987	AASHTO 1993
1	Umur Rencana	20 Tahun	20 Tahun
2	Nilai CBR	6,52 %	6,52 %
3	Pertumbuhan Lalu Lintas	4,8 %	4,8 %
4	Beban Lalu Lintas	LER = 3555,2574 Esal/hari	W18 = 9782529,625 Esal Kumulatif
5	Indeks Permukaan	IPo = 3,9 – 3,5 IPT = 2	IPo = 4,2 IPT = 2
6	Daya Dukung Tanah (DDT)	CBR = 6,52 % DDT = 5,2012	CBR = 6,52% MR = 9780 Psi

Lanjutan tabel 5.14 Perbandingan Parameter Input Bina Marga 1987 dan AASHTO 1993

No	Parameter Input	Bina Marga 1987	AASHTO 1993
7	Faktor Regional (FR) Berdasarkan : 1. Curah Hujan 2. Kelandaian 3. % kendaraan berat	FR = 1,5	Tidak Ada
8	Indeks Tebal Perkerasan	ITP = 11,5	SN_{total} = 4,7 SN1 = 2,7 SN2 = 3,7
9	Parameter Lain		a. Koefisien Drainase m2 = 1,15 m3 = 1 b. Reliabilitas (R) = 80% c. Deviasi Standar Normal Z_R = -0,841 d. Deviasi Standar Keseluruhan So = 0,45 e. ΔPSI = 2,2