

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Analisis tebal lapis keras Jalan Yogyakarta Prambanan (Stasiun 7+500 - 10+525) menitikberatkan pada kemampuan lapis keras lentur ruas jalan tersebut dalam mendukung beban lalu lintas hingga tahun 2010. Analisis dilakukan menggunakan Metode Bina Marga (Metode Analisa Komponen, SKBI – 2.3.26. 1987, UDC : 625.73 (02) dan Metode AASHTO 1986 (AASHTO, Guide For Design Of Pavement Structures, 1986), kedua metode tersebut termasuk metode empiris untuk melakukan perencanaan tebal lapis keras lentur.

Dalam melaksanakan analisis ini diperlukan data pendukung seperti yang diuraikan di bawah ini :

5.1.1 Data Sekunder

Data sekunder dalam analisis ini adalah data yang berfungsi sebagai pendukung dalam menganalisis permasalahan, baik yang berhubungan langsung maupun tidak. Data sekunder diperoleh dari hasil wawancara, dan pengkopian data.

Pengumpulan data sekunder dalam analisis ini, melalui pustaka dan merujuk dari instansi yang terkait, yaitu : Dinas Lalu-Lintas dan Angkutan Jalan

Raya Propinsi DIY, Dinas Peningkatan Jalan dan Jembatan Propinsi DIY serta Stasiun Meteorologi dan Geofisika Adi Sucipto Yogyakarta.

Data sekunder yang diperoleh meliputi hal-hal berikut ini :

1. Volume Lalu-Lintas Sekunder

Data volume lalu-lintas sekunder dalam analisis ini diperoleh dari survey yang dilakukan oleh Dinas Peningkatan Jalan dan Jembatan Propinsi DIY, yang dilakukan pada tanggal 6 Oktober 1999 selama 24 jam pengamatan (Lampiran 5), data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data Volume Lalu-Lintas Sekunder Ruas Jalan Yogyakarta – Prambanan, Tanggal 6 Oktober 1999

Arah	Golongan Kendaraan								Total (Kend/hr/1Arah)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Ke Yogyakarta	10854	4359	5481	3866	2405	2338	1696	4243	35242
Ke Prambanan	9234	4637	4043	3203	2481	2681	1113	5587	32979

Sumber Dinas Peningkatan Jalan dan Jembatan Propinsi DIY

2. Konfigurasi Kendaraan

Penentuan konfigurasi masing-masing sumbu kendaraan, nilai ekuivalen beban sumbu kendaraan dan distribusi beban kendaraan, dalam analisis ini dilakukan berdasarkan acuan yang diberikan oleh Dinas Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal bina Marga dalam Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan dengan Alat Benkelman Beam No. 01/MN/B/1983, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

3. Bahan Lapis Keras

Berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Peningkatan Jalan dan Jembatan Propinsi DIY, bahan lapis keras yang digunakan pada ruas jalan Yogyakarta – Prambanan diperoleh melalui hasil pengujian laboratorium (Lampiran 6). Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5.2 Data Hasil Pengujian Laboratorium Bahan Lapis Keras

Ruas Jalan Yogyakarta – Prambanan.

Lapisan Perkerasan	Jenis	Material	Stab. Marshall (Kg)	CBR 95% Dmaks (%)	Wopt (%)	BJ (Ton/m ³)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
HSWC	Laston ("Asphalt Concrete")	AC ₆₀₋₇₀	1525	-	-	2,356
AC Binder	Laston ("Asphalt Concrete")	AC ₆₀₋₇₀	1315	-	-	2,360
AC Base	Laston ("Asphalt Concrete")	AC ₆₀₋₇₀	2297	-	-	2,357
Lapis Pondasi Atas	Aggerat Kelas A ("Sand Gravel")	Batu Pecah, Sirtu	-	86	9,71	2,160
Lapis Pondasi Bawah	Aggerat Kelas B ("Sand Gravel")	Batu Pecah, Sirtu	-	64	10,79	2,119
Tanah Dasar	Tanah Padat	Tanah Padat	-	□ 6%	12,2	1,563

Sumber Dinas Peningkatan Jalan dan Jembatan Propinsi DIY

4. Kondisi Lingkungan

Menurut Dinas Peningkatan Jalan dan Jembatan Propinsi DIY, ruas jalan Yogyakarta – Prambanan termasuk dalam golongan medan datar dan lurus dengan kelandaian kurang dari 6%.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi dan Geofisika Adi Sucipto Yogyakarta (Lampiran 8), Data iklim lokasi analisis seperti yang terlihat pada Tabel 5.3 berikut ini :

Tabel 5.3 Data Iklim Lokasi Analisis

NO	Bulan	Curah Hujan (mm)	Suhu °C	Kelambaban %	Kec. Angin Km/jam
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	Januari	329.9	26.2	85	4
2	Pebruari	440.1	26.2	86	3
3	Maret	291.2	25.4	89	4
4	April	271.0	26.3	86	3
5	Mei	71.4	27.0	80	3
6	Juni	99.8	25.5	79	3
7	Juli	-	25.9	77	3
8	Agustus	10.4	25.1	72	2
9	September	7.0	27.3	75	4
10	Oktober	124.8	26.9	80	3
11	Nopemember	240.0	26.2	86	3
12	Desember	182.5	26.4	83	4
	Rata-Rata	172.34	26.2	81.5	3.25

Sumber : Stasiun Meteorologi dan Geofisika, Adi Sucipto, Yogyakarta, 2000

5. Geometrik Lapis Keras

Berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Peningkatan Jalan dan Jembatan Propinsi DIY, ruas jalan Yogyakarta – Prambanan mempunyai geometrik lapis keras berikut ini :

- a. panjang jalan : 12.147 Km
- b. kecepatan rencana : 60 km/jam
- c. jumlah jalur : 2 jalur
- d. jumlah lajur : 4 lajur
- e. lebar jalur : 9 meter untuk 1 jalur
- f. lebar median : 1.5 meter
- g. Bahu Jalan : 2 meter

h. material jalan

- | | |
|----------------|---|
| 1. on existing | : HSWC

ATBL |
| 2. on widening | : HSWC

AC Binder

AC Base Course

Agregat Base Kelas A
Agregat Base Kelas B |

Kondisi geometrik lapis keras Jalan Yogyakarta–Prambanan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

6. Data Pendukung

Data sekunder lainnya yang digunakan dalam analisis ini diperoleh dari Dinas Peningkatan Jalan dan Jembatan Propinsi DIY, sebagai berikut :

- a. klasifikasi jalan , arteri primer,
- b. jenis lapis keras, lapis keras lentur (“Flexible Pavement”),
- c. kinerja lapis keras, tingkat pelayanan jalan pada saat ini tergolong baik, pada saat jalan dibuka , $IP \geq 4$,
- d. umur rencana jalan, untuk jalan baru digunakan 10 tahun,
- e. pertumbuhan lalu-lintas, rata-rata 5%-10%,
- f. material yang tersedia :
 1. Lapis Permukaan, “Asphalt Cement”/AC (AC 60-70), aspal cair, aspal emulsi,
 2. Lapis Pondasi, agregat kelas A dan agregat kelas B,

- g. reliabilitas dan simpangan baku, digunakan atas dasar ruas jalan Yogyakarta – Prambanan termasuk jalan arteri dengan fungsi rural, tingkat keandalan 75% - 95% dengan simpangan baku berkisar antara 0,4 – 0,5,
- h. drainasi jalan, sistem saluran permanen terbuka dan tertutup di sepanjang ruas jalan. Kualitas drainasi tergolong cukup baik. Jika terjadi hujan, air mampu dialirkan dan dikeringkan dalam waktu rata-rata 1 minggu, dengan tingkat kelembaban rata-rata $> 25 \%$, dan
- i. nomogram lapis keras lentur, untuk Metode Bina Marga 1987 dapat dilihat pada Lampiran 8, sedangkan untuk Metode AASHTO 1986 dapat dilihat pada Gambar 3.3.

5.2 Analisis Perhitungan

Analisis perhitungan dilakukan setelah data yang berhubungan dengan analisis terkumpul. Acuan yang digunakan adalah Metode Bina Marga 1987 dan Metode AASHTO 1986.

5.2.1 Metode Bina Marga 1987

Analisis perhitungan dengan menggunakan Metode Bina Marga 1987 dilakukan dengan tahapan berikut ini :

1. Data Perhitungan

Data perhitungan yang digunakan dalam analisis ini adalah seperti yang diuraikan berikut ini :

a. Lalu-Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Data Lalu-Lintas Harian Rata-Rata (LHR) diperlukan dalam analisis ini, mengingat LHR merupakan dasar acuan untuk menentukan tebal lapis keras lentur. Data LHR dalam analisis ini diperoleh dari Dinas Peningkatan Jalan dan Jembatan Propinsi DIY. Data LHR tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.4.

b. Pertumbuhan Lalu-Lintas

Pertumbuhan Lalu-Lintas dalam analisis ini dimaksudkan untuk menentukan angka pertumbuhan lalu-lintas yang akan datang, dalam analisis ini adalah hingga tahun 2010.

Angka pertumbuhan lalu-lintas (i) pada ruas jalan untuk masing-masing golongan kendaraan, ditentukan berdasarkan Persamaan 2.5 dengan menggunakan data yang terdapat pada Tabel 5.4 (Lampiran 5) dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.5. Dengan contoh hitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} i &= \left(\left(\frac{b}{a} \right)^{UR} - 1 \right) \times 100\% \\ &= \left(\left(\frac{10854}{5581} \right)^8 - 1 \right) \times 100\% \\ &= 8,67 \end{aligned}$$

Tabel 5.4 Data Lalu-Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Analisis dengan Metode Bina Marga 1987

Golongan Kendaraan	Arah Ke Prambanan		Arah Ke Yogyakarta	
	Tahun 1991	Tahun 1999	Tahun 1991	Tahun 1999
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	5999	9234	5581	10854
2	2271	4637	2346	4359
3	2486	4043	2818	5481
4	1900	3203	2285	3866
5	1540	2481	1307	3458
6	1681	2681	1629	2338
7	693	1113	647	1696
8	3039	5587	3080	4243
Total	19609	32979	19693	36295

Tabel 5.5 Angka Pertumbuhan Lalu-Lintas Analisis dengan Metode Bina Marga 1987

Golongan Kendaraan	N	A	b	$i = ((b/a)^{UR} - 1) \cdot 100\%$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	8	5581	10854	8,67
2	8	2346	4359	8,05
3	8	2818	5481	8,67
4	8	2285	3866	6,79
5	8	1307	3458	12,93
6	8	1629	2338	4,62
7	8	647	1696	12,80
8	8	3080	4243	4,09
Total		19693	36295	

c. Prediksi Beban Lalu-Lintas

Prediksi beban lalu-lintas ditentukan berdasarkan volume beban lalu-lintas maksimum pada ruas jalan (Tabel 5.4), dengan pertumbuhan lalu-lintas (i) awal umur rencana (Tabel 5.5) serta pertumbuhan lalu-lintas (i) selama umur rencana yang ditentukan sebagai berikut :

$$I_{UR} = (8,67 + 8,05 + 8,67 + 6,79 + 13,93 + 4,62 + 12,80 + 4,09) / 8$$

$$= 8,33 \approx 8,5 \%$$

Angka pertumbuhan lalu-lintas sebesar 8,5 % tersebut memenuhi ketentuan Dinas Peningkatan Jalan dan Jembatan Propinsi DIY, yang memberikan angka pertumbuhan lalu-lintas untuk ruas jalan Yogyakarta – Prambanan sebesar 5% - 10%.

Persamaan yang digunakan untuk penentuan prediksi beban lalu-lintas adalah Persamaan 2.4. Hasil perhitungan prediksi beban lalu-lintas tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.6 . Dengan contoh hitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} b &= a(1+i)^n \\ &= 4359(1+8,5)^3 \\ &= 5568 \end{aligned}$$

dengan :

- b = volume lalu-lintas tahun ke-n,
- a = volume lalu-lintas tahun a,
- i = tingkat pertambahan lalu-lintas (% per tahun), dan
- n = jumlah tahun.

Tabel 5.6 Prediksi Beban Lalu-Lintas Analisis Dengan Metode Bina Marga 1987

Gol. Kend	I Awal UR (%)	I UR (%)	PREDIKSI BEBAN LALU-LINTAS											
			TAHUN PREDIKSI											
			1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
2	8.05	8,5	4359	4730	5132	5568	6041	6554	7112	7716	8372	9084	9856	10693
3	8.67	8,5	5481	5947	6452	7001	7596	8242	8942	9702	10527	11422	12392	13446
4	6.79	8,5	3866	4195	4551	4938	5358	5813	6307	6843	7425	8056	8741	9484
5a	12.93	8,5	1285	1394	1513	1641	1781	1932	2096	2275	2468	2678	2905	3152
5b	12.93	8,5	1120	1215	1318	1431	1552	1684	1827	1983	2151	2334	2532	2748
6	4.62	8,5	2338	2537	2752	2986	3240	3516	3814	4139	4490	4872	5286	5736
7a	12.8	8,5	737	800	868	941	1021	1108	1202	1305	1415	1536	1666	1808
7b	12.8	8,5	566	614	666	723	784	851	923	1002	1087	1179	1280	1388
7c	12.8	8,5	393	426	463	502	545	591	641	696	755	819	889	964

d. Angka Ekuivalen(E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka Ekuivalen (E) beban sumbu kendaraan dan konfigurasi beban sumbu ditentukan berdasarkan Tabel 3.4.

e. Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Ruas jalan Yogyakarta-Prambanan merupakan jalan 2 jalur, 4 lajur dan 2 arah yang dipisahkan oleh median jalan. Berdasarkan Tabel 3.3 dapat ditentukan nilai koefisien distribusi kendaraan (C) berikut ini :

1. kendaraan ringan dengan berat total < 5 ton, nilai $C = 0,6$ dan
2. kendaraan berat dengan berat total ≥ 5 ton, nilai $C = 0,7$

f. Faktor Regional

Berdasarkan Langkah 5.1.1 tentang kondisi lingkungan, Tabel 5.3 dan Tabel 5.6 , diperoleh data-data berikut ini :

1. curah hujan = 2067,84 mm/tahun, termasuk iklim II,
2. kelandaian jalan $< 6\%$, termasuk kelandaian I, dan
3. kendaraan berat $\geq 30\%$.

Berdasarkan Tabel 3.1 diperoleh $FR = 2,0 - 2,5$ dalam analisis ini digunakan FR sebesar 2,5.

g. Data Komponen Lapis Keras

Data komponen lapis keras yang digunakan dalam analisis dengan Metode Bina Marga 1987 dapat dilihat pada uraian berikut ini :

1) Lapis Permukaan

- a. HSWC

1. koefisien kekuatan relatif bahan (a_{AC}) = 0,4 (Tabel 3.7)

2. tebal lapisan (D_{AC}) = 4 cm (Lampiran 2)

b. AC Binder

1. koefisien kekuatan relatif bahan (a_{AC}) = 0,4 (Tabel 3.7)

2. tebal lapisan (D_{AC}) = 4 cm (Lampiran 2)

c. AC Base

1. koefisien kekuatan relatif bahan (a_{AC}) = 0,4 (Tabel 3.7)

2. tebal lapisan (D_{AC}) = 8 cm (Lampiran 2)

HSWC ($a_{AC} = 0,4$, $D_{AC} = 4$ cm)

AC Binder ($a_{AC} = 0,4$, $D_{AC} = 4$ cm) ITP

a_1, D_1, ITP

AC Base ($a_{AC} = 0,4$, $D_{AC} = 8$ cm)

2) Lapis Pondasi Atas ("Base Course")

a. Material agregat kelas A (Tabel 5.2)

b. Koefisien kekuatan relatif bahan (a_2) = 0,14 (Tabel 3.7)

c. Tebal lapisan (D_2) = 30 cm (Lampiran 2)

3) Lapis pondasi bawah ("sub base course")

a. Material agregat kelas B (Tabel 5.2)

b. Koefisien kekuatan relatif bahan (a_3) = 0,13 (Tabel 3.7)

c. Tebal lapisan (D_3) = 40 cm (Lampiran 2)

2. Analisis Komponen Lapis Keras Lentur tahun 2002

Tahun 2002 merupakan awal umur rencana (tahun pertama operasional jalan). Berdasarkan data-data perhitungan langkah 1, analisis dilaksanakan melalui tahapan-tahapan berikut ini.

a. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP_{2002})

Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP_{2002}) ditentukan dengan Persamaan 3.3 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.7. Dengan contoh hitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} LEP &= \sum LHR.C.E \\ &= 17507 \cdot 0,6 \cdot 0,0004 = 5 \end{aligned}$$

Tabel 5.7 Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) Analisis
Tahun 2002 dengan Metode Bina Marga 1987

Golongan Kendaraan	LHR	C	E	$LEP = \sum LHR.C.E$ (8,16 Ton Beban Sumbu Tunggal)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2, 3, 4	17507	0,6	0,0004	5
5	3072	0,7	0,1593	343
6	2986	0,7	1,0648	2226
7	2166	0,7	1,3195	2001
Total LEP_{2002}				4575

b. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA_{2002})

Lintas Ekuivalen Akhir (LEA_{2002}) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.4 seperti yang terdapat pada Tabel 5.8. Dengan contoh hitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} LEA &= \sum LHR.C.E \\ &= 17507 \cdot 0,6 \cdot 0,0004 = 5 \end{aligned}$$

Tabel 5.8 Lintas Ekivalen Akhir (LEA) Analisis Tahun 2002 dengan

Metode Bina Marga 1987

Golongan Kendaraan	LHR	C	E	LEA = $\sum LHR.C.E$ (8,16 Ton Beban Sumbu Tunggal)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2, 3, 4	17507	0,6	0,0004	5
5	3072	0,7	0,1593	343
6	2986	0,7	1,0648	2226
7	2166	0,7	1,3195	2001
Total LEA₂₀₀₂				4575

c. Lintas Ekivalen Tengah (LET₂₀₀₂)

Lintas Ekivalen Tengah (LET₂₀₀₂) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.5 dengan perhitungan berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{LET}_{2002} &= (\text{LEP}_{2002} + \text{LEA}_{2002}) / 2 = (4575 + 4575) / 2 \\ &= 4575 \text{ (8,16 ton beban sumbu tunggal)} \end{aligned}$$

d. Lintas Ekivalen Rencana (LER₂₀₀₂)

Lintas Ekivalen Rencana (LER₂₀₀₂) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.6 dan 3.7 dengan perhitungan berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{LER}_{2002} &= \text{LET}_{2002} \cdot \text{FP (Persamaan 3.6)} \\ &= \text{LET}_{2002} \cdot (\text{UR}/10) \text{ (Persamaan 3.7)} \\ &= 4575 \cdot (1/10) \\ &= 457,5 \end{aligned}$$

e. Analisis Tebal Komponen

Analisis tebal komponen lapis keras lentur untuk tahun 2002 dilakukan sebagai berikut

1. Berdasarkan data 1.g ditentukan data perencanaan sebagai berikut :

a. material Laston (AC), koefisien kekuatan relatif (a_1) sebesar 0,40

b. lapis pondasi atas $D_2 = 30 \text{ cm}$, $a_2 = 0,14$

c. lapis pondasi bawah $D_3 = 40 \text{ cm}$, $a_3 = 0,13$

2. Data pendukung

a. $LER_{2002} = 457,5$ (8,16 ton beban sumbu tunggal) (Persamaan 3.7)

b. CBR yang dipergunakan adalah CBR Lapis Tanah Dasar $\geq 6\%$

Berdasarkan Gambar 3.1 diperoleh $DDT = 5$

c. $FR = 2,5$ (Tabel 3.1)

d. $I_{Pt} = 2,5$ (Tabel 3.5)

e. $I_{Po} \geq 4$ (Tabel 3.6)

f. Penentuan Tebal Komponen

Berdasarkan nomogram penentuan tebal lapis keras lentur Bina Marga 1987 pada Lampiran 7 diperoleh $ITP = 9,5$ sehingga :

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$$

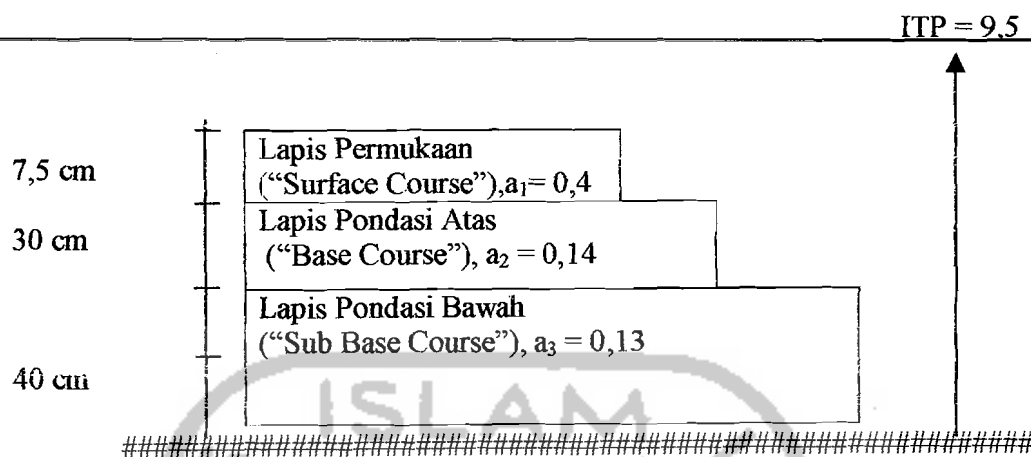
$$D_1 = (ITP - (a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3)) / a_1$$

$$= (9,5 - (0,14 \cdot 30 + 0,13 \cdot 40)) / 0,4$$

$$= 0,25 \text{ cm} \leq 16 \text{ cm (perkerasan masih aman)}$$

$$D_1 \text{ terpakai} = 7,5 \text{ cm (tebal minimum lapis permukaan, Tabel 3.8)}$$

Susunan perkerasan :



Gambar 5.1 Tebal Lapis Keras Tahun 2002 Berdasarkan Hitungan

Metode Bina Marga 1987

3. Analisis Komponen Lapis Keras Lentur tahun 2003

Tahun 2003 merupakan tahun ke dua operasional jalan. Langkah perhitungan sama dengan pelaksanaan analisis tahun 2002 diatas.

a. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP_{2002})

Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP_{2002}) ditentukan dengan Persamaan 3.3 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.7 di atas

b. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA_{2003})

Lintas Ekuivalen Akhir (LEA_{2003}) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.3 seperti yang terdapat pada Tabel 5.9. Dengan contoh hitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} LEA &= \sum LHR.C.F \\ &= 18995 \cdot 0,6 \cdot 0,0004 = 5 \end{aligned}$$

Tabel 5.9 Lintas Ekivalen Akhir (LEA) Analisis Tahun 2003 dengan
Metode Bina Marga 1987

Golongan Kendaraan	LHR	C	E	LEA = $\sum LHR \cdot C \cdot E$ (8,16 Ton Beban Sumbu Tunggal)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2, 3, 4	18995	0,6	0,0004	5
5	3333	0,7	0,1593	372
6	3240	0,7	1,0648	2415
7	2350	0,7	1,3195	2171
Total LEA₂₀₀₃				4963

c. Lintas Ekivalen Tengah (LET₂₀₀₃)

Lintas Ekivalen Tengah (LET₂₀₀₃) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.5 dengan perhitungan berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{LET}_{2003} &= (\text{LEP}_{2002} + \text{LEA}_{2003}) / 2 = (4575 + 4963) / 2 \\ &= 4769 \text{ (8,16 ton beban sumbu tunggal)} \end{aligned}$$

d. Lintas Ekivalen Rencana (LER₂₀₀₃)

Lintas Ekivalen Rencana (LER₂₀₀₃) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.6 dan 3.7 dengan perhitungan berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{LER}_{2003} &= \text{LET}_{2003} \cdot \text{FP} \text{ (Persamaan 3.6)} \\ &= \text{LET}_{2003} \cdot (\text{UR}/10) \text{ (Persamaan 3.7)} \\ &= 4769 \cdot (2/10) \\ &= 954 \end{aligned}$$

e. Analisis Tebal Komponen

Analisis tebal komponen lapis keras lentur untuk tahun 2003 dilakukan sebagai berikut

1. Berdasarkan langkah 1.g ditentukan data perencanaan sebagai berikut :

- a. material Laston (AC), koefisien kekuatan relatif (a_1) sebesar 0,40
- b. lapis pondasi atas $D_2 = 30$ cm, $a_2 = 0,14$
- c. lapis pondasi bawah $D_3 = 40$ cm, $a_3 = 0,13$

2. Data pendukung

- a. $LER_{2002} = 594,2$ (8,16 ton beban sumbu tunggal) (Persamaan 3.7)
- b. CBR yang dipergunakan adalah CBR Lapis Tanah Dasar $\geq 6\%$

Berdasarkan Gambar 3.1 diperoleh $DDT = 5$

- c. $FR = 2,5$ (Tabel 3.1)
- d. $IPt = 2,5$ (Tabel 3.5)
- e. $IPO \geq 4$ (Tabel 3.6)

f. Penentuan Tebal Komponen

Berdasarkan nomogram penentuan tebal lapis keras lentur Bina Marga 1987 pada Lampiran 7 diperoleh $ITP_{1 \text{ Terpakai}} = 10,6$ sehingga :

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$$

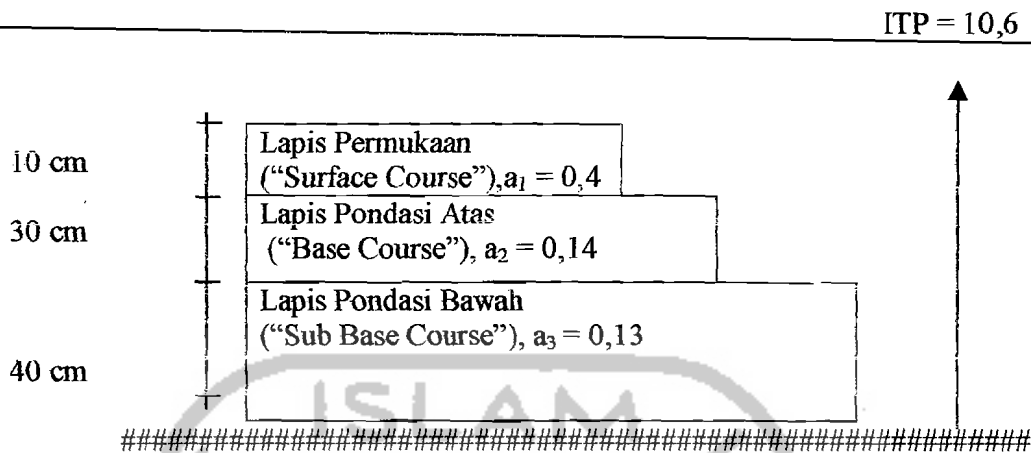
$$D_1 = (ITP - (a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3)) / a_1$$

$$= (10,6 - (0,14 \cdot 30 + 0,13 \cdot 40)) / 0,4$$

$$= 3 \text{ cm} \leq 16 \text{ cm (perkerasan masih aman)}$$

$$D_1 \text{ terpakai} = 10,0 \text{ cm (tebal minimum lapis permukaan, Tabel 3.8)}$$

Susunan perkerasan :



Gambar 5.2 Tebal Lapis Keras Tahun 2003 Berdasarkan Hitungan Metode Bina Marga 1987

4. Analisis Komponen Lapis Keras Lentur tahun 2010

Tahun 2010 merupakan umur rencana akhir dari analisis yang dilakukan, tahapan analisis tidak berbeda dengan langkah diatas.

a. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP_{2002})

Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP_{2002}) ditentukan dengan Persamaan 3.3 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.7 yang telah dibahas di atas.

b. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA_{2010})

Lintas Ekuivalen Akhir (LEA_{2010}) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.4 seperti yang terdapat pada Tabel 5.10. Dengan contoh hitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} LEA &= \sum LHR.C.E \\ &= 33623 \cdot 0,6 \cdot 0,0004 \\ &= 9 \end{aligned}$$

Tabel 5.10 Lintas Ekivalen Akhir (LEA) Analisis Tahun 2010 dengan Metode Bina Marga 1987

Golongan Kendaraan	LHR	C	E	LEA = $\sum LHR.C.E$ (8,16 Ton Beban Sumbu Tunggal)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2, 3, 4	33623	0,6	0,0004	9
5	5900	0,7	0,1593	658
6	5736	0,7	1,0648	4276
7	4160	0,7	1,3195	3843
Total LEA₂₀₁₀				8786

c. Lintas Ekivalen Tengah (LET₂₀₁₀)

Lintas Ekivalen Tengah (LET₂₀₁₀) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.5 dengan perhitungan berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{LET}_{2010} &= (\text{LEP}_{2002} + \text{LEA}_{2010}) / 2 = (4575 + 8786) / 2 \\ &= 6680 \text{ (8,16 ton beban sumbu tunggal)} \end{aligned}$$

d. Lintas Ekivalen Rencana (LER₂₀₁₀)

Lintas Ekivalen Rencana (LER₂₀₁₀) ditentukan berdasarkan Persamaan 3.6 dan 3.7 dengan perhitungan berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{LER}_{2010} &= \text{LET}_{2010} \cdot \text{FP} \text{ (Persamaan 3.6)} \\ &= \text{LET}_{2010} \cdot (\text{UR}/10) \text{ (Persamaan 3.7)} \\ &= 6681 \cdot (9/10) \\ &= 6013 \end{aligned}$$

e. Analisis Tebal Komponen

Analisis tebal komponen lapis keras lentur untuk tahun 2010 dilakukan sebagai berikut

1. Berdasarkan langkah 1.g ditentukan data perencanaan sebagai berikut :
 - a. material Laston (AC) koefisien kekuatan relatif (a_1) sebesar 0,40

b. lapis pondasi atas $D_2 = 30 \text{ cm}$, $a_2 = 0,14$

c. lapis pondasi bawah $D_3 = 40 \text{ cm}$, $a_3 = 0,13$

2. Data pendukung

a. $LER_{2010} = 6013$ (8,16 ton beban sumbu tunggal) (Persamaan 3.7)

b. CBR yang dipergunakan adalah CBR Lapis Tanah Dasar $\geq 6\%$

Berdasarkan Gambar 3.1 diperoleh $DDT = 5$

c. $FR = 2,5$ (Tabel 3.1)

d. $I_{Pt} = 2,5$ (Tabel 3.5)

e. $I_{Po} \geq 4$ (Tabel 3.6)

f. Penentuan Tebal Komponen

Berdasarkan nomogram penentuan tebal lapis keras lentur Rina Marga.

1987 pada Lampiran 7 diperoleh $ITP_{\text{Terpakai}} = 14$ sehingga :

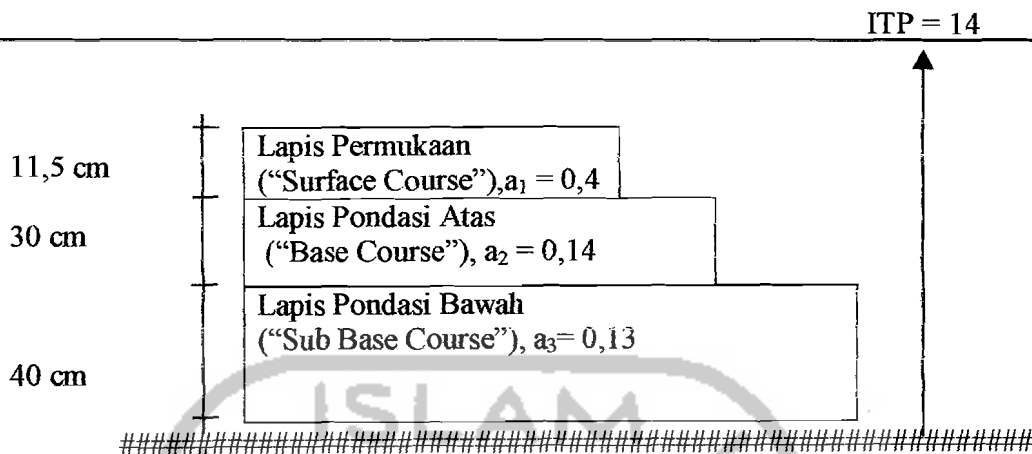
$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$$

$$D_1 = (ITP - (a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3)) / a_1$$

$$= (14 - (0,14 \cdot 30 + 0,13 \cdot 40)) / 0,4$$

$$= 11,5 \text{ cm} \leq 16 \text{ cm (perkerasan masih aman)}$$

Susunan perkerasan :



Gambar 5.3 Tebal Lapis Keras Tahun 2010 Berdasarkan Hitungan

Metode Bina Marga 1987

5.2.2 Metode AASHTO 1986

Analisis tebal lapis keras lentur jalan Yogyakarta-Prambanan dengan menggunakan Metode AASHTO 1986 (AASHTO Guide For Design Of pavement Structures, 1986), dilakukan dengan tahapan berikut ini :

1. Data Perhitungan

Data perhitungan yang digunakan dalam analisis ini adalah seperti yang diuraikan berikut

a. Lalu-Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Lalu-lintas Harian Rata-Rata (LHR) dalam metode ini disebut "Average Daily Traffic" (ADT). Data ADT yang digunakan dalam analisis ini adalah data lalu-lintas jalan Yogyakarta-Prambanan pada tahun 1999 (Lampiran 5). Data ADT tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut ini:

Tabel 5.11 Data Lalu-Lintas Tahun 1999

Gol. Kend	Jenis Kend	Tipe Sumbu	Berat (Ton)	Jumlah tahun 1999 (kend/Hr/1 arah)
(1)	(2)	(3)	(4)	(6)
1	MP	1.1	2	13706
2	Bus	1.2	9	2405
3	Truk	1.2L	8,3	-
4	Truk	1.2H	18,2	2681
5	Truk	1.22	25	737
6	Trailer	1.2 - 2	26,2	-
7	Trailer	1.2 - 22	42	393
8	Trailer	1.2 + 2.2	31,4	566
Total "Average Daily Traffic"				20488

b. Data Pendukung

Data pendukung dalam analisis ini adalah sebagai berikut :

1. periode analisis : 9 tahun
2. pertumbuhan lalu-lintas
 - a. awal umur rencana : berdasarkan Tabel 5.5
 - b. selama umur rencana : 8,5 %
3. klasifikasi jalan : arteri
4. fungsi jalan : rural
5. CBR tanah Dasar : ≥ 6 %
6. asumsi awal
 - a. SN = 3,5
 - b. IPt = 2,5
 - c. IPo = ≥ 4

c. Nilai TEF ("Traffic Equivalent Factor")

TEF ("Traffic Equivalent Factor") merupakan angka ekivalen beban sumbu kendaraan yang menunjukkan jumlah lintasan dari sumbu tunggal sebesar 18.000 Lbs (18 Kips) dapat menyebabkan kerusakan sama atau penurunan indeks permukaan yang sama jika kendaraan melintas satu kali.

Berdasarkan Lampiran 9 nilai TEF untuk masing-masing golongan kendaraan ditentukan berikut ini :

1. Golongan Kendaraan 1

Berat total kendaraan golongan 1 adalah 2 ton, dengan distribusi beban kendaraan 50 % - 50 % (Tabel 2.2), penentuan TEF dilakukan sebagai berikut :

- | | | |
|---|------------------------|--------------|
| a. As depan tunggal | = 2 ton . 50 % = 1 ton | = 2,205 Kips |
| Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF | | = 0,0007 |
| b. As belakang tunggal | = 2 ton . 50 % = 1 ton | = 2,205 Kips |
| Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF | | = 0,0007 |
| Total TEF adalah : | 0,0007 + 0,0007 | = 0,0014 |

2. Golongan Kendaraan 2

Berat total kendaraan golongan 2 adalah 9 ton, dengan distribusi beban 34 % - 66 % (Tabel 2.2), penentuan TEF dilakukan sebagai berikut :

- | | | |
|---|---------------------------|--------------|
| a. As depan tunggal | = 9 ton . 34 % = 3,06 ton | = 6,75 Kips |
| Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF | | = 0,0263 |
| b. As belakang tunggal | = 9 ton . 66 % = 5,94 ton | = 13,10 Kips |
| Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF | | = 0,316 |
| Total TEF adalah : | 0,0263 + 0,316 | = 0,3423 |

3. Golongan 4

Berat total kendaraan golongan 4 adalah 18,2 ton, dengan distribusi beban

34 % - 66 % (Tabel 2.2), penentuan TEF dilakukan sebagai berikut :

a. As depan tunggal = $18,2 \text{ ton} \cdot 34 \% = 6,19 \text{ ton}$ = 13,64 Kips

Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF = 0,3635

b. As belakang tunggal = $18,2 \text{ ton} \cdot 66 \% = 12,01 \text{ ton}$ = 26,49 Kips

Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF = 4,464

Total TEF adalah : $0,3635 + 4,464 = 4,8275$

4. Golongan 5

Berat total kendaraan golongan 5 adalah 25 ton, dengan distribusi beban

25 % - 75 % (Tabel 2.2), penentuan TEF dilakukan sebagai berikut :

a. As depan tunggal = $25 \text{ ton} \cdot 25 \% = 6,25 \text{ ton}$ = 13,78 Kips

Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF = 0,3758

b. As belakang ganda = $25 \text{ ton} \cdot 75 \% = 18,75 \text{ ton}$ = 41,34 Kips

Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF = 2,4683

Total TEF adalah : $0,3758 + 2,4683 = 2,8411$

5. Golongan 7

Berat total kendaraan golongan 7 adalah 42 ton, dengan distribusi beban

25 % - 75 % (Tabel 2.2), penentuan TEF dilakukan sebagai berikut :

a. As depan tunggal = $42 \text{ ton} \cdot 18 \% = 7,56 \text{ ton}$ = 16,67 Kips

Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF = 0,7673

b. As belakang tunggal = $42 \text{ ton} \cdot 28 \% = 11,76 \text{ ton}$ = 25,93 Kips

Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF = 4,0708

~~c. As belakang sambungan ganda = 42 ton . 54 % = 22,68 ton = 50,01 Kips~~

~~Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF = 5,3449~~

~~Total TEF adalah : 0,7673 + 4,0708 + 5,3449 = 10,183~~

6. Golongan 8

Berat total kendaraan golongan 7 adalah 31,4 ton, dengan distribusi beban 25 % - 75 % (Tabel 2.2), penentuan TEF dilakukan sebagai berikut :

a. As depan tunggal = 31,4 ton . 17 % = 5,34 ton = 11,77 Kips

Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF = 0,2074

b. As belakang tunggal = 31,4 ton . 35 % = 10,99 ton = 24,23 Kips

Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF = 3,1188

c. As gandengan depan tunggal = 31,4 ton . 24 % = 7,536 ton = 16,62 Kips

Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF = 0,7585

d. As gandengan depan tunggal = 31,4 ton . 24 % = 7,536 ton = 16,62 Kips

Berdasarkan Lampiran 9, diperoleh nilai TEF = 0,7585

Total TEF adalah : 0,2074 + 3,1188 + 0,7585 + 0,7585 = 4,8432

d. Ekuivalen 18 Kips ESAL

Perhitungan ekuivalen 18 Kip ESAL dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut ini :

Tabel 5.12 Jumlah Kendaraan 18 Kip ESAL, Analisis Dengan Metode AASHTO 1986

Jenis Kendaraan	Jumlah Kend. Tahun I	Angka Pertumb. LL	Perencanaan LL Tahun I	Faktor Ekvivalen	Perencanaan 18 Kips ESAL
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		8,5 %			
1	17507	12,75	223214.3	0.0004	89.2857
2	3072	12,75	39168	0,30006	11752.75
3	-	-		-	
4	2986	12,75	38071.5	5,0264	191362.6
5	941	12,75	11997.75	2,7416	32893.03
6	-	-		-	
7	502	12,75	6400.5	10,1830	65176.29
8	723	12,75	9218.25	4,9283	45430.3
Jumlah Total	26361		336102.8		346704.2

Keterangan :

- (1) berdasarkan Tabel 2.2
- (2) berdasarkan Tabel 5.6
- (3) faktor pertumbuhan lalu-lintas yang diperoleh dari persamaan :

$$g = \frac{\text{angka pertumbuhan lalu - lintas}}{100} \quad (\text{Persamaan 3.16})$$

$$= 8,5 / 100$$

$$= 0,085$$

$$\text{*factor} = \frac{(1+g)^t - 1}{g} \quad (\text{Persamaan 3.15})$$

$$\text{*factor} = \frac{(1+0,085)^9 - 1}{0,085}$$

$$= 12,75$$

(4) perencanaan lalu-lintas tahun pertama, yaitu (2) x (3)

$$= 17507 \times 12,75 \%$$

$$= 223214,3$$

(5) faktor ekivalen (Tabel 2.2)

(6) perencanaan jumlah kendaraan ekivalen 18 Kip ESAL = (4) x (5)

$$= 223214,3 \times 0,0004$$

$$= 89,2857$$

Sehingga pengulangan kumulatif 18- Kip ESAL perarah pada lajur rencana tahun pertama (Persamaan 3.13):

$$W_{18t} = D_D \times D_L \times W_{18}$$

dengan :

D_D = factor distribusi arah 100 %

D_L = factor distribusi lajur 50 % (Tabel 3.9)

$$W_{18t} = 0,5 \times 1 \times 346704,2$$

$$= 173352,1 \text{ 18-Kip ESAL}$$

$$= 0,18 \cdot 10^6 \text{ 18-Kip ESAL}$$

untuk menentukan pengulangan beban dalam perencanaan fungsi waktu,

diperoleh dari Persamaan 3.14:

$$W_{18t} = W_{18} \cdot \left| \frac{(1+g)^t - 1}{g} \right|$$

$$= 174557,25 \cdot \left| \frac{(1+0,085)^1 - 1}{0,085} \right|$$

$$= 173352,1$$

Dengan :

W_{18t} = kumulatif pengulangan 18-Kip ESAL perarah pada lajur rencana tahun pertama,

W_{18} = kumulatif pengulangan 18-kip ESAL pada tahun pertama,

g = angka pertumbuhan lalu-lintas 8,5 %, dan

t = waktu (tahun perencanaan).

Tabel 5.13 Kumulatif 18-Kip ESAL terhadap waktu

X	Y
2001	00000,000
2002	173352,112
2003	361439,128
2004	565513,554
2005	786934,306
2006	1027175,823
2007	1287837,868
2008	1570656,186
2009	1877514,062
2010	2210454,857

Keterangan :

X = waktu tahun, dan

Y = kumulatif 18 Kip ESAL beban ekuivalen sumbu tunggal perarah pada lajur rencana.

e. Penentuan $SN_{maksimum}$

Penentuan SN maksimum selama periode analisis dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini :

1. R (Tingkat Reliabilitas) = 75 % - 95 %. Dalam analisis ini digunakan nilai R sebesar 95%,
2. Z_r (simpangan baku normal), untuk R = 95 %, maka nilai Z_r yang didapat = -1,645 (Tabel 3.11),

3. S_o (simpangan baku kescluruhan), sebesar ~~0,35 – 0,45~~, dengan prediksi lalu-lintas dipertimbangkan, maka didapatkan nilai $S_o = 0,44$ (langkah 3.3.2.3),
4. M_r (modulus resilient tanah dasar) = $1500 \cdot CBR$ (Persamaan 3.18), sehingga didapat nilai $M_r = 1500 \cdot 6 = 9000$ Psi,
5. PSI (nilai indeks permukaan) sebesar $I_{Po} - I_{Pt}$ (Persamaan 3.11), maka : $PSI = 4,2 - 2,5 = 1,7$
6. Berdasarkan Tabel (5.13) diperoleh $W_{t18} = 2210454,857 \approx 2,21 \cdot 10^6$ (18 Kip ESAL), dan
7. Modulus Resilien bahan ($MR=E$)
 - LPA = 30.000 Psi (Lampiran 10)
 - LPB = 15.000 Psi (Lampiran 10)

f. Analisis Tebal Lapis Keras Lentur tahun 2002

Dalam analisis ini, tahun 2002 merupakan tahun pertama operasional jalan, dengan tahapan analisis sebagai berikut :

1. Lapis Permukaan

Lapis Permukaan (lapis HSWC, Laston Ac Binder, Laston AC Base dijadikan satu lapis) dengan penjabaran sebagai berikut :

	HSCW ($a_{AC1} = 0,44$, $D_{AC1} = 4$ cm)	
SN	AC Binder ($a_{AC2} = 0,44$, $D_{AC2} = 4$ cm)	a_1 , D_1 , SN_1
	AC Base ($a_{AC3} = 0,44$, $D_{AC3} = 8$ cm)	

$$SN = a_{AC1} \cdot D_{AC1} + a_{AC2} \cdot D_{AC2} + a_{AC3} \cdot D_{AC3} \quad ITP = a_1 \cdot D_1$$

$$SN = SN_1, \text{ maka } a_{AC1} \cdot D_{AC1} + a_{AC2} \cdot D_{AC2} + a_{AC3} \cdot D_{AC3} = a_1 \cdot D_1$$

$$\begin{aligned} a_1 &= (a_{AC1} \cdot D_{AC1} + a_{AC2} \cdot D_{AC2} + a_{AC3} \cdot D_{AC3}) / D_1 \\ &= (0,44 \cdot 4 + 0,44 \cdot 4 + 0,44 \cdot 8) / 16 \\ &= 0,44 \end{aligned}$$

$$R = 95 \%$$

$$S_o = 0,44$$

$$W_1 = 0,173 \times 10^6 \text{ 18 Kip ESAL}$$

$$\text{Pondasi atas 30.000 Psi, } PSI_{TR} = 1,7$$

Dari Nomogram Penentuan SN diperoleh $SN_1 = 1,7$ (Gambar 3.3)

Ketebalan Beton Aspal :

$$\begin{aligned} D^*_1 &= SN_1 / a_1 \\ &= 1,7 / 0,44 \\ &= 3,86'' = 9,81 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm} = 3,94'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SN^*_1 &= a_1 \cdot D^*_1 \\ &= 0,44 \cdot 3,94 \\ &= 1,73 > SN_1 = 1,7 \end{aligned}$$

2. Lapis Pondasi Atas

Dengan data yang sama kecuali $E = 15.000 \text{ Psi (LPB)}$ diperoleh $SN_2 =$

2,25, ketebalan batu pecah kelas A :

$$\begin{aligned} D^*_2 &= SN_2 - SN^*_1 / (a_2 m_2) \\ &= 2,25 - 1,73 / (0,14 \cdot 0,8) \\ &= 4,64'' = 11,79 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm} = 4,72'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SN^*_2 &= a_2 \cdot D^*_2 \cdot m_2 \\ &= 0,14 \cdot 4,72 \cdot 0,8 \\ &= 0,53 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SN^*_1 + SN^*_2 &> SN_2 \\ 1,73 + 0,53 &= 2,26 > 2,25 \end{aligned}$$

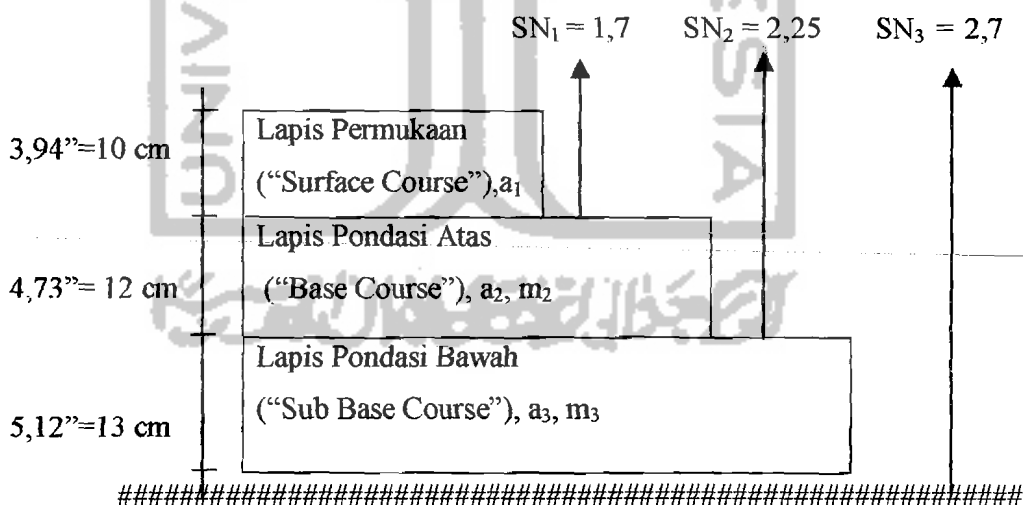
3. Lapis Pondasi Bawah :

Ketebalan agregat kelas B :

$$\begin{aligned} D^*_3 &= [SN_3 - (SN^*_2 + SN^*_1)] / a_3 m_3 \\ &= [2,7 - (0,53 + 1,73)] / 0,11 \cdot 0,8 \\ &= 5'' = 12,7 \text{ cm} \approx 13 \text{ cm} = 5,12'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SN_{\text{total}} &= 0,44 \cdot 3,94 + 0,14 \cdot 4,72 \cdot 0,8 + 0,11 \cdot 5,12 \cdot 0,8 \\ &= 2,71 > 2,7 \end{aligned}$$

Susunan perkerasan :



Gambar 5.4 Tebal Lapis Keras Tahun 2002 Berdasarkan Hitungan

Metode AASHTO 1986

g. Analisis Tebal Lapis Keras Lentur tahun 2003

Dalam analisis ini, tahun 2003 merupakan tahun kedua operasional jalan.

dengan tahapan analisis sebagai berikut :

1. Lapis Permukaan

Lapis Permukaan (lapis HSWC, Laston Ac Binder, Laston AC Base dijadikan satu lapis) dengan penjabaran sebagai berikut :

	HSCW ($a_{AC1} = 0,44$, $D_{AC1} = 4$ cm)	
SN	AC Binder ($a_{AC2} = 0,44$, $D_{AC2} = 4$ cm)	a_1 , D_1 , SN_1
	AC Base ($a_{AC3} = 0,44$, $D_{AC3} = 8$ cm)	

$$SN = a_{AC1} \cdot D_{AC1} + a_{AC2} \cdot D_{AC2} + a_{AC3} \cdot D_{AC3} \quad ITP = a_1 \cdot D_1$$

$$SN = SN_1, \text{ maka } : a_{AC1} \cdot D_{AC1} + a_{AC2} \cdot D_{AC2} + a_{AC3} \cdot D_{AC3} = a_1 \cdot D_1$$

$$a_1 = (a_{AC1} \cdot D_{AC1} + a_{AC2} \cdot D_{AC2} + a_{AC3} \cdot D_{AC3}) / D_1$$

$$= (0,44 \cdot 4 + 0,44 \cdot 4 + 0,44 \cdot 8) / 16$$

$$= 0,44$$

$$R = 95 \%$$

$$So = 0,44$$

$$W_1 = 0,361 \times 10^6 \text{ 18 Kip ESAL}$$

Pondasi atas 30.000 Psi , $PSI_{TR} = 1,7$

Dari Nomogram Penentuan SN diperoleh $SN_1 = 1,8$ (Gambar 3.3)

Ketebalan Beton Aspal :

$$D^*_1 = SN_1/a_1$$

$$= 1,8 / 0,44$$

$$= 4,09'' = 10,38 \text{ cm} \approx 10,5 \text{ cm} = 4,13''$$

$$SN^*_1 = a_1 \cdot D^*_1$$

$$= 0,44 \cdot 4,13$$

$$= 1,82 \geq SN_1 = 1,8$$

4. Lapis Pondasi Atas

Dengan data yang sama kecuali $E = 15.000 \text{ Psi (LPB)}$ diperoleh $SN_2 =$

2,3 , ketebalan batu pecah kelas A :

$$D^*_2 = SN_2 - SN^*_1 / (a_2 m_2)$$

$$= 2,3 - 1,82 / (0,14 \cdot 0,8)$$

$$= 4,29'' = 10,89 \text{ cm} \approx 11 \text{ cm} = 4,33''$$

$$SN^*_2 = a_2 \cdot D^*_2 \cdot m_2$$

$$= 0,14 \cdot 4,33 \cdot 0,8$$

$$= 0,48$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2$$

$$1,82 + 0,48 = 2,3 \geq 2,3$$

5. Lapis Pondasi Bawah :

Ketebalan agregat kelas B :

$$D^*_3 = [SN_3 - (SN^*_2 + SN^*_1)] / a_3 m_3$$

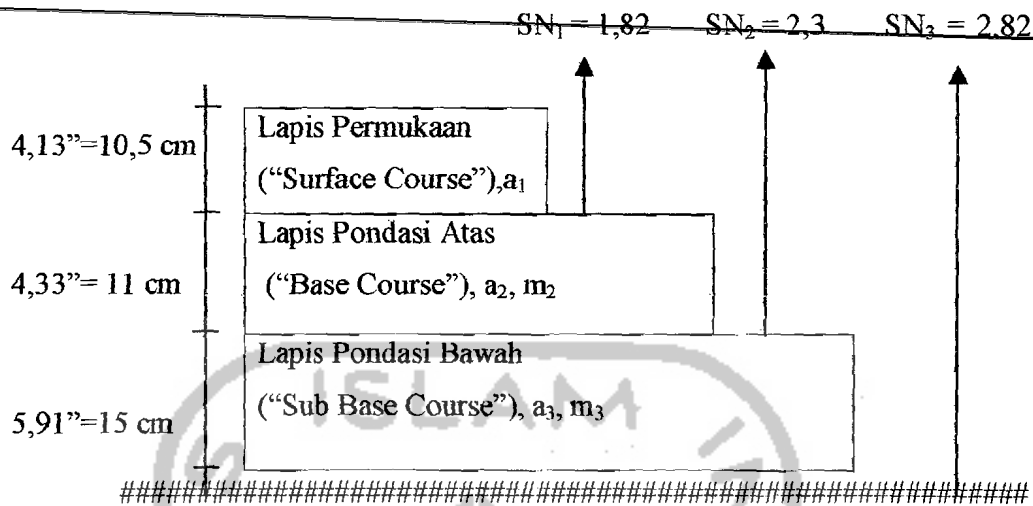
$$= [2,8 - (0,48 + 1,82)] / 0,11 \cdot 0,8$$

$$= 5,68'' = 14,42 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm} = 5,91''$$

$$SN_{\text{total}} = 0,44 \cdot 4,13 + 0,14 \cdot 4,33 \cdot 0,8 + 0,11 \cdot 5,91 \cdot 0,8$$

$$= 2,82 \geq 2,8$$

Susunan perkerasan :



Gambar 5.5 Tebal Lapis Keras Tahun 2003 Berdasarkan Hitungan Metode AASHTO 1986

h. Analisis Tebal Lapis Keras Lentur tahun 2010

Dalam analisis ini, tahun 2002 merupakan tahun pertama operasional jalan, dengan tahapan analisis sebagai berikut :

1. Lapis Permukaan

Lapis Permukaan (lapis HSCW, Laston Ac Binder, Laston AC Base dijadikan satu lapis) dengan penjabaran sebagai berikut :

	HSCW ($a_{AC1} = 0,44$, $D_{AC1} = 4$ cm)	
SN	AC Binder ($a_{AC2} = 0,44$, $D_{AC2} = 4$ cm)	a_1 , D_1 , SN_1
	AC Base ($a_{AC3} = 0,44$, $D_{AC3} = 8$ cm)	

$$SN = a_{AC1} \cdot D_{AC1} + a_{AC2} \cdot D_{AC2} + a_{AC3} \cdot D_{AC3} \quad \text{ITP} = a_1 \cdot D_1$$

$$SN = SN_1, \text{ maka } a_{AC1} \cdot D_{AC1} + a_{AC2} \cdot D_{AC2} + a_{AC3} \cdot D_{AC3} = a_1 \cdot D_1$$

$$\begin{aligned} a_1 &= (a_{AC1} \cdot D_{AC1} + a_{AC2} \cdot D_{AC2} + a_{AC3} \cdot D_{AC3}) / D_1 \\ &= (0,44 \cdot 4 + 0,44 \cdot 4 + 0,44 \cdot 8) / 16 \\ &= 0,44 \end{aligned}$$

$$R = 95 \%$$

$$S_o = 0,44$$

$$W_1 = 2,210 \times 10^6 \text{ 18 Kip ESAL}$$

$$\text{Pondasi atas 30.000 Psi, } PSI_{TR} = 1,7$$

Dari Nomogram Penentuan SN diperoleh $SN_1 = 2,3$ (Gambar 3.3)

Ketebalan Beton Asfalt :

$$\begin{aligned} D^*_1 &= SN_1 / a_1 \\ &= 2,3 / 0,44 \\ &= 5,227'' = 13,27 \text{ cm} \approx 13,5 \text{ cm} = 5,13'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SN^*_1 &= a_1 \cdot D^*_1 \\ &= 0,44 \cdot 5,31'' \\ &= 2,31 > SN_1 = 2,3 \end{aligned}$$

6. Lapis Pondasi Atas

Dengan data yang sama kecuali $E = 15.000 \text{ Psi (LPB)}$ diperoleh $SN_2 =$

3,1 , ketebalan batu pecah kelas A :

$$\begin{aligned} D^*_2 &= SN_2 - SN^*_1 / (a_2 m_2) \\ &= 3,1 - 2,31 / (0,14 \cdot 0,8) \\ &= 7,053'' = 17,9 \text{ cm} \approx 18 \text{ cm} = 7,087'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SN^*_2 &= a_2 \cdot D^*_2 \cdot m_2 \\
 &= 0,14 \cdot 7,087 \cdot 0,8 \\
 &= 0,79
 \end{aligned}$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 > SN_2$$

$$2,31 + 0,79 = 3,1 > 3,1$$

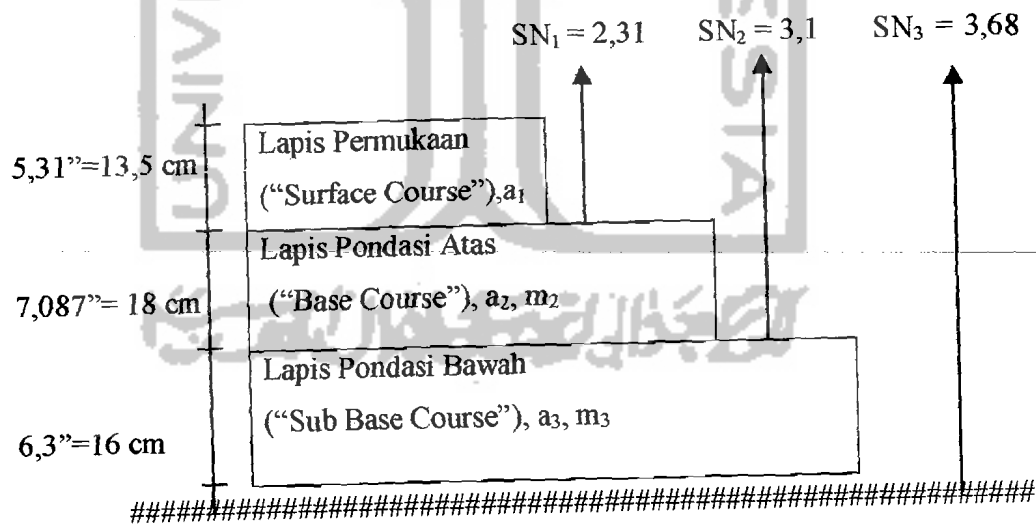
7. Lapis Pondasi Bawah :

Ketebalan agregat kelas B :

$$\begin{aligned}
 D^*_3 &= [SN_3 - (SN^*_2 + SN^*_1)] / a_3 m_3 \\
 &= [3,65 - (0,79 + 2,31)] / 0,11 \cdot 0,8 \\
 &= 6,25'' = 15,875 \text{ cm} \approx 16 \text{ cm} = 6,3''
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SN_{\text{total}} &= 0,44 \cdot 5,31 + 0,14 \cdot 7,087 \cdot 0,8 + 0,11 \cdot 6,3 \cdot 0,8 \\
 &= 3,68 > 3,65
 \end{aligned}$$

Susunan perkerasan :



Gambar 5.6 Tebal Lapis Keras Tahun 2010 Berdasarkan Hitungan

Metode AASHTO 1986

h. Pembahasan Analisis

Analisis tebal lapis keras lentur ruas jalan Yogyakarta-Prambanan Stasiun 7+500-10+575 dilakukan dengan dua macam metode, yaitu Metode Bina Marga dan Metode AASHTO 1986. Dalam hal ini keduanya dipakai untuk memprediksikan kemampuan lapis keras lentur hingga tahun 2010 pada ruas jalan yang telah disebutkan.

Berdasarkan hasil analisis yang ada (Tabel 5.14) dapat diketahui bahwa hasil analisis masing-masing metode adalah berbeda, hal ini disebabkan adanya perbedaan asumsi, parameter dan prosedur perencanaan yang digunakan masing-masing metode. (Tabel 5.15)

Tabel 5.14 Hasil Analisis dengan Metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1986

Metode Tahun	Bina Marga 1987			AASHTO 1986			Konstruksi Yang Terpasang (cm)
	2002 (cm)	2002 (cm)	2010 (cm)	2002 (cm)	2003 (cm)	2010 (cm)	
Lap. Permukaan	7,5	10	11,5	10	10,5	13,5	16
LPA	30	30	30	12	11	18	30
LPB	40	40	40	13	15	16	40

Tabel 5.15 Perbedaan pada perhitungan lapis keras dengan menggunakan Metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1986

Uraian (1)	Metode Bina Marga 1987 (2)	Metode AASHTO 1986 (3)
Daya Dukung Tanah Dasar	Dikorelasikan dengan nilai CBR, menggunakan Grafik pada Gambar 3.1	Dinyatakan dengan Modulus Resilien (Mr) atau dikorelasikan dengan CBR menggunakan Persamaan 3.18
Lintas Ekuivalen	Ditentukan berdasarkan LEP, LEA, LET, dan LER	Ditentukan berdasarkan Persamaan 3.13
Faktor Regional	Digunakan untuk menyatakan perbedaan kondisi lokasi	Tidak digunakan lagi, digunakan parameter baru
Parameter Baru	Tidak digunakan	Reliabilitas, Simpangan Baku, dan Koefisien Drainase
Penentuan Tebal Lapis Keras	$IIP = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$	$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$

Berdasarkan Tabel 5.15 tersebut, dapat dikatakan bahwa dengan adanya perbedaan parameter, maka persamaan dan nomogram yang menyatakan hubungan antara repetisi beban lalu-lintas, daya dukung tanah dan parameter lain yang digunakan menjadi berbeda.

