

BAB V

ANALISA DAN PERANCANGAN

5.1. Hasil Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memudahkan analisa. Berikut ini disajikan hasil pengumpulan data.

5.1.1. Kondisi Lapis Keras

Kondisi perkerasan ruas jalan Sentolo-Milir adalah sebagai berikut :

- a. Tipe jalan : jalan arteri 2 arah tanpa batas jalur
- b. Lebar perkerasan : 7 m
- c. Lebar bahu jalan : rata-rata 1 meter
- d. Kondisi medan : rata-rata lurus dan datar
- e. Kondisi permukaan jalan : pada daerah tertentu mengalami kerusakan seperti retak.

5.1.2. Beban Lalu Lintas

Pengamatan jumlah kendaraan yang lewat dilakukan selama 3 x 24 jam, yaitu pada hari Sabtu, 2 November 2002 ; Minggu, 3 November 2003 ; Senin, 4 November 2002 di daerah SPBU Sentolo.

Jenis-jenis kendaraan yang diamati berdasarkan klasifikasi kendaraan dari Dinas Pekerjaan Umum Propinsi DIY serta Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Raya Propinsi DIY yang dibagi menjadi 8 golongan kendaraan yaitu :

- a. Golongan I, yaitu kendaraan ringan berupa kendaraan pribadi (sedan, jeep, minibus/*Stasion Wagon*), mobil angkutan penumpang (taxi, mikro bus), dan kendaraan angkutan barang (*pick up*, mikro truk, *colt box*)
- b. Golongan II, yaitu berupa bus.
- c. Golongan III, yaitu truk ringan dengan berat total maksimum 8.3 ton.
- d. Golongan IV, yaitu truk sedang dengan berat total maksimum 18.2 ton
- e. Golongan V, yaitu truk berat dengan berat total maksimum 25 ton.
- f. Golongan VI, yaitu berupa truk gandeng.
- g. Golongan VII, yaitu trailer dengan berat total maksimum 26.2 ton.
- h. Golongan VIII, yaitu trailer dengan berat total maksimum 42 ton.

Hasil pencacahan jumlah kendaraan disajikan pada tabel 5.1 berikut, selengkapnya disajikan pada lampiran 6.

Tabel 5.1 Hasil Survei Volume Lalu Lintas Tanggal 2,3, dan 4 November 2002 dalam 2 arah

Tgl	Golongan Kendaraan								Total (Kend/hr/2arah)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
2-Nov-02	10401	1674	1780	367	239	93	57	188	14799
3-Nov-02	9912	1772	1231	266	212	9	10	208	13620
4-Nov-02	8469	1304	1796	331	211	100	65	166	12442

Sumber : Hasil Survey Lalu Lintas 2002

Berdasarkan data pada lampiran 7 yang diperoleh dari Bina Marga DIY, volume lalu lintas pada tahun 1997 dapat dilihat pada tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Data volume lalu lintas tahun 1997

Golongan Kendaraan	Jumlah Kend/hr/2arah
I	10383
II	1325
III, IV	1972
V, VI, VII, dan VIII	401
Total	14081

Sumber : Bina Marga 1997

5.1.3. Bahan Lapis Keras

Berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum, Sub Dinas Bina Marga, Propinsi DIY bahan lapis keras yang digunakan pada ruas Sentolo-Milir dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut. Selengkapnya potongan perkerasan dapat dilihat pada lampiran 8.

Tabel 5.3 Daftar Tebal Lapis Perkerasan dan Jenis Perkerasan

Lapisan Perkerasan	Jenis	Material	Tebal Lapisan
(1)	(2)	(3)	(4)
Lapis Permukaan AC	Laston (<i>Asphalt Concrete</i>)	AC	3 cm
Lapis Permukaan ATB	Laston (<i>Asphalt Concrete</i>)	AC	3 cm
Lapis Permukaan (Lapen)	Lapis Penetrasi	Lapen	7 cm
Lapis Pondasi Atas	Sirtu	Sirtu	8 cm
Lapis Pondasi Bawah	Agregat Kelas B(BTK)	Batu Kali	20 cm
Lapis Pondasi Bawah	Pasir	Pasir	20cm
Tanah Dasar	Tanah Padat	Tanah Padat	-

Sumber : Subdin Bina Marga DIY

5.1.4. Kondisi Lingkungan

Menurut Dinas Pekerjaan Umum, Sub Dinas Bina Marga, Propinsi DIY, ruas Sentolo Milir termasuk dalam golongan medan datar dan lurus dengan kelandaian tidak lebih dari 6 %.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Biro Pusat Statistik DIY, diperoleh data curah hujan di daerah Sentolo $1885 \geq 900$ mm/thn. Pada tabel 5.4 akan disajikan data curah hujan, selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 9.

Tabel 5.4 Data Curah Hujan

Bulan	Curah Hujan (mm)
Januari	347
Februari	274
Maret	247
April	108
Mei	49
Juni	54
Juli	85
Agustus	1
September	-
Oktober	340
November	220
Desember	160
Total	1885

Sumber: Biro Pusat Statistik 2001

5.1.5. Tanah Dasar

Penelitian tanah dasar di laboratorium dilakukan untuk mengetahui nilai CBR tanah dasar. Pengujian CBR dilakukan pada 4 sampel (lampiran 10) dan hasilnya disajikan pada tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian CBR

Sampel	Harga	CBR (%)	Nilai CBR (%)
	0.1"	0.2"	
(1)	(2)	(3)	(4)
A	11.97	10.31	11.97
B	11.47	9.98	11.47
C	11.72	9.98	11.72
D	10.97	10.3	10.97

Sumber: Hasil Pengujian CBR Laboratorium 2002

Berdasarkan data yang diperoleh pada tabel 5.5, persamaan 3.1, dan tabel 3.1 ditentukan nilai CBR segmen yang mewakili sebagai berikut.

$$CBR_{rata-rata} = (11.97 + 11.47 + 11.72 + 10.97) \% / 4 = 11.5325 \%$$

$$CBR_{maks} = 11.97 \%$$

$$CBR_{min} = 10.97 \%$$

$$R = 2.24$$

$$CBR_{segmen} = 11.5325 - (11.97 - 10.97) / 2.24 = 11.08 \% \approx 11 \%$$

5.1.6. Pemeriksaan Benkelman Beam

Hasil pemeriksaan lendutan dengan menggunakan *benkelman beam* dapat dilihat pada tabel 5.6 dan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 11.

Tabel 5.6 Daftar Hasil Penelitian Lendutan

KM	d1	Kiri			Kanan		
		d2	d3	d4	d2	d3	d4
16+200	0	0	0.13	0.25	0	0.13	0.25
16+600	0	0.25	0.33	0.4	0.25	0.33	0.4
17+000	0	0.5	1	1.5	0.5	1	1.5
17+400	0	0.1	0.15	0.2	0.1	0.15	0.2
18+200	0	27	35	43	27	35	43
18+600	0	24.5	31.75	39	24.5	31.75	39
18+800	0	5	12.25	19.5	5	12.25	19.5
19+400	0	0	0	0	0	0	0
20+000	0	0	0	0	0	0	0
20+400	0	1	1	1	1	1	1
21+100	0	0	0	0	0	0	0
21+600	0	0	0.88	1.75	0	0.88	1.75
22+000	0	0.5	1.25	2	0.5	1.25	2
22+700	0	3	11.5	20	3	11.5	20
23+000	0	14	16	18	14	16	18
23+400	0	0	5.5	11	0	5.5	11
23+700	0	21	25.75	30.5	21	25.75	30.5
23+900	0	0	2	4	0	2	4
24+000	0	1.5	4.25	7	1.5	4.25	7
24+200	0	14.5	20	25.5	14.5	20	25.5
24+400	0	3.5	11	18.5	3.5	11	18.5

Sumber: Hasil Pemeriksaan Benkelman Beam 2002

5.2. Analisis Perhitungan

Analisis perhitungan dilakukan setelah pengumpulan data dilakukan. Metode Analisa Komponen Bina Marga digunakan dalam perancangan kembali struktur perkerasan lentur dan perencanaan tebal lapis tambahan. Selain itu, perencanaan tebal

lapis tambahan juga dihitung menggunakan Metode Lendutan Balik Bina Marga 01/MN/B/1983

5.2.1. Metode Analisa Komponen Bina Marga 1987

5.2.1.1 Menentukan Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

Data yang dibutuhkan untuk menentukan LEP adalah :

a. Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Lalu Lintas Harian Rata-Rata diperlukan sebagai acuan dalam analisis ini sebab mempengaruhi beban yang akan dipikul oleh perkerasan. Data LHR ini diperoleh dari hasil survei volume lalu lintas dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 5.1

b. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka Ekuivalen tiap sumbu kendaraan ditentukan berdasarkan persamaan 3.2 dan 3.3. Pada tabel 3.5 dapat dilihat konfigurasi beban sumbu kendaraan dan angka ekuivalen beban sumbu standar yang diberikan oleh Bina Marga

c. Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Ruas jalan Sentolo-Milir tidak memiliki batas lajur, sehingga berdasarkan tabel 3.4 dengan lebar perkerasan 7 m dengan 2 arah ruas jalan memiliki 2 lajur. Berdasarkan tabel 3.3 ditentukan koefisien distribusi kendaraan, yaitu :

- a. Kendaraan ringan dengan berat total < 5 ton, $C = 0.5$
- b. Kendaraan berat dengan berat total ≥ 5 ton, $C = 0.5$

Dengan menggunakan data tersebut, LEP dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 3.4. Hasil analisis LEP disajikan pada tabel 5.7.

Tabel 5.7 Nilai LEP untuk LHR berdasarkan hasil survei pada tanggal 2, 3, dan 4 November 2002

Golongan Kendaraan	LHR	LHR	LHR	C	E	LEP	LEP	LEP
	2-Nov-02	3-Nov-02	4-Nov-02			2-Nov-02	3-Nov-02	4-Nov-02
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
I	10401	9912	8469	0.5	0.0004	2.0802	1.9824	1.6938
II	1674	1772	1304	0.5	0.3006	251.6022	266.3316	195.9912
III	1780	1231	1796	0.5	0.2174	193.486	133.8097	195.2252
IV	367	266	331	0.5	5.0264	922.3444	668.5112	831.8692
V	239	212	211	0.5	2.7416	327.6212	290.6096	289.2388
VI	93	9	100	0.5	4.9283	229.16595	22.17735	246.415
VII	57	10	65	0.5	6.1179	174.36015	30.5895	198.83175
VIII	188	208	166	0.5	10.183	957.202	1059.032	845.189
Total	14799	13620	12442			3057.8621	2473.0434	2804.454

Nilai LHR yang digunakan adalah hasil pengamatan pada tanggal 2 November 2002, yaitu pada nilai LEP terbesar = $3057.8621 \approx 3058$.

5.2.1.2. Menentukan Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

Data yang digunakan dalam analisis ini adalah :

a. Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

LHR yang digunakan berdasarkan nilai LEP terbesar, yaitu pada tanggal 2 November 2002 seperti yang disajikan pada tabel 5.7

b. Umur Rencana

Perancangan perkerasan direncanakan dengan umur rencana (UR) 10 tahun.

c. Pertumbuhan Lalu Lintas

Pertumbuhan lalu lintas (i) digunakan untuk memprediksi volume lalu lintas untuk 10 tahun mendatang, yakni pada akhir umur rencana.

Perhitungan angka pertumbuhan menggunakan data pada tabel 5.1 dan 5.2 dengan persamaan 3.7. Analisis pertumbuhan lalu lintas selengkapnya disajikan pada tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Angka Pertumbuhan Lalu Lintas Tiap Golongan Kendaraan

Golongan Kendaraan	n	a	b	$i = ((b/a)^n - 1) \cdot 100\%$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
I	5	10383	10401	0.03
II	5	1325	1674	4.8
III,IV	5	1972	2147	1.71
V,VI,VII,VIII	5	401	577	7.6

Dari perhitungan angka pertumbuhan pada tabel 5.8 dapat ditentukan angka pertumbuhan selama umur rencana (i_{UR}) yaitu :

$$i_{UR} = (0.03 + 4.8 + 1.71 + 7.6) / 4$$

$$= 3.535 = 3.6 \%$$

Berdasarkan data-data tersebut, dapat ditentukan LEA dengan menggunakan persamaan 3.5, yang hasilnya disajikan dalam tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.9 Tabel Perhitungan LEA

Golongan Kendaraan	LHR	C	E	i	UR	LEA
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
I	10401	0.5	0.0004	0.036	10	2.962802116
II	1674	0.5	0.3006	0.036	10	358.3537787
III	1780	0.5	0.2174	0.036	10	275.5796222
IV	367	0.5	5.0264	0.036	10	1313.683271
V	239	0.5	2.7416	0.036	10	466.6266631
VI	93	0.5	4.9283	0.036	10	326.3981163
VII	57	0.5	6.1179	0.036	10	248.33892
VIII	188	0.5	10.183	0.036	10	1363.330502
Total	14799					4355.273676

Dari hitungan LEA pada tabel 5.9 diperoleh nilai LEA = 4355.273676 \approx 4356.

5.2.1.3 Menentukan LET dan LER

Data yang dibutuhkan untuk menentukan nilai LET dan LER adalah :

a. LEP

Berdasarkan hitungan pada tabel 5.7 diperoleh nilai LEP = 3058

b. LEA

Berdasarkan hitungan pada tabel 5.9 diperoleh nilai LEA = 4356

c. Faktor Penyesuaian (FP)

Faktor penyesuaian dipengaruhi umur rencana, yaitu 10 tahun. Berdasarkan persamaan 3.10, maka :

$$FP = 10/10 = 1$$

Berdasarkan persamaan 3.8 dan 3.9, dengan menggunakan data-data tersebut, maka :

$$LET = \frac{1}{2} (3058 + 4356) = 3707$$

$$LER = 3707 \times 1 = 3707$$

5.2.1.4 Menentukan Faktor Regional (FR).

Data yang digunakan untuk menentukan faktor regional adalah :

a. Persen Kendaraan Berat

Persen kendaraan berat terhadap total kendaraan yang lewat dapat ditentukan berdasarkan data LHR yang disajikan pada tabel 5.9.

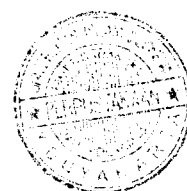
$$\begin{aligned} \% \text{ Kend. berat} &= [(1674+1780+367+239+93+57+188)/14799] \times 100\% \\ &= 29.72 \% \leq 30\% \end{aligned}$$

b. Kelandaian

Ruas Sentolo Milir termasuk dalam golongan medan datar dan lurus dengan kelandaian tidak lebih dari 6 %.

c. Curah hujan

Berdasarkan data pada tabel 5.4 daerah Sentolo memiliki curah hujan $1885 \geq 900$ mm/th.



Dengan menggunakan tabel 3.2 dan data-data tersebut, maka FR yang digunakan adalah 1.5

5.2.1.5 Menentukan Indeks Permukaan Awal (IPo)

Berdasarkan jenis lapis permukaan LASTON dengan menggunakan tabel 3.6 maka digunakan $IPo = 4$.

5.2.1.6 Menentukan Indeks Permukaan Akhir (IPt)

Data yang dibutuhkan untuk menentukan IPt adalah :

a. LER

Berdasarkan langkah 5.2.1.3, diperoleh nilai $LER = 3707$

b. Klasifikasi jalan

Ruas jalan Sentolo Milir melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh dan kecepatan rata-rata tinggi sehingga di klasifikasikan sebagai jalan arteri.

Dengan menggunakan data yang ada, ditetapkan nilai IPt berdasarkan tabel 3.7 yaitu 2.5.

5.2.1.7 Menentukan Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Data yang dibutuhkan dalam analisis ITP adalah :

a. Daya Dukung Tanah (DDT)

Berdasarkan nilai CBR yang diperoleh pada data V.1.5, yaitu 11% dan menggunakan nomogram pada lampiran 1 diperoleh $DDT = 6.2$

b. Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

Pada tahap 5.2.1.3 diperoleh $LER_{2012} = 3707$

c. Faktor Regional (FR)

Pada tahap 5.2.1.4 diperoleh $FR = 1.5$

d. Indeks Permukaan (IPo dan IPt)

Pada tahap 5.2.1.5 diperoleh $IPo = 4$.

Pada tahap 5.2.1.6 diperoleh $IPt = 2.5$

Dengan menggunakan data DDT, LER, FR, IPo, dan IPt berdasarkan nomogram pada lampiran 2, diperoleh nilai $ITP_{2012} = 10.5$

5.2.1.8 Perancangan Lapis Keras

Perancangan Lapis keras untuk umur rencana 10 tahun memerlukan data sebagai berikut :

a. Indeks Tebal Perkerasan

Berdasarkan tahap 5.2.1.7 diperoleh ITP untuk umur rencana 10 tahun, yaitu $ITP_{2012} = 10.5$.

b. Tebal Minimum Lapis Keras (D_{min})

Berdasarkan nilai $ITP_{2012} = 10.5$, dengan menggunakan tabel 3.9 ditentukan tebal minimum lapis keras dan bahan yang digunakan. Untuk lapis permukaan tebal minimum 10 cm dengan bahan LASTON dan untuk lapis pondasi tebal minimum 20 cm dengan bahan batu pecah.

c. Koefisien Kekuatan Relatif Bahan (a)

Bahan yang digunakan dalam *re-design* ini adalah :

1. Lapis Permukaan

Lapis Permukaan menggunakan LASTON. Dengan menggunakan tabel 3.8 diperoleh koefisien kekuatan relatif (a_1) = 0.32

2. Lapis Pondasi Atas

Lapis pondasi atas menggunakan batu pecah (kelas A). Dengan menggunakan tabel 3.8 diperoleh koefisien kekuatan relatif (a_2) = 0.14.

3. Lapis Pondasi Bawah

Lapis Pondasi Bawah menggunakan sirtu (kelas A). Dengan menggunakan tabel 3.8 diperoleh koefisien kekuatan relatif (a_3) = 0.13.

Dengan menggunakan data tersebut, maka dapat ditentukan tebal tiap lapis perkerasan dengan menggunakan persamaan 3.11.

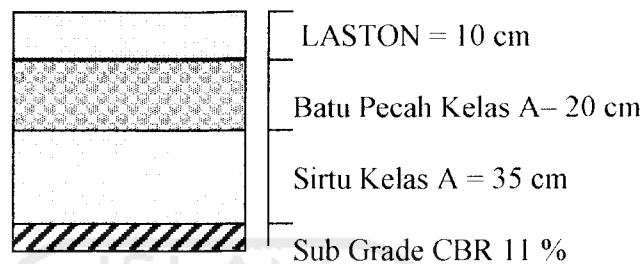
$$\begin{aligned}\overline{ITP}_{2012} &= a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 \\ 10.5 &= 0.32 \cdot D_1 + 0.14 \cdot D_2 + 0.13 \cdot D_3\end{aligned}$$

Dipakai $D_1 = 10 \text{ cm} = D_{\min}(10\text{cm})$; $D_2 = 20 \text{ cm} = D_{\min}(20\text{cm})$,

maka $D_3 = 34.615 \approx 35 \text{ cm}$.

$$\text{Sehingga } \overline{ITP} = (0.32 \times 10) + (0.14 \times 20) + (0.13 \times 35) = 10.55$$

Dari analisa di atas, maka susunan lapis keras dapat dilihat pada gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Susunan Lapis Keras Perancangan Kembali

5.2.1.9 Perhitungan Tebal Lapis Tambahan

Tahap-tahap analisis tebal lapis tambahan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan nilai kondisi perkerasan jalan sebelum diberi lapis tambahan.

Nilai kondisi perkerasan dilakukan dengan melakukan pengamatan secara visual dan dengan menggunakan tabel 3.10 nilai kondisi perkerasan adalah sebagai berikut :

- a. Lapis Permukaan

Terlihat retak halus, sedikit deformasi pada jalur roda namun masih tetap stabil, nilai kondisi perkerasan 70 – 90 %.

- b. Lapis Pondasi Atas

Pondasi batu pecah memiliki nilai kondisi perkerasan 80 – 100 %.

- c. Lapis Pondasi Bawah

Di beri nilai kondisi perkerasan 90 %.

2. Analisa komponen tiap lapis perkerasan

Berdasarkan data jenis lapis keras pada tabel 5.3 dengan menggunakan tabel 3.8 tiap lapis perkerasan mempunyai koefisien kekuatan relatif (a) yang disajikan pada tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Perkerasan

Lapisan Perkerasan	Jenis	Tebal Lapisan (D)	a
(1)	(2)	(4)	(5)
Lapis Permukaan AC	Laston (<i>Asphalt Concrete</i>)	3 cm	0.32
Lapis Permukaan ATB	Laston (<i>Asphalt Concrete</i>)	3 cm	0.32
Lapis Pondasi Atas	Lapis Penetrasi	7 cm	0.23
Lapis Pondasi Atas	Sirtu	8 cm	0.13
Lapis Pondasi Bawah	Agregat Kelas B(BTK)	20 cm	0.12
Lapis Pondasi Bawah	Pasir	20cm	0.1

3. Menentukan \overline{ITP} perkerasan sebelum diberi lapis tambahan (\overline{ITP}_{2002}).

Dengan menggunakan data nilai kondisi perkerasan dan koefisien kekuatan relatif pada tabel 5.10 dapat ditentukan \overline{ITP} perkerasan sebelum di beri lapis tambahan dengan menggunakan persamaan 3.11.

$$\begin{aligned} \overline{ITP}_{2002} &= \{70\% \times [(0.32 \times 3) + (0.32 \times 3)]\} + \{80\% \times [(0.23 \times 7) + \\ &\quad (0.13 \times 8)]\} + \{90\% \times [(0.12 \times 20) + (0.1 \times 20)]\} \\ &= 7.424 \end{aligned}$$

4. Dengan nilai \overline{ITP}_{2002} dan \overline{ITP}_{2012} dapat ditentukan tebal lapis tambahan yang dibutuhkan.

$$\overline{\Delta ITP} = \overline{ITP}_{2012} - \overline{ITP}_{2002} = 10.5 - 7.424 = 3.076$$

5. Menentukan tebal lapis tambahan (D)

Lapis tambahan menggunakan LASTON (AC), dengan koefisien kekuatan relatif (a) = 0.32.

$$\begin{aligned} \overline{\Delta ITP} &= a \cdot D \\ 3.076 &= 0.32 \cdot D, D = 9.6125 \approx 10 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Dari analisis di atas susunan lapis perkerasan setelah di beri lapis tambahan LASTON setebal 10 cm dapat dilihat pada gambar 5.2 berikut.

	Lapis Tambah, Laston 10 cm
	Laston 6 cm
	Lapen 7 cm
	Sirtu 8 cm
	Batu Kali 20 cm
	Pasir 20 cm

Gambar 5.2 Susunan Lapis Keras Setelah Diberi Lapis Tambahan

5.2.2. Metode Bina Marga 01/MN/B/1983

5.2.2.1. Analisis Tebal Lapis Tambahan dengan Lendutan Balik

Tahap-tahap untuk menganalisis lapis tambahan dengan menggunakan harga lendutan balik adalah :

1. Menentukan harga lendutan balik.

Harga lendutan balik dihitung berdasarkan persamaan 3.14 dengan

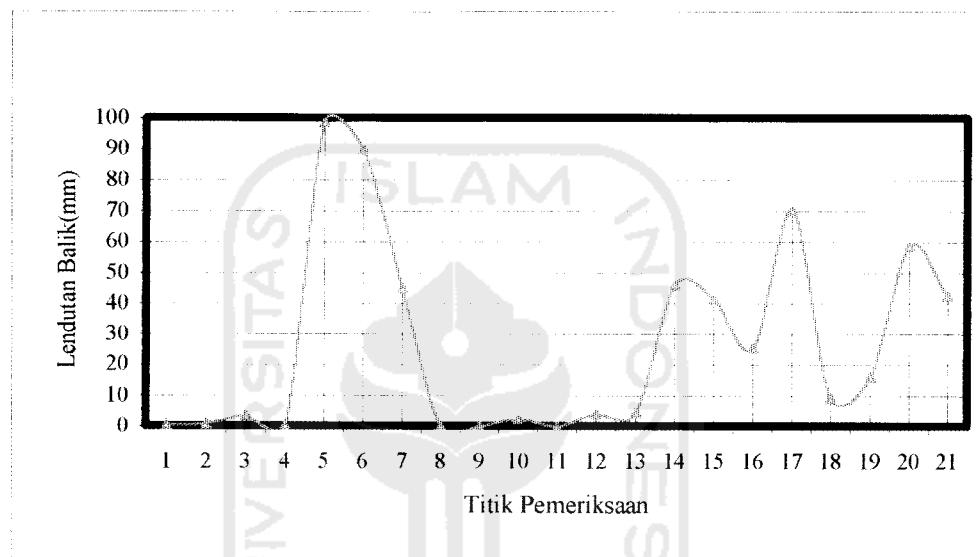
menggunakan data pada tabel 5.6 dan lampiran 11. Harga lendutan balik tiap titik disajikan pada tabel 5.11.

Tabel 5.11 Tabel Harga Lendutan Balik (mm) Tiap Titik Pemeriksaan

Titik	KM	d1	d4	Fm	Fl	Fe	d
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	16+200	0	0.25	2	1	1.15	0.575
2	16+600	0	0.4	2	1	1.15	0.92
3	17+000	0	1.5	2	1	1.15	3.45
4	17+400	0	0.2	2	1	1.15	0.46
5	18+200	0	43	2	1	1.15	98.9
6	18+600	0	39	2	1	1.15	89.7
7	18+800	0	19.5	2	1	1.15	44.85
8	19+400	0	0	2	1	1.15	0
9	20+000	0	0	2	1	1.15	0
10	20+400	0	1	2	1	1.15	2.3
11	21+100	0	0	2	1	1.15	0
12	21+600	0	1.75	2	1	1.15	4.025
13	22+000	0	2	2	1	1.15	4.6
14	22+700	0	20	2	1	1.15	46
15	23+000	0	18	2	1	1.15	41.4
16	23+400	0	11	2	1	1.15	25.3
17	23+700	0	30.5	2	1	1.15	70.15
18	23+900	0	4	2	1	1.15	9.2
19	24+000	0	7	2	1	1.15	16.1
20	24+200	0	25.5	2	1	1.15	58.65
21	24+400	0	18.5	2	1	1.15	42.55

2. Menggambar grafik nilai lendutan balik.

Dengan menggunakan nilai lendutan balik tiap titik pemeriksaan pada tabel 5.11 kolom 8 dapat digambarkan grafik lendutan balik pada gambar 5.3



Gambar 5.3 Grafik lendutan balik tiap titik pemeriksaan

3. Menentukan Lendutan Balik Ijin

Data yang dibutuhkan untuk menentukan lendutan balik ijin :

- a. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

Data LEP dapat dilihat pada tabel 5.7 kolom 7.

- b. Angka Ekuivalen (*Unit Equivalent 18 Kip Single Axle Load*)

UE 18 KSAL (*Unit Equivalent 18 Kip Single Axle Load*) dapat dilihat pada tabel 3.5 untuk tiap jenis kendaraan.

c. Faktor Umur Rencana (N)

Untuk umur rencana (n) = 10 tahun dan pertumbuhan lalu lintas (R) = 3.6 %, dengan menggunakan persamaan 3.21 ditentukan N = 11.99

d. *Accumulative Equivalent 18 Kip Single Axle Load* (AE 18 KSAL)

Dengan data LEP dan Faktor Umur Rencana (N) dapat ditentukan harga AE 18 KSAL menggunakan persamaan 3.20. Perhitungan AE 18 KSAL disajikan dalam tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 Daftar Hasil Perhitungan AE 18 KSAL

Golongan Kendaraan	LEP	N	AE 18 KSAL
(1)	(2)	(3)	(4)
I	2.0802	11.99	9103.68327
II	251.6022	11.99	1101099.288
III	193.486	11.99	846762.4561
IV	922.3444	11.99	4036501.915
V	327.6212	11.99	1433785.039
VI	229.16595	11.99	1002910.405
VII	174.36015	11.99	763061.0425
VIII	957.202	11.99	4189050.973
Total	3057.8621	11.99	13382274.8

Dari tabel 5.12 diperoleh nilai AE 18 KSAL = 13382274.8 \approx 1.3 10^7 .

Dengan menggunakan grafik pada lampiran 3 ditentukan lendutan balik ijin untuk AE 18 KSAL 1.3 10^7 adalah 1.2 mm.

Dari daftar lendutan balik pada tabel 5.11 dapat dilihat bahwa rata-rata lendutan yang terjadi melebihi lendutan balik yang diijinkan.

4. Menentukan segmen jalan dan lendutan balik yang mewakili segmen jalan.

Dengan memperhatikan tabel 5.11 dan gambar 5.3, maka ruas jalan dibagi menjadi 4 segmen:

- a. Segmen I, berada pada Sta 16 + 200 – 17 + 400.

Berdasarkan persamaan 3.16 dan 3.19 lendutan balik yang mewakili segmen ditentukan sebagai berikut.

Titik	d	d ²
(1)	(2)	(3)
1	0.575	0.330625
2	0.92	0.8464
3	3.45	11.9025
4	0.46	0.2116
n = 4	Σd = 5.405	Σ d ² = 13.291125

$$S = \sqrt{\frac{4 (13.291125) - (5.405)^2}{4 (4 - 1)}}$$

$$S = 1.413$$

$$\bar{d} = \frac{5.405}{4} = 1.35125$$

$$D = 1.351 + (2 \cdot 1.413) = 4.177$$

- b. Segmen II, berada pada Sta 18 + 200 – 18 + 800.
 c. Segmen III, berada pada Sta 19 + 400 – 21 + 100.

Berdasarkan persamaan 3.16 dan 3.19 lendutan balik yang mewakili segmen ditentukan sebagai berikut.

Titik	D	d ²
(1)	(2)	(3)
1	0	0
2	0	0
3	2.3	5.29
4	0	0
n = 4	Σd = 2.3	Σ d ² = 5.29

$$S = \sqrt{\frac{4(5.29) - (2.3)^2}{4(4-1)}}$$

$$S = 1.15$$

$$\bar{d} = \frac{2.3}{4} = 0.575$$

$$D = 0.575 + (2 \times 1.15) = 2.875$$

d. Segmen IV, berada pada Sta 21 + 600 – 24 + 400.

5. Analisis tebal lapis tambahan.

Dengan mengamati nilai lendutan pada tiap titik pemeriksaan, maka perancangan tebal lapis tambahan dapat dilakukan pada segmen III, sedangkan nilai lendutan balik pada segmen I, II, dan IV terlampaui besar sehingga grafik penentuan tebal *overlay* metode Bina Marga 1987 tidak dapat meng-*cover* nilai lendutan balik tersebut.

Perancangan tebal lapis tambahan pada segmen III adalah sebagai berikut:

Lendutan balik ijin = 1.2 mm

Lendutan balik segmen = 2.875 mm

Dengan menggunakan data tersebut dapat ditentukan tebal lapis tambah berdasarkan grafik pada lampiran 4 yaitu 10 cm AC (LASTON).

5.2.2.2. Analisis Tebal Lapis Tambahan dengan Kemiringan Titik Belok

Tahap-tahap untuk menganalisis lapis tambahan dengan menggunakan harga kemiringan titik belok adalah :

1. Menentukan harga kemiringan titik belok.

Harga kemiringan titik belok dihitung berdasarkan persamaan 3.15 dengan menggunakan data pada tabel 5.6 dan lampiran 11. Harga kemiringan titik belok tiap titik pemeriksaan disajikan pada tabel 5.13 berikut.

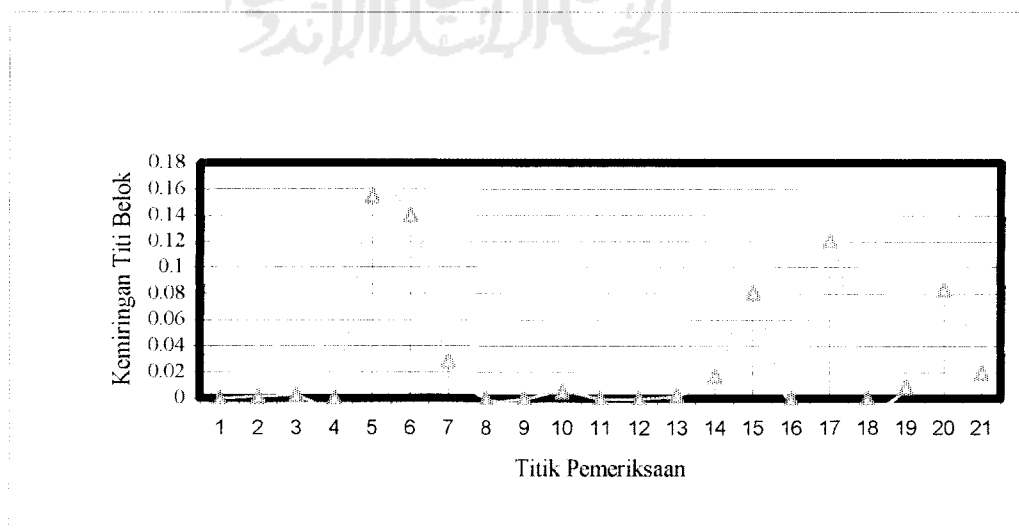
2. Menggambar grafik kemiringan titik belok.

Dengan menggunakan harga kemiringan titik belok tiap titik pemeriksaan pada tabel 5.13 kolom 9 dapat digambarkan grafik kemiringan titik belok pada gambar

5.4

Tabel 5.13 Tabel Harga Kemiringan Titik Belok Tiap Titik Pemeriksaan

Titik	KM	d1	d2	Fm	F1	Fc	X12	tg (°)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	16+200	0	0	2	1	1.15	40	0
2	16+600	0	0.25	2	1	1.15	40	0.0014375
3	17+000	0	0.5	2	1	1.15	40	0.002875
4	17+400	0	0.1	2	1	1.15	40	0.000575
5	18+200	0	27	2	1	1.15	40	0.15525
6	18+600	0	24.5	2	1	1.15	40	0.140875
7	18+800	0	5	2	1	1.15	40	0.02875
8	19+400	0	0	2	1	1.15	40	0
9	20+000	0	0	2	1	1.15	40	0
10	20+400	0	1	2	1	1.15	40	0.00575
11	21+100	0	0	2	1	1.15	40	0
12	21+600	0	0	2	1	1.15	40	0
13	22+000	0	0.5	2	1	1.15	40	0.002875
14	22+700	0	3	2	1	1.15	40	0.01725
15	23+000	0	14	2	1	1.15	40	0.0805
16	23+400	0	0	2	1	1.15	40	0
17	23+700	0	21	2	1	1.15	40	0.12075
18	23+900	0	0	2	1	1.15	40	0
19	24+000	0	1.5	2	1	1.15	40	0.008625
20	24+200	0	14.5	2	1	1.15	40	0.083375
21	24+400	0	3.5	2	1	1.15	40	0.020125



Gambar 5.4 Grafik kemiringan titik belok tiap titik pemeriksaan

3. Menentukan segmen jalan dan $\tan \theta$ yang mewakili segmen jalan.

Dengan memperhatikan tabel 5.11 dan gambar 5.4, maka ruas jalan dibagi menjadi 4 segmen:

a. Segmen I, berada pada Sta 16 + 200 – 17 + 400.

Berdasarkan persamaan 3.22 dan 3.25 $\tan \theta$ yang mewakili segmen ditentukan sebagai berikut.

Titik	$\tan \theta$	$\tan \theta^2$
(1)	(2)	(3)
1	0	0
2	0,0014375	2,06641E-06
3	0,002875	8,26563E-06
4	0,000575	3,30625E-07
n = 4	$\Sigma \tan \theta = 0,0048875$	$\Sigma \tan \theta^2 = 1,06627E-05$

$$S = \sqrt{\frac{4 (0,0000106627) - (0,0048875)^2}{4 (4 - 1)}}$$

$$S = 0,00125$$

$$\overline{\tan \theta} = \frac{0,0048875}{4} = 0,00122$$

$$Tg \theta = 0,00122 + (2 \times 0,00125) = 0,00372$$

- b. Segmen II, berada pada Sta 18 + 200 – 18 + 800.
- c. Segmen III, berada pada Sta 19 + 400 – 21 + 100.

Berdasarkan persamaan 3.22 dan 3.25 $\tan \theta$ yang mewakili segmen ditentukan sebagai berikut.

Titik	$\tan \theta$	$\tan \theta^2$
(1)	(2)	(3)
1	0	0
2	0	0
3	0.00575	0.0000330625
4	0	0
5	0	0
n = 5	$\sum \tan \theta = 0.00575$	$\sum \tan \theta^2 = 0.0000330625$

$$S = \sqrt{\frac{5 (0.0000330625) - (0.00575)^2}{5 (5 - 1)}}$$

$$S = 0.00257$$

$$\overline{\text{tg } \theta} = \frac{0.00575}{5} = 0.00192$$

$$\text{Tg } \theta = 0.00192 + (2 \times 0.00257) = 0.00707$$

- d. Segmen IV, berada pada Sta 21 + 600 – 24 + 400.

4. Analisa Tebal Lapis Tambah

Dengan mengamati nilai $\tan \theta$ pada tiap titik pemeriksaan, maka perancangan *overlay* dapat dilakukan pada segmen I, sedangkan nilai $\tan \theta$ pada segmen I, II, dan IV terlampaui besar sehingga grafik penentuan tebal *overlay* berdasarkan nilai $\tan \theta$ pada metode Bina Marga 1983 tidak dapat meng-cover nilai $\tan \theta$ tersebut.

Perancangan *overlay* pada segmen I adalah sebagai berikut:

$$AE \ 18 \text{ KSAL} = 13382274.8 \approx 1.3 \cdot 10^7.$$

$$Tg \ \theta = 0.00122 + (2 \times 0.00125) = 0.00372$$

Dengan menggunakan data tersebut berdasarkan grafik pada lampiran 5 tidak dapat ditentukan tebal *overlay* karena grafik tersebut tidak dapat mengakomodasi data yang ada.

5.3. Rekapitulasi Hasil Perancangan

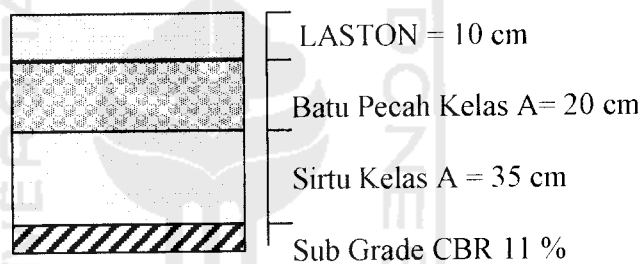
5.3.1. Metode Analisa Komponen Bina Marga 1987

5.3.1.1 Perancangan Kembali Struktur Perkerasan

Berdasarkan hasil perhitungan perancangan kembalilapis perkerasan dengan menggunakan data hasil survey, susunan lapis perkerasan (*Existing Road*) dan susunan lapis perkerasan hasil perancangan kembali untuk umur rencana 10 tahun dapat dilihat pada gambar 5.5 dan 5.6 berikut.

	Laston 6 cm
	Lapen 7 cm
	Sirtu 8 cm
	Batu Kali 20 cm
	Pasir 20 cm

Gambar 5.5 Susunan Lapis Keras (*Existing Road*)



Gambar 5.1 Susunan Lapis Keras Perancangan Ulang

5.3.1.2 Tebal Lapis Tambah (*Overlay*)

Berdasarkan hasil perhitungan perancangan tebal lapis tambah dengan menggunakan data hasil survey, susunan lapis perkerasan (*Existing Road*) dan susunan lapis perkerasan setelah diberi lapis tambah dapat dilihat pada gambar 5.7 dan 5.8 berikut.

	Laston 6 cm
	Lapen 7 cm
	Sirtu 8 cm
	Batu Kali 20 cm
	Pasir 20 cm

Gambar 5.7 Susunan Lapis Keras (*Existing Road*)

	Lapis Tambah, Laston 10 cm
	Laston 6 cm
	Lapen 7 cm
	Sirtu 8 cm
	Batu Kali 20 cm
	Pasir 20 cm

Gambar 5.8 Susunan Lapis Keras Setelah Diberi Lapis Tambahan

5.3.2. Metode Bina Marga 01/MN/B/1983

5.3.2.1 Nilai Struktural Perkerasan

Berdasarkan hasil survey nilai lendutan dengan menggunakan *benkleman beam* dapat dilihat bahwa nilai lendutan yang terjadi pada titik – titik pemeriksaan mempunyai nilai yang sangat besar (lihat tabel 5.11)

Dari pengamatan tersebut dapat dilihat bahwa perkerasan pada titik pemeriksaan mengalami penurunan kondisi struktural.

5.3.2.2 Tebal Lapis Tambah

Berdasarkan hasil analisis *overlay* dengan menggunakan metoda Bina Marga 1983 berdasarkan nilai lendutan balik yang dikontrol dengan nilai kemiringan titik belok (diambil nilai yang terbesar) ditunjukkan adanya penurunan kondisi struktural. Penentuan tebal lapis tambahan tidak bisa ditentukan berdasarkan nilai lendutan balik.

