



BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memudahkan analisis. Berikut ini disajikan hasil pengumpulan data:

5.1.1 Kondisi Perkerasan Lama

Kondisi perkerasan lama ruas jalan Solo-Semarang sta 23+000 - 24+500 adalah sebagai berikut:

- a. Tipe Jalan : Jalan arteri 2 arah 2 lajur.
- b. Lebar perkerasan : 10 m.
- c. Lebar bahu jalan : 2 m.
- d. Kondisi permukaan jalan : Terdapat banyak retak dan gelombang pada lapis perkerasan.

5.1.2 Beban Lalu lintas

Pengamatan jumlah kendaraan yang lewat dilakukan selama 6 hari pada hari Senin tanggal 11 Oktober 2004 sampai hari Sabtu tanggal 16 Oktober 2004 pada stasiun 23+700. Jenis-jenis kendaraan yang diamati berdasarkan klasifikasi

angka ekivalen beban sumbu kendaraan dari Bina Marga dibagi menjadi 7 golongan yaitu :

- a. Golongan I, yaitu mobil penumpang (*sedan, jeep, pick up, minibus*).
- b. Golongan II, yaitu bus.
- c. Golongan III, yaitu truk 2 sumbu dengan berat total maksimum 8,3 ton.
- d. Golongan IV, yaitu truk 2 sumbu dengan berat total maksimum 18,2 ton.
- e. Golongan V, yaitu truk 3 sumbu dengan berat total maksimum 25 ton.
- f. Golongan VI, yaitu truk gandeng.
- g. Golongan VII, yaitu truk *trailer*.

Berikut ini data hasil pengamatan jumlah volume lalu lintas (lampiran 3.2 sampai lampiran 3.7.) disajikan dalam tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Survei Volume Lalu lintas

Tanggal	Golongan Kendaraan							Total Kendaraan (kend/hr)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	
11 Oktober 2004	12510	2790	1542	989	587	329	308	19055
12 Oktober 2004	11914	2643	1561	960	579	323	280	18260
13 Oktober 2004	11319	2497	1581	930	570	316	252	17465
14 Oktober 2004	11873	2645	1292	869	536	324	292	17831
15 Oktober 2004	12427	2793	1003	807	505	332	331	18198
16 Oktober 2004	12310	2512	1632	1052	615	315	330	18766
LHR Rata-rata	12059	2647	1435	935	565	323	299	18263

Sumber : Hasil Survei Lalu lintas 2004

Berdasarkan data pada lampiran 3.1 yang diperoleh dari Bina Marga Jawa Tengah Volume lalu lintas pada tahun 1999 dapat dilihat pada tabel 5.2 berikut :

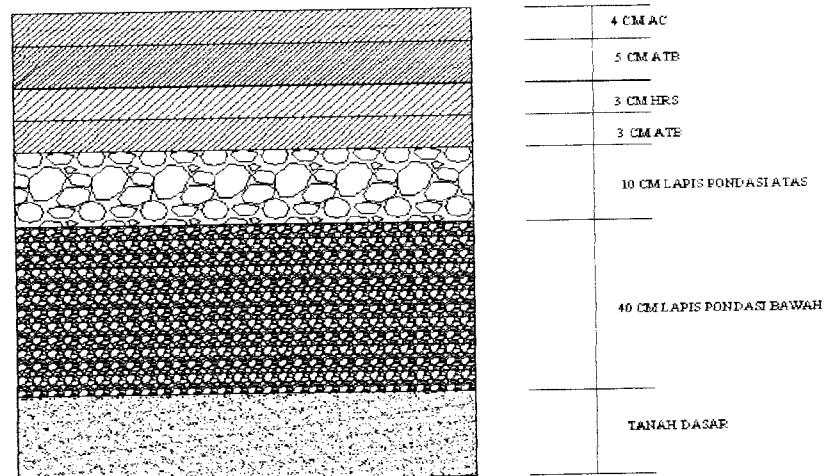
Tabel 5.2 Data Volume Lalu Lintas 1999

Golongan Kendaraan	Jumlah Kendaraan (kend/hr)
I	8140
II	1201
III	1010
IV	672
V	243
VI	124
VII	67

Sumber : Bina Marga 1999

5.1.3 Bahan Lapis Keras

Berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum, Sub Dinas Bina Marga Propinsi Jawa Tengah, bahan lapis keras yang digunakan pada jalan Solo-Semarang dapat dilihat pada gambar 5.1 berikut :



Gambar 5.1 Struktur Perkerasan Jalan Solo-Semarang
Sumber : Bina Marga

5.1.4 Job Mix Formula

Berdasarkan data JMF yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum, Sub Dinas Bina Marga Propinsi Jawa Tengah, JMF pada jalan Solo-Semarang dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut :

Tabel 5.3 Data Job Mix Formula

Uraian		JMF
Kepadatan beton aspal		2.312 grm/cm ³
Kadar aspal		6.3 %
Gradasi agregat	3/4"	100
	1/2"	77.39
	3/8"	61.05
	No.4	42.74
	No.8	36.23
	No.30	21.72
	No.50	14.17
	No.100	7.87
	No.200	4.21

Sumber : Bina Marga

5.1.5 Pemeriksaan *Benkelman Beam*

Hasil pemeriksaan lendutan dengan menggunakan *Benkelman Beam* (lampiran 3.8) dapat dilihat pada tabel 5.4 berikut:

Tabel 5.4 Hasil Pemeriksaan Lendutan Balik Jalan

STA	Lendutan		
	d1	d2	d3
23+000	0	33	51
23+100	0	37	55
23+200	0	32	54
23+300	0	27	40
23+400	0	22	50
23+500	0	26	39
23+600	0	21	41
23+700	0	23	35
23+800	0	24	42
23+900	0	20	35
24+000	0	28	49
24+100	0	34	51
24+200	0	29	44
24+300	0	14	32
24+400	0	37	60
24+500	0	6	37

Sumber : Hasil Pemeriksaan Benkelman Beam 2004

5.1.6 Kepadatan Beton Aspal

Pemeriksaan kepadatan beton aspal (lampiran 4.1) dapat dilihat pada tabel 5.5 berikut:

Tabel 5.5 Hasil Pemeriksaan Beton Aspal

STA	Tebal (cm)	Berat (gram)			Volume (cm ³) (c-b)	Bulk (gr/cm ³) (a/d)
		Kering (a)	Dalam Air (b)	SSD (c)		
23+000	4	1472	873	1525	652	2.257669
23+300	4	1198	688	1210	522	2.295019
23+600	4	1246	729	1252	523	2.382409
23+900	4	1265	756	1276	520	2.432692
24+200	4	1450	832	1474	642	2.258567
24+500	4	1740	1018	1778	760	2.289474
Kepadatan rata-rata						2.319305

Sumber : Hasil Pengujian Kepadatan Beton Aspal 2004

5.1.7 Ekstraksi Beton Aspal

Penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui kadar aspal yang terdapat dalam campuran bahan perkerasan. Dari penelitian ekstraksi ini (lampiran 4.2 sampai lampiran 4.7) diperoleh data kadar aspal campuran perkerasan yang dapat dilihat pada tabel 5.6 berikut:

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kadar Aspal

STA	Kadar Aspal (%)	JMF (%)
23+000	6.36	6.3
23+300	5.93	6.3
23+600	7.19	6.3
23+900	7.32	6.3
24+200	5.25	6.3
24+500	5.47	6.3
Rata-rata	6.25	6.3

Sumber : *Hasil Pengujian Kadar Aspal 2004*

5.1.8 Analisis Saringan

Penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui gradasi agregat dengan menggunakan saringan, hasil penelitian analisa saringan (lampiran 4.8 sampai lampiran 4.13) dapat dilihat dalam tabel 5.7 berikut:

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Analisa Saringan

No	Hasil Penelitian Saringan (% lolos)						JMF
	Sta 23+000	Sta 23+300	Sta 23+600	Sta 23+900	Sta 24+200	Sta 24+500	
3/4"	100	100	100	100	100	100	100
1/2"	95.63	90.67	92.21	97.32	96.74	80.12	77.39
3/8"	90.79	81.05	82.71	81.91	87.46	73.73	61.05
No.4	64.90	59.30	61.89	48.73	61.70	57.99	42.74
No.8	47.27	45.74	45.67	36.19	48.08	44.85	36.23
No.30	21.58	23.74	20.56	18.68	21.66	26.84	21.72
No.50	15.93	16.46	14.03	15.13	15.93	20.99	14.17
No.100	8.86	7.83	6.04	10.15	10.36	12.13	7.87
No.200	5.26	3.88	2.27	7.15	6.75	7.34	4.21
Panci	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0

Sumber : Hasil Pengujian Analisa Saringan

5.1.9 Pemeriksaan Subgrade Dengan Alat DCP

Pemeriksaan ini berguna untuk mengetahui nilai CBR tanah dasar secara langsung di lapangan. Hasil penelitian CBR lapangan (lampiran 5.1) dapat dilihat dalam tabel 5.8 berikut:

Tabel 5.8 Hasil Pengujian CBR Lapangan

No	Stasiun	Kekuatan Subgrade (%)
1	Stasiun 23+000	8.0
2	Stasiun 23+900	9.0
3	Stasiun 24+500	7.0

Sumber : Hasil Pengujian CBR Lapangan

Dari setiap stasiun didapat kekuatan segmen jalan sebesar:

$$\text{CBR rata-rata} - ((\text{CBRmaks} - \text{CBRmin}) / R) = 8 - ((9.0 - 7.0) / 1.91) = 6.953$$

$$R = 1.91 \text{ (untuk jumlah titik pengamatan 3)}$$

5.1.10 Pengujian CBR Laboratorium

Pengujian CBR laboratorium dimaksudkan untuk mengetahui nilai CBR maksimal yang bisa dicapai oleh tanah. Hasil pengujian CBR laboratorium (lampiran 5.5 sampai lampiran 5.10) dapat dilihat pada tabel 5.9.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian CBR Laboratorium.

No	Stasiun	CBR	
		Tanpa Rendaman (%)	CBR Rendaman (%)
1	Stasiun 23+000	13.7	5,20
2	Stasiun 23+900	16.74	5.52
3	Stasiun 24+500	9.13	5.48

Sumber : Hasil Pengujian CBR Laboratorium

Dari setiap stasiun didapat kekuatan CBR tanpa rendaman segmen jalan sebesar :

$$\text{CBR rata-rata} - ((\text{CBRmaks} - \text{CBRmin}) / R) = 13.18 - ((16.74 - 9.13) / 1.91) = 9.21$$

$$R = 1.91 \text{ (untuk jumlah titik pengamatan 3)}$$

Dari setiap stasiun didapat kekuatan CBR rendaman segmen jalan sebesar :

$$\text{CBR rata-rata} - ((\text{CBRmaks} - \text{CBRmin}) / R) = 5.4 - ((5.52 - 5.20) / 1.91) = 5,23$$

$$R = 1.91 \text{ (untuk jumlah titik pengamatan 3)}$$

5.2 Analisis Hasil Penelitian

5.2.1 Analisis Hasil Core Drill Beton Aspal

Berdasarkan pemeriksaan ekstraksi aspal yang diambil dengan cara *core drill*, didapat tiga hasil yaitu kepadatan aspal, kadar aspal dan gradasi agregat bahan perkerasan.

Hasil pengujian kepadatan aspal beton yang dapat dilihat pada tabel 5.5 menunjukkan nilai kepadatan aspal beton naik dari 2.312 (JMF) menjadi 2.319, hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi pemadatan pada ruas jalan tersebut yang disebabkan oleh repetasi beban selama masa pelayanan jalan tersebut.

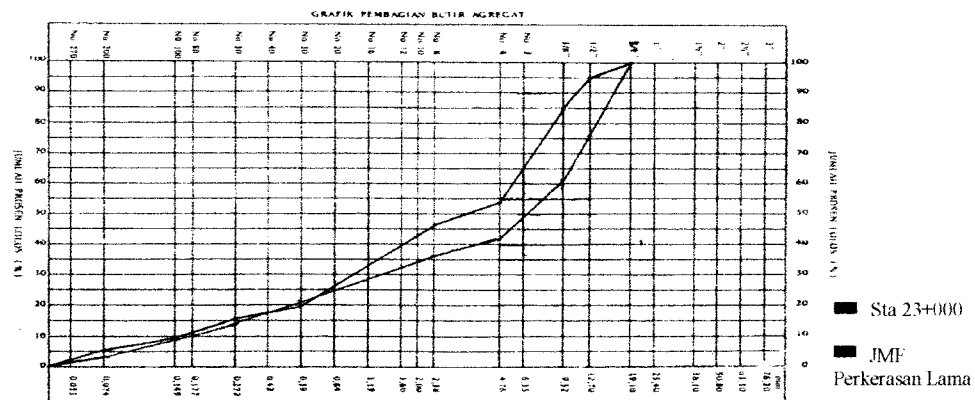
Hasil uji ekstraksi aspal pada lapis permukaan perkerasan yang dapat dilihat pada tabel 5.6 menunjukkan kadar aspal rata-rata sebesar 6.25 %, sedangkan pada spesifikasi JMF kadar aspal yang ditentukan sebesar 6.3 %, sehingga nilai kadar aspal lebih kecil 0.05 % dari spesifikasi JMF. Hasil pengujian aspal didapat nilai kadar aspal untuk tiap-tiap stasiun berbeda, pada stasiun 23+900 didapat nilai kadar aspal sebesar 7.32 % sesuai dengan kerusakan yang terdapat pada daerah tersebut, yaitu berupa *bleeding*, sedangkan pada stasiun 24+200 didapat nilai kadar aspal 5.25 % sesuai dengan kerusakan yang ada, yaitu berupa retak-retak dan pengelupasan perkerasan (*ravelling*). Hal tersebut kemungkinan disebabkan karena proses pencampuran, penghampanan dan pemadatan aspal yang tidak merata pada saat pelaksanaan. Untuk mendapatkan kadar aspal yang merata dapat dilakukan pengawasan yang teliti pada saat pelaksanaan penghampanan aspal agar didapatkan hasil yang tepat.

Hasil pengujian analisis saringan dapat dilihat pada tabel 5.7 yaitu hasil analisis agregat setelah diekstraksi. Berdasarkan perbandingan antara hasil penelitian analisis saringan terhadap spesifikasi JMF, maka telah terjadi degradasi agregat pada saringan sebagaimana terdapat pada tabel 5.10

Tabel 5.10 Prosentase Degradasi Agregat

Nomor Saringan	STA 23+000	STA 23+300	STA 23+600	STA 23+900	STA 24+200	STA 24+500
3/4"	-	-	-	-	-	-
1/2"	23.57	17.16	19.15	25.75	25.00	3.53
3/8"	48.71	32.76	35.47	34.17	43.27	20.76
No 4	51.85	38.74	44.80	14.01	44.37	35.69
No.8	30.47	26.24	26.06	-	32.70	23.79
No.30	-	9.29	-	-	-	23.56
No.50	12.42	16.18	-	6.79	12.39	48.12
No.100	12.58	-	-	29.02	31.62	54.15
No.200	24.94	-	-	69.81	60.45	74.31

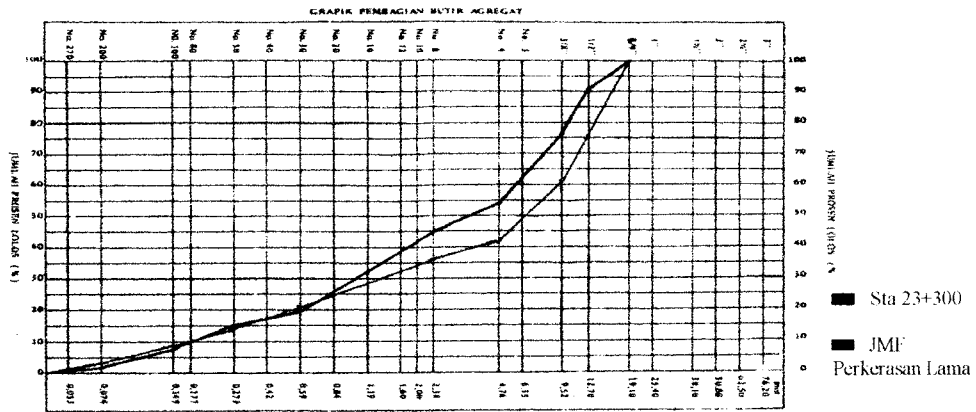
Sumber : Hasil Pengujian Analisis Saringan



Gambar 5.2 Grafik Gradasi Agregat Hasil Pengujian (STA 23+000) dan Gradasi Agregat JMF

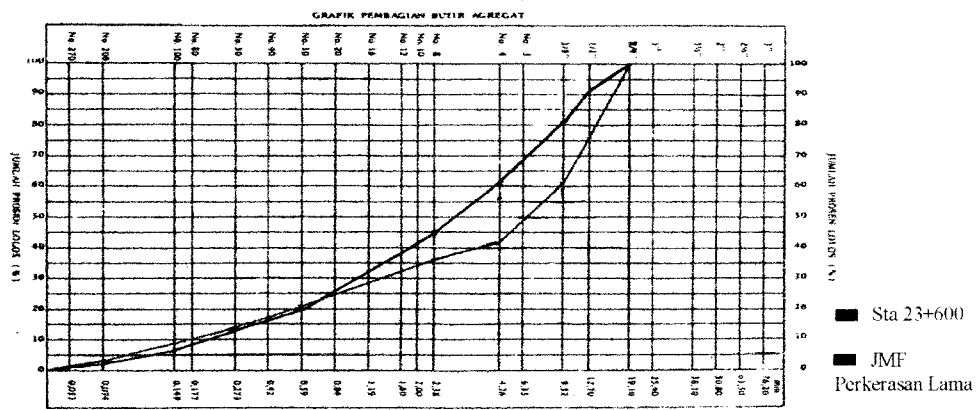
Dari gambar 5.2 dan tabel 5.10 dapat dilihat bahwa pada stasiun 23+000 hampir semua gradasi agregatnya telah mengalami degradasi, kecuali untuk

saringan no.30 masih sesuai dengan spesifikasi JMF. Jumlah butiran tertahan terbanyak pada stasiun ini terdapat pada saringan no.4.



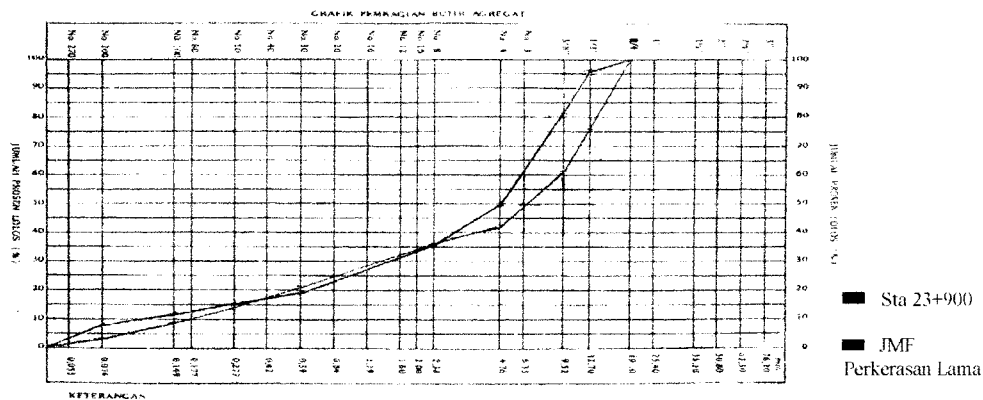
Gambar 5.3 Grafik Gradasi Agregat Hasil Pengujian (STA 23+300) dan Gradasi Agregat JMF

Dari gambar 5.3 dan tabel 5.10 dapat dilihat bahwa pada stasiun 23+300 gradasi agregatnya telah mengalami degradasi, kecuali untuk saringan no.100 dan no.200 masih sesuai dengan spesifikasi JMF. Jumlah butiran tertahan terbanyak pada stasiun ini terdapat pada saringan no.4.



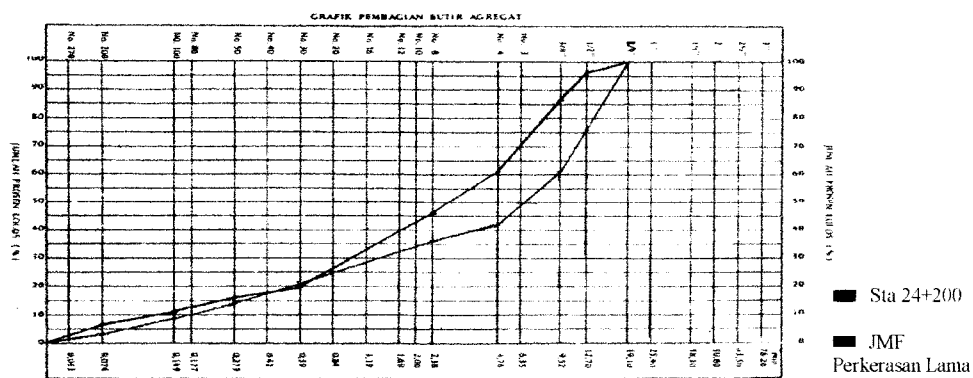
Gambar 5.4 Grafik Gradasi Agregat Hasil Pengujian (STA 23+600) dan Gradasi Agregat JMF

Dari gambar 5.4 dan tabel 5.10 dapat dilihat bahwa pada stasiun 23+600 sebagian gradasi agregatnya telah mengalami degradasi dan sebagian lain tidak degradasinya masih sesuai dengan spesifikasi gradasi agregat JMF. Jumlah butiran tertahan terbanyak pada stasiun ini terdapat pada saringan no.4.



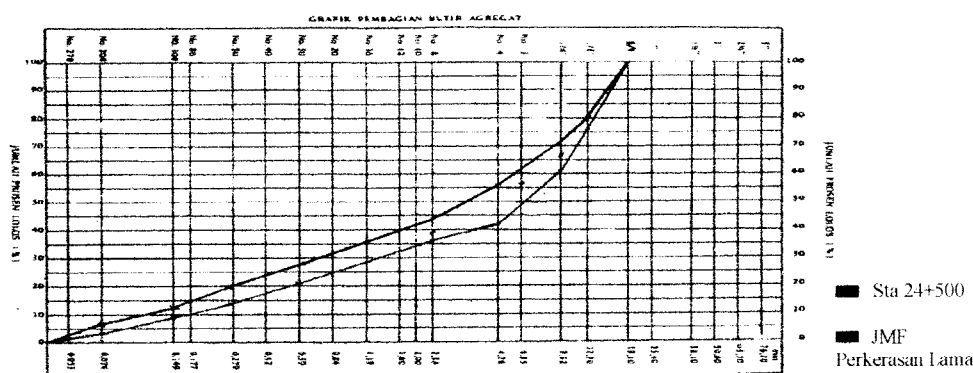
Gambar 5.5 Grafik Gradasi Agregat Hasil Pengujian (STA 23+900) dan Gradasi Agregat JMF

Dari gambar 5.5 dan tabel 5.10 dapat dilihat bahwa pada stasiun 23+900 agregatnya telah mengalami degradasi, kecuali untuk saringan no.8 dan no.30 masih sesuai dengan spesifikasi JMF. Jumlah butiran tertahan yang terbanyak pada stasiun ini terdapat pada saringan no.200.



Gambar 5.6 Grafik Gradasi Agregat Hasil Pengujian (STA 24+200) dan Gradasi Agregat JMF

Dari gambar 5.6 dan tabel 5.10 dapat dilihat bahwa pada stasiun 24+200 agregatnya telah mengalami degradasi, kecuali untuk saringan no.30 masih sesuai dengan spesifikasi JMF. Jumlah butiran tertahan yang terbanyak pada stasiun ini terdapat pada saringan no.200.



Gambar 5.7 Grafik Gradasi Agregat Hasil Pengujian (STA 24+500) dan Gradasi Agregat JMF

Dari gambar 5.7 dan tabel 5.10 dapat dilihat bahwa pada stasiun 24+500 semua agregatnya telah mengalami degradasi sehingga tidak sesuai dengan JMF lagi. Jumlah butiran tertahan yang terbanyak pada stasiun ini terdapat pada saringan no.200.

Pada stasiun stasiun 23+000, 23+300, 23+600, 23+900, 24+200 dan stasiun 24+500 mengalami degradasi yang cukup besar sehingga mempengaruhi kemampuan lapis perkerasan tersebut, sesuai dengan fungsi lapis perkerasan sebagai penahan beban roda, lapis kedap air, lapis aus dan lapis yang menyebarkan beban pada lapis di bawahnya. Untuk itu perlu penggunaan agregat yang tepat untuk lapis perkerasan, yang mempunyai daya tahan terhadap degradasi yang mungkin timbul selama proses pencampuran, pemadatan, repetisi

beban lalu lintas dan *disintegrasi* yang terjadi selama masa pelayanan jalan tersebut.

5.2.2 Analisis Subgrade Berdasarkan Nilai CBR

Hasil uji CBR lapangan dan laboratorium yang dapat dilihat pada tabel 5.8 dan tabel 5.9 diperoleh nilai CBR segmen lapangan sebesar 6.953%, sedangkan CBR segmen tanpa rendaman sebesar 9.21% dan CBR segmen rendaman sebesar 5.23%. Maka CBR yang yang dipakai adalah 5.23% sehingga masih memenuhi syarat yang ditetapkan Bina Marga tentang perencanaan jalan baru nilai CBR tanah dasar yang umum digunakan minimal sebesar 5 %.

5.3 Perencanaan Tebal Overlay dengan Metode Bina Marga 1983

5.3.1 Analisis Tebal Lapis Tambahan dengan Lendutan Balik

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

1. Menentukan Lendutan Balik Ijin Jalan Selama Pelayanan 10 tahun

Data yang diperlukan untuk menentukan lendutan balik ijin adalah sebagai berikut :

a. Angka Pertumbuhan Lalu Lintas

Perhitungan angka pertumbuhan lalu lintas menggunakan data dari tabel 5.1 dan 5.2 dengan persamaan 3.3 analisis pertumbuhan lalu lintas disajikan dalam tabel 5.11 berikut:

Tabel 5.11 Angka Pertumbuhan Lalu lintas

Golongan Kendaraan	n	Volume kend. 1999 (a)	Volume kend. 2004 (b)	$R = ((b/a)^n - 1) \cdot 100\%$ (%)
I	5	8140	12059	8.14
II	5	1201	2647	17.12
III	5	1010	1435	7.28
IV	5	672	935	6.83
V	5	243	565	18.38
VI	5	124	323	21.10
VII	5	67	299	34.87

Dari perhitungan angka pertumbuhan pada tabel diatas didapat angka pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana:

$$R = (8.14+17.12 +7.28+6.83+18.38+21.10+34.87) / 7 = 16.25 \%$$

b. Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

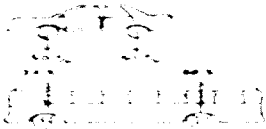





Ruas jalan Solo-Semarang mempunyai 2 lajur dengan 2 arah berdasarkan tabel 3.1 ditentukan koefisien kendaraan yaitu :

1. Kendaraan ringan dengan berat total < 5 ton C = 0.5
2. Kendaraan berat dengan berat total > 5 ton C = 0.5

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

UE 18 KSAL (*Unit Equivalent 18 Kip Single Axle Load*) dapat dilihat pada tabel 5.12 berikut :

Tabel 5.12 Unit Ekuivalen 8.18 ton Beban As Tunggal

Konfigurasi Sumbu dan Tipe	Berat Kosong (ton)	Beban Muatan Maksimum (ton)	Berat total maksimum (ton)	UE 18 KSAL Kosong	UE 18 KSAL Maksimum	
1.1 MF	1.5	0.5	2.0	0.0001	0.0004	     
1.2 BUS	3	6	9	0.0037	0.3006	
1.2 L Truck	2.3	6	8.3	0.0013	0.2174	
1.2 H Truk	4.2	14	18.2	0.0143	5.0264	
1.22 Truk	5	20	25	0.0044	2.7416	
1.2 + 2.2 Trailer	6.4	25	31.4	0.0085	4.9283	
1.2 - 2 Trailer	6.2	20	26.2	0.0192	6.1179	

Sumber : *Bina Marga 1983*

d. Lintas Ekuivalen Permulaan

Lintas ekuivalen permulaan dicari dengan menggunakan persamaan 3.4.

Hasil analisis lintas ekuivalen permulaan pada tiap jalur dapat dilihat pada

tabel 5.13 berikut :

Tabel 5.13 Nilai LEP berdasarkan LHR Hasil Survei Tahun 2004

Golongan Kendaraan	LHR	C	E	LEP
I	12059	0.5	0.0004	2.4118
II	2647	0.5	0.3006	397.8441
III	1435	0.5	0.2174	155.9845
IV	935	0.5	5.0264	2349.842
V	565	0.5	2.7416	774.502
VI	323	0.5	4.9283	795.9205
VII	299	0.5	6.1179	914.6261
Total				5391.131

e. Faktor Umur Rencana (N)

Untuk umur rencana (n) = 10 tahun dan pertumbuhan lalu lintas sebesar $R = 16.25\%$ dengan persamaan 3.2 didapat $N = 23.34$

f. *Accumulative Equivalent 18 KIP Single Axle Load (AE 18 KSAL)*

Dengan data LEP dan faktor umur rencana (N) dapat ditentukan harga AE 18 KSAL dengan menggunakan persamaan 3.5 Hasil analisis perhitungan AE 18 KSAL disajikan dalam tabel 5.14 berikut :

Tabel 5.14 Hasil Perhitungan AE 18 KSAL

Golongan Kendaraan	LEP	N	Hari	AE 18 KSAL
I	2.4118	23.34	365	20546.365
II	397.8441	23.34	365	3389273.7
III	155.9845	23.34	365	1328847.6
IV	2349.842	23.34	365	20018539
V	774.502	23.34	365	6598060
VI	795.9205	23.34	365	6780526.3
VII	914.6261	23.34	365	7791791.2
Total				45927584

Dari nilai AE 18 KSAL yang didapat maka dengan menggunakan gambar grafik 3.6 maka didapat lendutan yang diijinkan dengan nilai:

AE 18 KSAL: 45927584 adalah 1.05 mm

2. Faktor Regional

Pengukuran dilaksanakan pada saat musim hujan sehingga diambil faktor air tanah (C) = 1,0 sedangkan untuk faktor temperatur (lampiran 3.9) pada saat pengukuran didapat temperatur lapis permukaan (t_p) rata-rata adalah 36°C dengan tebal lapis permukaan 15 cm. dengan menggunakan grafik pada gambar 3.4 didapat nilai temperatur tengah (t_t) = 34°C dan temperatur bawah (t_b) = 32°C . Temperatur rata-rata permukaan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} t_r &= 1/3 (t_p + t_t + t_b) \\ &= 1/3 (36 + 34 + 32) \\ &= 34^{\circ}\text{C}. \end{aligned}$$

Faktor pengaruh temperatur (f_t) diperoleh dari grafis pada gambar 3.3 Berdasarkan temperatur rata-rata lapis permukaan (t_r) maka didapat faktor penyesuaian temperatur = 1.04

3. Menentukan Harga Lendutan Balik

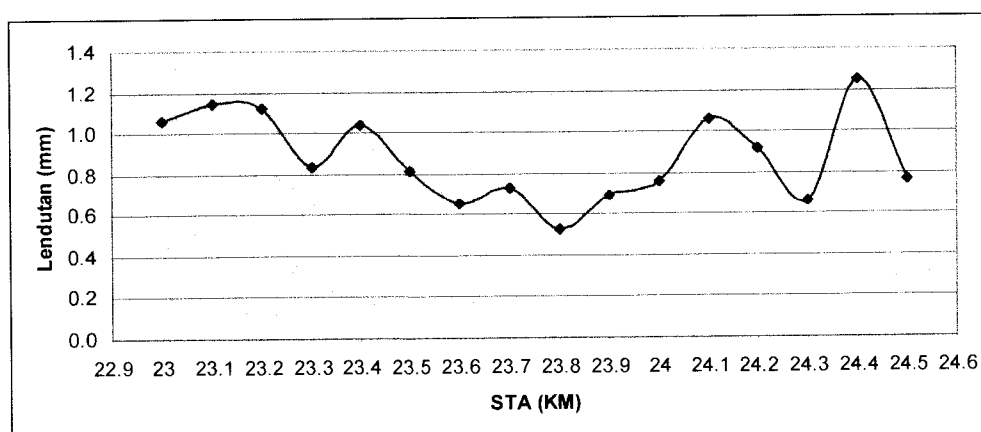
Harga lendutan balik dihitung berdasarkan persamaan 3.8 dengan menggunakan data pada tabel 5.3. Selengkapnya harga data lendutan balik disajikan pada tabel 5.15 berikut :

Tabel 5.15 Tabel Harga Lendutan Balik

KM	Lendutan			Tr	ft	C	d (mm)	dxftxC (mm)
	d1	d2	d3					
23+000	0	33	51	34	1.04	1.0	1.02	1.0608
23+100	0	37	55	34	1.04	1.0	1.1	1.144
23+200	0	32	54	34	1.04	1.0	1.08	1.1232
23+300	0	27	40	34	1.04	1.0	0.8	0.832
23+400	0	22	50	34	1.04	1.0	1	1.04
23+500	0	26	39	34	1.04	1.0	0.78	0.8112
23+600	0	21	41	34	1.04	1.0	0.82	0.8528
23+700	0	23	35	34	1.04	1.0	0.7	0.728
23+800	0	24	42	34	1.04	1.0	0.84	0.832
23+900	0	20	35	34	1.04	1.0	0.7	0.8736
24+000	0	28	49	34	1.04	1.0	0.98	1.0192
24+100	0	34	51	34	1.04	1.0	1.02	1.0608
24+200	0	29	44	34	1.04	1.0	0.88	0.9152
24+300	0	14	32	34	1.04	1.0	0.64	0.6656
24+400	0	37	60	34	1.04	1.0	1.2	1.248
24+500	0	16	37	34	1.04	1.0	0.74	0.7696

Sumber : *Survei Bengkelman Beam 2004*

Dengan menggunakan nilai lendutan balik tiap titik pemeriksaan pada tabel 5.15 kolom 9 dapat digambarkan grafik lendutan pada gambar 5.8 berikut:



Gambar 5.8 Grafik Lendutan Balik

4. Menentukan Segmen Jalan dan Lendutan Balik Yang Mewakili Tiap

Segmen

Perhitungan lendutan jalan dibagi menjadi 3 segmen. Masing-masing segmen dicari nilai lendutan balik yang mewakili segmen tersebut. Mengingat fungsi jalan sebagai jalan arteri, maka dapat dihitung nilai lendutan balik yang mewakili segmen 1 (\bar{D}) dengan persamaan berikut:

$$\bar{D} = \bar{d} + 2S$$

$$D = \frac{\sum d}{n} + 2\sqrt{\frac{n(\sum d^2) - (\sum d)^2}{n \times (n-1)}}$$

Segmen 1 (23 + 000 – 23+400)

Analisis lendutan balik segmen 1 dengan menggunakan data lendutan dari tabel 5.15. Hasil perhitungan lendutan balik yang mewakili segmen 1 disajikan dalam tabel 5.16 berikut :

Tabel 5.16 Hitungan Lendutan Balik Segmen 1

Stasiun	N	Segmen 1	
		D	d ²
23+000	1	1.0608	1.125297
23+100	2	1.144	1.308736
23+200	3	1.1232	1.261578
23+300	4	0.832	0.692224
23+400	5	1.04	1.0816
Σ	5	$\Sigma d = 5.2$	$\Sigma d^2 = 5.469435$

$$D = \frac{\sum d}{n} + 2\sqrt{\frac{n(\sum d^2) - (\sum d)^2}{n \times (n-1)}}$$

Dengan persamaan diatas didapat lendutan balik segmen 1:

$$(D) = 1.287860848 \text{ mm}$$

Segmen 2 (23 + 500 – 23+900)

Analisis lendutan balik segmen 2 dengan menggunakan data lendutan dari tabel 5.15. Hasil perhitungan lendutan balik yang mewakili segmen 2 disajikan dalam tabel 5. 17 berikut :

Tabel 5.17 Hitungan Lendutan Balik Segmen 2

Stasiun	N	Segmen 2	
		D	d ²
23+500	1	0.8112	0.6580454
23+600	2	0.8528	0.7272678
23+700	3	0.728	0.529984
23+800	4	0.832	0.692224
23+900	5	0.8736	0.763177
Σ	5	Σd = 4.0976	Σd ² = 3.370698

$$D = \frac{\sum d}{n} + 2\sqrt{\frac{n(\sum d^2) - (\sum d)^2}{n \times (n-1)}}$$

Dengan persamaan diatas didapat lendutan balik segmen 2:

$$(D) = 0.9319159428 \text{ mm}$$

Segmen 3 (24 + 000 – 24+500)

Analisis lendutan balik segmen 3 dengan menggunakan data lendutan dari tabel 5.15. Hasil perhitungan lendutan balik yang mewakili segmen 1 disajikan dalam tabel 5.18 berikut :

Tabel 5.18 Hitungan Lendutan Balik Segmen 3

Stasiun	N	Segmen 3	
		d	d ²
24+000	1	1.0192	1.0387686
24+100	2	1.0608	1.1252966
24+200	3	0.9152	0.837591
24+300	4	0.6656	0.4430234
24+400	5	1.248	1.557504
24+500	6	0.7696	0.5922842
Σ	6	Σd = 5.6784	Σd ² = 5.5944678

$$D = \frac{\sum d}{n} + 2\sqrt{\frac{n(\sum d^2) - (\sum d)^2}{n \times (n-1)}}$$

Dengan persamaan diatas didapat lendutan balik segmen 3:

$$(D) = 1.366333366 \text{ mm}$$

5. Penentuan Tebal Lapis Baru (*Overlay*)

Berdasarkan nilai lendutan pada tiap segmen jalan, maka perancangan tebal lapis keras tambahan dapat dilakukan pada segmen 1 dan segmen 3, sedangkan untuk segmen 2 lendutan yang terjadi lebih kecil dari lendutan yang diijinkan.

Perancangan tebal *overlay* segmen 1 sebagai berikut:

Lendutan ijin = 1.05 mm

Lendutan balik segmen = 1.29 mm

Dengan menggunakan data tersebut dapat ditentukan tebal lapis tambah berdasarkan gambar grafik 3.6, yaitu sebesar 5 cm AC.

Perancangan tebal *overlay* segmen 3 sebagai berikut :

Lendutan ijin = 1.05 mm

Lendutan balik segmen = 1.37 mm

Dengan menggunakan data tersebut dapat ditentukan tebal lapis tambah berdasarkan gambar grafik 3.6, yaitu sebesar 5 cm AC.

5.3.2 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 3.10 dengan menggunakan data pada tabel 5.4. Harga kemiringan titik belok tiap titik pemeriksaan disajikan pada tabel 5.19 sebagai berikut :

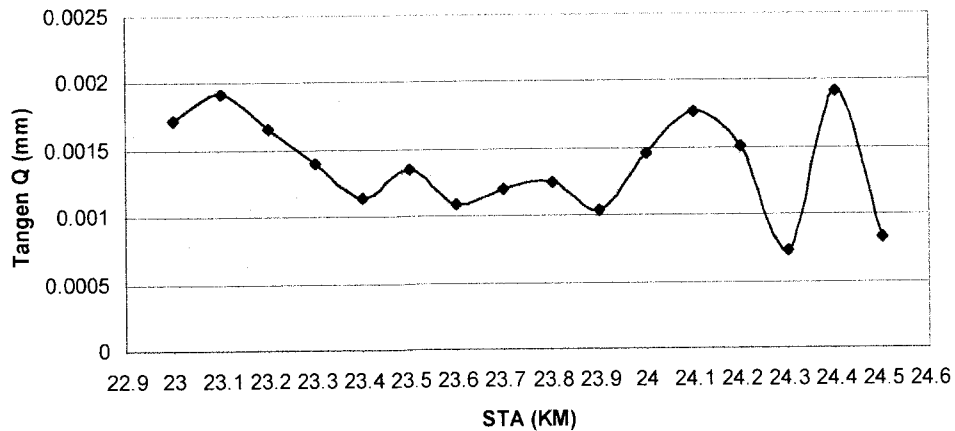
Tabel 5.19 Kemiringan Titik Belok

KM	Lendutan			tr	ft	C	Tg	tg x ft x C
	d1	D2	d3					
23+000	0	33	51	34	1.04	1.0	0.165	0.001716
23+100	0	37	55	34	1.04	1.0	0.185	0.001924
23+200	0	32	54	34	1.04	1.0	0.16	0.001664
23+300	0	27	40	34	1.04	1.0	0.135	0.001404
23+400	0	22	50	34	1.04	1.0	0.11	0.001144
23+500	0	26	39	34	1.04	1.0	0.13	0.001352
23+600	0	21	41	34	1.04	1.0	0.105	0.001092
23+700	0	23	35	34	1.04	1.0	0.115	0.001196
23+800	0	24	42	34	1.04	1.0	0.12	0.001248
23+900	0	20	35	34	1.04	1.0	0.1	0.00104
24+000	0	28	49	34	1.04	1.0	0.14	0.001456
24+100	0	34	51	34	1.04	1.0	0.17	0.001768
24+200	0	29	44	34	1.04	1.0	0.145	0.001508
24+300	0	14	32	34	1.04	1.0	0.07	0.000728
24+400	0	37	60	34	1.04	1.0	0.185	0.001924
24+500	0	16	37	34	1.04	1.0	0.08	0.000832

Sumber : *Survei Bengkelman Beam.*

2. Mengambar Grafik Kemiringan Titik Belok

Dengan menggunakan data harga kemiringan titik belok tiap titik pemeriksaan pada tabel 5.19 dapat digambarkan grafik kemiringan titik belok pada gambar 5.9 sebagai berikut :



Gambar 5.9 Grafik Kemiringan Titik Belok

3. Menentukan Segmen Jalan dan $\tan \theta$ yang Mewakili Segmen Jalan

Mengingat fungsi jalan sebagai jalan arteri, maka dapat dihitung nilai kemiringan titik belok yang mewakili segmen 1 ($\tan \theta$) dengan persamaan berikut :

$$\overline{\tan \theta} = \overline{\tan \theta} + 2S$$

$$\tan \theta = \frac{\sum \tan \theta}{n} + 2\sqrt{\frac{n(\sum \tan^2 \theta) - (\sum \tan \theta)^2}{n \times (n-1)}}$$

Segmen 1 (23 + 000 – 23+400)

Analisis $\tan \theta$ segmen 1 dengan menggunakan data kemiringan titik belok dari tabel 5.19. Hasil perhitungan $\tan \theta$ yang mewakili segmen 1 disajikan dalam tabel 5.20 berikut :

Tabel 5.20 Hasil Perhitungan Tan θ Segmen 1

Stasiun	N	Segmen 1	
		D	d ²
23+000	1	0.001716	2.94E-06
23+100	2	0.001924	3.7E-06
23+200	3	0.001664	2.77E-06
23+300	4	0.001404	1.97E-06
23+400	5	0.001144	1.31E-06
Σ	5	$\Sigma \tan \theta = 0.007852$	$\Sigma \tan \theta^2 = 1.27E-05$

$$\tan \theta = \frac{\sum \tan \theta}{n} + 2 \sqrt{\frac{n (\sum \tan \theta^2) - (\sum \tan \theta)^2}{n \times (n-1)}}$$

Dengan persamaan diatas didapat kemiringan titik belok segmen 1:

$$(\tan \theta) = 2.178034E-03$$

Segmen 2 (23 + 500 – 23+900)

Analisis tan θ segmen 2 dengan menggunakan data kemiringan titik belok dari tabel 5.19. Hasil perhitungan tan θ yang mewakili segmen 2 disajikan dalam tabel 5.21 berikut :

Tabel 5.21 Hasil Perhitungan Tan θ Segmen 2

Stasiun	N	Segmen 2	
		D	d ²
23+500	1	0.001352	1.83E-06
23+600	2	0.001092	1.19E-06
23+700	3	0.001196	1.43E-06
23+800	4	0.001248	1.56E-06
23+900	5	0.00104	1.08E-06
Σ	5	$\Sigma \tan \theta = 0.005928$	$\Sigma \tan \theta^2 = 7.09E-06$

$$\tan \theta = \frac{\sum \tan \theta}{n} + 2\sqrt{\frac{n(\sum \tan^2 \theta) - (\sum \tan \theta)^2}{n \times (n-1)}}$$

Dengan persamaan diatas didapat kemiringan titik belok segmen:

$$(\tan \theta) = 1.434122031E-03$$

Segmen 3 (24 + 000 – 24+500)

Analisis tan θ segmen 3 dengan menggunakan data kemiringan titik belok dari tabel 5.19. Hasil perhitungan tan θ yang mewakili segmen 3 disajikan dalam tabel 5.22 berikut :

Tabel 5.22 Hasil Perhitungan Tan θ Segmen 3

Stasiun	N	Segmen 3	
		d	d ²
24+000	1	0.001456	2.11994E-06
24+100	2	0.001768	3.12582E-06
24+200	3	0.001508	2.27406E-06
24+300	4	0.000728	5.29984E-07
24+400	5	0.001924	3.70178E-06
24+500	6	0.000832	6.92224E-07
Σ	6	$\sum \tan \theta = 0.008216$	$\sum \tan^2 \theta = 1.24438E-05$

$$\tan \theta = \frac{\sum \tan \theta}{n} + 2\sqrt{\frac{n(\sum \tan^2 \theta) - (\sum \tan \theta)^2}{n \times (n-1)}}$$

Dengan persamaan diatas didapat kemiringan titik belok segmen:

$$(\tan \theta) = 2.3464136E-03$$

4. Penentuan Tebal Lapis Tambahan

Tebal *overlay* yang didapat dari lendutan balik kemudian di kontrol dengan cara kemiringan titik belok. Berdasarkan nilai titik belok yang didapat pada

masing masing segmen dapat dipilih tebal *overlay* sedemikian hingga diperoleh $\text{tg } \theta$ yang nilainya lebih kecil atau sama dengan $\text{tg } \theta$ yang terjadi. Dengan memperhatikan nilai $\text{tg } \theta$ yang terjadi maka tebal *overlay* dapat dilakukan pada segmen 1 dan 3 sebesar 5 cm AC. Segmen 1 $\text{tg } \theta$ setelah *overlay* sebesar $0.00153 < 0.00217$, segmen 3 $\text{tg } \theta$ setelah *overlay* sebesar $0.00153 < 0.00235$.

5.3.3 Perhitungan Umur Sisa Pelayanan Jalan

Tahap-tahap untuk menganalisis umur sisa pelayanan jalan dengan menggunakan harga lendutan balik adalah :

1. Menentukan Lendutan Balik Jalan

Lendutan balik jalan yang dipakai berdasarkan hitungan lendutan balik segmen jalan yaitu sebesar 1.366 mm.

2 Menentukan Nilai AE 18 KSAL Kritis

Dari perhitungan lendutan jalan tiap segmen maka didapat harga lendutan balik sebesar 1,366 mm. Dengan menggunakan grafik hubungan antara lendutan balik dan AE 18 KSAL seperti yang tergambar pada grafik 3.5 didapat AE 18 KSAL kritis sebesar 4 000 000.

3 Menentukan Faktor Umur Rencana

Berdasarkan nilai AE 18 KSAL kritis dan lintas ekivalensi pada tahun 2004 dapat dihitung nilai faktor umur rencana jalan dengan menggunakan persamaan 3.12 sebagai berikut:

$$N = \frac{4000000}{365 \times 5391.131} = 2.03$$

sehingga didapat nilai faktor umur rencana jalan sebesar : 2.03

4 Menentukan Umur Sisa Pelayanan Jalan

Dari perhitungan angka pertumbuhan lalu lintas sebesar 16.25 % dan faktor umur rencana 2.03 maka dengan menggunakan persamaan 3.13 dapat dihitung umur sisa pelayanan jalan:.

$$n = \frac{\text{Log}\left(2N + \frac{2}{R} + 1\right) - \text{Log}\left(\frac{2}{R} + 1\right)}{\text{Log}(R + 1)}$$

= 1.7 tahun atau 20 bulan 12 hari.

5.4 Pembahasan *Overlay* Dengan Metode Bina Marga 1983

Berdasarkan hasil survei nilai lendutan dengan menggunakan *Benkelman Beam* didapat masa pelayanan jalan tinggal 20 bulan 12 hari. Sehingga perlu diberi lapis tambahan untuk meningkatkan umur pelayanan jalan. Untuk perencanaan *overlay* kedepan nilai lendutan balik jalan tidak boleh melebihi nilai lendutan ijin selama umur rencana. Tebal *overlay* dihitung berdasar nilai lendutan yang terjadi pada tiap-tiap segmen jalan yang dikontrol dengan nilai kemiringan titik belok tiap tiap segmen. Dari kedua perhitungan tersebut tebal lapis tambahan yang digunakan untuk umur rencana 10 tahun dengan lendutan ijin 1.05 mm yaitu AC dengan tebal 5 cm.

Berdasarkan hasil penelitian ekstraksi beton aspal didapat bahwa setiap stasiun telah mengalami degradasi. Pada stasiun 23+000 degradasi maksimalnya sebesar 51.85, stasiun 23+300 degradasi maksimalnya sebesar 38.74, stasiun 23+600 degradasi maksimalnya sebesar 44.80, stasiun 23+900 degradasi maksimalnya sebesar 69.81, stasiun 24+200 degradasi maksimalnya sebesar 60.45 dan stasiun 24+500 degradasi maksimalnya sebesar 74.31. Bina Marga mensyaratkan nilai keausan maksimum 40 %, sehingga untuk perencanaan *overlay* kedepan dapat menggunakan gradasi agregat sesuai dengan gradasi pada stasiun 23+300 yang sesuai spesifikasi campuran AC nomer IV yang dapat dilihat pada tabel 5.23 berikut:

Tabel 5.23 Tabel Gradasi Agregat untuk *Overlay*

Saringan	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.8	No.30	No.50	No.100	No.200
Campuran	100	90.67	81.05	59.30	45.74	23.74	16.46	7.83	3.88
Spek. IV	100	80/100	70/90	50/70	35/50	18/29	13/23	8/16	4/10

Dari gradasi agregat untuk *overlay*, diameter maksimum agregat yang digunakan sebesar 3/4" (1.91 cm) sehingga dapat digunakan tebal lapis tambahan (*overlay*) sebesar 5 cm.

Berikut tebal lapis tambahan (*overlay*) yang diperlukan untuk umur rencana 10 tahun dapat dilihat pada gambar 5.10 berikut :

