

# **ANALISIS PERHITUNGAN TEBAL LAPIS TAMBAHAN (OVERLAY) PADA PERKERASAN LENTUR DENGAN MENGGUNAKAN MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN 2013 (STUDI KASUS : RUAS JALAN KAIRAGI – MAPANGET)**

**Theresia Dwiriani Romauli  
Joice E. Waani, Theo K. Sendow**

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi  
email: [theresiadwiriani@ymail.com](mailto:theresiadwiriani@ymail.com)

## **ABSTRAK**

*Manual Desain Perkerasan Jalan No, 02/M/BM/2013 (Bina Marga 2013), memberikan suatu pendekatan perencanaan dan desain untuk merencanakan tebal lapis tambah (overlay) pada struktur perkerasan jalan serta menanggulangi isu empat tantangan yang berkaitan dengan kinerja aset jalan, yaitu beban berlebih, temperatur perkerasan tinggi, curah hujan tinggi, dan tanah lunak. Keempat tantangan tersebut dideskripsikan dengan chart secara komprehensif. Pedoman desain perkerasan yang ada diantaranya Pd T-05-2005-B (Bina Marga 2005) dan No.002/P/BM/2011 (Bina Marga 2011) tetap valid namun harus memenuhi persyaratan sesuai ketentuan dalam manual ini.*

*Berdasarkan data lendutan balik Benkelman Beam tahun 2015 yang diperoleh dari P2JN Bina Marga Provinsi Sulawesi Utara, maka dilakukan studi kasus ruas jalan Kairagi - Mapanget untuk melihat hasil perhitungan tebal lapis tambah dari setiap metode tersebut, membandingkan dan memilih tebal desain yang akan dipakai.*

*Hasil analisa lendutan menyatakan bahwa menurut Bina Marga 2005 menghasilkan nilai  $d_{wakil} = 1,25$  mm dan nilai  $CF = 0,21$  mm, menurut Bina Marga 2011 menghasilkan nilai  $d_{wakil} = 1,29$  mm dan nilai  $CF = 0,21$  mm, dan menurut Bina Marga 2013 menghasilkan nilai  $d_{wakil} = 1,45$  mm dan nilai  $CF = 0,24$  mm. Hasil survey lalu lintas di bulan Juli 2016 menyatakan bahwa LHR pada lajur rencana, untuk maksud perhitungan CESA, adalah sebesar 10.273 kendaraan per hari dengan proporsi  $LV = 93,8\%$  dan  $HV = 6,2\%$  tanpa memperhitungkan MC. Untuk perhitungan CESA, digunakan umur rencana 10 tahun dan pertumbuhan lalu lintas  $i = 3,5\%$ .*

*Perhitungan CESA menurut Bina Marga 2005 adalah sebesar 5.206.601 ESAL, menurut Bina Marga 2011 adalah sebesar 3.384.337 ESAL, dan menurut Bina Marga 2013  $CESA_4$  adalah sebesar 5.425.870 ESAL dan  $CESA_5$  adalah sebesar 9.766.566 ESAL. Perbedaan perhitungan nilai CESA adalah karena penentuan angka ekivalen dan nilai VDF yang berbeda untuk tiap-tiap metode.*

*Hasil perhitungan tebal lapis tambah menurut Bina Marga 2005 menghasilkan tebal lapis tambah setebal 12,0 cm, Bina Marga 2011 setebal 17,5 cm, dan Bina Marga 2013 setebal 12,5 cm. Dengan memperhatikan faktor koreksi terhadap MAPT, maka tebal lapis tambah menurut Bina Marga 2013 yaitu setebal 12,5 cm adalah yang dipilih sebagai lapis tambah pada ruas jalan Kairagi - Mapanget.*

**Kata kunci : Bina Marga 2013, tebal lapis tambah perkerasan, Overlay, CESA, Benkelman Beam**

## **PENDAHULUAN**

### **Latar belakang**

Direktorat Jenderal Bina Marga menerbitkan Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013. Di dalam manual ini, Bina Marga mengembangkan suatu pendekatan perencanaan dan desain yang dipakai untuk merencanakan struktur perkerasan jalan baru dan tebal lapis tambah pada suatu struktur perkerasan jalan, serta untuk menanggulangi isu empat

tantangan yang berkaitan dengan kinerja aset jalan. Empat tantangan terhadap kinerja aset jalan di Indonesia yang ada di dalam manual ini adalah beban berlebih, temperatur perkerasan tinggi, curah hujan tinggi, dan tanah lunak. Dalam manual ini dideskripsikan berdasarkan chart yang mengakomodasi keempat tantangan tersebut secara komprehensif.

Pada Bina Marga 2013 dinyatakan bahwa, pedoman desain perkerasan yang ada: Pd T-05-2005-B dan Pedoman No.002/P/BM/2011 tetap

valid namun solusi desain harus konsisten dengan semua persyaratan dalam manual ini. Persyaratan yang ada pada Bina Marga 2013 tentunya akan mempengaruhi hasil perencanaan tebal lapis tambah pada Bina Marga 2005 dan Bina Marga 2011.

Hal ini, mendorong penulis untuk melakukan penelitian dengan judul: *Analisis Perhitungan Tebal Lapis Tambahan (Overlay) pada Perkerasan Lentur dengan Menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 (Studi Kasus: Ruas Jalan Kairagi - Mapanget)*.

### Batasan Masalah

Dalam penelitian ini batasan masalah adalah sebagai berikut:

1. Melakukan desain tebal lapis tambah perkerasan jalan lentur dengan melakukan penajaman terhadap Bina Marga 2013 dengan dasar pedoman yaitu Bina Marga 2005 dan Bina Marga 2011.
2. Perhitungan tebal lapis tambahan (*overlay*) didasarkan pada data lendutan balik.
3. Menggunakan umur rencana (UR) 10 tahun.

### Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menetapkan nilai lendutan balik,  $d_{wakil}$ , dan nilai *Curvature Function* (CF) berdasarkan data pengujian Benkelman Beam berdasarkan Bina Marga 2005, Bina Marga 2011 dan Bina Marga 2013.
2. Membandingkan besarnya nilai CESA antara ketiga metode, yaitu metode Bina Marga 2005, Bina Marga 2011, dan Bina Marga 2013.
3. Menganalisis tebal lapis tambah berdasarkan ketiga metode, yaitu metode Bina Marga 2005, Bina Marga 2011, dan Bina Marga 2013.
4. Memilih tebal lapis tambah yang akan digunakan sebagai lapis tambah desain.

### Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah karena Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2013 relatif masih baru, maka penelitian ini dapat digunakan oleh kalangan mahasiswa pada mata kuliah Perancangan dan Perkerasan Jalan untuk lebih mengenal manual ini.

## LANDASAN TEORI

### Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Bina Marga 2005

Prosedur tebal lapis tambah berdasarkan metode Bina Marga 2005 adalah sebagai berikut:

1. Hitung repetisi beban lalu lintas (CESA) dengan menggunakan rumus berikut.

$$ESA = (\sum_{\text{jenis kendaraan}} LHRT \times VDF) \quad (1)$$

$$CESA = ESA \times 365 \times R \quad (2)$$

Keterangan:

ESA : Lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standar axle*) untuk 1 (satu) hari

CESA : *Cummulative Equivalent Standard Axle (ESAL)*

LHRT : Lintas harian rata-rata tahunan untuk jenis kendaraan tertentu

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

2. Hitung lendutan hasil pengujian dengan alat *Benkelman Beam* dan koreksi dengan faktor muka air tanah, temperatur, dan beban uji dengan rumus berikut.

$$d_B = 2 \times (d_3 - d_1) \times F_t \times C_a \times F_{KB-BB} \quad (3)$$

Keterangan:

$d_B$  = Lendutan balik terkoreksi (mm)

$d_1$  = Lendutan pada saat beban berada pada titik awal pengukuran (mm)

$d_3$  = Lendutan pada saat beban berada pada jarak 6 meter dari titik pengukuran (mm)

$F_t$  = Faktor penyesuaian lendutan terhadap temperatur standar

$C_a$  = Faktor pengaruh muka air tanah

$F_{KB-BB}$  = Faktor koreksi beban uji benkelman beam

3. Tentukan panjang seksi yang memiliki keseragaman (FK) yang sesuai dengan tingkat keseragaman yang diinginkan dengan menggunakan rumus berikut.

$$FK = \frac{s}{d_R} \times 100 < FK_{ijin} \quad (4)$$

Keterangan:

FK = Faktor keseragaman lendutan (%)

$FK_{ijin}$  = Faktor keseragaman yang diijinkan

$d_R$  = Lendutan rata-rata pada suatu seksi jalan

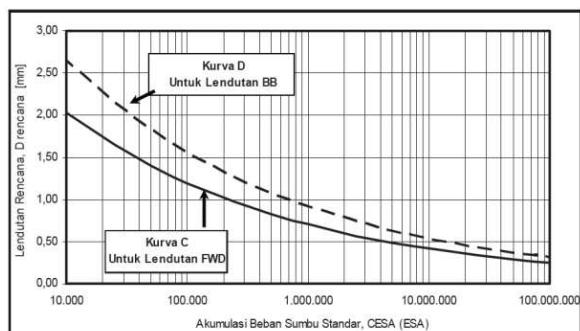
- = 0% - 10% ; Keseragaman sangat baik
  - = 11% - 20% ; Keseragaman baik
  - = 21% - 30% ; Keseragaman cukup Baik
4. Hitung lendutan wakil ( $D_{wakil}$ ) untuk masing-masing seksi jalan yang tergantung dari kelas jalan, yaitu digunakan rumus berikut.

$$D_{wakil} = d_R + 1,64S \quad (5)$$

Keterangan:

$H_o$  = Tebal lapis tambah sebelum dikoreksi  
 $D_{sbl ov}$  = Lendutan sebelum overlay atau  $D_{wakil}$  (mm)  
 $D_{stl ov}$  = Lendutan setelah lapis tambah atau  $D_{rencana}$  (mm)

5. Hitung lendutan rencana/ijin ( $D_{rencana}$ ) dengan memplot data lalu lintas (CESA) pada Gambar 1 atau dengan menggunakan rumus berikut.



Gambar 1. Hubungan antara lendutan rencana dan lalu lintas (Bina Marga, 2005)

$$D_{rencana} = 22,208 \times CESA^{(-0,2307)} \quad (6)$$

Keterangan:

$D_{rencana}$  = lendutan rencana (mm)

6. Hitung tebal lapis tambah ( $H_o$ ) dengan memplot nilai  $D_{wakil}$  dan nilai  $D_{rencana}$  pada Gambar 2 atau dengan menggunakan rumus berikut.

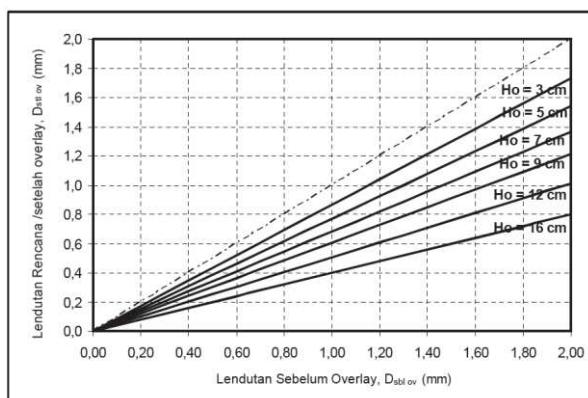
$$H_o = \frac{[\ln(1,0364) + \ln(D_{sbl ov}) - \ln(D_{stl ov})]}{0,0597} \quad (7)$$

Keterangan:

$H_o$  = tebal lapis tambah sebelum dikoreksi temperatur rata-rata tahunan daerah tertentu (cm)

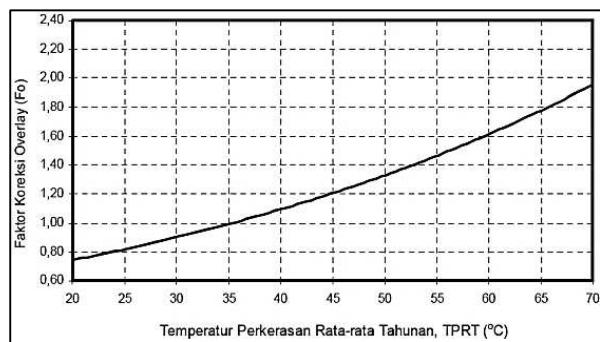
7. Hitung tebal lapis tambah/overlay terkoreksi ( $H_t$ ) dengan mengalikan  $H_o$  dengan faktor koreksi tebal overlay (Fo). Untuk mendapat-

kan nilai  $F_o$  dengan memplot pada Gambar 3 atau digunakan rumus berikut.



Gambar 2. Tebal lapis tambah/overlay ( $H_o$ )

Sumber: Bina Marga 2005



Gambar 3 Faktor koreksi tebal lapis tambah (Fo)

Sumber: Bina Marga 2005

$$F_o = 0,5032 \times \text{EXP}(0,0194 \times \text{TPRT}) \quad (8)$$

$$H_t = H_o \times F_o \quad (9)$$

Keterangan:

$F_o$  = Faktor koreksi tebal lapis tambah

TPRT = Temperatur perkerasan rata-rata tahunan untuk daerah/kota tertentu (untuk Kota Manado TPRT = 34,4°C)

$H_t$  = Tebal lapis tambah Laston setelah dikoreksi dengan TPRT daerah tertentu (cm)

### Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Bina Marga 2011

Prosedur perencanaan tebal lapis tambah adalah sebagai berikut.

1. Hitung nilai CESA
2. Hitung lendutan wakil ( $D_{wakil}$ ) dengan alat *Benkelman* Beam dimana titik pengamatan yang sedikit berbeda dengan metode Bina Marga 2005, yaitu titik awal merupakan titik sebelum truk bergerak, titik kedua setelah truk

bergerak 0,2 m dan titik ketiga setelah truk bergerak sejauh 6 m. Besar nilai lendutan balik digunakan rumus berikut.

$$d_B = 2 \times (d_3 - d_1) \times F_{t1} \times C \times F_K \quad (10)$$

Keterangan:

- $d_B$  = lendutan balik maksimum dari *Benkelman Beam* (dalam 0,01 mm)
- $d_1$  = lendutan pada saat beban tepat pada titik pengukuran atau titik awal (dalam 0,01 mm)
- $d_3$  = lendutan pada saat beban tepat berada pada jarak 6 m dari titik pengukuran (dalam 0,01 mm)
- $C$  = faktor pengaruh muka air tanah (faktor musim)
- $F_K$  = faktor koreksi beban gandar truk  
=  $77,343 \times (\text{beban gandar truk dalam ton})^{2,0715}$

3. Analisa tebal lapis tambah dilakukan dengan dua cara, yaitu cara lendutan dan kemiringan titik belok. Dimana tebal lapis tambah dari hasil perhitungan yang paling tebal dikalikan dengan faktor koreksi (1,3). Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut.

- Cara Lendutan

$$T_d = [(-13,76374894 (L)^{-0,3924}) - 24,94880546] / D] + 32,72 \quad (11)$$

- Cara Kemiringan Titik Belok

$$T_c = [(0,02851711 (\log L)^3 - 0,448669202 (\log L)^2 + 1,844106464 (\log L) - 3,517110266) / CF] + 17,43 \quad (12)$$

Keterangan:

$T_c$  = tebal *strengthening* berdasarkan *curvature* (dalam cm)

$CF$  = *curvature function* (bentuk mangkuk) desain, yang diambil dari lendutan pada titik 0 cm sampai lendutan pada titik 20 cm (desain dalam mm)

4. Tentukan ketebalan masing-masing lapisan dengan menggunakan Tabel 1.

Tabel 1. Tebal *overlay* untuk AC (*Asphalt Concrete*)

Tebal Teoritis untuk Perkuatan ( $t_s$ )	AC-WC	AC-BC	AC-Base
$t_s < 4$	4	-	-
$4 \leq t_s < 10$	$t_s$	-	-
$10 \leq t_s < 17,5$	4	$t_s - 4$	-
$17,5 \leq t_s$	4	6	$t_s - 10$

Sumber: Bina Marga 2011

### Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Bina Marga 2013

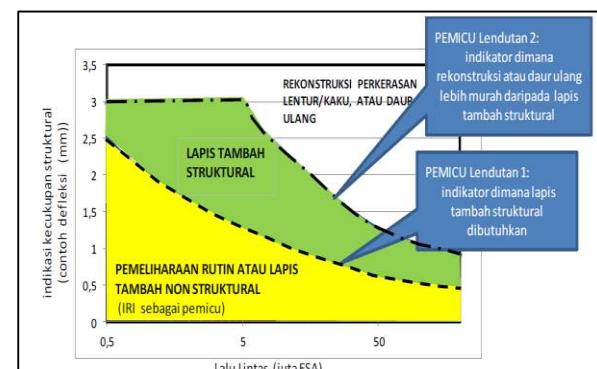
Setelah mendesain tebal lapis tambah dengan metode Bina Marga 2005 dan Bina Marga 2011, dilakukan penajaman desain dengan metode Bina Marga 2013. Prosedur perencanaan tebal lapis tambah berdasarkan Bina Marga 2013 adalah sebagai berikut.

1. Menentukan level desain dan pemicu penanganan dengan menggunakan Tabel 2 atau Gambar 4.

Tabel 2. Deskripsi pemicu (*trigger*)

Deskripsi	Pengukuran	Tujuan
Pemicu Lendutan 1	Lendutan BB <sup>1</sup>	Titik dimana dibutuhkan overlay struktural.
Pemicu Lendutan 2		Titik dimana rekonstruksi lebih murah daripada overlay.
Pemicu IRI 1	Nilai IRI	Titik dimana dibutuhkan overlay non struktural.
Pemicu IRI 2		Titik dimana dibutuhkan overlay struktural, tapi lebih diutamakan pemicu lendutan 1.
Pemicu IRI 3		Titik dimana rekonstruksi lebih murah daripada overlay, tapi lebih diutamakan pemicu lendutan 2.
Pemicu Kondisi 1	Kedalaman alur > 30 mm, visual: retak, pelepasan butir, pengelupasan, atau indeks kerataan > 8, atau kendala ketinggian. Tidak dibutuhkan rekonstruksi.	Titik dimana pengupasan ( <i>milling</i> ) untuk memperbaiki bentuk sebelum overlay diperlukan.

Sumber: Bina Marga 2013



Gambar 4. Pemicu konseptual untuk penanganan perkerasan (Bina Marga 2013)

2. Menentukan jenis nilai pemicu pemilihan penanganan pada Tabel 3 untuk segmen-semen yang seragam pada tahap desain dimana jenis penanganannya pada tahap desain untuk perkerasan lentur eksisting.

Tabel 3. Pemilihan jenis penanganan pada tahap desain untuk perkerasan lantai eksisting dan beban lantai 1 – 30 juta ESA4/10

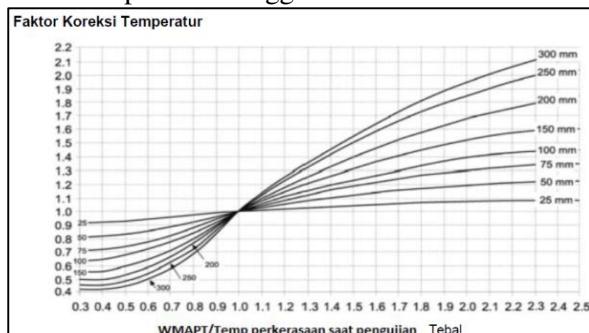
No.	Penanganan	Pemicu untuk setiap segmen yang seragam
1	Hanya pemeliharaan rutin	Lendutan dan IRI di bawah Pemicu 1, luas kerusakan serius < 5% terhadap total area
2	Heavy Patching	Lendutan melebihi pemicu lendutan 2 atau permukaan rusak parah dan luas area dari seluruh seksi jalan yang membutuhkan heavy patching tidak lebih dari 30% total area (jika lebih besar lihat 6 atau 7)
3	Kupas dan ganti material di area tertentu	Retak buaya yang luas, atau alur > 30 mm atau IRI > Pemicu IRI 2 dan hasil pertimbangan teknis
4	Overlay non struktural	Lendutan kurang dari Pemicu Lendutan 1, indeks kerataan lebih besar dari pemicu IRI 1
5	Overlay struktural	Lebih besar dari Pemicu Lendutan 1 dan kurang dari Pemicu Lendutan 2
6	Rekonstruksi	Lendutan di atas Pemicu Lendutan 2, lapisan aspal < 10 cm
7	Daur ulang	Lendutan di atas Pemicu Lendutan 2, lapisan aspal > 10 cm

Sumber: Bina Marga 2013

3. Koreksi temperatur lendutan dengan menggunakan rumus dan Gambar 5.

- Langkah 1: Tentukan faktor temperatur  $f_T$ .  

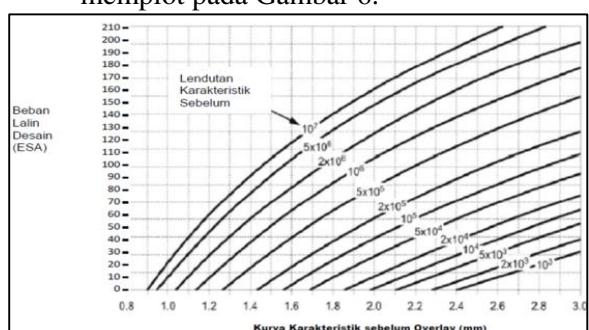
$$f_T = \frac{WMAPT}{Temperatur perkerasan saat pengukuran lendutan} \quad (13)$$
- Langkah 2: Tentukan faktor koreksi temperatur menggunakan Gambar 5.



Gambar 5. Koreksi temperatur untuk pengujian dengan benkelman beam untuk berbagai ketebalan

4. Menentukan tebal lapis tambah berdasarkan lendutan maksimum dan kurva lendutan.

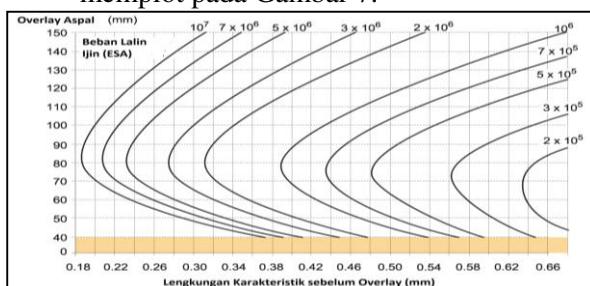
- Berdasarkan lendutan maksimum dengan memplot pada Gambar 6.



Gambar 6. Solusi overlay berdasarkan lendutan benkelman beam untuk WMAPT 41°C

Sumber: Bina Marga 2013

- Berdasarkan kurva lendutan dengan memplot pada Gambar 7.

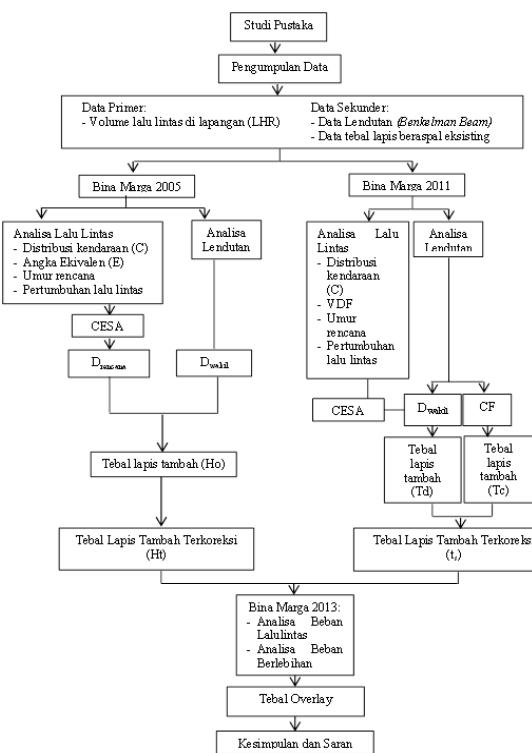


Gambar 7. Tebal overlay aspal untuk mencegah retak fatig pada MAPT > 35°C

## METODOLOGI PENELITIAN

### Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas diambil dari Pukul 06:00 hingga Pukul 18:00 dengan periode waktu setiap 15 menit selama 3 hari, yaitu dari hari Senin, 25 Juli 2016 hingga Rabu, 27 Juli 2016 dengan masing-masing jenis kendaraan, yaitu sepeda Motor (MC), kendaraan ringan (LV), dan kendaraan berat (HV).

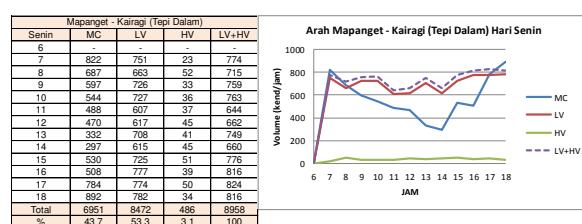
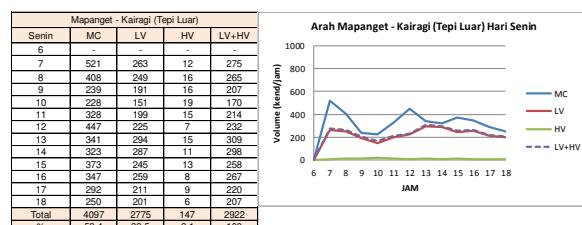
Tabel 4. Data volume lalu lintas

Hari	Arah Kairagi - Mapanget				Arah Mapanget - Kairagi			
	M C	LV	H V	LV+ HV	M C	LV	H V	LV+ HV
Senin	966 8	103 43	60 7	1095 0	110 48	112 47	63 3	1188 0
Selasa	918 5	893 9	52 5	9464	102 55	102 38	46 8	1070 6
Rabu	896 1	842 8	51 3	8941	954 1	100 33	40 5	1043 8
<b>Jumlah</b> <b>h =</b>	<b>278 14</b>	<b>277 10</b>	<b>16 45</b>	<b>2935 5</b>	<b>308 44</b>	<b>315 18</b>	<b>15 06</b>	<b>3302 4</b>
<b>Rata-rata =</b>	<b>927 1</b>	<b>923 7</b>	<b>54 8</b>	<b>9785</b>	<b>102 81</b>	<b>105 06</b>	<b>50 2</b>	<b>1100 8</b>

Untuk maksud perhitungan tebal lapis tambah digunakan data volume lalu lintas yang paling besar, yaitu pada hari Senin. LV dan LV+HV paling besar adalah pada hari Senin. Perhitungan LHR diambil LHR pada hari Senin ruas jalan arah Mapanget - Kairagi.

Pada Gambar 8 untuk volume lalu lintas hari Senin arah Mapanget - Kairagi (Tepi Luar dan Tepi Dalam), dari hasil survei didapatkan total kendaraan = 22.928 kendaraan yang terdiri dari MC = 11.048 kendaraan, LV = 11.247 kendaraan, HV = 633 kendaraan dan diasumsi sebagai 70% LHR.

Dengan demikian LHR untuk arah Mapanget - Kairagi adalah 32.754 kendaraan/hari yang terdiri dari MC = 15.783 kendaraan, LV = 16.067 kendaraan, HV = 904 kendaraan (100% LHR).



TL & TD	MC	LV	HV	JUMLAH
LHR 70% =	11048	11247	633	22928
LHR 100% =	15783	16067	904	32754

Gambar 8. Variasi lalu lintas hari senin arah Mapanget - Kairagi (tepi luar dan tepi dalam)

Volume lalu lintas pada lajur rencana untuk maksud perhitungan tebal overlay diasumsikan

terdiri dari 60% LV dan 70% HV (tanpa memperhitungkan MC). Jadi, didapat total kendaraan pada lajur rencana adalah 10.273 kendaraan/hari yang terdiri dari LV = 9.640 kendaraan dan HV = 633 kendaraan.

Tabel 5. Volume tiap jenis kendaraan pada lajur rencana

N o.	G ol.	Jenis Kendaraan	Jumlah (kend/hari) pada lajur rencana
1	2	Sedan, Jeep, St.Wagon	7156
2	3	Opelet, Minibus	1327
3	4	Pick Up, Mobil Hantaran	1157
4	5a	Bus Kecil	27
5	5b	Bus Besar	67
6	6a	Truk 2 Sumbu Ringan	191
7	6b	Truk 2 Sumbu Sedang	318
8	7a	Truk 3 Sumbu	30
9	7b	Truk 5 Sumbu Gandengan	0
10	7c	Truk 5 Sumbu Semi Trailer	0
Jumlah =			10273

### CESA Berdasarkan Tiap Metode

Nilai CESA untuk tiap metode disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai CESA untuk tiap metode

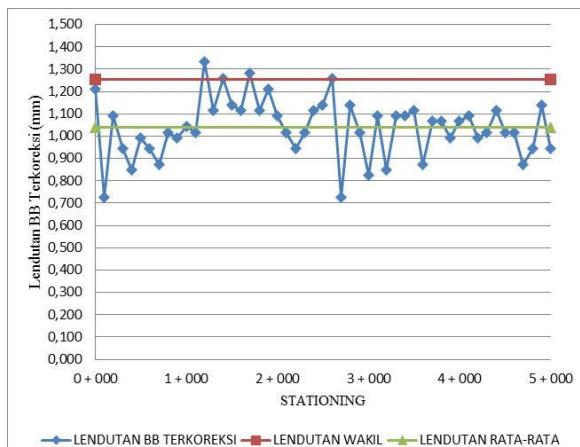
Metode	CESA (ESAL)	CESA <sub>4</sub> (ESAL)	CESA <sub>5</sub> (ESAL)
Bina Marga 2005	5.206.601		
Bina Marga 2011	3.384.337		
Bina Marga 2013		5.425.870	9.766.566

### Analisa Lendutan

Nilai D<sub>wakil</sub> dan nilai CF tiap metode disajikan pada Tabel 7.

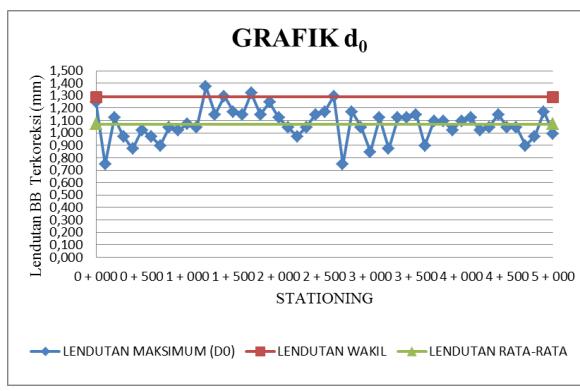
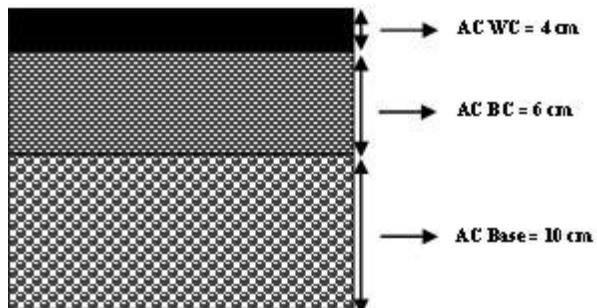
Tabel 7. Nilai D<sub>wakil</sub> dan nilai CF

Metode	D <sub>wakil</sub>	CF = D <sub>0</sub> - D <sub>200</sub>
Bina Marga 2005	1,25	0,21
Bina Marga 2011	1,29	0,21
Bina Marga 2013	1,45	0,24

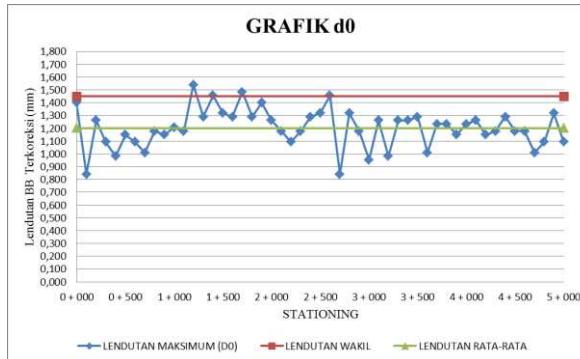


Gambar 9. Grafik lendutan balik BB metode bina marga 2005

- Lebar Perkerasan: 2 x 8,50 m (4 lajur 2 arah terbagi)
- Umur Rencana : 10 tahun
- Pertumbuhan lalu lintas (i): 3,5% (Jalan Kolektor)
- Tebal lapis beraspal eksisting (AC): 20 cm



Gambar 10. Grafik  $d_0$  dengan metode bina marga 2011



Gambar 11. Grafik  $d_0$  dengan metode bina marga 2013

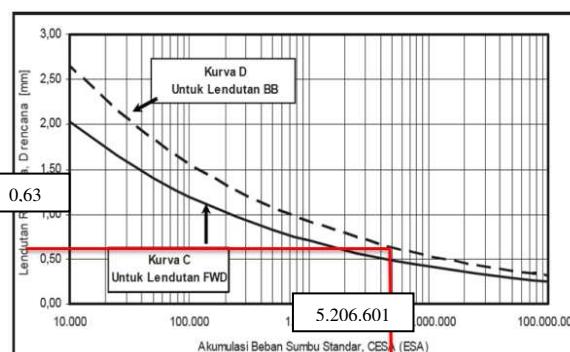
### Prosedur Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Bina Marga 2005

Berdasarkan Bina Marga 2005, untuk tebal lapis tambah harus mempunyai data lalu lintas, perhitungan CESA berdasarkan Bina Marga 2005 adalah 5.206.601 ESAL dan nilai lendutan wakil ( $D_{wakil}$ ) = 1,25 mm. Dari nilai  $D_{wakil}$  didapat nilai  $D_{rencana}$  memplot pada Gambar 12 atau dengan menggunakan rumus berikut.

$$D_{rencana} = 22,208 \times CESA^{(-0,2307)}$$

$$= 22,208 \times 5.206.601^{(-0,2307)}$$

$$= 0,63 \text{ mm}$$



Gambar 12. Hubungan antara lendutan rencana dan lalu lintas (Bina Marga 2005)

### Tebal Lapis Tambah

Tebal lapis tambah (*overlay*) yang diaplikasikan di lapangan, yaitu pada ruas jalan Kairagi – Mapanget pada kilometer 6+800 sampai kilometer 11+800 berdasarkan Bina Marga 2005, Bina Marga 2011, dan setelah itu melakukan desain tebal lapis tambah dengan menggunakan Bina Marga 2013.

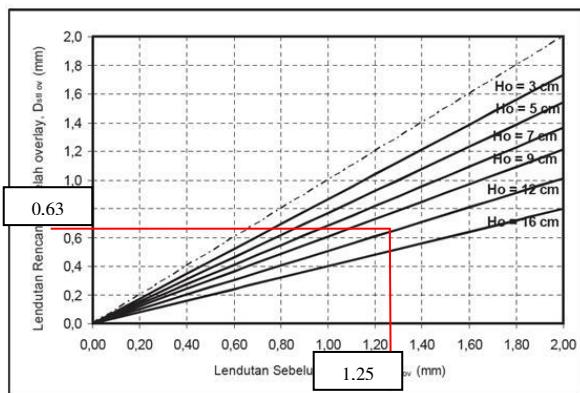
- Data Lapangan:
- Lokasi Jalan: Ruas Jalan Kairagi – Mapanget

Setelah didapat nilai  $D_{rencana} = 0,63 \text{ mm}$  dan nilai  $D_{wakil} = 1,25 \text{ mm}$ , hitung tebal lapis tambah dengan memplot pada Gambar 13 atau menggunakan rumus berikut.

$$H_o = \frac{[\ln(1,0364) + \ln(D_{sbl ov}) - \ln(D_{stl ov})]}{0,0597}$$

$$= \frac{[\ln(1,0364) + \ln(1,25) - \ln(0,627)]}{0,0597}$$

$$= 12,20 \text{ cm}$$

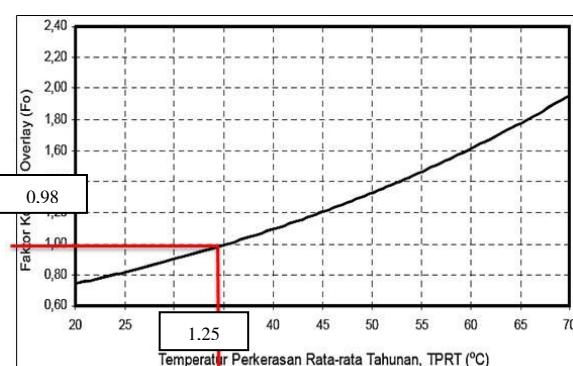


Gambar 13. Tebal lapis tambah / *overlay*

Tebal lapis tambah adalah setebal 12,20 cm, namun tebal tersebut belum dikoreksi terhadap faktor koreksi tebal lapis tambah, dimana untuk Provinsi Sulawesi Utara untuk Kota Manado diperoleh temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) = 34,4°C. Dengan menggunakan rumus atau memplot Gambar 14 bisa mengoreksi tebal lapis tambah.

$$F_o = 0,5032 \times \text{EXP}^{(0,0194 \times \text{TPRT})}$$

$$= 0,5032 \times \text{EXP}^{(0,0194 \times 34,4^\circ\text{C})} = 0,98$$



Gambar 14. Faktor koreksi tebal lapis tambah (F<sub>o</sub>)

Setelah menghitung faktor koreksi tebal lapis tambah, hitung tebal lapis tambah terkoreksi (H<sub>t</sub>) dengan mengalikan nilai H<sub>o</sub> dengan faktor koreksi tebal lapis tambah (F<sub>o</sub>), sesuai dengan rumus berikut.

$$H_t = H_o \times F_o$$

$$= 12,20 \text{ cm} \times 0,98$$

$$= 11,95 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm}$$

Jadi, tebal lapis tambah yang diperlukan untuk melayani beban lalu lintas sebesar 5.206.601 ESAL pada lajur rencana adalah 12 cm (AC – WC = 4 cm ; AC – BC = 8 cm).

#### Prosedur Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Bina Marga 2011

Berdasarkan Bina Marga 2011, didapat nilai CESA adalah 3.384.337 ESAL, dimana nilai d<sub>0</sub> = 1,29 mm dan nilai d<sub>200</sub> = 1,08 mm. Nilai *Curvature Function*, CF = 0,21 mm.

Formula tebal lapis tambah yang digunakan untuk laston (AC) yaitu sebagai berikut.

- *Cara Lendutan*

##### Lapis Pondasi Berbutir :

Jika total repetisi beban lalu lintas > 1 juta ESA:

$$T_d = [(-13,76374894 (L)^{(-0,3924)} - 24,94880546) / D] + 32,72$$

$$T_d = [(-13,76374894 (3.384.337)^{(-0,3924)} - 24,94880546) / 1,29] + 32,72$$

$$= 13,35 \text{ cm}$$

- *Cara Kemiringan Titik Belok*

$$T_c = [(0,02851711 (\log L)^3 - 0,448669202 (\log L)^2 + 1,844106464 (\log L) - 3,517110266) / CF] + 17,43$$

$$T_c = [(0,02851711 (\log 3.384.337)^3 - 0,448669202 (\log 3.384.337)^2 + 1,844106464 (\log 3.384.337) - 3,517110266) / 0,21] + 17,43$$

$$= 4,73 \text{ cm}$$

Tebal perkuatan (t<sub>s</sub>) setelah faktor koreksi = 1,3 x [yang terbesar antara T<sub>d</sub> dan T<sub>c</sub>]. Yang terbesar adalah nilai T<sub>d</sub> = 13,5 cm. Jadi tebal perkuatan (t<sub>s</sub>) adalah:

$$t_s = 1,3 \times T_d$$

$$= 1,3 \times 13,35 \text{ cm}$$

$$= 17,36 \text{ cm} \approx 17,5 \text{ cm}$$

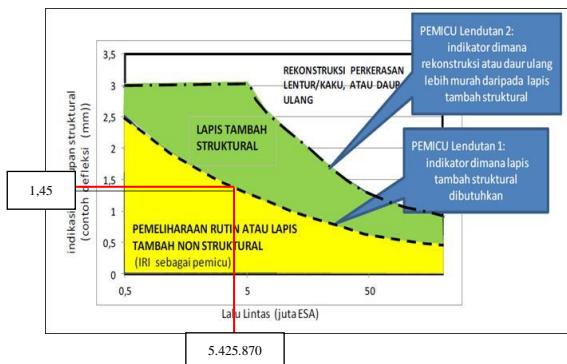
Jadi, tebal lapis tambah yang diperlukan untuk melayani beban lalu lintas sebesar 3.384.337 ESAL pada lajur rencana adalah 17,5 cm (AC – WC = 4 cm ; AC – BC = 13,5 cm).

#### Prosedur Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Bina Marga 2013

Berdasarkan Bina Marga 2013, untuk tebal lapis tambah harus mempunyai data lalu lintas. Dimana pada perhitungan didapat dua nilai CESA, yaitu nilai CESA<sub>4</sub> = 5.425.870 ESAL dan CESA<sub>5</sub> = 9.766.566 ESAL.

Dimana sebelum melakukan desain tebal lapis tambah harus menentukan level desain dan pemicu penanganan yang didefinisikan sebagai nilai batas suatu penanganan perlu atau layak untuk dilaksanakan dengan menggunakan Tabel 3 dan Gambar 15. Setelah diplot dengan menggunakan nilai CESA<sub>4</sub> = 5.425.870 ESAL dan nilai D<sub>wakil</sub> = 1,45 mm, didapatkan nilai

pemicu adalah Pemicu Lendutan 1, dimana lapis tambah struktural dibutuhkan.



Gambar 15. Pemicu konseptual untuk penanganan perkerasan

Setelah menentukan nilai pemicu, menentukan jenis nilai pemicu untuk pemilihan penanganan untuk segmen-semen yang seragam pada tahap desain, dimana pemilihan jenis penanganan pada tahap desain untuk perkerasan lentur eksisting adalah pada beban lalu lintas 1 – 30juta ESA 4/10, yaitu pemicu untuk setiap segmen yang seragam adalah lebih besar dari Pemicu Lendutan 1 dan kurang dari Pemicu Lendutan 2 yang penanganannya adalah *overlay struktural*.

Setelah ditentukan jenis penanganannya, kemudian berdasarkan nilai  $CESA_5 = 9.766.566$  ESAL pada lajur rencana (kisaran 7 juta sampai 10 juta ESAL) ditentukan jenis lapis tambah yang digunakan yaitu jenis AC (Tabel 2.7 Bina Marga 2013). Perhitungan tebal lapis tambah dilakukan berdasarkan lendutan maksimum dan berdasarkan kurva lendutan.

### Penyesuaian Hasil Pengukuran Lendutan terhadap Temperatur Pengujian

Untuk *overlay* (lapis tambah) diatas perkerasan berbutir yang ditutup lapisan beraspal, hasil pengukuran lendutan perlu dikoreksi. Hal ini dikarenakan temperatur perkerasan mempengaruhi kekakuan perkerasan dan kinerjanya dalam merespon beban. Terdapat perbedaan lendutan yang signifikan antara pengujian dengan temperatur perkerasan pada saat pengukuran dan pada kondisi pelayanan. Hal ini menyebabkan pengukuran kurva menjadi tidak mewakili respon perkerasan terhadap pembebanan lalu lintas.

Temperatur perkerasan harian pada suatu lokasi dipengaruhi oleh temperatur perkerasan

tahunan rata-rata (*Mean Annual Pavement Temperature* = *MAPT*), yang untuk Indonesia diambil  $41^\circ\text{C}$ .

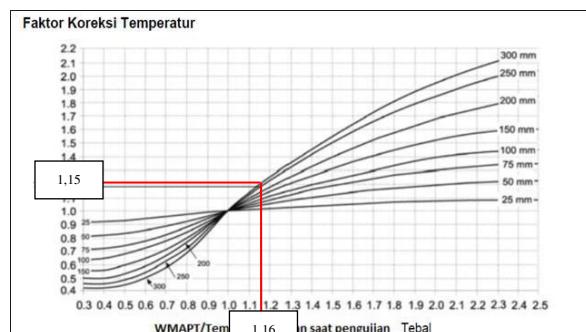
Faktor koreksi temperatur dihitung dalam prosedur berikut:

- **Langkah 1:** Tentukan faktor temperatur  $f_T$  sebagai berikut

$$F_T = \frac{MAPT_{lapangan}}{Temperatur perkerasan saat pengukuran lendutan}$$

$$F_T = \frac{41^\circ\text{C}}{35,333} = 1,160$$

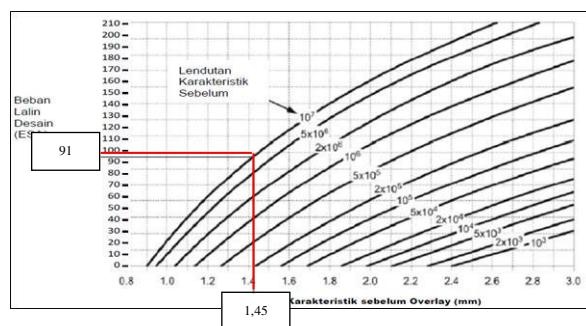
- **Langkah 2:** Tentukan faktor koreksi temperatur menggunakan Gambar 16. Pengujian dengan *Benkelman Beam*.



Gambar 16. Koreksi temperatur untuk pengujian dengan *Benkelman Beam* untuk berbagai ketebalan

- **Berdasarkan Lendutan Maksimum**

Gambar 17 adalah grafik untuk menentukan tebal lapis tambah berdasarkan lendutan maksimum. Untuk nilai  $D_{wakil} = 1,45$  mm dan nilai  $CESA_5 = 9.766.566$  ESAL.



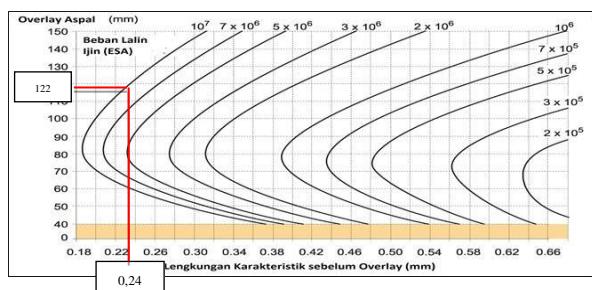
Gambar 17. Solusi Overlay Berdasarkan Lendutan *Benkelman Beam* untuk WMAPT  $41^\circ\text{C}$

Setelah diplot didapat tebal lapis tambah berdasarkan lendutan maksimum adalah setebal 91 mm  $\approx 95$  mm = 9,50 cm.

- **Berdasarkan Kurva Lendutan**

Untuk mencegah retak *fatigue*, tebal lapis tambah dihitung berdasarkan Gambar 18. Nilai *Curvature Function*,  $CF = d_0 - d_{200} = 0,24$  mm

dan nilai  $CESA_5 = 9.766.566$  ESA. Tebal lapis tambah adalah sebesar  $122 \text{ mm} \approx 125 \text{ mm} = 12,50 \text{ cm}$ .



Gambar 18. Tebal Overlay Aspal untuk Mencegah Retak *Fatigue* pada MAPT > 35°C

Setelah diplot pada Gambar 18 didapat tebal lapis setebal 12,50 cm.

Kemudian, dipilih tebal lapis tambah yang terbesar antara lapis tambah berdasarkan kurva lendutan dan lapis tambah berdasarkan lendutan maksimum. Tebal lapis tambah dipilih adalah berdasarkan kurva lendutan yaitu setebal 12,50 cm, dimana diambil tebal AC-WC setebal 4.0 cm dan tebal AC-BC setebal 8.5 cm.

### Memilih Tebal Lapis Tambah

Pada Tabel 7 rekapitulasi tebal lapis tambah dengan tiap metode adalah sebagai berikut:

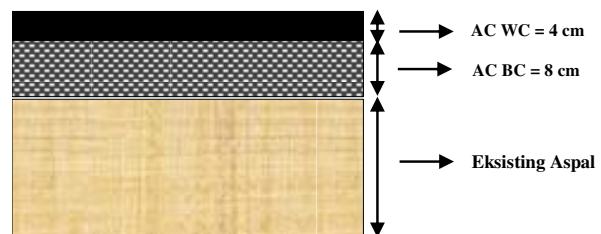
Tabel 7. Rekapitulasi tebal lapis tambah dengan tiap metode

Metode	CESA (ESAL)	Tebal Lapis Tambah (cm)	
		AC - WC	AC - BC
Bina Marga 2005	5.206.601	4	8
Bina Marga 2011	3.384.337	4	13,5
Bina Marga 2013	9.766.566	4	8,5

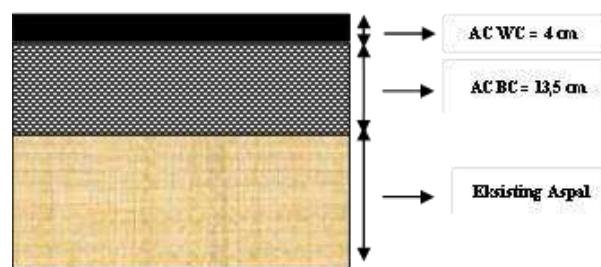
Tebal lapis tambah yang paling tebal adalah berdasarkan metode Bina Marga 2011, yaitu setebal  $1.3 \times 13,35 = 17,5 \text{ cm}$ . Namun untuk pelaksanaan di lapangan yang dipakai adalah tebal lapis tambah berdasarkan metode Bina Marga 2013, yaitu setebal 12,5 cm dan dianggap cukup memadai bila dibandingkan dengan Bina Marga 2005 dan Bina Marga 2011.

Perlu digaris bawahi bahwa tebal lapis tambah berdasarkan Bina Marga 2011 adalah paling tebal. Hal ini karena faktor koreksi tebal perkerasan berdasarkan temperatur perkerasan rata-rata tahunan (WMAPT) adalah cukup besar yaitu sebesar 1.30 dibandingkan dengan Bina

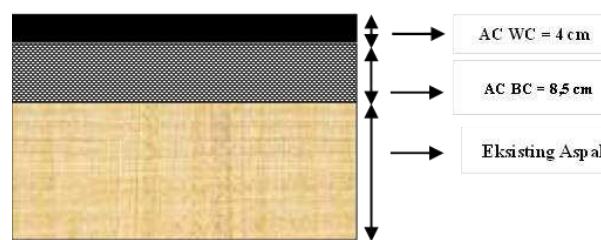
Marga 2005 sebesar 0.98 dan Bina Marga 2013 tanpa faktor koreksi tebal perkerasan.



Gambar 19. Desain Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Bina Marga 2005



Gambar 20. Desain Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Bina Marga 2011



Gambar 21. Desain Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Bina Marga 2013

## PENUTUP

### Kesimpulan

Analisa lalu lintas dan perhitungan tebal lapis tambah pada ruas jalan Kairagi - Mapanget, berdasarkan hasil data survey volume lalu lintas pada bulan Juli 2016 dan data lendutan balik hasil survey dari Balai Perencanaan dan Pelaksanaan Jalan Wilayah XI Provinsi Sulawesi Utara Tahun 2015, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil perhitungan  $d_{wakil}$  dan CF (*Curvature Function*) adalah sebagai berikut:
  - Bina Marga 2005 (Pd T-05-2005-B):  $d_{wakil} = 1,25 \text{ mm}$ ,  $CF = 0,21 \text{ mm}$
  - Bina Marga 2011 (No.002/P/BM/2011):  $d_{wakil} = 1,29 \text{ mm}$ ,  $CF = 0,21 \text{ mm}$
  - Bina Marga 2013 (No. 02/M/BM/2013):  $d_{wakil} = 1,45 \text{ mm}$ ,  $CF = 0,24 \text{ mm}$

- Perbedaan ini disebabkan karena perbedaan cara perhitungan faktor koreksi temperatur pada nilai lendutan balik.
- Hasil perhitungan CESA untuk setiap metode adalah sebagai berikut.
    - Bina Marga 2005 : CESA = 5.206.601 ESAL
    - Bina Marga 2011 : CESA = 3.384.337 ESAL
    - Bina Marga 2013 :
 
$$\text{CESA}_4 = 5.425.870 \text{ ESAL, and}$$

$$\text{CESA}_5 = 9.766.566 \text{ ESAL}$$
  - Perbedaan ini disebabkan karena perbedaan cara perhitungan Angka Ekivalen terhadap beban as standard dan penetapan nilai VDF.
  - Hasil perhitungan tebal lapis tambah untuk tiap-tiap metode adalah sebagai berikut:

Metode	CESA (ESAL)	Tebal Lapis Tambah (cm)	
		AC - WC	AC - BC
Bina Marga 2005	5.206.601	4	8
Bina Marga 2011	3.384.337	4	13,5
Bina Marga 2013	9.766.566	4	8,5

- Dengan memperhatikan faktor koreksi terhadap MAPT, maka tebal lapis tambah menurut Bina Marga 2013 yaitu setebal 12,5 cm adalah yang dipilih sebagai lapis tambah desain pada ruas jalan Kairagi - Mapanget.

### Saran

- Untuk penelitian selanjutnya, perlu dilakukan studi jembatan timbang dengan maksud memperoleh nilai VDF yang lebih mewakili. Dan dalam menganalisis volume lalu lintas, survey volume lalu lintas harus dilakukan dengan durasi minimal 7 x 24 jam untuk lebih mengetahui kondisi lalu lintas dimalam hari, sehingga bisa diperoleh nilai CESA yang lebih akurat. Studi jembatan timbang hanya dapat dilakukan pada ruas jalan dimana terdapat fasilitas jembatan timbang seperti ruas Jalan Bitung – Manado.
- Dalam penelitian ini, perhitungan lapis tambah dilakukan berdasarkan metode Bina Marga. Disaran untuk melakukan penelitian dengan menggunakan metode lainnya seperti Austroads, AASHTO, The Asphalt Institute dan TRRL.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga. 2005. *Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan Pd T-05-2005-B*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. 2011. *Pedoman Desain Perkerasan Jalan Lentur No. 002/P/BM/2011*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Bina Marga. 2013. *Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Bina Marga. 2004. *Survai Pencacahan Lalu Lintas dengan Cara Manual*. Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. *Cara Uji Lendutan Perkerasan Lentur dengan Alat Benkelman Beam SNI 2416:2011*. Jakarta: Standar Nasional Indonesia
- Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Jakarta: Nova.