

**PERENCANAAN TEBAL LAPIS TAMBAH (OVERLAY) DENGAN
PERBANDINGAN METODE PD T-05-2005-B DAN MANUAL PERKERASAN
JALAN NOMOR 02/M/BM/2013**

Iskandar, Gunawan Wibisono², Elianora²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Email : iskandar.iskandar@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Directorate General of Highways has issued many rules and guidelines in plotting the added layer thickness. These guidelines and rules continue to be improved and refined by DGH. This research will be discussed with the thickness of layers added by doing comparison method of Pd T-05-2005-B and Road Pavement Design Manual No. 02 / M / BM / 2013. The result of the analysis showed that the accumulated equivalent value of sunburst standard of 10 years old age of 6,546,500.63 ESA. Differences in seasonal and temperature correction factors make the result of the thickness of the layers added by two different methods. The result for thick layer added method Pd T-05-2005-B equal to 13,0 cm while for Road Pavement Design Manual No. 02 / M / BM / 2013 equal to 8,6 cm.

Keywords : Benkelman Beam, deflection, overlay

A. PENDAHULUAN

A.1 Latar Belakang

Transportasi darat adalah satu diantara beberapa transportasi yang sangat penting untuk meningkatkan pembangunan suatu daerah, searta baik itu peningkatan kehidupan ekonomi, sosial dan budaya. Oleh karena itu pembangunan jalan sangat penting untuk diperhatikan baik dari segi perencanaan maupun perawatan jalan.

Keadaan jalan yang baik dan sesuai dengan kelayakan jalan sebagaimana mestinya akan berdampak baik pula pada pengguna jalan. Namun adakalanya dimana keadaan jalan mengalami kerusakan-kerusakan yang disebabkan karena jalan itu telah melewati batas dari umur rencananya, atau terjadi hal-hal yang tidak diduga seperti bencana alam yang berpotensi mengakibatkan jalan jadi cepat rusak, atau karena permasalahan lainnya. Kerusakan tersebut dapat berupa penurunan, retak-retak, pelepasan butir pada bagian badan jalan.

Jalan yang mengalami kerusakan dapat menimbulkan ketidak nyamanan dan bisa menyebabkan kecelakaan bagi pengguna jalan. Ketika suatu perkerasan sutah tidak bisa menahan beban lalu lintas yang diterima atau umur rencana layanan jalan sudah habis, maka harus dilakukan lapis tambah (*overlay*) pada perkerasan lama yag sudah ada. Lapis tambah berfungsi untuk meningkatkan kapasitas struktur dan masa layanan dari perkerasan lama akibat dari bertambahnya beban lalu lintas yang akan datang(sukirman 2010).

Dalam melakukan perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*) di Indonesia bisa digunakan metode yang dikeluarkan oleh Bina Marga, metode terakhir yang dikeluarkan oleh Bina Marga adalah Manual Desain Perkerasa Jalan Nomor 02/M/BM/2013 (Bina Marga 2013). Metode Bina Marga 2013 ini merupakan penyempurnaan dan memiliki kesamaan dengan metode Pd T-05-2005-B (Bina Marga 2005) namun ada beberapa yang

menjadi tambahan koreksi pada Bina Marga 2013. Dari kedua metode tersebut muncul rasa ingin tahu peneliti untuk mengetahui perbedaan dikarenakan untuk tujuan yang sama sama mencari tebal lapis tambah belum tentu memiliki hasil lapis tambah yang sama pula.

A.2 Tujuan

Menganalisa perbedaan tebal lapis tambah (overlay) dengan metode Pd T-05-2005-B dan Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Tebal Lapis Tambah

Berdasarkan Metode Pd T-05-2005-B (Bina Marga 2005)

Perosedur tebal lapis tambah berdasarkan metode Pd T-05-2005-B adalah sebagai berikut:

1. Hitung 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 ekvalen (*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 benda uji dengan rumus berikut.

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

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

FK_{B-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

$$FK = \frac{s}{d} \times 100\% < FK \text{ ijin} \quad (4)$$

Keterangan:

FK = Faktor keseragaman lendutan (%)

FK ijin = Faktor keseragaman yang diijinkan

dR = 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 (Dwakil) untuk masing masing seksi jalan tergantung dari kelas jalan, yaitu digunakan rumus berikut.

$$Dwakil = dR + 1,64S \quad (5)$$

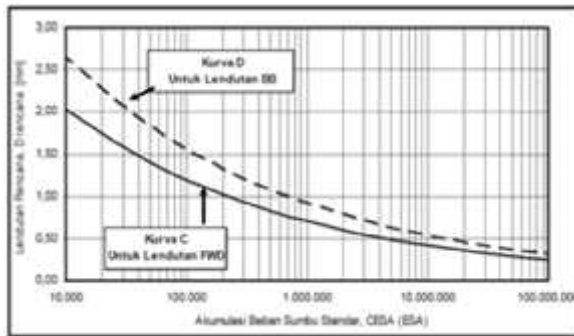
Keterangan:

H_o = Tebal lapis tambah sebelum dikoreksi

Ds_{blov} = Lendutan sebelum overlay atau Dwakil (mm)

Ds_{tlov} = Lendutan setelah lapis tambah atau Drencana (mm)

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



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

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

Keterangan:

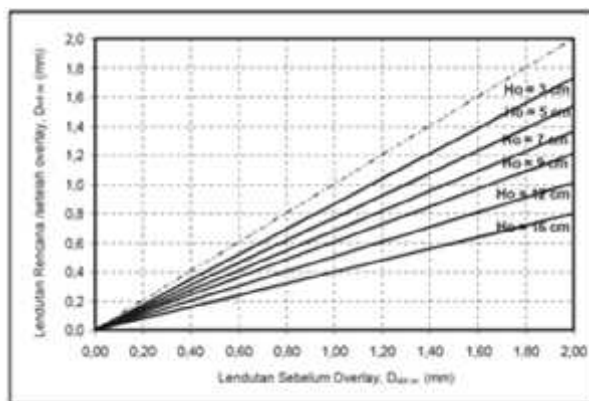
$D_{rencana}$ = lendutan rencana (mm)

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

$$H_o = \frac{[L(1,0) + L(D_s o) - L(D_s o)]}{L,0} \quad (7)$$

Keterangan

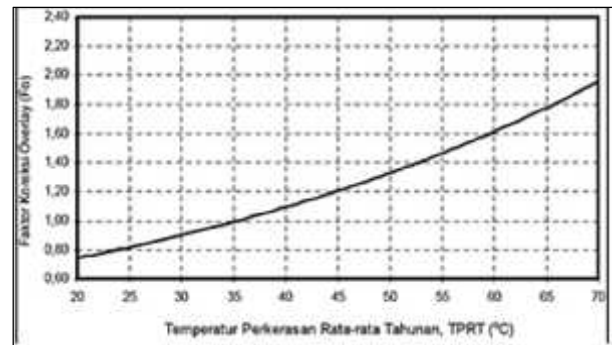
H_o = tebal lapis tambah (*overlay*) sebelum terkoreksi temperatur rata – rata tahunan daerah tertentu (cm)



Gambar 2. Tebal lapis tambah (*overlay*) (H_o)

Sumber: Bina Marga 2005

7. Hitung tebal lapis tambah (*overlay*) terkoreksi (H_t) dengan mengalikan H_o dengan faktor terkoreksi tebal *overlay* (F_o). Untuk mendapatkan nilai H_t dengan memplot pada Gambar 3 atau digunakan rumus berikut.



Gambar 3. Faktor koreksi tebal lapis tambah (*overlay*) (F_o)

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 Dumai tidak diketahui suhu maka diambil 41°C, sesuai untuk temperatur permukaan beraspal di Indonesia menurut Bina Marga 2013)

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

B.2 Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013 (Bina Marga 2013)

Pada manual ini untuk analisis *overlay* menggunakan pedoman Pd T-05-2005 perencanaan tebal lapis tambah metode lendutan dengan melakukan penajaman desain, mengembangkan suatu pendekatan perencanaan dan desain yang dipakai untuk merencanakan struktur perkerasan jalan baru dan tebal lapis tambah suatu struktur perkerasan jalan, serta untuk mengurangi isu empat tantangan yang berkaitan dengan kinerja aset jalan. Empat tantangan tentang aset jalan tersebut adalah beban berlebih, temperatur perkerasan tinggi, curah hujan tinggi, dan tanah dasar lunak. Didalam manual ini dideskripsikan berdasarkan chart yang mengakomodasikan

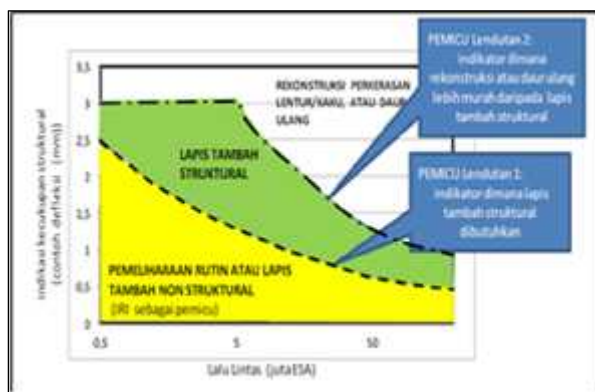
keempat tantangan tersebut secara komprehensif. manual desain pekerasan ini digunakan untuk menghasilkan desain awal yang kemudian hasil tersebut diperiksa terhadap pedoman desain Pd T-05-2005.

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

Tabel 1. Deskripsi Pemicu (*trigger*)

Deskripsi	Pengukuran	Tujuan
Pemicu lendutan 1	Lendutan BB'	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 (milling) untuk memperbaiki bentuk sebelum overlay diperlukan.

Sumber : Bina Marga 2013



Gambar 4. Pemicu konseptual untuk penanganan pekerasan

Sumber : Bina Marga 2013

2. Menentukan jenis nilai pemicu pemilihan penanganan pada Tabel 2 untuk segmen- segmen yang seragam pada tahap desain dimana jenis

penanganannya pada tahap desain untuk pekerasan lentur eksisting.

Tabel 2. Pemilihan jenis penanganan pada tahap desain untuk pekerasan lentur eksisting dan beban lain 1-30 juta ESA/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. Menghitung lendutan baling pengujian *Benkelman Beam*

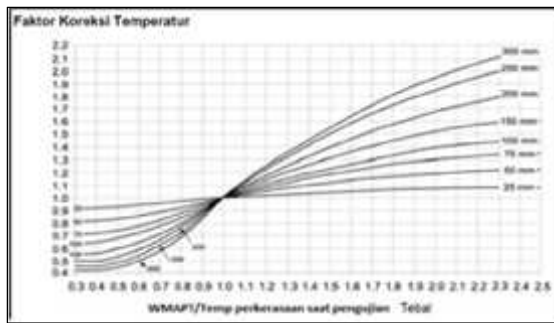
Untuk menghitung nilai lendutan balik pada Bina Marga 2013 masih mengacu pada metode Pd T-05-2005-B, namun pada Bina Marga 2013 ini melakukan penyesuaian pengukuran lendutan terhadap temperatur pengujian.

Faktor koreksi temperatur dapat dihitung dengan perosedur berikut.

- a. Menentukan faktor temperatur F_T dengan rumus berikut.

$$F_T = \frac{M}{2.5 + M} \quad (10)$$

- b. Kemudian tentukan koreksi temperatur menggunakan Gambar 5, bila tebal permukaan kurang dari 25 mm maka tidak diperlukan faktor koreksi temperatur.

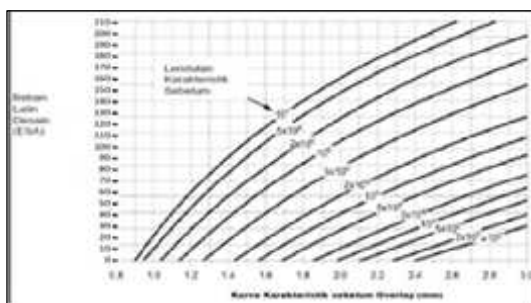


Gambar 5. Koreksi temperatur untuk pengujian dengan Benkelman Beam untuk berbagai ketebalan

4. Menentukan tebal lapis tambah (*overlay*)

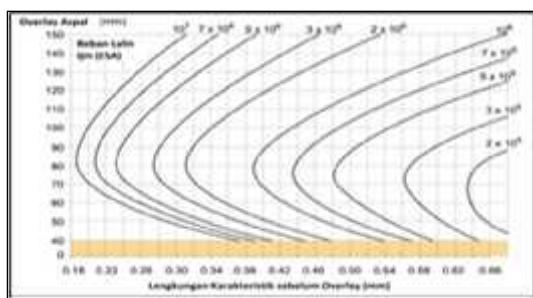
Untuk menetuka *overlay* pada Bina Marga 2013 berdasarkan lendutan maksimum dan kurva Indutan

- Berdasarkan lendutan maksimum menggunakan Gambar 6.



Gambar 6. Solusi overlay berdasarkan lendutan Benkelman Beam untuk WMAPI 41°C

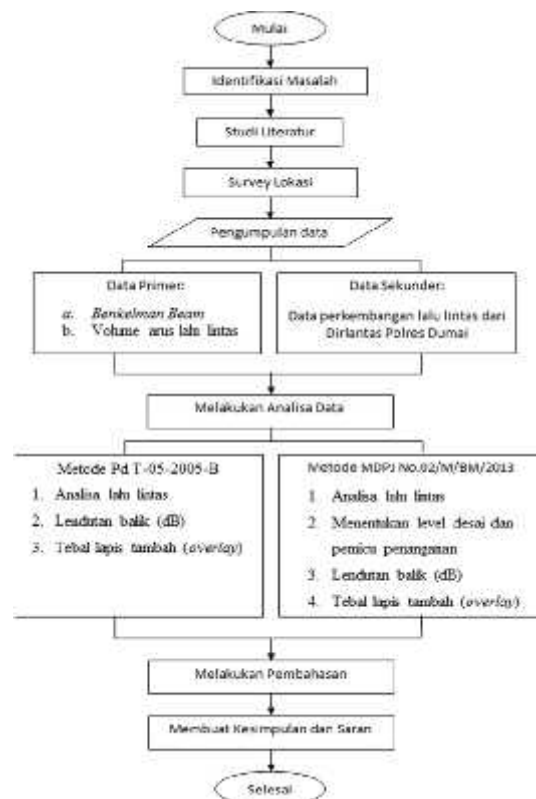
- Berdasarkan kurva apabila tebal overlay yang didapat menggunakan lendutan maksimum hanya HRS yaitu dibawah 4 cm untuk mencegah retak *fatigue* lendutan dengan memplot pada Gambar 7.



Gambar 7. Tebal overlay aspal untuk mencegah retak *fatigue* pada MAPT >30°C

C. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini bisa dilihat dari bagan alir sebagai berikut.



Gambar 7. Flowchart Metodologi Penelitian

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Lalu Lintas Harian Rata – rata (LHR)

Data lalu LHR dapat dilihat pada Tabel 3 untuk kendaraan bermuatan dan pada Tabel 4 untuk kendaraan tidak bermuatan.

Tabel 3. Data Lalu lintas Rata – rata kendaraan Bermuatan

Hari	Mopen	Bus	Truck	Truck	Truck
			1.2L	1.2 H	1.22
Jum'at	1080	7	462	56	35
2 Lajur					
Sabtu	1258	23	269	233	39
2 Lajur					
Senin	1516	19	459	168	21
2 Lajur					

Tabel 4. Data Lalu lintas Rata – rata
Kendaraan Tidak Bermuatan

Hari	Mopen	Bus	Truck	Truck	Truck
			1.2L	1.2 H	1.22
Jum'at 2 Lajur	2362	3	228	22	7
Sabtu 2 Lajur	2306	6	140	124	8
Senin 2 Lajur	2194	9	235	85	4

D.2 Analisa Lalu Lintas

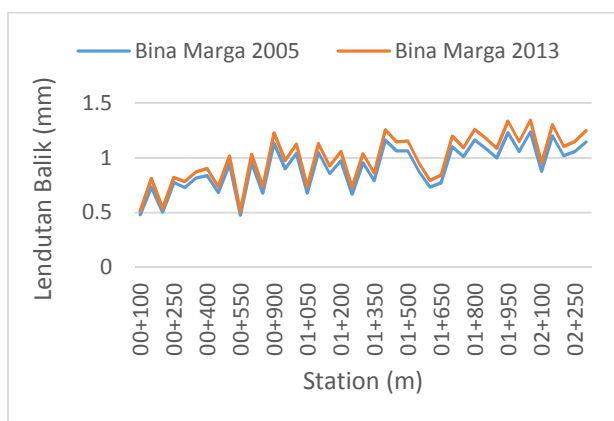
Beban lalu lintas dihitung berdasarkan ekuivalensi terhadap muatan sumbu standar sebesar 80 KN dengan satuan CESA (Cumulative Equivalent Standard Axle). untuk hasil dapat dilihat pada Tabel 5 untuk CESA bermuatan dan tidak bermuatan.

Tabel 5. CESA Total

Jenis Kendaraan	CESA	
	Bermuatan	Tidak Bermuatan
Mopen	3.556,861	1.583,237
Bus	33.984,452	153,663
Truk (1.2 L)	596.900,190	1.669,528
Truk (1.2 H)	5.299.909,610	7.621,549
Truk (1.22)	600.928,654	192,886
Total	6.535.279,77	11.220,863
	6.546.500,63	

D.3 Analisa Lendutan

1. Lendutan balik metode Pd T-05-2005-B dan Manual Desain Pekerasan Jalan No.02/M/BM/2013 dapat dilihat pada Grafik Berikut.



Gambar 8. Grafik Lendutan Balaik

2. Nilai faktor koreksi dan nilai D_{wakil} tiap Metode dapat dilihat pada Tabel 6.

Metode	FK (%)	D_{wakil} (mm)
Pd T-05-2005-B	22,35	1,25
MDPJ No.02/M/BM/2013	22,56	1,36

D.4 Tebal Lapis Tambah (overlay)

D.4.1 Metode Pd T-05-2005-B

Pada metode ini menentukan tebal lapis tambah harus mempunyai data lalu lintas dan data lendutan wakil, dihitung CESA = 6.546.500,63 dan nilai $D_{\text{wakil}} = 1,25$ didapat nilai D_{rencana} dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 D_{\text{rencana}} &= 22,208 \times \text{CESA}^{(-0,2307)} \\
 &= 22,208 \times 6.546.500,63^{(-0,2307)} \\
 &= 0,59 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Setelah didapat nilai $D_{\text{rencana}} = 0,59\text{mm}$ dan nilai $D_{\text{wakil}} = 1,25 \text{ mm}$, hitung tebal lapis tambah dengan menggunakan persamaan berikut.

$$H_o = \frac{[L(1,0) + L(1,1) - L(0,5)]}{0,0}$$

$$H_o = 13,05 \text{ cm}$$

Tebal lapis tambah adalah setebal 13,05 cm, namun harus dikoreksi terhadap faktor koreksi tebal lapis tambah, dimana untuk Kota Dumai diambil temperatur perkerasan rata – rata tahunan (TPRT) = 35,2°C, dengan menggunakan persamaan berikut.

$$F_o = 0,5032 \times \text{EXP}(0,0 \times 3,2)$$

$$F_o = 1,00$$

Setelah menghitung faktor koreksi tebal lapis tambah, hitung tebla lapis tambah terkoreksi (H_t) dengan mengalikan nilai H_o dengan faktor tebal lapis tambah dengan persamaan berikut.

$$H_t = H_o \times F_o$$

$$H_t = 13,05 \times 1,00$$

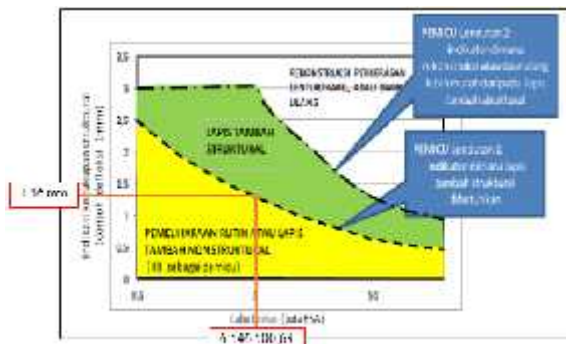
$$H_t = 13,00 \text{ cm}$$

Jadi, tebal lapis tambah yang diperlukan untuk melayani lalu lintas sebesar 6.546.500,63 ESAL pada lajur rencana adalah 13 cm (AC-WC = 4 cm ; AC-BC = 9 cm).

D.4.2 Metode Manual Pengerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013

Berdasarkan metode ini, untuk menentukan tebal lapis tambah harus mempunyai data lalu lintas, dimana nilai CESA = 6.546.500,63 ESAL.

Dimana sebelum melakukan desain tebal lapis tambah harus melakukan level desain dan pemicu penanganan yang didefinisikan sebagai nilai batas suatu penanganan perlu atau layak dilaksanakan dengan menggunakan Gambar 9. Setelah diplot menggunakan nilai CESA = 6.546.500,63 ESAL dan nilai $D_{\text{wakil}} = 1,36 \text{ mm}$, didapat nilai pemicu lendutan 1, dimana tebal lapis tambah struktural dibutuhkan.



Gambar 9. Pemicu Konseptual Untuk Penanganan Perkerasan

Untuk segmen segmen yang seragam pada tahap desain, dimana untuk perkerasan lentur eksisting adalah pada beban 1-30juta ESA 4/10, yaitu pemicu untuk setiap segmen yang seragam adalah lebih besar dari pemicu dari pemicu 1 dan lebih kecil dari pemicu 2 yang penanganannya adalah *overlay structural*.

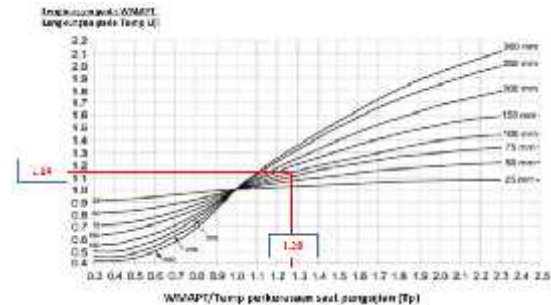
Kemudian menghitung penyesuaian hasil pengukuran lendutan terhadap temperatur pengujian (F_t). Dengan temperatur perkerasan tahunan rata – rata (Mean Annual Pavement Temperature = MAPT), yang untuk indonesia diambil 40°C . dihitung dengan prosedur berikut. Langkah 1 tentukan faktor temperatur F_t dengan persamaan berikut.

$$F_t = \frac{M}{T_i \cdot p \cdot s \cdot p \cdot k}$$

$$= \frac{4}{3,0}$$

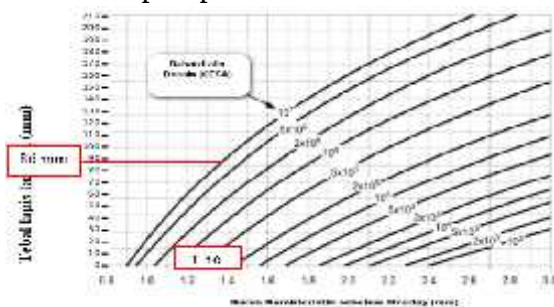
$$= 1,281$$

Langkah 2 tentukan faktor koreksi temperatur menggunakan Gambar 10.



Gambar 10. Koreksi temperatur untuk pengujian dengan Benkelman Beam untuk berbagai ketebalan.

1. Menentukan tebal lapis tambah berdasarkan lendutan maksimum. Untuk menentukan tebal lapis tambah dengan lendutan maksimum memerlukan nilai D_{wakil} dan nilai beban lalu lintas yaitu dengan $D_{\text{wakil}} = 1,36 \text{ mm}$ dan nilai CESA = 6.546.500,63 ESAL. Dengan memplot pada Gambar 11.

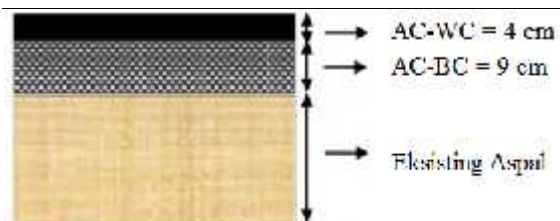


Gambar 11. Solusi *overlay* berdasarkan lendutan Benkelman Beam untuk WMAPT 41°C

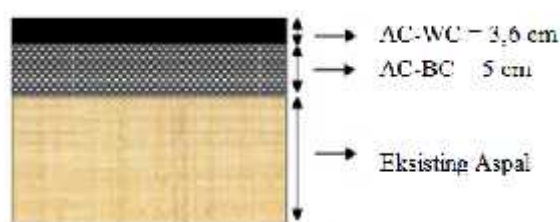
2. Menentukan tebal lapis tambah dengan curva lendutan untuk mencegah retak *Fatigue*.
Menentukan tebal lapis menggunakan kurva lendutan apabila tebal overlay yang didapat pada saat menentukan dengan lendutan maksimum hanya didapat overlay yang tipis hanya bisa untuk HRS yaitu dibawah 4 cm. Dengan demikian pada penelitian ini tidak perlu dilakukan karena telah mendapatkan overla yang melebihi 4 cm yaitu 8,6 cm.
Maka di dapat tebal lapis tambah untuk metode Manual Desai Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013 setebal 8,6 cm, dimana diambil tebal AC-WC setebal 3,6 cm dan tebal AC-BC setebal 5 cm.

Tabel 6. Rekapitulasi tebal lapis tambah yang diperoleh dari tiap metode.

Metode	CESA (ESA)	Overlay (cm)	
		AC-WC	AC-BC
Pd T-05-2005	6.546.500	4	9
MDPJ No. 02/M/BM/2013	6.546.500	3,6	5



Gambar 12. Desain Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Pd T-05-2005-B



Gambar 12. Desain Tebal Lapis Tambah Berdasarkan MDPJ No.02/M/BM/2013

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tugas akhir ini, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Tebal lapis tambah (*Overlay*) dengan umur rencana 10 tahun
 - a. Metode Pd T-05-2005-B didapat $D_{\text{wakil}} = 1,18$ dengan tebal lapis tambah sebesar 13 cm
 - b. Metode Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013 didapat $D_{\text{wakil}} = 1,36$ tebal lapis tambah sebesar 8,6 cm
2. Hasil analisa
 - a. Metode Pd T-05-2005-B menghasilkan nilai tebal lapis tambah yang lebih besar dibandingkan dengan metoda Bina Marga 2013, dikarenakan Bina Marga 2013 memberikan solusi untuk tebal overlay yang lebih murah.
 - b. Pada Metode Bina Marga 2013 melakukan dua masukan untuk menentukan tebal lapis tambah yaitu dengan menggunakan nilai lendutan maksimum dan apabila tebal lapis tambah dengan lendutan maksimum didapat hanya untuk HRS maka perlu menggunakan curva lendutan untuk mencegah terjadinya retak *fatigue*, sementara pada Pd T-05-2005-B hanya menggunakan lendutan maksimum namun dilakukan pengkoreksian tebal dengan menggunakan rata-rata temperatur perkerasan tahunan (TPRT).

E.2 Saran

1. Mengingat perencanaan tebal lapis tambah (*Overlay*) sangat dipengaruhi oleh metode yang digunakan, sebaiknya pemilihan metode tersebut

- harus dijadikan pertimbangan dalam perencanaan tebal lapis tambah jalan.
2. Sebaiknya pengambilan data LHR minimal 7x24 jam sesuai dengan aturan baru yang dijelaskan pada Bina Marga 2013.
 3. Diharapkan untuk perencanaan tebal lapis tambah disertai dengan analisa *deflectomtry*, guna untuk mengetahui tipe-tipe kondisi jalan pada *subgrade* atau *Pavement*.

F. DAFTAR PUSTAKA.

- Aditya, Hangga, (2014). Perbandingan Perencanaan Tebal Lapis Tambah Metode Bia Marga 1983 dan Marga 2011. Jurnal. Bandung : Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). RSNI3 2416-2008. Cara Uji Lendutan Perkerasan Lentur Dengan Alat Benkleman Beam.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 2416-2011. Cara Uji Lendutan Perkerasan Lentur Dengan Alat Benkleman Beam.
- Bina Marga. (2013). Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Bina Marga. (2005). Pd T-05- 2005-B. Pedoman Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur. Jakarta.
- Hobbs, F. D. (1995). *Perencanaan Dan Teknik Lalu Lintas*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Hendarsin L, Shirley. (2000). *Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Politeknik Negeri Bandung, Bandung.
- Sarwono, J. (2009). Regresi linier, 1–14.
- Mulia, Satria Agung. (2017). Perbandingan Rencan Anggaran Biaya Pada Perhitungan Tebal Lapis Tambah (*overlay*) Dengan Metode Pd-T-05-2005-B dan *Asphalt Institute*. Tugas Akhir. Pekanbaru : Universitas Riau.
- Sukirman, Silvia. (2010). *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. NOVA. Bandung.
- Undang-undang Nomor 38. (2004). *Jalan*. Presiden Republik Indonesia.
- Undang-undang Nomor 34. (2006). *Fungsi Jalan*. Presiden Republik Indonesia.
- Undang-undang Nomor 22. (2009). *Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. Presiden Republik Indonesia.