

ANALISA DEFLECTOMETRY DAN TEBAL LAPIS TAMBAH DENGAN METODE PD T-05-2005-B PADA PERKERASAN LENTUR

Rivai Morhan Sihombing¹, Mardani Sebayang², M. Shalahuddin²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Email : rivai.morhan@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Structural dysfunction will occur on the road such as cracks after passing the design life that can reduce the safety and comfort to the rider through it. It can be fixed by adding overlay. This research was conducted on road sections of Rangau - Duri Bengkalis Regency Riau Province. The purpose of this study is to calculate the overlay thickness using Pd T-05-2005-B method based on the deflection data obtained by using Benkelman Beam. Other than that is to calculate the resilient modulus and stability of the pavement with pick up first the stations that have good subgrade based the deflectometry have been made. This study generate overlay thickness from 4 cm to 13 cm with the design life of 5 years. While with the design life of 10 years, generated overlay thickness from 4 cm to 13.1 cm. Asphalt resilient modulus values obtained is from 1201.95 to 2403.90 Mpa and the stability value is from 1151.29 kg/0.01 in to 2302.59 kg/0.01 in.

Keywords: Overlay thickness, Design Life, Pd T-05-2005-B Method, Deflectometry, Resilient modulus, Stability.

A. PENDAHULUAN

A.1 Latar Belakang

Jalan merupakan infrastruktur dasar yang sangat vital sebagai media untuk dapat menghubungkan berbagai lokasi guna melancarkan aktivitas sebagian besar masyarakat. Menurut Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004, jalan mempunyai peranan penting terutama dalam mendukung bidang ekonomi, sosial dan budaya serta lingkungan dan dikembangkan melalui pendekatan pengembangan wilayah agar tercapai keseimbangan dan pemerataan pembangunan antardaerah, membentuk dan memperkuat kesatuan nasional untuk memantapkan pertahanan dan keamanan nasional, serta membentuk struktur ruang dalam rangka mewujudkan sasaran pembangunan nasional.

Jalan diharapkan mampu untuk melayani perkembangan lalu lintas selama umur rencana. Setelah melewati umur rencana, jalan akan mengalami kerusakan dimana menurut Suwardo dan Sugiharto,

2004, kerusakan jalan disebabkan antara lain karena beban lalu lintas berulang yang berlebihan (*overloaded*), panas/suhu udara, air dan hujan, serta mutu awal produk jalan yang jelek. Kerusakan yang terjadi pada jalan akan dapat menghambat kelancaran berbagai aktivitas mengingat perannya yang cukup vital dalam banyak aspek. Kerusakan ini dapat ditandai dengan adanya retak pada jalan, jalan yang berlubang, terjadi penurunan jalan dan sebagainya.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan terhadap perkerasan jalan yang mengalami disfungsi struktural khususnya kerusakan sedang adalah dengan memberi lapis tambah (*overlay*) pada perkerasan tersebut. Menurut Miswandi, 2009, perencanaan tebal lapis tambah bertujuan untuk mengembalikan kekuatan perkerasan sehingga mampu memberikan pelayanan yang optimal kepada masyarakat pengguna jalan. Perencanaan tebal lapis tambah dapat dilakukan dengan mengetahui terlebih dahulu data lendutan pada jalan

yang ditinjau dimana nilai lendutan dapat diambil dengan menggunakan alat *Benkelman Beam* ataupun *Falling Weight Deflectometer*.

A.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung tebal lapis tambah pada perkerasan lentur dengan menggunakan metode Pd T-05-2005-B, menghitung nilai modulus resilien dari aspal, dan memprediksi nilai stabilitas dari aspal.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Jalan sangat dibutuhkan dalam segala aspek kehidupan. Kegiatan masyarakat sangat dipengaruhi oleh keberadaan jalan untuk menunjang kelancaran aktivitas baik itu barang, jasa, ataupun kegiatan pemerintah sampai kepada sistem pertahanan dan keamanan negara. Khususnya untuk daerah perkotaan, jalan dapat menentukan sifat dan karakteristik struktur kota, baik secara langsung maupun tidak langsung (Manotar, 2012).

Dengan semakin bertambahnya jumlah lalu lintas pada jalan raya, secara perlahan permukaan jalan akan mengalami kerusakan. Salah satu upaya pemeliharaan untuk memperbaiki kembali kondisi jalan adalah dengan memberi lapis tambah pada perkerasan tersebut.

Metode perhitungan yang digunakan pada penelitian ini adalah berdasarkan dokumen Pd T-05-2005-B. Pada dokumen tersebut dinyatakan bahwa pedoman tersebut menetapkan kaidah-kaidah dan tata cara perhitungan lapis tambah perkerasan lentur berdasarkan kekuatan struktur perkerasan yang diilustrasikan dengan nilai lendutan. Pedoman tersebut selain berlaku untuk data lendutan yang diperoleh dengan alat *Benkelman Beam* juga berlaku untuk data lendutan yang diperoleh dengan alat *Falling Weight Deflectometer*. Menurut Pd T-05-2005-B tebal lapis tambah adalah lapis perkerasan tambahan yang dipasang di atas konstruksi perkerasan yang ada dengan tujuan

meningkatkan kekuatan struktur perkerasan yang ada agar dapat melayani lalu lintas yang direncanakan selama kurun waktu yang akan datang.

B.1. Analisa Lalu Lintas

Dalam menentukan tebal lapis tambah pada konstruksi perkerasan, pertama kali dilakukan perhitungan akumulasi beban sumbu lalu lintas (CESA) selama umur rencana dengan menggunakan Rumus (1), yaitu:

$$CESA = \sum m \times 365 \times E \times C \times N \quad (1)$$

dengan:

CESA = akumulasi ekivalen beban sumbu standar (ESA)

m = jumlah masing-masing jenis kendaraan (unit)

365 = jumlah hari dalam satu tahun

E = ekivalen beban sumbu

C = koefisien distribusi kendaraan

N = faktor hubungan umur rencana yang sudah disesuaikan dengan perkembangan lalu lintas

B.2. Analisa Lendutan

1. Keseragaman Lendutan

Menurut Pd T-05-2005-B perhitungan tebal lapis tambah dapat dilakukan pada setiap titik pengujian atau berdasarkan panjang segmen. Apabila berdasarkan panjang segmen maka cara menentukan panjang segmen jalan harus dipertimbangkan terhadap keseragaman lendutan. Faktor keseragaman lendutan dapat ditentukan menggunakan Rumus (2).

$$FK = \frac{S}{d_R} \times 100\% \leq FK_{ijin} (\leq 30\%) \quad (2)$$

dengan:

FK = faktor keseragaman

FK_{ijin} = faktor keseragaman yang diijinkan

d_R = lendutan rata-rata pada suatu segmen jalan, mm

S = deviasi standar

Nilai lendutan rata-rata pada suatu segmen jalan (d_R) dapat dihitung dengan menggunakan Rumus (3).

$$d_R = \frac{\sum_{I=1}^{ns} d_B}{ns} \quad (3)$$

dengan:

d_B = nilai lendutan balik tiap titik pemeriksaan pada suatu segmen jalan

Sedangkan nilai deviasi standar (S) dapat dihitung dengan menggunakan Rumus (4).

$$S = \sqrt{\frac{ns(\sum_{I=1}^{ns} d^2) - (\sum_{I=1}^{ns} d)^2}{ns(ns-1)}} \quad (4)$$

dengan:

ns = jumlah titik pemeriksaan pada suatu segmen jalan

2. Lendutan Wakil (D_{wakil})

Lendutan wakil merupakan lendutan yang mewakili suatu sub ruas jalan. Nilai lendutan wakil dihitung dengan rumus berdasarkan fungsi/kelas jalan seperti berikut.

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

3. Lendutan Rencana/Ijin

Lendutan rencana dengan alat *Benkelman Beam* dapat dicari menggunakan Rumus (6).

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

dengan:

D_{rencana} = lendutan rencana, dalam satu milimeter

CESA = akumulasi ekivalen beban sumbu standar, dalam satuan ESA

B.3 Perhitungan Tebal Lapis Tambah

Lapis tambah yang akan digunakan merupakan campuran beraspal. Perhitungan tebal lapis tambah dipengaruhi oleh dua kondisi seperti berikut.

1 Sebelum Koreksi

Nilai tebal lapis tambah sebelum koreksi dapat ditentukan menggunakan Rumus (7).

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

dengan:

H_o = tebal lapis tambah sebelum dikoreksi temperatur rata-rata tahunan daerah tertentu, cm

$D_{\text{sbl ov}}$ = lendutan sebelum lapis tambah/lendutan wakil (D_{wakil}), mm

$D_{\text{stl ov}}$ = lendutan setelah lapis tambah atau lendutan rencana (D_{rencana}), mm

2 Setelah Terkoreksi

Tebal lapis tambah yang diperoleh adalah berdasarkan temperatur standar 35°C, maka untuk masing-masing daerah perlu dikoreksi karena memiliki temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) yang berbeda. Selain itu jenis campuran beraspal untuk lapis tambah juga dapat berpengaruh pada perhitungan tebal lapis tambah. Untuk itu juga digunakan faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian (FK_{TBL}). Nilai tebal lapis tambah terkoreksi ini dihitung dengan Rumus (8).

$$H_t = H_o \times F_o \times \text{FK}_{\text{TBL}} \quad (8)$$

dengan:

H_t = tebal lapis tambah setelah dikoreksi dengan temperatur rata-rata tahunan daerah tertentu (cm).

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

F_o = faktor koreksi tebal lapis tambah (9)

FK_{TBL} = faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian berdasarkan jenis campuran beraspal untuk lapis tambah (Laston Modifikasi: 0,85; Laston: 1; Lataston: 1,23)

$$F_o = 0,5032 \times \text{EXP}^{(0,0194 \times \text{TPRT})} \quad (9)$$

dengan:

Fo = faktor koreksi tebal lapis tambah

TPRT = temperatur perkerasan rata-rata tahunan untuk daerah/kota

B.4 Deflectometry

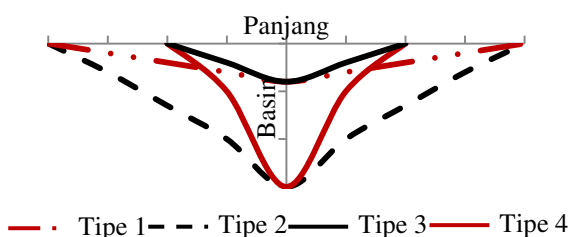
Deflectometry adalah hubungan antara nilai lendutan dengan jarak dari pusat beban yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi stabilitas perkerasan jalan.

Terdapat 4 tipe yang dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik *subgrade* dan *pavement* dari perkerasan jalan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 1 berikut.

Tabel 1. Karakteristik *deflectometry*

Tipe	Basin	Panjang	Evaluasi
1	Rendah	Tinggi	<i>Subgrade</i> baik / <i>Pavement</i> baik
2	Tinggi	Tinggi	<i>Subgrade</i> buruk / <i>Pavement</i> baik
3	Rendah	Rendah	<i>Subgrade</i> baik / <i>Pavement</i> buruk
4	Tinggi	Rendah	<i>Subgrade</i> buruk / <i>Pavement</i> buruk

Sumber: Feo & Urrego, 2013



Gambar 1. Karakteristik *deflectometry*

Sumber: Feo & Urrego, 2013

Lendutan yang kecil menunjukkan *subgrade* yang mampu menahan beban di atasnya dengan baik, seperti pada tipe 1 dan tipe 3. Sebaliknya lendutan yang besar menunjukkan *subgrade* yang tidak baik dalam menahan beban di atasnya, seperti pada tipe 2 dan tipe 4. Jika dilihat dari distribusi lendutannya pada jarak uji yang berbeda, distribusi lendutan yang menyebar menunjukkan *pavement* yang baik, seperti pada tipe 1 dan tipe 2.

Sebaliknya distribusi lendutan yang tidak menyebar menunjukkan *pavement* yang tidak baik, seperti pada tipe 3 dan tipe 4.

B.5 Prediksi Nilai Stabilitas

Berdasarkan SNI 06-2489-1991, stabilitas adalah kemampuan suatu campuran aspal yang dinyatakan dalam kilogram untuk menerima beban sampai terjadi keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban.

Stabilitas merupakan salah satu parameter penting dalam desain pencampuran aspal yang dapat mempengaruhi struktur perkerasan jalan agar dapat memikul repetisi beban lalu lintas sehingga tanah tidak mengalami deformasi yang berarti (Pratama, 2016).

Modulus Resilien (M_R) yang sangat berperan dalam menjamin perkerasan beraspal yang kuat dan awet, adalah ukuran kekakuan suatu bahan (Dachlan & Sjahdanulirwan, 2012).

Al-Jassar dkk, 2003, dalam penelitiannya menghasilkan persamaan korelasi antara stabilitas dan modulus resilien seperti pada Rumus (10). Persamaan ini dapat berguna untuk mengetahui nilai modulus resilien berdasarkan dari nilai stabilitas atau sebaliknya.

$$M_R = 1,044 \times \text{Stabilitas} \quad (10)$$

dengan:

M_R = modulus resilien (MPa)

Stabilitas = stabilitas (kg/0,01 in)

Nilai modulus resilien dapat dicari menggunakan Rumus (11) sebagai berikut.

$$M_R = \frac{0,24 P}{d_r r} \quad (11)$$

dengan:

M_R = Modulus Resilien (psi)

P = beban (pound)

d_r = nilai lendutan pada jarak r (inch)

r = jarak titik uji (inch)

C. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini akan digunakan data primer yang diambil dengan cara melakukan survei ke lapangan dan data sekunder yang diambil dari PT. Hegar Daya. Kedua data ini berguna dalam perhitungan tebal lapis tambah pada ruas jalan Rangau - Duri.

1. Data Primer

Data yang diambil merupakan data volume arus lalu lintas baik pada kendaraan ringan maupun kendaraan berat yang didapat dengan melakukan survei ke lapangan di jalan Rangau - Duri selama 3x24 jam pada tanggal 02, 03 dan 04 Februari 2017. Survei ini dilakukan secara manual dengan periode pencatatan per satu jam dimana 2 anggota pertama mencatat terlebih dahulu kemudian setelah 3 jam diganti dengan 2 anggota lainnya dan seterusnya dilakukan secara bergantian. Setiap anggota mencatat kendaraan tipe bermuatan dan tidak bermuatan dalam 1 arah.

2. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan adalah data lendutan dari hasil pengujian

dengan alat *Benkelman Beam (BB)* yang dilakukan oleh PT. Hegar Daya serta data perkembangan lalu lintas Dir Lantas Polda Riau (M. Andy Kurniawan, 2015).

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Analisa Lalu Lintas

Dalam analisa ini akan dicari nilai dari akumulasi ekivalen beban sumbu standar (CESA). Adapun hasil perhitungan yang didapat adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil perhitungan CESA

n = 5 tahun	n = 10 tahun
6.411.204,440	14.559.215,260

n = umur rencana

D.2 Analisa Lendutan

Pada penelitian ini data lendutan diambil dari hasil pengujian dengan alat BB dari Sta 00+000 s/d 27+500. Dengan data lendutan balik (d_B) yang didapat ditunjukkan seperti pada Tabel 3 dan Gambar 4.

Tabel 3 Data lendutan *Benkelman Beam*

Sta	Bacaan arloji (mm)				Temperatur (°C)					Ft	Ca	FK _{B-BB}	d_B (mm)
	d_1	d_2	d_3	d_4	T_u	T_p	T_t	T_b	T_L				
00+000	0	0,03	0,08	0,09	31	33	38,1	36,2	35,8	0,99	1,2	0,997	0,2
00+500	0	0,14	0,22	0,25	31	33	38,1	36,2	35,8	0,99	1,2	0,997	0,6
01+000	0	0,15	0,23	0,24	31	33	38,1	36,2	35,8	0,99	1,2	0,997	0,6
01+500	0	0,02	0,06	0,07	30	35	38,7	36,7	36,8	0,98	1,2	0,997	0,2
02+000	0	0,03	0,11	0,12	31	34	38,7	36,7	36,5	0,98	1,2	0,997	0,3
02+500	0	0,01	0,04	0,05	32	35	39,9	37,8	37,6	0,97	1,2	0,997	0,1
03+000	0	0,02	0,07	0,08	32	36	40,5	38,4	38,3	0,96	1,2	0,997	0,2
03+500	0	0,13	0,24	0,25	32	36	40,5	38,4	38,3	0,96	1,2	0,997	0,6
04+000	0	0,02	0,05	0,06	33	35	40,5	38,4	38,0	0,97	1,2	0,997	0,1
04+500	0	0,09	0,14	0,15	33	35	40,5	38,4	38,0	0,97	1,2	0,997	0,3
05+000	0	0,01	0,04	0,05	33	34	39,9	37,8	37,2	0,98	1,2	0,997	0,1
05+500	0	0,28	0,35	0,37	32	35	39,9	37,8	37,6	0,97	1,2	0,997	0,9
06+000	0	0,03	0,15	0,16	34	36	41,7	39,5	39,1	0,96	1,2	0,997	0,4
06+500	0	0,12	0,17	0,18	32	35	39,9	37,8	37,6	0,97	1,2	0,997	0,4
07+000	0	0,2	0,28	0,29	33	35	40,5	38,4	38,0	0,97	1,2	0,997	0,7
07+500	0	0,03	0,11	0,12	33	36	41,1	39	38,7	0,96	1,2	0,997	0,3

Lanjutan Tabel 3

Sta	Bacaan arloji (mm)				Temperatur (°C)					Ft	Ca	FK _{B-BB}	d _B (mm)
	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	T _u	T _p	T _t	T _b	T _L				
08+000	0	0,04	0,15	0,16	34	37	42,2	40,1	39,8	0,95	1,2	0,997	0,4
08+500	0	0,03	0,1	0,11	31	35	39,3	37,3	37,2	0,98	1,2	0,997	0,3
09+000	0	0,13	0,18	0,19	33	36	41,1	39	38,7	0,96	1,2	0,997	0,4
09+500	0	0,2	0,36	0,37	33	36	41,1	39	38,7	0,96	1,2	0,997	0,9
10+000	0	0,26	0,46	0,48	33	37	41,7	39,5	39,4	0,95	1,2	0,997	1,1
10+500	0	0,12	0,22	0,23	33	36	41,1	39	38,7	0,96	1,2	0,997	0,5
11+000	0	0,2	0,35	0,36	33	36	41,1	39	38,7	0,96	1,2	0,997	0,8
11+500	0	0,18	0,27	0,28	33	35	40,5	38,4	38,0	0,97	1,2	0,997	0,6
12+000	0	0,27	0,42	0,43	34	37	42,2	40,1	39,8	0,95	1,2	0,997	1,0
12+500	0	0,08	0,24	0,36	33	36	41,1	39	38,7	0,96	1,2	0,997	0,8
13+000	0	0,01	0,03	0,05	33	36	41,1	39	38,7	0,96	1,2	0,997	0,1
13+500	0	0,11	0,22	0,23	32	35	39,9	37,8	37,6	0,97	1,2	0,997	0,5
14+000	0	0,08	0,21	0,22	32	35	39,9	37,8	37,6	0,97	1,2	0,997	0,5
14+500	0	0,09	0,18	0,19	36	39	44,5	42,3	41,9	0,93	1,2	0,997	0,4
15+000	0	0,18	0,31	0,33	34	37	42,2	40,1	39,8	0,95	1,2	0,997	0,8
15+500	0	0,08	0,27	0,28	36	38	44	41,7	41,2	0,94	1,2	0,997	0,6
16+000	0	0,05	0,14	0,18	34	36	41,7	39,5	39,1	0,96	1,2	0,997	0,4
16+500	0	0,3	0,42	0,45	34	37	42,2	40,1	39,8	0,95	1,2	0,997	1,0
17+000	0	0,28	0,43	0,45	34	38	42,8	40,6	40,5	0,94	1,2	0,997	1,0
17+500	0	0,01	0,1	0,11	36	38	44	41,7	41,2	0,94	1,2	0,997	0,2
18+000	0	0,01	0,03	0,04	34	37	42,2	40,1	39,8	0,95	1,2	0,997	0,1
18+500	0	0,01	0,03	0,04	35	39	44	41,7	41,6	0,93	1,2	0,997	0,1
19+000	0	0,01	0,05	0,06	36	39	44,5	42,3	41,9	0,93	1,2	0,997	0,1
19+500	0	0,11	0,2	0,23	34	40	44	41,7	41,9	0,93	1,2	0,997	0,5
20+000	0	0,2	0,37	0,4	37	39	45,2	42,9	42,4	0,93	1,2	0,997	0,9
20+500	0	0,01	0,03	0,05	35	38	43,4	41,2	40,9	0,94	1,2	0,997	0,1
21+000	0	0,01	0,03	0,04	35	37	42,8	40,6	40,1	0,95	1,2	0,997	0,1
21+500	0	0,02	0,09	0,11	36	39	44,5	42,3	41,9	0,93	1,2	0,997	0,2
22+000	0	0,06	0,11	0,13	37	40	45,8	43,4	43,1	0,92	1,2	0,997	0,3
22+500	0	0,04	0,19	0,21	37	38	44,5	42,3	41,6	0,93	1,2	0,997	0,5
23+000	0	0,03	0,14	0,17	34	37	42,2	40,1	39,8	0,95	1,2	0,997	0,4
23+500	0	0,28	0,43	0,44	33	36	41,1	39	38,7	0,96	1,2	0,997	1,0
24+000	0	0,03	0,07	0,08	34	36	41,7	39,5	39,1	0,96	1,2	0,997	0,2
24+500	0	0,01	0,06	0,08	33	37	41,7	39,5	39,4	0,95	1,2	0,997	0,2
25+000	0	0,03	0,1	0,12	35	38	43,4	41,2	40,9	0,94	1,2	0,997	0,3
25+500	0	0,37	0,93	0,98	36	39	44,5	42,3	41,9	0,93	1,2	0,997	2,2
26+000	0	0,43	1,23	1,25	36	39	44,5	42,3	41,9	0,93	1,2	0,997	2,8
26+500	0	1,42	1,83	1,88	35	38	43,4	41,2	40,9	0,94	1,2	0,997	4,2
27+000	0	0,84	1,45	1,5	36	39	44,5	42,3	41,9	0,93	1,2	0,997	3,3
27+500	0	0,6	0,96	1,5	36	38	44	41,7	41,2	0,94	1,2	0,997	3,4

Adapun hasil perhitungan yang didapat dari analisa lendutan berupa lendutan rata-rata (d_R), deviasi standar (S), faktor keseragaman (FK) dan lendutan wakil (D_{wakil}) adalah seperti pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil perhitungan lendutan

Segmen	d_R (mm)	S	FK (%)	D_{wakil} (mm)
1	0,2	0	0	0,2
2	0,6	0,017	2,9	0,6
3	0,2	0	0	0,2
4	0,3	0	0	0,3
5	0,1	0	0	0,1
6	0,2	0	0	0,2
7	0,6	0	0	0,6
8	0,1	0	0	0,1
9	0,3	0	0	0,3
10	0,1	0	0	0,1
11	0,9	0	0	0,9
12	0,4	0,037	9,4	0,5
13	0,7	0	0	0,7
14	0,3	0,083	25,0	0,5
15	1,0	0,173	17,8	1,3
16	0,8	0,175	23,0	1,0
17	0,1	0	0	0,1
18	0,5	0,129	23,7	0,8
19	1,0	0,005	0,5	1,0
20	0,2	0	0	0,2
21	0,1	0,025	24,0	0,1
22	0,5	0	0	0,5
23	0,9	0	0	0,9
24	0,1	0,015	15,2	0,1
25	0,3	0,029	11,0	0,3
26	0,4	0,058	13,6	0,5
27	1,0	0	0	1,0
28	0,2	0,050	23,7	0,3
29	3,2	0,760	23,9	4,4

Sementara nilai lendutan rencana (D_{rencana}) adalah seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil perhitungan lendutan rencana

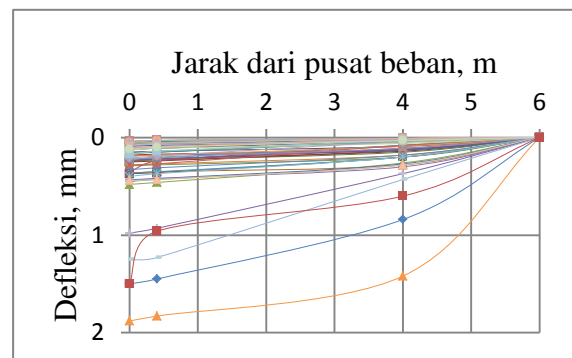
$n = 5$ tahun	$n = 10$ tahun
0,6 mm	0,5 mm

D.3 Perhitungan Tebal Lapis Tambah

Adapun hasil perhitungan tebal lapis tambah (H_t) untuk umur rencana 5 tahun dan 10 tahun yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.

D.4 Deflectometry

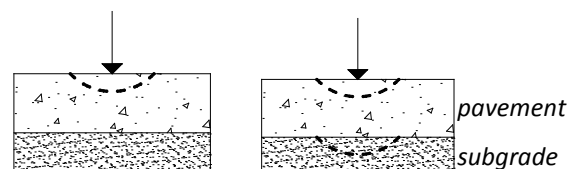
Dengan menggunakan data lendutan yang diperoleh dengan alat *Benkelman Beam* dapat dibentuk grafik *deflectometry* pada Sta 00+000 s/d 27+500 seperti pada Gambar 2.



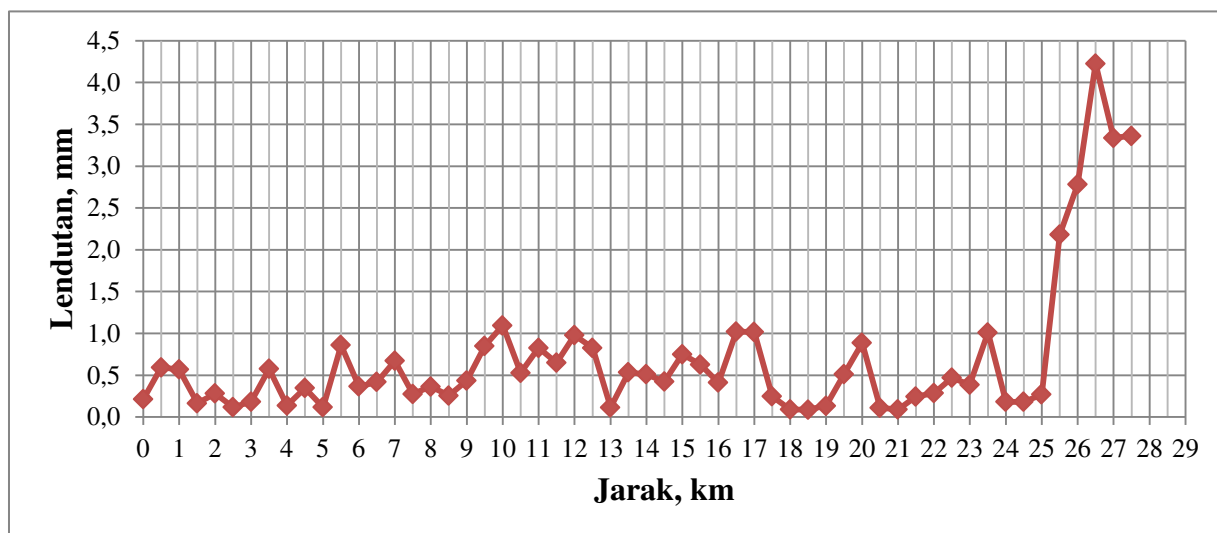
Gambar 2. Grafik *Deflectometry* Sta 00+000 s/d 27+500

D.5 Prediksi Nilai Stabilitas

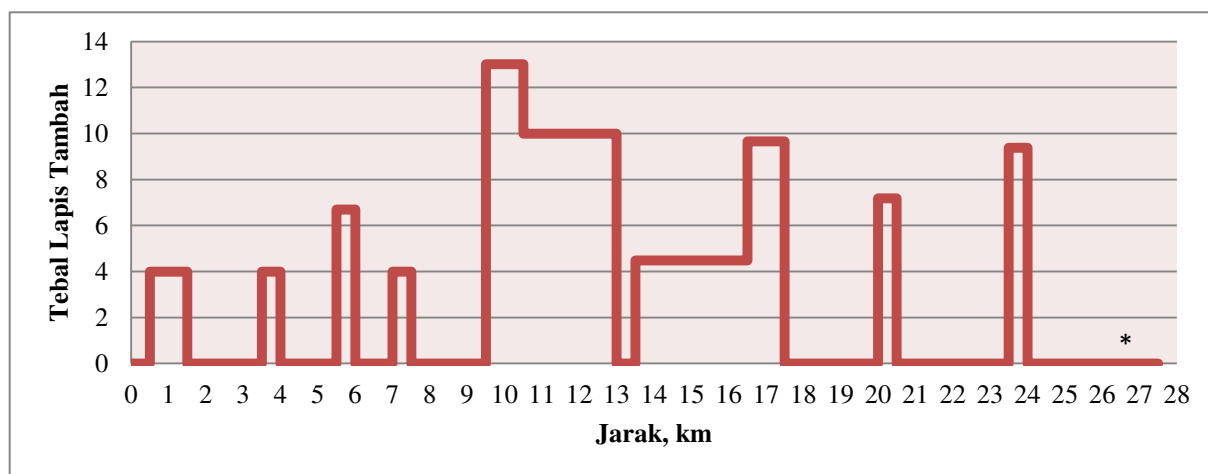
Nilai stabilitas aspal dapat diprediksi berdasarkan nilai modulus resiliennya (M_R). Nilai M_R tersebut akan dicari dengan menggunakan data lendutan. Untuk dapat menghitungnya diperlukan keadaan *subgrade* yang cenderung diam seperti pada Gambar 3 (a) agar lendutan aspal tidak terpengaruh oleh penurunan *subgrade* seperti pada Gambar 3 (b). Oleh karena itu, perlu diseleksi terlebih dahulu stasiun jalan yang memiliki *subgrade* baik dengan bantuan *deflectometry*.



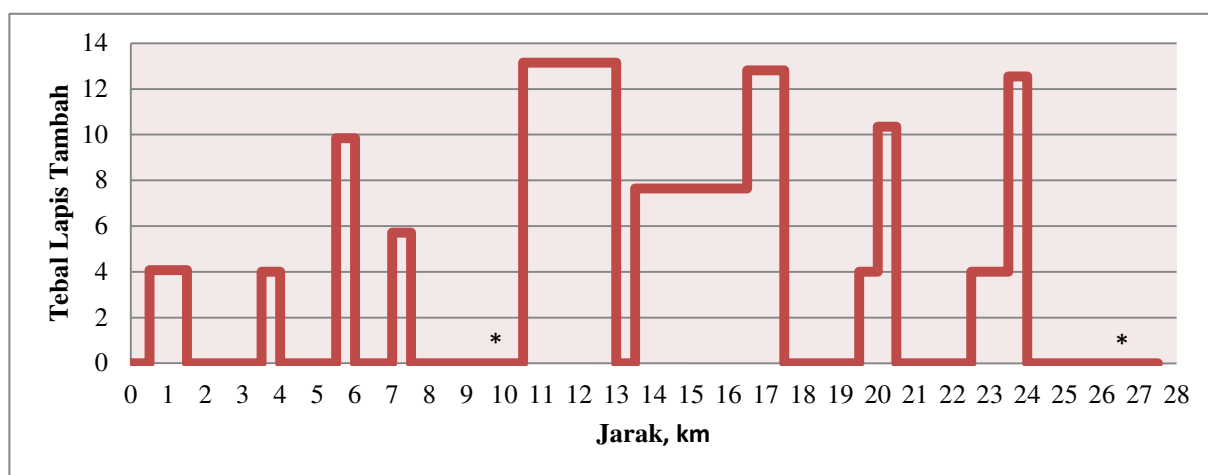
(a) *Subgrade* baik (b) *Subgrade* buruk
Gambar 3. Lendutan akibat beban pada perkerasan jalan



Gambar 4. Grafik data lendutan *Benkelman Beam*

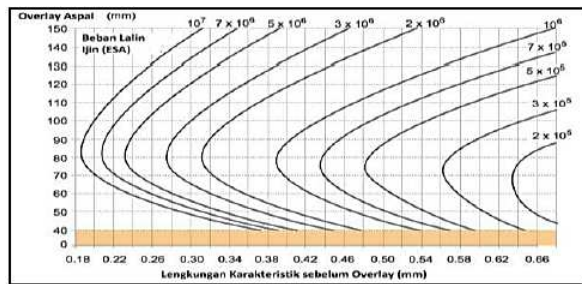


Gambar 5. Tebal lapis tambah (Ht) untuk umur rencana 5 tahun



Gambar 6. Tebal lapis tambah (Ht) untuk umur rencana 10 tahun

* Tidak diberi lapis tambah (Sta 25+500 – 27+500 dengan $n = 5$ & 10 tahun; Sta 9+500 – 10+500 dengan $n = 10$ tahun) karena melebihi batas maksimal tebal lapis tambah (15 cm).



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

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat batas tebal lapis tambah adalah dari 4 cm sampai dengan 15 cm.

Berdasarkan grafik *deflectometry* yang telah dibuat sebelumnya seperti pada Gambar 2, didapat stasiun-stasiun yang memiliki *subgrade* baik dengan jumlah 14 stasiun. Dengan beban uji (P) sebesar 8,171 ton (= 18013,950 pounds) dan jarak titik uji yang digunakan (r) sebesar 0,4 m (= 15,748 inch) maka dapat dicari nilai modulus resilien dan prediksi nilai stabilitas seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Stabilitas aspal Jalan Rangau-Duri

Sta	Lendutan (d _r), inch	Modulus resilien (M _R), psi	Stabilitas, kg/0,01 in
00+000	0,0012	1.602,60	1.535,06
01+500	0,0008	2.403,90	2.302,59
02+000	0,0012	1.602,60	1.535,06
03+000	0,0008	2.403,90	2.302,59
04+000	0,0008	2.403,90	2.302,59
06+000	0,0012	1.602,60	1.535,06
07+500	0,0012	1.602,60	1.535,06
08+000	0,0016	1.201,95	1.151,29
08+500	0,0012	1.602,60	1.535,06
21+500	0,0008	2.403,90	2.302,59
22+500	0,0016	1.201,95	1.151,29
23+000	0,0012	1.602,60	1.535,06
24+000	0,0012	1.602,60	1.535,06
25+000	0,0012	1.602,60	1.535,06

Nilai stabilitas tertinggi terdapat pada Sta. 01+500; 03+000; 04+000; dan 21+500

(sebesar 2302,59 kg/0,01 in) dikarenakan stasiun-stasiun tersebut memiliki nilai lendutan yang paling kecil yaitu 0,0008. Sedangkan nilai stabilitas terendah terdapat pada Sta. 08+000 dan 22+500 (sebesar 1151,29 kg/0,01 in) dikarenakan kedua stasiun tersebut memiliki nilai lendutan yang paling besar yaitu 0,0016.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan penulis dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari hasil perhitungan dengan umur rencana 5 tahun didapat tebal lapis tambah berkisar dari 4 cm sampai dengan 13 cm.
2. Dari hasil perhitungan dengan umur rencana 10 tahun didapat tebal lapis tambah berkisar dari 4 cm sampai dengan 13,1 cm.
3. Berdasarkan *deflectometry* yang dibuat didapat stasiun dengan kondisi *subgrade* yang baik adalah pada Sta. 00+000, 01+500, 02+000, 02+500, 03+000, 04+000, 05+000, 06+000, 07+500, 08+000, 08+500, 13+000, 17+500, 18+000, 18+500, 19+000, 20+500, 21+000, 21+500, 22+500, 23+000, 24+000, 24+500 dan 25+000.
4. Nilai modulus resilien aspal berkisar dari 1201,95 Mpa sampai dengan 2403,90 Mpa.
5. Nilai stabilitas aspal berkisar dari 1151,29 kg/0,01 in sampai dengan 2302,59 kg/0,01 in.
6. Peningkatan lendutan rata-rata pada suatu segmen jalan menunjukkan kecenderungan peningkatan tebal lapis tambah.
7. Semakin tinggi nilai lendutan maka semakin kecil nilai modulus resilien dan stabilitasnya.

E.2 Saran

Adapun saran dari penulis yaitu perlu dilakukan uji stabilitas Marshall dan uji

modulus resilien untuk dibandingkan dengan hasil hubungan numerik berdasarkan data *Benkelman Beam*.

F. DAFTAR PUSTAKA.

- Al-Jassar, Ahmad. dkk. 2003. *Using Marshall Test to Assess Asphalt-Concrete Modulus for Mixed Used in Kuwait*. Civil Eng. Dept, Kuwait.
- Bina Marga. 1991. *Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*, SNI 06-2489-1991. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Bina Marga. 2005. *Pedoman Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metoda Lendutan*, No. : Pd T-05-2005-B. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Bina Marga. 2013. *Manual Desain Perkerasan Jalan*, No 02/M/BM/2013. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Dachlan, A.Tatang., Sjahdanulirwan, M. 2012. *Kajian Pengaruh Modulus Resilien dan Kepadatan Membal, terhadap Kekuatan dan Keawetan Perkerasan Beraspal Panas*. Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Bandung.
- Dinarsanti, Gita. 2010. *Analisis Pengukuran Kinerja Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum dengan Pendekatan Balanced Scorecard*. Fakultas Ekonomi Program Magister Perencanaan dan Kebijakan Publik Jakarta, Jakarta.
- Feo, Murillo C.A., Urrego, Bejarano L.E. 2013. *Correlation between Deflections Measurements on Flexible Pavements Obtained under Static and Dynamic Load Techniques*. International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris.
- Miswandi, Rustam. 2009. *Kajian Metoda Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur*. Bidang Studi Transportasi Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Panjaitan, Arif Manotar. 2012. *Kajian Sistem Jaringan Jalan di Wilayah Kota Pekanbaru*. Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Republik Indonesia. 2004. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan*. Sekretariat Negara, Jakarta.
- Republik Indonesia. 2006. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan*. Sekretariat Negara, Jakarta.
- Rizky, Oriza. 2009. *Evaluasi Tebal Lapis Tambah (Overlay) dengan Metoda Bina Marga dan Asphalt Institute Menggunakan Alat Benkelman Beam*. Bidang Studi Transportasi Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Sagala, Fitriani. 2009. *Analisis Regresi Berganda Terhadap Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Laju Inflasi*. Departemen Matematika Fakultas Maematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Siregar, Rendi Pratama. 2016. *Penentuan Nilai Stabilitas Marshall dengan Menggunakan Artificial Neural Network*. Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Medan
- Sukirman, Silvia. 1994. *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Nova, Bandung.
- Sukirman, Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova, Bandung.
- Suwardo dan Sugiharto. 2004. *Tingkat Kerataan Jalan Berdasarkan Alat Rolling Straight Edge untuk Mengestimasi Kondisi Pelayanan Jalan (PSI dan RCI)*. Universitas Katolik Parahyangan. Bandung.
- Tamin, Ofyar. 1999. *Perencanaan & Pemodelan Transportasi*. ITB, Bandung.