

ANALISIS GRAFIK *DEFLECTOMETRY* DALAM PERENCANAAN TEBAL LAPIS  
TAMBAH ( *OVERLAY* )  
( Studi Kasus : Jalan Kubang Raya Pekanbaru )

**M Andy Kurniawan Lubis<sup>1</sup>, Muhammad Yusa<sup>2</sup>, Elianora<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Email : [Muhammad.AndyKurnia@student.unri.ac.id](mailto:Muhammad.AndyKurnia@student.unri.ac.id)

**ABSTRACT**

Kubang Raya Road section is a district road linking between panam pekanbaru with left Kampar, this road has 2 lanes, length 17 km, and width 6 m. visually there has been road damage such as cracked roads and potholes. The prolonged destruction of road infrastructure will result in cracks of the damage it self, in other words a damaged road if not repaired then the damage will get worse. For that matter need handling of road damage optimally. To overcome this can be done by giving layer added. The goal is to calculate the added layer by the Pd T-05-2005-B Method based on the deflection obtained by using the Benkelman beam tool. Also analyze the causes of deflection that occur using image deflectometry. From this research, it is found that the layers are divided. Into 3 alternatives, each of which consists of several segments as an alternative of 1 segment of road of 26 cm, alternative 2 consists of 2 segments of 19 cm and 32 cm, while alternative 3 consists of 4 segments of 20, 24, 26 and 25 cm. As for its deflectometry analysis, the stations with poor pavement conditions are Sta 01+200 until sta 02+400 and sta 03+000.

Keywords: Layer added, Pd T-05-2005-B, Deflectometry, Benkelman beam

**A. PENDAHULUAN**

**A.1 Latar Belakang**

Ruas jalan Kubang raya adalah ruas jalan kabupaten yang menghubungkan antara panam pekanbaru dengan kampar Kiri, jalan ini memiliki 2 lajur, panjang 17 Km , dan lebar 6 m ( Gambar 1.1) . secara visual telah banyak mengalami kerusakan jalan seperti jalan retak-retak dan berlubang terlihat seperti pada gambar 1.2 sehingga menimbulkan ketidak nyamanan kendaraan yang melintas jalur tersebut. ditambah volume kendaraan yang semakin meningkat dikarenakan banyaknya perkebunan dan pemukiman warga.

Kerusakan infrastruktur jalan ( khususnya pada konstruksi perkerasan lentur) yang berkepanjangan akan menyebabkan perluasan bidang kerusakan itu sendiri, dengan kata lain jalan yang rusak kalau tidak segera diperbaiki maka kerusakannya akan semakin parah. Untuk

itu perlu penanganan kerusakan jalan secara optimal ( Elianora, 2017).

Shalahuddin (2016) meneliti tentang Varian Lentutan balik dan overlay Jalan Duri – Sei Rangau. dilakukan perhitungan tebal lapis tambah dengan menggunakan Metode Pd T-05-2005-B dan Grafik deflectometry dengan metode Murillo FEO C.A. Setelah di analisa dan dihitung tebalnya didapat kesimpulannya sebagai berikut : Nilai lentutan balik sangat variatif, apabila hanya dijadikan satu segmen saja dengan faktor keseragaman FK besar yaitu 117,85 %. Dengan hanya satu segmen nilai lentutan balik rata-rata 0,94 mm, tebal *overlay* terkoreksi 12,27 cm. Faktor keseragaman lentutan yang besar akan membuat penyebaran ketebalan *overlay* yang tidak mewakili data lentutan per segmennya. Hasil *delctometry* sta. 25+000 *subgrade*-nya baik dan *pavement*-nya baik sedangkan sta. 25+500, sta. 26+000, sta. 27+000 dan

sta. 27+500 *subgrade*-nya jelek dan *pavement*-nya baik. Hal ini sesuai dengan visualisasi di lapangan.

Karizal (2015) meneliti tentang Tinjauan kerusakan jalan pada ruas jalan kubang raya STA 000+000 sampai STA 005+000 didapatkan hasil identifikasi jenis kerusakan jalan yang terdapat disepanjang tinjauan adalah retak kulit buaya, pengelupasan, retak pinggir, lobang, butiran lepas, mengembang, dan retak slip. Berdasarkan tingkat kerusakan jalan secara keseluruhan 1,28% maka nilai kondisi kerusakan menurut asphalt institute adalah 98,72% dan dari hasil pengolahan data identifikasi kerusakan, tingkat persentase kerusakan terparah berdasarkan tinjauan per segmen jalan yaitu sebesar 4,355% terdapat pada STA 002+500 sampai 0003+000 dengan nilai kondisi perkerasan aspal 95,645%.

Maka dari itu penulis tertarik untuk melakukan analisa lendutan dan perhitungan tebal lapis tambahannya serta menganalisa grafik deflectometry nya pada jalan Kubang raya yang nantinya dapat sebagai bahan perbandingan.

Salah satu cara penilaian struktur perkerasan adalah dengan melakukan *test* yang tidak merusak struktur perkerasan (*non destructive field tests*). Test dilakukan dengan pengukuran lendutan yang terjadi akibat beban lalu lintas yang dihubungkan dengan kebutuhan tebal perkerasan. Pengukuran defleksi permukaan *pavement* untuk mengevaluasi *transfer* beban struktur pada *flexible pavement*. Metoda *backcalculation* pada pengukuran defleksi digunakan untuk menentukan ketebalan lapisan struktur *pavement* dan nilai *resilient modulus subgrade*. Defleksi permukaan diukur sebagai suatu jarak defleksi vertikal permukaan *pavement* sebagai hasil aplikasi beban statis atau beban dinamis. Area dari defleksi *pavement* di bawah dan di dekat aplikasi beban disebut sebagai "*deflection basin*". Menganalisis lendutan balik dan grafik

deflectometry sangatlah penting karena dengan menganalisa lendutan balik dan grafik deflectometry kita dapat mengetahui kondisi jalan tersebut Serta dapat digunakan sebagai perhitungan menghitung tebal lapis tambahannya (*overlay*).

## A.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis variasi lendutan, menganalisis penyebab lendutan yang terjadi menggunakan grafik deflectometry dan merencanakan tebal lapis tambah overlay.

## B. TINJAUAN PUSTAKA

Jalan adalah prasaranan transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas , yang berada pada permukaan tanah, diatas permukaan tanah, dibawah permukaan tanah dan atau air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel. (PP No. 34/2010).

Jalan disebut juga sebagai jalan raya atau daerah milik jalan/right of way. Pengertian jalan meliputi badan jalan, trotoar, drainase dan seluruh perlengkapan jalan yang terkait, seperti rambu lali lintas, lampu penerangan dan lain-lain. Jalan memiliki dua fungsi dasar yang saling bertentangan, karena disatu pihak harus lancar dan pihak lain harus memberikan kemudahan untuk penetrasi kedalam lahan yaitu untuk menggerakkan volume lalu lintas yang tinggi secara efisien dan aman serta untuk menyediakan akses bagi lahan disekitarnya. (Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas Kota, 1999).

Jalan adalah jalur – jalur tanah di atas permukaan bumi yang sengaja dibuat oleh manusia dengan bentuk, ukuran-ukuran dan kontruksinya sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan , dan kendaraan-kendaraan yang mengangkut barang-barang dari

tempat yang satu ketempat yang lainnya dengan mudah dan cepat (Sutjipto, 1978).

### 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<sub>ijin</sub> = faktor keseragaman yang diijinkan

d<sub>R</sub> = lendutan rata-rata pada suatu segmen jalan, mm

S = deviasi standar

Nilai lendutan rata-rata pada suatu segmen jalan (d<sub>R</sub>) dapat dihitung dengan menggunakan Rumus (3).

$$d_R = \frac{\sum_1^{ns} d_B}{ns} \quad (3)$$

dengan:

d<sub>B</sub> = nilai lendutan balik tiap titik pemeriksaan pada suatu segmen jalan

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

$$S = \sqrt{\frac{ns(\sum_1^{ns} d^2) - (\sum_1^{ns} d)^2}{ns(ns-1)}} \quad (4)$$

dengan:

ns = jumlah titik pemeriksaan pada suatu segmen jalan

#### 2. Lendutan Wakil (D<sub>wakil</sub>)

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

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

#### 3. Lendutan Rencana/Ijin

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

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

dengan:

D<sub>rencana</sub> = 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).

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

dengan:

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

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

$D_{stl\,ov}$  = 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).

$$H_t = H_o \times F_o \times FK_{TBL} \quad (8)$$

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:

$F_o$  = faktor koreksi tebal lapis tambah

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

**B.4 Deflectometry**

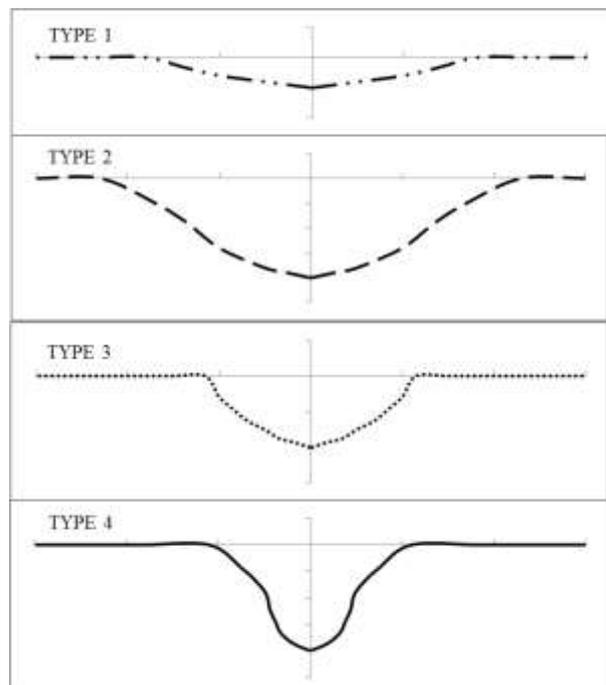
*Deflectometry* adalah hubungan antara nilai lendutan dengan jarak dari pusat beban yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi stabilitas perkerasan jalan.

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*

Type	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.

### C. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini akan digunakan data primer yang diambil dengan cara melakukan survei ke lapangan dan data sekunder yang diambil dari Dir Lantas Polda Riau. Kedua data ini berguna dalam perhitungan tebal lapis tambah pada ruas jalan Kubang Raya.

#### 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 Kubang Raya Km 1 selama 3x24 jam pada tanggal 15, 18 dan 19 Februari 2018. Survei ini dilakukan secara manual dengan periode pencatatan per satu jam dimana 2 anggota pertama

mencatat terlebih dahulu kemudian setelah 8 jam diganti dengan 2 anggota lainnya dan seterusnya dilakukan secara bergantian. Setiap anggota mencatat kendaraan tipe bermuatan dan tidak bermuatan dalam 1 arah.

Serta Data Pengujian Lendutan Balik Pengujian lendutan balik menggunakan alat benklemanbeam langsung dilakukan dilapangan menggunakan Pd T-05-2005-B

#### 2. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan adalah data rekapitulasi kendaraan 5 tahun terakhir dari Dir Lantas Polda Riau

### D. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### D.1 Analisa Lalu Lintas

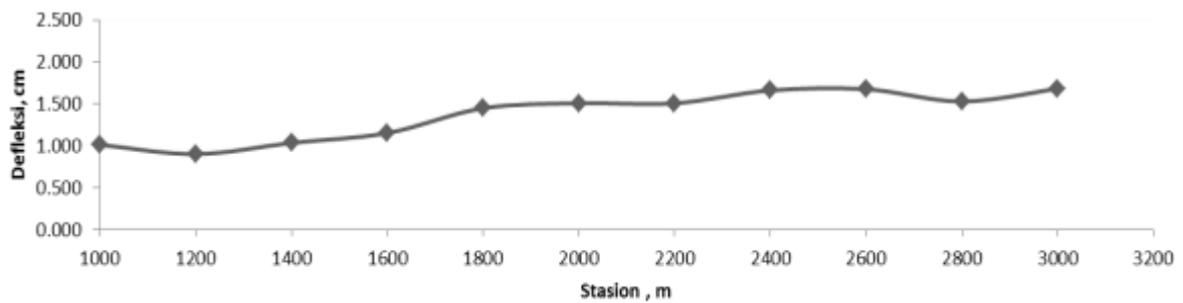
Dalam analisa ini akan dicari nilai dari akumulasi ekivalen beban sumbu standar (CESA). Adapun hasil perhitungan yang didapat dengan Umur Rencana 10 Tahun sebesar 48.280.683,76

#### D.2 Analisa Lendutan

Pada penelitian ini data lendutan diambil dari hasil pengujian dengan alat BB dari Sta 01+000 s/d 03+000. 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 ( cm)				Temperatur ( °C)					ft	C	FKB-BB	d	dB (cm)	dB2
	d1	d2	d3	d4	t u	t p	t t	t b	t l						
1 + 000 R	0	0,19	0,34	0,46	35	36	37	37	36,7	0,98	1,2	0,93448	0,9	1,013	1,03
1 + 200 L	0	0,24	0,38	0,41	33	37	38	35	36,7	0,98	1,2	0,93448	0,8	0,903	0,815
1 + 400 R	0	0,36	0,47	0,49	35	40	40,7	41	40,6	0,94	1,2	0,93448	1,0	1,036	1,073
1 + 600 L	0	0,28	0,42	0,52	34	35	35	38	36,0	0,99	1,2	0,93448	1,0	1,153	1,330
1 + 800 R	0	0,26	0,48	0,67	35	41	39	35	38,3	0,96	1,2	0,93448	1,3	1,449	2,099
2 + 000 L	0	0,25	0,44	0,7	34	38	39	39	38,7	0,96	1,2	0,93448	1,4	1,509	2,276
2 + 200 R	0	0,51	0,68	0,69	35	38	37	37	37,3	0,97	1,2	0,93448	1,4	1,508	2,275
2 + 400 L	0	0,58	0,72	0,76	34	38	37	37	37,3	0,97	1,2	0,93448	1,5	1,661	2,760
2 + 600 R	0	0,49	0,7	0,75	35	36	35	35	35,3	1	1,2	0,93448	1,5	1,676	2,809
2 + 800 L	0	0,54	0,65	0,71	33	40	39	37	38,7	0,96	1,2	0,93448	1,4	1,530	2,341
3 + 000 R	0	0,29	0,8	0,8	33	40	42	41	41,0	0,94	1,2	0,93448	1,6	1,684	2,836
													Σ	15,122	21,639
													Rata-rata	1,375	1,890



Gambar 2 . Grafik Lendutan Balik

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	1,026	0,102	9,93	1,194
2	1,479	0,033	2,23	1,533
3	1,584	0,087	5,49	1,727
4	1,684	0	0	1,684

Sementara nilai lendutan rencana ( $D_{rencana}$ ) didapat sebesar 0,38 mm

### D.3 Perhitungan Tebal Lapis Tambah

Adapun hasil perhitungan tebal lapis tambah ( $H_t$ ) untuk umur rencana 10 tahun yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 5,

Tabel 5. Hasil Perhitungan Tebal Lapis Tambah

No segmen	Stasion	$F_o$	$H_t$ (Cm)	$H_t$ (Cm)
1	01+000 s/d 01+600	0,996	19,691	20
2	01+800 s/d 02+000	0,996	23,866	24
3	02+200 s/d 02+800	0,996	25,854	26
4	03+000	0,996	25,434	25



Segmen 1



Segmen 2



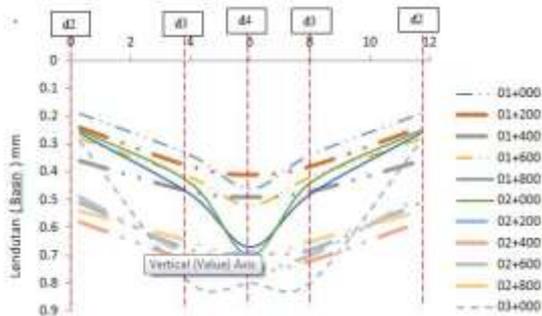
Segmen 3



Segmen 4

#### 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 3. Hasil Grafik Deflectometry

### E. KESIMPULAN DAN SARAN

#### E.1 Kesimpulan

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

1. Berdasarkan *deflectometry* yang dibuat didapat stasiun dengan kondisi *subgrade* yang jelek adalah pada Sta. 01+000 , Sta. 01+600, Sta. 01+800, Sta. 02+000 dan Sta 03+000 sedangkan pavement yang jelek adalah Sta 01+200, Sta 01+400, Sta 01+800 , Sta 02+000, Sta 02+200 , Sta 02+400 dan Sta 03+000, maka dari itu sesuai dengan visual di lapangan
2. Dari hasil perhitungan dengan umur rencana 10 tahun didapatkan hasil Faktor Keseragaman ( FK ) berdasarkan beberapa alternatif yaitu alternatif 1 ( semua segmen titik pengujian ) didapatkan FK sebesar 21.23% yang dimana dikategorikan cukup baik sedangkan alternatif 2 ( dibagi dua segmen ) adapun segmen 1 dari sta 01+000 s/d 01+600 sebesar 9.94% dikategorikan Sangat Baik sedangkan pada segmen 2 dari sta 01+800 s/d 03+000 sebesar 3.86% katagori sangat baik dan alternative 3 adapun segmen 1 dari sta 01+000 s/d

01+800 sebesar 9,939% katagori sangat baik, segmen 2 dari sta 01+800 s/d 02+200 sebesar 2,231% katagori sangat baik, segmen 3 dari sta 02+200 s/d 02+800 sebesar 5,491% katagori sangat baik dan segmen 4 dari sta 03+000 sebesar 0 % katagori sangat baik.

3. Hasil perhitungan tebal lapis tambah (overlay) sebagai berikut alternatif 1 ( semua segmen ) sebesar 26 cm sedangkan alternative 2 ( dibagi dua segmen ) segmen 1 sebesar 19 cm sedangkan segmen 2 sebesar 33 cm, dan alternative 3 ( dibagi 4 segmen ) segmen 1 sebesar 20 cm, segem 2 sebesar 24 cm, segmen 3 sebesar 26 cm , dan segmen 4 sebesar 25 cm

#### E.2 Saran

Adapun saran dari penulis yaitu perlu dilakukan uji Marshall dan uji modulus resilien untuk dibandingkan dengan hasil hubungan numerik berdasarkan data *Benkelman Beam*.

### F. DAFTAR PUSTAKA.

- C,M,Huang et al, 2006, Physical and Environmental Properties of Asphalt Mixtures Containing Incenator Bottom Ash, National Taiwan University, Taiwan.
- David Croney and Paul Croney, Design and Performance of Road Pavements, Third Edition , 1998, McGraw Hill, New York.
- Departemen Pekerjaan Umum, Pd T-05-2005-B, Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan.
- Depatemen Pekerjaan Umum, RSNI 2416 : 2008, Cara Uji Lendutan Perkerasan Lentur dengan Alat Benkleman Beam.

Elianora. (2017). Pengaruh Faktor Keseragaman (FK) Terhadap Variasi Tebal Overlay Pada Jalan Lintas Desa Labuhan Tangga Besar – Labuhan Tangga Kecil Kabupaten Rokan Hilir. Pekanbaru : Jurusan teknik sipil Fakultas Teknik Universitas riau.

Hendarsin, Shirley L. (2000). *Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Bandung : Politeknik Negeri Bandung.

Hobbs, FD, 1995. *Perencanaan Dan teknik lalu lintas*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Karizal. (2015). Tindakan Kerusakan Jalan Pada Ruas Jalan Kubang Raya Tarai Bangun STA 000+000 – STA 005+000 kecamatan Tambang Kabupaten Kampar. Pekanbaru : Jurusan teknik sipil Fakultas Teknik Universitas riau.

Murillo Feo C.A , Correlation between deflections measurements on flexible pavements obtained under static and dynamic load techniques, Ph.D., Civil Engineering, Department of Civil and Agricultural Engineering. Universidad Nacional de Colombia, Av. NQS 45-03.

RSNI 32416 : 2008. *Perencanaan Perhitungan Tebal Lapis Tambah Jalan Raya (overlay)*

Salahuddin, Muhammad. (2016). Varian Lendutan balik dan overlay jalan dari – rangau. Pekanbaru : Jurusan teknik sipil Fakultas Teknik Universitas riau

Sukirman, Silvia. (2010). *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Bandung : NOVA.