

STUDI PERBANDINGAN PERENCANAAN TEBAL LAPIS TAMBAH (OVERLAY) PERKERASAN LENTUR MENURUT METODE Pd T-05-2005-B DAN MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN 2013 (STUDI KASUS: RUAS JALAN BTS.KOTA MANADO -TOMOHON)

Monica Linny Pangerapan

Theo K. Sendow, Lintang Elisabeth

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: monicalinny22@gmail.com

ABSTRAK

Dalam Manual Desain Perkerasan Jalan 2013, dikembangkan suatu pendekatan perencanaan dan desain yang dipakai untuk merencanakan tebal lapis tambah (overlay) pada struktur perkerasan jalan serta menanggulangi isu empat tantangan yang berkaitan dengan kinerja aset jalan. Empat tantangan tersebut adalah beban berlebih, temperatur perkerasan tinggi, curah hujan tinggi dan tanah lunak. Dalam manual ini juga dideskripsikan berdasarkan chart yang mengakomodasi keempat tantangan tersebut secara komprehensif. Pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 dinyatakan bahwa, pedoman desain perkerasan yang ada seperti Pd T-05-2005-B tetap valid namun solusi desain harus konsisten dengan semua persyaratan dalam manual ini. Persyaratan yang ada pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 tentunya akan mempengaruhi hasil perencanaan pada tebal lapis tambah pada metode Pd T-05-2005-B.

Ruas Jalan Bts.Kota Manado – Tomohon dipilih sebagai lokasi penelitian. Dalam penelitian ini data yang diambil yaitu data primer dan data sekunder. Data Primer yang terdiri data Volume Lalu Lintas dan data Lendutan Benkelman Beam. Data sekunder yaitu nilai IRI (International Roughness Index) Ruas Jalan Bts.Kota Manado – Tomohon.

Perhitungan CESA (Cumulative Equivalent Single Axle) menurut Pd T-05-2005-B adalah sebesar 10.175.434 ESA dan menurut Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 adalah CESA₄ sebesar 6.264.955 dan CESA₅ adalah sebesar 11.276.919 ESA. Perbedaan dari hasil perhitungan nilai CESA dikarenakan penentuan angka ekuivalen dan nilai VDF yang berbeda untuk setiap metode. Untuk hasil analisa lendutan menurut metode Pd T-05-2005-B menghasilkan nilai $d_{\text{wakil}} = 0,71$ dan menurut Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 menghasilkan nilai $d_{\text{wakil}} = 0,77$ dan nilai $CF = 0,268$. Hasil perhitungan tebal lapis tambah menurut Pd T-05-2005-B adalah 4 cm, dan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 adalah 4,5 cm. Tebal lapis tambah (overlay) yang dihasilkan kedua metode sangat kecil, karena kondisi perkerasan yang ada pada lokasi penelitian yaitu Ruas Jalan Bts.Kota Manado – Tomohon masih tergolong baik dengan nilai IRI rata-rata pada segmen yang ditinjau adalah 5, Sehingga lapis tambah yang dibutuhkan adalah lapis tambah non-struktural yaitu untuk memperbaiki ketidak-rataan perkerasan yang ada. Pada penelitian ini juga dibuat simulasi perhitungan variasi beban lalu lintas terhadap tebal lapis tambah perkerasan dianalisa dengan regresi linier, regresi logaritma, regresi eksponensial. Dari hasil analisa, Regresi Logaritma menghasilkan nilai korelasi (r^2) paling besar, dan menjadi kunci untuk pemilihan model terbaik.

Kata Kunci: *Tebal lapis tambah perkerasan, Overlay, CESA, Pd T-05-2005-B, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013.*

PENDAHULUAN

Latar belakang

Jalan adalah salah satu prasarana perhubungan darat yang mempunyai peranan penting bagi pertumbuhan perekonomian, sosial budaya, pengembangan wilayah pariwisata, dan pertahanan keamanan untuk menunjang pembangunan nasional sebagaimana tercantum

dalam Undang-Undang No.38 Tahun 2004 tentang Jalan. Jalan merupakan aspek yang sangat penting dalam kehidupan manusia di jaman *modern* ini, namun tingkat volume lalu lintas semakin meningkat seiring bertambahnya bangkitan perjalanan akibat kebutuhan masyarakat di sekitarnya, begitu pula dengan kondisi jalan yang dimana masa pelayanannya berangsur-angsur menurun hingga pada titik

dimana jalan atau prasarana tersebut harus direhabilitas akibat volume lalu lintas yang semakin meningkat. Dan apabila tidak dilakukannya pemeliharaan (*maintenance*) secara rutin/berkala pada perkerasan jalan maka akan semakin mempercepat penurunan masa pelayanan jalan tersebut sebelum umur rencana yang direncanakan

Kerusakan jalan dapat diakibatkan oleh beberapa faktor yang ada, adapun faktor-faktor kerusakan perkerasan jalan tersebut adalah faktor beban lalu lintas yang ditopang (tonase), material penyusun struktur perkerasan, faktor desain, faktor pelaksanaan konstruksi, konsep pemeliharaan, faktor lingkungan, faktor cuaca dan iklim. Sehubungan dengan hal tersebut, maka untuk lebih memantapkan kondisi jalan, diperlukan peningkatan kondisi jalan, antara lain dari segi teknis konstruksi, tingkat keperluan, kenyamanan, maupun dari segi ekonomisnya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menghindari kerusakan serius pada jalan adalah dengan penambahan tebal lapis tambah (*overlay*). Tujuan perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*) adalah mengembalikan kekuatan perkerasan sehingga mampu memberikan pelayanan yang optimal kepada pengguna jalan. Perencanaan *overlay* perlu direncanakan dengan baik sehingga kemampuan konstruksi jalan dapat memenuhi tingkat pelayanan sesuai dengan yang direncanakan (Ilham, 2013).

Pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2013, 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 ini adalah beban berlebih, temperatur perkerasan tinggi, curah hujan tinggi, dan tanah lunak (Manual Desain Perkerasan Jalan, 2013). Dalam manual ini, dideskripsikan berdasarkan chart yang mengakomodasikan keempat tantangan tersebut secara komprehensif. Pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 dinyatakan bahwa, pedoman desain perkerasan yang ada seperti Pd T-05-2005-B tetap valid namun solusi desain harus konsisten dengan semua persyaratan dalam manual ini. Persyaratan dan tahapan yang ada pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 tentunya akan memiliki perbedaan perencanaan dengan metode Pd T-05-2005-B.

Hal ini mendorong penulis untuk melakukan penelitian tentang perbandingan perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan lentur, menggunakan Metode Lendutan Balik Pd T-05-2005-B dengan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013, di jalur Bts Kota Manado-Tomohon pada STA 0+000 – STA 3+100 (KM 8 Manado sampai dengan depan Sekolah Tinggi Filsafat Misionari Pineleng).

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka akan direncanakan tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan lentur dengan membandingkan 2 metode yaitu Metode Lendutan Balik Pd T-05-2005-B dengan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013, di jalur Bts Kota Manado-Tomohon.

Batasan Masalah

1. Perencanaan tebal lapis tambahan (*overlay*) perkerasan lentur berdasarkan pedoman Pd T-05-2005-B dan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013
2. Ruas jalan penelitian sepanjang 3.1 km di ruas jalan Bts.Kota Manado-Tomohon, KM 8+000 sampai dengan KM 11+100
3. Data Lendutan yang digunakan adalah data hasil pengujian dengan alat *Benkelman Beam* (BB)
4. Menggunakan umur rencana (UR) 10 tahun.

Tujuan Penelitian

1. Menghitung dan membandingkan nilai CESA berdasarkan data analisa lalu lintas antara kedua metode, yaitu metode Pd T-05-2005-B dan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013
2. Menganalisa nilai lendutan balik, d_{wakil} , dan nilai Curvature Function, berdasarkan data pengujian Benkelman Beam.
3. Menganalisa dan membandingkan tebal lapis tambah (*overlay*) berdasarkan kedua metode, yaitu metode Pd T-05-2005-B dan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013
4. Simulasi Perhitungan Variasi Beban Lalu Lintas Terhadap Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) Perkerasan Lentur

Manfaat Penelitian

1. Memberikan gambaran tentang tahapan dan hasil perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*), berdasarkan Metode Pd T-05-

- 2005-B dan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013.
- Sebagai bahan referensi penelitian lain untuk dikembangkan guna bermanfaat bagi dunia pendidikan maupun dunia kerja.

LANDASAN TEORI

Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Bina Marga 2005

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

- Hitung repetisi beban lalu lintas (CESA) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

CESA=Akumulasi Ekuivalen Beban Sumbu Standar

M = Jumlah masing-masing jenis kendaraan

365 = Jumlah hari dalam 1 (satu) tahun

E = Ekuivalen Beban Sumbu

C = Koefisien Distribusi Kendaraan

F = Faktor Hubungan umur rencana yang sudah disesuaikan

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

$$d_B = 2 \times (d_3 - d_1) \times Ft \times Ca \times FK_{B-BB} \quad (2)$$

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)

Ft = Faktor penyesuaian lendutan terhadap temperature standar

Ca = Faktor Permukaan air tanah

FK_{B-BB} = Faktor Koreksi Beban Uji *Benkelman beam*

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

$$FK = \frac{s}{d_R} \times 100\% < FK_{ijin} \quad (3)$$

Keterangan:

FK = Faktor Keseragaman (%)

FK_{ijin} = Faktor keseragaman yang diijinkan = 0% - 10%; keseragaman sangat baik

= 11% - 20 %; keseragaman baik
 = 21% - 30%; keseragaman cukup baik

- Hitung Lendutan wakil (D_{wakil}) untuk masing-masing seksi jalan tergantung dari kelas jalan, yaitu digunakan rumus sebagai berikut:

$$D_{wakil} = d_R + 2 s \quad (4)$$

Keterangan:

D_{wakil} = Lendutan yang mewakili suatu seksi jalan

d_R = Lendutan rata-rata pada suatu seksi jalan

s = Standar Devisiasi (simpangan baku)

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

$$D_{rencana} = 22,208 \times CESA^{(-0,2307)} \quad (5)$$

Keterangan:

$D_{rencana}$ = Lendutan rencana, dalam satuan millimeter (mm)

CESA = Akumulasi Ekuivalen beban sumbu standar (ESAL)

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

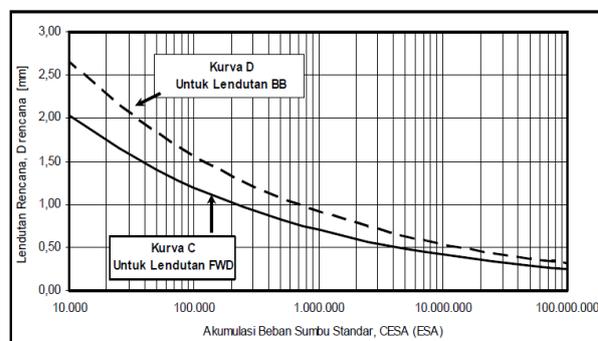
$$H_o = \frac{\ln(1,0364) + \ln(D_{sbl\ ov}) - \ln(D_{stl\ ov})}{0,0597} \quad (6)$$

Keterangan:

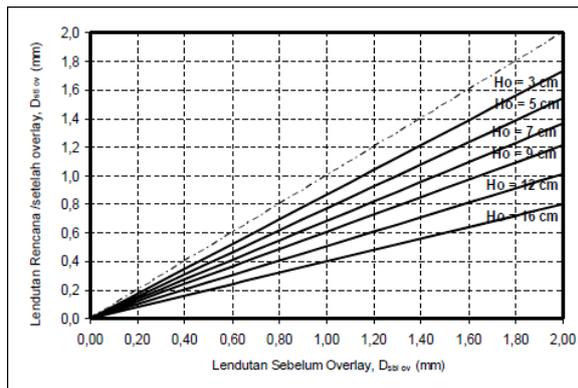
H_o = Tebal lapis tambah sebelum dikoreksi temperatur rata-rata tahunan daerah tertentu (cm)

$D_{sbl\ ov}$ = Lendutan sebelum lapis tambah atau D_{wakil} (mm)

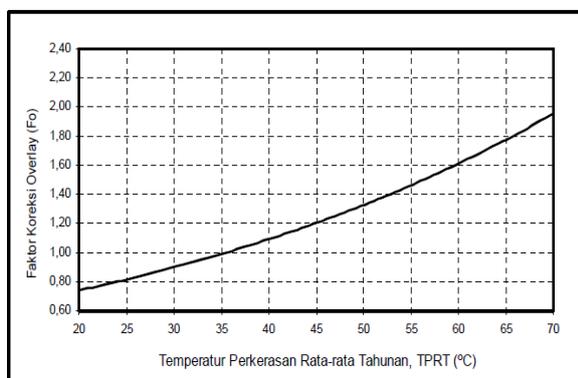
$D_{stl\ ov}$ = Lendutan setelah lapis tambah atau $D_{rencana}$ (mm)



Gambar 1. Hubungan antara lendutan rencana dan lalu lintas (Pd T-05-2005-B)



Gambar 2. Tebal Lapis tambah/overlay (Ho) (Pd T-05-2005-B)



Gambar 3. Faktor Koreksi tebal lapis tambah (Fo) (Pd T-05-2005-B)

7. Hitung tebal lapis tambah/overlay terkoreksi (Ht) dengan mengalikan Ho dengan faktor koreksi tebal overlay (Fo). Untuk mendapatkan nilai Fo dengan memplot pada Gambar 3 atau dengan rumus sebagai berikut.

$$Fo = 0,5032 \times EXP^{(0,0194 \times TPRT)} \quad (7)$$

Keterangan:

Fo = Faktor koreksi tebal lapis tambah (overlay)

TPRT= Temperatur perkerasan rata-rata tahunan untuk daerah atau kota tertentu

Untuk mendapatkan nilai Ht dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Ht = Ho \times Fo \quad (8)$$

Keterangan:

Ht = Tebal lapis tambah (overlay) laston setelah dikoreksi dengan temperature rata-rata tahunan tertentu (cm)

Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Bina Marga 2013

Prosedur perencanaan tebal lapis tambah berdasarkan Binar Marga 2013 adalah sebagai berikut:

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

$$ESA = (\sum_{\text{jenis kendaraan}} LHRT \times VDF) \quad (9)$$

$$CESA = ESA \times 365 \times R \quad (10)$$

Keterangan:

ESA = Lintasan sumbu standar ekivalen (Equivalent Standard Axle) untuk 1 (satu hari)

CESA= Cummulative Equivalent Standard Axle (ESAL)

LHRT =Lintas Harian rata-rata tahunan untuk jenis kendaraan tertentu

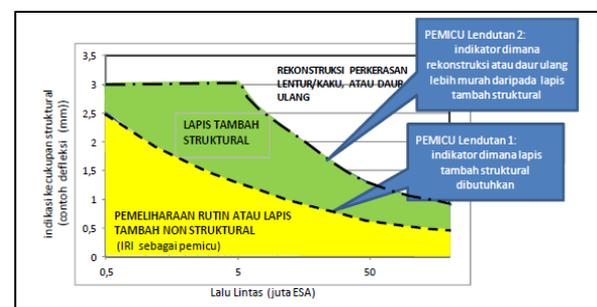
R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

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

Tabel 1. Deskripsi Pemicu (Trigger)

Deskripsi	Pengukuran	Tujuan
Pemicu Lendutan 1	Lendutan BB1	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 strktural
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 lenduta 2
Pemicu kondisi 1	Kedalaman alur > 30 mm, visual: retak, pelepasan butir, pengelupasan, atau indeks kerataan > 8, atau kendala ketinggian. Tidak dibutuhkan konstruksi.	Titik dimana pengupasan (milling) untuk memperbaiki bentuk sebelum overlay diperlukan.

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

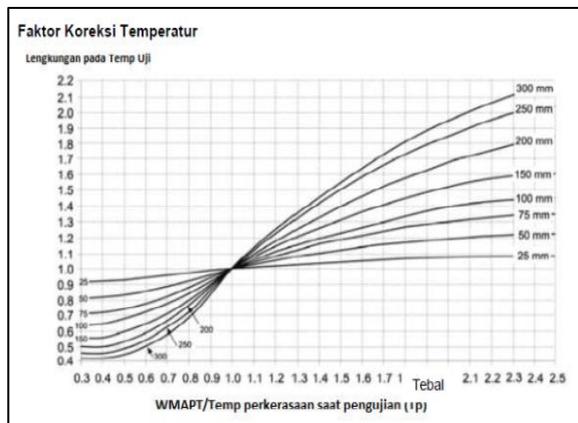


Gambar 4. Pemicu Konseptual untuk Penanganan Perkerasan (Manual Desain Perkerasan Jalan 2013)

Tabel 2. Pemilihan jenis penanganan pada tahap desain untuk perkerasan lentur eksisting dan beban lalin 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 dari 30% total area (jika lebih besar lihat 5 atau 6)
3	Kupas dan ganti material di daerah tertentu	Retak buaya yang luas, atau alur > 30 mm atau IRI > Pemicu IRI 2 ketidakrataaan > 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: Manual Desain Perkerasan Jalan 2013



Gambar 5. Koreksi temperatur untuk pengujian dengan *benkelman beam* untuk berbagai ketebalan (Manual Desain Perkerasan Jalan 2013)

- Menentukan Jenis nilai pemicu penanganan pada tabel 2 untuk segmen-segmen yang seragam pada tahap desain dimana jenis penanganannya pada tahap desain untuk perkerasan lentur eksisting.
- Hitung lendutan hasil pengujian dengan alat Benkelman Beam dan koreksi dengan faktor muka air tanah, temperatur, dan beban uji dengan rumus berikut.

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

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 temperature standar

C_a = Faktor Permukaan air tanah

$F_{K_{B-BB}}$ = Faktor Koreksi Beban Uji *Benkelman beam*

- Koreksi temperatur lendutan dengan menggunakan rumus dan Gambar 5

- Langkah 1: Tentukan faktor temperature F_t

$$F_t = \frac{MAPT \text{ lapangan}}{\text{Temperatur perkerasan saat pengukuran lendutan}}$$

- Langkah 2: tentukan faktor koreksi temperature menggunakan Gambar 5 untuk pengujian dengan *Benkelman Beam*.

- Hitung nilai CF (*Curvature Function*) dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$CF = D_0 - D_{200}$$

Keterangan:

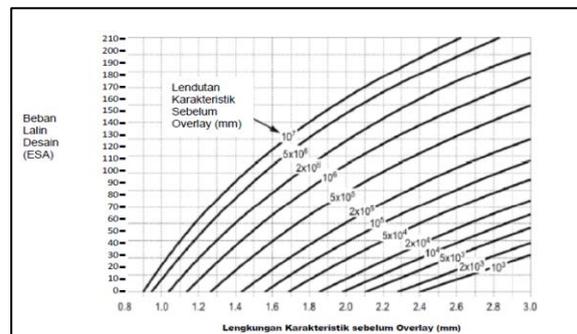
D_0 = Lendutan maksimum pada suatu titik uji (mm)

D_{200} = Lendutan yang diukur pada titik uji, saat beban uji dimajukan 200 mm dari titik uji tersebut.

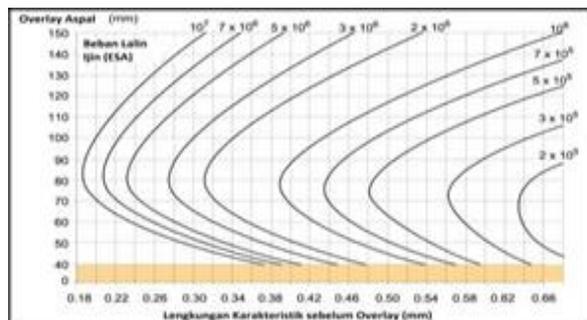
- Menentukan tebal lapis berdasarkan lendutan maksimum dan kurva lendutan.

- Berdasarkan lendutan maksimum dengan memplot pada Gambar 6.

- Berdasarkan kurva lendutan dengan memplot pada gambar 7.



Gambar 6. Solusi overlay berdasarkan lendutan *benkelman beam* untuk WMAPT 41°C (Manual Desain Perkerasan Jalan 2013)



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

- Menentukan Tebal lapis tambah untuk perbaikan ketidak-rataan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Tebal Overlay Untuk Perbaikan Ketidak-rataan

IRI rata-rata	Tebal Overlay minimum (mm) untuk mencapai IRI = 3 Setelah Overlay
4	30
5	45
6	50
7	55
8	60

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

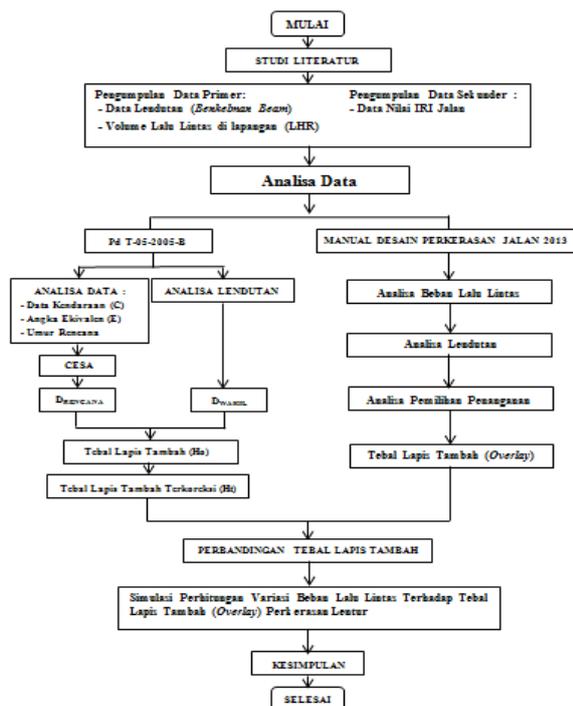
Simulasi Perhitungan Variasi Beban Lalu Lintas Terhadap Tebal Lapis Perkerasan

Untuk mendapatkan perhitungan variasi beban lalu lintas terhadap tebal lapis tambah perkerasan lentur dapat dilakukan dengan analisa regresi. Dalam hal ini terdapat (3) tiga metode analisa statistik yang dapat digunakan, yaitu Analisa regresi linier, Analisa regresi logaritma, dan Analisa regresi eksponensial.

METODOLOGI PENELITIAN

Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Volume Lalu Lintas

Pengambilan data volume lalu lintas dilakukan selama 4 hari, yaitu 3 hari mewakili hari kerja yaitu hari Senin, Selasa, Rabu pada tanggal 13 -15 November 2017 dan 1 hari mewakili hari libur yaitu hari Sabtu tanggal 18 November 2017. Data diambil setiap 15 menit dimulai jam 06.00 – 18.00, pos pengambilan data dibagi menjadi 2 pos

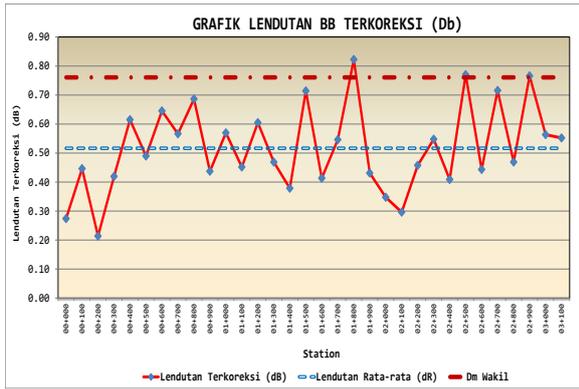
Untuk maksud perhitungan tebal lapis tambah digunakan data volume lalu lintas paling besar, dari data lalu lintas pada tabel 4. dan tabel 5. dapat dilihat volume lalu lintas paling besar yaitu pada hari Senin pos 1 arah Manado - Tomohon. Perhitungan LHR diambil LHR hari Senin pos 1 arah Manado – Tomohon.

Tabel 4. Data Volume Lalu Lintas Pos 1

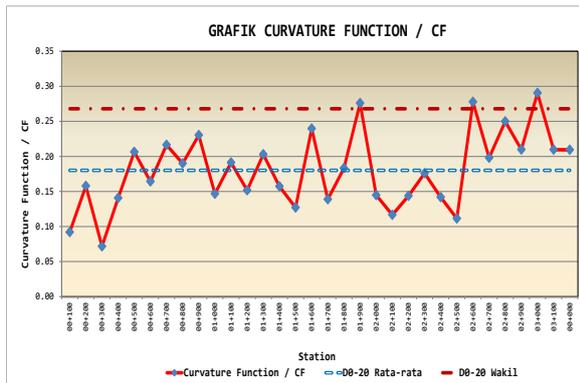
Pos Survey 1									
Jenis Kendaran	Arah Tomohon - Manado				Jenis Kendaran	Arah Manado - Tomohon			
	Senin	Selasa	Rabu	Sabtu		Senin	Selasa	Rabu	Sabtu
Gol.1	4350	4471	3809	4261	Gol.1	4507	4478	3636	4483
Gol.2	542	712	660	750	Gol.2	725	798	650	732
Gol.3	3038	3536	3447	3388	Gol.3	3708	3212	3287	3403
Gol.5	532	611	638	620	Gol.5	613	646	661	659
Gol. 5a	62	56	46	48	Gol. 5a	71	68	67	89
Gol. 5b	112	90	67	81	Gol. 5b	131	91	71	125
Gol. 6a	91	99	78	65	Gol. 6a	114	72	70	55
Gol. 6b	484	602	625	397	Gol. 6b	551	548	528	407
Gol. 7a	8	8	7	11	Gol. 7a	4	6	11	13
Gol. 7b	0	0	3	2	Gol. 7b	2	1	2	6
Gol. 7c	0	1	0	1	Gol. 7c	1	0	0	4
MC	4350	4471	3809	4261	MC	4507	4478	3636	4483
LV	4112	4859	4745	4758	LV	5046	4656	4598	4794
HV	757	856	826	605	HV	874	786	749	699
Jumlah Kendaran	9219	10186	9380	9624	Jumlah Kendaran	10427	9920	8983	9976

Tabel 5. Data Volume Lalu Lintas Pos 2

Pos Survey 2									
Jenis Kendaran	Arah Tomohon - Manado				Jenis Kendaran	Arah Manado - Tomohon			
	Senin	Selasa	Rabu	Sabtu		Senin	Selasa	Rabu	Sabtu
Gol.1	4522	4628	3805	3664	Gol.1	4170	4098	3645	3988
Gol.2	543	715	536	670	Gol.2	790	840	645	726
Gol.3	3170	3573	4088	3483	Gol.3	3606	3495	3525	3411
Gol.5	453	598	583	610	Gol.5	692	641	543	712
Gol. 5a	64	48	29	51	Gol. 5a	72	73	44	95
Gol. 5b	104	105	68	81	Gol. 5b	131	96	73	120
Gol. 6a	107	94	63	62	Gol. 6a	110	72	63	52
Gol. 6b	482	576	607	387	Gol. 6b	506	580	493	401
Gol. 7a	8	8	5	11	Gol. 7a	3	6	12	14
Gol. 7b	0	0	1	2	Gol. 7b	0	0	2	6
Gol. 7c	0	1	0	1	Gol. 7c	0	0	0	4
MC	4522	4628	3805	3664	MC	4170	4098	3645	3988
LV	4166	4886	5207	4763	LV	5088	4976	4713	4849
HV	765	832	773	595	HV	822	827	687	692
Jumlah Kendaran	9453	10346	9785	9022	Jumlah Kendaran	10080	9901	9045	9529



Gambar 10. Grafik Lendutan Terkoreksi Manual Desain Perkerasan Jalan 2013



Gambar 11. Grafik Curvature Function (CF)

Prosedur Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Pd T-05-2005-B

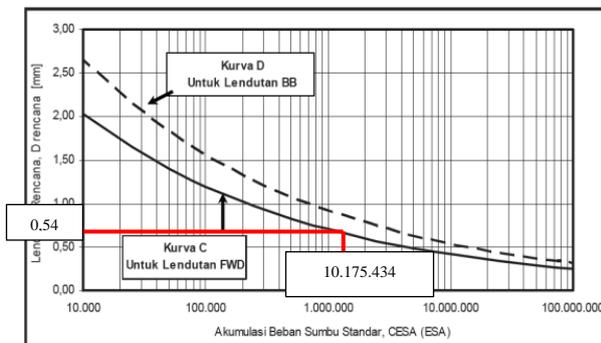
Berdasarkan Bina Marga 2005:

Perhitungan CESA berdasarkan Pd T-05-2005-B adalah 10.175.434 ESAL dan nilai Lendutan wakil (D_{wakil}) = 0.708. Dari nilai D_{wakil} didapat nilai $D_{rencana}$ dengan memplot pada gambar atau dengan menggunakan rumus berikut.

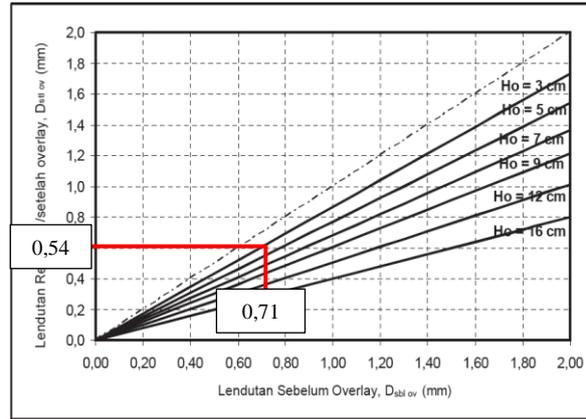
$$D_{rencana} = 22,208 \times CESA^{(-0,2307)}$$

$$= 22,208 \times 10.175.434^{(-0,2307)}$$

$$= 0.54 \text{ m}$$



Gambar 12. Hubungan Antara Lendutan dan Rencana dan Lalu Lintas



Gambar 13. Tebal Lapis Tambah / Overlay

Setelah didapat nilai $D_{rencana} = 0,54 \text{ mm}$ dan nilai $D_{wakil} = 0,708 \text{ mm}$, hitung tebal lapis tambah dengan memplot pada Gambar 13 atau menggunakan rumus berikut.

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

$$= \frac{\ln(1,0364) + \ln(0,71) - \ln(0,54)}{0,0597}$$

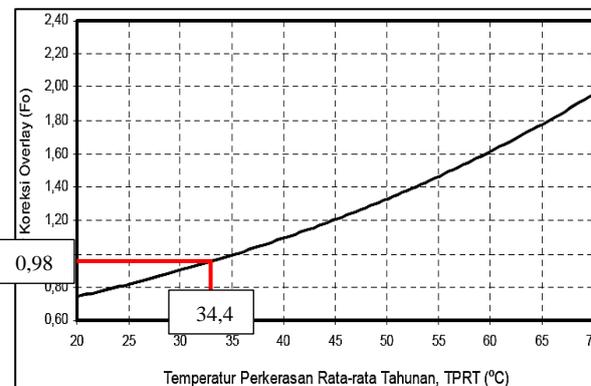
$$= 3,84 \text{ cm}$$

Tebal lapis tambah adalah setebal 3,84 cm, namun tebal tersebut belum dikoreksi terhadap faktor koreksi tebal lapis tambah, dimana untuk Provinsi Sulawesi Utara untuk Provinsi Sulawesi Utara untuk Kota Manado, temperatur perkerasan rata-rata tahunan adalah 34,4°C. Dengan menggunakan rumus atau memplot pada Gambar 14. Dengan menggunakan rumus atau memplot Gambar 14 bisa mengoreksi tebal lapis tambah.

$$F_o = 0,5032 \times EXP(0,0194 \times TPRT)$$

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

$$= 0,98$$



Gambar 14. Faktor Koreksi Tebal Lapis Tambah (F_o)

Setelah menghitung faktor koreksi tebal lapis tambah, hitung tebal lapis tambah terkoreksi (Ht) dengan mengalikan nilai Ho dengan faktor koreksi tebal lapis tambah (Fo), sesuai dengan rumus berikut.

$$\begin{aligned}
 H_t &= H_o \times F_o \\
 &= 3,84 \text{ cm} \times 0,98 \\
 &= 3,724 \text{ cm} \approx 4 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

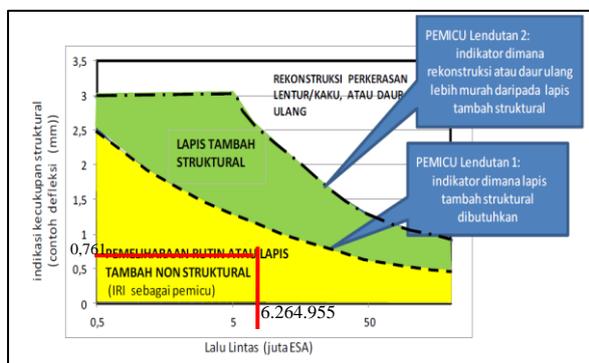
Jadi tebal lapis tambah yang diperlukan untuk melayani beban lalu lintas sebesar 10.175.434 ESAL pada lajur rencana adalah 4 cm.

Prosedur Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013, untuk tebal lapis tambah harus mempunyai data lalu lintas. Pada perhitungan didapat dua nilai CESA, yaitu nilai $CESA_4 = 6.264.955$ ESAL dan $CESA_5 = 11.276.919$ ESAL.

Sebelum melakukan desain tebal lapis tambah harus ditentukan level desain dan pemicu penanganan yang didefinisikan sebagai nilai batas suatu penanganan perlu atau layak untuk dilaksanakan dengan menggunakan Tabel 3 dan Gambar 14 dimana nilai Pemicu ini adalah hubungan antara beban lalu lintas dan nilai D_{wakil} . Setelah diplot dengan menggunakan nilai $CESA_4 = 6.264.955$ ESAL dan nilai $D_{wakil} = 0,761$ mm.

Berdasarkan beban Lalu Lintas 6.264.955 ESA dan lendutan 0,761 penanganan yang dibutuhkan hanyalah pemeliharaan rutin atau lapis tambah non struktural dan nilai IRI dijadikan sebagai pemicu. Lapis tambah non struktural berarti penambahan lapis tambah hanya untuk memperbaiki ketidak-rataan perkerasan yang ada.



Gambar 15. Pemicu Konseptual untuk Penanganan Perkerasan

Tabel 9. Nilai IRI lokasi penelitian Ruas Jalan Bts.Kota Manado –Tomohon (STA 0+000 – STA 3+100)

STA	IRI	STA	IRI
0+100	4.1	1+700	5.1
0+200	7	1+800	4.1
0+300	2.1	1+900	3.5
0+400	4.4	2+000	4
0+500	4.5	2+100	3.3
0+600	4.6	2+200	0.4
0+700	7.8	2+300	3.5
0+800	5.2	2+400	1.8
0+900	5.9	2+500	10.2
1+000	3	2+600	6.3
1+100	2.4	2+700	6.1
1+200	3.2	2+800	3.1
1+300	9.1	2+900	9.1
1+400	5.1	3+000	8
1+500	3.3	3+100	4
1+600	3.2		
IRI RATA-RATA			4,7

Berdasarkan pemicu konseptual untuk Penanganan Perkerasan, penanganan yang diperlukan adalah Lapis tambah (*overlay*) non struktural dimana nilai IRI yang akan menjadi acuan dalam perencanaan tebal lapis tambah.

Pada tabel 9. merupakan nilai IRI dari ruas Jalan yang menjadi lokasi penelitian, yaitu ruas jalan Bts.Kota Manado Tomohon pada STA 0+100 – STA 3+100 didapatkan rata-rata nilai IRI adalah 4,7 ~ 5

Berdasarkan tabel 10. Tebal Overlay Minimum Untuk Perbaikan Ketidak-rataan untuk IRI Rata-Rata 5 didapatkan desain tebal lapis tambah perkerasan yaitu 4,5 cm.

Tabel 10. Tebal Overlay Minimum Untuk Perbaikan Ketidak-rataan

IRI Rata-Rata	Tebal Overlay Minimum (mm) untuk mencapai IRI = 3
4	30
5	45
6	50
7	55
8	60

Rekapitulasi Tebal Lapis Tambah dengan Tiap Metode

Dari tabel 11, hasil perencanaan tebal lapis tambah untuk metode Pd T-05-2005-B didapatkan tebal lapis tambah sebesar 4 cm. Dari hasil analisa, perencanaan pada metode Pd T-05-2005-B menggunakan nilai $d_{wakil} = 0,71$ dan nilai $d_{Rencana} = 0,58$

Untuk metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 didapatkan tebal lapis tambah sebesar 4,5 cm. Perencanaan pada metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 menggunakan nilai IRI rata-rata yaitu 5.

Perhitungan Variasi Beban Lalu Lintas Terhadap Tebal Lapis Tambah (Overlay) Perkerasan Lentur Metode Pd-T-05-2005-B

Perhitungan tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan lentur metode Pd-T-05-2005-B dengan variasi beban lalu lintas disajikan pada tabel 12. Lendutan (D) sebelum overlay yang digunakan dalam perhitungan diasumsi sebesar 2,6 mm.

Tabel 11. Rekapitulasi Tebal Lapis Tambah dengan Tiap Metode

Metode	CESA (ESAL)	Tebal Lapis Tambah (cm)
		AC - WC
Pd T-05-2005-B	10.175.434	4
Manual Desain Perkerasan Jalan 2013	6.264.955	4,5

Tabel 12. Tebal Lapis Tambah (Overlay) Perkerasan Lentur Metode Pd-T-05-2005-B

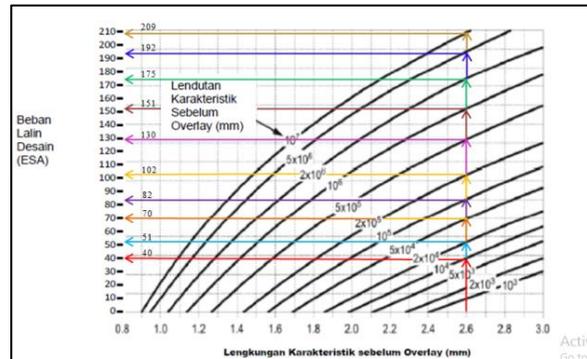
CESA (ESA)	Drencana		Ho	Fo	HT
	$22.208 \times CESA^{(0,237)}$	$(LN(1,0364) + LN(D_{del\ overlay}) - LN(D_{del\ overlay})) / 0,0597$	$0,5032 \times EXP(0,0194 \times TPRT)$	$Ho \times Fo$	
10^4	10000	2.50	1.23	0.98	1.21
2×10^4	20000	2.12	3.99	0.98	3.91
5×10^4	50000	1.71	7.62	0.98	7.48
10^5	100000	1.45	10.37	0.98	10.18
2×10^5	200000	1.23	13.13	0.98	12.87
5×10^5	500000	0.99	16.76	0.98	16.44
10^6	1000000	0.84	19.52	0.98	19.14
2×10^6	2000000	0.71	22.27	0.98	21.84
5×10^6	5000000	0.57	25.90	0.98	25.41
10^7	10000000	0.49	28.66	0.98	28.11

Tabel 13. Rekapitulasi analisa statistik untuk metode Pd T-05-2005-B

Pd-T-05-2005-B	
	r^2
Regresi Linier	0,6064
Regresi Logaritma	1
Regresi Eksponensial	0,3094

Perhitungan Variasi Beban Lalu Lintas Terhadap Tebal Lapis Tambah (Overlay) Perkerasan Lentur dengan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

Gambar 16 adalah hasil analisa variasi beban lalu lintas dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013, dengan asumsi D (lendutan) sebelum overlay adalah 2,6.



Gambar 16. Rekapitulasi analisa statistik untuk metode Pd T-05-2005-B

Tabel 14 Tebal Lapis Tambah Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

No	CESA	D Sebelum Overlay (mm)	Tebal Lapis Tambah Overlay (mm)
1	10^4	10000	2.50
2	2×10^4	20000	2.12
3	5×10^4	50000	1.71
4	10^5	100000	1.45
5	2×10^5	200000	1.23
6	5×10^5	500000	0.99
7	10^6	1000000	0.84
8	2×10^6	2000000	0.71
9	5×10^6	5000000	0.57
10	10^7	10000000	0.49

Tabel 15. Rekapitulasi analisa statistik untuk metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

Manual Desain Perkerasan Jalan 2013	
	r^2
Regresi Linier	0,6169
Regresi Logaritma	0,992
Regresi Eksponensial	0,4562

Dari hasil analisa, Untuk kedua metode yaitu metode Pd T-05-2005-B dan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013, model regresi Logaritma untuk kedua metode menghasilkan nilai korelasi (r^2) paling besar, dan menjadi kunci untuk pemilihan model terbaik.

PENUTUP

Kesimpulan

Analisa Lalu lintas dan perhitungan tebal lapis tambah pada ruas jalan Bts.Kota Manado – Tomohon pada STA 0+000 – 3+100, berdasarkan data survey volume lalu lintas dan data lendutan balik pada bulan November 2017, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil Perhitungan CESA untuk setiap metode adalah sebagai berikut.
 - Pd T-05-2005-B :
CESA = 10.175.434 ESAL
 - Manual Desain Perkerasan Jalan 2013:
CESA₄ = 6.264.955 ESAL
CESA₅ = 11.276.919 ESALPerbedaan ini disebabkan karena perbedaan cara perhitungan Angka Ekuivalen terhadap beban as standard dan penetapan nilai VDF
2. Hasil perhitungan d_{wakil} dan CF (*Curvature Function*) adalah sebagai berikut:
 - Pd T-05-2005-B
 $d_{\text{wakil}} = 0,71$
 - Manual Desain Perkerasan Jalan 2013:
 $d_{\text{wakil}} = 0,77$
CF = 0,27
3. Hasil perhitungan tebal lapis tambah untuk tiap-tiap metode adalah sebagai berikut:
 - Pd T-05-2005-B
Tebal lapis tambah overlay yang didapatkan dengan CESA sebesar 10.175.434 ESAL adalah 4 cm

- Manual Desain Perkerasan Jalan 2013: Berdasarkan grafik pemicu konseptual perkerasan untuk penanganan perkerasan, untuk lendutan 0,77 dan beban lalu lintas CESA₄ 6.264.955 ESAL penanganan yang dibutuhkan adalah lapis tambah non struktural dengan nilai IRI jalan sebagai pemicu. Lapis tambah (*overlay*) non struktural berarti penambahan lapis tambah hanya untuk memperbaiki ketidak-rataan Perkerasan yang ada. Nilai IRI dari ruas jalan Bts.Kota Manado–Tomohon (STA 0+000 – 3+100) adalah 5 dan desain tebal (*overlay*) minimum untuk perbaikan ketidakrataan perkerasan adalah 4,5 cm.

Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan di beberapa ruas jalan lain. Karena dalam penelitian ini lendutan yang dihasilkan pada ruas jalan yang menjadi lokasi penelitian sangat kecil.
2. Dalam penelitian ini, perhitungan lapis tambah dilakukan berdasarkan metode Bina Marga yaitu Pd-T-2005-B dan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013. Disaran untuk melakukan penelitian dengan menggunakan metode lainnya seperti Austroads, AASHTO, The Asphalt Institute dan TRRL.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2011. *Cara Uji Lendutan Perkerasan Lentur dengan Alat Benkelman Beam*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga. 1983. *Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan dengan Alat Benkelman Beam No. 01/MN/B/1983*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2002. *Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur (Pt-T-01-2002-B)*. Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum. 2005. *Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan (Pd T-05-2005-B)*. Jakarta
- Ilham, Harris,. 2013. *Evaluasi Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga (Pd T-05-2005-B) dan Asphalt Institute (Manual Series 17) Studi Kasus Ruas Jalan Yogyakarta – Batas Kota Bantul*. Teknik Sipil. Universitas Muhammadiyah. Yogyakarta.

Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga. 2013. *Manual Desain Pekerjaan Jalan Nomor 02/M/BM/2013*. Jakarta.

Oglesby C.H., Hicks R.G., 1990. *Teknik Jalan Raya*, Jilid 1 Edisi Ke Empat. Erlangga, Jakarta.

Romauli, Theresia Dwiriani, Joice E. Waani, Theo K. Sendow,. 2016. *Analisis Perhitungan Tebal Lapis Tambahan (Overlay) pada Perkerasan Lentur dengan Menggunakan Manual desain Perkerasan Jalan 2013 (Studi Kasus: Ruas Jalan Kairagi – Mapanget)*. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.12 Desember 2016 (749-759) ISSN: 2337-6732

Soedarsono D.S., 1979. *Konstruksi Jalan Raya*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta.

Sukirman, Silvia., 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova. Bandung