

ANALISA PERBANDINGAN DESAIN LAPIS TAMBAH PERKERASAN LENTUR DENGAN MENGGUNAKAN METODE Pd T-05-2005-B DAN METODE BINA MARGA 2017 (STUDI KASUS: RUAS JALAN NASIONAL WOLTER MONGINSIDI NOMOR RUAS JALAN: 00811K)

Virany Trinity Langelo

Theo K. Sendow, Joice E. Waani

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: viranylangelo18@gmail.com

ABSTRAK

Peningkatan volume lalu lintas pada Ruas Jalan Nasional Wolter Monginsidi dapat mempengaruhi tingkat pelayanan jalan tersebut menurun. Dapat dilihat secara visual pada beberapa titik di ruas jalan ini mengalami kerusakan struktural seperti retak, cacat permukaan dan pelepasan butiran agregat sehingga dipandang perlu untuk dilakukan lapis tambah (overlay) guna meningkatkan nilai struktural dari perkerasan lama agar tidak terjadi kerusakan yang lebih serius pada jalan tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan desain tebal overlay dengan menggunakan metode Pd T-05-2005-B dan metode Bina Marga 2017. Parameter desain, prosedur perhitungan dan hasil lendutan yang nantinya akan dibandingkan dengan kedua metode yang digunakan dengan menggunakan data sekunder berupa data lendutan Falling Weight Deflectometer (FWD) dan volume lalu lintas (LHR) yang diperoleh dari Badan Pelaksana Jalan Nasional (BPJN) Sulawesi Utara.

Hasil yang diperoleh untuk metode Pd T-05-2005-B menghasilkan tebal overlay sebesar 7 cm dengan $CESA = 9.926.028$ ESA dan metode Bina Marga 2017 menghasilkan tebal overlay untuk lengkung lendutan sebesar 8 cm dengan $CESA5 = 7.648.338$ ESA. Tapi untuk lendutan maksimum, ruas jalan ini belum membutuhkan penanganan overlay. Perbedaan hasil ini diakibatkan oleh perbedaan tahapan perhitungan dimana metode Pd T-05-2005-B dengan pendekatan secara analitis sedangkan metode Bina Marga 2017 menggunakan grafik untuk mendapatkan desain tebal lapis tambah (overlay) yang dibutuhkan.

Kata Kunci: *Pd T-05-2005-B, Bina Marga 2017, Falling Weight Deflectometer, Desain Lapis Tambah Overlay, CESA.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Jalan Wolter Monginsidi merupakan salah satu jalan nasional yang terdapat di Manado, Sulawesi Utara. Jalan ini merupakan penghubung antara Kota Manado dan Kabupaten Minahasa serta merupakan penghubung antar provinsi. Sepanjang ruas jalan ini juga terdapat Kawasan komersil yang sering dikunjungi masyarakat seperti pusat perbelanjaan. Menurut (Sukirman S, 2010) ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan penurunan kinerja jalan yaitu sistem drainase yang buruk, kondisi tanah dasar yang kurang stabil, kondisi geologi lingkungan, dan proses pelaksanaan yang kurang baik. Pada

umumnya penurunan kinerja struktur perkerasan jalan tidak disebabkan hanya oleh satu faktor saja melainkan oleh banyak faktor dan saling berkaitan satu dengan lainnya.

Pada beberapa bagian dari ruas jalan Nasional Wolter Monginsidi secara visual terlihat adanya retak, pelepasan butiran agregat dari campuran aspal serta beberapa cacat permukaan yang mengakibatkan kecepatan tempuh kendaraan berkurang terutama disaat adanya hujan. Hal ini mengindikasikan perlu adanya perbaikan perkerasan untuk mempertahankan kinerja perkerasan jalan. Upaya untuk mempertahankan kinerja perkerasan jalan dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain dengan mengaplikasikan lapis tambah (overlay)

diatas perkerasan lama. Metode ini dapat mencakup lapis tambah untuk mempertahankan kinerja struktural atau lapis tambah untuk mempertahankan kinerja fungsional saja. Dalam penelitian ini, penentuan pengaplikasian lapis tambah pada perkerasan lama akan dilakukan berdasarkan Pedoman Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur Dengan Metode Lendutan, Pd T-05-2005-B dan Manual Desain Perkerasan Jalan (Revisi Juni 2017) Direktorat Jendral Bina Marga dan hasilnya akan dibandingkan untuk mempelajari perbedaan mendasar dari kedua metode ini.

Rumusan Masalah

Jika penurunan kinerja perkerasan di ruas jalan ini akan diatasi dengan menambahkan lapis tambah (overlay) di atas perkerasan lama yang mulai rusak, berapa tebal lapis tambah yang harus diaplikasikan jika analisa menggunakan metode Pd T-05-2005-B dan menggunakan metode Bina Marga 2017.

Tujuan Penelitian

1. Menghitung tebal lapis tambah (overlay) perkerasan lentur pada ruas jalan nasional Wolter Monginsidi dengan menggunakan metode Pd T-05-2005-B.
2. Menghitung tebal lapis tambah (overlay) perkerasan lentur pada ruas jalan nasional Wolter Monginsidi dengan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017.
3. Menganalisis serta membandingkan tebal perkerasan dengan menggunakan metode Pd T-05-2005-B dan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017.
4. Menghitung tebal lapis tambah (overlay) perkerasan lentur menggunakan variasi beban berdasarkan metode Pd T-05-2005-B dan metode Bina Marga 2017

Manfaat Penelitian

Manfaat yang di diperoleh dalam penelitian ini adalah :

1. Bagi peneliti: Dapat memahami prinsip dasar dan perbedaan dari masing-masing metode yang digunakan dalam penelitian ini.
2. Bagi penyelenggara jalan: Dapat menjadi bahan pertimbangan dalam perencanaan

preservasi perkerasan jalan khususnya untuk pekerjaan lapis tambah (overlay).

Batasan Masalah Penelitian

Adapun batasan masalah yang ditetapkan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian ini di lakukan pada ruas jalan nasional Wolter Monginsidi.
2. Perencanaan tebal lapis tambah (overlay) berdasarkan pedoman Pd T-05-2005-B dan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017.
3. Dalam penelitian ini di ambil data yang sudah ada yang digunakan adalah data hasil pengujian lendutan dengan alat Falling Weight Deflectometer (FWD) dari Balai Pelaksanaan Jalan Nasional XV Sulut.
4. Dalam penelitian ini tidak dilakukan survey langsung terhadap volume lalu lintas melainkan data lapangan diperoleh dari Balai Pelaksanaan Jalan Nasional XV Sulut.

LANDASAN TEORI

Metode Pd T-05-2005-B

Prosedur dalam menentukan tebal lapis tambah (overlay) berdasarkan metode Pd T-05-2005-B adalah sebagai berikut:

1. 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

N = Faktor hubungan umur rencana dan perkembangan lalu lintas

2. Hitung lendutan hasil pengujian dengan alat *Falling Weight Deflectometer* (FWD) dan koreksi dengan faktor muka air tanah, temperatur, dan beban uji dengan rumus berikut:

$$d_L = d_{f1} \times Ft \times Ca \times FK_{B-FWD} \quad (2)$$

Keterangan:

d_L = Lendutan langsung (mm)

d_{f1} = Lendutan langsung pada pusat beban (mm)

F_t = Faktor penyesuaian lendutan terhadap temperatur standar

FK_{B-FWD} = Faktor koreksi beban uji *Falling Weight Deflectometer* (FWD)

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

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

Keterangan:

FK = Faktor keseragaman (%)

s = Standar deviasi

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

FK_{ijin} = Faktor keseragaman yang diijinkan

= 0% - 10% keseragaman sangat baik

= 11% - 20% keseragaman baik

= 21% - 30% keseragaman cukup baik

4. Hitung lendutan wakil (D_{wakil}) untuk masing-masing seksi jalan tergantung dari kelas jalan, karena jalan ini merupakan jalan arteri maka digunakan rumus sebagai berikut:

$$D_{wakil} = d_R + 2 s \quad (5)$$

Keterangan:

D_{wakil} = Lendutan yang mewakili suatu seksi jalan

d_R = Lendutan rata-rata pada suatu seksi jalan

s = Deviasi standar

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

$$D_{rencana} = 17,004 \times CESA^{-0,2307} \quad (6)$$

Keterangan:

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

CESA = Akumulasi ekivalen beban sumbu standar (ESAL)

6. Hitung tebal lapis tambah (H_0) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$H_0 = \frac{[Ln(1,036) + Ln(D_{sbl-ov}) - Ln(D_{stl-ov})]}{0,0597} \quad (7)$$

Keterangan:

H_0 = Tebal lapis tambah sebelum dikoreksi temperatur rata-rata tahunan daerah tertentu (cm)

D_{sbl-ov} = Lendutan sebelum lapis tambah / D_{wakil} (mm)

D_{stl-ov} = Lendutan setelah lapis tambah / $D_{rencana}$ (mm)

7. Hitung tebal lapis tambah/overlay terkoreksi (H_t) dengan mengalikan H_0 dengan faktor koreksi tebal *overlay* (F_o). Untuk mendapatkan nilai F_o dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

F_o = Faktor koreksi tebal lapis tambah (*overlay*)

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

Untuk mendapatkan nilai H_t dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$H_t = H_0 \times F_o \quad (9)$$

Keterangan:

H_t = Tebal lapis tambah (*overlay*) laston setelah dikoreksi dengan temperatur rata-rata tahunan tertentu (cm)

Metode Bina Marga 2017

Prosedur dalam menentukan tebal lapis tambah (*overlay*) berdasarkan metode Bina Marga 2017 adalah sebagai berikut:

1. Hitung Beban Sumbu Standar Kumulatif atau *Cummulative Equivalent Single Axle Load* (CESA) untuk CESA4 dan CESA5 dengan rumus berikut:

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (10)$$

Keterangan:

ESA_{TH-1} = Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (equivalent standard axle) pada tahun pertama.

$\sum LHR_{JK}$ = Lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).

VDF_{JK} = Faktor Ekivalen Beban (Vehicle Damage Factor) tiap jenis kendaraan niaga.

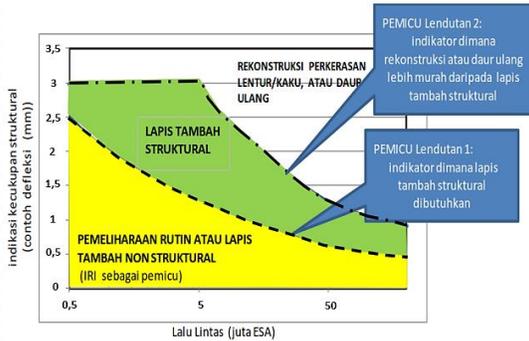
DD = Faktor distribusi arah.

DL = Faktor distribusi lajur.

CESAL = Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana.

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

- Menentukan level desain dan pemicu penanganan dengan menggunakan Gambar 1 berikut ini.



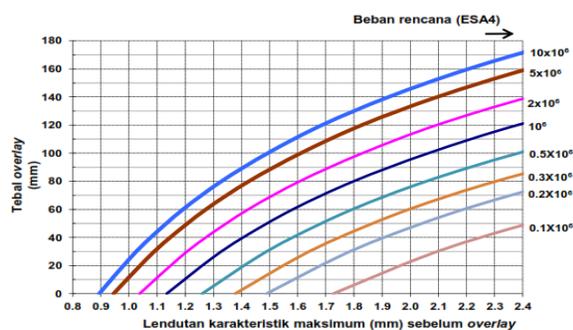
Gambar 1. Level Desain Pemicu dan Penanganan
Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

- Menghitung desain lapis tambah (*overlay*) berdasarkan Lendutan Maksimum (D_0) dan Lengkung Lendutan ($D_0 - D_{200}$)

Data lendutan hasil pengujian yang menggunakan alat FWD (*Falling Weight Deflectometer*) harus terlebih dahulu dikoreksi dengan beberapa faktor koreksi yang ada seperti faktor koreksi musim (C_a), faktor koreksi beban standar FWD, faktor koreksi temperatur dan faktor penyesuaian dari FWD ke BB. Selanjutnya setelah nilai lendutan dikoreksi, hitung nilai Lendutan Maksimum (D_0) dan Lengkung Lendutan ($D_0 - D_{200}$).

Berdasarkan Lendutan Maksimum (D_0)

Nilai lendutan yang digunakan yaitu lendutan pada pusat beban pengujian dengan alat FWD. Nilai dari lendutan maksimum yang sudah terkoreksi kemudian digunakan sebagai lendutan yang mewakili ruas jalan yang diteliti. Tebal lapis tambah berdasarkan lendutan maksimum dihitung menggunakan grafik pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Solusi *Overlay* Berdasarkan Lendutan Balik *Benkelman Beam* untuk WMAPT 41°C
Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

Berdasarkan Lengkung Lendutan ($D_0 - D_{200}$)

Nilai lendutan yang digunakan yaitu lendutan pada pusat beban pengujian sampai lendutan pada titik yang berjarak 200 mm dari titik uji. Lengkung lendutan dinyatakan pada titik belok lengkungan atau CF (*Curvature Function*) berdasarkan bentuk lengkung lendutan sebagai berikut:

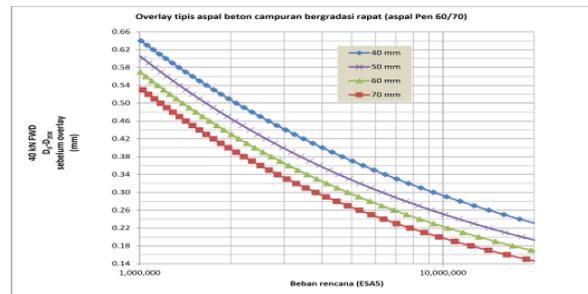
$$CF = D_0 - D_{200} \quad (11)$$

Keterangan:

D_0 = Lendutan maksimum pada suatu titik uji (mm)

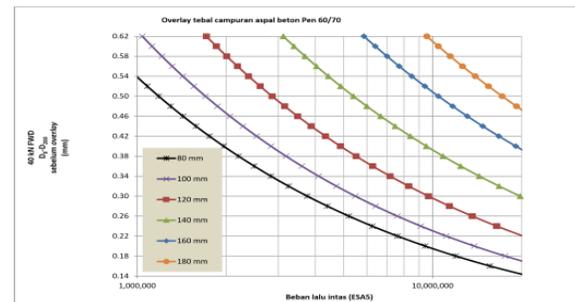
D_{200} = Lendutan yang terjadi pada titik yang berjarak 200 mm dari titik uji (mm)

Selanjutnya nilai lengkung lendutan yang telah dikoreksi dihitung lendutan rata-ratanya ($D_0 - D_{200}$ rata-rata). Tebal lapis tambah berdasarkan lengkung lendutan dihitung menggunakan grafik pada Gambar 3 dan Gambar 4 berikut:



Gambar 3. Tebal *overlay* aspal konvensional untuk mencegah retak akibat lelah pada MAPT > 35 (*Overlay* tipis)

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2017



Gambar 4. Tebal *overlay* aspal konvensional untuk mencegah retak akibat lelah pada MAPT > 35 (*Overlay* tebal)

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

Variasi Beban Lalu Lintas Terhadap Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) Perkerasan Lentur

Perhitungan tebal *overlay* berdasarkan variasi beban dilakukan dengan analisa regresi yang bertujuan untuk melihat sensitivitas jika beban lalu lintas dinaikkan akan menghasilkan berapa tebal lapis tambah yang dibutuhkan dan pada beban lalu lintas berapa terjadi kenaikan lapis tambah yang signifikan. Pada penelitian ini analisa regresi dihitung menggunakan aplikasi IBM SPSS *Statistics* dengan lima pemodelan yaitu model regresi linier, model regresi eksponensial, model regresi logaritmik dan model regresi polynomial orde 2 dan polynomial orde 3.



Gambar 6. Lokasi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

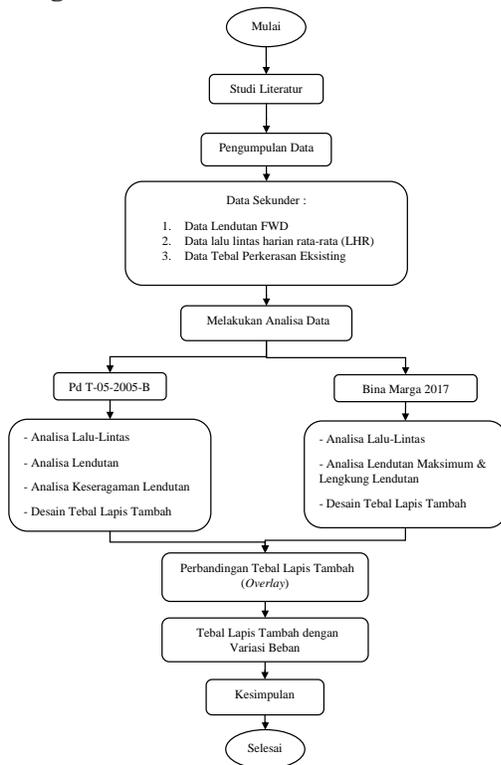
Volume Lalu Lintas

Data hasil survei volume lalu lintas kendaraan (LHR) di lokasi penelitian diperoleh dari Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) Sulawesi Utara dan survei dilaksanakan selama 1 minggu atau 7 hari dimulai dari tanggal 5 Agustus – 11 Agustus 2020 selama 24 jam dengan rentang waktu setiap 15 menit. Pengambilan data dibagi menjadi jalur kiri (Patung Wolter Monginsidi – Tugu Boboca) dan jalur kanan (Tugu Boboca – Patung Wolter Monginsidi).

Data hasil survei volume lalu lintas selama 7 hari merupakan total penjumlahan jalur kiri + jalur kanan yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik seperti pada Tabel 1 dan Gambar 7 berikut.

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir



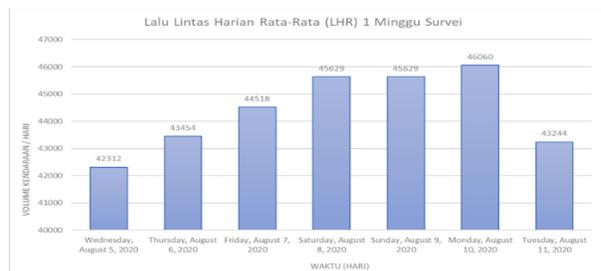
Gambar 5. Bagan Alir

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada ruas Jalan Nasional Wolter Monginsidi di Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara yang merupakan jalan arteri dengan 4 lajur 2 arah dan Panjang total ruas jalan adalah 5,4 km.

Tabel 1. Data Volume Lalu Lintas (LHR) 7 Hari

WAKTU	MC				LV				HV				JUNILAH LHR
	Col.1	Col.2	Col.3	Col.4	Col.5a	Col.5b	Col.6a	Col.6b	Col.7a	Col.7b	Col.7c		
	Speda Motor	Sedan, Jeep, SLWagon	Opelet, Mikrolet, Mini Bus	Pick Up, Pick Up Kanvas	Bus Kecil	Bus Besar	Truck 2 Sumbu Ringan	Truck 2 Sumbu Sedang	Truck 3 Sumbu	Truck Sumbu Gand engan	Truck Sumbu Gand engan		
5/8/2020	20758	14211	3216	2577	18	36	127	1151	165	0	53	42312	
6/8/2020	21498	14279	3367	2682	7	20	38	1337	166	0	60	43454	
7/8/2020	21993	14851	3445	2729	14	30	26	1267	145	0	76	44518	
8/8/2020	22688	15442	3109	2875	6	30	3	1246	171	0	59	45629	
9/8/2020	22688	15442	3109	2875	6	30	3	1246	171	0	59	45629	
10/8/2020	23027	14911	3697	2882	11	28	194	1108	116	0	56	46060	
11/8/2020	20831	14497	3546	2687	13	27	59	1324	203	0	57	43244	
JUNILAH	MC	LV				HV							
TOTAL	153455	146429				10962							
						310846							



Gambar 7. Grafik Volume Lalu Lintas (LHR) 7 Hari

Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 7 dapat dilihat bahwa volume lalu lintas terbesar terjadi pada hari Senin 10 Agustus 2020, dengan total kendaraan 46.060 kendaraan.

Data Lendutan FWD (Falling Weight Deflectometer)

Data lendutan Falling Weight Deflectometer (FWD) diperoleh dari Balai Pelaksanaan Jalan Nasional (BPJN) Sulut pada ruas jalan Nasional Wolter Monginsidi. Survei dilakukan dengan jarak tinjau 500m per-STA dan dilaksanakan pada bulan Juli 2020. Selanjutnya data lendutan FWD dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Lendutan FWD

STA	Beban (kN)	Teg (Kpa)	Lendutan Langsung FWD (mm)							Temperatur (°C)		
			DF1	DF2	DF3	DF4	DF5	DF6	DF7	TU	TP	
0 + 500	42.69	603.94	415.38	166.1	152.35	116.16	89.76	49.17	25.74	30.4	34.2	25
500 + 1000	38.55	545.37	463.4	259.71	212.41	153.12	130.35	63.47	27.61	30.2	34.2	25
1000 + 1500	40.62	573.66	415.38	166.1	152.35	116.16	89.76	49.17	25.74	30	34.2	25
1500 + 2000	39.74	562.21	313.46	141.72	118.58	99.99	81.84	61.16	30.58	30.3	34.2	26
2000 + 2500	39.62	560.51	254.66	173.88	134.09	103.62	73.81	38.17	16.39	30.6	33.5	25
2500 + 3000	39.8	563.05	180.18	125.1	93.34	64.9	55.66	43.67	30.36	29.9	34.2	27
3000 + 3500	41.04	580.60	265.3	185	174.8	143	78.1	48.84	26.07	30.1	30.4	27
3500 + 4000	38.7	540.42	204.24	176.1	159.83	136.84	85.47	42.57	7.37	28.5	30.4	26
4000 + 4500	39.5	558.81	294.56	172.81	148.83	136.84	105.27	53.57	12.87	29.6	30.4	28
4500 + 5000	46.06	651.62	256.76	106.7	91.85	45.98	36.85	24.64	20.46	28.1	30.4	27
5000 + 5400	39.2	554.57	310.38	204.84	97.86	74.91	60.06	43.12	28.6	29.3	30.4	27

Desain Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Metode Pd T-05-2005-B

Menghitung Akumulasi Ekuivalen Beban Sumbu Standar Kendaraan (CESA)

Nilai akumulasi ekuivalen beban sumbu standar (CESA) yang didapatkan yaitu 9.926.028 ESA. Berikut ini merupakan tabel hasil perhitungan CESA:

Tabel 3. Perhitungan CESA metode Pd T-05-2005-B

i = 4,75 %		Umur Rencana = 10 Tahun			
No.	Volume Kendaraan	Bina Marga 2005			
		C	E	N	CESA
1	14911	0.30	0.00235	12.73	48878
2	3697	0.30	0.00235	12.73	12119
3	2882	0.30	0.11408	12.73	458187
4	11	0.45	0.23623	12.73	5432
5	28	0.45	1.65888	12.73	97099
6	194	0.45	1.65888	12.73	672758
7	1108	0.45	2.21485	12.73	5130124
8	116	0.45	4.45246	12.73	1079697
9	0	0.45	8.13136	12.73	0
10	56	0.45	20.68688	12.73	2421734
JUMLAH					9,926,028

Menghitung Lendutan Wakil dan Lendutan Rencana

Nilai lendutan rata-rata dengan alat FWD untuk ruas jalan Nasional Wolter Monginsidi setelah dikoreksi dengan beberapa faktor koreksi yang ada diperoleh $d_R = 0,383$. Berikut perhitungan untuk mencari Lendutan Wakil untuk jalan arteri:

$$\begin{aligned}
 D_{\text{wakil}} &= d_R + 2 s \\
 &= 0,383 + 2 \times 0,1121 \\
 &= 0,607 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berikut ini merupakan perhitungan lendutan rencana/ijin dengan alat FWD:

$$\begin{aligned}
 D_{\text{rencana}} &= 17,004 \times \text{CESA}^{-0,2307} \\
 &= 17,004 \times 9.926.028^{-0,2307} \\
 &= 0,413 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menghitung Tebal Lapis Tambah

Berdasarkan nilai $D_{\text{wakil}} = 0,607$ mm dan $D_{\text{rencana}} = 0,413$ mm, maka dapat dihitung kebutuhan tebal lapis tambah untuk Ruas Jalan Nasional Wolter Monginsidi seperti pada uraian berikut ini:

$$\begin{aligned}
 H_0 &= \frac{[\text{Ln}(1,036) + \text{Ln}(D_{\text{sbl-ov}}) - \text{Ln}(D_{\text{stl-ov}})]}{0,0597} \\
 &= \frac{[\text{Ln}(1,036) + \text{Ln}(0,607) - \text{Ln}(0,413)]}{0,0597} \\
 &= 7,02493 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Nilai tebal lapis tambah harus dikoreksi dengan faktor koreksi tebal lapis tambah berdasarkan temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT). Sesuai ketentuan, untuk TPRT Kota Manado adalah $34,4^\circ\text{C}$, maka:

$$\begin{aligned}
 F_0 &= 0,5032 \times \text{EXP}^{(0,0194 \times \text{TPRT})} \\
 &= 0,5032 \times \text{EXP}^{(0,0194 \times 34,4)} \\
 &= 0,98
 \end{aligned}$$

Tebal lapis tambah terkoreksi:

$$\begin{aligned}
 H_t &= H_0 \times F_0 \\
 &= 7,02493 \times 0,98 \\
 &= 6,890 \text{ cm} \approx 7 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jadi, tebal lapis tambah yang dibutuhkan Ruas Jalan Nasional Wolter Monginsidi adalah 7 cm.

Desain Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Metode Bina Marga 2017

Menghitung Beban Sumbu Standar Kumulatif (CESA4 dan CESA5)

Ruas Jalan Nasional Wolter Monginsidi merupakan jalan arteri dan perkotaan nilai laju pertumbuhan lalu lintas (Rata-rata Indonesia) sebesar 4,75% dengan umur rencana (UR) 10 tahun, maka faktor pertumbuhan lalu lintas kumulatif adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{(1+0,01 i)^{UR}-1}{0,01 i} = \frac{(1+0,01 \times 0,0475)^{10}-1}{0,01 \times 0,0475} = 10,0214$$

Faktor Ekvivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) untuk masing-masing jenis kendaraan disajikan dalam Tabel 4 berikut:

Tabel 4 Faktor ekvivalen beban kendaraan

NO	GOLONGAN	LHR	VDF4	VDF5
1	5a	11	0.3	0.2
2	5b	28	1.0	1.0
3	6a	194	0.8	0.8
4	6b	1108	1.6	1.7
5	7a	116	7.6	11.2
6	7b	0	36.9	90.4
7	7c	56	19.0	33.2

Rekapitulasi nilai beban sumbu standar (CESA) disajikan pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Rekapitulasi perhitungan CESA4 dan CESA5

NO	GOLONGAN	LHR	VDF4	VDF5	CESA4	CESA5
1	5a	11	0.3	0.2	4828.312	3218.874
2	5b	28	1.0	1.0	40967.492	40967.492
3	6a	194	0.8	0.8	227076.954	227076.954
4	6b	1108	1.6	1.7	2593827.479	2755941.697
5	7a	116	7.6	11.2	1289890.741	1900891.618
6	7b	0	36.9	90.4	0.000	0.000
7	7c	56	19.0	33.2	1556764.687	2720241.454
JUMLAH					5.713.356	7.648.338

Menghitung Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Lentutan Maksimum (D₀)

Nilai lentutan yang digunakan adalah lentutan pada titik pusat beban yang kemudian dikoreksi dengan faktor koreksi musim, beban standar, faktor koreksi temperatur dan penyesuaian lentutan FWD ke BB. Perhitungan D₀ rata-rata selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Rekapitulasi perhitungan D₀ rata-rata

Station	D ₀ (µm)	D ₀ Terkoreksi Musim (µm)	D ₀ Normal (µm)	D ₀ Terkoreksi Temp. (µm)	D ₀ Penyesuaian ke BB (µm)	D ₀ ² (µm) ²
0 + 500	415.38	498	467	512	615	378005
1 + 000	463.4	556	577	633	760	576928
1 + 500	415.38	498	491	538	646	417513
2 + 000	313.46	376	379	415	498	248409
2 + 500	254.66	306	309	338	406	164949
3 + 000	180.18	216	217	238	286	81829
3 + 500	265.3	318	310	340	408	166847
4 + 000	204.24	245	257	282	338	114133
4 + 500	294.56	353	358	393	471	222030
5 + 000	256.76	308	268	294	352	124070
5 + 400	310.38	372	380	417	500	250307
Σ					5281	2745019

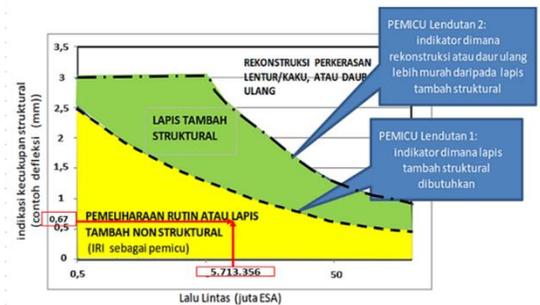
$$D_0 \text{ rata-rata} = \frac{\Sigma D_0 \text{ Penyesuaian BB}}{N} = \frac{5281}{11} = 480 \mu\text{m}$$

Berikut merupakan uraian perhitungan Lentutan Wakil:

$$\text{Standar deviasi} = \frac{\sqrt{N(\Sigma d^2 - (\Sigma d)^2)}}{N(N-1)} = \frac{\sqrt{11(2.745.019 - 27.888.961)}}{11(11-1)} = 145$$

$$D_{\text{wakil}} = D_0 \text{ rata-rata} + f \times \text{Standar deviasi} = 480 + 1,282 \times 145 = 665,7 \mu\text{m} \approx 0,67 \text{ mm}$$

sebelum menentukan desain tebal lapis tambah penting untuk mengetahui terlebih dahulu level desain serta pemicu penanganan yang didefinisikan sebagai nilai batas suatu penanganan perlu atau layak untuk dilaksanakan. Nilai pemicu ini adalah hubungan antara beban lalu lintas CESA4 = 5.713.356 dan D_{wakil} = 0,67 mm seperti pada Gambar 8 berikut:



Gambar 8. Level desain pemicu dan penanganan

Berdasarkan grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa Ruas Jalan Nasional Wolter Monginsidi berada pada level desain dan nilai pemicu untuk pemeliharaan rutin atau lapis tambah non struktural.

Tebal *overlay* berdasarkan Lentutan Maksimum dapat ditentukan menggunakan Gambar 2, dengan memasukkan nilai lentutan karakteristik (D_{wakil}) = 0,67 mm dan beban rencana lalu lintas (CESA4) = 5.713.356. Berdasarkan grafik pada gambar 2, untuk nilai lentutan karakteristik 0,62 mm tidak memenuhi kriteria sehingga dapat disimpulkan bahwa berdasarkan lentutan maksimum, Ruas Jalan Nasional Wolter Monginsidi belum membutuhkan penanganan *overlay*.

Menghitung Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Lengkung Lentutan ($D_0 - D_{200}$)

Nilai lentutan yang digunakan adalah lentutan yang telah dikoreksi dengan faktor koreksi musim, beban standar dan faktor koreksi temperatur. Perhitungan lengkung lentutan ($D_0 - D_{200}$) selengkapnya disajikan dalam Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Rekapitulasi $D_0 - D_{200}$ rata-rata

Station	Beban (kN)	D0	D200	D0 Terkoreksi Musim	D200 Terkoreksi Musim	D0 Normal	D200 Normal	D0 Terkoreksi Temp.	D0-D200 Terkoreksi Temp.
0 + 500	42.69	415.38	166.1	498	199	467	187	512	348
500 + 1000	38.55	463.4	259.71	556	312	577	323	633	314
1000 + 1500	40.62	415.38	166.1	498	199	491	196	538	365
1500 + 2000	39.74	313.46	141.72	376	170	379	171	415	257
2000 + 2500	39.62	254.66	173.88	306	209	309	211	338	121
2500 + 3000	39.8	180.18	125.1	216	150	217	151	238	82
3000 + 3500	41.04	265.3	185	318	222	310	216	340	116
3500 + 4000	38.2	204.24	176.1	245	211	257	221	282	44
4000 + 4500	39.5	294.56	172.81	353	207	358	210	393	183
4500 + 5000	46.06	256.76	106.7	308	128	268	111	294	194
5000 + 5400	39.2	310.38	204.84	372	246	380	251	417	160
			Σ						2186

$$D_0 - D_{200} \text{ rata-rata} = \frac{\Sigma D_0 - D_{200} \text{ terkorreksi temperatur}}{N}$$

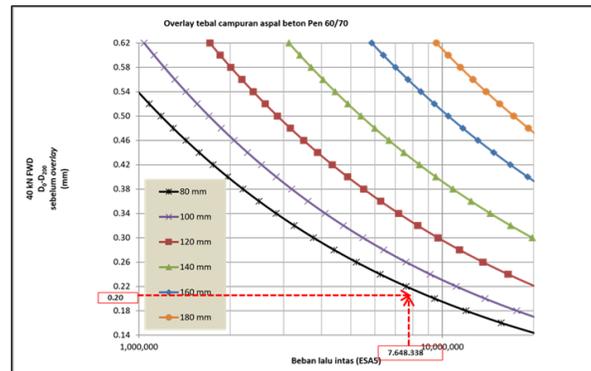
$$= \frac{2186}{11}$$

$$= 199 \mu\text{m} \approx 0,20 \text{ mm}$$

Tebal *overlay* berdasarkan lengkung lentutan dapat ditentukan dengan menggunakan grafik pada Gambar 3 dan Gambar 4 dengan memasukkan nilai $D_0 - D_{200}$ rata-rata = 0,20 mm dan beban rencana lalu lintas (CESA5) seperti berikut ini:



Gambar 9. Tebal Overlay Tipis Aspal Konvensional Untuk Mencegah Retak Lelah Pada WMAPT > 35° C



Gambar 10. Tebal Overlay Tebal Aspal Konvensional Untuk Mencegah Retak Lelah Pada WMAPT > 35° C

Berdasarkan kedua grafik diatas menunjukkan bahwa tebal lapis tambah (*overlay*) yang dibutuhkan untuk beban rencana CESA5 sebesar 7.648.338 ESA yaitu untuk overlay tipis 75 mm atau 7,5 cm dan untuk overlay tebal 78 mm atau 7,8 cm ≈ 8 cm.

Perbandingan Parameter Desain

Adanya perbedaan parameter desain yang digunakan menyebabkan hasil desain yang berbeda pula. Perbedaan ini dapat dilihat pada Tabel 8 berikut:

Tabel 8. Perbandingan Parameter Desain Metode Pd T-05-2005-B dan Metode Bina Marga 2017

No	Parameter	Pd T-05-2005-B	Bina Marga 2017
1	Angka Ekvivalen	Menggunakan : - Koefisien Distribusi kendaraan ringan dan kendaraan berat (C). - Ekvivalen beban sumbu kendaraan (E). - Faktor umur rencana dan perkembangan lalu lintas (N).	Menggunakan Data VDF masing-masing jenis kendaraan berdasarkan Tabel 2.13
2	Faktor Penyesuaian Lendutan	- Koreksi Temperatur = $14,785 \times T_L^{-0,7573}$ - Koreksi Musim = 1,2 - Koreksi Beban = $4,08 \times$ (Beban Uji dalam to	- Koreksi beban normal = 40 kN - Koreksi musim = 1,2 - Koreksi temperatur = 1,09 - Koreksi penyesuaian FWD ke BB = 1,2
3	Parameter Lainnya	- Lendutan wakil atau $D_{sbl\ ov} = 0,607$ mm - Lendutan rencana atau $D_{stl\ ov} = 0,413$ mm	- Lendutan maksimum (D_0) = 0,67 mm - Lengkung lendutan ($D_0 - D_{200}$) = 0,20 mm

Berikut merupakan tabel perbandingan hasil desain antara metode Pd T-05-2005-B dan metode Bina Marga 2017:

Tabel 9. Perbandingan hasil desain

Parameter	Pd T-05-2005-B	Bina Marga 2017
Design Traffic	- LHR (Golongan 2 – 7c) = 46.060 kend/hari - CESA = 9.926.028 ESA	- LHR (Golongan 5a – 7c) = 1.513 kend/hari - CESA4 = 5.713.356 ESA - CESA5 = 7.648.338 ESA
Tebal Overlay (cm)	7 cm	- Lendutan maksimum = belum membutuhkan penanganan <i>overlay</i> (CESA4 = 5.713.356 ESA) - Lengkung lendutan = 8 cm (CESA5 = 7.648.338 ESA)

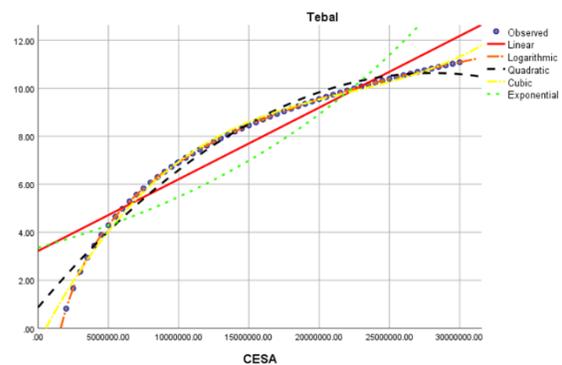
Perhitungan Variasi Beban Lalu Lintas Terhadap Tebal Lapis Tambah (Overlay)

Metode Pd T-05-2005-B

Perhitungan variasi beban lalu lintas terhadap tebal lapis tambah (*overlay*) metode Pd T-05-2005-B menggunakan nilai lendutan maksimum (dL) = 4,20826, lendutan rata-rata (dR) = 0,383 dan standar deviasi (s) = 0,1121. Kemudian dibuat variasi beban dimulai dari 2.000.000 sampai dengan 30.000.000 digunakan setiap kelipatan 500.000. Berdasarkan ke-lima pemodelan yang digunakan, pemodelan dengan koefisien determinasi (R^2) terbesar adalah model regresi logaritmik. maka persamaan yang akan digunakan untuk menghitung tebal lapis tambah adalah persamaan pada model regresi logaritmik yang kemudian akan dikalibrasi. Berikut merupakan persamaan model regresi logaritmik:

$$Y = 3,790 \ln(x) - 54,170$$

$$R^2 = 1,000$$



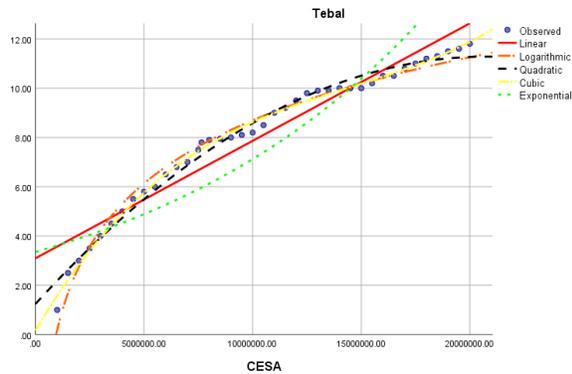
Gambar 11. Grafik Regresi Linier, Logarithmic, Polynomial Orde 2 dan 3, Ekspensial Variasi Beban Lalu Lintas Terhadap Tebal Lapis Tambah Metode Pd T-05-2005-B

Metode Bina Marga 2017

Perhitungan variasi beban lalu lintas terhadap tebal lapis tambah pada penelitian ini hanya berdasarkan lengkung lendutan saja dengan menggunakan CESA5 yang divariasikan dari 1.000.000 ESA sampai 20.000.000 ESA setiap kelipatan 500.000 ESA. Berdasarkan ke-lima pemodelan yang digunakan, pemodelan dengan koefisien determinasi (R^2) terbesar adalah model regresi polynomial orde 3, maka persamaan yang akan digunakan untuk menghitung tebal lapis tambah adalah persamaan pada model polynomial orde 3 yang kemudian akan dikalibrasi. Berikut merupakan persamaan model regresi polynomial orde 3:

$$y = 1,915E-21x^3 - 8,339E-14x^2 + 1,487E-8x - 0,172$$

$$R^2 = 0,995$$

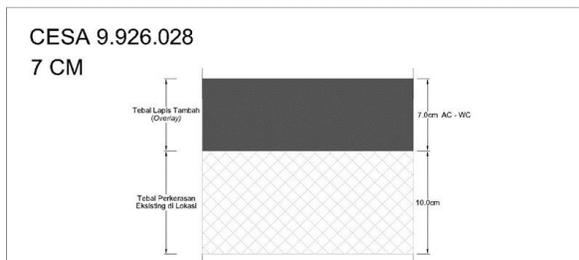


Gambar 12. Grafik Regresi Linier, Logarithmic, Polynomial Orde 2 dan 3, Eksponensial Variasi Beban Lalu Lintas Terhadap Tebal Lapis Tambah Metode Bina Marga 2017

PENUTUP

Kesimpulan

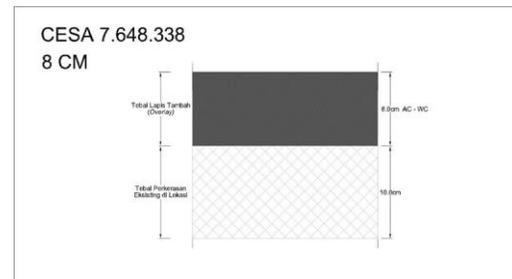
1. Perhitungan desain tebal lapis tambah (overlay) dengan metode Pd T-05-2005-B dengan nilai $D_{\text{wakil}} / D_{\text{sbl ov}} = 0,607$ mm dan $D_{\text{rencana}} / D_{\text{stl ov}} = 0,413$ mm menghasilkan tebal lapis tambah sebesar 7 cm dengan nilai CESA = 9.926.028 ESA. Berikut adalah gambar struktur lapisan perkerasan lentur yang sudah di overlay:



Gambar . Detail Perkerasan Setelah *Overlay* untuk Metode Pd T-05-2005-B

2. Pada metode Bina Marga 2017, berdasarkan lendutan maksimum dengan CESA4 = 5.713.356 ESA mendapatkan hasil yang tidak memenuhi kriteria sehingga dianggap ruas jalan tersebut masih belum membutuhkan

penanganan *overlay*. Tapi jika berdasarkan lengkung lendutan, nilai lendutan yang dihasilkan memenuhi kriteria yaitu sebesar 0,20 mm. Dengan nilai lengkung lendutan tersebut maka diperoleh lapis tambah sebesar 8 cm untuk CESA5 = 7.648.338 ESA. Berikut adalah gambar struktur lapisan perkerasan lentur yang sudah di *overlay*:



Gambar . Detail Perkerasan Setelah *Overlay* untuk Metode Bina Marga 2017

3. Adanya perbedaan parameter serta prosedur perhitungan pada masing-masing metode yang digunakan menyebabkan hasil desain tebal lapis tambah (overlay) yang berbeda. Dimana pada metode Pd T-05-2005-B kendaraan yang ditinjau dalam perhitungan adalah golongan kendaraan ringan dan berat (Gol. 2 – Gol. 7c) sedangkan pada metode Bina Marga 2017 hanya kendaraan niaga dengan jumlah 6 roda saja yang ditinjau (Gol. 5a – Gol. 7c). Pada tahap perhitungan CESA juga terdapat perbedaan antara kedua metode tersebut, yaitu pada metode Pd T-05-2005-B menghitung ekuivalen beban sumbu kendaraan (E) berdasarkan konfigurasi sumbu kendaraan dan berat tiap sumbu kendaraan sedangkan pada metode Bina Marga 2017 menggunakan penetapan nilai VDF (*Vehicle Damage Factor*) pada Tabel 2.13. Prosedur desain pada Pd T-05-2005-B yaitu dengan analisis menggunakan nilai H0 dan F0 sehingga memperoleh nilai Ht sedangkan untuk metode Bina Marga 2017 menggunakan grafik berdasarkan CESA5 dan nilai lengkung lendutan.
4. Pada perhitungan variasi beban untuk masing-masing metode yang digunakan juga menghasilkan tebal lapis tambah yang bervariasi. Analisis yang dilakukan

menggunakan aplikasi IBM SPSS Statistics dengan Model Regresi Linier, Model Eksponensial, Model Logarithmic, Model Polynomial Orde 2 dan Polynomial Orde 3. Kemudian diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi yaitu dengan Model Logarithmic untuk metode Pd T-05-2005-B dan Model Polynomial Orde 3 untuk metode Bina Marga 2017. Pada metode Pd T-05-2005-B koefisien determinasi (R^2) = 1,000 dan pada metode Bina Marga 2017 koefisien determinasi (R^2) = 0,995.

Saran

1. Data lendutan FWD yang diperoleh dari BPJN Sulawesi Utara di lokasi penelitian diambil per 500m sepanjang ruas jalan dianggap telah mewakili, sebaiknya titik pengujian lendutan FWD ditambah menjadi setiap STA di

sepanjang ruas jalan sehingga data yang diperoleh lebih dapat mewakili dan lebih akurat.

2. Berdasarkan perbandingan kedua metode yang digunakan, peneliti menyarankan untuk menggunakan metode Bina Marga 2017 untuk digunakan dalam perencanaan lapis tambah, karena pedoman Bina Marga 2017 merupakan pelengkap dari pedoman desain perkerasan Pd T-01-2002-B, Pd T-05-2005-B dan Pedoman Interim No.002/P/BM/2011, dengan penajaman pada aspek-aspek seperti pencapaian tingkat pelayanan, penggunaan material yang efisien, pertimbangan kepraktisan pelaksanaan dan penerapan analisis biaya siklus pelayanan selama periode analisis keekonomian (discounted life cycle cost).

DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga. 2017. *Manual Perkerasan Jalan (Revisi juni 2017) Nomor 04/SE/Db/2017*. Jakarta : Direktorat Jenderal Bina Marga
- Departemen Pekerjaan Umum. (2005), *Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan (Pd T-05-2005-B)*, Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat . 2018. *Cara Uji Lendutan Permukaan Jalan Dengan Falling Weight Deflectometer*, Pd 03-2018
- Malensang, J. S., Komalig, H., & Hatidja, D. (2013). Pengembangan model regresi polinomial berganda pada kasus data pemasaran. *Jurnal Ilmiah Sains*, 12(2), 149-152.
- Manguande, J., Manoppo, M. R., & Sendow, T. K. 2020. *Analisis Perbandingan Desain Overlay Perkerasan Lentur Dengan Metode Bina Marga 2017 Menggunakan Data Lendutan BB Dan AASHTO 1993 Menggunakan Data Lendutan FWD (Studi Kasus: Ruas Jalan Airmadidi-Kairagi)*. Jurnal Sipil Statik, 8(1).
- Manoppo, Cheryl N.; Sendow, Theo K.; Manoppo, Mecky R. E. 2021. *Analisa Perbandingan Desain Tebal Lapis Tambah (Overlay) Perkerasan Lentur dengan Menggunakan Metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 (Studi Kasus: Ruas Jalan Yos Sudarso Manado, Nomor Ruas Jalan 5000411)*. Jurnal Sipil Statik Vol. 9 No. 2 ISSN: 2337-6732
- Menteri Pekerjaan Umum. 2004. *Pedoman Pencacahan Lalu Lintas dengan Cara Manual*. Jakarta : Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.
- Republik Indonesia, 2004. *Undang – Undang Republik Indonesia No. 38 tahun 2004 tentang Jalan*, Sekretariat Negara Republik Indonesia

- Romauli, Theresia Dwiriani; Waani, Joice E.; Sendow, Theo K. 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, 2016, 4.12.
- Toding. Risman B.; Sendow. Theo K.; Lalamentik. Lucia G. J. 2021. *Perbandingan Desain Tebal Lapis Tambah (Overlay) dengan Metode Bina Marga Revisi Juni 2017 Menggunakan Data Lendutan BB dan AASHTO 1993 Menggunakan Data Lendutan FWD (Studi Kasus: Ruas Jalan Nasional Jenderal Sudirman – Manado Nomor Ruas Jalan 5000413)*. Jurnal Skripsi Statistik Vol. 9 No. 2 ISSN: 2337-6732.