

ANALISIS PERBANDINGAN DESAIN OVERLAY PERKERASAN LENTUR DENGAN METODE BINA MARGA 2017 MENGGUNAKAN DATA LENDUTAN BB DAN AASHTO 1993 MENGGUNAKAN DATA LENDUTAN FWD (STUDY KASUS: RUAS JALAN AIRMADIDI - KAIRAGI)

Jeisya Manguande

Mecky R. E. Manoppo, Theo K. Sendow

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: Jeisya130997@gmail.com

ABSTRAK

Overlay adalah lapis perkerasan tambahan yang di pasang di atas konstruksi perkerasan jalan yang ada dengan tujuan untuk meningkatkan kekuatan struktur agar dapat melayani lalu lintas yang di rencanakan selama umur rencana. Pada Ruas Jalan Airmadidi – Kairagi Kondisi fungsional dapat dilihat secara visual terjadinya kerusakan seperti cacat permukaan dan retak sedangkan untuk kondisi struktural dilakukan pemeriksaan non destruktif menggunakan alat Benkelman Beam (BB) dan Falling Weight Deflectometer (FWD).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui serta membandingkan tebal lapis tambah (overlay) metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dengan AASHTO 1993. Dalam Penelitian ini data yang diambil yaitu data primer dan data sekunder. Data Primer yaitu data Volume Lalu Lintas dan Data Sekunder yaitu Data Lendutan Benkelman Beam (BB) dan lendutan Falling Weight Deflectometer (FWD).

Hasil perhitungan volume lalu lintas didapat nilai CESA (Cumulative Equivalent Single Axle) menurut Bina Marga 2017 adalah $CESA_4$ sebesar 7.172.054,42 dan $CESA_5$ sebesar 11.115.907,07 menurut metode AASHTO 1993 adalah $W_{18} = 11.253.968,57$. Perbedaan hasil dari kedua metode ini disebabkan karena pada Manual Desain Perkerasan jalan 2017 penetapan nilai VDF (Vehicle Damage Factor) menggunakan Tabel 2.5 sedangkan pada metode AASHTO 1993 Nilai VDF (Vehicle Damage Factor) disetiap kendaraan menggunakan interpolasi dengan tabel faktor ekivalnesi beban gandar dengan mencari nilai SN berdasarkan tebal perkerasan, koefisien lapisan dan koefisien drainase. Hasil perhitungan tebal lapis tambah (overlay) menurut metode Bina Marga 2017 dengan nilai $CESA_4$ adalah 4 cm dan $CESA_5$ adalah 15 cm, sedangkan untuk metode AASHTO 1993 adalah 7 cm.

Pada penelitian ini juga dibuat simulasi perhitungan beban lalu lintas terhadap tebal lapis tambah perkerasan yang dianalisis dengan model regresi linier, regresi eksponensial, regresi logaritma. Dari hasil analisa, regresi logaritma menghasilkan nilai r^2 paling besar dan menjadi kunci untuk pemilihan model terbaik.

Kata Kunci: Manual Desain Perkerasan Jalan 2017, AASHTO 1993, Overlay, VDF, Bekelman Beam, Falling Weight Deflectometer, CESA, Tebal lapis tambah perkerasan.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sulawesi Utara adalah salah satu provinsi yang mengalami pertumbuhan yang sangat pesat khususnya dalam bidang pariwisata. Tingginya perkembangan dan pertumbuhan, transportasi mempunyai peranan yang sangat penting. Hal ini membuat jumlah kendaraan yang melewati jalan-jalan meningkat, salah satunya pada ruas jalan Airmadidi–Kairagi (STA 06 + 000 – 10 + 000).

Kondisi Fungsional ruas jalan Airmadidi–Kairagi dapat dilihat secara visual terjadi kerusakan seperti cacat permukaan, retak, dan butiran-butiran yang terlepas yang menyebabkan tingkat kenyamanan dalam berkendara mengalami penurunan, sedangkan untuk survey kondisi struktural pada ruas jalan Airmadidi–Kairagi dilakukan oleh Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) Sulawesi Utara dengan cara pemeriksaan non destruktif dengan beban dinamis menggunakan alat

Benkelman Beam (BB) dan *Falling Weight Deflectometer* (FWD).

Akibat dari adanya peningkatan volume lalu lintas pada ruas jalan Airmadidi – Kairagi maka diperlukan pemeliharaan dan penambahan kekuatan jalan yang diharapkan dapat meningkatkan kinerja jalan tersebut. Salah satu upaya yang dapat dilakukan terhadap perkerasan jalan yang mengalami disfungsi struktural yakni dengan cara penambahan tebal perkerasan (*overlay*) guna menghindari penurunan masa pelayanan jalan sebelum umur rencana yang direncanakan. Salah satu faktor yang perlu dipertimbangkan dalam melakukan perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*) adalah pemilihan metode perencanaan. Hal ini dikarenakan perencanaan yang tidak tepat dapat menyebabkan jalan cepat rusak atau konstruksi tidak ekonomis.

Metode yang digunakan dalam penelitian untuk mendesain tebal lapis tambah (*overlay*) pada ruas jalan Airmadidi – kairagi yaitu Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 yang merupakan revisi terbaru dalam suatu pendekatan perencanaan struktur perkerasan jalan baru dan tebal lapis tambah pada suatu struktur perkerasan jalan, serta di rencanakan untuk menanggulangi isu empat tantangan yang berkaitan dengan kinerja aset jalan di Indonesia.

Sedangkan metode AASHTO 1993 (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) banyak digunakan atau diadopsi oleh metode – metode lainnya dalam perencanaan struktur perkerasan jalan baru dan lapis tambah (*Overlay*). Hal ini mendorong penulis untuk melakukan penelitian dengan menggunakan kedua metode serta membandingkan perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan lentur dengan menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dengan AASHTO 1993 di ruas jalan Airmadidi – Kairagi (STA 06+000 – 10+000).

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan diatas, maka akan di rencanakan tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan lentur dengan membandingkan dua metode yaitu Metode Manual Desain perkerasan Jalan 2017 dan Metode AASHTO 1993 pada ruas jalan Airmadidi – Kairagi (STA 06+000 – 10+000).

Tujuan Penelitian

- 1) Menghitung tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan lentur ruas jalan Airmadidi –

Kairagi (STA 06+000 – 10+000) dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

- 2) Menghitung tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan lentur ruas jalan Airmadidi – Kairagi (STA 06+000 – 10+000) dengan metode AASHTO 1993
- 3) Menganalisa dan membandingkan tebal lapis tambah (*overlay*) berdasarkan kedua metode yaitu Manual Desain Perkerasan Jalan 2107 dan AASHTO 1993.

Manfaat Penelitian

- 1) Dapat menghitung tebal lapis tambah (*overlay*) Dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017
- 2) Dapat menghitung tebal lapis tambah (*overlay*) Dengan metode AASHTO 1993
- 3) Mendapatkan alternative yang terbaik atau efisien dari ke-dua metode yang di gunakan guna meningkatkan nilai struktural pada ruas jalan yang diteliti.
- 4) Dapat meningkatkan pengetahuan tentang pemilihan jenis penanganan dalam desain lapis tambah (*overlay*) pada perkerasan lentur.

Batasan Masalah

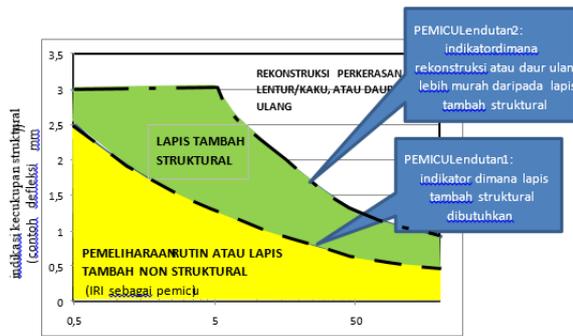
1. Perencanaan tebal lapis tambahan (*overlay*) perkerasan lentur berdasarkan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan AASHTO 1993
2. Ruas jalan yang di teliti yaitu ruas jalan Airmadidi – Kairagi (STA 06+000 – 10+000)
3. Data Lendutan yang di gunakan adalah data hasil pengujian dengan alat *Benkelman Beam* (BB) dan *Falling weight deflectometer* (FWD)
4. Survey lalu lintas di lakukan selama tujuh hari (1 minggu) berdasarkan survey yang di lakukan di lapangan.
5. Tidak menghitung anggaran biaya

LANDASAN TEORI

Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Metode Manual Desain perkerasan Jalan 2017 Menggunakan Data Lendutan *Benkelman Beam*

Prosedur dalam menentukan tebal lapis tambah (*overlay*) Berdasarkan Metode Manual Desain perkerasan Jalan 2017 Menggunakan Data Lendutan *Benkelman Beam* adalah sebagai berikut.

1. Hitung Beban Sumbu Standar Kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESA).
2. Menentukan Desain Lapis Tambahan (*overlay*) Berdasarkan beban lalu lintas (CESA4 dan CESA5).
3. Menentukan Level desain dan pemicu penanganan dengan menggunakan Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Level Desain Pemicu dan Penanganan
Sumber: Bina Marga 2017

4. Desain Lapis Tambahan (*Overlay*) menggunakan data lendutan hasil pengujian dengan alat *Benkelman Beam*.

Prosedur Dalam Mendesain Tebal lapis tambah (*overlay*) terbagi menjadi dua yaitu:

Berdasarkan Lendutan Maksimum (D_0)

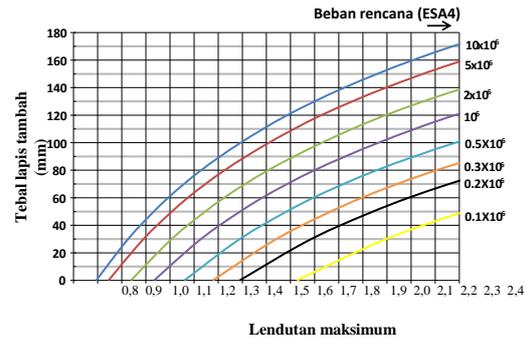
Nilai lendutan hasil pengujian dengan alat Benkelman beam harus dikoreksi dengan Faktor koreksi temperature, faktor koreksi musim dan faktor koreksi beban. Selanjutnya nilai lendutan maksimum yang mewakili suatu sub ruas jalan dihitung.

Setelah mendapatkan nilai lendutan maksimum yang mewakili kemudian nilai tersebut akan digunakan untuk menentukan tebal lapis tambahan (*overlay*) dengan menggunakan Gambar 2 berikut ini.

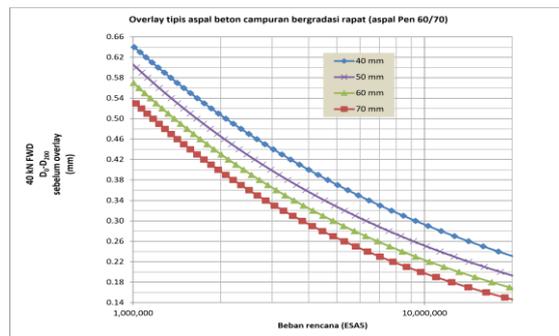
Berdasarkan Lengkung Lendutan (D_0, D_{200})

Nilai lendutan hasil pengujian dengan alat Benkelman beam harus dikoreksi dengan Faktor koreksi temperature, faktor koreksi musim, faktor koreksi beban dan faktor penyesuaian BB ke FWD

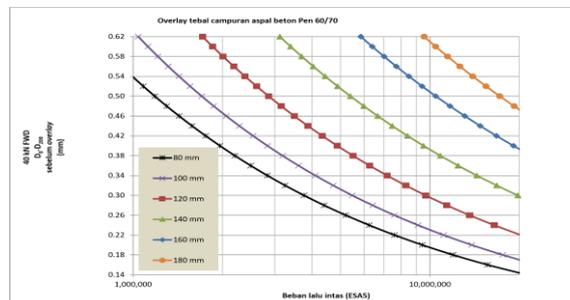
Selanjutnya nilai lendutan rata-rata yang didapatkan dari hasil perhitungan digunakan dalam menentukan lapis tambahan (*overlay*) dengan menggunakan Gambar 3 dan 4 berikut ini.



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



Gambar 3 Tebal overlay aspal konvensional untuk mencegah retak akibat leleh pada MAPT > 35 (*Overlay* tipis)
Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2017



Gambar 4 Tebal overlay aspal konvensional untuk mencegah retak akibat leleh pada MAPT > 35 (*Overlay* tebal)
Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

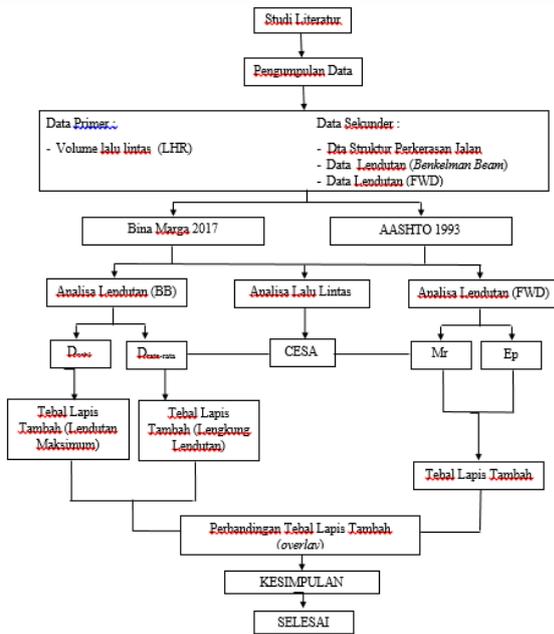
Tebal Lapis Tambah Berdasarkan AASHTO 1993 Menggunakan Data Lendutan *Falling Weight Deflectometer* (FWD)

Prosedur dalam menentukan lapis tambahan (*overlay*) Berdasarkan Metode AASHTO 1993 Menggunakan Data Lendutan *Falling Weight Deflectometer* (FWD) adalah sebagai berikut.

1. Hitung Beban Kumulatif Equivalent Single Axle Load Tahun n (W_{18}).
2. Desain lapis Tambahan (*Overlay*) menggunakan data lendutan hasil pengujian dengan alat *Falling Weight Deflectometer* (FWD).

METODOLOGI PENELITIAN

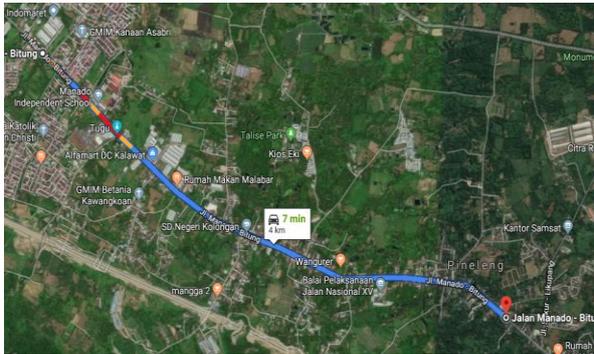
Bagan Alir Metode Penelitian:



Gambar 6. Bagan Alir

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian hanya dilakukan di Jl. Airmadidi – Kairagi pada STA 06+000 – 10+000 (sepanjang 4 Km) yang merupakan jalan arteri dengan tipe 2 lajur 2 arah (2/2 UD).



Gambar 7. Lokasi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Volume Lalu Lintas

Pengambilan data volume lalu lintas dilakukan secara langsung pada STA 06+025 selama 7 hari (1 minggu) dari tanggal 17 Juni 2019 – 23 Juni 2019 dengan membagi 2 pos yaitu pos 1 Arah Manado – Bitung dan pos 2 Arah Bitung – Manado. Data diambil setiap 15 menit dimulai dari jam 06:00 – 18:00. Data hasil

survei volume lalu lintas selama 7 hari dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut ini

Tabel 1. Data Volume Lalu Lintas Pos 1 (Senin – Minggu)

JENIS KENDARAAN	POS SURVEY 1						
	Arah Manado – Bitung						
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Minggu	
Gol. 1	10819	6872	9589	8202	7881	8388	9450
Gol. 2	4993	4735	5199	4905	4804	3978	3748
Gol. 3	673	621	734	641	646	858	415
Ggol. 4	1116	842	1328	1112	1009	1021	755
Gol. 5a	96	31	80	60	67	76	39
Gol. 5b	16	25	15	18	28	15	34
Gol. 6a	275	250	361	334	359	329	119
Gol. 6b	735	661	677	558	480	621	138
Gol. 7a	66	75	142	112	112	75	23
Gol. 7b	10	10	7	9	9	7	5
Gol. 7c	35	51	60	66	75	40	27
MC	10819	6872	9589	8202	7881	8388	9450
LV	6782	6198	7261	6658	6459	5857	4918
HV	1233	1103	1342	1157	1130	1163	385
JUMLAH KENDARAAN	18834	14173	18192	16017	15470	15408	14753

Sumber: Hasil Survey Langsung 2019

Tabel 2. Data Volume Lalu Lintas Pos 2 (Senin – Minggu)

JENIS KENDARAAN	POS SURVEY 2						
	Arah Bitung – Manado						
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Gol. 1	6861	6606	6278	5650	6273	5805	5173
Gol. 2	2886	3645	3759	3945	3024	3258	1976
Gol. 3	732	862	661	694	640	583	382
Ggol. 4	520	741	1044	646	629	632	245
Gol. 5a	68	54	73	83	70	68	53
Gol. 5b	5	5	12	9	19	5	12
Gol. 6a	218	223	162	155	175	131	56
Gol. 6b	522	463	487	490	559	464	92
Gol. 7a	84	127	154	100	116	98	47
Gol. 7b	8	13	8	11	7	9	4
Gol. 7c	32	61	76	65	68	60	33
MC	6861	6606	6278	5650	6273	5805	5173
LV	4138	5248	5464	5285	4293	4473	2603
HV	937	946	972	913	1014	835	297
JUMLAH KENDARAAN	5075	1800	12714	11848	11580	11113	8073

Sumber: Hasil Survey Langsung 2019

Dalam perhitungan tebal lapis tambahan (*overlay*) digunakan data volume lalu lintas paling besar. Dari data volume lalu lintas pada Tabel 1 dan Tabel 2 dapat dilihat volume lalu lintas paling besar terjadi pada hari senin pos 1 arah Manado – Bitung seperti pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Volume Lalu Lintas Hari Senin Pos 1 Arah Manado – Bitung

WAKTU	MC				LV				HV				MC	LV	HV
	Col.1	Col.2	Col.3	Col.4	Col.5a	Col.5b	Col.6a	Col.6b	Col.7a	Col.7b	Col.7c				
7	535	278	32	34	1	3	0	27	2	1	0	535	344	34	
9	2423	458	68	57	18	0	14	27	7	2	0	2423	583	68	
9	1278	405	76	105	6	3	28	70	8	1	0	1278	586	116	
10	873	399	53	114	9	1	34	67	6	3	0	873	566	120	
11	748	380	56	102	6	0	28	82	7	4	1	748	538	128	
12	717	366	67	78	6	1	20	69	6	1	1	717	511	104	
13	993	414	60	95	7	1	27	68	4	8	1	993	569	116	
14	944	1403	38	122	12	0	25	66	4	4	2	944	1563	113	
15	589	481	47	137	9	0	14	68	2	1	1	589	665	95	
16	452	405	52	88	8	5	29	57	6	5	1	452	545	111	
17	651	496	56	104	7	0	26	75	6	2	1	651	656	117	
18	992	488	68	80	7	2	20	43	8	2	0	992	636	82	
75%	11195	5983	673	1116	96	16	265	719	66	34	8	11195	7742	1294	

Sumber: Hasil Survey Langsung 2019

Karena data volume lalu lintas yang digunakan dalam perhitungan LHR sesuai survey dilapangan hanya 12 jam, maka akan dibuat menjadi 24 jam. Untuk membuat menjadi 24 jam digunakan contoh-contoh grafik penentuan LHR

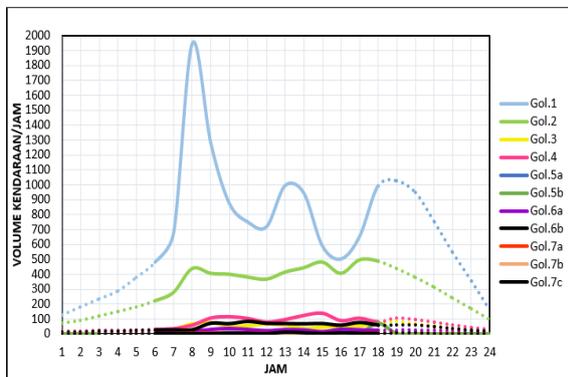
yang sudah ada dengan cara, menyesuaikan dengan grafik yang telah ada dengan estimasi 25% dari data volume yang sudah ada. Untuk data volume lalu lintas 12 jam menjadi 24 jam disajikan dalam Tabel 4 dengan data volume lalu lintas yang berwarna merah merupakan data estimasi.

Dengan demikian lalu lintas harian rata – rata (LHR) pada jalan Airmadidi – Kairagi adalah 28378 kendaraan yang terdiri dari MC = 16379 kendaraan, LV = 10152 kendaraan dan HV = 1847 Kendaraan (100% LHR) dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Lalu Lintas Harian Rata – rata (24jam)

WAKTU	MC		LV				HV						
	Gol.1 Sepeda & Motor	Gol.2 Sedan, Jeep, St.Wag on	Gol.3 Opelot, Mikrol et, Mini Bus	Gol.4 Pick Up, Pick-Up Kanvas	Gol.5a Bus Kecil	Gol.5b Bus Besar	Gol.6a Truck 2 Sumbu Ringan	Gol.6b Truk 2 Sumbu Sedang	Gol.7a Truk 3 Sumbu	Gol.7b Truk Sumbu Ganda	Gol.7c Truk Sumbu Semi Trailer		
1	126	71	2	18	0	0	0	12	0	0	0		
2	179	90	4	20	1	0	1	12	0	0	0		
3	233	130	8	22	1	0	2	18	1	0	0		
4	289	150	12	24	1	0	3	21	1	0	0		
5	377	183	17	26	1	0	4	24	1	1	1		
6	480	221	23	29	1	1	5	26	1	1	1		
7	675	278	32	34	1	3	7	27	2	1	0		
8	1943	438	68	57	18	0	14	27	7	0	1		
9	1278	405	76	105	6	3	28	70	8	1	0		
10	873	399	53	114	9	1	34	67	6	0	3		
11	748	389	58	102	6	0	28	82	7	2	3		
12	717	366	67	78	6	1	20	69	6	1	1		
13	993	414	60	95	7	1	27	68	4	0	9		
14	944	443	38	122	12	0	25	66	4	1	6		
15	589	481	47	127	9	0	14	68	2	1	1		
16	501	405	52	88	8	5	29	57	6	1	6		
17	651	496	56	104	7	0	26	75	6	2	3		
18	992	488	68	80	7	2	23	59	8	0	2		
19	1027	438	85	107	12	2	27	63	9	2	6		
20	346	380	69	95	12	2	27	58	8	1	5		
21	751	315	52	78	9	1	24	49	6	0	3		
22	548	242	36	61	6	1	19	38	4	0	1		
23	358	189	21	45	3	1	14	27	2	0	0		
24	165	98	8	21	0	0	8	17	0	0	0		
JUMLAH	16379	7470	1011	1671	144	24	410	1163	99	15	82		

Sumber: Hasil Survey Langsung 2019



Gambar 8. Grafik penentuan LHR 24 jam

Menghitung lapis Tambahan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 menggunakan data lendutan BB

Analisis Lalu Lintas

Berdasarkan data diruas jalan Airmadidi – Kairagi (STA 06+000 – STA 10+000) merupakan jalan arteri dan perkotaan maka diambil nilai laju pertumbuhan lalu lintas (Rata – rata Indonesia) $i = 4,75\%$ berdasarkan Tabel 2.2, dengan Umur rencana $UR = 10$ tahun

Adapun faktor pertumbuhan lalu lintas kumulatif diuraikan sebagai berikut.

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

$$R = \frac{(1+0,01 \times 4,75\%)^{UR}-1}{0,01 \times 4,75\%}$$

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

$$R=10,0214$$

Lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (CESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL). Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah umumnya diambil 0.50 dan untuk faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL) yaitu 100%.

Pada Metode Manual Desain perkerasan jalan 2017 hanya kendaraan niaga dengan jumlah roda enam atau lebih yang diperhitungkan dalam analisis. Nilai VDF untuk masing – masing kendaraan disajikan dalam Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Nilai VDF4 dan VDF5 Tiap kendaraan

NO	GOLONGAN	LHR	VDF4	VDF5
1	5a	144	0.3	0.2
2	5b	24	1	1
3	6a	410	0.8	0.8
4	6b	1103	1.6	1.7
5	7a	99	7.6	11.2
6	7b	15	36.9	90.4
7	7c	52	13.6	33.2

sumber : Hasil analisa 2019

Nilai Beban sumbu Standar Kumulatif (CESA) untuk umur rencana (UR) = 10 tahun di sajikan dalam Tabel 5 berikut ini.

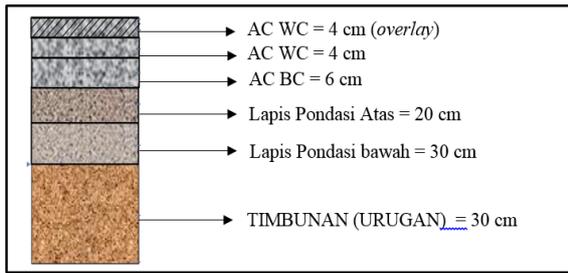
Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan CESA4 dan CESA5

GOLONGAN	LHR	VDF4	VDF5	CESA4	CESA5
5a	144	0.3	0.2	79008.73	52672.49
5b	24	1	1	43893.74119	43893.74119
6a	410	0.8	0.8	599881.1296	599881.1296
6b	1103	1.6	1.7	3227653.102	3429381.421
7a	99	7.6	11.2	1376068.786	2027890.843
7b	15	36.9	90.4	1012299.406	2479996.377
7c	52	13.6	33.2	1293402.24	3157423.116
JUMLAH				7632207.14	11791139.12

Sumber: Hasil analisa 2019

Hasil Perhitungan Lapis Tambahan (overlay) berdasarkan Lendutan Maksimum

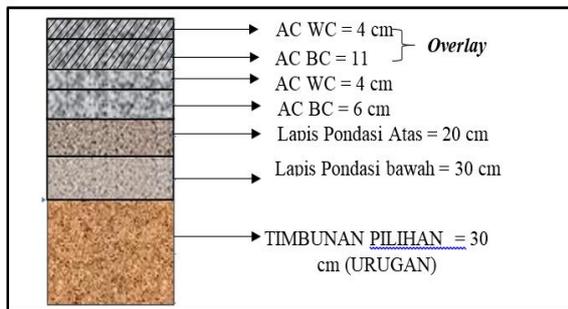
Hasil Perhitungan Lapis Tambahan (overlay) berdasarkan Lendutan Maksimum diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 10. Struktur Lapisan Perkerasan Jalan setelah di overlay (*Lendutan Maksimum*)

Hasil Perhitungan Lapis Tambahan (overlay) berdasarkan Lengkung Lendutan

Hasil Perhitungan Lapis Tambahan (overlay) berdasarkan Lengkung Lendutan diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Struktur Lapisan Perkerasan Jalan setelah di overlay (*Lengkung Lendutan*)

Menghitung Lapis Tambahan Metode AASHTO 1993 menggunakan data lendutan FWD

Analisis Lalu Lintas

Pada metode AASHTO 1993, analisis lalu lintas yang dihitung adalah berupa kendaraan ringan hingga kendaraan berat. Adapun nilai VDF metode AASHTO 1993 dari hasil perhitungan disajikan pada Tabel 10 berikut ini.

Tabel 7. Hasil Rekapitulasi Perhitungan VDF

JENIS KENDARAAN	GOLONGAN	BERAT TOTAL (kips)	VDF
Sedan, jeep	2	4.40925	0.00097
opelet, angkot	3	18.29837	0.23496
pick-up, pick-up box	4	18.29837	0.23496
Bus kecil	5a	18.29837	0.23385
Bus Besar	5b	19.84160	0.33133
Truk 2 sumbu ringan	6a	40.12413	2.47843
Truk 2 sumbu sedang	6b	40.12413	2.47843
truk 3 sumbu	7a	55.11557	2.66733
truk gandeng	7b	69.22515	3.90394
Semi trailer	7c	92.59415	4.01337

Dari nilai VDF pada tabel 10 diatas, dihitung ESAL pertahun disajikan pada Tabel 8 berikut ini.

Tabel 8. Rekapitulasi Perhitungan ESALper tahun

JENIS KENDARAAN	GOLONGAN	LHR	BERAT TOTAL (kips)	VDF	ESAL per Tahun
Sedan, jeep	2	7470	4.409245	0.000966	2635.120012
opelet, angkot	3	1011	18.298368	0.234962	86704.40061
pick-up, pick-up box	4	1671	18.298368	0.234962	143306.6799
Bus kecil	5a	144	18.298368	0.233845	12290.90537
Bus Besar	5b	24	19.841604	0.331332	2902.46988
Truk 2 sumbu ringan	6a	410	40.124132	2.478428	370896.7364
Truk 2 sumbu sedang	6b	1103	40.124132	2.478428	997802.6835
truk 3 sumbu	7a	99	55.115566	2.667326	96383.83565
truk gandeng	7b	15	69.225151	3.903939	21374.06756
Semi trailer	7c	52	92.594150	4.013374	76173.83559
Jumlah					1810470.734

Sumber: Hasil analisa, 2019

Berdasarkan Tabel 8 di atas maka nilai kumulatif ESAL selama umur rencana (UR) 10 tahun adalah:

$$ESAL_n = ESAL_{2019} \times R \times DD \times DL$$

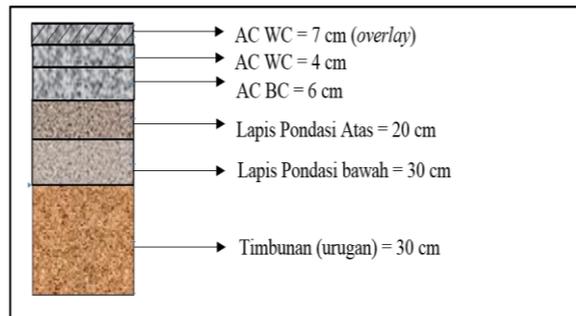
$$ESAL_{10} = 1.825.201,848 \times 12,43209 \times 0,5 \times 1 = 11.253.968,57$$

Analisis Tebal Lapis Tambahan (overlay)

Langkah-langkah analisis adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan modulus resilien tanah dasar (M_R)
2. Perhitungan Balik Modulus Efektif Perkerasan (E_p)
3. Perhitungan Angka Struktural Efektif Eksisting (SN_{eff})
4. Perhitungan Angka Struktural Efektif Rencana (SN_f)
5. Perhitungan Tebal lapis tambahan (*overlay*)

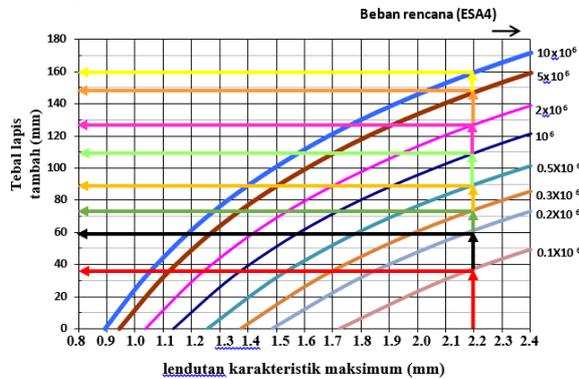
Berdasarkan perhitungan, tebal lapis tambahan rata-rata yang dihasilkan adalah 6,19732 cm dibulatkan menjadi 7 cm seperti pada gambar 11 berikut ini.



Gambar 11 Struktur Lapisan Perkerasan Jalan setelah di overlay metode AASHTO 1993

Perhitungan Variasi Beban Lalu Lintas Terhadap Tebal Lapis Tambah (overlay) Pererasan Lentur dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

Perhitungan Variasi beban lalu lintas terhadap tebal lapis tambah ditujukan pada grafik Gambar 12 dengan asumsi D (lendutan) sebelum overlay sebesar 2,2 mm seperti berikut ini.



Gambar 12. Grafik Tebal (overlay) berdasarkan lendutan balik BB

Tabel 9. Tebal Lapis Tambah Metode Manual Desain Perkerasan 2017

No	CESA		Tebal lapis tambah (overlay)
1	0.1 x 10 ⁶	100000	3.8
2	0.2 x 10 ⁶	200000	6.0
3	0.3 x 10 ⁶	300000	7.2
4	0.5 x 10 ⁶	500000	9.0
5	10 ⁶	1000000	11
6	2 x 10 ⁶	2000000	12.8
7	5 x 10 ⁶	5000000	14.95
8	10 x 10 ⁶	10000000	16
TOTAL		19100000	80.75

Sumber : Hasil Analisa 2019

Tabel 10. Rekapitulasi analisa statistik untuk metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

Manual Desain Perkerasn Jalan 2017	
	r ²
Regresi Linier	0,6704
Regresi Ekspensial	0,5216
Regresi Ekspensial	0,9898

Sumber : Hasil Analisa 2019

Perhitungan Variasi Beban Lalu Lintas Terhadap Tebal Lapis Tambah (overlay) Perkerasan Lentur dengan metode AASHTO 1993

Perhitungan Variasi beban lalu lintas terhadap tebal lapis tambah (overlay) metode AASHTO 1993 diasumsikan nilai S_{Neff} =

2.974714, a_{oL} = 0,4. Hasil perhitungan tebal lapis tambah dapat dilihat pada Tabel 11 berikut ini.

Tabel 11. Tebal Lapis Tambah Metode AASHTO 1993

No	CESA		Tebal lapis tambah (overlay)
1	0.1 x 10 ⁶	100000	4.139468228
2	0.2 x 10 ⁶	200000	5.360348751
3	0.3 x 10 ⁶	300000	6.105345728
4	0.5 x 10 ⁶	500000	7.078565728
5	10 ⁶	1000000	8.466833228
6	2 x 10 ⁶	2000000	9.942355728
7	5 x 10 ⁶	5000000	12.04532573
8	10 x 10 ⁶	10000000	13.76581573
TOTAL		19100000	66.90405885

Tabel 12. Rekapitulasi analisa statistik untuk metode AASHTO 1993

AASHTO 1993	
	r ²
Regresi Linier	0,8049
Regresi Ekspensial	0,6698
Regresi Ekspensial	0,9967

Sumber : Hasil Analisa 2019

Berdasarkan hasil analisa dari metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan AASHTO 1993, model regresi Logaritma untuk kedua metode menghasilkan nilai korelasi (r²) yang paling besar, dan menjadi kunci untuk pemilihan model terbaik.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Hasil Perhitungan CESA (*Cummulative Equivalent Single Axle*) untuk setiap metode yaitu sebagai berikut:

A. Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 (Menggunakan data lendutan BB)

CESA4 = 7.632.207,24

CESA5 = 11.791.139,12

B. AASHTO 1993 (Menggunakan data lendutan FWD)

W₁₈ = 11.253.968,57

Perbedaan hasil perhitungan CESA (*Cummulative Equivalent Single Axle*) dari kedua metode diatas yaitu :

- Pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 penetapan nilai VDF (*Vehicle Damage Factor*) menggunakan Tabel 2.5

sedangkan pada metode AASHTO 1993 Nilai VDF (*Vehicle Damage Factor*) disetiap kendaraan menggunakan interpolasi dengan tabel faktor ekivalensi beban gandar dengan mencari nilai SN berdasarkan tebal perkerasan, koefisien lapisan dan koefisien drainase.

- Pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 hanya kendaraan niaga dengan jumlah roda 6 diperhitungkan dalam analisis sedangkan pada Metode AASHTO 1993 kendaraan ringan dan berat juga perlu diperhitungkan dalam analisis
2. Hasil perhitungan Lapis Tambah (*overlay*) perkerasan lentur metode Manual Desain perkerasan Jalan 2017 (Menggunakan data lendutan BB)
 - a) Tebal Lapis Tambah menggunakan lendutan maksimum (deformasi permanen) dengan nilai $CESA4 = 7.632.207,24$ menghasilkan tebal lapis tambah (*overlay*) sebesar 4 cm.
 - b) Tebal Lapis Tambah menggunakan lengkung lendutan (*Curvature Function*) dengan nilai $CESA5 = 11.791.139,12$ menghasilkan tebal lapis tambah (*overlay tebal*) sebesar 15 cm untuk mencegah terjadinya retak lelah.

Dari kedua hasil tebal lapis tambah diatas, Lapis tambah dengan nilai sebesar 15 cm yang digunakan, karena jika menggunakan tebal lapis tambah sebesar 4 cm tidak mampu menahan retak lelah.
 3. Hasil perhitungan Lapis Tambah (*overlay*) perkerasan lentur metode AASHTO 1993 (Menggunakan data lendutan FWD)

Tebal lapis Tambah (*overlay*) yang dihasilkan dari metode AASHTO 1993 dengan nilai $W_{18} = 11.253.968,57$ sebesar 7 cm.

Saran

1. Pengujian lendutan untuk alat *Benkelman Beam* (BB) hendaknya tidak dilakukan per 200 meter saja. Penambahan titik survey diperlukan pada segmen jalan yang secara visual mempunyai kondisi berbeda dari titik pengamatan.
2. Pelaksanaan survei lendutan dengan alat BB (*Benkelman Beam*) dan FWD (*Falling Weight Deflectometer*) hendaknya dilakukan pada musim penghujan. Sebab, besar lendutan permukaan perkerasan aspal dipengaruhi oleh jenis tanah dan kelembaban tanah dasar. Selain dari ketinggian muka air tanah, kelembaban tanah dasar juga dipengaruhi oleh iklim. Atas pertimbangan tersebut maka pengukuran sebaiknya dilakukan pada waktu perkerasan dalam keadaan terlemah yaitu pada musim penghujan.
3. Dalam penelitian ini perhitungan lapis tambah dilakukan berdasarkan metode Manual desain Perkerasan jalan 2017 menggunakan lendutan BB dan metode AASHTO 1993 menggunakan lendutan FWD. Disarankan untuk melakukan penelitian menggunakan metode Manual desain Perkerasan jalan 2017 menggunakan lendutan FWD serta menggunakan metode lainya seperti Austroad, The asphalt Institute.

DAFTAR PUSTAKA

- Menteri Pekerjaan Umum. (2004). *Pedoman Pencacahan Lalu Lintas dengan Cara Manual*. Jakarta : Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. *Cara Uji Lendutan Perkerasan Lentur dengan Alat Benkelman Beam*. Jakarta.
- Bina Marga. 2017. *Manual Perkerasan Jalan (Revisi juni 2017) Nomor 04/SE/Db/2017*. Jakarta : Direktorat Jenderal Bina Marga.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 1993, *Guide for The Design of Pavement Structures*, The American Association of State Highway Transportation Officials, Washington DC.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. *Cara Uji Lendutan Perkerasan Lentur dengan Alat Benkelman Beam*. Jakarta

- Mantiri, Cyintia Claudia, Theo K. Sendow, Mecky R.E. Manoppo,. 2019. *Analisis Tebal Perkerasan Lentur Jalan Baru dengan Metode Bina Marga 2017 dibandingkan Metode AASHTO 1993*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.10 Oktober 2019 (1303-1316) ISSN: 2337-6732
- 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) ISS: 2337-6732
- Pangerapan, Monica Linny, Theo K. Sendow, Lintong Elisabet,. 2018. *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)* Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.10 Oktober 2018 (823-834) ISSN: 2337-6732
- Besouw, Gabrielia Venisia, Mecky R.E. Manoppo, Steve Ch. N. Palenewen,. 2019. *Pengaruh Modulus Kehalusan Agregat Terhadap Penentuan kadar Aspal Pada Campuran jenis AC - WC*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.4 April 2019 (481-490) ISSN: 2337-6732
- Paat, Geraldo Niki Imanuel, Theo K. Sendow, Lucia G.J. Lalamentik,. 2019. *Uji Laik Fungsi Jalan secara teknis pada ruas jalan Manado – Tomohon (Segmen Batas Kota Manado – Kota Tomohon)*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.10 Oktober 2019 (1365-1384) ISSN: 2337-6732

Halaman ini sengaja dikosongkan