

KEMAMPUAN PERKERASAN HASIL RANCANGAN *OVERLAY* TERHADAP PREDIKSI KERUSAKAN PERKERASAN LENTUR DI JALAN SILIWANGI YOGYAKARTA

**Laurent Yesana
Perdana Putra Sabetu**
MSTT DTSL FT UGM
Universitas Gadjah Mada
Jln. Grafika 2, Senolowo
Sinduadi, Kecamatan Mlati
Kabupaten Sleman Daerah
Istimewa Yogyakarta
danasabetu8598@mail.ugm.ac.id

**Suryo Hapsoro
Tri Utomo**
MSTT DTSL FT UGM
Universitas Gadjah Mada
Jln. Grafika 2, Senolowo
Sinduadi, Kecamatan Mlati
Kabupaten Sleman Daerah
Istimewa Yogyakarta
suryohapsoro@ugm.ac.id

**Latif
Budi Suparma**
MSTT DTSL FT UGM
Universitas Gadjah Mada
Jln. Grafika 2, Senolowo
Sinduadi, Kecamatan Mlati
Kabupaten Sleman Daerah
Istimewa Yogyakarta
lbsuparma@ugm.ac.id

Abstract

Jalan Siliwangi, Ringroad Utara Barat, in Yogyakarta, is an arterial road with a high traffic volume. This resulted in several sections of Jalan Siliwangi being damaged. This study aims to analyze the comparison of the pavement overlay thickness, designed using the 2017 Road Pavement Design Manual method and the 1993 AASHTO method. Then, an analysis of tensile strain and compressive strain was carried out using the Kenpave program, as well as an analysis of the pavement ability to predict its damage. The overlay thickness obtained using the 2017 Road Pavement Design Manual method is 5.0 cm and the thickness obtained using the 1993 AASHTO method is 4.5 cm. Prediction of pavement ability to withstand fatigue cracking and rutting are, 1.456×10^8 ESAL and 4.231×10^{25} ESAL, respectively for the design results using the 2017 Road Pavement Design Manual method, and 1.741×10^8 ESAL and $5,663 \times 10^{25}$ ESAL, respectively, by using the 1993 AASHTO method. The overlay thickness is able to withstand the design load for 10 years without any damage to fatigue cracking and rutting.

Keywords: road pavement; overlay; tensile strain; compressive strain; fatigue cracking; rutting

Abstrak

Jalan Siliwangi, Ringroad Utara Barat, Yogyakarta merupakan jalan arteri dengan volume lalu lintas yang tinggi. Hal ini mengakibatkan beberapa ruas Jalan Siliwangi mengalami kerusakan. Penelitian ini bertujuan menganalisis perbandingan perancangan tebal lapis tambah perkerasan jalan dengan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan metode AASHTO 1993. Kemudian dilakukan analisis regangan tarik dan regangan desak menggunakan program Kenpave, serta dilakukan analisis kemampuan perkerasan terhadap prediksi kerusakannya. Tebal lapis tambah yang diperoleh menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 adalah sebesar 5,0 cm dan tebal yang diperoleh dengan menggunakan metode AASHTO 1993 adalah sebesar 4,5 cm. Prediksi kemampuan perkerasan untuk menahan kerusakan retak leleh dan retak alur, berturut-turut sebesar $1,456 \times 10^8$ ESAL dan $4,231 \times 10^{25}$ ESAL untuk hasil rancangan dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017, dan berturut-turut sebesar $1,741 \times 10^8$ ESAL dan $5,663 \times 10^{25}$ ESAL dengan menggunakan metode AASHTO 1993. Hasil rancangan lapis tambah mampu menahan beban rencana selama 10 tahun tanpa terjadi kerusakan retak leleh dan alur.

Kata-kata kunci: perkerasan jalan; lapis tambah; regangan tarik; regangan desak; retak leleh; alur

PENDAHULUAN

Jalan Siliwangi, Ringroad Utara Barat, Yogyakarta, merupakan jalan arteri dalam sistem jaringan primer yang menghubungkan jalan-jalan kolektor di wilayah Yogyakarta

dengan jalan kota, atau jalan ibu kota kabupaten, dan jalan strategis provinsi. Seiring dengan pertumbuhan ekonomi masyarakat, terjadi peningkatan volume lalu lintas yang membebani ruas Jalan Siliwangi ini. Peningkatan volume lalu lintas berakibat pada peningkatan kepadatan lalu lintas dan menurunkan kecepatan, yang pada akhirnya menyebabkan waktu pembebanan pada struktur perkerasan menjadi lebih panjang. Hal tersebut mengakibatkan kondisi di beberapa ruas Jalan Siliwangi mengalami kerusakan, seperti deformasi dan retak alur. Berdasarkan kondisi tersebut, perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan kemampuan struktur perkerasan Jalan Siliwangi agar dapat mampu mengimbangi peningkatan pemanfaatan jalan tersebut. Salah satu upaya adalah dengan dilakukan peningkatan jalan, dengan *overlay* struktural.

Banyak metode yang dikembangkan untuk merancang *overlay* (Huang, 2004; Ullidtz, 1987). Pada penelitian ini dipilih 2 metode, yaitu metode Bina Marga, berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ, 2017), dan metode American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 1993), sebagai upaya perbandingan rancangan.

Hasil rancangan *overlay* perlu dilakukan evaluasi tingkat keandalan rancangan untuk dapat melayani lalu lintas pada umur layanan tertentu (Manguande et al., 2020; Wicaksono, 2016). Salah satu evaluasi yang dapat dilakukan adalah kemampuan struktur perkerasan terhadap kerusakan yang akan terjadi selama masa layan. Analisis selanjutnya yang dilakukan adalah mengevaluasi kemampuan hasil rancangan *overlay* dengan 2 metode yang telah dipilih, berdasarkan kemampuan menahan kerusakan perkerasan (prediksi). Analisis ini dilakukan dengan membandingkan nilai regangan tarik (ϵ_t) dan regangan desak (ϵ_c) pada rancangan *overlay*, yang diprediksikan dengan bantuan *software Kenpave*. Prediksi kerusakan yang dianalisis berdasarkan metode mekanistik-empiris terkait dengan kerusakan retak lelah (*fatigue*) dan retak alur (*rutting*). Dari penilaian ini dapat diketahui tingkat keandalan struktur hasil rancangan *overlay* untuk masing-masing metode rancangan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data yang berhubungan dengan analisis komparasi perancangan tebal lapis tambah perkerasan lentur dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan (2017) dan metode AASHTO (1993), dengan menggunakan program Kenpave. Penelitian dilakukan di Jalan Siliwangi, Ringroad Barat, Yogyakarta. Data yang digunakan adalah data sekunder, yang diperoleh dari kantor Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Bina Marga, Balai Besar Perencanaan Jalan Nasional Jawa Tengah-Daerah Istimewa Yogyakarta. Data tersebut meliputi data LHR, data jalan eksisting, dan data lendutan FWD.

Perhitungan tebal lapis tambah struktur perkerasan jalan lentur dievaluasi dengan menggunakan program Kenpave, yang merupakan suatu program yang menerapkan metode

mekanistik-empirik untuk menghitung respons perkerasan, yang berupa tegangan, regangan, dan lendutan kritis setiap lapisan SPL berdasarkan prinsip-prinsip teori elastis, dan menganalisis kerusakan perkerasan agar mendapat tebal lapis tambah yang sesuai dan mampu menahan beban rencana (Simanjutak, 2014).

Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

Menghitung Beban Lalu Lintas Rencana (CESA 4 dan CESA 5)

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana. Kumulatif lintasan sumbu standar ekuivalen pada tahun pertama ditentukan sebagai berikut:

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

dengan:

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

LHR_{JK} = Lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).

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

DD = Faktor distribusi arah.

DL = Faktor distribusi lajur.

$CESAL$ = Kumulatif beban sumbu standar ekuivalen selama umur rencana.

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

Menentukan Tebal Overlay Berdasarkan Lendutan Maksimum (D_0)

Nilai lendutan hasil pengujian dengan alat Falling Weight Deflectometer (FWD) harus dikoreksi dengan faktor koreksi musim, faktor koreksi beban, dan faktor koreksi temperatur. Setelah mendapatkan nilai lendutan maksimum yang mewakili, ditentukan tebal lapis tambahan (*overlay*).

Menentukan Overlay Tipis dan Overlay Tebal untuk Mengatasi Retak Lelah

Nilai lendutan hasil pengujian dengan alat FWD harus dikoreksi dengan faktor koreksi musim, faktor koreksi beban, faktor koreksi temperatur, dan faktor penyesuaian FWD ke Benkelman Beam (BB). Selanjutnya nilai lendutan rata-rata yang diperoleh digunakan untuk menentukan lapis tambahan (*overlay*).

Metode AASHTO 1993

Menghitung Lintas Ekuivalen Selama Umur Rencana (W_{18})

Semua lintasan lalu lintas harus dikonversikan ke jumlah ekuivalen beban gandar tunggal dengan gandar standar yang menghasilkan beban 18 kips (8,16 ton atau 80 kN).

Penentuan Angka Struktural Rencana (SN_f)

Penentuan angka struktural rencana (SN_f) pada kondisi lalu lintas yang akan datang sama dengan cara perhitungan SN untuk kondisi perkerasan baru. Data yang dibutuhkan untuk perhitungan SN_f adalah volume lalu lintas rencana, modulus resilient efektif (M_R), kemampuan pelayanan yang hilang ΔPSI , reliabilitas (R), dan deviasi standar keseluruhan (S_0). SN_f ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Log}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9,36 \times \log(SN_f + 1) - 0,20 + \frac{\log\left[\frac{\Delta PSI}{IP_0 - IP_f}\right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN_f + 1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log(M_R) - 8,07 \quad (2)$$

dengan:

M_R = Modulus resilien tanah dasar hasil perhitungan balik (psi).

W_{18} = Perkiraan jumlah beban sumbu standar ekivalen 18 kips (ESAL).

Z = Deviasi standar normal.

S_0 = Deviasi standar keseluruhan (perkiraan lalu lintas dan kinerja).

ΔPSI = Selisih *initial design serviceability index* (IP_0) dengan *design terminal serviceability index* (IP_t).

SN_f = Angka struktural di masa mendatang (rencana).

IP_f = Indeks Permukaan jalan hancur (minimum 1,5).

Tebal Lapis Tambahan Perkerasan

Kebutuhan tebal lapis tambahan perkerasan dihitung dengan menggunakan Persamaan 3:

$$H_{OL} = \frac{SN_f - SN_{eff}}{a_{OL}} \quad (3)$$

dengan:

SN_{eff} = Angka Struktural Efektif perkerasan eksisting yang diberi lapis tambahan.

SN_f = Angka Struktural di masa mendatang atau perencanaan.

H_{OL} = Tebal lapis tambahan yang diperlukan (inch).

a_{OL} = Koefisien lapisan *overlay*.

Prediksi Kerusakan

Nilai regangan tarik dan regangan tekan hasil pelaksanaan program Kenpave digunakan untuk memprediksi kerusakan pada perkerasan jalan Analisis kerusakan perkerasan jalan yang dibahas adalah retak lelah (*fatigue*) dan *rutting*. Jenis kerusakan retak lelah dapat dilihat berdasarkan nilai regangan tarik horizontal pada lapis permukaan beraspal bagian bawah akibat beban pada permukaan perkerasan. Jenis kerusakan *rutting* dapat dilihat berdasarkan nilai regangan tekan di bagian atas lapis tanah dasar atau di bawah lapis pondasi bawah.

Retak Lelah

Persamaan retak lelah perkerasan lentur digunakan untuk mengetahui jumlah repetisi beban berdasarkan regangan tarik di bawah lapis permukaan. Nilai repetisi beban retak lelah adalah:

$$N_f = 0,0796 \times (\epsilon_t)^{-3,291} \times (E)^{-0,85} \quad (4)$$

dengan:

N_f = Nilai repetisi beban retak lelah.

ϵ_t = Nilai regangan tarik horizontal di bawah lapis permukaan.

E_{AC} = Modulus elastis lapis permukaan (MPa)

Retak Alur

Persamaan untuk mengetahui jumlah repetisi beban berdasarkan regangan tekan di bawah lapis pondasi bawah adalah sebagai berikut:

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} \times (\epsilon_c)^{-4,477} \quad (5)$$

dengan:

N_d = Nilai repetisi beban retak alur.

ϵ_c = Regangan tekan vertikal pada bagian atas lapisan tanah dasar.

HASIL PENELITIAN

Rancangan Tebal *Overlay* dengan Metode MDPJ-2017

Analisis Lalu Lintas

Dengan laju pertumbuhan lalu lintas (i) untuk wilayah Pulau Jawa sebesar 4,8% dan dengan umur rencana (UR) sebesar 10 tahun, diperoleh nilai faktor pertumbuhan lalu lintas kumulatif selama umur rencana 10 tahun, yaitu R sebesar 10,02.

Tabel 1 Hasil Perhitungan Beban Lalu Lintas Rencana

Jenis Kendaraan	Golongan	VDF 4	VDF 5	CESA 4	CESA 5
Bus $\frac{3}{4}$	5a	0,3	0,2	144.852,6	96.568,4
Bus besar	5b	1	1	324.821	324.821
Truk 2 sumbu 4 roda	6a	0,8	0,8	591.700,9	591.700,9
Truk 2 sumbu 6 roda	6b	0,7	0,7	612.989,9	612.989,9
Truk 3 sumbu	7a	7,6	11,2	1.584.600	2.335.200
Truk gandeng	7b	36,9	90,4	1.133.801	2.777.658
Semitrailer	7c	13,6	24	328.332,6	579.410,4
			Σ	4.721.098	7.318.349

Untuk jalan dengan 2 arah, seperti Jalan Siliwangi, Ringroad Barat, Yogyakarta, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,5. Karena jalan ini mempunyai 6 lajur, faktor distribusi lajur (DL) diambil sebesar 0,6. Hasil perhitungan beban lalu lintas pada lajur rencana dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil Perhitungan Tebal Overlay Berdasarkan Lendutan Maksimum (D₀)

Pengujian lendutan FWD dilakukan pada KM 3.920-12.500 dan pada musim kemarau, sehingga diperlukan adanya faktor koreksi musim, yaitu sebesar 1,2. Faktor dinormalkan ke beban standar 40 kN, dan faktor penyesuaian lendutan FWD ke BB = 1,26. Untuk menentukan tebal *overlay* berdasarkan lendutan maksimum, digunakan grafik dengan cara menghitung nilai D₀ dan memasukkan nilai lendutan karakteristik dan beban lalu lintas desain (ESA4) ke grafik tersebut. Perhitungan D₀ rata-rata selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Rekapitulasi Perhitungan D₀ Rata-Rata

No.	STA	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
1	4+000	631,00	757,20	814,19	749,06	943,81	890.783,28
2	4+500	418,10	501,72	539,48	496,33	625,37	391.087,27
3	5+000	662,90	795,48	855,35	786,93	991,53	983.126,44
4	5+500	589,50	707,40	760,65	699,79	881,74	777.465,20
5	6+000	428,50	514,20	552,90	508,67	640,93	410.785,39
6	6+500	380,90	457,08	491,48	452,17	569,73	324.590,11
7	7+000	658,20	789,84	849,29	781,35	984,50	969.235,02
8	7+500	442,00	530,40	570,32	524,70	661,12	437.076,92
9	8+000	677,30	812,76	873,94	804,02	1.013,066	1.026.302,75
10	8+500	434,50	521,40	560,65	515,79	64.990	422.369,84
11	9+000	497,90	597,48	642,45	591,06	744,73	554.622,64
12	9+500	397,90	477,48	513,42	472,35	595,1557	354.210,3264
13	10+000	456,80	548,16	589,42	542,27	683,2549	466.837,2804
14	10+500	486,90	584,28	628,26	578,00	728,2767	530.387,0222
15	11+000	748,10	897,72	965,29	888,07	1.118,965	125.2081,646
16	11+500	346,60	415,92	447,23	411,45	518,4242	268.763,6043
17	12+000	453,70	544,44	585,42	538,59	678,6181	460.522,5475
18	12+500	973,60	1.168,32	1256,26	1155,76	1.456,254	2.120.676,727
					Σ	14.485,36	12.640.924,02

$$D_0 \text{ rata-rata} = \frac{\Sigma D_0 \text{Penyesuaian BB}}{N} = \frac{14.485,36}{18} = 804,76 \mu\text{m} \quad (6)$$

Data lendutan yang digunakan untuk analisis perlu diseragamkan, dengan faktor keseragaman kurang dari 30%, menggunakan persamaan:

$$S = \sqrt{\frac{N(\Sigma d^2) - (\Sigma d)^2}{N(N-1)}} = \sqrt{\frac{18(12.640.924,02) - (14.485,36)^2}{18(18-1)}} = 240,7599 \quad (7)$$

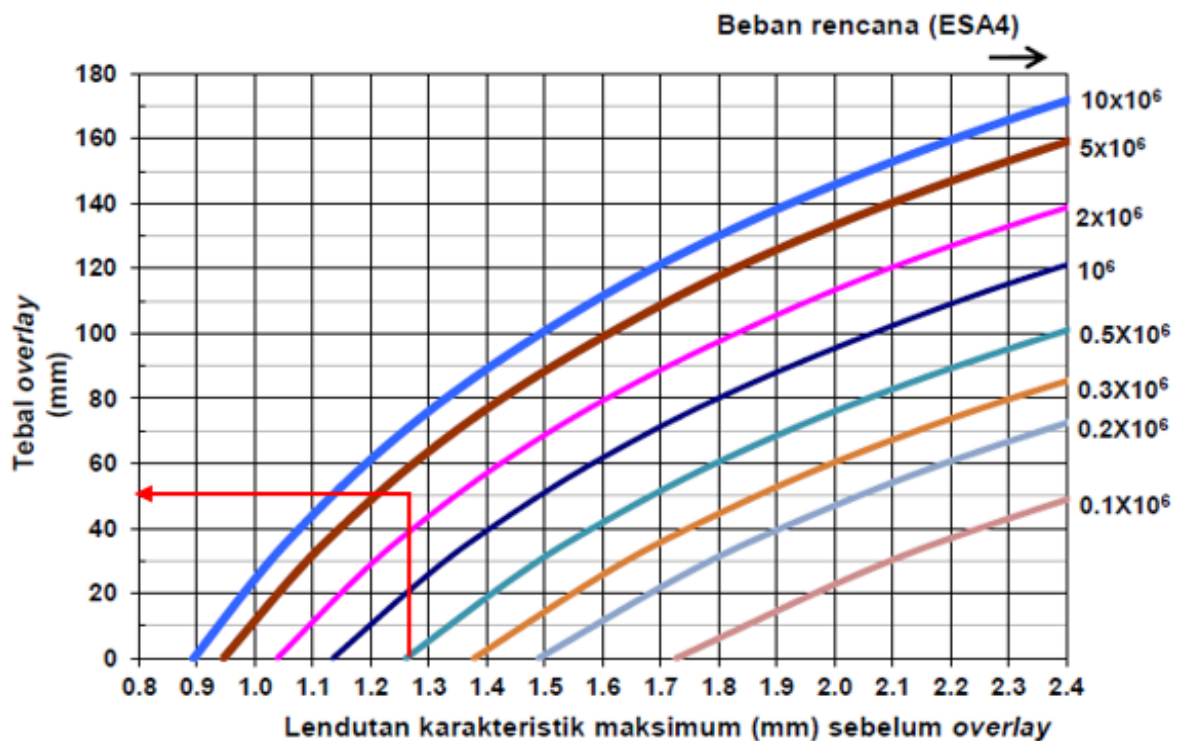
$$FK = \frac{S}{D_0 \text{ rata-rata}} \times 100\% < FK_{izin} \quad (8)$$

$$FK = \frac{240,7599}{804,7599} \times 100\% = 29,89527\% < FK_{izin} (30\%) \quad (9)$$

Lendutan maksimum atau lendutan karakteristik adalah besarnya nilai lendutan yang mewakili suatu subruas atau seksi jalan yang disesuaikan dengan fungsi atau kelas jalan dan ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Untuk jalan arteri/tol: } D_{\text{wakil}} &= D_r + 2S = 804,7599 + (2 \times 240,7599) \\ &= 1.285,902 \mu\text{m} = 1,29 \text{ mm} \end{aligned} \quad (10)$$

Berdasarkan nilai lendutan karakteristik D_{wakil} sebesar 1,29 mm dan CESA4 sebesar 4.721.098 ESA4, ditentukan tebal *overlay* dengan menggunakan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 1. Diperoleh tebal lapis tambah yang dibutuhkan, yaitu sebesar 50 mm atau 5 cm.



Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2017)

Gambar 1 Solusi *Overlay* Berdasarkan Lendutan Balik Benkelman Beam untuk WMAPT 4°C

Perhitungan Lengkung Lendutan didasarkan pada nilai D_0 - D_{200} yang telah disera-gamkan dan telah dikoreksi dengan beban standar 40 kN, faktor musim dan faktor tempe-ratur. Perhitungan D_0 - D_{200} rata-rata selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan data D_0 - D_{200} rata-rata sebesar 0,122542 mm, dapat dilihat bahwa Jalan Siliwangi, KM 3.900-12.500, masih mampu menahan retak lelah. Dengan demikian jalan belum memerlukan *overlay* tipis maupun *overlay* tebal.

Tabel 3 Rekapitulasi Perhitungan D_0 - D_{200} Rata-Rata

No.	STA	Beban (kN)	D_0 (μ m)	D_{200} (μ m)	D_0 terkoreksi musim (μ m)	D_{200} terkoreksi musim (μ m)	D_0 normal (μ m)	D_{200} normal (μ m)	D_0 - D_{200} (μ m)	D_0 - D_{200} terkoreksi musim (μ m)
1	4+000	37,20	631,00	487,20	757,20	584,64	814,19	628,65	185,55	152,15
2	4+500	40,86	418,10	352,90	501,72	423,48	539,48	455,35	84,13	68,99
3	5+000	40,26	662,90	518,10	795,48	621,72	855,35	668,52	186,84	153,21
4	5+500	40,29	589,50	443,60	707,40	532,32	760,65	572,39	188,26	154,37
5	6+000	40,91	428,50	356,00	514,20	427,20	552,90	459,35	93,55	76,71
6	6+500	40,88	380,90	311,20	457,08	373,44	491,48	401,55	89,94	73,75
7	7+000	40,35	658,20	516,90	789,84	620,28	849,29	666,97	182,32	149,50
8	7+500	40,14	442,00	331,90	530,40	398,28	570,32	428,26	142,06	116,49
9	8+000	38,83	677,30	532,70	812,76	639,24	873,94	687,35	186,58	153,00
10	8+500	41,39	434,50	375,90	521,40	451,08	560,65	485,03	75,61	62,00
11	9+000	40,75	497,90	418,60	597,48	502,32	642,45	540,13	102,32	83,90
12	9+500	41,30	397,90	304,00	477,48	364,80	513,42	392,26	121,16	99,35
13	10+000	41,44	456,80	338,10	548,16	405,72	589,42	436,26	153,16	125,59
14	10+500	39,62	486,90	388,30	584,28	465,96	628,26	501,03	127,23	104,33
15	11+000	40,01	748,10	546,10	897,72	655,32	965,29	704,65	260,65	213,73
16	11+500	40,93	346,60	265,90	415,92	319,08	447,23	343,10	104,13	85,39
17	12+000	40,82	453,70	350,90	544,44	421,08	585,42	452,77	132,65	108,77
18	12+500	39,75	973,60	761,40	1.168,32	913,68	1.256,26	982,45	273,81	224,52
Rata-Rata:									122,54	

Tabel 4 Hasil perhitungan beban lalu lintas rencana

No.	Jenis Kendaraan	Gol.	LHR	VDF	ESAL Per Tahun
1	Sedan, jeep	2	27858	0,0008	7.812,00
2	Pick up, angkot	3	800	0,1278	37.325,33
3	Pick up box	4	4658	0,1278	217.326,73
4	Bus 3/4	5a	440	0,2055	33.001,41
5	Bus besar	5b	296	0,2983	32.225,62
6	Truk2 sumbu 4 roda	6a	674	2,3759	584.494,33
7	Truk 2 sumbu 6 roda	6b	798	2,3759	692.027,41
8	Truk 3 sumbu	7a	190	2,0233	140.313,67
9	Truk gandeng	7b	28	2,6829	27.418,83
10	Semi trailer	7c	22	9,8095	78.770,53
Total:					1.878.018,85

Metode AASHTO 1993

Analisis Lalu Lintas

Angka pertumbuhan lalu lintas (i) diambil sebesar 4,8%. Nilai ini didasarkan pada angka pertumbuhan ekonomi di Pulau Jawa. Dengan umur rencana (n) sebesar 10 tahun

dan pertumbuhan lalu lintas sebesar 4,8%, dengan koefisien lapisan a_1 sebesar 0,3, a_2 sebesar 0,14, a_3 sebesar 0,11, dan koefisien drainase (m) sebesar 1,30, maka SN yang digunakan, dari hasil interpolasi, adalah sebesar 5,189. Hasil perhitungan beban lalu lintas rencana dapat dilihat pada Tabel 4.

Ruas Jalan Siliwangi terdiri atas 6 lajur 2 arah, sehingga faktor distribusi lajur (DL) adalah 80% atau 0,8 dan faktor distribusi arah (DD) adalah 0,4. Volume lalu lintas pada tahun ke-10 diperoleh sebagai berikut:

$$ESAL_n = ESAL_{2018} \times R \times DD \times DL \quad (11)$$

$$ESAL_{10} = 7.379.823,09$$

Perhitungan Tebal Overlay

Perhitungan nilai M_R dilakukan di setiap titik pengukuran lendutan. Nilai M_R tanah dasar rata-rata pada ruas Jalan Siliwangi adalah sebesar 146.528,92 psi atau setara dengan nilai CBR sebesar 11,02%. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kondisi tanah dasar pada ruas jalan tersebut masih baik.

Tabel 5 Rekapitulasi Perhitungan Tebal *Overlay* AASHTO 1993

STA	M_r desain	$W_{18} \times 10^6$	SN_{eff}	SN_f	a_{OL}	Tebal <i>Overlay</i>	
	Psi	ESAL				inci	cm
4+000	4.230,459	7,37983	4,8792	6,0119	0,4	1,8203	4,6235
4+500	7.328,045	7,37983	5,7436	5,0491	0,4	-2,8313	-
5+000	3.490,069	7,37983	5,0857	6,3736	0,4	2,1383	5,4312
5+500	5.441,665	7,37983	4,9333	5,5585	0,4	0,6452	1,6387
6+000	4.995,064	7,37983	12,9378	5,7103	0,4	-19,0188	-
6+500	5.176,268	7,37983	6,3209	5,6468	0,4	-2,6217	-
7+000	4.971,073	7,37983	4,8716	5,7189	0,4	1,1666	2,9632
7+500	5.434,825	7,37983	5,7791	5,5607	0,4	-1,4639	-
8+000	4.406,664	7,37983	4,7925	5,9369	0,4	1,8645	4,7357
8+500	8.293,204	7,37983	7,5007	4,8452	0,4	-7,3895	-
9+000	10.272,06	7,37983	6,4280	4,5031	0,4	-5,4728	-
9+500	5.883,129	7,37983	6,0895	5,4223	0,4	-2,5557	-
10+000	5.259,35	7,37983	5,8024	5,6186	0,4	-1,3900	-
10+500	3.254,092	7,37983	5,9716	6,5088	0,4	0,2363	0,6003
11+000	5.019,629	7,37983	4,5794	5,7015	0,4	1,8572	4,7173
11+500	4.693,674	7,37983	6,7657	5,8221	0,4	-3,3319	-
12+000	6.547,993	7,37983	5,6111	5,2385	0,4	-1,7774	-
12+500	3.484,513	7,37983	4,2277	6,3767	0,4	4,2903	10,8975
					Rata-Rata	1,7523	4,4509

Pada penelitian ini, karena metode AASHTO 1993 menggunakan data FWD, data lendutan yang diperoleh dari survei FWD mewakili tiap segmen (per *point*). Data lendutan hasil FWD tersebut nilainya cukup bervariasi, sehingga digunakan pendekatan *point to*

point. Kemudian segmentasi dilakukan dengan cara mengusahakan setiap segmen mempunyai tingkat keseragaman yang sama (faktor keseragaman kurang dari 30%) agar terhindar dari *under design* dan *over design*, yang dapat menyebabkan kegagalan rancangan atau kerusakan dini.

Diketahui bahwa IP_0 bernilai 4,0 dan IP_t bernilai 2,0. Variabel R bernilai 95% dan ZR bernilai -1,645. Sedangkan S_0 untuk perkerasan lentur diambil nilai sebesar 0,45. Kemudian dilakukan perhitungan balik terhadap nilai SN_f , dilanjutkan dengan perhitungan tebal *overlay* seperti yang dapat dilihat pada Tabel 5. Tebal *overlay* rata-rata pada ruas yang diperoleh adalah sebesar 1,75 inch atau 4,45 cm. Pada pelaksanaannya, diambil nilai sebesar 5,00 cm (lapis AC-WC).

Tabel 6 Parameter Tiap Lapisan Perkerasan (AASHTO, 1993)

Lapis Perkerasan	Modulus Elastis E (kPa)	Poisson's Ratio μ
Surface (Hotmix)	1.400.000	0,4
Base Course (LPA CBR 95%)	200.000	0,4
Sub Base (LPB CBR 30%)	120.000	0,35
Subgrade (CBR 6%)	60.000	0,35

Regangan Tarik dan Desak Lapis Perkerasan

Lapis perkerasan lentur diasumsikan berbahan linier elastik, sehingga parameter yang memengaruhi hanya modulus elastis dan *Poisson's Ratio*, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 6. Dengan menggunakan data tebal perkerasan jalan yang diperoleh dan parameternya, dapat dihitung nilai regangan tarik dan regangan desak dengan menggunakan program Kenpave. Nilai regangan-regangan ini selanjutnya dipergunakan untuk menghitung kemampuan lapis perkerasan berdasarkan repetisi beban yang mampu diakomodasi berdasarkan prediksi kerusakan retak leleh (*fatigue crack*) dan retak alur (*rutting*), dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Nilai Regangan Tarik dan Desak Perkerasan

Tinjauan	Nilai Regangan (ϵ)	
	MDP 2017	AASHTO 1993
Regangan Tarik (ϵ_t)	$3,863 \times 10^{-5}$	$4,307 \times 10^{-5}$
Regangan Tekan (ϵ_v)	$1,957 \times 10^{-4}$	$1,835 \times 10^{-4}$

Tabel 8 Hasil Analisis Kemampuan Perkerasan terhadap Prediksi Kerusakan

Metode	Beban Lalu Lintas Rencana (N_r)	Repetisi Beban		Analisis Beban
		N_f	N_d	
MDP 2017	$7,318 \times 10^6$	$1,456 \times 10^8$	$4,231 \times 10^{25}$	N_f dan $N_d > N_r$ (OKE)
AASHTO 1993	$7,379 \times 10^6$	$1,741 \times 10^8$	$5,633 \times 10^{25}$	N_f dan $N_d > N_r$ (OKE)

Analisis Kemampuan Perkerasan terhadap Prediksi Kerusakan

Nilai regangan tarik dan regangan tekan yang terdapat pada Tabel 7 selanjutnya digunakan untuk memprediksi kemampuan perkerasan terhadap kemungkinan terjadinya kerusakan. Hasil hitungan disajikan pada Tabel 8.

KESIMPULAN

Pada studi ini dilakukan perancangan tebal lapis tambah perkerasan lentur di KM 3.900–12.500, Jalan Siliwangi, Ringroad Utara Barat, Yogyakarta, dengan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2017 dan metode AASHTO 1993. Tebal lapis tambah yang diperoleh, berturut-turut adalah sebesar 5,0 cm dan 4,5 cm, atau dalam pelaksanaan dibulatkan menjadi 5,0 cm.

Kemampuan perkerasan terhadap kemungkinan terjadinya kerusakan berdasarkan nilai regangan tarik dan regangan tekan menunjukkan bahwa struktur perkerasan dengan tebal *overlay* hasil rancangan, baik dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2017 maupun dengan Metode AASHTO 1993 mampu menahan beban lalu lintas yang direncanakan selama umur rencana. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa tidak terjadi kerusakan retak lelah (*fatigue crack*), kerusakan retak alur (*rutting crack*), dan kerusakan retak alur (*rutting*) pada perkerasan selama umur rencana.

DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Officials. 1993. *Guide for Design of Pavement Structure*. Washington, D.C.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2017. *Manual Desain Perkerasan Jalan; Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga No. 04/SE/Db/2017*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta.
- Huang, H.Y. 2004. *Pavement Analysis and Design*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Manguande, J., Manopo, M.R.E., dan 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): 23–32.
- Simanjutak, I. 2014. *Evaluasi Tebal Lapis Perkerasan Lentur Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 22.2/Kpts/Db/2012 dengan Menggunakan Program Kenpave*. Jurnal Teknik Sipil, 3 (2): 1–10.
- Ullidtz, P. 1987. *Pavement Analysis; Development in Civil Engineering*. Vol. 19. Transportation Research Board. The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Washington, DC.

Wicaksono, A.N. 2016. *Evaluasi Perencanaan Tebal Lapis Tambah Metode PD-T-05-2005-B dan Metode SDPJJL Menggunakan Program Kenpave*. Tugas Akhir tidak dipublikasikan. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.