

ANALISIS DESAIN OVERLAY PADA JALAN NASIONAL BERDASARKAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN 2017 (Studi Kasus: Jalan Lingkar Demak)

Ary Setyawan, Suryoto, Nabil Asnu Muhammad Athallahriq
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36 A, Kentingan Surakarta 57126; Telp. (0271) 634524, Fax 662118
Email: arysetyawan@staff.uns.ac.id

Abstract

Demak Regency is one of the areas with a fairly high level of traffic because this district is located between the City of Semarang and Kudus Regency. The role of the Demak Ring Road is quite vital in connecting Semarang City with districts in the eastern part of Semarang City. The high number of private and commercial vehicles resulted in a higher probability of road damage compared to other locations. One of the road maintenance tasks that can be done is adding a thick layer of asphalt pavement or overlay. The purpose of this study is to determine the required overlay value on the Demak Ring Road using the 2017 Pavement Design Manual method. The research methodology used is based on direct field observations and data from the Central Java National Road Implementation Centre in the form of average daily traffic data, a falling weight deflectometer, and an international roughness index. The results of the analysis of the Demak Ring Road section STA 0+000–6+930, based on the deflection curve analysis, obtained the highest thin overlay thickness of 50 mm and a 0 mm thick overlay thickness, based on the maximum deflection analysis, obtained an overlay thickness of 0 mm.

Keywords: national road, 2017 Manual Road Design, overlay.

Abstrak

Kabupaten Demak merupakan salah satu daerah dengan tingkat lalu lintas yang cukup tinggi dikarenakan kabupaten ini berada di antara Kota Semarang dan Kabupaten Kudus sehingga peran Jalan Lingkar Demak cukup vital dalam menghubungkan Kota Semarang dengan kabupaten yang berada di bagian timur Kota Semarang. Tingginya jumlah kendaraan pribadi dan niaga mengakibatkan probabilitas kerusakan jalan menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi lain. Hal tersebut dibuktikan dengan kondisi eksisting yang menunjukkan kerusakan ringan berupa retak pada beberapa titik sepanjang jalan. Salah satu perawatan jalan yang dapat dilakukan yaitu dengan penambahan perkerasan lapis tebal aspal jalan atau *overlay*. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui nilai tebal *overlay* yang diperlukan pada Jalan Lingkar Demak dengan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017. Metodologi penelitian yang digunakan yaitu dari pengamatan di lapangan langsung serta menggunakan data Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah berupa data lalu lintas harian rata-rata (LHR), *Falling Weight Deflectometer* (FWD), dan *International Roughness Index* (IRI). Hasil analisis ruas Jalan Lingkar Demak STA 0+000 – 6+930 dengan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 berdasarkan analisis lengkung lendutan diperoleh tebal *overlay* tipis paling tinggi 50 mm dan tebal *overlay* tebal 0 mm, berdasarkan analisis lendutan maksimum diperoleh tebal *overlay* sebesar 0 mm.

Kata Kunci: jalan nasional, Manual Desain Perkerasan Jalan 2017, *overlay*.

PENDAHULUAN

Pada sistem transportasi darat, jalan memiliki berbagai peran vital di dalam kehidupan bermasyarakat seperti ekonomi, pertahanan keamanan, pendidikan, dan lain sebagainya. Oleh karena peran tersebut, prasarana transportasi darat harus mampu memberikan pelayanan yang maksimal sehingga mampu menyokong hampir seluruh kehidupan dalam masyarakat. Infrastruktur jalan juga wajib dipelihara serta dikembangkan sebagai jaminan agar tidak adanya hambatan dalam pergerakan orang dan barang serta mengarah pada tumbuhnya ekonomi secara berkelanjutan (Bina Marga, 2013).

Undang-Undang Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 tentang jalan menyebutkan bahwa jalan merupakan prasarana transportasi yang memegang peranan penting dalam bidang ekonomi, sosial budaya, lingkungan hidup, politik, pertahanan dan keamanan, serta dipergunakan secara maksimal untuk kepentingan kemakmuran rakyat (Sekretariat Negara, 2004).

Salah satu penanganan untuk memperbaiki jalan yang rusak yaitu dengan menggunakan *overlay* (tebal lapis tambah aspal) (Lumbantoruan S. P., 2019). Tebal lapis tambah atau *overlay* merupakan lapisan perkerasan tambahan yang diaplikasikan di atas konstruksi perkerasan eksisting untuk memperkuat struktur perkerasan eksisting sehingga mampu menahan beban lalu lintas dan melayani lalu lintas yang direncanakan selama umur rencana (Bina Marga, 2005). Selain itu, *overlay* juga mampu meningkatkan kapasitas struktur serta masa layan dari perkerasan lama akibat bertambahnya beban lalu lintas (Rofiqi M.I., 2019).

Penelitian ini dilakukan pada sepanjang ruas Jalan Nasional Lingkar Demak STA 0+000 – 6+930. Lokasi penelitian dapat terlihat pada Gambar 1. Ruas jalan tersebut memiliki tingkat jumlah pengguna jalan pribadi maupun niaga yang tinggi sehingga mengakibatkan beberapa kerusakan ringan di tiap titik-titik tertentu, seperti kerusakan retak dan kerusakan alur. Pemeliharaan jalan selama masa pelayanan wajib dilakukan secara periodik agar umur rencana mampu terpenuhi (Sukirman S., 2010). Salah satu perawatan yang dapat dilakukan yaitu dengan menerapkan *overlay* aspal (tebal lapis tambah aspal) (Wibowo A.P., 2021).

Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui nilai tebal *overlay* yang diperlukan pada Jalan Lingkar Demak dengan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017. Perencanaan *overlay* dengan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 membutuhkan beberapa data, antara lain data Lalu Lintas Harian Rata-Rata serta *Benkelman Beam* sehingga pada perencanaan tersebut akan memperhatikan hasil lendutan pada jalan eksisting serta perhitungan ESA4 dan ESA5 (Mukhlis M., 2021)



Gambar 1. Lokasi Penelitian
 (Sumber : Google Earth, 2022)

METODE

Menentukan *Overlay* Menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 (MDP 2017)

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer berupa profil jalan dari pengamatan di lapangan serta data sekunder mengenai Lendutan *Falling Weight Deflectometer* (FWD) dan data mengenai Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR). Data-data tersebut disusun, dihitung, serta disesuaikan dengan analisis yang akan dilakukan (Aji A.H.F., 2015; Pratami dan Hariyadi, 2018; Nazar, dkk, 2022). Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan deskriptif analisis dengan memberikan gambaran pada objek penelitian menggunakan data atau sampel yang telah dikumpulkan sehingga dapat menarik kesimpulan secara keseluruhan (Sugiyono, 2009).

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

Analisis lalu lintas dihitung dari faktor pertumbuhan lalu lintas, *Vehicle Damage Factor* tiap kendaraan, serta beban sumbu standar kumulatif (CESAL) (Purnaningrum K. N., 2018). Dikutip dari Bina Marga (2017) pada Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017, *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) atau beban sumbu kumulatif adalah jumlah kumulatif dari beban gandar lalu lintas desain pada jalur desain selama umur desain yang diuraikan seperti persamaan [1].

$$ESA = (\sum LHR \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots\dots\dots [1]$$

Keterangan :

ESA : Beban sumbu standar

R : Faktor pertumbuhan lalu lintas

VDF : *Vehicle Damage Factor*

DL : Distribusi Lajur

DD : Faktor Distribusi Arah

Menentukan *Overlay* Tipis dan *Overlay* Tebal Berdasarkan Lengkung Lendutan (CF)

Hasil nilai lendutan alat *Falling Weight Deflectometer* disesuaikan dengan faktor koreksi temperatur dan penyesuaian *Falling Weight Deflectometer* (FWD) ke *Benkelman Beam* (BB). Setelah itu menentukan tebal lapis tambah berdasarkan nilai lendutan rata-rata (CF) yang diperoleh. Penentuan nilai *overlay* tipis dan tebal aspal untuk menentukan tebal *overlay* masing-masing menggunakan hasil perhitungan rata-rata nilai CF terkoreksi temperatur serta memasukkan beban lalu lintas desain (CESA5). (Bina Marga, 2017).

Menentukan Tebal *Overlay* Berdasarkan Lendutan Maksimum (D_0)

Hasil nilai lendutan didapatkan dengan menggunakan alat *Falling Weight Deflectometer* (FWD) yang dikalibrasi dengan faktor koreksi beban dan temperatur (Jeisya Manguande, 2020). Setelah itu, menentukan tebal lapis tambah berdasarkan nilai lendutan maksimum (D_0) yang mewakili. Penentuan tebal *overlay* berdasarkan lendutan karakteristik maksimum dengan menghitung $D_{0\text{wakil}}$ serta memasukkan beban lalu lintas desain (CESA4) dan nilai karakteristiknya (Bina Marga, 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Analisis Lalu Lintas

Jalan Nasional Lingkar Demak STA 0+000 – 6+930 memiliki faktor laju pertumbuhan lalu lintas (i) senilai 4,8% karena berlokasi di wilayah Pulau Jawa dengan jenis ruas jalan arteri dan perkotaan, serta direncanakan memiliki umur rencana (UR) 10 tahun karena menyesuaikan kriteria umur rencana jenis penanganan untuk pemeliharaan perkerasan lentur sesuai dengan pedoman Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017 (Bina Marga, 2017; Bina Marga, 2020).

Dengan nilai laju pertumbuhan lalu lintas (i) senilai 4,8% dan umur rencana 10 tahun, maka nilai faktor lalu lintas kumulatif (R) senilai 10,0216. Nilai faktor Distribusi Arah (DD) didapatkan nilai 0,5 serta faktor Distribusi Lajur (DL) didapatkan nilai 0,8 dikarenakan Jalan Lingkar Demak memiliki 2 jalur dan 2 arah yang tiap jalurnya masing-masing memiliki 2 lajur (Bina Marga 2017). Hasil perhitungan beban lalu lintas lajur rencana Jalan Lingkar Demak disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan beban lalu lintas lajur rencana

Jenis Kendaraan	Golongan	LHR	VDF 4	VDF 5	CESA 4	CESA 5
Bus $\frac{3}{4}$	5a	34	0.3	0.2	29.848,4159	19.898,9439
Bus Besar	5b	182	1.0	1.0	532.589,3810	532.589,3810
Truk 2 sumbu 4 roda	6a	1922	0.3	0.2	1.687.313,3904	1.124.875,5936
Truk 2 sumbu 6 roda	6b	2430	0.7	0.7	4.977.662,2913	4.977.662,2913
Truk 3 sumbu	7a	1589	7.6	11.2	35.339.353,8474	52.079.047,7751
Truk gandeng	7b	122	36.9	90.4	13.173.686,1275	32.273.745,9601
Semitrailer	7c	691	13.6	24	27.500.340,4753	48.530.012,6035
Σ					83.240.793,9288	139.537.832,5485

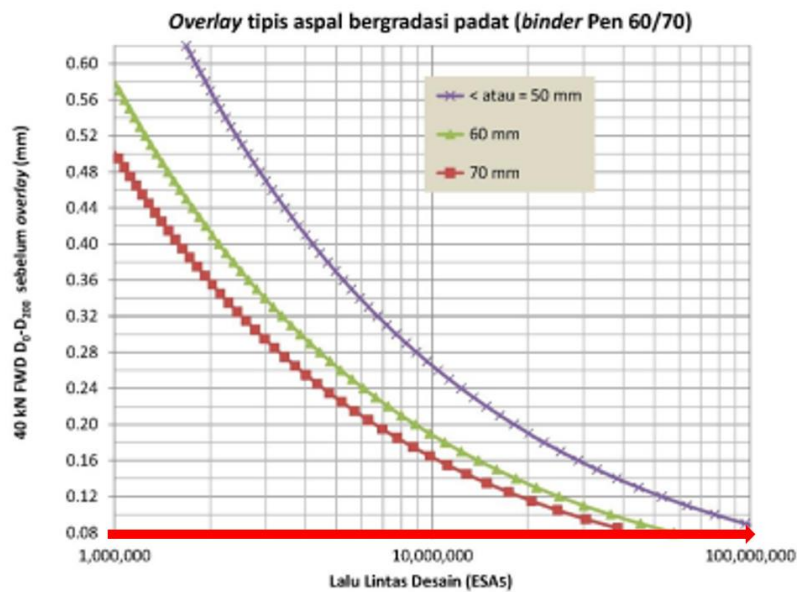
Perhitungan Tebal *Overlay* Berdasarkan Nilai Lendutan Maksimum (D_0) dan Lengkung Lendutan (CF)

Pengujian lendutan Jalan Lingkar Demak pada STA 0+000 – 6+930 menggunakan data FWD yang didapatkan dari Balai Besar Pelaksana Jalan Nasional Jawa Tengah dan dinormalkan ke faktor beban standar 40 kN. Nilai temperatur aspal eksisting sebesar 45,2°C, sehingga nilai faktor koreksi temperatur lendutan sebesar 1,00. Faktor penyesuaian lendutan dari FWD ke BB didapatkan nilai faktor 1,20 didasarkan pada tebal aspal eksisting 100 mm. Penentuan nilai *overlay* tipis dan tebal aspal untuk menentukan tebal *overlay* masing-masing menggunakan Gambar 2 dan Gambar 3 dengan hasil perhitungan rata-rata nilai CF terkoreksi temperatur serta memasukkan beban lalu lintas desain (CESA5). Penentuan tebal *overlay* berdasarkan lendutan karakteristik maksimum menggunakan Gambar 4 dengan menghitung $D_{0\text{wakil}}$ serta memasukkan beban lalu lintas desain (CESA4) dan nilai

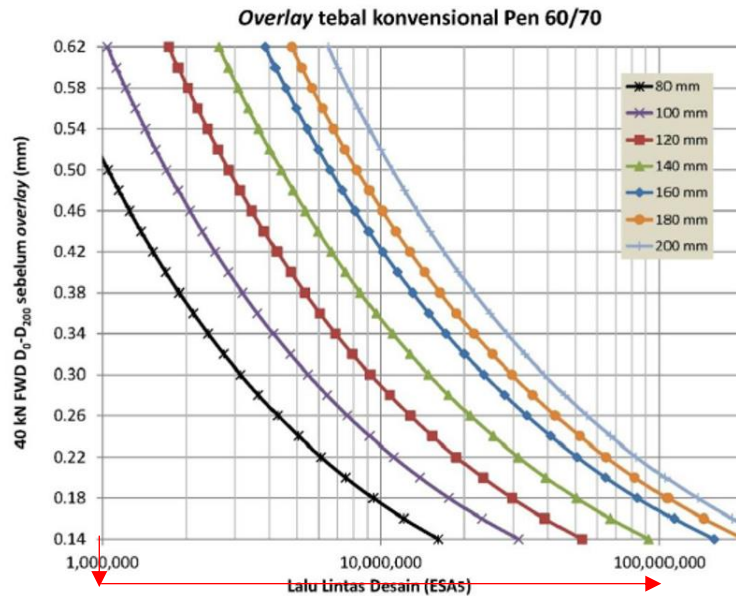
karakteristiknya. Hasil perhitungan lengkung lendutan (CF), lendutan maksimum (D_0), dan $D_{0\text{wakil}}$ pada Jalur dan Lajur yang ditinjau disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan lengkung lendutan (CF), lendutan maksimum (D_0), dan $D_{0\text{wakil}}$ yang ditinjau

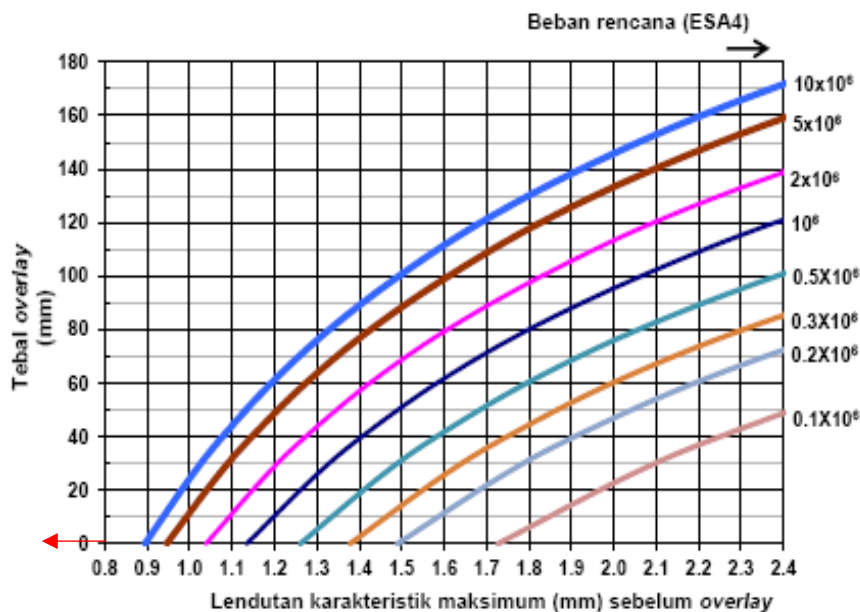
No.	STA	Beban (kN)	D_0 (μm)	D_{200} (μm)	Nilai D_0 Normal (μm)	Nilai D_{200} Normal (μm)	CF (μm)	Nilai D_0 Terkoreksi Temperatur (μm)	Nilai CF Terkoreksi Temperatur (μm)	Konversi D_0 FWD ke D_0 BB (μm)
1	0+000-0+500	39,8	548,3	355,8	551,0553	357,5879	193,47	551,06	193,47	661,27
2	0+500-1+000	41,12	185,5	137,5	180,4475	133,7549	46,69	180,45	46,69	216,54
3	1+000-1+500	41,07	197,3	142,3	192,1597	138,5926	53,57	192,16	53,57	230,59
4	1+500-2+000	41,55	244,3	202,5	235,1865	194,9458	40,24	235,19	40,24	282,22
Rata-rata Standar Deviasi										210,9732
Rata-Rata										347,65
D_0 wakil										618,1223



Gambar 2. Penentuan *overlay* tipis aspal gradasi padat berdasarkan nilai $CF_{\text{Rata-Rata}}$,
 (Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017)



Gambar 3. Penentuan *overlay* tebal aspal konvensional berdasarkan nilai $CF_{Rata-Rata}$,
 (Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017)



Gambar 4. Penentuan tebal *overlay* berdasarkan lendutan karakteristik maksimum,
 (Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017)

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 2, angka STA, beban, lendutan maksimum (D_0), lendutan yang terjadi pada jarak 200 mm dari titik uji (D_{200}) didapatkan dari hasil survey Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah. Perhitungan D_0 dan D_{200} akan disajikan pada persamaan [2], perhitungan lengkung lendutan (CF) akan disajikan pada persamaan [3], perhitungan D_0 terkoreksi temperatur dan CF terkoreksi temperatur memiliki hasil yang sama seperti nilai D_0 dan CF karena Rasio AMPT dan Temperatur menunjukkan faktor koreksi bernilai 1,00. Perhitungan konversi D_0 FWD ke D_0 BB dihitung berdasarkan persamaan [4] dan didapatkan faktor koreksi sebesar 1,20 dikarenakan tebal eksisting jalan rencana setebal 100 mm. Nilai rata-rata standar deviasi mengambil hasil perhitungan menggunakan excel dari nilai konversi D_0 FWD ke D_0 BB nomor 1 sampai 4. Perhitungan nilai rata-rata dan D_0 wakil masing-masing tercantum pada persamaan [5] dan [6] (Bina Marga, 2017).

Perhitungan D_0 dan D_{200} tercantum pada perhitungan [2].

$$\text{Lendutan yang dinormalkan} = \frac{40}{\text{Beban Tercatat}} \times \text{Lendutan} \dots\dots\dots [2]$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } D_{01} \text{ Normal} &= \frac{40}{39,8} \times 548,3 \\ &= 551,0553 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } D_{2001} \text{ Normal} &= \frac{40}{39,8} \times 355,8 \\ &= 357,5879 \end{aligned}$$

Perhitungan CF pada Tabel 2 tercantum pada persamaan [3].

$$\begin{aligned} \text{CF} &= D_0 - D_{200} \dots\dots\dots [3] \\ &= 551,0553 - 357,5879 \\ &= 193,47 \end{aligned}$$

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).

Perhitungan D_0 FWD ke D_0 BB tercantum pada persamaan [4].

$$\begin{aligned} D_0 \text{ BB} &= D_0 \text{ terkoreksi temperatur} \times \text{faktor penyesuaian lendutan} \dots\dots\dots [4] \\ &= 551,0553 \times 1,20 \\ &= 661,27 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai rata-rata tercantum pada persamaan [5].

$$\begin{aligned} D_0 \text{ rata-rata BB} &= \frac{\sum D_0 \text{ BB}}{\sum STA} \\ &= \frac{1390,6188}{4} \\ &= 347,65470 \mu\text{m} \end{aligned}$$

Perhitungan nilai D_0 wakil tercantum pada persamaan [6].

$$\begin{aligned} D_{0\text{wakil}} &= D_0 \text{ rata-rata BB} + (-Z_r \times \text{Deviasi Standar}) \\ &= 347,65470 + (1,282 \times 210,97320) \\ &= 618,12234 \mu\text{m} \\ &= 0,61812 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh CF rata-rata = 0,08 mm ditarik horizontal ke arah kanan dari nilai CESA5 sebesar 139.537.832,5485 serta ditarik garis vertikal keatas, berdasarkan grafik lengkung lendutan pada Gambar 2 dan Gambar 3 diperoleh tebal *overlay* masing-masing 50 mm (*overlay* tipis) dan 0 mm (*overlay* tebal). Lendutan maksimum dengan nilai $D_{0\text{wakil}}$ sebesar 0,61812 mm ditarik garis keatas sampai mendekati garis lengkung nilai CESA4 sebesar 83.240.793,9288 seperti pada Gambar 4, maka ketebalan *overlay* berdasarkan lendutan maksimum adalah 0 mm. Nilai *overlay* tebal menunjukkan nilai 0 mm karena nilai CF rata-rata terkoreksi temperatur menunjukkan nilai 0,08 mm dan dibawah nilai 0,14 pada Gambar 3. Nilai *overlay* berdasarkan lendutan maksimum menunjukkan nilai 0 mm karena nilai $D_{0\text{wakil}}$ menunjukkan nilai 0,61812 mm dan dibawah nilai 0,8 pada Gambar 4.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan analisis yang dilakukan pada ruas Jalan Nasional Lingkar Demak STA 0+000 – STA 6+930 dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017, ditemukan nilai *overlay* pemeliharaan pada titik ruas jalan tertentu: area jalur sebelah kiri dari arah barat ke timur pada STA 0+000 – STA 2+000 didapatkan nilai *overlay* pemeliharaan sebesar 50 mm, area jalur sebelah kiri dari arah barat ke timur pada STA 2+000 – STA 6+930 tidak diperlukan *overlay* pemeliharaan jalan, dan area jalur sebelah kanan dari arah barat ke timur pada STA 0+000 – STA 6+930 tidak diperlukan *overlay* pemeliharaan jalan.

REKOMENDASI

Setelah dilakukan analisis desain *overlay* menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017, saran untuk penelitian kedepannya antara lain:

1. perlu ketelitian dan kejelian dalam membaca grafik dan perhitungan,

2. dari beberapa evaluasi menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017, maka jalan tersebut memerlukan *overlay* pemeliharaan pada STA 0+000 – STA 2+000 setebal 50 mm agar jalan tersebut mampu menopang beban di atasnya secara efisien, serta
3. disarankan untuk menggunakan metode lain dalam penentuan tebal *overlay* agar menjadi pembanding dan evaluasi seperti Program *Shell Pavement Design Method* (SPDM).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada keluarga, dosen, teknisi, dan rekan-rekan mahasiswa UNS yang senantiasa mendukung sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

REFERENSI

- Aji, A. H. F., dkk. 2015. *Evaluasi Struktural Perkerasan Lentur Menggunakan Metode AASHTO 1993 dan Metode Bina Marga 2013 Studi Kasus: Jalan Nasional Losari - Cirebon*. Jurnal Teknik Sipil ITB, 22(2), 147–164.
- Bina Marga. 2005. *Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan Pd. T-05-2005-B*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga.
- Bina Marga. 2013. *Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Bina Marga. 2017. *Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Bina Marga. 2020. *Suplemen Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2017 No. 01/S/MDP 2017*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Google Earth. 2022. *Jalan Lingkar Demak pada Google Earth*. <https://earth.google.com>. Diakses pada tanggal 3 Oktober 2022.
- Jeisya Manguande, Mecky R. E. Manoppo, T. K. S. 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.
- Lumbantoruan, Sintong Purba. 2019. *Analisis Tebal Lapis Tambah (Overlay) Menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan Program Shell Pavement Design Method (SPDM) (Studi Kasus: Ruas Jalan Sudirman Barat (Cilacap))*. Tugas Akhir. Universitas Sebelas Maret.
- Mukhlis, M. dan Abduh, M. 2021. *Overlay Struktural Perkerasan Jalan Menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP 2017)*. Seminar Keinsinyuran, 4(7), 84–92.
- Nazar, U., Yermadona, H. and Dewi, S., 2022. Perbandingan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur dengan MDPJ 2017 dan Metode Analisa KOMPonen 1987 (Studi Kasus Jalan Subarang, Taram, Kabupaten Limapuluh Kota). *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 2(1), pp.55-59.
- Pratami, P.F. and Hariyadi, E.S., 2018. Evaluasi Struktural Perkerasan Lentur menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan Metode Asphalt Institute (Studi Kasus: Jalan Pantura, Bts. Kota Pamanuka-Sewo). *Jurnal Teknik Sipil*, 25(3), pp.213-220.
- Purnaningrum, K. N. 2018. *Perbandingan Desain Tebal Lapis Tambah Dengan Metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 Menggunakan Data Lendutan*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia.
- Rofiqi, Mohamad Ishlah dan Kurnia Hadi Putra. 2019. *Studi Analisis Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur (Overlay) Pada Jalan Kejayan Kabupaten Pasuruan Dengan Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Nomer 04/SE/Db/2017*. Seminar Teknologi Perencanaan, Perancangan, Lingkungan, dan Infrastruktur, 30-38.
- Sekretariat Negara. *Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan*. Lembaran Negara RI Tahun 2004 Nomor 132. Jakarta: Indonesia.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung : Alfabeta.
- Sukirman, Silvia. 2010. *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Bandung: Nova.
- Wibowo A.P., dkk. 2021. *Analisis Ketebalan Overlay Terhadap Kerusakan Jalan Pada Jalan Kisaran – Desa Rawang Panca Arga Kabupaten Asahan*. Buletin Utama Teknik Vol. 17, No. 1. Universitas Islam Sumatera Utara, 81-89.