

ANALISIS DESAIN TEBAL LAPIS TAMBAH (OVERLAY) BERDASARKAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN 2017 (STUDI KASUS: RUAS JALAN NASIONAL KARTOSURO – BATAS KOTA SURAKARTA STA. 0+000 – 5+500)

Ary Setyawan, Suryoto, Muhammad Adam Arifin

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir Sutami No.36A, Kec. Jebres, Kota Surakarta, 57126. Telp: (0271) 634524.
Email: arysetyawan@staff.uns.ac.id

Abstract

Modes of transportation that are often used by humans are increasing day by day for their needs, so modes of transportation with lots of loads are also fast on the way. Therefore, it is necessary to improve the road so that the community can pass safely and comfortably. One of the solutions is overlay. This research was made to analyse the overlay design of Kartosuro National Road Section, Surakarta City Boundary STA. 0+000–5+500 using the descriptive analytic method, a method that gives an overview of a research object that is examined through the data that has been collected. In addition, this journal was created because no similar research has ever been conducted for this road, considering that this road is a connecting road between D.I. Yogyakarta and the City of Surakarta. The results of the analysis stated that the Kartosuro National Road—Boundaries of Surakarta City STA. 0+000–5+500 has a value of maximum deflection and deflection bending below the minimum value limit, so it is considered capable of resisting both fatigue cracking and permanent deformation.

Keywords: 2017 Pavement Design Manual, overlay, CESA

Abstrak

Moda transportasi yang sering digunakan manusia semakin hari kian meningkat untuk kebutuhannya sehingga diperlukan moda transportasi dengan banyak muatan juga cepat dalam perjalanannya. Oleh karena itu, perlu adanya upaya perbaikan jalan agar dapat dilewati oleh masyarakat dengan aman dan nyaman. Salah satu caranya adalah dengan penambahan tebal lapis / overlay. Penelitian ini dibuat untuk menganalisis desain overlay Ruas Jalan Nasional Kartosuro – Batas Kota Surakarta STA. 0+000 – 5+500 dengan menggunakan metode deskriptif analitik, yaitu metode yang memberi gambaran suatu objek penelitian yang diteliti melalui data yang telah terkumpul. Selain itu, jurnal ini dibuat dikarenakan belum ada penelitian yang serupa yang pernah dilakukan untuk ruas jalan ini mengingat jalan ini adalah jalan penghubung antara D.I. Yogyakarta dengan Kota Surakarta. Hasil analisis menyatakan bahwa Ruas Jalan Nasional Kartosuro – Batas Kota Surakarta STA. 0+000 – 5+500 memiliki nilai lengkung lendutan dan lendutan maksimum dibawah batas nilai minimum, sehingga dianggap masih mampu menahan baik retak lelah maupun deformasi permanen.

Kata Kunci: Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2017, overlay, CESA

PENDAHULUAN

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel. (KPUPR, 2004) Seiring dengan perkembangan zaman, kebutuhan akan transportasi meningkat sehingga jumlah kendaraan semakin bertambah dan volume lalu lintas akan semakin meningkat. Untuk mencukupi kebutuhan jalan yang aman dan nyaman bagi pengguna, maka diperlukan adanya perbaikan dari kerusakan jalan yang terjadi. Kerusakan jalan dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti perencanaan yang tidak tepat, sistem drainase jalan yang tidak berfungsi dengan baik sehingga menyebabkan genangan air diatas permukaan jalan, beban angkutan yang terlalu berat (*overload*), hingga kurangnya pengawasan selama proses perencanaan hingga pelaksanaan penggelaran aspal jalan. (Manguande, dkk, 2020; Simatupang, A.P., 2021, Porong, dkk, 2022)

Untuk perbaikan jalan yang telah rusak, salah satu penanganan yang bisa dilakukan yaitu *overlay* (tebal lapis tambah). *Overlay* merupakan penambahan lapis perkerasan yang dilakukan di atas konstruksi perkerasan sebelumnya dengan tujuan meningkatkan kekuatan konstruksi dalam waktu tertentu. (Rizky, 2010; Purnaningrum, 2018) Ini merupakan lapisan di atas konstruksi perkerasan jalan yang diaplikasikan untuk memperkuat struktur yang ada sehingga

dapat bertahan dari beban kendaraan yang berjalan di atasnya selama umur rencana. Dengan dikeluarkannya Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 menjadi salah satu strategi Direktorat Jendral Bina Marga dalam mengakomodasi isu kinerja aset jalan pada saat ini.

Penelitian ini dilakukan di Jalan Nasional Kartosuro – Batas Kota Surakarta STA. 0+000 – 5+500 yang merupakan jalan nasional yang menghubungkan Provinsi D.I. Yogyakarta dengan Kota Surakarta. Untuk menjaga kenyamanan pengguna dari kerusakan jalan akibat padatnya lalu lintas dan kendaraan besar yang melintas pada ruas jalan ini maka diperlukan adanya perawatan maupun perbaikan pada Jalan Nasional Kartosuro – Batas Kota Surakarta, salah satu caranya yaitu dengan pelapisan ulang tambah (*overlay*). Penelitian ini mengaplikasikan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2017 sebagai dasar/acuan dalam melakukan analisis.

Metode penelitian deskriptif analitik digunakan dalam penelitian ini dengan pemberian gambaran objek terhadap sampel maupun data yang telah dikumpulkan yang kemudian digunakan dalam penarikan kesimpulan. (Sugiyono, 2018) Jenis data yang digunakan adalah data primer berupa profil jalan dari pengamatan langsung di lapangan dan data sekunder berupa data Lendutan *Falling Weight Deflectometer* (FWD) dan data Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) yang didapatkan dari Balai Besar Pelaksana Jalan Nasional (BPPJN) Jawa Tengah.

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

CESAL (*Cumulative Equivalent Single Axle Load*) atau beban sumbu standar kumulatif adalah total beban gandar lalu lintas desain di lajur desain dalam umur desain yang diuraikan seperti Persamaan (1).

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

Keterangan:

- ESA = Beban sumbu standar
- R = Faktor pertumbuhan lalu lintas
- VDF = *Vehicle Damage Factor*
- DL = Distribusi Lajur
- DD = Faktor Distribusi arah

Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (R) dikelompokkan berdasarkan data-data pertumbuhan *series (historical growth data)* atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Untuk faktor pertumbuhan lalu lintas jalan nasional Kartosuro – Batas Kota Surakarta STA. 0+000 – 5+500 dapat dilihat pada Tabel 1. yang didapat nilai pertumbuhan sebesar 4,80. Hal ini dikarenakan jalan yang ditinjau berada pada Pulau Jawa dan masuk kedalam jalan arteri dan perkotaan.

Tabel 1. Faktor laju pertumbuhan lalu lintas (i) (%)

| Jenis Kendaraan | Jawa | Sumatera | Kalimantan | Rata-rata Indonesia |
|----------------------|------|----------|------------|---------------------|
| Arteri dan Perkotaan | 4,80 | 4,83 | 5,14 | 4,75 |
| Kolektor Rural | 3,50 | 3,50 | 3,50 | 3,50 |
| Jalan Desa | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2017)

Untuk faktor pengali pertumbuhan lalu lintas dapat dilihat pada Persamaan (2).

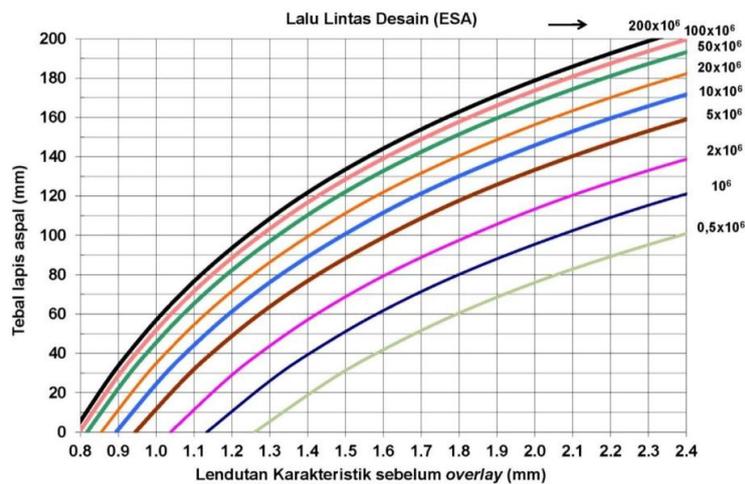
$$R = \frac{(1 + 0,01i)^{UR} - 1}{0,01i} \dots\dots\dots [2]$$

$$R = \frac{(1 + 0,01 \times 0,048)^{10} - 1}{0,01 \times 0,048} = 10,0216$$

2. Menentukan Tebal *Overlay* Berdasarkan Lendutan Maksimum (D₀)

Overlay berdasarkan nilai lendutan maksimum didapatkan dengan menggunakan alat *Falling Weight Deflectometer* (FWD) yang dikalibrasi dengan dua faktor yaitu temperatur dan koreksi beban. Prinsip kerja FWD adalah mem-

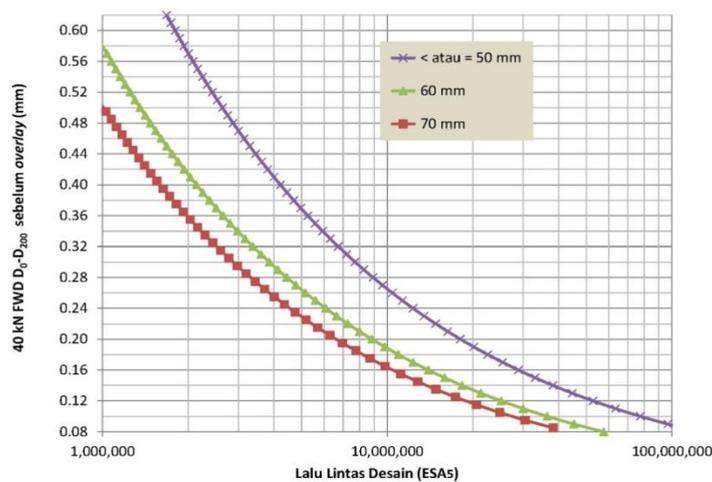
berikan beban impuls terhadap struktur perkerasan, khususnya perkerasan lentur melalui pelat berbentuk sirkular (bundar), yang efeknya sama dengan kendaraan. (Rizkiawan E. dkk., 2017; Prakosyo dan Nuraini, 2020) Dalam menentukan *overlay* atas dasar nilai lendutan maksimum (D_0), digunakan grafik seperti Gambar 1. dengan menggunakan nilai lendutan maksimum (D_0) sebagai nilai lendutan karakteristik, lalu menarik garis secara vertical mendekati garis lengkung nilai CESA4 agar bisa menentukan tebal *overlay* yang diperlukan dengan menarik garis lurus secara horizontal ke kiri. (Rofiqi M.I. dan Putra K.H., 2019)



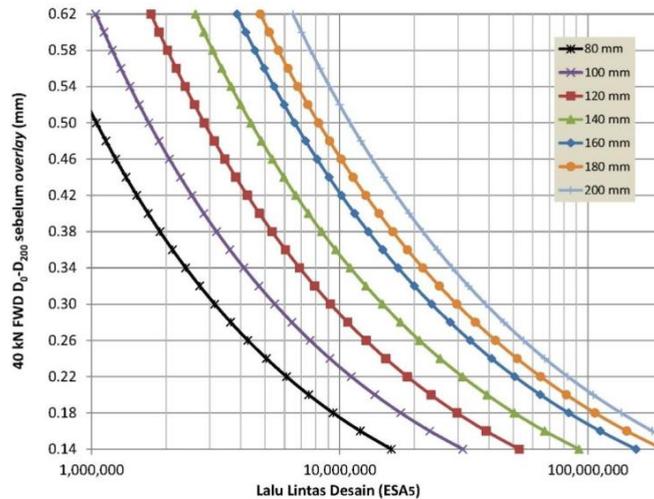
Gambar 1. *Overlay* berdasarkan nilai lendutan maksimum (Sumber: Manual Pekerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017)

3. Menentukan *Overlay* Tipis dan *Overlay* Tebal Berdasarkan Lengkungan Lendutan (CF)

Nilai *Overlay* Tipis dan *Overlay* Tebal berdasarkan Lengkungan Lendutan didapatkan dengan melakukan pengujian menggunakan alat FWD yang dikalibrasi dengan faktor penyesuaian FWD ke *Benkelman Beam* (BB), temperatur, dan koreksi beban. Dalam menentukan tebal lapis tambahan (*overlay*) berdasarkan rata-rata nilai lendutan (*Curvature Function* / CF), digunakan grafik seperti Gambar 2 dan Gambar 3. dengan menggunakan nilai CESA5 yang ditarik secara vertikal ke atas dan nilai CF rata-rata ditarik secara horizontal ke kanan, sehingga kedua garis akan bertemu di satu titik. Titik inilah yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan nilai *overlay* tipis dan *overlay* tebal. (Rofiqi M.I. dan Putra K.H., 2019)



Gambar 2. *Overlay* tipis berdasarkan nilai CF (Sumber: Manual Pekerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017)



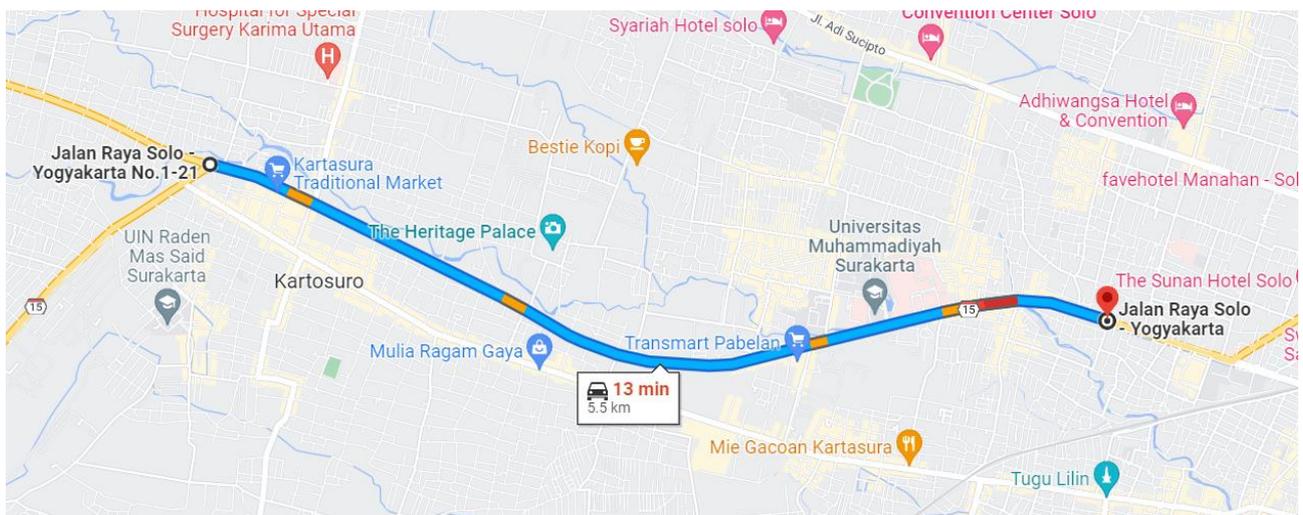
Gambar 3. Overlay tebal berdasarkan nilai CF
 (Sumber: Manual Pekerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017)

METODE

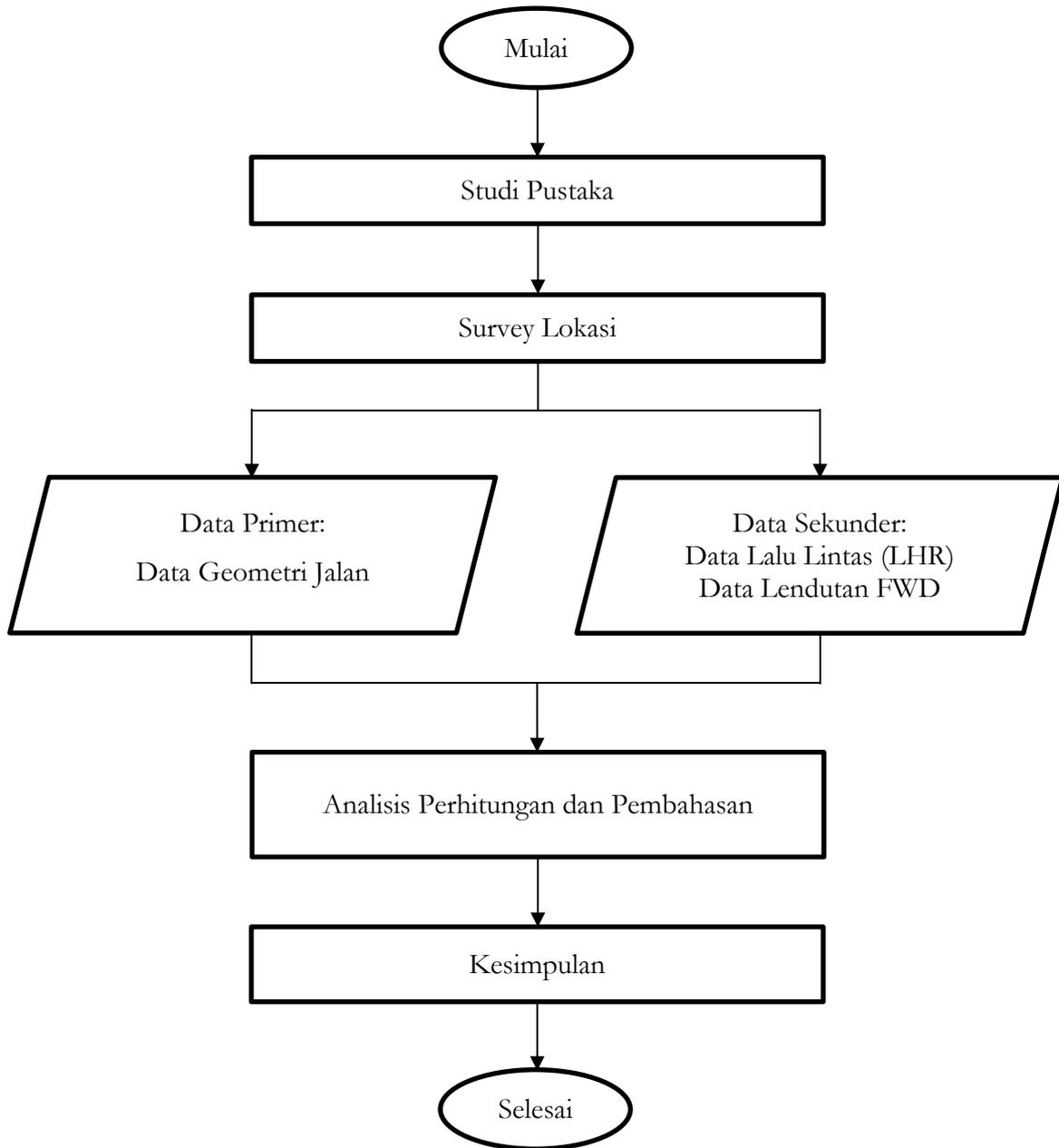
Lokasi Penelitian

Jalan nasional Kartosuro – Batas Kota Surakarta atau Jalan Ahmad Yani, Kecamatan Kartosuro, Kabupaten Sukoharjo, Provinsi Jawa Tengah memiliki ruas jalan sepanjang 5,5 km, lebar perkerasan jalan tersebut yaitu 7 m, serta memiliki 2 arah dan 2 lajur. Lokasi penelitian ini terdapat pada Gambar 4.

Adapun tahapan penelitian desain tebal lapis tambah (*overlay*) pada ruas jalan nasional Kartosuro – Batas Kota Surakarta dapat dilihat dalam bagan alir pada Gambar 5. dibawah ini. (Rahman, H., 2018) Pada bagan alir, untuk memulai penelitian ini membutuhkan pengetahuan tentang kebutuhan apa saja yang perlu disiapkan, lalu melakukan survey lokasi untuk mendapatkan kondisi terkini jalan yang kita teliti. Untuk mendapatkan data primer dan data sekunder, peneliti mendapatkan data-datanya dari Balai Besar Pelaksana Jalan Nasional (BPPJN) Jawa Tengah. Setelah itu, peneliti dapat melakukan analisis perhitungan dan pembahasan agar mendapatkan kesimpulan sebagai hasil akhir dari penelitian ini.



Gambar 4. Lokasi Penelitian
 (sumber: Google Maps)



Gambar 5. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Lalu Lintas

Jalan nasional Kartosuro – Batas Kota Surakarta STA. 0+000 – 5+500 memiliki laju pertumbuhan lalu lintas (i) senilai 4,8% karena berlokasi di wilayah Pulau Jawa dan memiliki umur rencana (UR) senilai 10 tahun, maka didapatkan nilai faktor pertumbuhan lalu lintas kumulatif (R) umur rencana senilai 10,02. (Bina Marga, 2017) Jalan nasional Kartosuro – Batas Kota Surakarta STA. 0+000 – 5+500 memiliki jalan dengan 2 arah dan 2 lajur maka untuk faktor distribusi arah (DD) diambil 0,5 dan faktor distribusi lajur (DL) diambil 0,8. Hasil rekapitulasi perhitungan beban lalu lintas disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan nilai CESA4 dan CESA5 yang telah didapat maka tentukan prosedur tebal *overlay* yang digunakan, CESA4 digunakan untuk menentukan tebal *overlay* berdasarkan nilai

CF sesuai dengan Gambar 2 dan Gambar 3, sedangkan CESA5 digunakan untuk menentukan tebal *overlay* berdasarkan lendutan maksimum (deformasi permanen) sesuai dengan Gambar 1.

Tabel 2. Hasil rekapitulasi perhitungan beban lalu lintas

| Jenis Kendaraan | Golongan | LHR | VDF 4 | VDF 5 | CESA 4 | CESA 5 |
|---------------------|----------|------|-------|-------|-----------------|-----------------|
| Bus ¾ | 5a | 148 | 0.3 | 0.2 | 99.632,4857 | 66.421,6571 |
| Bus Besar | 5b | 941 | 1.0 | 1.0 | 332.108,2857 | 332.108,2857 |
| Truk 2 sumbu 4 roda | 6a | 208 | 0.8 | 0.8 | 265.686,6286 | 265.686,6286 |
| Truk 2 sumbu 6 roda | 6b | 1952 | 0.7 | 0.7 | 232.475,8 | 232.475,8 |
| Truk 3 sumbu | 7a | 761 | 7.6 | 11.2 | 2.524.022,9714 | 3.719.612,8 |
| Truk gandeng | 7b | 69 | 36.9 | 90.4 | 12.254.795,7429 | 30.022.589,0286 |
| Semitrailer | 7c | 335 | 13.6 | 24 | 4.516.672,6857 | 7.970.598,8571 |
| Σ | | | | | 20.225.394,6 | 42.609.493,0571 |

Perhitungan Tebal Overlay Berdasarkan Nilai Lendutan Maksimum (D₀) dan Lengkung Lendutan (CF)

Pengujian lendutan menggunakan alat FWD dilaksanakan pada STA. 0+000 – 5+500 pada musim hujan, lalu dinormalkan ke faktor beban standar 40 kN seperti pada kolom 6-7 Tabel 3, terdapat faktor koreksi temperatur aspal 50,67 °C seperti pada kolom 9 - 10 Tabel 3, dan penyesuaian faktor koreksi lendutan dari FWD ke BB sebesar 1,20 seperti pada kolom 11 Tabel 3. (Romaui T.D., dkk., 2016) Berdasarkan lendutan maksimum untuk menentukan tebal overlay, digunakan gambar 1 dengan hasil menghitung D₀ wakil dan memasukkan beban lalu lintas desain (CESA4) dan nilai lendutan karakteristik ke dalam gambar 1. Sedangkan lengkungan lendutan untuk tebal *overlay* menggunakan Gambar 2 dan Gambar 3 dengan hasil perhitungan rata-rata nilai CF terkoreksi temperatur dan memasukkan beban lalu lintas desain (CESA5) dan nilai CF terkoreksi temperatur rata-rata kedalam Gambar 2 dan Gambar 3. (Pangarepan M.L., dkk., 2018; Mantiri, 2019) Selengkapnya Perhitungan CF rata-rata dan D₀ wakil disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Tebal *Overlay* yang telah dilakukan perhitungan atas dasar lengkung lendutan (CF) dan lendutan maksimum (D₀)

| No. | STA | Beban (kN) | D ₀ (µm) | D ₂₀₀ (µm) | Nilai | Nilai | CF (µm) | Nilai D ₀ | Nilai CF | Konversi |
|-----|-------|------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------|---------|----------------------------|----------------------------|--|
| | | | | | D ₀ Normal (µm) | D ₂₀₀ Normal (µm) | | Terkoreksi Temperatur (µm) | Terkoreksi Temperatur (µm) | D ₀ FWD ke D ₀ BB (µm) |
| 1 | 0+000 | 40.45 | 163.2 | 133.4 | 161.38 | 131.92 | 29.47 | 156.54 | 27.111 | 187.85 |
| 2 | 0+500 | 39.89 | 541.9 | 433.7 | 543.39 | 434.90 | 108.50 | 527.09 | 99.8185 | 632.51 |
| 3 | 1+000 | 40.4 | 160.2 | 103.5 | 158.61 | 102.48 | 56.14 | 153.86 | 51.6475 | 184.63 |
| 4 | 1+500 | 40.45 | 286.3 | 193.1 | 283.11 | 190.95 | 92.16 | 274.62 | 84.7901 | 329.55 |
| 5 | 2+000 | 40.35 | 151.1 | 111.9 | 149.79 | 110.93 | 38.86 | 145.30 | 35.7512 | 174.35 |
| 6 | 2+500 | 40.68 | 158.5 | 125.4 | 155.85 | 123.30 | 32.55 | 151.18 | 29.943 | 181.41 |
| 7 | 3+000 | 40.74 | 141.7 | 83 | 139.13 | 81.49 | 57.63 | 134.95 | 53.0231 | 161.94 |
| 8 | 3+500 | 40.5 | 94.4 | 83.6 | 93.23 | 82.57 | 10.67 | 90.44 | 9.81333 | 108.53 |
| 9 | 4+000 | 40.63 | 183.6 | 108.9 | 180.75 | 107.21 | 73.54 | 175.33 | 67.6584 | 210.40 |
| 10 | 4+500 | 40.61 | 106.7 | 101.6 | 105.10 | 100.07 | 5.02 | 101.94 | 4.62152 | 122.33 |
| 11 | 5+000 | 40.67 | 270.1 | 126 | 265.65 | 123.92 | 141.73 | 257.68 | 130.388 | 309.22 |
| 12 | 5+500 | 40.67 | 270.1 | 126 | 265.65 | 123.92 | 141.73 | 257.68 | 130.388 | 309.22 |
| | | | | | | | | Rata-rata | 60.413 | 242.66 |
| | | | | | | | | Standar Deviasi | | 142.45 |
| | | | | | | | | D ₀ wakil | | 425.280 |

Dari perhitungan diperoleh CF rata-rata = 0.06 ditarik horizontal ke kiri dan nilai CESA5 sebesar 42.609.493,0571 ditarik garis vertikal ke atas, dua garis membentuk titik. Namun dikarenakan batas minimum nilai CF adalah 0,08 mm (*overlay* tipis) dan 0,14 mm (*overlay* tebal), maka tebal *overlay* 0 mm (*overlay* tipis) dan 0 mm (*overlay* tebal). Sedangkan untuk lendutan maksimum diperoleh D₀ wakil = 0.60 mm ditarik vertikal ke atas sampai mendekati garis lengkung nilai CESA4 sebesar 20.225.394,6, namun karena nilai minimum pada grafik lengkung lendutan balik BB adalah 0.8 mm, maka tebal *overlay* berdasarkan lendutan maksimum adalah 0 mm. Hasil ini dapat menggambarkan bahwa Jalan Nasional Kartosuro – Batas Kota Surakarta STA. 0+000 – 5+500 masih mampu menahan baik retak lelah maupun deformasi permanen.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan yang dapat ditarik di antaranya:

1. Hasil perhitungan *overlay* menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2017 didapatkan ketebalan *overlay* sebesar 0 mm.
2. Hasil evaluasi mengenai analisis ketebalan *overlay* menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2017 adalah nilai CF rata-rata dan $D_{0 \text{ wakil}}$ didapat lebih kecil dibanding nilai minimum yang terdapat pada gambar grafik nilai Lendutan Maksimum dan grafik nilai *Overlay* Tipis dan Tebal, sehingga Jalan Nasional Kartosuro – Batas Kota Surakarta STA. 0+000 – 5+500 dianggap mampu menahan baik retak leleh maupun deformasi permanen.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada seluruh dosen, mahasiswa, dan laboran di Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret yang telah membantu dalam kegiatan penelitian dan penulisan artikel ini.

REFERENSI

- Bina Marga, 2017, “Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017”, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Bina Marga, Jakarta.
- KPUPR, 2004, “UU No. 38 tahun 2004 tentang Jalan”, Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 vol 1(1) p 3.
- Manguande, J., Manoppo, M.R. and 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).
- Mantiri, C.C., Sendow, T.K. and Manoppo, M.R., 2019. Analisa Tebal Perkerasan Lentur Jalan Baru Dengan Metode Bina Marga 2017 Dibandingkan Metode Aashto 1993. *Jurnal Sipil Statik*, 7(10).
- Pangarepan M.L., dkk., 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)”, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Porong, P.J., Sendow, T.K. and Palenewen, S.C.N., 2022. Analisa Perbandingan Desain Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Menggunakan Metode Pd.T-05-2005-B dan Metode Bina Marga (STUDI KASUS: Ruas Jalan Nasional Batas Kota Manado–Wori Nomor Ruas: 5001700). *JURNAL ILMIAH MEDIA ENGINEERING*, 12(3), pp.211-224.
- Prakosyo, G. and Nuraini, R., 2020. Perencanaan Lapis Tambah Perkerasan Lentur pada Ruas Jalan Cilopadang – Salem Cara Lendutan Balik menggunakan Alat Benkelman Beam dengan Metode Pd.T-05-2005-B (Doctoral dissertation, University Technology Yogyakarta).
- Purnaningrum, K.N.M., 2018. Perbandingan Desain Tebal Lapis Tambah dengan Metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 Menggunakan Data Lendutan.
- Rahman, Hariri, 2018, “Penanganan kerusakan perkerasan jalan menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 pada ruas jalan Midang – Meninting”, Universitas Mataram, Mataram.
- Rizkiawan E., dkk., 2017, “Perencanaan Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) Metode PD T-05-2005-B dan Metode SDPJL pada Ruas Jalan Klaten-Prambanan”, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Rizky, Oriza, 2010, “Evaluasi Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) dengan Metoda Bina Marga dan *Asphalt Institute* menggunakan alat *Benkelman Beam* (Studi Kasus: Jalan Lintas Bireuen – Lhokseumawe)”, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Rofiqi M.I. dan Putra K.H., 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 pp 30-38.
- Romauli T.D., dkk., 2016, “Analisis Perhitungan Tebal Lapis Tambahan (*Overlay*) Pada Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 (Studi Kasus : Ruas Jalan Kairagi – Mapanget)”, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Simatupang, A. P., 2021, “Analisis Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan 2017 (Studi Kasus: Ruas Jln. Setia Budi)”, Universitas Medan Area, Medan.
- Sugiyono, 2018, “Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D”, Penerbit Alfabeta, Bandung.