

Analisis tebal lapis tambah perkerasan lentur (*overlay*) menggunakan metode manual desain perkerasan jalan 2017 Jalan Gandusari – Kampak Kabupaten Trenggalek (Sta 12+000–15+000)

Indra Hardiansyah^{1,*}, Nurani Hartatik¹, Satiya Wardhana², I Gede Agus Punarta²

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

²Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Timur – Bali, Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia

*Corresponding authors: indrahardyan343@gmail.com

Submitted: 5 November 2024, Revised: 16 December 2024, Accepted: 20 December 2024

ABSTRACT: Gandusari - Kampak Road is a class II collector road and 2/2 TT Road Type with a length of 17 km located in Trenggalek Regency, the road is often used by the community to support the economy, tourism, politics, education and others. The large number of motorized vehicle activities has resulted in a decrease in service and quality on the road. The damage to the road disrupts traffic and road users, can be seen visually structural damage, such as surface defects, cracks and release of aggregate grains, so that an overlay is needed to increase structural value and prevent further damage. In this study, the 2017 Road Pavement Design Manual method was used to determine the thickness of the overlay by utilizing empirical data from deflection tests and condition analysis and integrating structural analysis based on traffic loads. This method is a technical guideline issued by the Ministry of PUPR. In the analysis of the thickness of the overlay, deflection data and traffic loads were used as determining variables for the thickness of the overlay. In this study, secondary data was used in the form of Benkelman Beam (BB) deflection and average daily traffic data obtained from the PUPR Office of Trenggalek Regency. Based on the analysis results, the CESA4 value is 4,281,450.00 ESA and CESA5 is 6,950,077.00 ESA. It can be concluded that the thickness of the overlay obtained during the 10-year design life based on the maximum deflection D_0 of 0.419 mm produces an overlay thickness of 6 cm. If reviewed based on the deflection curve D_{200} of 0.248 mm, it produces an overlay thickness of 10 cm. From the results of traffic analysis and prevention of fatigue cracks before the design life, an overlay thickness of 10 cm was taken. This aims to increase the capacity of the structural performance and service life of the old pavement, so that the Gandusari - Kampak road can function safely and comfortably for users. This study focuses on sta 12 + 000 - sta 15 + 000 with an overlay of 10 cm.

KEYWORDS: CESA; MDPJ 2017; benkelman beam; road; overlay.

ABSTRAK: Jalan Gandusari - Kampak merupakan jalan kolektor kelas II dan Tipe Jalan 2/2 TT dengan panjang 17 km berada di Kabupaten Trenggalek, jalan tersebut sering digunakan masyarakat sebagai penunjang perekonomian, pariwisata, politik, pendidikan dan lainnya. Banyaknya aktivitas kendaraan bermotor mengakibatkan penurunan pelayanan dan kualitas pada jalan. Kerusakan-kerusakan yang ada pada jalan tersebut menyebabkan terganggunya lalu lintas dan pengguna jalan, dapat dilihat secara visual kerusakan struktural, seperti cacat permukaan, retakan (*cracking*) dan pelepasan butiran agregat, sehingga perlu dilakukan lapis tambah (*overlay*) guna meningkatkan nilai struktural dan mencegah kerusakan lebih lanjut. Dalam penelitian ini digunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 untuk mengetahui tebal lapis tambah dengan memanfaatkan data empiris dari uji defleksi dan analisis kondisi serta mengintegrasikan analisis struktural berbasis beban lalu lintas. Metode tersebut merupakan pedoman teknis yang diterbitkan oleh Kementerian PUPR. Dalam analisis tebal lapis tambah menggunakan data lendutan dan beban lalu lintas sebagai variabel penentu tebal lapis tambah. Dalam penelitian ini digunakan data sekunder berupa lendutan Benkelman Beam (BB) dan data lalu lintas harian rata-rata yang diperoleh dari Dinas PUPR Kabupaten Trenggalek. Berdasarkan hasil analisis nilai CESA4 adalah 4,281,450.00 ESA dan CESA5 adalah 6,950,077.00 ESA. Dapat disimpulkan tebal lapis tambah yang didapatkan selama umur rencana 10 tahun berdasarkan lendutan maksimum D_0 0.419 mm menghasilkan tebal lapis tambah sebesar 6 cm. Jika ditinjau berdasarkan lengkung lendutan D_{200} 0.248 mm menghasilkan tebal lapis tambah sebesar 10 cm. Dari hasil analisis lalu lintas dan pencegahan retak Lelah sebelum umur rencana, diambil tebal lapis tambah (*overlay*) sebesar 10 cm, hal ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas kinerja struktur dan masa layanan dari perkerasan lama, sehingga jalan Gandusari – Kampak dapat berfungsi dengan aman dan nyaman bagi pengguna. Penelitian ini berfokus pada sta 12+000 – sta 15+000 dengan lapis tambah 10 cm.

KATA KUNCI: CESA; MDPJ 2017; benkelman beam; jalan; tebal lapis tambah.

© The Author(s) 2024. This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International license.

1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu sarana transportasi darat yang berperan penting dalam pertumbuhan ekonomi, pembangunan sosial budaya, perluasan Kawasan pariwisata dan pertahanan keamanan untuk memajukan pembangunan nasional. Jalan merupakan bagian penting dari kehidupan sehari-hari. Sehingga, pertumbuhan lalu lintas semakin meningkat menyebabkan kerusakan lapisan maupun struktur jalan. Selain itu akan mempercepat masa pakai jalan sebelum usia rencana yang diproyeksikan jika pemeliharaan tidak dilakukan diperkeras secara teratur atau berkala. Infrastruktur jalan pada bagian perkerasan jalan didesain agar mampu memikul beban lalu lintas yang diperkirakan terjadi selama jangka waktu tertentu, yaitu sepanjang umur rencana (Lestari, 2021).

Kerusakan jalan dapat diakibatkan oleh beberapa faktor, adapun faktor-faktor kerusakan perkerasan jalan tersebut meliputi: faktor beban lalu lintas yang di topang (tonase), material penyusun struktur perkerasan, faktor desain, faktor pelaksanaan konstruksi, konsep pemeliharaan, faktor lingkungan, faktor cuaca dan iklim (Irsan, 2023; Rofiqi & Putra, 2019; Setiawan et al., 2024; Yuspita, 2021). Sehubungan dengan hal tersebut, maka untuk lebih memantapkan kondisi jalan, diperlukan peningkatan kondisi jalan, antara lain dari segi teknis konstruksi, tingkat keperluan, kenyamanan, maupun dari segi ekonomisnya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menghindari kerusakan serius pada jalan adalah dengan penambahan tebal lapis tambah (*overlay*) (Langelo et al., 2022; Manguande et al., 2020; Porong et al., 2022; Toding et al., 2021). Tujuan perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*) adalah mengembalikan kekuatan perkerasan sehingga mampu memberikan pelayanan yang optimal kepada pengguna jalan (Manguande et al., 2020; Manoppo et al., 2021; Simatupang, 2021). Perencanaan (*overlay*) perlu direncanakan dengan baik sehingga kemampuan konstruksi jalan dapat memenuhi tingkat pelayanan sesuai dengan yang direncanakan.

Pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 (Kementerian PUPR Dirjen Binamarga, 2017; Mantiri et al., 2019), mengembangkan suatu pendekatan perencanaan dan desain yang dipakai untuk merencanakan struktur perkerasan jalan baru dan tebal lapis tambah pada suatu struktur perkerasan jalan, serta untuk menanggulangi isu empat tantangan yang berkaitan dengan kinerja aset jalan. Empat tantangan terhadap kinerja aset jalan di Indonesia ini adalah beban berlebih, temperatur perkerasan tinggi, curah hujan tinggi, dan tanah lunak (Kementerian PUPR Dirjen Binamarga, 2017). Dalam metode ini, dideskripsikan berdasarkan *chart* yang mengakomodasikan keempat tantangan tersebut secara komprehensif. Pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dinyatakan bahwa, pedoman desain perkerasan

yang ada seperti Pd T-05-2005-B (Departemen Pekerjaan Umum, 2005) dan AASHTO 1993 tetap valid namun solusi desain harus konsisten dengan semua persyaratan dalam metode ini. Persyaratan dan tahapan yang ada pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 tentunya akan memiliki perbedaan perencanaan dengan metode Pd T-05-2005-B (Departemen Pekerjaan Umum, 2005) dan AASHTO 1993. Dalam Kegiatan pemeliharaan dan pengolahan data untuk menghasilkan rekomendasi penanganan pemeliharaan jalan antara lain melalui survei kondisi fungsional maupun struktural. Metode yang sering digunakan untuk menentukan kondisi perkerasan jalan dengan menggunakan data *International Roughness Index* (IRI), *Surface Distress Index* (SDI) dan lalu lintas harian rata-rata (LHR)

Ruas Gandusari – Kampak merupakan jalan Kolektor Kelas II dan Tipe jalan 2/2-TT dengan panjang 17 km dan lebar jalur lalu lintas 5.5 m dan lebar bahu jalan paling kecil 0.5 m dan paling besar 1.2 m, yang berada di Kabupaten Trenggalek Provinsi Jawa Timur.

Jalan ini menjadi penghubung antara tiga kecamatan, yaitu Kecamatan Gandusari, Kecamatan Kampak, dan Kecamatan Munjungan. Setiap harinya, berbagai jenis kendaraan, baik berat maupun ringan, melewati ruas jalan ini. Banyaknya lalu lintas kendaraan tersebut menyebabkan kerusakan pada lapisan perkerasan jalan, yang pada akhirnya menurunkan kualitas pelayanan jalan tersebut. Pada beberapa bagian ruas jalan tersebut, hasil pengamatan visual menunjukkan adanya kerusakan fungsional yang mulai mengarah ke kerusakan struktural, seperti cacat permukaan, retakan (*cracking*), dan butiran agregat yang terlepas. Kerusakan ini menurunkan kenyamanan berkendara. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan dan pekerjaan penambahan ketebalan lapisan (*overlay*) pada ruas jalan tersebut agar dapat mendukung lalu lintas yang meningkat akibat aktivitas ekonomi di daerah terkait.

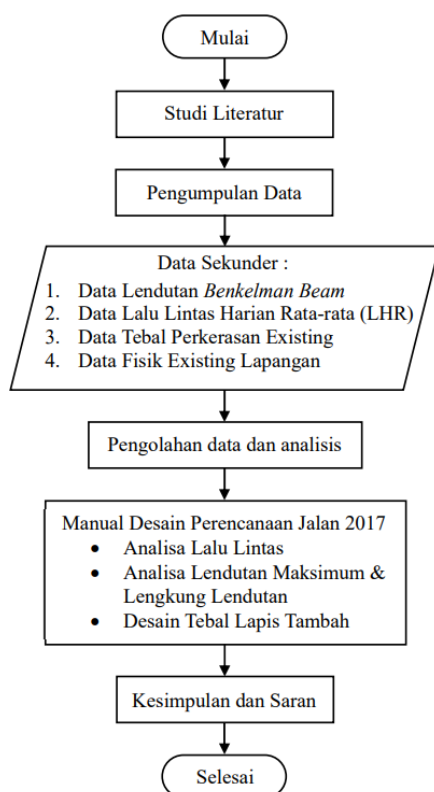
Data yang digunakan dalam metode ini yaitu hasil lendutan *Benkelman Beam* (BB) yang didapat sesuai dengan metode (BSN, 2011) dan data lalu lintas harian rata-rata. Keunggulan alat BB selain pengujiannya yang mudah, adalah sifatnya yang *non-destruktif*, sehingga tidak menyebabkan kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan karena alat ini hanya diletakkan di atas permukaan jalan. Pengukuran lendutan menggunakan alat BB dilakukan pada titik-titik sepanjang jalan. Pengukuran dilakukan pada tiap jarak 5 meter digunakan dengan permukaan yang tidak rata dan 10 meter digunakan untuk jalan dengan permukaan relatif rata. Titik pengukuran harus berada pada posisi tengah lajur kendaraan.

Tujuan dari pelapisan tambahan (*overlay*) adalah untuk meningkatkan kapasitas struktural dan masa layanan perkerasan jalan lama akibat bertambahnya beban lalu lintas di masa mendatang. Sementara itu, metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 adalah pembaruan dari metode tahun 2013 yang diterbitkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan

Rakyat. Metode ini menjelaskan dua jenis penanganan kerusakan perkerasan jalan, yaitu dengan pelapisan tambahan (*overlay*) atau rekonstruksi total pada perkerasan. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam bidang manajemen aset jalan melalui analisis dan rekomendasi perbaikan perkerasan jalan yang efektif dan efisien berdasarkan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dan pertimbangan dalam pengambilan keputusan terkait pemeliharaan dan peningkatan kinerja perkerasan jalan.

2. METODE

Tahapan penelitian sesuai urutan pada bagan alir (Gambar 1). Pengumpulan data sekunder, data lendutan *benkelman beam*, data lalu lintas hari rata-rata (LHR), data tebal perkerasan existing, data fisik existing lapangan yang diperoleh dari Dinas PUPR Kabupaten Treggalek tahun 2023, kemudian dilakukan analisis data menggunakan metode manual desain perkerasan jalan 2017 dengan menghitung analisis lalu lintas (CESA) analisis lendutan maksimum dan lengkung lendutan sehingga menghasilkan tebal lapis tambah (*overlay*) yang akan digunakan sebagai acuan lapis tambah (*overlay*) Jalan Gandusari – Kampak menggunakan metode manual desain perkerasan jalan 2017.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

Prosedur tebal lapis tambah (*overlay*) berdasarkan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 adalah sebagai berikut:

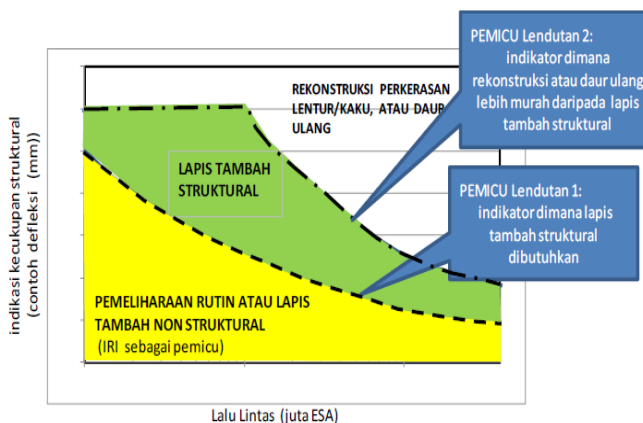
2.1 Menghitung Beban Lalu Lintas atau Beban Sumbu Standar Kumulatif (CESA)

Jumlah kumulatif beban ekivalen sumbu tunggal standar yang diperkirakan akan melewati ruas jalan selama masa layanan. Untuk menghitung CESA perlu diketahui volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) dan faktor ekivalen beban kendaraan yang sudah tertera di tabel MDPJ 2017 Beban menggunakan Persamaan 1. Untuk menghitung nilai CESA, diperlukan data volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang mencerminkan intensitas lalu lintas yang melewati ruas jalan. LHR dihitung berdasarkan survei lalu lintas yang biasanya dilakukan selama beberapa hari untuk mendapatkan rata-rata lalu lintas harian. Faktor ekivalen tersebut digunakan untuk mengkonversi berbagai jenis kendaraan dengan beragam sumbu dan bobot menjadi satuan ekivalen beban sumbu tunggal standar (*axle load equivalency*)

$$ESA = (\sum LHR \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (1)$$

dimana ESA adalah kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen, LHR adalah lalu lintas harian rata-rata, VDF adalah faktor ekivalen beban kendaraan, DD adalah faktor distribusi arah, DL adalah faktor distribusi lajur dan R adalah faktor pengaruh pertumbuhan lalu lintas.

2.2 Menentukan Level Desain Dan Pemicu Penanganan



Gambar 2. Level desain pemicu dan penanganan (Kementerian PUPR Dirjen Binamarga, 2017)

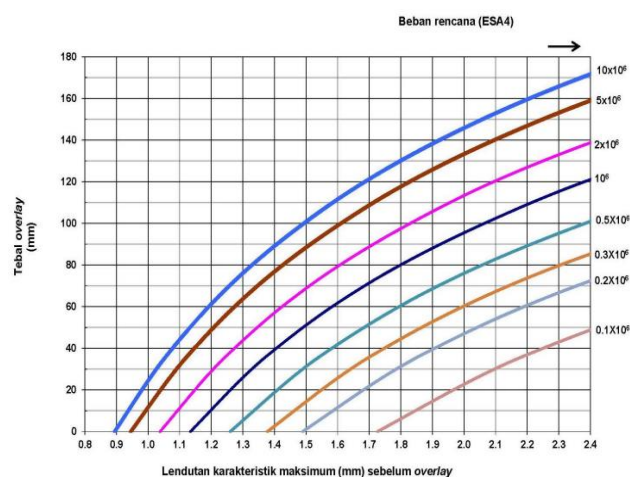
Pada Gambar 2, pemicu lendutan 1 lendutan BB nilai yang mengindikasikan perlu *overlay* structural, pemicu lendutan 2 lendutan BB nilai yang mengindikasikan rekontruksi lebih murah daripada *overlay*, pemicu IRI 1 nilai yang mengindikasikan perlu *overlay non structural*, pemicu IRI 2 nilai yang mengindikasikan dibutuhkan *overlay* struktural tapi pemicu lendutan 1 lebih menentukan, pemicu IRI 3 nilai yang mengindikasikan rekontruksi lebih murah dari pada *overlay*, tapi pemicu lendutan 2 lebih menentukan.

2.3 Menghitung Lendutan Maksimum (D_0) dan Lengkung Lendutan (D_0-D_{200})

Lendutan dari alat *Benkelman Beam* yang akan digunakan dalam Analisa harus terlebih dahulu dikoreksi dengan beberapa faktor koreksi yang ada antara lain faktor koreksi musim, faktor koreksi beban standar ke FWD, faktor koreksi temperature, faktor penyesuaian dari BB ke FWD. kemudian setelah nilai lendutan dikoreksi, menghitung nilai Lendutan Maksimum (D_0) dan Lengkung Lendutan (D_0-D_{200}).

Dalam menentukan tebal *overlay* terdapat tiga prosedur berdasarkan beban lalu lintas.

1. Lalu lintas lebih kecil atau sama dengan 100,000 ESA4



Gambar 3. Solusi *overlay* berdasarkan lendutan balik *Benkelman Beam* untuk WMAPT (Kementerian PUPR Dirjen Binamarga, 2017)

Desain tebal *overlay* dengan pendekatan maksimum (D_0) menggunakan alat *Benkelman Beam*, nilai karakteristik dan beban lalu lintas (ESA4) pada Gambar 3 maka akan diperoleh nilai tebal *overlay* pada sumbu vertical. Dengan menggunakan faktor penyesuaian FWD ke BB pada Tabel 1.

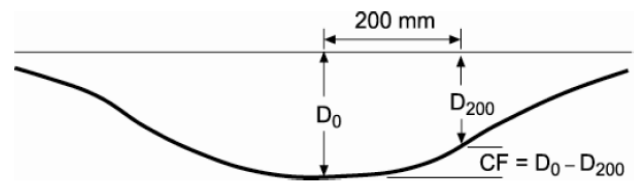
Tabel 1. Faktor penyesuaian lengkung lendutan (D_0-D_{200}) BB ke FWD

Tebal Aspal Existing (mm)	Faktor	Tebal Aspal Existing (mm)	Faktor
0	1.00	160	0.69
20	0.95	180	0.67
40	0.91	200	0.65
60	0.86	220	0.63
80	0.82	240	0.61
100	0.79	260	0.60
120	0.75	280	0.59
140	0.72	300	0.59

Sumber: (Kementerian PUPR Dirjen Binamarga, 2017)

2. Lalu lintas lebih besar dari 100,000 ESA4

Untuk jalan dengan lalu lintas lebih besar dari 100,000 ESA4 dapat menimbulkan potensi retak pada lapisan aspal. Oleh karena itu harus memperhitungkan kriteria deformasi permanen (pendekatan lendutan maksimum D_0) dan kriteria retak Lelah (pendekatan lengkung lendutan, D_0-D_{200}) Gambar 4 menunjukkan skema dimensi function atau titik belok) serta Gambar 5 dan Gambar 6 untuk mengetahui nilai tebal *overlay* tipis dan tebal.



Gambar 4. Fungsi lengkung lendutan (Kementerian PUPR Dirjen Binamarga, 2017)

Lengkung lendutan dinyatakan pada titik belok lengkung atau CF (*Curvature Function*) berdasarkan bentuk lengkung lendutan sebagai Persamaan 2.

$$CF = D_0 - D_{200} \quad (2)$$

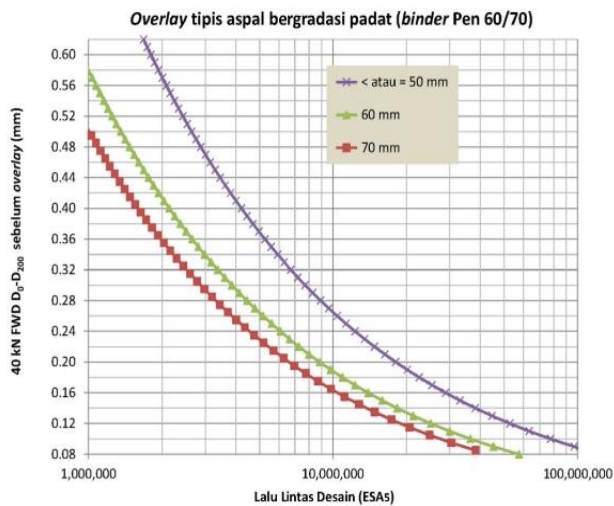
dimana D_0 adalah lendutan maksimum pada satu titik uji (mm) dan D_{200} adalah lendutan yang terjadi pada titik yang berjarak 200 mm dari titik tersebut (mm).

3. Lalu lintas lebih besar 10x10⁶ ESA4 atau 20x10⁶ ESA5

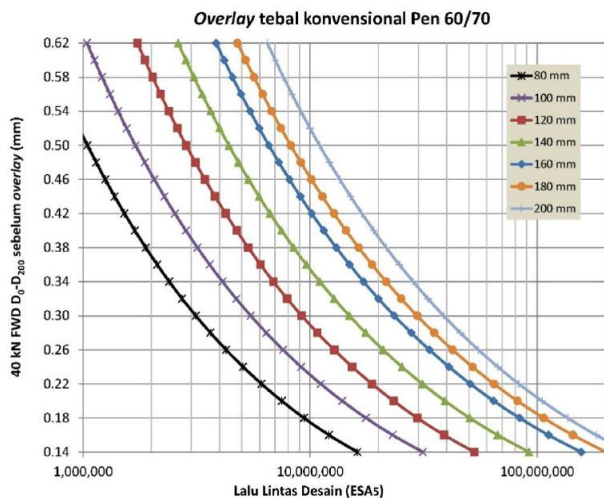
Untuk pekerjaan rehabilitasi dengan beban lalu lintas lebih besar dari pada 10x10⁶ ESA4 atau lebih besar dari pada 20x10⁶ harus digunakan prosedur mekanistik empiris atau metode Pt T-01-2002-B atau Metode AAHSTO 1993. Temperature standar untuk lendutan maksimum D_0 yang digunakan adalah 68°F atau 20°C, dengan demikian lendutan maksimum pada temperature saat pengukuran harus distandarkan ke temperature 20°C.

Pada prosedur mekanistik empiris, data lendutan permukaan dan tebal perkerasan eksisting digunakan untuk perhitungan-balik *back calculation* nilai modulus lapisan perkerasan. Selanjutnya nilai modulus ini digunakan untuk menentukan Solusi desain rekontruksi atau *overlay*.

Tebal lapis tambah berdasarkan lengkung lendutan ditentukan menggunakan grafik pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Tebal *overlay* aspal konvensional untuk mencegah retak Lelah akibat pada MAPT > 35 °C (*overlay* tipis)
(Kementerian PUPR Dirjen Binamarga, 2017)



Gambar 6. Tebal *overlay* aspal konvensional untuk mencegah retak Lelah akibat pada MAPT > 35 °C (*overlay* tebal)
(Kementerian PUPR Dirjen Binamarga, 2017)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan berupa data sekunder yang didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kab. Trenggalek. Data – data yang digunakan antara lain, Lalu lintas harian rata-rata (LHR) dan lendutan dengan alat *Benkelman Beam* (BB).

Data lalu lintas ruas jalan Gandusari – Kampak Kabupaten Trenggalek 2024 didapat dari Dinas PUBM Kabupaten Trenggalek dilihat pada Tabel 2. Data lendutan dengan alat *Benkelman Beam* dengan penyesuaian Ke FWD dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 2. Lalulintas harian rata-rata tahun 2024

Golongan	LHR 2024	Prosentase
1	5601	70.54%
2	1211	15.25%
3	316	3.98%
4	212	2.67%
5a	83	1.05%
5b	8	0.10%
6a.2	285	3.59%
6b.1.2	210	2.64%
7a.1	14	0.18%

Tabel 3. Data lendutan *Benkelman Beam* penyesuaian ke FWD (sisi kiri)

STA	Beban Uji	D ₀	D ₂₀₀	Temp Aspal	Tbl Aspal	D ₀ -D ₂₀₀	MAPT/T Aspal
	(kN)	μm	μm	°C	mm	μm	°C
12+000	93.20	260	180	35.8	100	80	1.15
12+100	93.20	250	180	35.8	100	70	1.15
12+200	93.20	280	120	35.8	100	160	1.15
12+300	93.20	270	190	35.8	100	80	1.15
12+400	93.20	280	180	35.8	100	100	1.15
12+500	93.20	340	270	35.8	100	70	1.15
12+600	93.20	320	260	35.8	100	60	1.15
12+700	93.20	270	150	35.8	100	120	1.15
12+800	93.20	320	100	35.8	100	220	1.15
12+900	93.20	280	120	35.8	100	160	1.15
13+000	93.20	210	60	35.8	100	150	1.15
13+100	93.20	210	140	35.8	100	70	1.15
13+200	93.20	230	120	35.8	100	110	1.15
13+300	93.20	280	160	35.8	100	120	1.15
13+400	93.20	280	100	35.8	100	180	1.15
13+500	93.20	230	20	35.8	100	210	1.15
13+600	93.20	270	70	35.8	100	200	1.15
13+700	93.20	360	30	35.8	100	330	1.15
13+800	93.20	290	140	35.8	100	150	1.15
13+900	93.20	300	160	35.8	100	140	1.15
14+000	93.20	290	160	35.8	100	130	1.15
14+100	93.20	350	320	35.8	100	30	1.15
14+200	93.20	470	250	35.8	100	220	1.15
14+300	93.20	400	220	35.8	100	180	1.15
14+400	93.20	320	180	35.8	100	140	1.15
14+500	93.20	400	280	35.8	100	120	1.15
14+600	93.20	380	220	35.8	100	160	1.15
14+700	93.20	390	210	35.8	100	180	1.15
14+800	93.20	400	140	35.8	100	260	1.15
14+900	93.20	260	130	35.8	100	130	1.15
15+000	93.20	290	170	35.8	100	120	1.15

Tabel 4. Data lendutan *Benkelman Beam* penyesuaian ke FWD (sisi kanan)

STA	Beban Uji	D ₀	D ₂₀₀	Temp Aspal	Tbl Aspal	D ₀ -D ₂₀₀	MAPT/ T Aspal
	(kN)	μm	μm	°C	mm	μm	°C
12+000	93.20	370	110	35.8	100	260	1.15
12+100	93.20	270	160	35.8	100	110	1.15
12+200	93.20	250	170	35.8	100	80	1.15
12+300	93.20	370	180	35.8	100	190	1.15
12+400	93.20	290	150	35.8	100	140	1.15
12+500	93.20	290	200	35.8	100	90	1.15
12+600	93.20	330	210	35.8	100	120	1.15
12+700	93.20	310	100	35.8	100	210	1.15
12+800	93.20	260	230	35.8	100	30	1.15
12+900	93.20	270	180	35.8	100	90	1.15
13+000	93.20	290	150	35.8	100	140	1.15
13+100	93.20	230	70	35.8	100	160	1.15
13+200	93.20	290	200	35.8	100	90	1.15
13+300	93.20	280	60	35.8	100	220	1.15
13+400	93.20	230	90	35.8	100	140	1.15
13+500	93.20	230	70	35.8	100	160	1.15
13+600	93.20	330	140	35.8	100	190	1.15
13+700	93.20	400	220	35.8	100	180	1.15
13+800	93.20	330	110	35.8	100	220	1.15
13+900	93.20	330	140	35.8	100	190	1.15
14+000	93.20	260	180	35.8	100	80	1.15
14+100	93.20	300	150	35.8	100	150	1.15
14+200	93.20	400	220	35.8	100	180	1.15
14+300	93.20	220	160	35.8	100	60	1.15
14+400	93.20	280	80	35.8	100	200	1.15
14+500	93.20	260	110	35.8	100	150	1.15
14+600	93.20	300	150	35.8	100	150	1.15
14+700	93.20	420	110	35.8	100	310	1.15
14+800	93.20	380	160	35.8	100	220	1.15
14+900	93.20	280	40	35.8	100	240	1.15
15+000	93.20	350	160	35.8	100	190	1.15

Data lalu lintas ruas jalan Gandusari – Kampak Kabupaten Trenggalek 2024 dilihat pada Tabel 2.

3.1. Analisis Beban Sumbu Standar Kumulatif (CESA4 dan CESA5)

Ruas Jalan Gandusari – Kampak merupakan jalan kolektor yang berada di Kabupaten Trenggalek Jawa Timur maka diambil nilai laju pertumbuhan lalu lintas (rata-rata di Indonesia) $i = 3.50\%$, maka faktor pertumbuhan lalu lintas kumulatif dengan umur rencana 10 tahun adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{(1+0.01 \times i)^{UR-1}}{0.01 \times i} \\
 &= \frac{(1+0.01 \times 3.5)^{10-1}}{0.01 \times 3.5} \\
 &= 11.73
 \end{aligned}$$

Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif tahun 2024 – 2034.

Faktor ekivalen beban (*Vehicle Damage Factor*) untuk masing-masing jenis kendaraan disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Faktor ekivalen beban kendaraan

Gol	LHR 2024	LHR 2034	VDF4	VDF5
5a	83	117	0.30	0.20
5b	8	11	1.00	1.00
6a.2	285	402	0.60	0.50
6b.1.2	240	296	5.30	9.20
7a.1	14	20	8.20	14.40

Berdasarkan umur rencana = 10 tahun maka nilai beban sumbu kumulatif (CESA) dapat dilihat dalam Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi perhitungan CESA4 dan CESA5

Gol	LHR 2024	LHR 2034	VDF4	VDF5	CESA4	CESA5
5a	83	117	0.30	0.20	75,139	50,092
5b	8	11	1.00	1.00	23,547	23,547
6a.2	285	402	0.60	0.50	473,314	430,285
6b.1.2	240	296	5.30	9.20	3,358,369	5,829,622
7a.1	14	20	8.20	14.40	351,078	616,528
JUMLAH					4,281,450	6,950,077

3.2. Analisis Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Lendutan Maksimum (D₀)

Tabel 7. Perhitungan D₀ dan D₀-D₂₀₀ rata-rata (sisi kiri)

STA	ft. D ₀	ft. D ₀ -D ₂₀₀	D ₀ Terkoreksi	D ₀ -D ₂₀₀ Terkoreksi	D ₀ -D ₂₀₀ Penyesuaian ke FWD
12+000	1.05	1.08	273.00	86.40	215.67
12+100	1.05	1.08	262.50	75.60	207.38
12+200	1.05	1.08	294.00	172.80	232.26
12+300	1.05	1.08	293.50	86.40	223.97
12+400	1.05	1.08	294.00	108.00	232.26
12+500	1.05	1.08	357.00	75.60	282.03
12+600	1.05	1.08	336.00	64.80	265.44
12+700	1.05	1.08	283.50	129.60	223.97
12+800	1.05	1.08	336.00	237.60	265.44
12+900	1.05	1.08	294.00	172.80	232.26
13+000	1.05	1.08	220.50	162.00	174.20
13+100	1.05	1.08	220.50	75.60	174.20
13+200	1.05	1.08	241.50	118.80	190.79
13+300	1.05	1.08	294.00	129.60	232.26
13+400	1.05	1.08	294.00	194.40	232.26
13+500	1.05	1.08	241.50	226.80	190.79
13+600	1.05	1.08	283.50	216.00	223.97
13+700	1.05	1.08	378.00	356.40	298.62
13+800	1.05	1.08	304.50	162.00	240.56
13+900	1.05	1.08	315.00	151.20	248.85
14+000	1.05	1.08	304.50	140.40	240.56
14+100	1.05	1.08	367.50	32.40	290.33
14+200	1.05	1.08	493.50	237.60	389.87
14+300	1.05	1.08	420.00	194.40	331.80
14+400	1.05	1.08	336.00	151.20	265.44
14+500	1.05	1.08	420.00	129.60	331.80
14+600	1.05	1.08	399.00	172.80	315.21
14+700	1.05	1.08	409.50	194.40	323.51
14+800	1.05	1.08	420.00	280.80	331.80
14+900	1.05	1.08	273.00	140.40	215.67
15+000	1.05	1.08	304.50	129.60	240.56

Tabel 8. Perhitungan D_0 dan D_0-D_{200} rata-rata (sisi kanan)

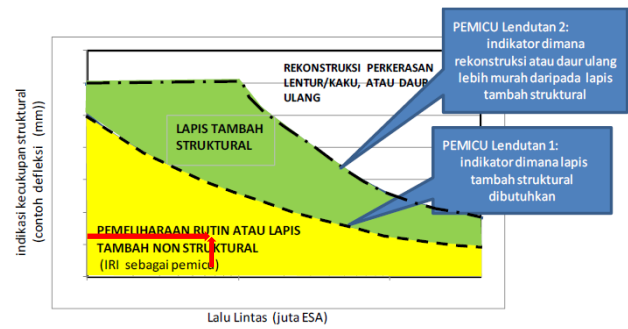
STA	ft. D_0	ft. D_0-D_{200}	D_0 Terkoreksi	D_0-D_{200} Terkoreksi	D_0-D_{200} Penyesuaian ke FWD
12+000	1.05	1.08	388.50	280.80	306.92
12+100	1.05	1.08	283.50	118.80	223.97
12+200	1.05	1.08	262.50	86.40	207.38
12+300	1.05	1.08	388.50	205.20	306.92
12+400	1.05	1.08	304.50	151.20	240.56
12+500	1.05	1.08	304.50	97.20	240.56
12+600	1.05	1.08	346.50	129.60	273.74
12+700	1.05	1.08	325.50	226.80	257.15
12+800	1.05	1.08	273.00	32.40	215.67
12+900	1.05	1.08	283.50	97.20	223.97
13+000	1.05	1.08	304.50	151.20	240.56
13+100	1.05	1.08	241.50	172.80	190.79
13+200	1.05	1.08	304.50	97.20	240.56
13+300	1.05	1.08	294.00	234.60	232.26
13+400	1.05	1.08	241.50	151.20	190.79
13+500	1.05	1.08	241.50	172.80	190.79
13+600	1.05	1.08	346.50	205.20	273.74
13+700	1.05	1.08	420.00	194.40	331.80
13+800	1.05	1.08	346.50	237.60	273.74
13+900	1.05	1.08	346.50	205.20	273.74
14+000	1.05	1.08	273.00	86.40	215.67
14+100	1.05	1.08	315.00	162.00	248.85
14+200	1.05	1.08	420.00	194.40	331.80
14+300	1.05	1.08	231.00	64.80	182.49
14+400	1.05	1.08	294.00	216.00	232.26
14+500	1.05	1.08	273.00	162.00	215.67
14+600	1.05	1.08	315.00	162.00	248.85
14+700	1.05	1.08	441.00	334.80	348.39
14+800	1.05	1.08	399.00	237.60	315.21
14+900	1.05	1.08	294.00	259.20	323.26
15+000	1.05	1.08	367.50	205.20	290.33
Rata-Rata Kiri dan Kanan			313.93	154.63	248.01
Standart Deviasi			55.03		
Koefisien Variasi			17.53%		

Lendutan yang digunakan adalah lendutan D_0 yang telah seragam, dikoreksi dengan beban standar, faktor koreksi musim, faktor koreksi temperatur, dan penyesuaian lendutan BB ke FWD. Hasil akhir berdasarkan lendutan maksimum dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Sebelum menentukan desain tebal lapis tambah *overlay* untuk mengetahui terlebih dahulu level desain serta pemicu penanganan yang ada adalah batasan atau penilaian akan penanganan rehabilitasi apa yang harus dilaksanakan pada ruas jalan yang ditinjau. Level desain dan nilai pemicu bisa diketahui dengan menggunakan gambar. Plotting nilai pemacu adalah hubungan antara beban lalu lintas CESA4 = 4,281,450 dan nilai D_{wakil} sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 D_{wakil} &= D_0 \text{ rata-rata} + f \times \text{Standar Deviasi} \\
 &= 313.93 + 1.645 \times 55.03 \\
 &= 404 \mu\text{m} = 0.404 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Seperti pada gambar grafik Gambar 7.

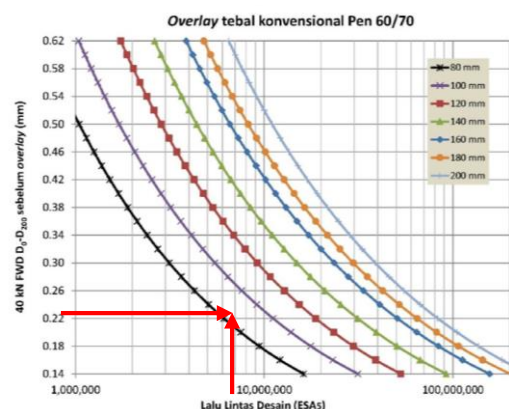
**Gambar 7.** Level desain pemicu dan penanganan

3.3. Analisis Tebal Lapis Tambah Berdasarkan Lengkung Lendutan (D_0-D_{200})

Data yang digunakan adalah lengkung lendutan yang telah dikoreksi musim, dan faktor koreksi temperatur. Perhitungan lengkung lendutan (D_0-D_{200}) disajikan dalam Tabel 7 dan Tabel 8 dengan diperoleh data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 D_0 \text{ rata-rata} &= 313.93 \\
 \text{Standart deviasi} &= 55.03 \\
 \text{Koevisiensi Variasi} &= 17.53 \% \\
 D_0-D_{200} \text{ rata-rata} &= 248.01 \mu\text{m} = 0.248 \text{ mm} \\
 \text{LHR 2034} &= 4,281,450 \text{ ESA4} \\
 &= 6,950,077 \text{ ESA5}
 \end{aligned}$$

Tebal lapis tambah *overlay* dapat ditentukan menggunakan grafik pada Gambar 5 dan Gambar 6. Dengan cara memasukkan nilai lengkung lendutan dan beban rencana lalu lintas (CESA 5) sebagai berikut:

**Gambar 8.** Menentukan tebal *overlay* tipis**Gambar 9.** Menentukan tebal *overlay* tebal

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada gambar 8 dan gambar 9 diatas, tebal lapis tambah *overlay* yang dibutuhkan untuk beban lalu lintas lengkung lendutan berdasarkan *overlay* tipis dan *overlay* tebal yaitu sebesar 60 mm dan 100 mm atau sama dengan 6 cm dan 10.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa ketebalan lapis tambah yang diperlukan untuk jalan yang ditinjau, dengan umur rencana 10 tahun adalah 6 cm untuk *overlay* tipis dan 10 cm untuk *overlay* tebal. Nilai CESA yang diperoleh adalah 4 dan 5, menghasilkan total CESA sebesar 4,281,450 ESA untuk *overlay* tipis dan 6,950,077 ESA untuk *overlay* tebal, berdasarkan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017. Hasil penelitian ini menunjukkan ketebalan *overlay* yang efektif untuk ruas jalan dengan kondisi tertentu. Disarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan berdasarkan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 sehingga perencanaan menggunakan aturan terbaru. Informasi ini dapat dimanfaatkan oleh pemerintah daerah atau kontraktor sebagai acuan dalam merencanakan dan melaksanakan proyek-proyek pemeliharaan jalan, khususnya untuk ruas-ruas jalan yang memiliki karakteristik serupa dengan lokasi penelitian. Dengan demikian, kontribusi praktis dari penelitian ini dapat membantu meningkatkan kinerja dan umur layanan jalan, serta mengoptimalkan anggaran pemeliharaan jalan di wilayah tersebut. disarankan.

DAFTAR PUSTAKA

- BSN. (2011). *SNI 2416:2011 Cara uji lendutan perkerasan lentur dengan alat Benkelman Beam*.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2005). *Pd T-05-2005-B Perencanaan tebal lapis tambah perkerasan lentur dengan metoda lendutan*.
- Irsan, E. T. (2023). *Perencanaan Perkerasan Flexible Pada Perkerasan Jalan Dengan Menggunakan Metode Bina Marga 2017* [Skripsi]. Universitas Medan Area.
- Kementerian PUPR Dirjen Binamarga. (2017). *Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017*.
- Langelo, V. T., Sendow, T. K., & Waani, J. E. (2022). Analisa Perbandingan Desain Lapis Tambah Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Metode Pd T-05-2005-B Dan Metode Bina Marga 2017 (Studi Kasus: Ruas Jalan Nasional Wolter Monginsidi Nomor Ruas Jalan: 00811k). *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 12(3), 237–248.
- Lestari, W. A. (2021). *Estimasi Biaya Dari Dampak Peningkatan Repetisi Gandar Standar Kumulatif (Cesa) Terhadap Kebutuhan Tebal Perkerasan Lentur Untuk Mempertahankan Umur Rencana Jalan: Studi Kasus Jalan Yogyakarta - Solo Km 12-14* [Skripsi]. Universitas Islam Indonesia.
- Manguande, J., Manoppo, M. R. E., & 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 (Study Kasus: Ruas Jalan Airmadidi - Kairagi). *Jurnal Sipil Statik*, 8(1), 23–32.
- Manoppo, C. N., Sendow, T. K., & Manoppo, M. R. E. (2021). Analisa Perbandingan Desain Lapis Tambah (Overlay) Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Metode Bina Marga 2017 Dan Aashto 1993 (Studi Kasus: Ruas Jalan Yos Sudarso Manado, Nomor Ruas Jalan 5000411). *Jurnal Sipil Statik*, 9(4), 725–734.
- Mantiri, C. C., Sendow, T. K., & Manoppo, M. R. E. (2019). Analisa Tebal Perkerasan Lentur Jalan Baru Dengan Metode Bina Marga 2017 Dibandingkan Metode Aashto 1993. *Jurnal Sipil Statik*, 7(10), 1303–1316.
- Porong, P. J., Sendow, T. K., & Palenewen, S. Ch. N. (2022). Analisa Perbandingan Desain Lapis Tambah Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Metode Pd T-05-2005-B Dan Metode Bina Marga 2017 (Studi Kasus: Ruas Jalan Nasional Batas Kota Manado – Wori Nomor Ruas: 5001700). *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 12(3), 211–224.
- Rofiqi, M. I., & 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*, 30–38.
- Setiawan, A., Suryoto, S., & Athallahriq, N. A. M. (2024). Analisis Desain Overlay Pada Jalan Nasional Berdasarkan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan (Studi Kasus: Jalan Lingkar Demak). *Matriks Teknik Sipil*, 11(3), 307. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v11i3.71854>
- Simatupang, A. P. (2021). *Analisis Tebal Lapis Tambah (Overlay) Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan 2017 (Studi Kasus: Ruas Jln. Setia Budi)* [Skripsi]. Universitas Medan Area.
- Toding, R. B., Sendow, T. K., & Lalamentik, L. G. J. (2021). Perbandingan Desain Tebal Perkerasan Lentur Lapis Tambah (Overlay) Dengan Metode Bina Marga Revisi Juni 2017 Menggunakan Data Lendutan Bb Dan Aashto 1993 Menggunakan Data Lendutan Fwd (Studi Kasus: Ruas Jalan Nasional Jenderal Sudirman – Manado, Nomor Ruas Jalan 5000413). *Jurnal Sipil Statik*, 9(4), 657–668.
- Yuspita, Y. (2021). *Analisis Tebal Lapis Tambah (Overlay) Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Metode Bina Marga T-05-2005 B Dan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017* [Skripsi]. Universitas Medan Area.