

ANALISIS TEBAL LAPIS TAMBAH PADA RUAS JALAN RAYA TLOGOWARU KOTA MALANG MENGGUNAKAN PROGRAM KENPAVE DAN MDPJ 2024

Arya Ramadhan Daneswara ¹, Ita Suhermin Ingsih ² dan Gilang Ramadan Kololikiye ³

¹ Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: 22001051125@unisma.ac.id

² Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: ita.suhermin@unisma.ac.id

³ Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: gilangft@unisma.ac.id

ABSTRAK

The Tlogowaru Highway section in Malang City experienced structural and functional damage such as cracks, potholes, and surface deformation due to high traffic loads. This study aims to evaluate the road condition and plan the overlay thickness using the Pavement Condition Index (PCI) method, the 2024 Road Pavement Design Manual (MDPJ), and the KENPAVE program. The PCI method is used to assess the level of damage, while KENPAVE is used to analyze stress, strain, and load repetition due to fatigue and permanent deformation. The survey results showed an average PCI value of 28.6, which is considered poor, so regular maintenance is needed. Initial planning showed that the pavement layer was unable to withstand a traffic load of 107,463.195 ESAL. After evaluation and an increase in the thickness of the AC-BC layer by 4 cm, the KENPAVE results showed that the pavement was able to withstand the design load and last up to 20 years without fatigue damage and rutting, although permanent damage is estimated to occur in the 13th year. Thus, the proposed overlay design has met the technical performance criteria and the resistance of the pavement structure to long-term traffic loads.

Kata Kunci: *Road Damage, Overlays, KENPAVE Program, Pavement Condition Index (PCI), MDPJ 2024*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan sarana transportasi darat yang membentuk jaringan transportasi untuk menghubungkan daerah satu ke daerah yang lain, sehingga roda perekonomian dan pembangunan dapat berputar dengan baik [1]. Jalan Raya Tlogowaru merupakan salah satu jalur yang menghubungkan berbagai kawasan penting di Kota Malang, termasuk area permukiman, pendidikan, dan kawasan industri. Jalan ini menjadi jalur utama dari beberapa sekolah dan beberapa kawasan industri, yang menyebabkan tingginya arus kendaraan.

Hasil survei pendahuluan menunjukkan bahwa Jalan Raya Tlogowaru mengalami kerusakan dengan tingkat keparahan sedang hingga berat. Beberapa jenis kerusakan yang

ditemukan meliputi retak (cracking), lubang, pengausan permukaan, serta amblesan, yang mengindikasikan bahwa perkerasan jalan telah mengalami penurunan daya dukung. Salah satu metode perbaikan yang paling umum digunakan dalam rehabilitasi jalan adalah overlay, yaitu penambahan lapisan perkerasan baru di atas perkerasan lama.

Pada penelitian ini juga menggunakan program Kenpave sebagai alat bantu dalam mengevaluasi tegangan, regangan, dan lendutan pada lapisan perkerasan. Kenpave dipilih karena memiliki pendekatan mekanistik yang lebih akurat dibandingkan metode empiris konvensional, sehingga memungkinkan evaluasi langsung terhadap pengaruh beban lalu lintas terhadap ketahanan perkerasan, termasuk estimasi terhadap kegagalan akibat fatigue cracking (Nf) dan rutting (Nd).

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka identifikasi yang dapat diketahui dari penelitian ini yaitu:

1. Terjadi kerusakan jalan di sepanjang ruas Jalan Raya Tlogowaru, Kota Malang.
2. Adanya kerusakan yang terjadi seperti retak-retak, jalan bergelombang, jalan berlubang, dan kerusakan berupa alur atau cekungan yang memanjang pada ruas Jalan Raya Tlogowaru, Kota Malang.
3. Diperlukan perbaikan pada kerusakan jalan untuk menurunkan risiko kecelakaan lalu lintas.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah di atas maka dapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apa saja jenis kerusakan yang terjadi pada ruas Jalan Raya Tlogowaru menggunakan MDPJ 2024?
2. Berapa nilai ketebalan lapis tambah (overlay) yang di dapat dengan menggunakan MDPJ 2024 pada ruas Jalan Raya Tlogowaru?
3. Berapa hasil analisis umur rencana terhadap kerusakan perkerasan jalan menggunakan hasil nilai dari program kenpave pada ruas Jalan Raya Tlogowaru?

1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari penelitian yang terlalu luas dan agar tetap fokus, perlu dibuat batasan masalah sebagai berikut:

1. Perhitungan evaluasi tebal lapis tambah perkerasan menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2024 dan program KENPAVE.
2. Tidak membahas tentang perencanaan drainase jalan.
3. Data yang digunakan berupa Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) dan dari dinas Pekerjaan Umum.
4. Tidak membahas RAB (Rencana Anggaran Biaya).
5. Tidak menggunakan data lendutan pada lokasi penelitian.
6. Memakai metode PCI untuk mengukur nilai kerusakan jalan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jalan

Jalan merupakan komponen penting dalam sistem transportasi darat yang mendukung aktivitas ekonomi, sosial, dan budaya masyarakat. Tanpa jalan yang baik, mobilitas akan terhambat, sehingga berdampak negatif pada berbagai aspek kehidupan. Oleh karena itu, perencanaan, pembangunan, dan pemeliharaan jalan harus dilakukan dengan cermat dan berkelanjutan.

2.2. Perkerasan Jalan

Berdasarkan bahan pengikatnya, perkerasan jalan dibagi menjadi tiga jenis [3]:

1. Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)
Perkerasan kaku menggunakan campuran beton bertulang atau bahan-bahan yang bersifat kaku.
2. Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)
Perkerasan lentur menggunakan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat lentur.
3. Perkerasan Komposit (Composite Pavement)
Perkerasan komposit menggunakan dua jenis bahan, yakni aspal dan beton, untuk menggabungkan keunggulan masing-masing bahan.

2.3. Kerusakan Jalan

Kerusakan jalan merupakan kondisi di mana permukaan jalan mengalami penurunan kualitas atau kegagalan struktural yang mengakibatkan penurunan tingkat pelayanan jalan. Kerusakan jalan dapat disebabkan oleh berbagai faktor:

1. Mutu dan gradasi agregat.
2. Mutu aspal.
3. Kadar aspal yang akan mempengaruhi tebal lapisan aspal.
4. Pemadatan (jumlah lintasan dan tipe pemadat) akan mempengaruhi besarnya rongga udara.
5. Kurang sesuainya tipe aspal yang digunakan untuk daerah dan jumlah / tipe kendaraan yang lewat.

Beberapa jenis kerusakan jalan sebagai berikut:

2.3.1 Deformasi

Deformasi adalah perubahan permukaan jalan dari profil aslinya. Deformasi merupakan

kerusakan penting dari kondisi perkerasan. Karena mempengaruhi kualitas kenyamanan lalu lintas. Berikut ini beberapa tipe deformasi perkerasan lentur:

1. Bergelombang (Corrugation)
2. Alur (Rutting)
3. Ambles (Depression)
4. Sungkur (Shoving)
5. Mengembang (Swell)
6. Benjol dan Turun (Bump & Sags)

2.3.2 Retak

Retak dapat terjadi dalam berbagai bentuk. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor dan melibatkan mekanisme yang kompleks. Secara teoritis, retak dapat terjadi bila tegangan tarik yang terjadi pada lapisan aspal melampaui tegangan tarik maksimum yang dapat ditahan oleh perkerasan tersebut. Retak pada perkerasan lentur dapat dibedakan menurut bentuknya yaitu [2]:

1. Retak memanjang (Longitudinal Cracks)
2. Retak Melintang (Transverse Cracks)
3. Retak Reflektif Sambungan (Joint Reflective Cracks)
4. Retak Blok (Block Cracks)
5. Retak Kulit Buaya (Alligator Cracks)
6. Retak Slip (Slippage Cracks)

2.3.3 Kerusakan Tekstur Permukaan

Kerusakan tekstur permukaan merupakan kehilangan material perkerasan secara berangsur-angsur dari lapisan permukaan ke arah bawah. Perkerasan nampak seakan pecah menjadi bagian-bagian kecil, seperti pengelupasan akibat terbakar sinar matahari, atau mempunyai garis-garis goresan yang sejajar. Butiran lepas dapat terjadi di atas seluruh permukaan, dengan lokasi terburuk di jalur lalu lintas. Kerusakan tekstur permukaan aspal dapat dibedakan menjadi:

1. Pelapukan dan Butiran Lepas (Weathering and Raveling)
2. Kegemukan (Bleeding/Flushing)
3. Agregat Licin (Polished Aggregate)
4. Lubang (Pothole)
5. Tambalan dan Tambalan Talian Utilitas (Patching and Utility Cut Patching)

2.4. Metode Pavement Condition Index (PCI)

Metode yang digunakan dalam survei ini adalah metode dengan cara deskriptif analisis berdasarkan metode Pavement Condition

Index (PCI) [2]. Pavement condition index (PCI) adalah salah satu sistem penilaian kondisi perkerasan jalan berdasarkan jenis, tingkat kerusakan yang terjadi dan dapat digunakan sebagai acuan dalam usaha pemeliharaan.

Tabel 1. Nilai PCI dan Nilai Kondisi

Nilai PCI	Kondisi	Jenis Penanganan
0 – 10	Gagal (Failed)	Rekonstruksi
11 – 25	Sangat Buruk (Very Poor)	Rekonstruksi
26 – 40	Buruk (Poor)	Berkala
41 – 55	Sedang (Fair)	Rutin
56 – 70	Baik (Good)	Rutin
71 – 85	Sangat Baik (Very Good)	Rutin
86 – 100	Sempurna (Excellent)	Rutin

Sumber: Perhitungan, 2025

2.4.1 Kerapatan (Density)

Kerapatan adalah persentase luas atau panjang total dari satu jenis kerusakan terhadap luas atau panjang total bagian jalan yang diukur.

$$\text{Kerapatan (density)(\%)} = \frac{Ad}{As} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

Atau

$$\text{Kerapatan (density)(\%)} = \frac{Ld}{As} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

Untuk kerusakan tertentu, seperti lubang, maka dihitung dengan:

$$\text{Kerapatan (density)(\%)} = \frac{\text{Jumlah Lubang}}{As} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

2.4.2 Nilai Pengurang (Deduct Value, DV)

Nilai pengurang (Deduct Value) adalah suatu nilai pengurang untuk setiap jenis kerusakan yang diperoleh dari kurva hubungan kerapatan (Density) dan tingkat keparahan (Severity Level) kerusakan.

2.4.3 Nilai Izin Maksimum Jumlah Deduct Value (M)

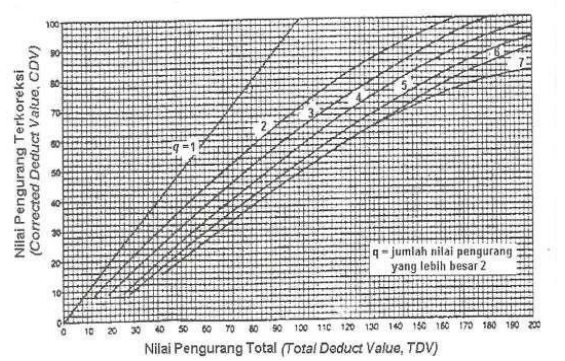
Nilai izin maksimum jumlah deduct value (m) adalah perhitungan terhadap jumlah data deduct value dalam suatu segmen yang lebih dari 1 jenis. Jumlah data DV akan direduksi sampai sejumlah m, termasuk bagian decimal. Jika data yang tersedia kurang dari nilai m, maka seluruh data DV pada segmen tersebut dapat digunakan rumus m sebagai berikut:

$$M = 1 + \left(\frac{9}{98} \times (100 - HDV) \right) \dots\dots\dots (4)$$

2.4.4 Nilai Pengurang Total (Total Deduct Value, TDV)

Nilai pengurang total atau TDV adalah nilai total dari individual deduct value untuk tiap jenis kerusakan dan tingkat kerusakan yang ada

pada suatu unit penelitian. Berikut grafik yang menunjukkan hubungan correct deduct value (CDV) dan total deduct value (TDV) pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Grafik Hubungan TDV dan CDV
 Sumber: Shahin, 1994.

2.4.5 Nilai Pengurang Terkoreksi (Corrected Deduct Value, CDV).

Nilai pengurang terkoreksi atau CDV diperoleh dari kurva hubungan antara nilai pengurang total (TDV) dan nilai-pengurang (DV) dengan memilih kurva yang sesuai dengan jumlah nilai individual deduct value yang mempunyai nilai lebih besar dari 2.

2.4.6 Nilai PCI

Setelah nilai CDV diperoleh, maka nilai PCI untuk setiap unit sampel dihitung dengan menggunakan persamaan:

PCIs = 100 – CDV (5)

2.5. Manual Desain Perkerasan (MDPJ) 2024

MDPJ 2024 dalam konteks perkerasan jalan merujuk pada metode desain perkerasan jalan. Metode ini digunakan dalam teknik sipil untuk merancang struktur perkerasan jalan yang kuat dan tahan lama.

2.6. Pemilihan Struktur Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi fondasi jalan. Batasan pada Tabel 2 tidak bersifat mutlak, sehingga perencanaan teknis harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, serta keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaannya. Pemilihan alternatif desain berdasarkan manual ini harus didasarkan pada biaya siklus hidup yang didiskon (discounted lifecycle cost) terendah.

Tabel 2. Nilai PCI dan Nilai Kondisi Lapis Tambah Perkerasan Eksisting

Struktur Perkerasan	Kumulatif ESA4 20* Tahun (Juta)**	Kumulatif ESA4 20* Tahun (Juta)**	
	< 10	>10 - 30	> 30
AC WC/BC Pen 60/70			
AC WC/BC Modifikasi			

Sumber: Perhitungan, 2025

2.7. Overlay

Rekontruksi jalan merupakan peningkatan struktur guna menangani kerusakan agar dapat meningkatkan kemampuan jalan. Tebal lapis tambah (overlay) dibutuhkan apabila konstruksi perkerasan yang ada tidak dapat lagi memikul beban lalu lintas yang beroperasi baik karena penurunan kemampuan struktural atau karena mutu lapisan perkerasan yang sudah jelek. Tebal Lapis tambah juga dibutuhkan apabila perkerasan harus diperkuat untuk memikul beban yang lebih berat atau pengulangan beban yang lebih banyak dari yang diperhitungkan dalam perencanaan awal.

2.8. Lalu Lintas Harian Rata-Rata

Lalu lintas harian rata-rata (LHR) adalah jumlah satuan lalu lintas dalam satu tahun dibagi dengan jumlah hari dalam satu tahun. Berikut persamaan untuk mencari lalu lintas harian rata-rata (LHRT):

$LHR = LHR_0 (1 + i)^n$ (6)

1. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas.

Tabel 3. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%).

	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: Direktorat Jendral Bina Marga, 2024)

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$R = \frac{1+0,1i^{UR}-1}{0,1i}$ (7)

2. Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu

lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban ganda standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL). Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur lebih dalam satu arah. Factor distribusi yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4. Faktor Distribusi Kendaraan (DL)

Jumlah Lajur Tiap Arah	Kendaraan Niaga pada Lajur Desain (% Terhadap Populasi Kendaraan Niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga hal 4:3, 2024)

3. Faktor Ekuivalen Beban (VDF)

Faktor ekuivalen beban sumbu standar dana beban sumbu standar kumulatif. Beban sumbu standar kumulatif atau Cumulative *Equivalent Single Axle Load* (CESA) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas yang didesain pada lajur desain umur rencana, yang ditentukan dengan persamaan berikut:

$$ESA = \sum_{\text{jenis kendaraan}} LHRT \times VDF \dots\dots (8)$$

$$CESA = ESA \times 365 \times R \dots\dots\dots (9)$$

4. Umur Rencana Jenis Penanganan

Umur Rencana Jenis Penanganan merujuk pada jangka waktu yang diperkirakan untuk efektivitas suatu jenis penanganan atau perbaikan jalan sebelum memerlukan penanganan lebih lanjut.

Tabel 5. Umur Rencana Jenis Penanganan Perkerasan Lentur.

a. Penanganan Perkerasan Lentur Dengan Perkerasan Lentur		
Kriteria Beban Lalu Lintas (Juta ESA4)	ESA 4 < 10	ESA 4 < 10
Umur Rencana Perkerasan Lentur	Seluruh Penanganan: 10 Tahun	- Rekonstruksi - 20 Tahun - Lapis Tambah Struktural - 10 Tahun - Lapis Tambah Non Struktural - 10 Tahun - Penanganan Sementara - Sesuai Kebutuhan

Sumber: Perhitungan, 2025

2.9. Program KENPAVE

KENPAVE merupakan *software* desain perencanaan perkerasan yang dikembangkan oleh Dr. Yang H. Huang, P.E. *Professor Emeritus of Civil Engineering University of Kentucky*. Software ini ditulis dalam Bahasa pemrograman Visual Basic dan dapat di jalan dengan versi Windows 95 atau diatasnya.

Program komputer *KENLAYER* ini hanya bisa diaplikasikan pada jenis struktur pada perkerasan lentur atau tidak menggunakan sambungan seperti struktur pada perkerasan kaku.

Pada Program *KENLAYER* difungsikan untuk menentukan rasio kerusakan memakai model tegangan. model tegangan pada program *KENLAYER* yaitu retak serta perubahan bentuk pada struktur [5].

Setelah semua data yang diperlukan dimasukkan kedalam program KENPAVE maka program akan menjalankan analisis perkerasan. Keluaran dari program ini adalah tegangan, regangan, dan lendutan. Pada penelitian ini output yang digunakan adalah *vertical strain* dan *horizontal principal strain* untuk selanjutnya digunakan dalam menghitung jumlah repetisi beban berdasarkan analisa kerusakan *fatigue* dan *rutting*.

1. Fatigue Cracking.

Fatigue cracking diakibatkan oleh beban yang berulang yang dialami oleh lapis permukaan perkerasan jalan.

$$N_f = 0,0796 \cdot (\epsilon_t)^{-3,921} |E^*|^{-0,854} \dots\dots\dots (10)$$

2. Rutting

Nilai alur maksimum harus dibatasi agar tidak membahayakan bagi pengendara saat melalui lokasi rutting tersebut pada kecepatan tinggi.

$$N_d = f_4 (\epsilon_c)^{-f_5} \dots\dots\dots (11)$$

3. Permanent Deformation

Deformasi permanen dapat diketahui di setiap lapisan dari struktur, membuat lebih sulit untuk memprediksi dibanding retak lelah. Ukuran-ukuran kegagalan yang ada dimaksudkan untuk alur bahwa dapat ditunjukkan kebanyakan pada suatu struktur perkerasan yang lemah. Jumlah nilai repetisi beban dihitung dengan menggunakan Persamaan berikut:

$$N_d = f_4 (\epsilon_d)^{-f_5} \dots\dots\dots (12)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

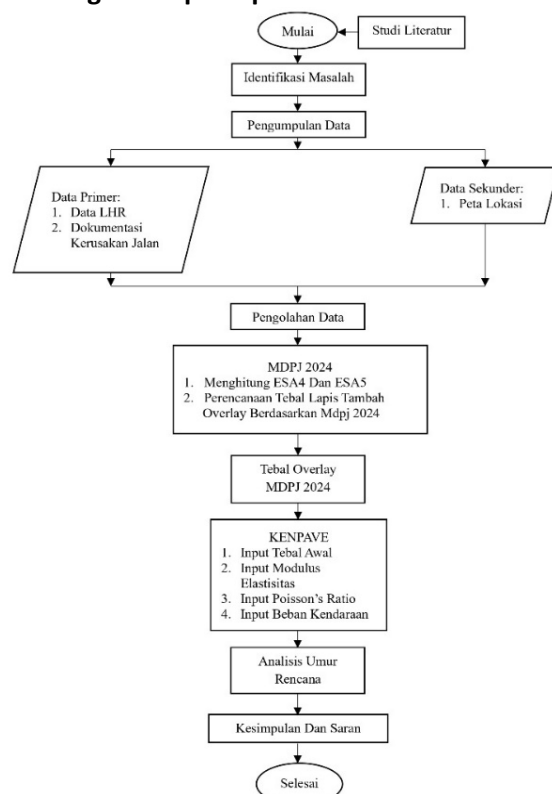
3.1 lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di ruas Jalan Raya Tlogowaru yang terletak di Kota Malang, Provinsi Jawa Timur. Jalan ini termasuk arteri sekunder, memiliki panjang 2.465 km dengan lebar jalan 6 m dan merupakan salah satu jalur utama yang menghubungkan kawasan Tlogowaru dengan wilayah lain di Kota Malang



Gambar 2. Lokasi Penelitian
Sumber: Dinas PU Kota Malang, 2024.

3.2 Bagan alir pada penelitian



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian
Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

3.3 Metode pengumpulan data

Untuk merencanakan tebal lapis tambah (overlay) perkerasan jalan, diperlukan dua jenis

data yaitu data primer dan data sekunder sebagai berikut:

1. Data primer

Data primer berisi kondisi eksisting jalan yang terdiri dari panjang dan lebar jalan, gambar kondisi jalan, kerusakan jalan, dan data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR). Data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) didapat dari survey lokasi pada ruas Jalan Raya Tlogowaru.

2. Data sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan adalah peta lokasi yang didapat dari dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Bidang Bina Marga Kota Malang.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Jenis Kerusakan Jalan

Berdasarkan hasil survei visual lapangan pada ruas Jalan Raya Tlogowaru, Kota Malang, ditemukan beberapa jenis kerusakan yang dikategorikan dalam kerusakan struktural maupun fungsional. Jenis-jenis kerusakan tersebut antara lain:

1. Lubang (Potholes)
2. Tambalan
3. Retak Kulit Buaya (Alligator Cracking)
4. Agregat Terlepas (Raveling)
5. Retak Lapisan Bawah (Bottom-up Cracking)
6. Retak Panjang (Longitudinal Cracking)
7. Retak Bergaris (Transverse Cracking)
8. Deformasi Permukaan (Rutting dan Shoving) deformasi plastis pada lapisan permukaan.
9. Pengausan Permukaan

4.2 Perhitungan Tingkat Kerusakan Jalan Dengan Metode PCI

Dari perhitungan pada STA 0 sampai STA 2+465 didapatkan nilai PCI rata – rata 28,6 yang merupakan hasil pembagian jumlah seluruh PCI setiap segmennya dengan banyaknya segmen, sehingga didapatkan tingkatan Buruk (Poor). Maka disimpulkan pada jalan Tlogowaru Kota Malang dengan panjang 2,456 km adalah Buruk dengan jenis penanganan berkala.

4.3 Perhitungan Lalu Lintas Harian Rata-Rata(LHR)

Jumlah kendaraan yang dihitung dilokasi

penelitian selama 3 minggu tersebut didapatkan kemudian melakukan perhitungan lalu lintas harian rata-rata pada ruas jalan Tlogowaru dengan cara melakukan penjumlahan volume lalu lintas harian selama 21 hari kemudian membagi lamanya pengamatan yaitu 21 hari dan didapatkan hasil dengan persamaan berikut:

Tabel 6. Rekapitulasi Data Lalu Lintas 3 Minggu

Jenis Kendaraan	Minggu Ke-1	Minggu Ke-2	Minggu Ke-3	Jumlah
Sepeda Motor (MC)	77373	70429	59847	207649
Sedan, Jeep (LV)	7274	6527	5602	19403
Pick-Up (PU)	1967	1550	1353	4870
Bus Kecil (LB)	144	57	57	258
Bus Sedang (MB)	31	14	9	54
Bus Besar (HB)	16	3	2	21
Truk ringan Sumbu 2 (LT)	710	539	469	1718
Truk Sedang sumbu 2-3 (MT)	148	69	77	294

(Sumber: hasil perhitungan, 2025)

1. Menentukan Nilai VDF (*Vechine Damage Factor*)

Jenis kendaraan selalu mempunyai angka ekuivalen atau VDF (*Vehicle Damage Factor*) yang merupakan akumulasi angka ekuivalen dari sumbu depan dan sumbu belakang.

Tabel 7. Nilai Vdf (*Vechine Damage Factor*) Jawa Timur Jalan Lintas Selatan

Kelas Kendaran	VDF4		VDF 5	
	Faktual	Normal	Faktual	Normal
5B	1,2	1,2	1,3	1,3
6A	0,5	0,5	0,4	0,4
6B	1,7	0,6	2,1	0,5
7A1	4,9	2,1	7,4	2,4
7A2	14,6	4,8	27,9	6,5
7A3	-	-	-	-
7B1	17,8	6,4	29,1	7,5
7B2	-	-	-	-
7B3	-	-	-	-
7C1	9,9	6,5	14,2	8,4
7C2A	15,1	7,9	26,3	10,9
7C2B	15,4	7,2	27,9	10,6
7C3	29,4	10,7	59,1	16,0
7C4	-	-	-	-

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga hal H:7, 2024)

2. Menentukan Faktor Distribusi Arah (DD)

Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga pada tahun 2024, faktor distribusi arah (DD) pada jalan dua arah umumnya diasumsikan sebesar 0,50 yang mengindikasikan pembagian lalu lintas yang seimbang ke kedua arah.

3. Menentukan Faktor Distribusi Lajur (DL)

Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2024, faktor distribusi lajur (DL) pada jalan dua lajur dua arah tanpa pemisah tengah bergantung pada jumlah lajur yang tersedia dan pola pergerakan kendaraan. Untuk Jalan Tlogowaru, yang memiliki dua lajur dengan satu lajur per arah, nilai faktor distribusi lajur (DL) mengacu pada Tabel 3 dan MDPJ 2024, yaitu sebesar 100% atau 1,0.

4. Menentukan Faktor Penggali Pertumbuhan Lalu Lintas (R)

Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas dinyatakan dalam persen per tahun (%/tahun) dengan rumus:

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

$$R_{(2025-2026)} = \frac{(1+0,01 \times 0,048)^3 - 1}{0,01 \times 0,048} = 3,0014$$

$$R_{(2027-2044)} = \frac{(1+0,01 \times 0,048)^7 - 1}{0,01 \times 0,048} = 7,0101$$

Dengan nilai I = 4,80% berdasarkan tabel 2 dan ketentuan bina marga 2024

5. Menentukan Nilai CESA

Jumlah komulatif beban sumbu lalu lintas pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan dengan persamaan berikut [4]:

$$ESA = (\sum \text{jenis kendaraan LHRT} \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots\dots\dots (13)$$

Untuk mempermudah perhitungan, maka nilai CESA dapat di rekapitulasi pada perhitungan dan tabel 8. Dari tabel rekapitulasi tersebut didapat nilai CESA5 sebesar = 107 463,195 ESAL.

4.4 Menghitung Lendutan

Dalam penelitian ini penulis menghadapi keterbatasan data lendutan lapangan yang Seharusnya menjadi salah satu parameter utama dalam perhitungan. Untuk mengatasi hal Tersebut, penelitian ini menggunakan data lendutan wakil yang diadaptasi dari hasil Penelitian terdahulu berjudul “Manual Desain Perkerasan Jalan 2024”.

$$D0 \text{ rata-rata} = 772$$

$$\text{Standar deviasi} = 267$$

$$D0 \text{ wakil} = D0 \text{ rata-rata} + f \times \text{Dev.std}$$

$$= 1211$$

$$= 1,21 \text{ mm}$$

4.5 Desain Ketebalan Lapis Tambah (Overlay)

Dari hasil rekapitulasi perhitungan lintasan

Tabel 8. Rekapitulasi Nilai CESA

Jenis Kendaraan	Klasifikasi Kendaraan	LHR	R (2025-2027)	R (2028-2034)	DL	DD	Jumlah hari	VDF4 (faktual)	VDF4 (normal)	Beban Faktual (2025-2027)	Beban Normal (2028-2034)
Sepeda Motor (MC)	1	9888	3,0014	7,0100	1	0,5	365	0	0	0	0
Sedan, Jeep (LV)	2	924	3,0014	7,0100	1	0,5	365	0	0	0	0
Pick-Up (PU)	4	232	3,0014	7,0100	1	0,5	365	0	0	0	0
Bus Kecil (LB)	5A	12	3,0014	7,0100	1	0,5	365	0	0	0	0
Bus Sedang (MB)	5B	3	3,0014	7,0100	1	0,5	365	1,2	1,2	1 971,919	4 605,570
Bus Besar (HB)	5B	1	3,0014	7,0100	1	0,5	365	1,2	1,2	657,306	1 535,190
Truk ringan Sumbu 2 (LT)	6A	82	3,0014	7,0100	1	0,5	365	0,5	0,5	22 457,975	52 452,325
Truk Sedang sumbu 2-3 (MT)	6B	14	3,0014	7,0100	1	0,5	365	1,7	0,6	13 036,580	10 746,330
Jumlah ESAL4										38 123,780	69 339,415
TOTAL CESA 4 (beban faktual (2025 – 2027) + beban normal (2028 – 2034))										107 463,195	

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2025)

sumbu standar ekuivalen kumulatif selama umur rencana empat tahun (CESA4), diperoleh nilai sebesar 107 463,195 ESAL (Equivalent Standard Axle Load). Nilai ini menjadi dasar dalam menentukan kebutuhan perencanaan struktur perkerasan tambahan atau lapis tambah (overlay). Dengan melihat tabel 2, maka struktur perkerasan yang direkomendasikan untuk kondisi tersebut adalah lapis tambah berupa campuran aspal panas (Hot Mix Asphalt) dengan spesifikasi AC-WC/BC dengan penetrasi aspal 60/70.

Sebagai dasar dalam menentukan ketebalan lapis tambah (overlay) pada ruas Jalan Raya Tlogowaru, digunakan referensi Bagan Desain-3(1) yang terdapat dalam Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2024 halaman 7-14. Bagan ini menyajikan konfigurasi struktur perkerasan lentur berdasarkan nilai beban rencana kumulatif ESA5 selama 20 tahun dengan menggunakan jenis aspal Pen 60/70 pada lapisan AC (Asphalt Concrete).

Tabel 9. Bagan desain perkerasan lentur

	STRUKTUR PERKERASAN									
	F101 1	F101 2	F101 3	F101 4	F101 5	F101 6	F101 7	F101 8	F101 9	F101 10
Untuk beban rencana < 30 juta ESAL menggunakan Aspal Pen 60-70										
Untuk beban rencana ≥ 30 juta ESAL direkomendasikan menggunakan Aspal PG70H										
Jenis permukaan berpaving	AC									
Jenis lapis fondasi	Cement Treated Base (CTB)									
Tebal Perkerasan (mm)										
AC WC	40	40	50	40	40	40	50	40	40	40
AC BC	60	75	80	65	60	60	80	80	60	60
AC Base ¹⁾	-	-	-	70	-	-	-	-	-	-
CTB	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Lapis Fondasi Agregat Kelas E	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Perbaikan Paving Berbutir Kasar atau LPA Kelas C atau Stabilisasi Semen ²⁾	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

¹⁾ Rhesus untuk AC WC dengan nilai k₁ rencana lebih 30 juta ESAL dapat tidak menggunakan aspal PG70H.

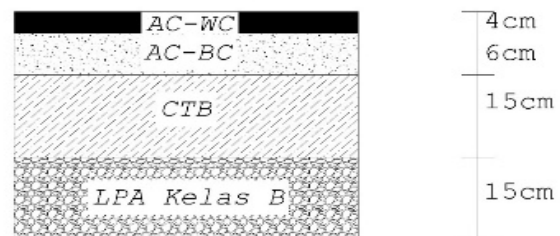
²⁾ Dapat menggunakan campuran pasir berbutir kasar yang mempunyai CBR minimum 20, dengan F101 6 - 15 dan ukuran butir maksimum 50 mm atau LPA Kelas C atau stabilisasi dengan kandungan 50% atau lebih campuran semen atau 10% resinik dari kelas material berbutir.

Berdasarkan kolom pertama dalam tabel 4.12, untuk kategori beban rencana < 1 juta ESA4, ketebalan lapis perkerasan yang direkomendasikan dengan menggunakan aspal Pen 60/70. Ketebalan total lapisan aspal adalah

100 mm atau 10 cm, terdiri dari:

1. lapis aus AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course) = 4cm
2. lapis pengikat AC-BC (Asphalt Concrete – Binder Course) = 6cm
3. Tidak diperlukan lapisan AC-Base karena volume beban sangat kecil
4. Lapis CTB (Cement Treated Base) = 15cm
5. LPA Kelas B = 15 cm

Berdasarkan hasil yang didapatkan, maka tebal lapis tambah disajikan pada gambar berikut:



Gambar 4. Tebal lapis tambah
Sumber: hasil perhitungan, 2025

4.6 Program Kenpave

Data yang dibutuhkan untuk input ke aplikasi KENPAVE didapatkan berdasarkan nilai bahan dan hasil perhitungan tebal perkerasan yang memiliki struktur lapis banyak dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 10. Karakteristik Material

Lapis Perkerasan	Modulus Elastis, E (Kpa)	Poisson Ratio, μ	Tebal Lapis (Cm)
AC-WC	1.100.000	0,4	4
AC-BC	1.200.000	0,4	6
CTB	3.000.000	0,2	15
LPA Kelas B	170.000	0.35	15
subgrade	60.000	0,45	∞

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga hal 7:11, 2024)

Adapun hasil rekapitulasi output dari semua pengulangan beban pada tebal perkerasan dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 11. Nilai Vertical Strain Dan Tangential Strain

Pengulangan beban	<i>Fatigue cracking</i> di 9,9997cm (kPa)	<i>Rutting</i> di 40,0003 cm (kPa)	<i>Permanent deformation</i> di 40,0003 cm (kPa)
1	0,0001656	0,001241	0,002481
2	0,0003904	0,000098	0,002630
Maksimum	0,0003904	0,001241	0,002630

(Sumber: Hasil KENPAVE)

Hasil tersebut dianalisis dengan menggunakan Persamaan 10 sampai Persamaan 12 dalam menentukan jumlah repetisi beban dengan menganalisis *fatigue cracking*, *rutting* dan *permanent deformation*.

- Menghitung nilai Nf untuk *fatigue cracking*
 $N_f = 0,0796.(\epsilon_t)^{-3,921} |E^*|^{-0,854}$
 $N_f = 0,0796.(0,0003904)^{-3,921} |3000000|^{-0,854}$
 $N_f = 5\,421\,75,804$ ESAL
- Menghitung nilai Nd untuk *rutting*
 $N_d = f_4(\epsilon_c)^{-f_5}$
 $N_d = 1,365 \times 10^{-9} (0,0001241)^{-4,477}$
 $N_d = 14\,006,073$ ESAL
- Menghitung nilai Nd untuk *permanent deformation*
 $N_d = f_4(\epsilon_d)^{-f_5}$
 $N_d = 1,365 \times 10^{-9} (0,002630)^{-4,477}$
 $N_d = 485,278$ ESAL

Tabel 12. Analisa Beban Lalu Lintas

Beban Lalu Lintas Rencana (Nr)	Repetisi Beban (ESAL)		Analisa Beban Lalu Lintas
107 463,195 ESAL	Nf	5 421 775,804 ESAL	Nf > Nr (Ya)
107 463,195 ESAL	Nd	14 006,073 ESAL	Nd < Nr (Tidak)
107 463,195 ESAL	Nd	485,278 ESAL	Nd < Nr (Tidak)

(Sumber: Hasil Perhitungan,2025)

Dapat dilihat bahwa perencanaan jalan yang sudah diperhitungkan tidak dapat menahan beban rencana sebesar 107 463,195 ESAL

4.7 Solusi Hasil Evaluasi

Dalam solusi hasil evaluasi ini membahas Solusi dari Analisa perkerasan lentur yang tidak dapat menahan beban lalu lintas penulis mengasumsikan penambahan tebal lapis secara coba coba lalu dikontrol dengan menggunakan aplikasi kenpave sampai kuat dan aman. Dalam percobaan pertama penulis melakukan penambahan tebal pada lapis perkerasan AC-BC setebal 4 cm sebagai berikut:

Tabel 13. Tebal lapis Solusi evaluasi percobaan 1

Lapis Perkerasan	Tebal Perkerasan (Cm)
AC-WC	4
AC-BC	10
CTB	15
LPA kelas B	15

(Sumber: Hasil Perhitungan,2025)

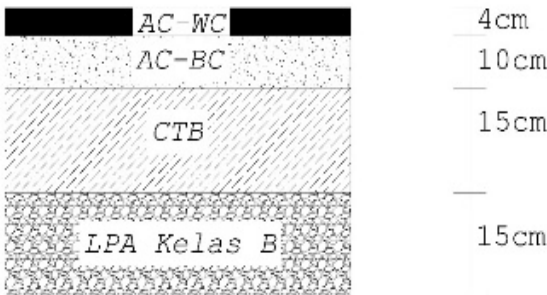
Tabel 14. Nilai Vertical Strain Dan Tangential Strain percobaan 1

Pengulangan beban	<i>Fatigue cracking</i> di 13,9997cm (kPa)	<i>Rutting</i> di 44,0003 cm (kPa)	<i>Permanent deformation</i> di 44,0003 cm (kPa)
1	0,0003251	0,0001082	0,000401
2	0,0001438	0,0003119	0,000713
Maksimum	0,0003251	0,0003119	0,000713

(Sumber: Hasil Perhitungan,2025)

Hasil tersebut dianalisis dengan menggunakan Persamaan 10 sampai Persamaan 12 dalam menentukan jumlah repetisi beban dengan menganalisis *fatigue cracking*, *rutting* dan *permanent deformation*.

- Menghitung nilai Nf untuk *fatigue cracking*
 $N_f = 0,0796.(\epsilon_t)^{-3,921} |E^*|^{-0,854}$
 $N_f = 0,0796.(0,0003251)^{-3,921} |3000000|^{-0,854}$
 $N_f = 11\,113\,042,591$ ESAL
- Menghitung nilai Nd untuk *rutting*
 $N_d = f_4(\epsilon_c)^{-f_5}$
 $N_d = 1,365 \times 10^{-9} (0,0003119)^{-4,477}$
 $N_d = 6\,783\,062,497$ ESAL
- Menghitung nilai Nd untuk *permanent deformation*
 $N_d = f_4(\epsilon_d)^{-f_5}$
 $N_d = 1,365 \times 10^{-9} (0,000713)^{-4,477}$
 $N_d = 167\,436,765$ ESA



Gambar 5. Tebal lapis tambah evaluasi percobaan 1

Sumber: hasil perhitungan, 2025

**Tabel 15. Analisa beban lalu lintas
Solusi evaluasi percobaan 1**

Beban Lalu Lintas Rencana (Nr)	Repetisi Beban (ESAL)		Analisa Beban Lalu Lintas
107 463,195 ESAL	Nf	11 113 042,591 ESAL	Nf > Nr (Ya)
107 463,195 ESAL	Nd	6 783 062,497 ESAL	Nd > Nr (Ya)
107 463,195 ESAL	Nd	167 436,765 ESAL	Nd < Nr (Ya)

(Sumber: Hasil Perhitungan,2025)

4.8 Analisis Umur Rencana

Analisis ini bertujuan untuk menilai sejauh mana struktur perkerasan mampu menahan beban berulang selama umur rencana yang telah ditentukan, berdasarkan parameter teknis seperti regangan dan tegangan yang diperoleh dari simulasi KENPAVE.

Tabel 16. Rekapitulasi analisis umur rencana terhadap kerusakan

Tahun	Beban Lalu Lintas Rencana (Nr)	Analisis Kerusakan Di Setiap Tahun		
		Nf	Nd	Nd
1	12.702,000	Ya	Ya	Ya
2	25.410,097	Ya	Ya	Ya
3	38.124,294	Ya	Ya	Ya
4	50.844,593	Ya	Ya	Ya
5	63.570,999	Ya	Ya	Ya
6	76.303,513	Ya	Ya	Ya
7	890.42,139	Ya	Ya	Ya
8	101.786,879	Ya	Ya	Ya
9	114.537,737	Ya	Ya	Ya
10	127.294,715	Ya	Ya	Ya

(Sumber: Hasil Perhitungan,2025)

analisis umur rencana terhadap kerusakan di ketahui bahwa kerusakan fatigue cracking, Rutting, dan Permanent deformation berdasarkan program KENPAVE tidak terjadi kerusakan dalam durasi umur rencana.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian kerusakan jalan di Jalan Tlogowaru Kota Malang ada beberapa kesimpulan yang didapatkan yaitu:

1. Jenis kerusakan yang diteliti pada Jalan Tlogowaru (STA 0 – STA 2+465) Kecamatan Tlogowaru Kota Malang sepanjang 2,456 km dan lebar 6 m terdapat 101 titik kerusakan diantaranya yaitu lubang, tambalan, retak kulit buaya, retak memanjang, tambalan, dan butiran lepas. Pada metode PCI nilai rata – rata dari kerusakan di Jalan Tlogowaru (STA 0 – STA

2+465) Kecamatan Tlogowaru Kota Malang didapatkan sebesar 28,6 sehingga didapat tingkatan Buruk (Poor).

2. Hasil perencanaan tebal lapis tambah (overlay) dengan menggunakan metode Bina Marga 2024 untuk kategori beban rencana < 1 juta ESA4, ketebalan lapis perkerasan yang direkomendasikan dengan menggunakan aspal Pen 60/70. Ketebalan total lapisan aspal adalah 140 mm atau 14 cm, analisa komponen diperoleh hasil sebagai berikut: AC-WC = 4cm, AC-BC = 10cm, CTB = 15cm, LPA Kelas B = 15 cm. Hasil perhitungan penulis ketebalan perkerasan jalan tambahan (overlay) pada Jalan Tlogowaru (STA 0 – STA 2+465) Kecamatan Tlogowaru Kota Malang sepanjang 2,456 km dan lebar 6 m didapat sebesar 4 cm.
3. Hasil analisis umur rencana selama 10 tahun terhadap kerusakan jalan 110 titik di ketahui bahwa kerusakan fatigue cracking, Rutting, dan Permanent deformation berdasarkan program KENPAVE tidak terjadi kerusakan dalam durasi umur rencana.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian kerusakan Jalan Tlogowaru Kota Malang, penulis akan memberikan beberapa saran yaitu:

1. Sebaiknya survey dilakukan saat kondisi jalan dalam keadaan sepi untuk menghindari kesalahan dalam pengukuran.
2. Pada jalan yang diteliti penulis sebaiknya menggunakan drainase untuk sebagian jalan yang tidak memiliki drainase, dan untuk jalan yang ada drainasenya tapi tidak berfungsi sebaiknya segera diperbaiki.
3. Untuk penelitian selanjutnya, pengujian FWD dapat dilakukan untuk mendapatkan data lendutan actual, sehingga modulus elastisitas yang digunakan dalam Kenpave lebih akurat dan desain overlay lebih sesuai dengan kondisi lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alvi Saputra, Krisna Wahyu, Azizah Rokhmawati, dan Anita Rahmawati. 2022. “Studi

Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Jalur Lintas Selatan (Jls) Lot9 Kabupaten Malang.”

- [2] Andini Ulfah, 2019. Analisa Kondisi Perkerasan Jalan dengan Metode PCI dan Metode Bina Marga (Studi Kasus: Solok-Sawahlunto STA 68+000 85+00). Tugas Akhir S1 Program Studi Teknik Sipil Universitas Bung Hatta. Padang.
- [3] Austroad, 1994, Standard Australia : Road Safety Auudit. Badan Standarisasi Nasional, Standar Nasional Indonesia Geometrik Jalan Perkotaan, RSNI T-14-2014.
- [4] Direktorat Jendral Bina Marga. 2024. “Manual Desain Perkerasan Jalan 2024.”
- [5] Fadhlán, Khairi. 2013. Evaluasi Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur dengan Metode Bina Marga Pt T-01-2002-B dengan Menggunakan Program KENPAVE. (Online). (jurnal.usu.ac.id/index.php/jts. Diakses 11 Oktober 2017).