

TUGAS AKHIR

EVALUASI KONDISI PERKERASAN PADA JALAN KLANGON TEMPEL MENGGUNAKAN METODE PCI DAN METODE MEKANISTIK-EMPIRIK DENGAN PROGRAM *KENPAVE*

(EVALUATION OF PAVEMENT CONDITION ON KLANGON TEMPEL ROAD USING PCI METHOD AND MECHANISTIC-EMPIRICAL METHOD WITH KENPAVE PROGRAM)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Muhammad Fadhil Rabhani Al'Ashar
19511190**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
PRROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024**

TUGAS AKHIR
EVALUASI KONDISI PERKERASAN PADA JALAN
KLANGON TEMPEL MENGGUNAKAN METODE PCI
DAN METODE MEKANISTIK-EMPIRIK DENGAN
PROGRAM KENPAVE
(EVALUATION OF PAVEMENT CONDITION ON
KLANGON TEMPEL ROAD USING PCI METHOD AND
MECHANISTIC-EMPIRICAL METHOD WITH
KENPAVE PROGRAM)

Disusun oleh

Muhammad Fadhil Rabbani Al'Ashar
19511190

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh derajat Sarjana
Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 30 Agustus 2024
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Penguji 1

Penguji 2



Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc.
NIK : 145110101

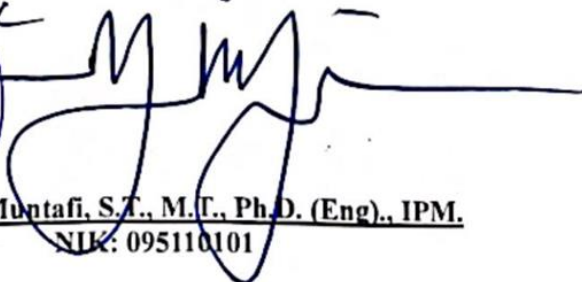


Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 955110103



Ir. Subarkah, M.T.
NIK: 865110101

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Yumalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng.), IPM.
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya tulis ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 23 Maret 2024



Muh. Fadhil Rabhani Al' Ashar
19511190

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahiim.

Assalamualaikum warahmatullah wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamiin, segala puji bagi Allah Subhanallahu wa Ta'ala karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Evaluasi Kondisi Perkerasan Pada Jalan Klangon-Tempel Menggunakan Metode PCI dan Metode Mekanistik – Empirik dengan Program". Solawat serta salam selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad Shallallahu 'alaihi wasallam, keluarga, sahabat, dan pengikut beliau hingga akhir zaman.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi jenjang Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Ibu Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang sudah memberikan bimbingan, kritik dan saran selama proses penyusunan Tugas Akhir,
2. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Penguji 1 yang telah memberikan masukan untuk Tugas Akhir ini,
3. Bapak Ir. Subarkah, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji 2 yang telah banyak memberikan masukan untuk Tugas Akhir ini,
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.d. (Eng).,IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
5. Bapak Pranoto, Bapak Kamto, dan Mas Giri selaku Laboran di Laboratorium Jalan Raya yang telah membantu penulis selama proses pengumpulan data pengujian,
6. Bapak Ashar S.Pd. M.Si dan Ibu Ramlia Said selaku orang tua penulis yang selalu memberi semangat dan tidak pernah lupa mengirimkan doa untuk penulis hingga selesainya Tugas Akhir ini,

7. dr. Muhammad Nur Rafiq Al Ashar dan Sangia Amirullah Al Ashar selaku kaka dan adik penulis yang selalu memberi motivasi dan semangat kepada penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
8. Afif Khoirul Hidayat, Ahmad Rafi Al Ayubi, Andi Rizqya Fitriany Sinrang, Celviani Dityaningrum Berty S.T, Muhammad Faruq Alfiansyah S.T., dan Nur Azizul Baihaqi yang telah membantu dalam pengumpulan data dan pengujian sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
9. Teman-teman "Konlaw", "Kontrakan DT House", dan "Belajar Woi" yang telah membantu dalam proses penyusunan Tugas Akhir.
10. Seluruh pihak yang tidak sempat disebutkan nama satu persatu yang telah membantu terlaksananya penelitian Tugas Akhir sekaligus dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
11. Dan yang terakhir, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada diri saya sendiri karena tidak menyerah dan telah berjuang sampai pada posisi ini.

Akhir kata tidak ada yang sempurna di dunia, termasuk laporan ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dan bermanfaat demi perbaikan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Yogyakarta, 23 Maret 2024



Muhammad Fadhil Rabhani Al'Ashar

19511190

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
ABSTRAK	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Metode PCI (Pavement Condition Index)	5
2.2 Metode Mekanistik-Empiris dengan Program <i>Kenpave</i>	6
2.3 Perbedaan Penelitian	7
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Perkerasan Lentur	11
3.2 Jenis – Jenis Kerusakan	12
3.3 Metode PCI (<i>Pavement Condition Index</i>)	24
3.3.1 Indeks Kondisi perkerasan atau PCI (<i>Pavement Condition Index</i>)	24
3.3.2 Perhitungan PCI (<i>Pavement Condition Index</i>)	24

3.4 Metode Mekanistik-Empiris	27
3.4.1 Program <i>KENPAVE</i>	28
3.4.2 Program <i>KENLAYER</i>	30
3.4.3 Karakteristik Material	35
3.5 Analisis Kerusakan Perkerasasn	38
3.6 Pengujian Lendutan Aspal dengan <i>Benkelman Beam</i>	39
3.7 <i>Test Pits</i>	40
3.8 Penanganan Perbaikan	41
3.8.1 Pemeliharaan Perkerasan Lentur	41
3.9 Desain Tebal <i>Overlay</i> Berdasarkan Bina Marga 2017	42
3.9.1 Analisis Lalu lintas	43
3.9.2 Beban Sumbu Standar Kumulatif (CESA)	47
3.9.3 Faktor Koreksi Temperatur	47
3.9.4 Tebal <i>Overlay</i> Berdasarkan Ledutan Maksimum	47
3.9.5 Desain Ketebalan Pengupasan dan Pelapisan Ulang (<i>Mill and Inlay</i>)	48
3.10Rekonstruksi	50
BAB IV METODE PENELITIAN	51
4.1 Lokasi Penelitian	51
4.2 Teknis Pengambilan Data	51
4.2.1 Langkah-Langka Survei Kerusakan Jalan	52
4.2.2 Langkah-Langkah Pengujian Lendutan Maksimum	52
4.2.3 Langkah-Langkah <i>Test Pit</i>	53
4.3 Analisis Data	55
4.3.1 Analisis Data dengan Metode <i>PCI (Pavement Conditional Index)</i>	55
4.3.2 Analisis Respon Tegangan dan Regangan dengan Program <i>KENPAVE</i>	55
4.3.3 Analisis Data Lendutan untuk Lapis Tambah (<i>Overlay</i>)	56
4.4 Bagan Alir Penelitian	57
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	60

5.1 Hasil Pengumpulan Data	60
5.1.1 Kondisi Ruas Jalan Klangon Tempel	60
5.1.2 Data pengamatan lapangan	61
5.1.3 Data Lalu Lintas	61
5.2 Analisis Nilai Kondisi Perkerasan Berdasarkan Metode <i>PCI</i>	62
5.3 Analisis Nilai Tegangan dan Regangan Berdasarkan Metode Mekanistik-Empiris dengan Program <i>KENPAVE</i> untuk Eksisting	75
5.4 Nilai Tebal Lapis Tambahan dengan Metode Bina Marga 2017	83
5.4.1 Analisis Lalu Lintas	83
5.4.2 Desain Tebal <i>Overlay</i>	85
5.4.3 Desain Ketebalan Pengupasan dan Pelapisan Ulang (<i>Mill and Inlay</i>)	88
5.5 Analisis Nilai Tegangan dan Regangan Berdasarkan Metode Mekanistik – Empirik dengan Program <i>KENPAVE</i> untuk <i>Overlay</i>	90
5.6 Pembahasan	98
5.6.1 Nilai Kondisi Perkerasan Berdasarkan Metode <i>PCI</i>	98
5.6.2 Nilai Tegangan dan Regangan dengan Metode Mekanistik-Empirik Pada Program <i>KENPAVE</i> untuk Eksisting	99
5.6.3 <i>Overlay</i>	100
5.6.4 Nilai Tegangan dan Regangan dengan Metode Mekanistik-Empirik Pada Program <i>KENPAVE</i> untuk <i>Overlay</i>	101
DAFTAR PUSTAKA	105

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Perbedaan Penelitian dengan Penelitian Sebelumnya	8
Tabel 3. 1	Identifikasi Tingkat Kerusakan Retak Kulit Buaya (<i>Alligator Cracking</i>)	13
Tabel 3. 2	Identifikasi Tingkat Kerusakan Keganakan (<i>Bleeding</i>)	13
Tabel 3. 3	Identifikasi Tingkat Kerusakan Retak Blok (<i>Block Cracking</i>)	14
Tabel 3. 4	Identifikasi Tingkat Kerusakan Benjol dan Turun (<i>Bumps and Sags</i>)	14
Tabel 3. 5	Bergelombang (<i>Corrugation</i>)	15
Tabel 3. 6	Identifikasi Tingkat Kerusakan Ambles (<i>Depression</i>)	16
Tabel 3. 7	Identifikasi Tingkat Kerusakan Retak Pinggir (<i>Edge Cracking</i>)	16
Tabel 3. 8	Identifikasi Tingkat Kerusakan Retak Reflektif Sambungan (<i>Joint Reflection Cracking</i>)	17
Tabel 3. 9	Identifikasi Tingkat Kerusakan Jalur/Bahu Jalan Turun (<i>Lane/Shoulder Drop-Off</i>)	17
Tabel 3. 10	Identifikasi Tingkat Kerusakan Retak Memanjang/Melintang (<i>Longitudinal/Transverse Cracking</i>)	18
Tabel 3. 11	Identifikasi Tingkat Kerusakan Tambalan (<i>Patching</i>)	19
Tabel 3. 12	Identifikasi Tingkat Kerusakan Agregat Licin (<i>Polished Aggregate</i>)	19
Tabel 3. 13	Identifikasi Tingkat Kerusakan Lubang (<i>Potholes</i>)	20
Tabel 3. 14	Identifikasi Tingkat Kerusakan Persilangan Jalan Rel (<i>Railroad Crossing</i>)	20
Tabel 3. 15	Identifikasi Tingkat Kerusakan Alur (<i>Rutting</i>)	21
Tabel 3. 16	Identifikasi Tingkat Kerusakan Sungkur (<i>Shoving</i>)	21
Tabel 3. 17	Identifikasi Tingkat Kerusakan Retak Slip (<i>Slippage Cracking</i>)	22
Tabel 3. 18	Identifikasi Tingkat Kerusakan Mengembang (<i>Swell</i>)	22
Tabel 3. 19	Identifikasi Tingkat Kerusakan Pelepasan Butir (<i>Weathering and Raveling</i>)	23

Tabel 3. 20	Nilai PCI dan Kondisi	27
Tabel 3. 21	Analisis Titik Kritis Pada Struktur Perkerasan	29
Tabel 3. 22	Nilai Modulus Elastisitas Berdasarkan Jenis Bahan Perkerasan	36
Tabel 3. 23	Nilai <i>Poisson's Ratio</i>	36
Tabel 3. 24	Karakteristik Modulus Bahan Pengikat untuk Pengembangan Bagan Desain dan Analisis Mekanistik	37
Tabel 3. 25	Strategi Penanganan Kerusakan	42
Tabel 3. 26	Faktor Distribusi Lajur (DL)	44
Tabel 5. 1	Kondisi Ruas Jalan Klangon-Tempel	60
Tabel 5. 2	Data Lalu Lintas Harian Rerata (LHR) Tahun 2021-2022	61
Tabel 5. 3	Data Hasil Pengamatan Kerusakan Pada Segmen 1	62
Tabel 5. 4	Nilai <i>Density</i> Pada Kerusakan Lubang	63
Tabel 5. 5	Nilai <i>Density</i> Pada Kerusakan Alur	63
Tabel 5. 6	Nilai <i>Density</i> Pada Kerusakan Tambalan	63
Tabel 5. 7	Nilai <i>Deduct Value</i> Pada Segmen 1	64
Tabel 5. 8	Hasil Perhitungan TDV dan CDV pada Segmen 1	66
Tabel 5. 9	Hasil Rekapitulasi Nilai <i>PCI</i> Seluruh Segmen	67
Tabel 5. 10	Presentase <i>Rating</i> Nilai <i>PCI</i>	69
Tabel 5. 11	Rekapitulasi Kerusakan Berdasarkan Nilai <i>Density</i> arah Klangon- Tempel	71
Tabel 5. 12	Rekapitulasi Kerusakan Berdasarkan Nilai <i>Density</i> arah Tempel- Klangon	71
Tabel 5. 13	Rekapitulasi Nilai <i>Density</i> Rerata Pada Jalan Klangon-Tempel	74
Tabel 5. 14	Data untuk Menginput Program <i>KENPAVE</i> Bagian Eksisting	76
Tabel 5. 15	Data <i>Input General</i>	77
Tabel 5. 16	Titik Tinjau pada <i>Zcoord</i>	78
Tabel 5. 17	Hasil Analisis <i>KENLAYER</i>	82
Tabel 5. 18	Perhitungan LHR 2024 dan LHR 2025	84
Tabel 5. 19	Rekapitulasi Estimasi Perhitungan CESA	85
Tabel 5. 20	Data Lendutan Pada Ruas Jalan Klangon-Tempel	85
Tabel 5. 21	Rekapitulasi Analisis Data Lendutan	87

Tabel 5. 22	Data untuk Menginput Program <i>KENPAVE</i> Bagian <i>Overlay</i>	90
Tabel 5. 23	Data <i>Input General</i>	91
Tabel 5. 24	Titik Tinjau pada <i>Zcoord</i>	92
Tabel 5. 25	Hasil Analisis <i>KENLAYER</i> untuk <i>Overlay</i>	96
Tabel 5. 26	Analisis Beban Lalu Lintas	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1	Susunan Lapis Perkerasan Lentur	11
Gambar 3. 2	Grafik <i>Corrected Deduct Value</i>	26
Gambar 3. 3	Tampilan Awal Program <i>KENPAVE</i>	29
Gambar 3. 4	Lokasi Tegangan dan Regangan Kritis Perkerasan Lentur	30
Gambar 3. 5	Tampilan Layar <i>LAYERINP</i>	30
Gambar 3. 6	Tampilan <i>Menu General</i>	31
Gambar 3. 7	Tampilan <i>Zcoord</i>	32
Gambar 3. 8	Tampilan <i>Layer</i>	33
Gambar 3. 9	Tampilan <i>Interface</i>	33
Gambar 3. 10	Tampilan <i>Moduli</i>	34
Gambar 3. 11	Tampilan <i>Period1</i>	34
Gambar 3. 12	Tampilan <i>Load</i>	35
Gambar 3. 13	Sumbu Standar Ekvivalen di Indonesia	37
Gambar 3. 14	Alat <i>Benkelman Beam</i>	40
Gambar 3. 15	Nilai Kondisi Sebagai Indikator Tipe Pemeliharaan	41
Gambar 3. 16	Nilai VDF masing-masing Jenis Kendaraan Niaga Berdasarkan dan Muatan	46
Gambar 3. 17	Solusi <i>Overlay</i> Berdasarkan Lendutan Balik <i>Benkelman Beam</i> untuk WMAPT 410c	48
Gambar 3. 18	Ketebalan Pengupasan Lapisan Berbutir untuk Mencegah Deformasi Permanen	49
Gambar 3. 19	Ketebalan Pengupasan Lapisan Berbutir untuk Mencegah <i>Fatigue</i>	50
Gambar 4. 1	Peta Lokasi Jalan	51
Gambar 4. 2	Bagan Alir Penelitian	59
Gambar 5. 1	Struktur Perkerasan Pada Ruas Jalan Klangon Tempel	61
Gambar 5. 2	Penomoran Segmen Ruas Jalan Klangon-Tempel	61
Gambar 5. 3	Grafik <i>Deduct Value</i> kerusakan Lubang	64

Gambar 5. 4	Grafik <i>Deduct Value</i> kerusakan Alur	65
Gambar 5. 5	Grafik <i>Deduct Value</i> kerusakan Tambalan	65
Gambar 5. 6	Grafik <i>Corrected Deduct Value</i> Pada Segmen 1	67
Gambar 5. 7	Diagram <i>Persentase Rating</i> Nilai PCI Arah Klangon-Tempel	69
Gambar 5. 8	Diagram <i>Persentase Rating</i> Nilai PCI Arah Tempel-Klangon	70
Gambar 5. 9	Diagram Nilai <i>Density</i> arah Klangon-Tempel	72
Gambar 5. 10	Diagram Nilai <i>Density</i> arah Tempel-Klangon	73
Gambar 5. 11	Peta Kategori Kerusakan Pada Ruas Jalan Klangon-Tempel	74
Gambar 5. 12	Nilai Kondisi Sebagai Indikator Tipe Pemeliharaan	75
Gambar 5. 13	Tampilan Menu <i>LAYERINP</i>	76
Gambar 5. 14	Data <i>Input</i> pada Menu <i>General</i>	78
Gambar 5. 15	Data <i>Input</i> pada Menu <i>Zcoord</i>	79
Gambar 5. 16	Data <i>Input</i> pada <i>Layer</i>	79
Gambar 5. 17	Data <i>Input</i> pada <i>Moduli</i>	80
Gambar 5. 18	Data <i>Input</i> pada <i>Load</i>	81
Gambar 5. 19	Data <i>Input</i> pada Menu <i>NPT</i>	81
Gambar 5. 20	<i>Overlay</i> berdasarkan Lendutan Balik <i>Benkelman Beam</i> untuk WMAPT 41 °C	88
Gambar 5. 21	Ketebalan Pengupasan Lapisan Berbutir untuk Mencegah Deformasi Permanen	89
Gambar 5. 22	(a) Struktur Lapis Perkerasan Eksisting (b) Struktur Lapis Perkerasan dengan <i>Overlay</i>	90
Gambar 5. 23	Tampilan Menu <i>LAYERINP</i>	91
Gambar 5. 24	Data <i>Input</i> pada Menu <i>General</i>	92
Gambar 5. 25	Data <i>Input</i> pada Menu <i>Zcoord</i>	93
Gambar 5. 26	Data <i>Input</i> pada <i>Layer</i>	94
Gambar 5. 27	Data <i>Input</i> pada <i>Moduli</i>	94
Gambar 5. 28	Data <i>Input</i> pada <i>Load</i>	95
Gambar 5. 29	Data <i>Input</i> pada Menu <i>NPT</i>	96
Gambar 5. 30	Nilai Regangan Lapis Eksisting	100
Gambar 5. 31	Nilai Regangan Lapis <i>Overlay</i>	102

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil Analisis dan Perhitungan PCI Seluruh Segmen	108
Lampiran 2	Data Laporan Lalu Lintas Harian Rata-Rata Pada Ruas Jalan Klangon-Tempel	118
Lampiran 3	Dokumentasi Pengumpulan Data	122

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

<i>AC-WC</i>	= <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i>
<i>AC-BC</i>	= <i>Asphalt Concrete-Binder Course</i>
<i>CBR</i>	= <i>California Bearing Ratio</i>
<i>CESA</i>	= <i>Cumulative Equivalent Standard Axle</i>
Cm	= sentimeter
CP	= <i>Contact Pressure</i>
CR	= <i>Contact Radius</i>
d	= Jarak antar roda ganda
DD	= Faktor distribusi arah
DL	= Faktor distribusi lajur
E	= Modulus Elastisitas
<i>ESAL</i>	= <i>Equivalent Standard Axle Load</i>
i	= Faktor pertumbuhan lalu lintas (%)
kg	= kilogram
kPa	= kilopascal
LHR	= Lalu Lintas Harian rerata
LHRT	= Lalu Lintas Harian Rerata Tahunan
LPA	= Lapis Pondasi Agregat A
LPB	= Lapis Pondasi Agregat B
MDJP	= Manual Desain Perkerasan Jalan
m	= meter
Nd	= Nilai repetisi beban <i>permanent deformation</i>
Nf	= Nilai repetisi beban <i>fatigue cracking</i>
Nr	= Nilai repetisi beban <i>rutting</i>
<i>PCI</i>	= <i>Pavement Condition Index</i>
R	= Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas
UR	= Umur Rencana
<i>VDF</i>	= <i>Vehicle Damager Factor</i>

ϵ	= Regangan
σ	= Tegangan
μ	= <i>poisson ratio</i>

ABSTRAK

Jalan Klangon-Tempel merupakan jalan kolektor primer di Kabupaten Sleman, yang mempunyai peranan penting dalam mendukung aksesibilitas antar wilayah dan ke lokasi pariwisata, khususnya di Kabupaten Sleman. Namun, sebagai jalan provinsi ruas ini sudah lama rusak yang disebabkan oleh tingginya beban lalu lintas yang harus dilayani. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi perkerasan, mengetahui nilai tebal lapis tambahan (*overlay*), mengetahui nilai tegangan dan regangan pada perkerasan *eksisting* dan *overlay*.

Penelitian ini dilakukan pada Ruas Jalan Klangon-Tempel sepanjang 1 Km. Data yang digunakan adalah data primer dan sekunder. Data primer berupa sampel kerusakan jalan, data lendutan dan tebal perkerasan yang diperoleh dengan melakukan survei dan pengujian secara langsung. Data sekunder diperoleh data LHR, CBR lapangan, dan material perkerasan dari Dinas PUPESDM DIY. Kemudian dilakukan analisis data menggunakan metode *PCI*, Program *KENPAVE*, dan metode Bina Marga 2017.

Hasil dari penelitian dengan metode *PCI* menunjukkan bahwa kondisi perkerasan pada ruas Jalan Klangon-Tempel (Km 18,7-19,7) memiliki nilai akhir sebesar 37,85 dan termasuk dalam kategori parah (*very poor*). Nilai respon tegangan dan regangan pada lapis perkerasan *eksisting* untuk kerusakan *fatigue cracking* sebesar 0,0005293 dengan nilai repetisi beban 8.241.170 *ESAL*, untuk kerusakan *rutting* sebesar 0,0007689 dengan nilai repetisi beban sebesar 119.424 *ESAL* dan regangan untuk kerusakan *deformation* sebesar 0,001036 dengan nilai repetisi beban sebesar 31.432 *ESAL*. Hasil analisis untuk lapis *overlay* diperoleh tebal lapis *AC-WC* 8 cm dan *AC-BC* 6 cm. Nilai respon tegangan dan regangan pada lapis perkerasan *overlay* untuk kerusakan *fatigue cracking* sebesar 0,0002434 dengan nilai repetisi beban 75.601.309 *ESAL*, untuk kerusakan *rutting* sebesar 0,0003478 dengan nilai repetisi beban sebesar 4.164.857 *ESAL* dan regangan untuk kerusakan *deformation* sebesar 0,0003001 dengan nilai repetisi beban sebesar 8.061.443 *ESAL*. Hasil ini menunjukkan bahwa perkerasan jalan mampu menahan beban lalu lintas untuk kerusakan *rutting*, *fatigue cracking* dan *deformation* sampai tahun 2035.

Kata Kunci: Bina Marga 2017, *KENPAVE*, Mekanistik-Empirik, *Overlay*, *PCI*.

ABSTRACT

Klangon-Tempel Road is a primary collector road in Sleman Regency, which has an important role in supporting accessibility between regions and to tourism sites, especially in Sleman Regency. However, as a provincial road, this section has long been damaged due to the high traffic load that must be served. Based on this, this study aims to determine the condition of the pavement, determine the value of the thickness of the additional layer (overlay), determine the value of stress and strain on the existing pavement and overlay.

This research was conducted on the Klangon-Tempel Road Section along 1 kilometer. The data used are primary and secondary data. Primary data in the form of road damage samples, deflection data and pavement thickness obtained by conducting surveys and direct testing. Secondary data is obtained from LHR data, field CBR, and pavement materials from the DIY PUPESDM Office. Then data analysis was carried out using the PCI method, the KENPAVE Program, and the 2017 Bina Marga method.

The results of the research using the PCI method show that the pavement condition on the Klangon-Tempel Road section (Km 18.7-19.7) has a final value of 37.85 and is included in the very poor category. The stress and strain response value on the existing pavement for fatigue cracking damage is 0.0005293 with a load repetition value of 8,241,170 ESAL, for rutting damage is 0.0007689 with a load repetition value of 119,424 ESAL and strain for deformation damage is 0.001036 with a load repetition value of 31,432 ESAL. The analysis results for the overlay layer obtained AC-WC layer thickness of 8 cm and AC-BC 6 cm. The stress and strain response value in the overlay pavement layer for fatigue cracking damage is 0.0002434 with a load repetition value of 75,601,309 ESAL, for rutting damage is 0.0003478 with a load repetition value of 4,164,857 ESAL and strain for deformation damage is 0.0003001 with a load repetition value of 8,061,443 ESAL. These results show that the pavement is able to withstand traffic loads for rutting, fatigue cracking and deformation damage until 2035.

Keywords: Bina Marga 2017, KENPAVE, Mekanistik-Empirik, Overlay, PCI.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan prasarana transportasi yang sangat penting dalam membantu kegiatan hubungan perekonomian, baik antara satu kota dengan kota lainnya, antara kota dengan desa, antara satu desa dengan desa lainnya. Kondisi jalan yang baik akan memudahkan mobilitas penduduk dalam mengadakan hubungan perekonomian dan kegiatan sosial lainnya, sedangkan jika terjadi kerusakan jalan akan berakibat bukan hanya terhalangnya kegiatan ekonomi dan sosial namun dapat terjadi kecelakaan.

Kerusakan jalan sendiri dapat disebabkan oleh berbagai faktor. Contoh nya peningkatan volume kendaraan lalu lintas, iklim/cuaca, sistem drainase yang buruk, material dengan kualitas rendah dan juga pelaksanaan teknis saat pembangunan yang tidak sesuai standar. Kerusakan akibat beban dapat terjadi karena pertumbuhan lalu lintas di suatu kota seiring dengan meningkatnya pertumbuhan perekonomian di masyarakat sehingga volume lalu lintas selama umur rencana yang telah direncanakan tidak sesuai dengan volume lalu lintas yang sebenarnya. Kualitas dan kuantitas dari material yang telah dihamparkan terkadang tidak sesuai dengan yang direncanakan. Hal itu dapat terjadi karena faktor kesalahan dalam pelaksanaan, kurangnya pengawasan dan faktor yang tidak terduga lainnya.

Jalan Klangon-Tempel merupakan jalan kolektor primer di Kabupaten Sleman, yang mempunyai peranan penting dalam mendukung aksesibilitas antar wilayah di Provinsi D. I. Yogyakarta serta berperan dalam aksesibilitas ke lokasi pariwisata, khususnya di Kabupaten Sleman. Selain itu, Ruas Jalan Klangon-Tempel juga menghubungkan dua kabupaten yaitu Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul. Namun sebagai jalan kolektor, ruas ini sudah lama rusak dan dapat membahayakan pengendara yang melewatinya. Hal tersebut disebabkan karena terdapat kerusakan pada perkerasan jalannya seperti kerusakan berlubang, retak kulit buaya, alur dan deformasi. Selain itu kondisi ruas jalan ini diperparah

dengan beban lalu lintas yang meningkat dikarenakan selalu dilalui mobil dan truk bermuatan besar, ditambah lagi banyak kendaraan pengangkut pasir dan tanah, maupun bus serta kendaraan masyarakat seperti mobil dan sepeda motor yang melintas di jalan tersebut.

Evaluasi kondisi jalan merupakan langkah awal yang penting dalam perencanaan pemeliharaan suatu perkerasan. Metode pendekatan yang dapat digunakan dalam mengevaluasi kerusakan permukaan jalan untuk pemeliharaan jalan, antara lain metode *PCI (Pavement Condition Index)*, metode Mekanistik-Empiris dengan program *Kenpave*, dan metode Bina marga 2017. Metode *PCI (Pavement Condition Index)* memberikan informasi mengenai nilai kondisi perkerasan hanya pada saat survei dilakukan. Dalam pelaksanaan di lapangan, bagian ruas jalan yang akan ditinjau dibagi ke dalam beberapa segmen. Nilai dari setiap jenis kerusakan yang diidentifikasi menentukan penilaian kondisi jalan dengan menjumlahkan semua nilai kerusakan di setiap segmen.

Untuk menghitung nilai tegangan dan regangan perkerasan dalam penelitian ini digunakan metode mekanistik-empirik dengan menggunakan program *KENPAVE* sub program *KENLAYER* dengan meng-input data dari tebal perkerasan sehingga dapat diperoleh nilai tegangan dan regangan. Sedangkan metode Bina Marga 2017 digunakan untuk mengetahui solusi pemeliharaan dalam menanggulangi kerusakan Jalan Klangon-Tempel.

Berdasarkan uraian diatas, maka pada penelitian ini akan dilakukan dengan metode-metode di atas yang nanti digunakan untuk mengetahui kondisi perkerasan, nilai tegangan dan regangan pada perkerasan, serta solusi penanganan dalam menanggulangi kerusakan jalan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana kondisi, jenis dan tingkat kerusakan perkerasan jalan berdasarkan metode *PCI (Pavement Condition Index)* pada Jalan Klangon-Tempel ?
2. Berapa nilai tegangan dan regangan perkerasan menggunakan program *Kenpave*

3. Bagaimana solusi pemeliharaan dalam mengatasi kerusakan yang terjadi pada Jalan Klangon-Tempel berdasarkan metode Manual Bina 2017 ?

1.3 Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapa tujuan yang dapat diperoleh yaitu.

1. Mengetahui kondisi, jenis dan tingkat kerusakan perkerasan jalan berdasarkan metode PCI (*Pavement Condition Index*) pada Jalan Klangon-Tempel.
2. Mengetahui nilai tegangan dan regangan perkerasan eksisting dengan program *Kenpave*, dan
3. Menentukan solusi pemeliharaan dalam menanggulangi kerusakan Jalan Klangon-Tempel berdasarkan metode manual Bina Marga 2017

1.4 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagaimana disebutkan berikut.

1. Mengetahui nilai kondisi dan tingkat kelayakan perkerasan berdasarkan tingkat kerusakan yang terjadi pada permukaan ruas jalan tersebut.
2. Memberikan referensi atau masukan bagi para perencana atau instansi terkait dalam pengambilan keputusan untuk menangani, meningkatkan, memelihara kondisi jalan dan mengantisipasi terjadinya kerusakan yang berkelanjutan

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini mengacu pada batasan penelitian sebagai berikut.

1. Lokasi yang ditinjau adalah ruas Jalan Klangon-Tempel, mulai dari Km. 18,7 sampai Km. 19,7 sepanjang 1 km.
2. Segmen untuk pengukuran PCI dibagi menjadi 10 segmen dengan setiap segmen terdiri dari 100 meter
3. Metode yang digunakan adalah metode PCI (*Pavement Condition Index*).
4. Nilai tegangan dan regangan didapatkan dengan melakukan analisis menggunakan program *Kenpave*
5. Peneliti hanya membahas nilai kondisi jalan secara visual serta hasil

pengukuran yang terdiri dari panjang, lebar, dan luasan dari setiap jenis kerusakan jalan.

6. Jika hasil dari penelitian sangat buruk maka peneliti perlu melakukan *overlay* dengan berdasarkan metode Manual Bina Marga 2017, dan
7. Tidak melakukan perhitungan biaya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metode PCI (Pavement Condition Index)

Pavement Condition Index (PCI) adalah suatu metode untuk mengevaluasi keadaan perkerasan jalan berdasarkan tingkat dan jenis kerusakan yang terjadi dan dapat digunakan sebagai referensi saat melakukan perbaikan. Metode PCI hanya memberikan informasi tentang keadaan perkerasan pada saat survei dilakukan, tapi tidak dapat memprediksi apa yang akan terjadi di masa depan. Namun, data kondisi perkerasan dapat digunakan sebagai masukan untuk pengukuran yang lebih mendalam dan digunakan untuk memprediksi kinerja masa depan dengan melakukan survei kondisi secara berkala.

Labaso, dkk (2022) melakukan penelitian tentang Evaluasi Kerusakan Jalan Menggunakan Metode *Pavement Condition Index* (PCI) dan *Surface Distress Index* (SDI) Studi Kasus Jalan Pue Bongo – Kota Palu. Hasil penelitian menunjukkan kondisi perkerasan Jalan Pue Bongo dengan nilai rata-rata PCI yaitu 37,90 menunjukkan kondisi jelek (*poor*) sedangkan nilai rata-rata SDI yaitu 76,56 dengan kondisi sedang. Penanganan yang direkomendasikan berdasarkan metode PCI yaitu rekonstruksi/daur ulang, untuk metode SDI penanganan yang direkomendasikan yaitu pemeliharaan. Adapun penanganan kerusakan berdasarkan MDP 2017 yaitu kupas dan ganti material di area tertentu.

Prasetiawan dan Khotimah (2020) melakukan penelitian tentang Analisa Kerusakan Jalan dengan Menggunakan Metode *Pavement Condition Index* (PCI). Berdasarkan hasil penelitian, pada ruas jalan Brawijaya jenis kerusakan yang terjadi sebagian besar berupa retak kulit buaya sebesar 84,72%, retak kotak-kotak sebesar 3,97%, amblas sebesar 0,11%, tambalan 10,80%, lubang sebesar 0,32% dan patah slip sebesar 0,08% . Nilai PCI rata-rata pada Ruas Jalan Brawijaya sebesar 51. Dari nilai PCI yang diperoleh tersebut dalam kondisi jelek (Poor).

Putra dan Putra (2023) melakukan penelitian tentang Analisis Kerusakan Jalan Dengan Metode *Pavement Condition Index* Studi Kasus Jalan Raya

Tanjungsari-Raya Tandes. Hasil dari pengamatan diperoleh 13 jenis kerusakan namun dengan kerusakan paling banyak ialah lubang dan tambalan. Nilai PCI yang didapat ialah 3 segmen dengan nilai PCI rata-rata 90 mempunyai nilai sempurna. 17 segmen dengan nilai PCI rata-rata 70 mempunyai nilai sangat baik. 9 segmen dengan nilai PCI rata-rata 66 mempunyai nilai baik. 8 segmen dengan nilai PCI rata-rata 49 mempunyai nilai cukup dan 4 segmen dengan nilai PCI rata-rata 31 mempunyai nilai jelek.

Panjaitan (2022) meneliti tentang Evaluasi Perkerasan Jalan Berdasarkan Metode Bina Marga 2017 dan PCI (*Pavement Condition Index*) Alternatif Penanganannya (Studi kasus : Jalan Janti Tegalgondo, Kabupaten Klaten). Dari hasil pengamatan diperoleh tingkat kerusakan berdasarkan nilai rata – rata PCI yaitu 43,35 (*Poor*), sedangkan jenis kerusakan yang diperoleh yaitu *Aligator Cracking*, *Pothole*, *Longitudinal Cracking*, *Patching*, *Weathering/Raveling*, *Edge Cracking*, *Depression*, *Rutting*. Kerusakan ini hanya terjadi dalam beberapa segmen saja dan dilakukan perbaikan berdasarkan jenis kerusakan yang ada, yaitu pengisian retak, laburan aspal setempat, dan penambalan. Sesuai perhitungan volume kepadatan lalu lintas dan daya dukung tanah dilakukan perencanaan tebal lapisan ulang sesuai dengan umur rencana yaitu 20 tahun. Hasil Tebal lapis tambah (*Overlay*) pada ruas Jalan Tegalgondo-Janti, Kabupaten Klaten Menurut Analisa Komponen adalah 4 cm dan untuk metode Bina Marga 2017 adalah 3 cm

2.2 Metode Mekanistik-Empiris dengan Program *Kenpave*

Sodiq (2021) meneliti tentang Evaluasi Kondisi Perkerasan Dengan Metode *Pavements Condition Index* (PCI) dan Nilai Sisa dengan Metode Mekanistik-Empirik Pada Jalan Gito-Gati. Hasil dari penelitian dengan metode *PCI* menunjukkan bahwa pada ruas Jalan Gito-Gati terdapat kerusakan dominan berupa retak kulit buaya dengan rerata nilai *density* 25,85% dan tambalan dengan rerata nilai *density* 8,33%. Nilai tebal perkerasan tambahan (*overlay*) diperoleh sebesar 4 cm untuk *AC-WC*, 6 cm untuk *AC-BC* dengan metode Bina Marga 2017. Nilai umur sisa perkerasan dengan Program *KENPAVE* diperoleh untuk lapis perkerasan eksisting jenis kerusakan *fatigue cracking* dapat mengakomodasi beban sampai tahun ke-6, sedangkan untuk jenis kerusakan *Rutting* dan *permanent deformation*

dapat mengakomodasi beban sampai tahun ke-20. Pada perkerasan tambahan untuk jenis kerusakan *fatigue cracking*, kerusakan *Rutting* dan *permanent deformation* dapat mengakomodasi beban sampai tahun ke-20. Nilai umur sisa pada tahun 2020 dengan menggunakan metode Bina Marga 2017 diperoleh hasil sebesar 89,02% untuk lapis eksisting dan 92,80% untuk lapis tambahan.

Dwiputra, dkk (2021) meneliti tentang Prediksi Sisa Umur Perkerasan Lentur dengan Metode Mekanistik – Empirik Ruas Jalan Prof. DR. Wirjono Prodjodikoro, Yogyakarta. Hasil studi ini menunjukkan bahwa perkerasan jalan di Ruas Jalan Prof. Dr. Wiryono Prodjodikoro mampu mengakomodasi beban repetisi sebesar 13.444.693 ESAL sampai terjadi kerusakan *permanent deformation* pada tahun ke-8, sebesar 38.286.385 ESAL sampai terjadi kerusakan *rutting* pada tahun ke-17, dan sebesar 147.165.814 ESAL sampai terjadi kerusakan *fatigue cracking* pada tahun ke-36. Sebelum tahun ke-8, perkerasan harus diperbaiki agar tidak mengalami kerusakan yang lebih parah.

2.3 Perbedaan Penelitian

Persamaan dan perbedaan penelitian ini dengan penelitian-penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian dengan Penelitian Sebelumnya

Peneliti	Labaso, dkk (2022)	Putra dan Putra (2023)	Panjaitan (2022)	Sodiq (2021)	Dwiputra, dkk (2021)	Penulis
Judul Penelitian	Evaluasi Kerusakan Jalan Menggunakan Metode <i>Pavement Condition Index (PCI)</i> dan <i>Surface Distress Index (SDI)</i> Studi Kasus Jalan Pue Bongo – Kota Palu	Analisis Kerusakan Jalan Dengan Metode <i>Pavement Condition Index</i> Studi Kasus Jalan Raya Tanjungsari-Raya Tandes	Evaluasi Perkerasan Jalan Berdasarkan Metode Bina Marga 2017 dan <i>PCI (Pavement Condition Index)</i> Alternatif Penanganannya	Evaluasi Kondisi Perkerasan Dengan Metode <i>Pavements Condition Index (PCI)</i> dan Nilai Sisa dengan Metode Mekanistik-Empirik Pada Jalan Gito-Gati	Prediksi Sisa Umur Perkerasan Lentur dengan Metode Mekanistik – Empirik Ruas Jalan Prof. DR. Wirjono Prodjodikoro, Yogyakarta	Evaluasi Kerusakan Pada Perkerasan Lentur Menggunakan Metode <i>PCI</i> dan Mekanistik-Empirik dengan Program <i>KENPAVE</i> di Jalan Klangon Tempel
Lokasi Penelitian	Jalan Pue Bongo – Kota Palu	Jalan Raya Tanjungsari-Raya Tandes	Jalan Janti Tegalgondo, Kab. Klaten	Jalan Gito-Gati	Ruas Jalan Prof. DR. Wirjono Prodjodikoro, Yogyakarta	Jalan Klangon Tempel
Metode Penelitian	1. Metode <i>PCI (Pavement Condition Index)</i> 2. Metode <i>SDI (Surface Distress Index)</i>	1. Metode <i>PCI (Pavement Condition Index)</i>	1. Metode <i>PCI (Pavement Condition Index)</i> 2. Metode Bina Marga	1. Metode <i>PCI (Pavement Condition Index)</i> 2. Mekanistik-Empirik dengan Program <i>KENPAVE</i>	1. Mekanistik-Empirik Dengan Program <i>KENPAVE</i>	1. Metode <i>PCI (Pavement Condition Index)</i> 2. Mekanistik-Empirik dengan Program <i>KENPAVE</i>
Hasil Penelitian	Hasil penelitian menunjukkan kondisi perkerasan Jalan Pue Bongo dengan nilai rata-rata <i>PCI</i> yaitu 37,90 menunjukkan	Hasil dari pengamatan diperoleh 13 jenis kerusakan namun dengan kerusakan paling banyak ialah lubang dan tambalan.	Dari hasil pengamatan diperoleh tingkat kerusakan berdasarkan nilai rata – rata <i>PCI</i> yaitu 43,35 (<i>Poor</i>), sedangkan	Hasil dari penelitian dengan metode <i>PCI</i> menunjukkan bahwa pada ruas Jalan Gito-Gati terdapat kerusakan dominan	Hasil studi ini menunjukkan bahwa perkerasan jalan di Ruas Jalan Prof. Dr. Wiryono Prodjodikoro mampu	Hasil dari penelitian dengan metode <i>PCI</i> menunjukkan bahwa kondisi perkerasan pada ruas Jalan Klangon-Tempel (Km

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian dengan Penelitian Sebelumnya

Peneliti	Labaso, dkk (2022)	Putra dan Putra (2023)	Panjaitan (2022)	Sodiq (2021)	Dwiputra, dkk (2021)	Penulis
Hasil Penelitian	kondisi jelek (<i>poor</i>) sedangkan nilai rata-rata SDI yaitu 76,56 dengan kondisi sedang. Penanganan yang direkomendasikan berdasarkan metode PCI yaitu rekonstruksi/daur ulang, untuk metode SDI penanganan yang direkomendasikan yaitu pemeliharaan. Adapun penanganan kerusakan berdasarkan MDP 2017 yaitu kupas dan ganti material di area tertentu.	Nilai PCI yang didapat ialah 3 segmen dengan nilai PCI rata - rata 90 mempunyai nilai sempurna. 17 segmen dengan nilai PCI rata-rata 70 mempunyai nilai sangat baik. 9 segmen dengan nilai PCI rata- rata 66 mempunyai nilai baik. 8 segmen dengan nilai PCI rata-rata 49 mempunyai nilai cukup dan 4 segmen dengan nilai PCI rata-rata 31 mempunyai nilai jelek.	jenis kerusakan yang yang diperoleh yaitu <i>Aligator Cracking, Pothole, Longitudinal Cracking, Patching, Weathering/Raveling, Edge Cracking, Depression, Rutting</i> . Kerusakan ini hanya terjadi dalam beberapa segman saja dan dilakukan perbaikan berdasarkan jenis kerusakan yang ada, yaitu pengisian retak, laburan aspal setempat, dan penambalan. Sesuai perhitungan volume kepadatan lalu lintas dan daya dukung tanah dilakukan perencanaan tebal lapisan ulang sesuai dengan umur rencana yaitu 20 tahun. Hasil Tebal lapis tambah (<i>Overlay</i>) pada ruas Jalan Tegalondo – Janti, Kabupaten Klaten Menurut Analisa Komponen adalah 4 cm dan	berupa retak kulit buaya dengan rerata nilai <i>density</i> 25,85% dan tambalan dengan rerata nilai <i>density</i> 8,33%. Nilai tebal perkerasan tambahan (<i>overlay</i>) diperoleh sebesar 4 cm untuk AC-WC, 6 cm untuk AC-BC dengan metode Bina Marga 2017. Nilai umur sisa perkerasan dengan Program <i>KENPAVE</i> diperoleh untuk lapis perkerasan eksisting jenis kerusakan fatigue cracking dapat mengakomodasi beban sampai tahun ke-6, sedangkan untuk jenis kerusakan <i>Rutting</i> dan permanent deformation dapat mengakomodasi beban sampai tahun ke-20. Pada perkerasan tambahan untuk jenis kerusakan fatigue cracking, kerusakan <i>Rutting</i> dan	mengakomodasi beban repetisi sebesar 13.444.693 <i>ESAL</i> sampai terjadi kerusakan <i>permanent deformation</i> pada tahun ke-8, sebesar 38.286.385 <i>ESAL</i> sampai terjadi kerusakan rutting pada tahun ke-17, dan sebesar 147.165.814 <i>ESAL</i> sampai terjadi kerusakan <i>fatigue cracking</i> pada tahun ke-36. Sebelum tahun ke-8, perkerasan harus diperbaiki agar tidak mengalami kerusakan yang lebih parah.	18,7-19,7) memiliki nilai akhir sebesar 37,85 dan termasuk dalam kategori parah (<i>very poor</i>). Nilai respon tegangan dan regangan pada lapis perkerasan <i>eksisting</i> untuk kerusakan <i>fatigue cracking</i> sebesar 0,0005293 dengan nilai repetisi beban 8.241.170 <i>ESAL</i> , untuk kerusakan <i>rutting</i> sebesar 0,0007689 dengan nilai repetisi beban sebesar 119.424 <i>ESAL</i> dan regangan untuk kerusakan <i>deformation</i> sebesar 0,001036 dengan nilai repetisi beban sebesar 31.432 <i>ESAL</i> . Hasil analisis untuk lapis <i>overlay</i> diperoleh tebal lapis <i>AC-WC</i> 8 cm dan <i>AC-BC</i> 6 cm. Nilai respon tegangan dan regangan pada lapis perkerasan <i>overlay</i> untuk kerusakan <i>fatigue cracking</i> sebesar

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian dengan Penelitian Sebelumnya

Peneliti	Labaso, dkk (2022)	Putra dan Putra (2023)	Panjaitan (2022)	Sodiq (2021)	Dwiputra, dkk (2021)	Penulis
Hasil Penelitian			untuk metode Bina Marga 2017 adalah 3 cm.	permanent deformation dapat mengakomodasi beban sampai tahun ke-20. Nilai umur sisa pada tahun 2020 dengan menggunakan metode Bina Marga 2017 diperoleh hasil sebesar 89,02% untuk lapis eksisting dan 92,80% untuk lapis tambahan.		0,0002434 dengan nilai repetisi beban 75.601.309 <i>ESAL</i> , untuk kerusakan <i>rutting</i> sebesar 0,0003478 dengan nilai repetisi beban sebesar 4.164.857 <i>ESAL</i> dan regangan untuk kerusakan <i>deformation</i> sebesar 0,0003001 dengan nilai repetisi beban sebesar 8.061.443 <i>ESAL</i> . Hasil ini menunjukkan bahwa perkerasan jalan mampu menahan beban lalu lintas untuk kerusakan <i>rutting</i> , <i>fatigue cracking</i> dan <i>deformation</i> sampai tahun 2035.

Sumber : Labaso, dkk (2022), Putra dan Putra (2023), Panjaitan (2022), Sodiq (2021), dan Dwiputra, dkk (2021)

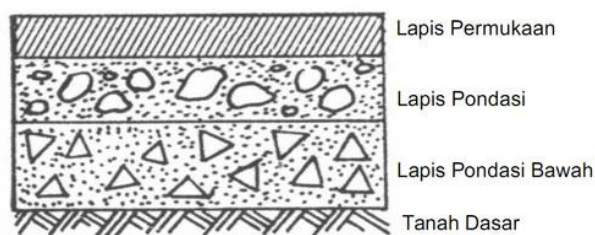
BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Lentur

Perkerasan jalan merupakan sebuah sistem yang terdiri dari beberapa lapisan material yang ditempatkan di atas tanah dasar (*subgrade*). Fungsi utama dari perkerasan adalah untuk menyediakan permukaan yang rata dengan tingkat ketahanan gesek (*skid resistance*) tertentu, serta memiliki umur layanan yang cukup lama dengan pemeliharaan yang minimal.

Salah satu jenis konstruksi jalan yang paling umum di Indonesia adalah konstruksi perkerasan lentur. Kontruksi ini disebut kontruksi perkerasan lentur yang dapat beradaptasi sebagai hasil dari perilaku lentur (terdefleksi) saat mendapatkan beban lalu lintas. Bahan pengikat aspal, yang bersifat *viskoelastik* dan lebih *fleksibel* dibandingkan bahan pengikat semen, yang digunakan pada perkerasan lentur.

Kekuatan perkerasan diperoleh dari ketebalan masing-masing lapisan. Hardiyatmo (2015) menuliskan bahwa perkerasan lentur terdiri dari tiga lapisan utama, yaitu: lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi (*base course*), lapis pondasi bawah (*subbase course*). Susunan elemen perkerasan lentur dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3. 1 Susunan Lapis Perkerasan Lentur

Sukirman (1999) juga menjelaskan tentang kemampuan dari lapisan perkerasan khususnya pada perkerasan lentur, yaitu sebagai berikut.

1. Lapis permukaan (*surface course*), berfungsi sebagai berikut ini.
 - a. Memberikan suatu permukaan yang rata dan tidak licin,
 - b. Mendukung dan menyebarkan beban vertikal maupun horizontal,
 - c. Lapisan kedap air untuk melindungi beban jalan, dan

- d. Lapis aus.
- 2. Lapis pondasi atas (*base course*), berfungsi sebagai berikut ini.
 - a. Lapis pendukung bagi lapis permukaan,
 - b. Pemikul beban horizontal dan vertikal, dan
 - c. Lapis pondasi bagi lapis pondasi bawah.
- 3. Lapis pondasi bawah (*sub base course*), berfungsi sebagai berikut ini.
 - a. Menyebarkan beban roda,
 - b. Lapis peresapan,
 - c. Lapis pencegah masuknya tanah dasar ke lapis pondasi, dan
 - d. Lapisan pertama pada pembuatan struktur perkerasan.
- 4. Tanah dasar (*subgrade*)

Tanah dasar adalah permukaan tanah asli, permukaan galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

3.2 Jenis – Jenis Kerusakan

Menurut Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015), perhitungan PCI juga menyajikan tingkat keparahan kerusakan dan pilihan metode perbaikan. Selain itu, perhitungan PCI juga membagi tingkat keparahan setiap jenis kerusakan menjadi tiga kategori, yaitu “rendah” (*Low*, L), “sedang” (*Medium*, M) dan “tinggi” (*Hard*, H). Adapun jenis-jenis kerusakan perkerasan lentur dan penentuan tingkat kerusakan secara umum adalah sebagai berikut.

1. Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*)

Retak kulit buaya ini muncul sebagai susunan poligon kecil yang tampak seperti kulit buaya, dengan lebar lubang yang lebih menonjol daripada atau setara dengan 3 mm. Retak ini disebabkan oleh kelelahan akibat beban lalu lintas yang berulang-ulang. Tingkat kerusakan berdasarkan identifikasi pada kerusakan retak kulit buaya (*alligator cracking*) dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Identifikasi Tingkat Kerusakan Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
<i>Low</i>	Halus, retak rambut/halus memanjang sejajar satu dengan yang lain, dengan atau tanpa berhubungan satu sama lain. Retakan tidak mengalami gompal	Belum perlu diperbaiki; penutup permukaan; lapisan tambahan (<i>overlay</i>)
<i>Medium</i>	Retak kulit buaya ringan terus berkembang ke dalam pola atau jaringan retakan yang diikuti gompal ringan	Penambalan parsial, atau di seluruh kedalaman; lapisan tambahan, rekonstruksi.
<i>High</i>	Jaringan dan pola retak telah berlanjut, sehingga pecahan-pecahan dapat diketahui dengan mudah, dan terjadi gompal di pinggir. Beberapa pecahan mengalami <i>rocking</i> akibat lalu lintas.	Penambalan parsial, atau di seluruh kedalaman; lapisan tambahan, rekonstruksi

Sumber : Hardiyatmo (2015)

2. Kegemukan (*Bleeding*)

Kerusakan Permukaan perkerasan dipengaruhi oleh kerusakan ini, yang menghasilkan lapisan aspal yang tipis tanpa agregat halus, sehingga permukaan jalan menjadi licin. Disebabkan oleh kadar aspal yang terlalu tinggi. Tingkat kerusakan berdasarkan identifikasi pada kerusakan kegemukan (*bleeding*) disajikan pada Tabel 3.2

Tabel 3. 2 Identifikasi Tingkat Kerusakan Kegemukan (*Bleeding*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
<i>Low</i>	Kegemukan terjadinya hanya pada derajat rendah, dan nampak hanya beberapa hari dalam setahun. Aspal tidak melekat pada sepatu atau roda kendaraan	Belum perlu diperbaiki
<i>Medium</i>	Kegemukan telah mengakibatkan aspal melekat pada sepatu atau roda kendaraan, paling tidak beberapa minggu dalam setahun	Tambahkan pasir/agregat dan padatkan
<i>High</i>	Kegemukan telah begitu nyata dan banyak aspal melekat pada sepatu dan roda kendaraan, paling tidak lebih dari beberapa minggu dalam setahun	Tambahkan pasir/agregat dan padatkan

Sumber : Hardiyatmo (2015)

3. Retak Blok (*Block Cracking*)

Akibat penyusutan perkerasan, retakan ini berbentuk balok-balok besar yang saling berhubungan dengan balok-balok sisi samping yang berukuran antara 0,20 hingga 3 meter. Tingkat kerusakan berdasarkan identifikasi pada kerusakan retak blok (*block cracking*) dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Identifikasi Tingkat Kerusakan Retak Blok (*Block Cracking*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
<i>Low</i>	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan rendah.	Penutupan retak (<i>cracks</i>) bila melebihi 3 mm
<i>Medium</i>	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan sedang	Penutupan retak (<i>seal cracks</i>) mengembalikan permukaan; dikasarkan dengan pemanas dan lapis tambahan
<i>High</i>	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan tinggi	Penutupan retak (<i>seal cracks</i>) mengembalikan permukaan; dikasarkan dengan pemanas dan lapis tambahan

Sumber : Hardiyatmo (2015)

4. Benjol dan Turun (*Bump and Sags*)

Benjol adalah gerakan atau perpindahan ke atas dari permukaan perkerasan aspal, sedangkan penurunan (*sags*) merupakan gerakan ke bawah dari permukaan perkerasan. Apabila perubahan terjadi dalam area yang luas sehingga menyebabkan permukaan aspal mengalami kenaikan secara luas, maka kerusakan tersebut disebut mengembang (*swelling*). Tingkat kerusakan berdasarkan identifikasi pada kerusakan benjol dan turun (*bump and sags*) dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Identifikasi Tingkat Kerusakan Benjol dan Turun (*Bumps and Sags*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
<i>Low</i>	Benjol dan melengkung mengakibatkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan	Belum perlu diperbaiki
<i>Medium</i>	Benjol dan melengkung agak banyak mengganggu kenyamanan kendaraan	<i>Cold mill</i> ; penambalan dangkal, parsial atau di seluruh kedalaman

**Lanjutan Tabel 3.4 Identifikasi Tingkat Kerusakan Benjol dan Turun
(Bumps and Sags)**

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
<i>High</i>	Benjol dan melengkung mengakibatkan banyak gangguan kenyamanan kendaraan	Benjol dan melengkung mengakibatkan banyak gangguan kenyamanan kendaraan

Sumber : Hardiyatmo (2015)

5. Bergelombang (*Corrugation*)

Kerusakan ini berupa keriting atau gelombang pada lapis permukaan, gelombang yang terjadi arahnya melintang atau tegak lurus dengan arah perkerasan. Kerusakan ini biasa terjadi pada tempat berhentinya kendaraan akibat pengereman kendaraan. Tingkat kerusakan berdasarkan identifikasi pada kerusakan gelombang (*corrugation*) dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3. 5 Bergelombang (*Corrugation*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
<i>Low</i>	Gelombang mengakibatkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan	Belum perlu diperbaiki
<i>Medium</i>	Gelombang mengakibatkan agak banyak gangguan kenyamanan kendaraan	Rekonstruksi
<i>High</i>	Gelombang mengakibatkan banyak gangguan kenyamanan kendaraan	Rekonstruksi

Sumber : Hardiyatmo (2015)

6. Amblas (*Depression*)

Bentuk kerusakan yang terjadi berupa amblas atau turunnya lapisan permukaan perkerasan pada area tertentu. Kerusakan ini disebabkan karena beban lalu lintas yang berlebihan. Kerusakan amblas biasanya ditandai dengan munculnya genangan air yang dapat membahayakan pengendara jalan. Tingkat kerusakan berdasarkan identifikasi pada kerusakan amblas (*depression*) dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3. 6 Identifikasi Tingkat Kerusakan Ambblas (*Depression*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
<i>Low</i>	Kedalaman maksimum ambblas ½ - 1 in (13 – 25 mm)	Belum perlu diperbaiki
<i>Medium</i>	Kedalaman maksimum ambblas 1 - 2 in (25 – 51 mm)	Penambalan dangkal, parsial atau seluruh kedalaman
<i>High</i>	Kedalaman maksimum ambblas >2 in (51mm)	Penambalan dangkal, parsial atau seluruh kedalaman

Sumber : Hardiyatmo (2015)

7. Retak Pinggir (*Edge Cracking*)

Kerusakan ini biasanya disebabkan oleh kurangnya dukungan dari arah samping, drainase yang kurang baik, dan terjadinya penyusutan tanah disekitar area. Retak ini terdapat di pinggir jalan dan kemudian akan membentuk retak kulit buaya. Tingkat kerusakan berdasarkan identifikasi pada kerusakan retak pinggir (*edge cracking*) dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3. 7 Identifikasi Tingkat Kerusakan Retak Pinggir (*Edge Cracking*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
<i>Low</i>	Retak sedikit sampai sedang dengan tanpa pecahan atau butiran lepas	Belum perlu diperbaiki, penutupan retak untuk retakan >1/8 in (3 mm)
<i>Medium</i>	Retak sedang dengan beberapa pecahan dan butiran lepas	Penutup retak; penambahan parsial
<i>High</i>	Banyak pecahan atau butiran lepas disepanjang tepi perkerasan	Penambalan parsial

Sumber : Hardiyatmo (2015)

8. Retak Reflektif Sambungan (*Joint Reflection Cracking*)

Retakan ini terjadi pada lapis tambahan dalam perkerasan aspal. Retak dapat ke arah memanjang, melintang, diagonal atau membentuk blok, disebabkan oleh perubahan suhu atau kelembaban yang mengakibatkan pelat beton di bawah lapisan aspal bergerak. Tingkat kerusakan berdasarkan identifikasi pada kerusakan retak reflektif sambungan (*joint reflection cracking*) dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3. 8 Identifikasi Tingkat Kerusakan Retak Reflektif Sambungan (*Joint Reflection Cracking*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
<i>Low</i>	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : 1. Retak tak terisi, lebar < 3/8 in. (10 mm) 2. Retak terisi, sembarang lebar (pengisi kondisi bagus).	Pengisian untuk yang melebihi 1/8 in. (3 mm)
<i>Medium</i>	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : 1. Retak tak terisi, lebar < 3/8 - 3 in. (10 - 76 mm) 2. Retak tak terisi, sembarang lebar sampai 3 in (76 mm) dikelilingi retak acak ringan 3. Retak terisi, sembarang lebar yang dikelilingi retak acak ringan	Penutup retak; penambalan kedalaman parsial.
<i>High</i>	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : 1. Sembarang retak terisi atau tak terisi dikelilingi dengan retak acak, kerusakan sedang atau tinggi. 2. Retak tak terisi lebih dari 3 in. (76 mm) 3. Retak sembarang lebar dengan beberapa inci disekitar retakan, pecah (retak berat menjadi pecahan)	Penambalan kedalaman parsial; rekonstruksi sambungan.

Sumber : Hardiyatmo (2015)

9. Jalur/Bahu Jalan Turun (*Lane/Shoulder Drop-Off*)

Kerusakan ini terjadi akibat adanya beda elevasi antara pinggir perkerasan dengan bahu jalan. Disebabkan oleh kurangnya lebar perkerasan dan adanya erosi pada material bahu jalan. Tingkat kerusakan berdasarkan identifikasi pada kerusakan jalur/bahu jalan turun (*lane/shoulder drop-off*) dapat dilihat pada Tabel 3.9. berikut.

Tabel 3. 9 Identifikasi Tingkat Kerusakan Jalur/Bahu Jalan Turun (*Lane / Shoulder Drop-Off*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
<i>Low</i>	Beda elevasi antara pinggir perkerasan dan bahu jalan 1 – 2 in. (25 – 51 mm)	Perataan kembali dan bahu diurug agar elevasi sama dengan tinggi jalan

Lanjutan Tabel 3. 9 Identifikasi Tingkat Kerusakan Jalur/Bahu Jalan Turun
(Lane/Shoulder Drop-Off)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
<i>Medium</i>	Beda elevasi > 2 – 4 in. (51 – 102 mm)	Perataan kembali dan bahu diurug agar elevasi sama dengan tinggi jalan
<i>High</i>	Beda elevasi > 4 in. (102 mm)	Perataan kembali dan bahu diurug agar elevasi sama dengan tinggi jalan

Sumber : Hardiyatmo (2015)

10. Retak Memanjang/Melintang (*Longitudinal/Transverse Cracking*)

Lapisan pendukung struktur perkerasan yang tidak stabil, perubahan volume tanah dasar, penurunan timbunan, penyusutan pengikat semen pada lapisan pondasi dan tanah dasar, serta ikatan sambungan yang buruk menjadi penyebab kerusakan ini. Tingkat kerusakan berdasarkan identifikasi pada kerusakan retak memanjang/melintang (*longitudinal/transverse cracking*) dapat dilihat pada Tabel 3.10.

Tabel 3. 10 Identifikasi Tingkat Kerusakan Retak Memanjang/Melintang
(*Longitudinal/Transverse Cracking*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
<i>Low</i>	Satu dari kondisi berikut: 1. Retak tak tersisi, lebar < 10 mm, atau 2. Retak tersisi sembarang, lebar.	Belum perlu diperbaiki
<i>Medium</i>	Satu dari kondisi berikut: 1. Retak tak tersisi, lebar 10 – 76 mm 2. Retak tak tersisi sembarang lebar sampai 76 mm dikelilingi retak acak ringan. 3. Retak terisi.	Penutupan retakan
<i>High</i>	Satu dari kondisi berikut: 1. Sembarang retak terisi atau tak terisi dikelilingi oleh retak acak. 2. Retak tak terisi > 76 mm 3. Retak sembarang lebar dengan beberapa mm disekitar rusakan, pecah.	Penambalan kedalaman parsial

Sumber : Hardiyatmo (2015)

11. Tambalan (*Patching*)

Penutup yang diaplikasikan pada bagian perkerasan yang diperbaiki disebut tambalan. Kerusakan pada tambalan sebagian besar disebabkan oleh tidak adanya pemadatan material pondasi (*base*) atau bahan tambalan material aspal. Tingkat kerusakan berdasarkan identifikasi pada kerusakan tambalan (*patching*) dapat dilihat pada Tabel 3.11

Tabel 3. 11 Identifikasi Tingkat Kerusakan Tambalan (*Patching*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
<i>Low</i>	Tambalan dalam kondisi baik dan memuaskan. Kenyamanan kendaraan dinilai terganggu sedikit atau lebih baik	Belum perlu diperbaiki
<i>Medium</i>	Tambalan sedikit rusak dan atau kenyamanan kendaraan agak terganggu	Belum perlu diperbaiki ; tambalan dibongkar
<i>High</i>	Tambalan sangat rusak dan atau kenyamanan kendaraan sangat terganggu	Tambalan dibongkar

Sumber : Hardiyatmo (2015)

12. Agregat Licin (*Polished Aggregate*)

Kerusakan ini berupa licinnya permukaan atas perkerasan, akibat ausnya agregat di permukaan, di mana pada permukaan tersebut butiran-butiran agregat terlihat dan permukaan agregat nya menjadi halus/licin atau kadang terlihat mengkilap. Kerusakan ini sering terjadi pada lokasi yang sering dilewati oleh kendaraan berat ataupun pada daerah yang terjadi gesekan yang tinggi antara permukaan perkerasan dan ban kendaraan contohnya pada tikungan. Tingkat kerusakan perkerasan lentur berdasarkan identifikasi pada kerusakan agregat licin (*polished aggregate*) dapat dilihat pada Tabel 3.12.

Tabel 3. 12 Identifikasi Tingkat Kerusakan Agregat Licin (*Polished Aggregate*)

Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
Tidak ada definisi derajat kerusakan. Tetapi derajat kelicinan harus tampak signifikan, sebelum dilibatkan dalam rating kondisi dan dinilai sebagaikerusakan.	Belum perlu diperbaiki; perawatan permukaan; mill dan lapisan tambahan.

Sumber : Hardiyatmo (2015)

13. Lubang (*Pothole*)

Kerusakan ini berbentuk seperti mangkok yang dapat menampung dan meresapkan air pada badan jalan. Sering terjadi di dekat retakan, atau di daerah yang drainasenya kurang baik. Disebabkan oleh beban lalu lintas, dan campuran material lapis permukaan yang kurang baik. Tingkat kerusakan berdasarkan identifikasi pada kerusakan lubang (*potholes*) dapat dilihat pada Tabel 3.13.

Tabel 3. 13 Identifikasi Tingkat Kerusakan Lubang (*Potholes*)

Kedalaman maksimum	Diameter rata-rata lubang		
	102 – 203 mm	203 – 457 mm	457 – 762 mm
12,7 – 25,4 mm	L	L	M
25,4 – 50,8 mm	L	M	H
> 50,8 mm	M	M	H
L : Belum perlu diperbaiki, penambalan parsial atau di seluruh kedalaman M : Penambalan parsial atau di seluruh kedalaman H : Penambalan di seluruh kedalaman			

Sumber : Hardiyatmo (2015)

14. Persilangan Jalan Rel (*Railroad Crossing*)

Kerusakan pada persilangan jalan rel dapat berupa ambles atau benjolan di sekitar atau antara lintasan rel. Disebabkan karena amblesnya perkerasan yang menimbulkan perbedaan elevasi antara permukaan perkerasan dan permukaan rel. Tingkat kerusakan berdasarkan identifikasi pada kerusakan persilangan jalan rel (*railroad crossing*) dapat dilihat pada Tabel 3.14.

Tabel 3. 14 Identifikasi Tingkat Kerusakan Persilangan Jalan Rel (*Railroad Crossing*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
<i>Low</i>	Persilangan jalan rel menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan	Belum perlu diperbaiki
<i>Medium</i>	Persilangan jalan rel menyebabkan cukup gangguan kenyamanan kendaraan	Penambalan dangkal atau kedalaman parsial; persilangan direkonstruksi
<i>High</i>	Persilangan jalan rel menyebabkan cukup gangguan kenyamanan kendaraan	Penambalan dangkal atau kedalaman parsial; persilangan direkonstruksi

Sumber : Hardiyatmo (2015)

15. Alur (*Rutting*)

Bentuk kerusakan ini terjadi pada lintasan roda sejajar dengan as jalan dan berbentuk alur. Tingkat kerusakan berdasarkan identifikasi pada kerusakan alur (*Rutting*) dapat dilihat pada Tabel 3.15.

Tabel 3. 15 Identifikasi Tingkat Kerusakan Alur (*Rutting*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
<i>Low</i>	Kedalaman alur rata – rata $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ in (6 – 13 mm)	Belum perlu diperbaiki; mill dan lapisan tambahan
<i>Medium</i>	Kedalaman alur rata – rata $\frac{1}{2}$ - 1 in (13 – 25,5 mm)	Penambalan dangkal, parsial atau diseluruh kedalaman; mill dan lapisan tambahan
<i>High</i>	Kedalaman alur rata – rata > 1 in (>25,4 mm)	Penambalan dangkal, parsial atau diseluruh kedalaman; mill dan lapisan tambahan

Sumber : Hardiyatmo (2015)

16. Sungkur (*Shoving*)

Kerusakan ini membentuk jembulan pada lapisan aspal, biasanya terjadi pada lokasi dimana kendaraan berhenti pada kelandaian yang curam atau tikungan tajam. Biasanya timbul di salah satu sisi jejak roda, terjadinya kerusakan ini dapat diikuti atau tanpa diikuti oleh retak. Kerusakan ini biasanya hanya terjadi pada campuran beraspal yang tidak stabil (misal campuran yang menggunakan aspal cair atau aspal emulsi). Selain itu, sungkur juga dapat terjadi pada lapis beton yang berbatasan dengan perkerasan kaku. Tingkat kerusakan berdasarkan identifikasi pada kerusakan sungkur (*shoving*) dapat dilihat pada Tabel 3.16.

Tabel 3. 16 Identifikasi Tingkat Kerusakan Sungkur (*Shoving*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
<i>Low</i>	Sungkur menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan	Belum perlu diperbaiki; <i>Mill</i>
<i>Medium</i>	Sungkur menyebabkan cukup gangguan kenyamanan kendaraan	<i>Mill</i> ; penambalan parsial atau diseluruh kedalaman
<i>High</i>	Sungkur menyebabkan cukup gangguan kenyamanan kendaraan	<i>Mill</i> ; penambalan parsial atau diseluruh kedalaman

Sumber : Hardiyatmo (2015)

17. Retak Selip (*Slippage Cracking*)

Retak selip adalah retak yang seperti bulan sabit yang diakibatkan oleh gayagaya horizontal yang berasal dari kendaraan, disebabkan karena kurangnya ikatan antar lapisan. Biasa terjadi di tempat-tempat kendaraan mengerem, yaitu pada saat turun dari bukit. Tingkat kerusakan berdasarkan identifikasi pada kerusakan retak slip (*slippage cracking*) dapat dilihat pada Tabel 3.17.

Tabel 3. 17 Identifikasi Tingkat Kerusakan Retak Slip (*Slippage Cracking*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
<i>Low</i>	Retak rata – rata lebar < 3/8 in. (10 mm)	Belum perlu diperbaiki; penambalan parsial
<i>Medium</i>	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : 1. Retak rata-rata 3/8 – 1,5 in. (10 – 38 mm) 2. Area disekitar retakan pecah, ke dalam pecahan-pecahan terikat	Penambalan parsial
<i>High</i>	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : 1. Retak rata-rata >1/2 in. (>38 mm) 2. Area disekitar retakan, pecah ke dalam pecahan-pecahan mudah terbongkar	Penambalan parsial

Sumber : Hardiyatmo (2015)

18. Mengembang (*Swell*)

Kerusakan ini terjadi karena perkerasan yang naik akibat tanah dasar atau dari bagian struktur perkerasan yang mengembang, sehingga menyebabkan retak pada permukaan aspal. Tingkat kerusakan berdasarkan identifikasi pada kerusakan mengembang (*swell*) dapat dilihat pada Tabel 3.18.

Tabel 3. 18 Identifikasi Tingkat Kerusakan Mengembang (*Swell*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
<i>Low</i>	Pengembangan menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan. Gerakan keatas terjadi bila ada pengembangan	Belum perlu diperbaiki
<i>Medium</i>	Pengembangan menyebabkan cukup gangguan kenyamanan kendaraan	Belum perlu diperbaiki; rekonstruksi

Lanjutan Tabel 3. 18 Identifikasi Tingkat Kerusakan Mengembang (*Swell*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
<i>High</i>	Pengembangan menyebabkan gangguan besar kenyamanan kendaraan cukup gangguan kenyamanan kendaraan	Rekonstruksi

Sumber : Hardiyatmo (2015)

19. Pelapukan dan Butiran Lepas (*Weathering and Raveling*)

Pelapukan dan butiran lepas adalah disintegrasi permukaan perkerasan aspal melalui pelepasan partikel agregat yang berkelanjutan, berawal dari permukaan menuju ke bawah atau dari pinggir ke dalam. Butiran agregat kemudian lepas dari permukaan perkerasan, akibat lemahnya pengikat antar partikel agregat, dan akibat beban lalu lintas. Tingkat kerusakan berdasarkan identifikasi pada kerusakan pelapukan dan butiran lepas (*weathering and raveling*) dapat dilihat pada Tabel 3.19.

Tabel 3. 19 Identifikasi Tingkat Kerusakan Pelepasan Butir (*Weathering and Raveling*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Untuk Perbaikan
<i>Low</i>	Agregat atau bahan pengikat mulai lepas. Dibeberapa tempat, permukaan mulai berlubang.	Belum perlu diperbaiki, penutup permukaan, perawatan permukaan
<i>Medium</i>	Agregat atau pengikat telah lepas. Tekstur permukaan agak kasar dan berlubang.	Belum perlu diperbaiki, perawatan, permukaan, lapisan tambahan
<i>High</i>	Agregat atau pengikat telah banyak lepas. Tekstur permukaan sangat kasar dan mengakibatkan banyak lubang. Diameter luasan lubang <4 in (10mm) dan kedalaman ½ in (13 mm). Luas lubang lebih besar dari ukuran ini, dihitung sebagai kerusakan lubang (<i>potholes</i>).	Penutup permukaan, Lapisan tambahan, <i>recycle</i> , rekonstruksi

Sumber : Hardiyatmo (2015)

3.3 Metode PCI (*Pavement Condition Index*)

Pavement Condition Index adalah salah satu sistem penilaian kondisi perkerasan jalan dengan mempertimbangkan jenis dan tingkat kerusakan yang terjadi dan dapat digunakan sebagai acuan dalam usaha pemeliharaan. Metode PCI memberikan informasi mengenai kondisi perkerasan pada saat survei dilakukan, dan tidak dapat memberikan gambaran mengenai prediksi dimasa mendatang, sehingga perlu untuk melakukan survei secara berkala agar dapat berguna untuk prediksi kinerja perkerasan dimasa mendatang (Hardiyatmo, 2015).

Perhitungan dalam metode PCI dilakukan dengan membagi ruas jalan menjadi beberapa bagian untuk dihitung, sehingga dalam upaya pemeliharaan dan perbaikannya dapat dipilih ruas jalan yang sesuai prioritas. Hal ini membuat biaya perbaikan dan pemeliharaan menjadi lebih hemat (Hardiyatmo, 2015).

3.3.1 Indeks Kondisi perkerasan atau PCI (*Pavement Condition Index*)

Indeks kondisi perkerasan adalah tingkat kondisi permukaan perkerasan dan ukurannya sejauh kemampuan penggunaan yang menyinggung kondisi dan kerusakan pada permukaan perkerasan yang terjadi. Nilainya berkisar antara 0 hingga 100. Nilai 0, menunjukkan kondisi perkerasan yang sangat buruk, dan nilai 100 menunjukkan kondisi perkerasan yang masih baik (Shahin 1994).

3.3.2 Perhitungan PCI (*Pavement Condition Index*)

Dalam perhitungan metode PCI dapat diketahui dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Menentukan Nilai Kerapatan (*Density*)

Kerapatan merupakan persentase luas atau panjang total dari satu jenis kerusakan terhadap luas atau panjang total bagian setiap segmen yang telah diukur. Dengan demikian, kerapatan kerusakan dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Kerapatan (density) (\%)} = \frac{Ad}{As} \times 100 \quad (3.1)$$

Atau

$$\text{Kerapatan (density) (\%)} = \frac{Ld}{As} \times 100 \quad (3.2)$$

dengan:

A_d = luas total dari satu jenis kerusakan (m^2),

A_s = luas total segmen (m^2), dan

L_d = panjang total jenis kerusakan untuk tiap tingkat kerusakan (m).

2. Menentukan Nilai Pengurangan (*Deduct Value*)

Nilai pengurangan (*deduct value*) merupakan sebuah nilai untuk setiap jenis kerusakan yang didapatkan dari kurva hubungan kerapatan (*density*) dan tingkat keparahan (*severity level*) kerusakan. Nilai pengurang digunakan sebagai tipe faktor pemberat yang menggambarkan kombinasi berbagai tipe kerusakan, tingkat keparahan kerusakan dan kerapatan.

3. Menentukan Nilai Pengurangan Ijin Maksimum (m)

Nilai pengurangan ijin maksimum digunakan untuk mengetahui jumlah data *deduct value* yang bisa dipergunakan. Data tersebut berpengaruh untuk menentukan jumlah q. Nilai q adalah jumlah *individual deduct value* yang nilainya lebih besar dari 5 untuk bandara, dan yang lebih besar dari 2 untuk jalan yang diperkeras. Untuk menentukan nilai pengurangan ijin maksimum bisa menggunakan persamaan 3.3 dan 3.4 berikut.

Untuk perkerasan bandara :

$$m_i = 1 + (9/95) (100 - HDV_i) \quad (3.3)$$

untuk perkerasan permukaan jalan :

$$m_i = 1 + (9/98) (100 - HDV_i) \quad (3.4)$$

dengan:

m_i = jumlah pengurangan ijin untuk unit sampel i

HDV_i = angka *deduct value* tertinggi untuk sampel i

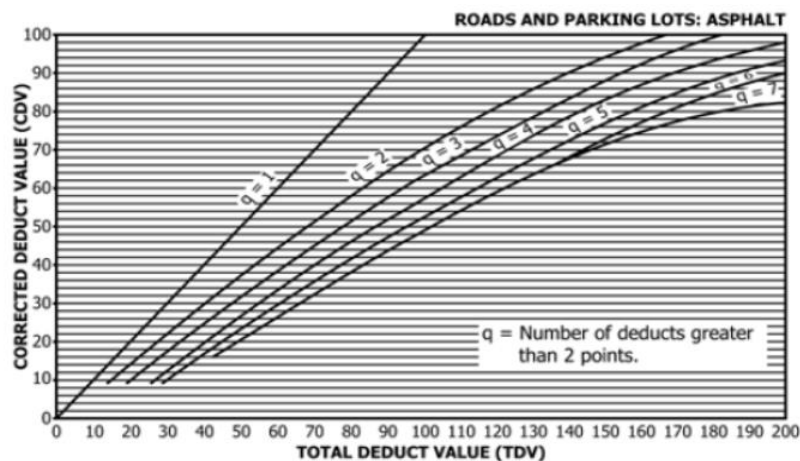
Jika nilai m yang diperoleh melebihi *Deduct Value* yang tersedia, maka seluruh *Deduct Value* akan digunakan pada perhitungan berikutnya. Namun, jika nilai m lebih kecil dari *Deduct Value* yang tersedia, maka *Deduct Value* yang akan digunakan hanya sejumlah m.

4. Menentukan Nilai Pengurangan Total (*Total Deduct Value, TDV*)

Nilai Pengurang Total atau *TDV* merupakan penjumlahan total dari nilai pengurang (*DV*) pada masing-masing unit sampel. Nilai *Total Deduct Value* (Nilai pengurangan total) dan *Corrected Deduct Value*, nilai individual *deduct value* perlu dikoreksi dengan nilai *m*.

5. Menentukan Nilai Pengurangan Terkoreksi (*Corrected Deduct Value, CDV*)

Nilai pengurang terkoreksi atau *CDV* diperoleh dari hubungan antara nilai pengurang total (*TDV*) dan nilai pengurang (*DV*) dengan memilih kurva yang sesuai. Jika nilai *CDV* didapatkan lebih kecil dari nilai pengurangan tertinggi (*HDV*), maka *CDV* yang digunakan adalah nilai pengurangan individual tertinggi. Nilai *CDV* dapat ditentukan menggunakan grafik pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3. 2 Grafik *Corrected Deduct Value*

(Sumber : ASTM D6433, 2018)

6. Menentukan Nilai PCI

Setelah diperoleh nilai *CDV*, maka nilai *PCI* untuk setiap unit sampel dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.5.

$$PCIs = 100 - CDV \quad (3.5)$$

dengan:

PCIs = *PCI* untuk setiap unit segmen atau unit penelitian,

CDV = *CDV* dari setiap unit sampel.

Sedangkan untuk menentukan nilai PCI secara keseluruhan pada ruas jalan tertentu dapat menggunakan Persamaan 3.6.

$$PCI_f = \frac{\sum PCI_s}{N} \quad (3.6)$$

dengan:

PCI_f = nilai PCI rata-rata dari seluruh area penelitian,

PCI_s = nilai PCI untuk setiap unit segmen, dan

N = jumlah unit segmen.

Nilai PCI_f yang diperoleh, kemudian digunakan untuk penilaian kondisi perkerasan.

7. Rating

Rating adalah kondisi tingkat keparahan dari kerusakan perkerasan tiap segmen atau keseluruhan yang didapatkan setelah nilai *PCI (Pavement Condition Index)* diperoleh. Hubungan antara nilai *PCI* dengan kondisi jalan dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3. 20 Nilai PCI dan Kondisi

Nilai PCI	Kondisi Perkerasan
0 – 10	<i>Failed</i>
11 – 25	<i>Serious</i>
26 – 40	<i>Very Poor</i>
41 – 55	<i>Poor</i>
56 – 70	<i>Fair</i>
71 – 85	<i>Satisfactory</i>
86 -100	<i>Good</i>

Sumber: ASTM D6433 (2018)

3.4 Metode Mekanistik-Empiris

Metode mekanistik-empiris merupakan metode perkerasan jalan yang dikembangkan dari kombinasi metode mekanistik dan metode empiris. Metode empiris merupakan metode yang dikembangkan berdasarkan dari pengalaman penelitian dari jalan-jalan yang khusus untuk penelitian maupun dari jalan yang sudah ada. Pada pendekatan empiris ini didasarkan pada hasil percobaan ataupun penelitian. Metode ini seringkali digunakan sebagai pembantu ketika peneliti

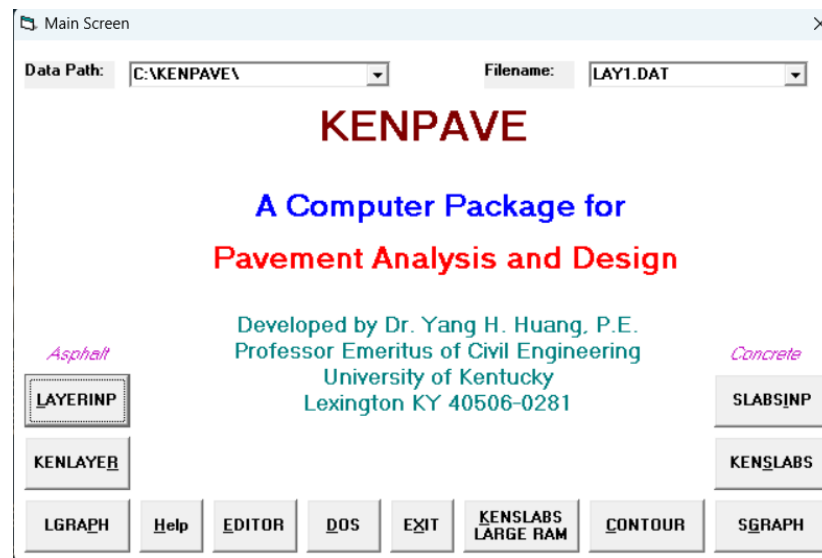
mengalami kesulitan dalam mendefinisikan teoritis penyebab dan efek yang tepat dari suatu fenomena.

Metode mekanistik merupakan suatu metode yang mengembangkan kaidah teoritis dari karakteristik material perkerasan, yang dilengkapi dengan perhitungan secara eksak terhadap respon struktur perkerasan terhadap sumbu kendaraan dengan mengasumsikan perkerasan jalan menjadi *multi layer elastic structure* untuk perkerasan lentur dan *beam on elastic foundation* untuk perkerasan kaku. Akibat dari beban kendaraan yang bekerja di atasnya maka timbul tegangan dan regangan pada struktur tersebut.

Menurut Huang (2004), metode mekanistik-empiris adalah metode dengan pendekatan campuran. Metode ini bergantung pada mekanika material dan memerlukan data seperti beban roda dan respon perkerasan seperti tegangan dan regangan. Hasil dari nilai respon digunakan untuk memprediksi nilai tekanan tes laboratorium dan kinerja di lapangan. Oleh karena itu perlu dilakukan pengamatan kinerja perkerasan karena teori saja belum terbukti cukup untuk desain perkerasan secara realistis.

3.4.1 Program KENPAVE

Program *KENPAVE* merupakan suatu *software* desain perencanaan perkerasan yang dikembangkan oleh Dr. Yang Huang, dengan menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic*. Pada Program *KENPAVE* ini terdapat empat program yaitu *LAYERINP*, *KENLAYER*, *SLABINP* dan *KENSLAB*. Perbedaan dari empat program ini adalah *LAYERINP* dan *KENLAYER* digunakan untuk menganalisis perkerasan lentur berdasarkan teori sistem lapis banyak, sedangkan *SLABINP* dan *KENSLAB* digunakan untuk menganalisis perkerasan kaku berdasarkan metode elemen hingga. Tampilan awal dari program *KENPAVE* dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3. 3 Tampilan Awal Program KENPAVE

Pada penelitian ini program yang digunakan adalah *LAYERINP* dan *KENLAYER* untuk mengetahui nilai regangan, tegangan dan lendutan yang terjadi pada permukaan perkerasan akibat adanya beban tertentu.

- Tegangan, yaitu intensitas internal dalam struktur perkerasan pada berbagai titik dengan satuan (N/m², Pa atau Psi).
- Regangan, yaitu rasio perubahan bentuk dari bentuk asli (mm/mm atau in/in), karena regangan di dalam perkerasan nilainya sangat kecil sehingga dinyatakan dalam *microstrain* (10⁻⁶).
- Defleksi/lendutan, yaitu perubahan linier dalam suatu bentuk yang dinyatakan dalam satuan panjang (μ m atau inch atau mm).

Program *KENPAVE* akan membantu mempermudah perhitungan respon nilai tegangan, regangan, dan lendutan pada berbagai titik di struktur perkerasan. Adapun beberapa titik penting yang digunakan dalam menganalisis struktur perkerasan dapat dilihat pada Tabel 3.21 dan Gambar 3. 4 berikut.

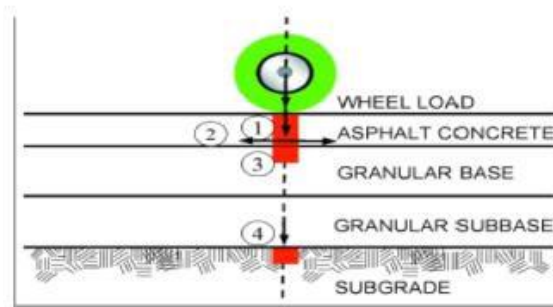
Tabel 3. 21 Analisis Titik Kritis Pada Struktur Perkerasan

Lokasi Titik	Respon Struktur	Kegunaan
Bagian bawah pada lapis beraspal	Regangan tarik arah horizontal (ϵ_t)	Memprediksi kerusakan <i>fatigue cracking</i> pada lapis beraspal
Bagian atas lapis pondasi atas atau bawah	Regangan desak arah vertikal (ϵ_c)	Memprediksi kerusakan <i>rutting</i> pada lapis pondasi atas atau bawah

Lanjutan Tabel 3. 21 Analisis Titik Kritis Pada Struktur Perkerasan

Lokasi Titik	Respon Struktur	Kegunaan
Bagian atas lapis tanah dasar (<i>subgrade</i>)	Regangan desak arah vertikal (ϵ_c)	Memprediksi kerusakan <i>permanent deformation</i> pada lapis tanah dasar

Sumber: Tolab, dkk 2022

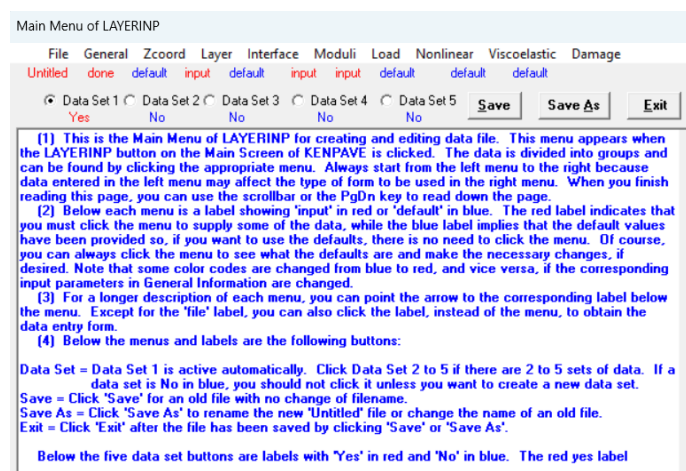


Gambar 3. 4 Lokasi Tegangan dan Regangan Kritis Perkerasan Lentur

Sumber: Kamil (2007) dalam Sodiq (2021)

3.4.2 Program KENLAYER

Program *KENLAYER* hanya dapat diaplikasikan pada jenis perkerasan lentur dan dapat diaplikasikan disetiap lapis yang memiliki perilaku berbeda, seperti *linier*, *non linier*, dan viskoelastis. Selain itu, Program ini dapat diaplikasikan pada empat jenis sumbu roda yaitu sumbu tunggal roda tunggal, sumbu tunggal roda ganda, sumbu tandem dan sumbu tripel. Program *KENLAYER* dapat dijalankan setelah dilakukan *input* data pada program *LAYERINP* terlebih dahulu. Tampilan awal dari program *LAYERINP* dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut.

Gambar 3. 5 Tampilan Layar *LAYERINP*

Pada tampilan layar *LAYERINP* terdapat beberapa menu yang sudah *default* sehingga tidak perlu untuk diinput. Berikut ini adalah penjelasan dari beberapa menu yang berada pada tampilan layar *LAYERINP*.

1. *File*

Pada menu *file* ini terdapat pilihan *New* dan *Old*, dimana *New* untuk membuat *file* baru dan *Old* untuk *file* yang sudah ada.

2. *General*

Pada menu *general* ini memuat beberapa informasi umum yang perlu diinput mengenai suatu perkerasan yang akan dianalisis. Tampilan pada menu *general* ini dapat dilihat pada Gambar 3.6.

General Information of LAYERINP for Set No. 1	
TITLE	PROPOSAL SKRIPSI
Type of material (1=linear, 2=nonlinear, 3=viscoelastic, 4=combined) (MATL)	1
Damage analysis (0=no, 1=yes with summary only, 2=yes with detailed printout) (NDAMA)	0
Number of periods per year (NPY)	1
Number of load groups (NLG)	1
Tolerance for numerical integration (DEL)	0.001
Number of layers (NL)	3
Number of Z coordinates for analysis (NZ)	0
Maximum cycles of numerical integration (ICL)	80
Type of responses (1=displacements only, 5=plus stresses, 9=plus strains) (NSTD)	9
All layer interfaces bonded (1=yes, 0-if some are frictionless) (NBOND)	1
Number of layers for bottom tension (NLBT)	1
Number of layers for top compression (NLTC)	1
System of units (0=English, 1=SI) (NUNIT)	0

(1) This form appears when the 'General' on the Main Menu of LAYERINP is clicked. You can override any of the default values by typing in a new value. You can use the Tab key to move the cursor from one textbox to the next or just click on the textbox before typing. The use of click has the advantage that you don't have to delete the default before typing in the data you want. If you want to read the remaining text, you can use the scrollbar. You can also use the PgDn key after clicking this textbox to make it active.

(2) TITLE (title of run): Any title or comment can be typed on one line. The title should not be longer than 68 characters including spaces. If you make a mistake in typing, use the Del key to erase any typographical errors. When the total length reaches 68, no additional characters can be added. No comma should be used in TITLE. Use colon or semicolon instead.

(3) MATL (types of material): 1 when all layers are linear elastic, 2 when some layers are nonlinear

Gambar 3. 6 Tampilan Menu *General*

Menu yang diharuskan untuk diinput sebagai berikut.

- Title* merupakan judul dari analisis yang dilakukan.
- MATL merupakan tipe dari material. (1) jika seluruh lapisan merupakan linier elastis, (2) jika lapisan merupakan non linear elastis, (3) jika lapisan merupakan viskoelastis, dan (4) jika lapisan merupakan campuran dari ketiga lapisan.
- NDAMA merupakan analisis kerusakan. (0) jika tidak ada kerusakan analisis, (1) terdapat kerusakan analisis dan terdapat hasil *print out*, (2) terdapat kerusakan analisis dan ada hasil *print out* yang lebih detail.
- DEL merupakan akurasi hasil, dengan standar akurasi 0,001.

- e. NL merupakan jumlah *layer*/jumlah lapis, jumlah *layer* ini maksimum 19 lapisan.
- f. NZ merupakan letak koordinat terhadap arah Z yang dianalisis. Apabila NDAMA = 1 atau 2, maka NZ = 0 karena pada program ini menganalisis pada koordinat yang mengalami analisis kerusakan.
- g. NSTD terdapat pilihan berupa, (1) untuk *vertical displacement*, (5) untuk *vertical displacement* dan nilai tegangan, (9) untuk *vertical displacement*, nilai tegangan dan nilai regangan.
- h. NBOND terdapat pilihan berupa, (1) jika antar semua lapisan saling berhubungan, (2) jika setiap antar lapisan tidak terikat
- i. NUNIT merupakan satuan yang akan digunakan, (0) satuan *English*, (1) satuan SI.

3. Zcoord

Zcoord merupakan jumlah poin yang terdapat pada menu ini yang sama dengan jumlah NZ pada menu *general*. ZC merupakan jarak vertikal dimana jarak tersebut dianalisis oleh programnya. Tampilan Zcoord dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut.

Unit in.

Point No.	ZC
1	0
2	0

(1) This form appears when the 'Zcoord' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of Z coordinates on this form is equal to NZ, as specified in the 'General' menu. This form is different from the one used for General Information in that a dotted rectangle, instead of the cursor, is used to indicate the active cell. If the dotted rectangle is not the location for input, you can use the arrow key to move the dotted rectangle to the cell you want to input, or more conveniently by clicking the cell you want. After you type in the data, the dotted rectangle will be changed into a three dimensional box and you must press the Enter key to make it effective. You can also use the up and down arrow keys to make the entry effective. You should not click the other cell before pressing the Enter key, otherwise the data you have typed will move to the cell you click.

(2) ZC (vertical distance, or z coordinate, of each response point): When the point is located exactly at the interface between two layers, the results are at the bottom of upper layer. If the results at the top of lower layer are desired, a slightly larger z coordinate, say 0.0001 larger, should be used.

(3) After typing in the data in the first cell, move to the next cell by pressing the Enter or arrow down key.

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

nk

Gambar 3. 7 Tampilan Zcoord

4. Layer

Pada menu *layer* terdapat tabel TH (*thickness of each layer*) dan PR (*poisson's ratio of each layer*). Tampilan *layer* t dapat dilihat pada Gambar 3.8 berikut.

Layer Thickness, Poisson's Ratio and Unit Weight for Data Set No. 1

After typing the value in a cell, be sure to press the Enter key to make it effective.

Unit	in.	pcf
Layer No.	TH	PR
1	0	0
2	0	0
3	XXXXXXXXXX	0

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

(1) This form appears when the 'Layer' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of layers on this form is equal to NL, as specified in the 'General' menu. This form is different from the one used for General Information in that a dotted rectangle, instead of the cursor, is used to indicate the active cell. If the dotted rectangle is not the location for input, you can use the arrow key to move the dotted rectangle to the cell you want to input, or more conveniently by clicking the cell you want. After you type in the data, the dotted rectangle will be changed into a three dimensional box and you must press the Enter key to make it effective. You can also use the up and down arrow keys to make the entry effective. Note that the dotted rectangle is now in the upper left cell, so you can type in the data right away. If you want to read the remaining text and use the PgDn key, instead of the scrollbar, you

OK

Gambar 3. 8 Tampilan Layer

5. Interface

Pada menu *inface* ini berkaitan dengan *NBOND* yang terdapat pada menu *general* sebelumnya. Apabila *NBOND* = 1, maka pada menu *interface default*. Apabila *NBOND* = 2, maka pada menu *interface* muncul seperti pada Gambar 3.9.

Type of Interface for Data Set No. 1

Interface No.	INT
1	0
2	0

(1) This form appears when the 'Interface' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of interfaces on this form is equal to NL - 1, where NL is specified in the 'General' menu.
 (2) INT (condition of each interface): Assign 1 for bonded interface and 0 for frictionless interface.
 (3) After typing in the data in the first cell, move to the next cell by pressing the Enter. After the last cell is filled, be sure to click the Enter key.
 (4) You cannot delete or add a line on this form.
 (5) Upon completion, click the OK button at the lower right corner to return to the Main Menu of LAYERINP.

OK

Gambar 3. 9 Tampilan Interface

6. Modult

Pada menu *moduli* jumlah periodenya sama dengan jumlah NPY yang terdapat pada menu *general* sebelumnya. Pada menu moduli ini maksimum periodenya adalah 12. Tampilan menu *moduli* dan *period* dapat dilihat pada Gambar 3.10 dan Gambar 3.11.

Layer Modulus of each period for Data Set No. 1

Period1

(1) This form appears when the 'Moduli' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of periods on this form is equal to NPY, as specified in the 'General' menu. The 12 buttons on the form indicates that a maximum of 12 periods may be used. However, only the periods being actually specified are marked with the period number on the button.

(2) Below the period button is a label showing 'input' in red, indicating that there are no defaults and you must enter the elastic modulus for each layer. After the data are entered, the letter 'input' will be changed to 'done'.

(3) Now you can click the Period1 button to enter the data. After the data for all periods are entered, as indicated by 'done' under each period button, click OK to return to the Main Menu of LAYERINP.

OK

Gambar 3. 10 Tampilan Moduli

Layer Moduli for Period No. 1 and Data Set No. 1

Unit psi

Layer No.	E
1	0
2	0
3	0

(1) This form appears when the period button on the Layer Modulus of Each Period is clicked. The number of layers on this form is equal to NL, as specified in the 'General' menu.

(2) E (elastic modulus of each layer): Use as the assumed modulus for the first iteration when the layer is nonlinear. If more convenient, you can enter the modulus in exponential form such as 1.234E5. Assign 0 or any value for viscoelastic layer.

(3) After typing the data in the first cell, move to the next cell by pressing the Enter or arrow down key. After the last cell is filled, be sure to click the Enter key.

(4) You can delete a line, or one layer, by first clicking anywhere on the line to make it active and then press the <Ctrl>- keys. The NL in the 'general' menu will be reduced automatically by 1.

(5) You can add a new line, or one more layer, above any given line by first clicking the cell in the given line to make it active and then press the <Ctrl>-<Ins>. A blank line will appear for you to enter the necessary data. The NL in the 'General' menu will increase automatically by 1. If you want to add a line after the last line, you can change NL in the 'General' menu by adding 1 and a blank line will appear as the last line. Remember that always use the <Ctrl>-<Ins>

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

OK

Gambar 3. 11 Tampilan Period1

7. Load

Jumlah unit yang terdapat pada menu ini sama dengan jumlah NLG yang terdapat pada menu *general* sebelumnya. Pada kolom terdapat *LOAD*, *CR*, *CP*, *YW*, *XW* dan *NR or NPT*. *LOAD* (0) merupakan sumbu tunggal pada tunggal tunggal, *CR* merupakan radius untuk kontak pembebanan, *CP* merupakan nilai untuk bebannya, *YW* merupakan jarak antar roda arah Y, *XW* merupakan jarak antar roda arah x. *NR or NPT* adalah titik koordinat tegangan dan regangan yang akan ditinjau. Tampilan menu *load* dapat dilihat pada Gambar 3.12.

Load Information for Data Set No. 1

Double click anywhere on a line to get auxiliary form for NR or NPT.

Unit	in.	psi	in.	in.		
Load Group No	LOAD	CR	CP	YW	XW	NR or NPT
1	0	0	0	0	0	

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

(1) This form appears when the 'Load' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of lines, or load groups, is equal to NLG, as specified in the 'General' menu. Please refer to Figure 3.8 for wheel and axle arrangements.
 (2) LOAD (type of loading): Assign 0 for single axle with single tire, 1 for single axle with dual tires, 2 for tandem axles, and 3 for tridem axles.
 (3) CR (contact radius of circular loaded areas).
 (4) CP (contact pressure on circular loaded areas).
 (5) YW (center to center spacing between two dual wheels along the y axis): Assign 0 if there is only one wheel or LOAD = 0.
 (6) XW (center to center spacing between two axles along the x axis): Assign 0 if only one axle exists, i.e. LOAD = 0 or 1.
 (7) NR (number of radial coordinates to be analyzed under a single wheel, maximum 25): A single

Gambar 3. 12 Tampilan Load

8. *Nonlinear, Viscoelastic dan Damage*

Merupakan parameter lain dalam menu general dengan nilai yang sendirinya mengikuti dengan nilai yang sudah diinput sebelumnya.

3.4.3 Karakteristik Material

Karakteristik material perkerasan merupakan salah satu input penting dalam program *KENLAYER*. Terdapat beberapa data yang harus diisi sebagai parameter untuk tiap lapisan perkerasan yaitu modulus elastisitas, *poisson's ratio* dan tebal lapisan perkerasan.

1. Modulus elastisitas

Hampir semua bahan elastis yang artinya dapat kembali ke bentuk semula setelah ditekan maupun diregangkan. Modulus elastisitas merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan suatu benda. Nilai modulus elastisitas dapat menggunakan Persamaan 3.7.

$$E = \frac{\tau}{\epsilon} \quad (3.7)$$

dengan:

E = Modulus elastisitas (kPa atau Psi),

τ = Tegangan (kPa), dan

ϵ = Regangan.

Nilai modulus elastisitas menurut Huang (2004) dapat dilihat pada Tabel

3.22 berikut.

Tabel 3. 22 Nilai Modulus Elastisitas Berdasarkan Jenis Bahan Perkerasan

Jenis Bahan/Material	Modulus Elastisitas	
	Psi	Kpa
<i>Cement Treated Granular Base</i>	$1 \times 10^6 - 2 \times 10^6$	$7 \times 10^6 - 14 \times 10^6$
Campuran agregat semen	$5 \times 10^5 - 1 \times 10^6$	$35 \times 10^5 - 7 \times 10^6$
<i>Asphalt Treated Base</i>	$7 \times 10^4 - 45 \times 10^4$	$49 \times 10^4 - 3 \times 10^6$
Aspal beton	$2 \times 10^4 - 2 \times 10^6$	$14 \times 10^4 - 14 \times 10^6$
Campuran distabilisasi bitumen	$4 \times 10^4 - 3 \times 10^5$	$28 \times 10^4 - 21 \times 10^5$
Campuran distabilisasi kapur	$2 \times 10^4 - 7 \times 10^4$	$14 \times 10^4 - 49 \times 10^4$
Material berbutir tidak terikat	$15 \times 10^3 - 45 \times 10^3$	$105 \times 10^3 - 315 \times 10^3$
Berbutir halus/material tanah dasar	$3 \times 10^3 - 4 \times 10^4$	$21 \times 10^3 - 28 \times 10^4$

Sumber: Huang (2004)

2. *Poisson's Ratio*

Poisson's ratio adalah angka perbandingan antara regangan horizontal dan regangan vertikal yang disebabkan oleh beban sumbu sejajar dan regangan aksial. Nilai *poisson's ratio* dapat dilihat pada Tabel 3.23

Tabel 3. 23 Nilai *Poisson's Ratio*

Bahan Material	Nilai μ	μ tipikal
Beton semen portland	0,15 – 0,20	0,35
Campuran aspal panas	0,30 – 0,40	0,15
Material berbutir	0,30 – 0,40	0,35
Material berbutir semen	0,10 – 0,20	0,15
Tanah halus berbutir semen	0,15 - 0,35	0,25
Material distabilisasi kapur	0,10 – 0,25	0,20
Campus <i>fly ash</i>	0,10 – 0,15	0,15
Pasir lepas atau pasir lanau	0,20 – 0,40	0,30
Pasir padat	0,30 – 0,45	0,35
Tanah berbutir halus	0,30 – 0,50	0,4
Lempung lunak	0,40 – 0,50	0,45

Sumber: Huang (2004)

Karakteristik untuk nilai modulus bahan pengikat (*bounded materials*) dan tanah dasar berdasarkan Manual Desain Bina Marga 2017 dapat dilihat pada Tabel 3.24 berikut ini.

Tabel 3. 24 Karakteristik Modulus Bahan Pengikat untuk Pengembangan Bagan Desain dan Analisis Mekanistik

Jenis Bahan	Modulus Tipikal (MPa)	Poisson's Ratio	Koefisien Relatif (a)
HRS WC	800	0,4	Sesuai PdT-01-2002-B
HRS BC	900		
AC WC	1100		
AC BC (Lapis Atas)	1200		
AC Base / AC BC (sebagai base)	1600		
Bahan bersemen (CTB)	500 retak (<i>post cracking</i>)	0,2 (mulus) 0,35 (retak)	
Tanah dasar (d disesuaikan musim)	10 x CBR	0,45 (tanah kohesif) 0,35 (tanah non kohesif)	

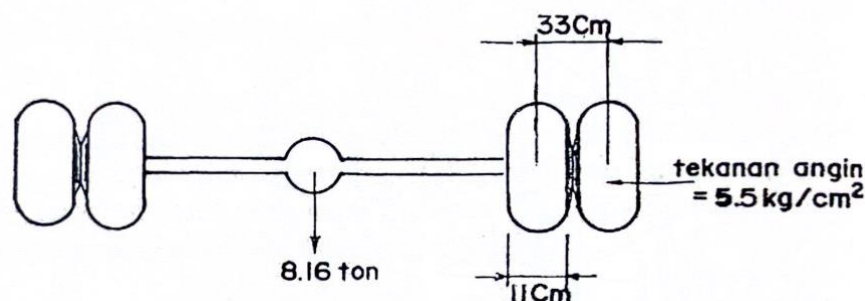
Sumber: Manual Bina Marga (2017)

3. Ketebalan setiap lapis perkerasan

Ketebalan pada setiap lapis perkerasan diperlukan dalam teori elastis lapis banyak sebagai input dalam penyelesaian menggunakan program.

4. Kondisi beban

Data ini terdiri dari data beban roda P (kN/lbs), data tekanan ban q (Kpa/psi), data jarak antara roda anda d (cm/inch) dan data jari-jari bidang kontak a (cm/inch) yang dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3. 13 Sumbu Standar Ekuivalen di Indonesia

(Sumber : Sukirman 1999)

Data kondisi beban berdasarkan Gambar 3.13 menurut Sukirman (1999) sebagai berikut.

1. Beban kendaraan sumbu standar 8,16 ton (8.160 kg).
2. Tekanan roda satu ban 0,55 mpa = 5,5 kg/cm² .
3. Jari-jari bidang kontak 110 mm atau 11 cm.
4. Jarak antara masing-masing roda ganda = 33cm.

3.5 Analisis Kerusakan Perkerasasn

Analisis kerusakan pada perkerasan jalan yang dibahas dalam penelitian ini adalah *fatigue cracking*, *Rutting* dan *deformation*. Pada analisis perhitungan dengan metode mekanistik-empirik hasil yang diperoleh berupa nilai tegangan dan nilai regangan yang kemudian digunakan untuk memprediksi kerusakan pada perkerasan jalan lentur. Adapun beberapa persamaan untuk memprediksi jumlah repitisi beban yang menggunakan persamaan mode *The Asphlat Institute* (Huang, 2004) sebagai berikut.

1. *Fatigue Cracking*

Fatigue cracking (retak lelah) merupakan bentuk perkembangan dari retak dibawah beban secara berulang dan kegagalan ini biasanya ditemukan pada saat permukaan perkerasan tertutup retakan dengan presentase yang tinggi. Persamaan *Fatigue cracking* (retak lelah) pada perkerasan lentur untuk mengetahui jumlah keseluruhan repitisi beban berdasarkan regangan tarik yang ada di bawah lapis permukaan. Persamaan ini dapat dilihat pada Persamaan 3.8.

$$N_f = 0,0796 (\epsilon_t)^{-3,921} |E|^{-0,854} \quad (3.8)$$

dengan:

N_f = jumlah nilai beban pengulangan yang diijinkan untuk mengontrol *fatigue cracking*,

ϵ_t = regangan tarik di lokasi tinjauan kritis yang dihitung berdasarkan respon model struktur atau regangan tarik pada bagian bawah lapis permukaan,

E = modulus elastis pada lapisan permukaan atau lapisan HMA.

2. *Rutting*

Rutting (retak alur) yaitu akumulasi dari semua deformasi plastis yang terjadi, baik dari lapis beraspal, lapis pondasi dan lapis pada tanah dasar. Nilai *Rutting* maksimum harus dibatasi supaya tidak membahayakan pengendara saat melalui lokasi yang mengalami retak alur terutama pada kecepatan yang tinggi. Persamaan *Rutting* (retak alur) pada perkerasan lentur untuk mengetahui jumlah beban berdasarkan regangan tekan di bawah lapis pondasi bawah. Persamaan ini dapat dilihat pada Persamaan 3.9.

$$N_r = 1,365 \times 10^{-9} (\epsilon_c)^{-4,47} \quad (3.9)$$

dengan:

N_r = jumlah nilai repetisi beban yang diijinkan untuk mengontrol *Rutting*, dan

ϵ_c = regangan tekan vertikal di atas lapisan dasar.

3. *Deformation*

Persamaan untuk kerusakan deformation pada perkerasan lentur untuk mengetahui jumlah beban repetisi perkerasan lentur pada kerusakan. Persamaan ini dapat dilihat pada Persamaan 3.10.

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} (\epsilon_c)^{-4,47} \quad (3.10)$$

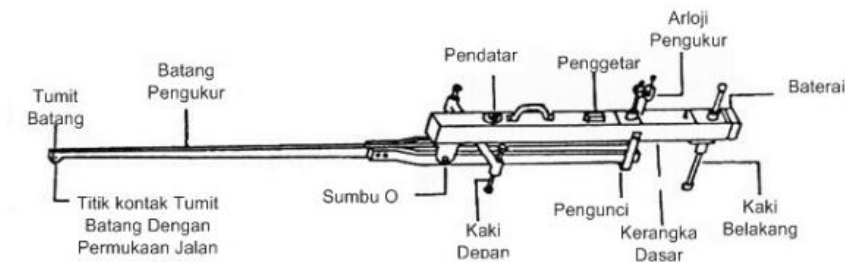
dengan:

N_d = jumlah nilai repetisi beban yang diijinkan untuk mengontrol *deformation*,

ϵ_c = regangan tekan vertikal di atas lapisan dasar.

3.6 Pengujian Lendutan Aspal dengan *Benkelman Beam*

Tujuan utama dari pengukuran atau pengujian lendutan perkerasan adalah untuk mengetahui kekuatan struktural dari perkerasan eksisting dengan pengujian lab atau pengukuran langsung, guna memperoleh data tegangan-regangan perkerasan. Terkadang pengujian lendutan total dari keseluruhan perkerasan dalam suatu ruas memberikan data yang mungkin tidak sesuai. Beberapa faktor seperti permukaan yang bergelombang dapat memengaruhi hasil pengujian. Oleh karena itu perlu dilakukan standarisasi pengujian agar didapat hasil yang sesuai.



Gambar 3. 14 Alat Benkelman Beam

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Pd T-05-2005-B)

Metode pengujian lendutan balik perkerasan lentur yang sering digunakan adalah dengan menggunakan alat *Benkelman Beam*. Dalam penelitian ini pengujian lendutan balik menggunakan alat *Benkelman Beam* untuk evaluasi perkerasan lentur.

Benkelman Beam adalah alat untuk mengukur lendutan balik dan lendutan langsung perkerasan yang menggambarkan kekuatan struktur perkerasan jalan. Alat ini paling banyak digunakan karena penggunaannya dan pelaksanaannya yang mudah, serta memiliki keakuratan yang baik untuk mengukur lendutan pada permukaan aspal. Menurut Yoder dan Witzack (1975), alat *Benkelman Beam* dirancang untuk mengukur lendutan yang terjadi pada permukaan perkerasan yang terukur pada sepanjang balok ukur pada alat yaitu pada bagian measurement probe. Lendutan tercatat pada pembacaan dial yang diletakkan pada salah satu ujung *measurement beam*.

Lengan pengukur dengan panjang 10 *feet* dan bertumpu pada jarak 8 *feet* dari lengan ukur yang terletak di atas permukaan perkerasan. Alat ukur diletakkan diantara roda truk yang berisi beban 18.000 lb. ketika truk bergerak melewati alat ukur, lendutan balik dari perkerasan akan tercatat pada pembacaan dial (Shahin. 2005).

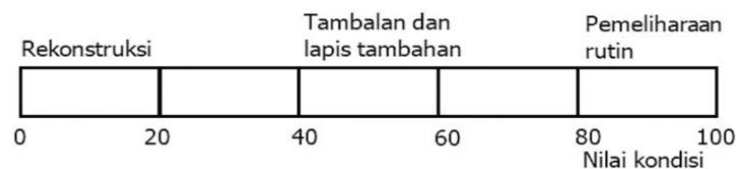
3.7 Test Pits

Test pits merupakan metode dengan pembuatan sumur uji atau penggalian tanah untuk mengetahui atau mempelajari sampel komposisi dan struktur bawah permukaan perkerasan jalan. *Test pits* dalam melihat ketebalan struktur pada setiap lapisan dilakukan pada bahu jalan. Dalam melakukan *test pits* harus terbebas dari

bongkahan karena jika terhalang oleh bongkahan maka *test pits* akan berlangsung lama dan memakan biaya tinggi. Bentuk galian berupa persegi, persegi panjang, bulat atau bujur sangkar dengan ukuran yang sesuai dengan kebutuhan.

3.8 Penanganan Perbaikan

Berdasarkan Nilai PCI memberikan indikator dari jenis serta tingkatan besarnya pekerjaan perbaikan yang akan dilakukan di mana nilai kondisi antara 80 hingga 100 hanya dibutuhkan operasi pemeliharaan normal, apabila nilai kondisi di bawah 60 maka diperlukan pelapisan tambahan (*Overlay*). Serta apabila nilai kondisi di bawah 30 maka dibutuhkan pembangunan kembali (rekonstruksi).



Gambar 3. 15 Nilai Kondisi Sebagai Indikator Tipe Pemeliharaan

(Sumber: Shahin, 1994)

Metode perbaikan yang digunakan harus disesuaikan dengan tipe kerusakannya sehingga diharapkan bisa menambah kondisi perkerasan jalan tersebut. Menurut Shahin (1994), jika dalam satu segmen memiliki jenis kerusakan yang sama, maka wajib dipilih kerusakan dengan tingkatan keparahan yang paling besar dalam satu segmen tersebut.

3.8.1 Pemeliharaan Perkerasan Lentur

Menurut Hardiyatmo (2015), pemeliharaan sebagai pekerjaan rutin guna menjaga kondisi perkerasan sehingga masih memiliki tingkat pelayanan yang memadai. Umumnya, pekerjaan pemeliharaan berfungsi untuk mempertahankan kualitas pelayanan suatu perkerasan jalan sehingga dapat memberikan kenyamanan dan keamanan terhadap pengguna jalan.

Pemeliharaan rutin, biasanya dilaksanakan pada seluruh ruas ataupun segmen yang dalam kondisi baik ataupun sedang, termasuk proyek-proyek pembangunan jalan baru serta peningkatan jalan sesudah berakhirnya ketentuan mengenai pemeliharaan dalam kontrak. Menurut Shahin (1994) pemeliharaan rutin bisa dilakukan penanganan sebagaimana pada Tabel 3.25 berikut.

Tabel 3. 25 Strategi Penanganan Kerusakan

Jenis Kerusakan	Tingkat Kerusakan	Item Pekerjaan Penanganan
<i>Aligator cracking</i>	<i>Low</i>	<i>Seal coat</i>
	<i>Medium</i>	<i>Seal coat, patching</i>
<i>Block cracking</i>	<i>Low</i>	Latasir
	<i>Medium</i>	Latasir, <i>patching</i>
<i>Corrugation</i>	<i>Low</i>	<i>Tack coat</i> , Campuran Aspal Panas
	<i>Medium</i>	<i>Tack coat</i> , Campuran Aspal Panas
	<i>High</i>	Galian perkerasan aspal, <i>Prime Coat</i> , ATB
<i>Depression</i>	<i>Low</i>	<i>Tack coat</i> , Campuran Aspal Panas
	<i>Medium</i>	<i>Tack coat</i> , Campuran Aspal Panas
	<i>High</i>	Galian perkerasan aspal, <i>Prime Coat</i> , ATB
<i>Long and trans</i>	<i>Low</i>	<i>Seal coat</i>
	<i>Medium</i>	<i>Seal coat, patching</i>
<i>Cracking</i>	<i>Low</i>	<i>Crack filling</i>
	<i>Medium</i>	<i>Crack sealing, patching</i>
<i>Patching</i>	<i>Medium</i>	<i>Prime Coat, patching</i>

Sumber: Shanin (1994)

3.9 Desain Tebal *Overlay* Berdasarkan Bina Marga 2017

Tebal lapis tambah (*overlay*) merupakan lapis perkerasan tambahan yang dipasang di atas konstruksi perkerasan untuk meningkatkan kekuatan struktur perkerasan, sehingga dapat melayani lalu lintas sesuai kurun waktu yang telah direncanakan. Tebal lapis tambah (*overlay*) dibutuhkan apabila konstruksi perkerasan yang ada tidak dapat lagi memikul beban lalu lintas yang beroperasi karena penurunan kemampuan struktural atau karena mutu lapisan. Penentuan *overlay* secara umum meliputi dua kriteria, yaitu deformasi permanen menggunakan lendutan maksimum dan retak lelah menggunakan lengkung lendutan.

Apabila *overlay* diperlukan, maka perkerasan dengan beban lalu lintas rencana ≥ 100.000 *Equivalent standar Axle* (ESA4) perlu dilakukan pemeriksaan kinerja *fatigue* pada lapisan *overlay*. Sedangkan, pada jalan dengan lalu lintas rendah (< 100.000 ESA4) dan perkerasan dengan *Hot roll sheet* (HRS), retak lelah lapisan aspal bukan merupakan modal kerusakan yang umum. Oleh karena itu, untuk perkerasan dengan lalu lintas rendah dan perkerasan HRS, tidak dilakukan

kinerja *fatigue*. Dalam menentukan tebal lapis tambah metode lendutan Bina Marga 2017 dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut ini.

3.9.1 Analisis Lalu lintas

1. Analisis Volume Lalu Lintas

Data lalu lintas memegang peranan penting dalam perhitungan prediksi umur perkerasan jalan karena dengan data lalu lintas ini kita dapat mengetahui berapa jumlah kendaraan yang melaju pada ruas jalan tersebut, yang selanjutnya dapat kita konversi untuk mengetahui beban lalu lintas yang diterima pada ruas jalur tersebut.

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melintasi suatu titik pada ruas jalan dalam satuan waktu. Lalu lintas harian rerata (LHR) merupakan volume lalu lintas kendaraan rerata yang melewati satu titik pada ruas jalan dalam kurun waktu 1 hari. Volume lalu lintas umumnya bertambah dari tahun ke tahun, maka perlu dilakukan perhitungan untuk volume lalu lintas sesuai dengan umur perencanaan yang dapat dihitung dengan rumus pada Persamaan 3.11 berikut.

$$\text{LHRT} = \text{LHR}_0 (1 + i)^n \quad (3.11)$$

dengan :

LHRT = LHR akhir umur rencana,

LHR_0 = LHR awal tahun umur rencana,

n = umur rencana (tahun), dan

i = angka pertumbuhan.

2. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas dapat dihitung berdasarkan data-data pertumbuhan (*historical growth data*) untuk nilai pengali yang lebih akurat. Menurut Wahab, dkk (2015) untuk menghitung faktor pertumbuhan lalu lintas setiap tahunnya kita dapat menggunakan persamaan 3.12 berikut.

$$i = \left(\sqrt[n]{\frac{\text{LHR}_n}{\text{LHR}_t}} \right) - 1 \quad (3.12)$$

dengan:

i = pertumbuhan lalu lintas (%),

- n = selisih jumlah tahun data yang diambil,
 LHR_n = jumlah LHR tahun ke- n , dan
 LHR_o = jumlah Lhr tahun awal.

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*) dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini.

$$R = \frac{(1+(0,001 \times i)^{UR}-1}{0,001 \times i} \quad (3.13)$$

dengan:

- R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif,
 i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%), dan
 UR = umur rencana (tahun).

3. Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL). Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu. Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Nilai faktor distribusi jalan dapat dilihat pada Tabel 3.26 berikut ini.

Tabel 3. 26 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur Setiap Arah	Kendaraan Niaga pada Jalan Desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber: Bina Marga (2017)

4. Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*). Nilai

VDF regional untuk menghitung ESA masing-masing jenis kendaraan niaga yang diolah dari data studi *Weigh In Motion* (WIM) yang dilakukan Ditjen Bina Marga pada tahun 2012-2013 tetapi, apabila survei lalu lintas dapat mengidentifikasi jenis dan muatan kendaraan niaga, dapat digunakan VDF masing-masing jenis kendaraan menurut Gambar 3.16 sebagai berikut ini.

Jenis kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua			
	Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	28,8	9,3	13,5	-	-	-	-
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-

Gambar 3. 16 Nilai VDF masing-masing Jenis Kendaraan Niaga Berdasarkan dan Muatan

(Sumber: Bina Marga, 2017)

3.9.2 Beban Sumbu Standar Kumulatif (CESA)

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (*CESAL*) merupakan jumlah kumulatif beban lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana (Bina Marga 2017). Perhitungan nilai *CESA* menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$ESA = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (3.14)$$

dengan:

ESA = kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen,

LHR = lalu lintas harian rata-rata,

VDF = faktor ekivalen beban tiap jenis kendaraan,

DD = faktor distribusi arah,

DL = faktor distribusi lajur, dan

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

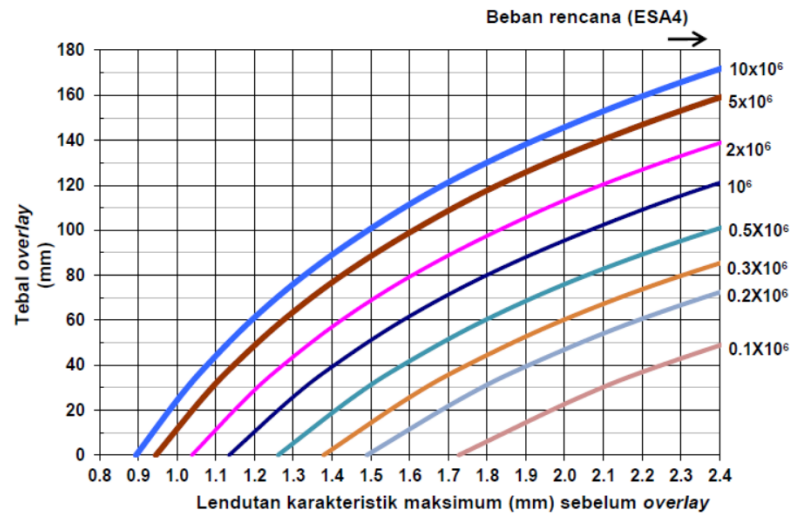
3.9.3 Faktor Koreksi Temperatur

Faktor koreksi temperatur perlu dilakukan karena temperatur perkerasan dapat mempengaruhi kekakuan serta kinerja perkerasan beraspal dalam merespon beban. Jika suhu perkerasan berbeda secara signifikan dari kondisi pelayanan saat pengukuran, maka nilai lengkung lendutan yang diukur tidak mewakili respon perkerasan terhadap pembebanan lalu lintas. Secara umum, temperatur perkerasan tahunan rata-rata di Indonesia adalah 42°C pada daerah pesisir dan 38°C pada daerah pegunungan. Temperatur perkerasan rata-rata 41°C digunakan sebagai acuan dalam manual ini. Faktor koreksi temperatur untuk pengukuran lendutan dihitung dengan Persamaan 3.15 berikut.

$$F_t = \frac{MAPT}{\text{Temperatur perkerasan saat pengukuran lendutan}} \quad 3.15$$

3.9.4 Tebal Overlay Berdasarkan Lendutan Maksimum

Untuk menentukan kebutuhan tebal *overlay* guna mengantisipasi deformasi permanen, maka digunakan Gambar 3.17 berikut ini.



Gambar 3. 17 Solusi Overlay Berdasarkan Lendutan Balik Benkelman Beam untuk WMAPT 41⁰c

(Sumber : Bina Marga, 2017)

Desain berdasarkan Gambar 3.17 berlaku untuk lendutan yang diukur menggunakan alat *Benkelman beam* dan menghasilkan desain dengan biaya lebih rendah dibandingkan menggunakan desain Pd T-05-2005 yang telah dimodifikasi menjadi pedoman interim No.002/P/BM/2011 dan perangkat lunaknya SDPL.

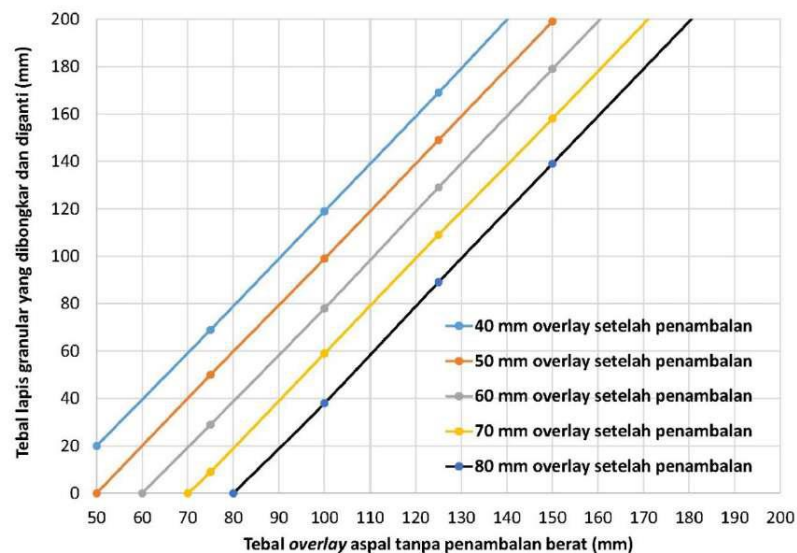
3.9.5 Desain Ketebalan Pengupasan dan Pelapisan Ulang (*Mill and Inlay*)

Pada segmen yang memerlukan tebal *overlay* lebih dari 50 mm, penanganan yang lebih efektif dengan tebal yang lebih tipis dapat dilakukan dengan cara memperkuat titik-titik yang lemah dengan cara pengupasan dan pelapisan ulang (*milling and reinstatement* atau *inlay*). Langkah-langkah berikut menjelaskan prosedur menghitung kedalaman pengupasan dan ketebalan pelapisan kembali permukaan yang dikupas

1. Menghitung ketebalan *overlay* untuk mencegah deformasi permanen tanpa pengupasan (*OLAYdef*).
2. Apabila ketebalan *overlay* (*OLAYdef*) lebih dari 50 mm, maka tentukan tebal yang dikehendaki setelah pengupasan dan *inlay* (*OLAYmill*).
3. Kedalaman kupasan dan pelapisan kembali dengan campuran beraspal untuk mencegah deformasi permanen adalah tebal aspal eksisting ditambah tebal lapis berbutir yang dikupas yang ditentukan dari *OLAYdef* dan *OLAYmill* berdasarkan

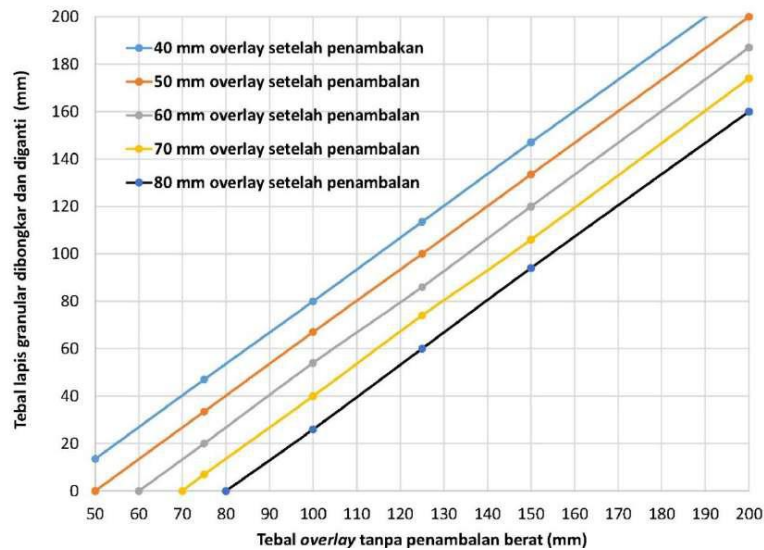
Gambar 3.18.

4. Menghitung ketebalan *overlay* untuk mencegah *fatigue* tanpa pengupasan (*OLAYfat*).
5. Apabila ketebalan *overlay* (*OLAYdef*) lebih dari 50 mm, maka tentukan tebal *overlay* yang dikehendaki setelah pengupasan dan *inlay* (*OLAYmill*).
6. Kedalaman kupasan dan pelapisan kembali dengan campuran beraspal untuk mencegah *fatigue* adalah tebal aspal eksisting ditambah tebal lapis berbutir yang dikupas yang ditentukan dari *OLAYfat* dan *OLAYmill* berdasarkan Gambar 3.19.
7. Kedalaman kupasan dan ketebalan *inlay* rencana adalah yang tertebal dari desain untuk mencegah deformasi permanen (langkah 3) dan desain untuk mencegah *fatigue cracking* (langkah 6).



Gambar 3. 18 Ketebalan Pengupasan Lapisan Berbutir untuk Mencegah Deformasi Permanen

(Sumber : Bina Marga, 2017)



Gambar 3. 19 Ketebalan Pengupasan Lapisan Berbutir untuk Mencegah *Fatigue*

(Sumber : Bina Marga, 2017)

3.10 Rekonstruksi

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.13/PRT/M/2011 rekonstruksi jalan adalah peningkatan struktur yang merupakan kegiatan penanganan untuk dapat meningkatkan kemampuan bagian ruas jalan yang dalam kondisi rusak berat agar bagian jalan tersebut mempunyai kondisi baik kembali sesuai dengan umur rencana yang telah ditetapkan atau kegiatan peningkatan struktur jalan termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapan jalannya, tanpa peningkatan kapasitas.

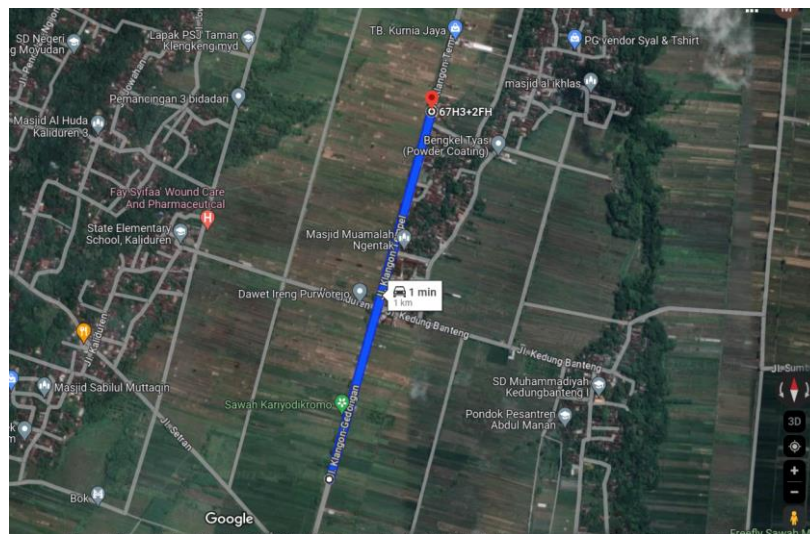
Rekonstruksi jalan dilakukan secara setempat meliputi kegiatan berikut ini.

1. Perbaiki seluruh struktur perkerasan, drainase, bahu jalan, tebing, dan talud.
2. Peningkatan kekuatan struktur berupa pelapisan ulang perkerasan dan bahu jalan sesuai umur rencana.
3. Perbaiki perlengkapan jalan serta bangunan pelengkap.
4. Pemeliharaan/pembersihan rumaja.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah pada ruas Jalan Klangon-Tempel, Kabupaten Sleman dari Km. 18,7 sampai Km. 19,7 sepanjang 1 Km untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4. 1 Peta Lokasi Jalan
(Sumber: *Google Maps*, 2023)

4.2 Teknis Pengambilan Data

Data yang digunakan untuk menganalisis perkerasan adalah data primer dan data sekunder. Data primer merupakan metode pengumpulan data yang diperoleh dari lapangan dengan melakukan survei secara langsung di ruas jalan Klangon-Tempel. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi terkait seperti Dinas Pekerjaan Umum Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral Bidang Bina Marga Daerah Istimewa Yogyakarta. Terkait pengumpulan data untuk lebih jelas dapat dilihat di bawah ini.

1. Data primer yang dibutuhkan seperti sampel kerusakan jalan, data lendutan dan tebal perkerasan yang diperoleh dengan melakukan survei dan pengujian secara langsung pada ruas jalan Klangon-Tempel.
2. Data sekunder yang dibutuhkan seperti data LHR, CBR lapangan, dan material

perkerasan yang dapat diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral Bidang Bina Marga Daerah Istimewa Yogyakarta.

4.2.1 Langkah-Langkah Survei Kerusakan Jalan

Survei penilaian kerusakan dilakukan dengan mengamati secara visual setiap jenis kerusakan dan mencatat dimensi kerusakan meliputi panjang, lebar, dan kedalaman kerusakan yang terjadi pada permukaan jalan. Survei dilakukan pada tanggal 4-6 maret 2024 dengan mengukur jalan sepanjang 1 km dan membagi tiap-tiap segmen sepanjang 100 m. Langkah-langkah survei kondisi perkerasan seperti yang dijabarkan berikut ini.

1. Menyiapkan Peralatan Survei

Adapun peralatan yang digunakan dalam menjalankan survei adalah sebagai berikut.

- a. Modul jenis-jenis kerusakan dan tingkat kerusakan jalan
- b. Formulit dan alat tulis
- c. *Roll* meter dan penggaris
- d. *Handphone* sebagai alat dokumentasi

2. Mengamati Jenis Kerusakan dan Dimensi Kerusakan

Dalam melakukan survei jenis dan dimensi kerusakan, surveyor melakukan pengamatan kerusakan jalan secara visual dengan berjalan kaki sepanjang jalan, dan melakukan pemeriksaan dengan mengukur luasan serta mengidentifikasi jenis kerusakan di Jalan Klangon-Tempel

3. Mencatat Data Kerusakan

Setelah memperoleh data luas kerusakan, kedalaman lubang, lebar retak, tingkat kerusakan dan jenis kerusakan, kemudian data tersebut dicatat pada formulir data survei pada tiap-tiap segmennya.

4.2.2 Langkah-Langkah Pengujian Lendutan Maksimum

Pengambilan sampel lendutan balik dengan *Benkelman Beam* dilakukan pada ruas jalan yang akan diuji dengan pengujian 10 titik pengujian mewakili 1 Km. Pengujian dilakukan pada hari Kamis, tanggal 7 Maret 2024. Langkah-Langkah

untuk pengujian lendutan balik dengan *Benkelman Beam* di Jalan Klangon-Tempel yaitu sebagai berikut.

1. Menentukan titik pengujian jalan tanpa median,
2. Menentukan titik pada permukaan jalan yang akan diuji dan diberi tanda (+) dengan penanda,
3. Memusatkan salah satu ban ganda pada titik yang telah ditentukan tersebut,
4. Menyelipkan tumit batang (*beam toe*) *Benkelman Beam* di tengah-tengah ban ganda, sehingga tepat di bawah pusat muatan sumbu gandar, dan batang *Benkelman Beam* masih dalam keadaan terkunci,
5. Mengatur ketiga kaki sehingga *Benkelman Beam* dalam keadaan datar (*waterpass*),
6. Melepaskan kunci *Benkelman Beam* sehingga batang *Benkelman Beam* dapat digerakkan turun naik,
7. Mengatur batang arloji pengukur sehingga menyinggung dengan bagian atas dari batang belakang,
8. Menghidupkan penggetar (*buzzer*) untuk memeriksa kestabilan jarum arloji pengukur,
9. Setelah jarum arloji pengukur stabil, kemudian mengatur jarum pada angka nol, sehingga kecepatan perubahan jarum lebih kecil atau sama dengan 0,025 mm/menit,
10. Menjalankan truk perlahan-lahan maju ke depan dengan kecepatan maksimum 5 km/jam sejauh 6 m. setelah truk berhenti, arloji pengukur dibaca setiap menit, sampai kecepatan perubahan jarum lebih kecil atau sama dengan 0,025 mm/menit,
11. Mencatat temperatur permukaan jalan (tp) dan temperatur udara (tu) dan temperatur bawah (tb) setiap 2 jam,
12. Memeriksa kembali tekanan angin pada ban, dan
13. Memeriksa dan mencatat tebal lapis permukaan serta data lain yang diperlukan.

4.2.3 Langkah-Langkah *Test Pit*

Tebal lapis perkerasan Jalan Klangon-Tempel diperoleh dengan cara melakukan pengujian *test-pit* aspal secara langsung pada lokasi tersebut dengan

pendampingan dari pihak Bina Marga DIY. Pengujian dilakukan pada hari Selasa, 7 Mei 2024, pukul 08.30 WIB. Langkah-langkah pengambilan data berupa tebal lapis perkerasan dengan pengujian *test pit* adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan alat

Pada pengujian ini alat yang digunakan yaitu berupa linggis, pacul, serokan tanah, meteran, kuas dan *handphone* sebagai alat untuk mendokumentasikan pengujian.

2. Menentukan titik penggalian

Untuk memastikan nilai tebal lapis perkerasan yang lebih akurat penggalian dilakukan di pinggir jalan dengan pemilihan 5 titik tertentu, yaitu pada KM 18,7, 19, 19,2, 19,4 dan 19,7. Lokasi tersebut dipilih secara acak dengan mempertimbangkan ketersediaan bidang kosong di tepi jalan serta memungkinkan dilakukannya proses penggalian.

3. Menggali tanah

Penggalian tanah di sepanjang tepi perkerasan jalan dilaksanakan oleh tukang gali dengan menggunakan alat bantu. Berdasarkan rekomendasi dari Pendamping, dimensi galian yang diusulkan adalah 30 x 30 cm, dengan kedalaman mencapai 50 cm atau sampai menemukan tanah dasar.

4. Mengukur tebal lapis perkerasan

Setelah proses penggalian selesai, bagian perkerasan yang terlihat dibersihkan dengan menggunakan kuas untuk memastikan lapisan struktur perkerasan terlihat dengan jelas. Pengukuran dilakukan menggunakan meteran tangan, dengan tebal setiap lapis dicatat pada kertas dan dilakukan dokumentasi.

5. Menutup lubang galian

Setelah pengukuran selesai dan dicatat, lubang galian kemudian ditutup kembali dengan tanah menggunakan pacul dan sorok, selanjutnya dipadatkan secara manual dengan diinjak-injak agar kembali kokoh dan rata dengan permukaan sekitarnya.

4.3 Analisis Data

Dari data lapangan yang didapatkan maka dilakukan analisis dan mengelola data agar mendapatkan hasil yang dibutuhkan. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk melakukan analisis dan pengelolaan data.

4.3.1 Analisis Data dengan Metode *PCI (Pavement Conditional Index)*

Langkah-langkah yang dilakukan untuk mendapatkan nilai *PCI* adalah sebagai berikut.

1. Menghitung *density* yang merupakan persentase luas dari satu jenis kerusakan terhadap luas bagian setiap segmen yang telah diukur.
2. Menghitung nilai pengurangan (*deduct value*), untuk setiap jenis kerusakan pada masing-masing segmen.
3. Menentukan nilai pengurangan ijin maksimum (*m*)
4. Menghitung nilai total pengurangan (*total deduct value/TDV*) dari masing-masing segmen.
5. Menghitung nilai koreksi pengurangan (*corrected deduct value/CDV*) dari masing-masing unit segmen.
6. Menghitung nilai *PCI (Pavement Condition Index)* untuk masing-masing segmen
7. Menghitung nilai rata-rata *PCI* dari semua unit segmen pada jalan yang diteliti untuk mendapatkan nilai *PCI* serta menentukan kondisi jalan tersebut.
8. Menentukan solusi penanganan kerusakan sesuai kategori kerusakan struktur perkerasan jalan.

4.3.2 Analisis Respon Tegangan dan Regangan dengan Program *KENPAVE*

Langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis data dengan program *KENPAVE* adalah sebagai berikut.

1. Menentukan data karakteristik material untuk pemodelan struktur.
 - a. Tebal lapis tiap perkerasan
 - b. Nilai *modulus elastisitas* (*E*) tiap lapis perkerasan
 - c. Nilai *Poisson's Ratio* tiap lapis perkerasan
2. Melakukan input data atau informasi umum terkait struktur perkerasan jalan

yang akan dianalisis pada menu *LAYERRINP*. Berikut adalah langkah-langkahnya.

- a. Menginput informasi umum tentang struktur perkerasan, yaitu: judul *file*, tipe material, analisis kerusakan, akurasi hasil analisis, jumlah *layer*, letak koordinat arah Z (kedalaman), tipe respon yang akan dianalisis, jenis ikatan lapisan, satuan yang digunakan.
 - b. Menginput jumlah point yang akan dianalisis dan jarak vertikal.
 - c. Menginput tebal dan *nilai Poisson's Ratio* tiap lapis perkerasan.
 - d. Menginput jenis ikatan antar lapisan.
 - e. Menentukan jumlah periode yang ditinjau dan nilai *modulus elastisitas* tiap *layer*.
 - f. Menginput data beban lalu lintas, yaitu beban roda, radius kontak pembebanan, nilai beban, jarak antar roda arah Y dan X dan titik koordinat tegangan-regangan yang ingin ditinjau.
3. Menentukan hasil *output* defleksi dari *running* program *KENLAYER* digunakan untuk mengetahui nilai repetisi yang menyebabkan kegagalan struktur di lapangan.
 4. Setelah menganalisis perkerasan jalan, kemudian diperoleh nilai tegangan-regangan.

4.3.3 Analisis Data Lendutan untuk Lapis Tambah (*Overlay*)

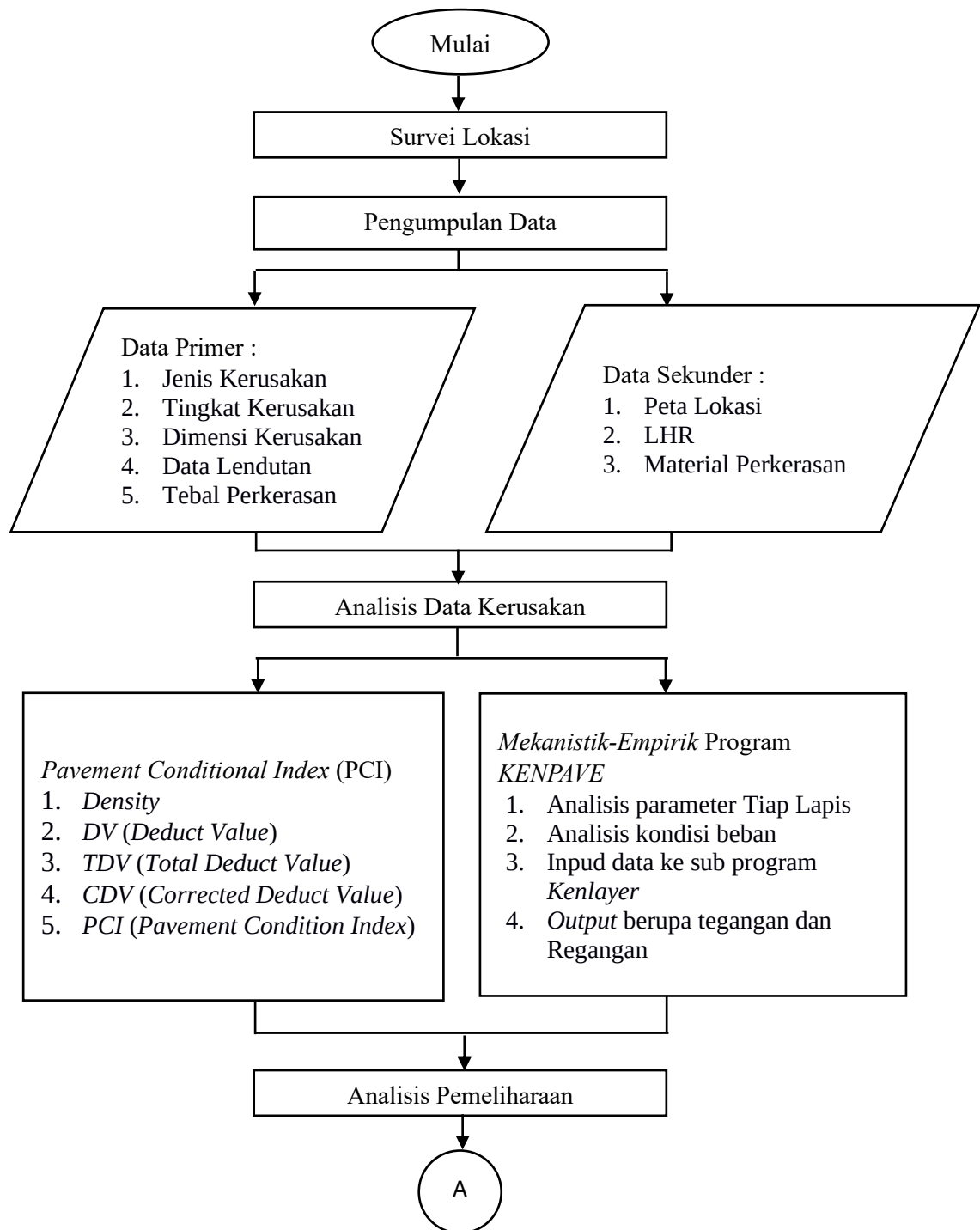
Adapun langkah-langkah perhitungan tebal lapis tambah (*overlay*) dengan data lendutan balik dari benkelman beam menggunakan metode lendutan Bina Marga 2017 berikut ini.

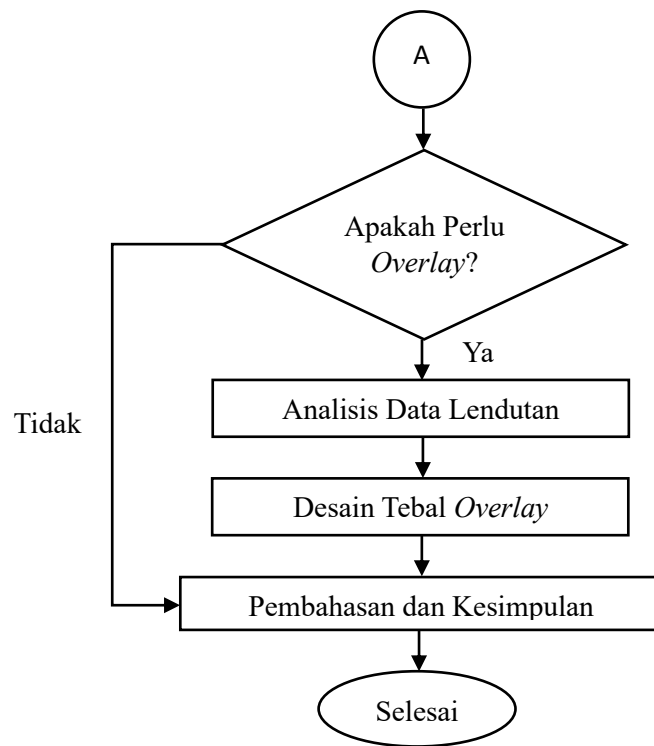
1. Mengumpulkan data sekunder berupa LHR 2021-2022 yang diperoleh dari Dinas PUPESDM Bidang Bina Marga Daerah Istimewa Yogyakarta. Data lendutan diperoleh melalui pengujian lendutan balik dengan *Benkelman Beam*.
2. Menghitung faktor pertumbuhan lalu lintas kumulatif selama umur rencana berdasarkan wilayah.
3. Menentukan lalu lintas pada lajur rencana dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL).

4. Menghitung LHR setiap jenis kendaraan.
5. Menghitung beban sumbu standar kumulatif (CESAL).
6. Menghitung total d_{max2} .
7. Menghitung nilai d_{rerata} .
8. Menghitung nilai deviasi standar (s).
9. Menghitung d_{wakil} .
10. Menghitung nilai faktor koreksi temperatur.
11. Menentukan d_{wakil} terkoreksi
12. Menentukan tebal *overlay* berdasarkan kurva penentuan tebal lapis tambah.

4.4 Bagan Alir Penelitian

Untuk mempermudah melihat alur dari penelitian, bagan alir pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.





Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengumpulan Data

Data yang diperoleh pada penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan survei langsung di lapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi pemerintah yaitu Dinas PUPESDM D. I. Yogyakarta.

5.1.1 Kondisi Ruas Jalan Klangon-Tempel

Kondisi pada ruas Jalan Klangon – Tempel (Km. 18,7-Km 19,7) pada tahun 2023 dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut ini.

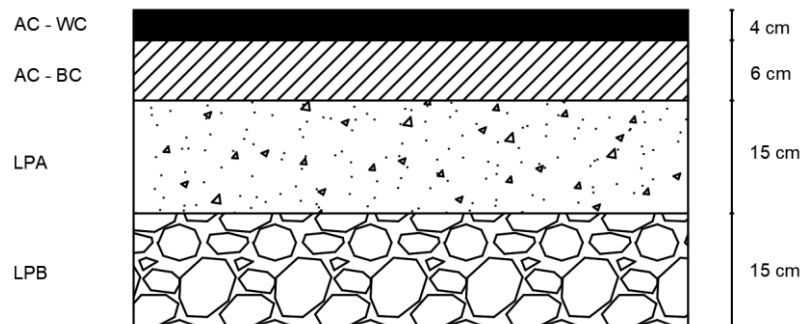
Tabel 5. 1 Kondisi Ruas Jalan Klangon-Tempel

Status Jalan	Jalan Provinsi
Tipe Perkerasan	Perkerasan Lentur
Panjang Jalan (yang diteliti)	1,0 km
Lebar Jalan	5 meter
Jumlah Lajur/jalur	2/2 UD

Sumber: Dinas PUPESDM DIY Bidang Bina Marga, 2024

Adapun data struktur perkerasan pada ruas Jalan Klangon-Tempel yang didapat setelah melakukan pengujian *test-pit* ditunjukkan pada Gambar 5.1 berikut ini.

1. Lapis AC-WC = 4 cm
2. Lapis AC-BC = 6 cm
3. LPA = 15 cm
4. LPB = 15 cm

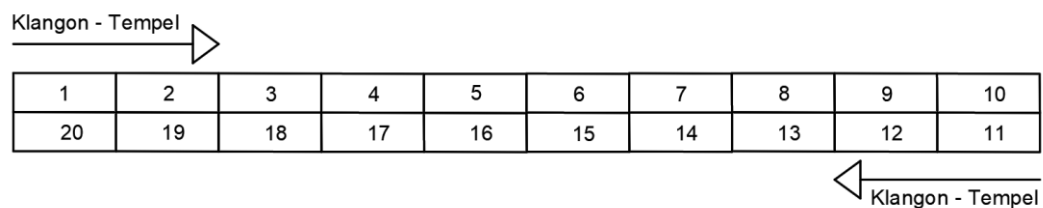


Gambar 5. 1 Struktur Perkerasan Pada Ruas Jalan Klangon Tempel

(Sumber: Autocad, 2024)

5.1.2 Data pengamatan lapangan

Pengamatan kondisi permukaan jalan dilakukan di lapangan secara langsung atau dengan pengamatan secara visual dengan jarak pembagian setiap segmen perkerasan setiap 100 meter. Penandaan tiap segmen dilakukan sebelum melakukan pengamatan dengan penomoran dan dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5. 2 Penomoran Segmen Ruas Jalan Klangon-Tempel

5.1.3 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas Jalan Klangon Tempel merupakan data sekunder yang diperoleh dari Dinas PUPESDM Bidang Bina Marga DIY. Data lalu lintas harian rerata Jalan Klangon Tempel dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5. 2 Data Lalu Lintas Harian Rerata (LHR) Tahun 2021-2022

Klasifikasi Kendaraan	LHR 2021 (Unit)	LHR 2022 (Unit)
1	8785	9772
2	826	1059
3	0	0
4	405	476
5a	8	6
5b	0	5
6a	432	506
6b	82	0

Lanjutan Tabel 5. 2 Data Lalu Lintas Harian Rerata (LHR) Tahun 2021-2022

Klasifikasi Kendaraan	LHR 2021 (Unit)	LHR 2022 (Unit)
7a	12	17
7b	0	0
7c	4	9
8	72	175
Total	10626	12025

Sumber: Dinas PUPESDM DIY Bidang Bina Marga, 2024

5.2 Analisis Nilai Kondisi Perkerasan Berdasarkan Metode PCI

Nilai kondisi perkerasan berdasarkan metode *PCI (Pavement Condition Index)* diperoleh dari data hasil pengamatan di lapangan yang telah dilakukan sebelumnya dengan cara mengukur luas kerusakan dan mengidentifikasi jenis serta tingkat kerusakan pada permukaan perkerasan pada setiap unit segmen. Adapun data kerusakan jalan pada segmen 1 dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5. 3 Data Hasil Pengamatan Kerusakan Pada Segmen 1

<i>DISTRESS SEVERITY</i>	<i>QUANTITY</i>				TOTAL
15H	22,87	21,05	20,63	13,99	78,55
13M	0,30				0,30
11M	3,89	14,91			18,80

Berdasarkan Tabel 5.3 di atas, segmen 1 memiliki jenis dan tingkat kerusakan yang berbeda-beda. Adapun kerusakan tersebut termasuk alur dengan tingkat kerusakan *hard* (15H), lubang dengan tingkat kerusakan *medium* (13M), dan tambalan dengan tingkat kerusakan *medium* (11M).

Adapun tahapan dalam menghitung nilai PCI pada segmen 1 adalah sebagai berikut.

1. Menghitung Nilai *Density*

Nilai *density* dihitung perjenis kerusakan disetiap segmennya dengan cara membagi luas total kerusakan dengan luas segmen. Proses perhitungan masing-masing nilai *density* adalah sebagai berikut.

a. Lubang

Luas area untuk jenis kerusakan lubang dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut

ini.

Tabel 5. 4 Nilai *Density* Pada Kerusakan Lubang

<i>Distress Type</i>	<i>Severity Level</i>	Luas Segmen (A _s) m ²	Luas Kerusakan (A _d) m ²	<i>Density</i> (%)
13	M	250	0,3	0,12

Perhitungan *density* pada tingkat kerusakan *medium* (M)

$$\begin{aligned}
 \text{Density} &= \frac{A_d}{A_s} \times 100 \\
 &= \frac{0,3}{250} \times 100 \\
 &= 0,12 \%
 \end{aligned}$$

b. Alur

Luas area untuk jenis kerusakan alur dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 5. 5 Nilai *Density* Pada Kerusakan Alur

<i>Distress Type</i>	<i>Severity Level</i>	Luas Segmen (A _s) m ²	Luas Kerusakan (A _d) m ²	<i>Density</i> (%)
15	H	250	78,55	31,42

Perhitungan *density* pada tingkat kerusakan *hard* (H)

$$\begin{aligned}
 \text{Density} &= \frac{A_d}{A_s} \times 100 \\
 &= \frac{78,55}{250} \times 100 \\
 &= 31,42 \%
 \end{aligned}$$

c. Tambalan

Luas area untuk jenis kerusakan tambalan dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5. 6 Nilai *Density* Pada Kerusakan Tambalan

<i>Distress Type</i>	<i>Severity Level</i>	Luas Segmen (A _s) m ²	Luas Kerusakan (A _d) m ²	<i>Density</i> (%)
11	M	250	18,80	7,52

Perhitungan *density* pada tingkat kerusakan *hard* (H)

$$\begin{aligned}
 \text{Density} &= \frac{A_d}{A_s} \times 100 \\
 &= \frac{18,80}{250} \times 100 \\
 &= 7,52 \%
 \end{aligned}$$

2. Menentukan *Deduct Value*

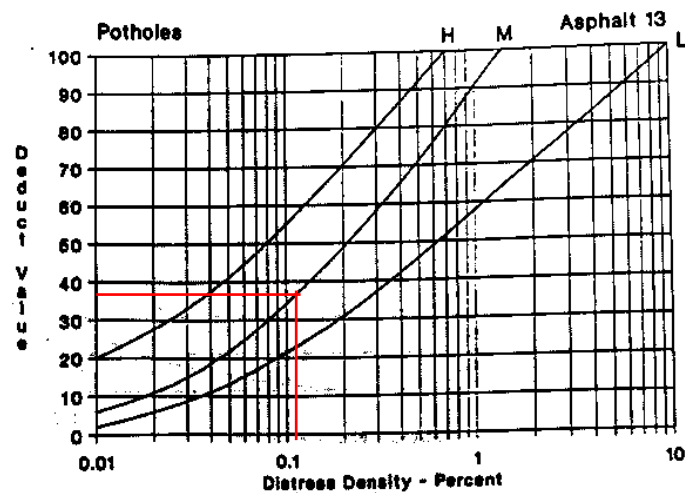
Berdasarkan kurva hubungan *density* dan *deduct value* menurut ASTM D6433 (2018), setiap jenis kerusakan memiliki grafik hubungan yang berbeda. Beda tingkat kerusakan, dapat mempengaruhi besar nilai *deduct value* terkait. Nilai *deduct value* pada segmen 1 dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut ini.

Tabel 5. 7 Nilai *Deduct Value* Pada Segmen 1

<i>Distress Type</i>	<i>Severity Level</i>	<i>Density (%)</i>	<i>Deduct Value</i>
13	M	0,12	37
15	H	31,42	79
11	M	7,52	28

a. Lubang

Dari hasil perhitungan *density* dapat diperoleh nilai pengurangan (*deduct value*) kerusakan tipe lubang dari grafik pada Gambar 5.3 berikut ini.

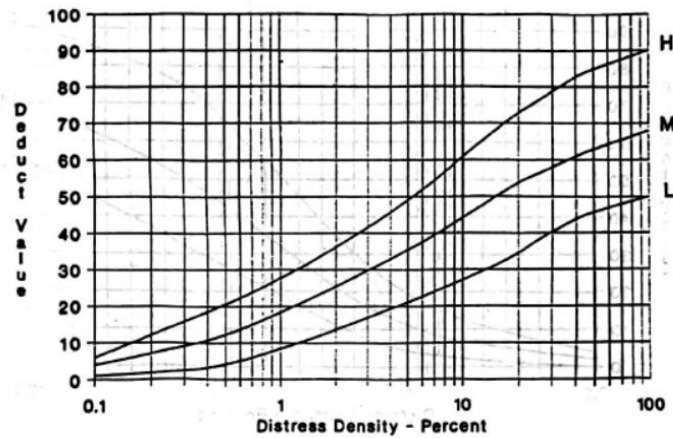


Gambar 5. 3 Grafik *Deduct Value* kerusakan Lubang

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.3, diperoleh *deduct value* untuk kerusakan tipe lubang sebesar 37 untuk *severity level medium* (M).

b. Alur

Dari hasil perhitungan *density* dapat diperoleh nilai pengurangan (*deduct value*) kerusakan tipe alur dari grafik pada Gambar 5.4 berikut ini.

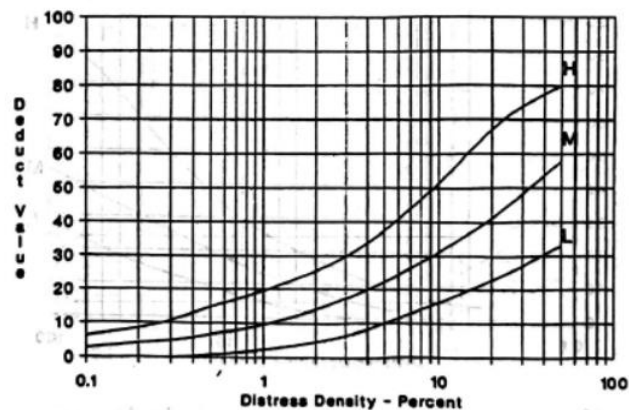


Gambar 5. 4 Grafik *Deduct Value* kerusakan Alur

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.4, diperoleh *deduct value* untuk kerusakan tipe alur sebesar 79 untuk *severity level high* (H).

c. Tambalan

Dari hasil perhitungan *density* dapat diperoleh nilai pengurangan (*deduct value*) kerusakan tipe tambalan dari grafik pada Gambar 5.5 berikut ini.



Gambar 5. 5 Grafik *Deduct Value* kerusakan Tambalan

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.5, diperoleh *deduct value* untuk kerusakan tipe tambalan sebesar 28 untuk *severity level high* (H).

3. Menentukan Nilai Pengurangan Ijin Maksimum

Dalam menentukan nilai *TDV* dan *CDV*, nilai *DV* perlu dikoreksi terlebih dahulu dengan nilai pengurangan izin maksimum (*m*). Data tersebut berpengaruh untuk menentukan nilai jumlah data individual (*q*) yang akan digunakan. Prosedur perhitungan untuk mencari nilai pengurangan izin

maksimum (m) menggunakan Persamaan 3.4 adalah seperti berikut.

$$\begin{aligned} m_i &= 1 + (9/98) (100 - HDV_i) \\ &= 1 + (9/98) (100 - 79) \\ &= 2,9 \end{aligned}$$

$$m_i = 2,9 < 3 \text{ (Jumlah individual deduct value)}$$

Berdasarkan prosedur penentuan nilai pengurangan izin maksimum (m), didapatkan nilai sebesar 2,9 dimana nilai m lebih kecil dibandingkan jumlah individual deduct value, yaitu 3. Sehingga 2 data diambil nilai penuhnya dan nilai terakhir dikalikan 0,9 (diambil dari $2,9 - 2 = 0,9$).

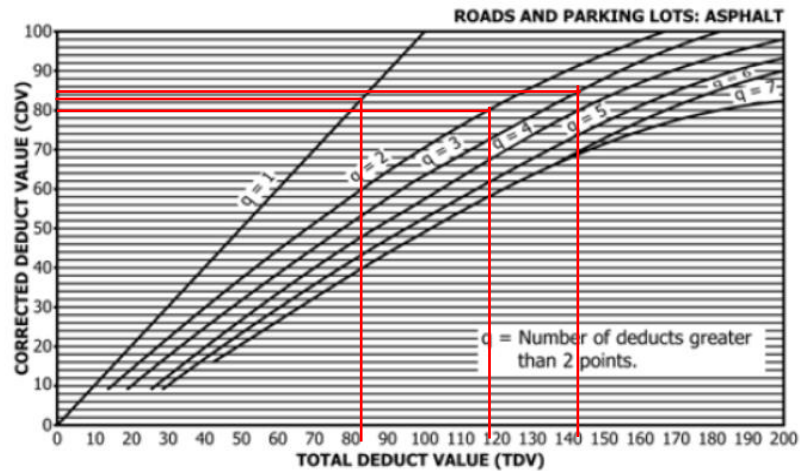
4. Menentukan *Total Deduct Value* (TDV) dan *Corrected Deduct Value* (CDV)

Nilai Pengurang Total (TDV) merupakan jumlah total dari nilai pengurangan (*Deduct Value*) dari masing-masing jenis dan tingkat kerusakan pada satu unit segmen, yang telah memenuhi nilai pengurang ijin maksimum (m). Nilai DV disusun dari yang terbesar sampai yang terkecil. kemudian diiterasi dengan mengubah angka yang lebih besar dari 2 menjadi 2, namun jika dibawah 2 angka tidak perlu diubah. Selanjutnya lakukan iterasi sampai diperoleh $q = 1$. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut ini.

Tabel 5. 8 Hasil Perhitungan TDV dan CDV pada Segmen 1

No	<i>Deduct Values</i>				<i>TDV</i>	q	<i>CDV</i>
1	79	37	26		142	3	85
2	79	37	2		118	2	80
3	79	2	2		83	1	83
Diambil CDV Tertinggi							85

Nilai *Corrected Deduct Value* diperoleh dari q dan *Total Deduct Value*, dengan menggunakan nilai koreksi dalam grafik kurva *Corrected Deduct Value* seperti pada Gambar 5.6 berikut ini.



Gambar 5. 6 Grafik *Corrected Deduct Value* Pada Segmen 1

5. Menentukan Nilai *PCI*

Setelah nilai *CDV* diperoleh, maka nilai *PCI* pada segmen 1 dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.5 berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{PCI} &= 100 - \text{CDV} \\
 &= 100 - 85 \\
 &= 15
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa pada segmen 1 diperoleh nilai *PCI* sebesar 15 dengan *rating* sangat parah (*serious*). Untuk perhitungan segmen selanjutnya dapat dihitung menggunakan perhitungan seperti pada segmen 1. Rekapitulasi hasil perhitungan nilai *PCI* pada seluruh unit segmen yang terbagi menjadi 2 arah yaitu, arah Klangon-Tempel dan arah Tempel-Klangon dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut, dan penomoran segmen mengacu pada segmentasi sebagaimana yang disajikan pada Gambar 5.2.

Tabel 5. 9 Hasil Rekapitulasi Nilai *PCI* Seluruh Segmen

NO	KM	<i>PCI</i>	<i>Rating</i>
Arah Klangon-Tempel			
1	18,7 - 18,8	15	<i>Serious</i>
2	18,8 - 18,9	28	<i>Very Poor</i>
3	18,9 - 19	20	<i>Serious</i>
4	19 - 19,1	35	<i>Very Poor</i>
5	19,1 - 19,2	40	<i>Very Poor</i>
6	19,2 - 19,3	41	<i>Poor</i>
7	19,3 - 19,4	35	<i>Very Poor</i>

Lanjutan Tabel 5. 9 Hasil Rekapitulasi Nilai *PCI* Seluruh Segmen

NO	KM	<i>PCI</i>	<i>Rating</i>
Arah Klangon - Tempel			
8	19,4 - 19,5	39	<i>Very Poor</i>
9	19,5 - 19,6	38	<i>Very Poor</i>
10	19,6 - 19,7	34	<i>Very Poor</i>
Arah Tempel-Klangon			
11	19,7 - 19,6	34	<i>Very Poor</i>
12	19,6 - 19,5	28	<i>Very Poor</i>
13	19,5 - 19,4	59	<i>Fair</i>
14	19,4 - 19,3	46	<i>Poor</i>
15	19,3 - 19,2	18	<i>Serious</i>
16	19,2 - 19,1	51	<i>Poor</i>
17	19,1 - 19	60	<i>Fair</i>
18	19 - 18,9	49	<i>Fair</i>
19	18,9 - 18,8	52	<i>Poor</i>
20	18,8 - 18,7	35	<i>Very Poor</i>

Setelah mendapatkan nilai *PCI* dari masing-masing segmen, maka nilai *PCI* untuk keseluruhan Ruas Jalan Klangon-Tempel dapat dihitung. Perhitungan nilai *PCI* untuk keseluruhan segmen jalan dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{PCI} &= \frac{\sum \text{PCI}_{(s)}}{N} \\
 &= \frac{757}{20} \\
 &= 37,85
 \end{aligned}$$

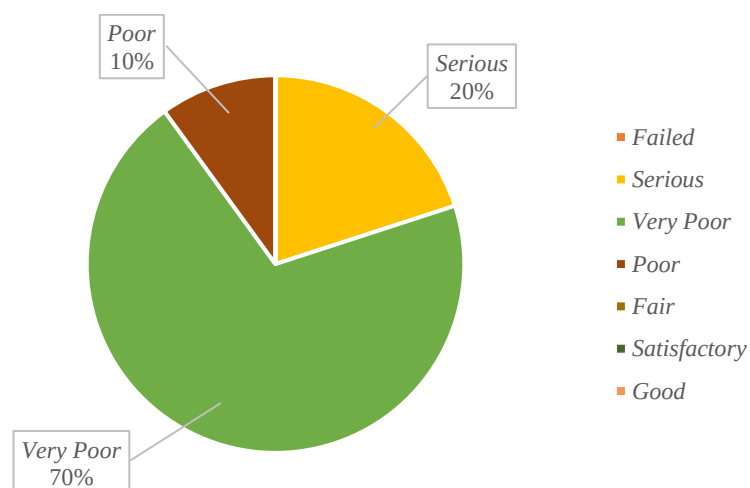
Berdasarkan hasil perhitungan di atas, diperoleh nilai rata-rata *PCI* untuk keseluruhan segmen pada Ruas Jalan Klangon-Tempel adalah 37,85 sehingga termasuk dalam kategori buruk (*poor*).

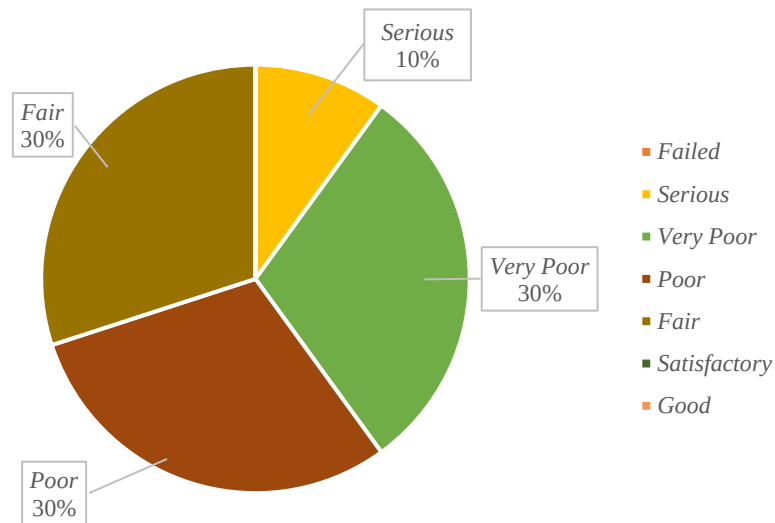
Pada Tabel 5.9 kita dapat melihat *rating* nilai *PCI* untuk setiap unit segmen pada ruas Jalan Klangon-Tempel km 18,7-19,7, yang mana beberapa kategori kerusakan tersebut adalah *failed*, *serious*, *very poor*, *Poor*, *fair*, *Satisfactory*, dan *Good*. Adapun rekapitulasi *persentase rating* nilai *PCI* arah Klangon-Tempel dan Tempel-Klangon dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5. 10 Presentase *Rating* Nilai *PCI*

<i>Rating</i>	Jumlah Segmen	<i>Persentase (%)</i>
Arah Klangon-Tempel		
<i>Failed</i>	0	0
<i>Serious</i>	2	20
<i>Very Poor</i>	7	70
<i>Poor</i>	1	10
<i>Fair</i>	0	0
<i>Satisfactory</i>	0	0
<i>Good</i>	0	0
Jumlah Total	10	100
Arah Tempel-Klangon		
<i>Failed</i>	0	0
<i>Serious</i>	1	10
<i>Very Poor</i>	3	30
<i>Poor</i>	3	30
<i>Fair</i>	3	30
<i>Satisfactory</i>	0	0
<i>Good</i>	0	0
Jumlah Total	10	100

Adapun diagram persentase kategori nilai *PCI* pada Ruas Jalan Klangon-Tempel dapat dilihat pada Gambar 5.7 dan Gambar 5.8 berikut ini.

**Gambar 5. 7 Diagram *Persentase Rating* Nilai *PCI* Arah Klangon-Tempel**



Gambar 5. 8 Diagram *Persentase Rating* Nilai *PCI* Arah Tempel-Klangon

Berdasarkan pada Tabel 5.10, Gambar 5.7 dan Gambar 5.8, dapat diketahui *persentase rating* yang tertinggi pada arah Klangon-Tempel adalah *rating very poor* dengan jumlah segmen 7 atau *persentase* 70%, kemudian dilanjutkan oleh *rating serious* dengan jumlah segmen 2 atau *persentase* 20%, dan *rating poor* dengan jumlah 1 segmen atau *persentase* 10%. Sedangkan, pada arah Tempel-Klangon *persentase rating* tertinggi adalah *rating very poor*, *poor* dan *fair* dengan jumlah segmen masing-masing 3 atau *persentase* 30%, dan *serious* dengan jumlah segmen 1 atau *persentase* 10%. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai *PCI* untuk setiap segmen tidak jauh berbeda dari nilai *PCI* rata-rata untuk ruas jalan secara keseluruhan. Namun, beberapa segmen masih memiliki kategori dan nilai yang lebih rendah dari pada nilai rata-rata keseluruhan, sehingga perlu diperhatikan.

Adapun jenis kerusakan yang dominan terjadi pada ruas Jalan Klangon-Tempel berdasarkan hasil pengamatan dan analisis yang dilakukan yaitu berdasarkan nilai *density* dari setiap jenis kerusakan. Rekapitulasi kerusakan yang teridentifikasi dengan nilai *density* pada arah Klangon-Tempel dan arah Klangon-Tempel dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan 5.12 berikut.

Tabel 5. 11 Rekapitulasi Kerusakan Berdasarkan Nilai *Density* Arah Klangon-Tempel

Segmen	Jenis Kerusakan yang Teridentifikasi dan Nilai <i>Density</i> (%)				
	1	7	11	13	15
1			7,52	0,12	31,42
2	4,08			0,16	10,65
3	3,90		0,80	0,31	18,63
4	2,75		2,00	0,15	17,13
5	3,19				18,25
6	3,81			0,94	
7	3,18	0,44	0,61		12,28
8			4,08	0,18	28,63
9	2,41		5,00		24,21
10	4,68		5,75		56,98
Jumlah <i>Density</i>	28,00	0,44		1,86	218,18
Rata - rata <i>Density</i>	2,80	0,04		0,19	21,82

dengan :

- 1 : Retak Kulit Buaya (*Alligator cracking*)
- 7 : Retak Pinggir (*Edge Cracking*)
- 11 : Tambalan (*Patching and Util Cut Patching*)
- 13 : Lubang (*Potholes*)
- 15 : Alur (*Rutting*)

Tabel 5. 12 Rekapitulasi Kerusakan Berdasarkan Nilai *Density* arah Tempel-Klangon

Segmen	Jenis Kerusakan yang Teridentifikasi dan Nilai <i>Density</i> (%)						
	1	3	7	11	13	15	16
11	8,12	0,19		5,48	0,08	8,52	
12	14,93	8,20					
13	3,16	3,45			0,10	1,79	
14	3,48	3,38		6,52	0,40		1,91
15	11,59	3,12		5,87	0,76		3,01
16	16,00					2,17	
17	7,84		0,02	2,31		2,32	
18	5,99					2,78	
19	5,46			1,39		21,55	

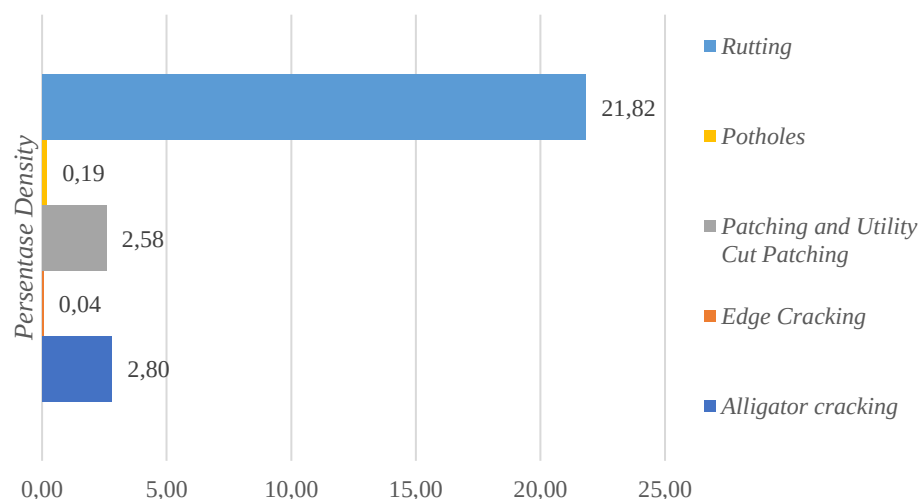
Lanjutan Tabel 5. 12 Rekapitulasi Kerusakan Berdasarkan Nilai *Density* arah Tempel-Klangon

Segmen	Jenis Kerusakan yang Teridentifikasi dan Nilai <i>Density</i> (%)						
	1	3	7	11	13	15	16
20	6,62	1,84		1,16		14,15	
Jumlah <i>Density</i>	83,18	20,19	0,02		1,34	53,29	4,93
Rata - rata <i>Density</i>	8,32	2,02	0,002		0,13	5,33	0,49

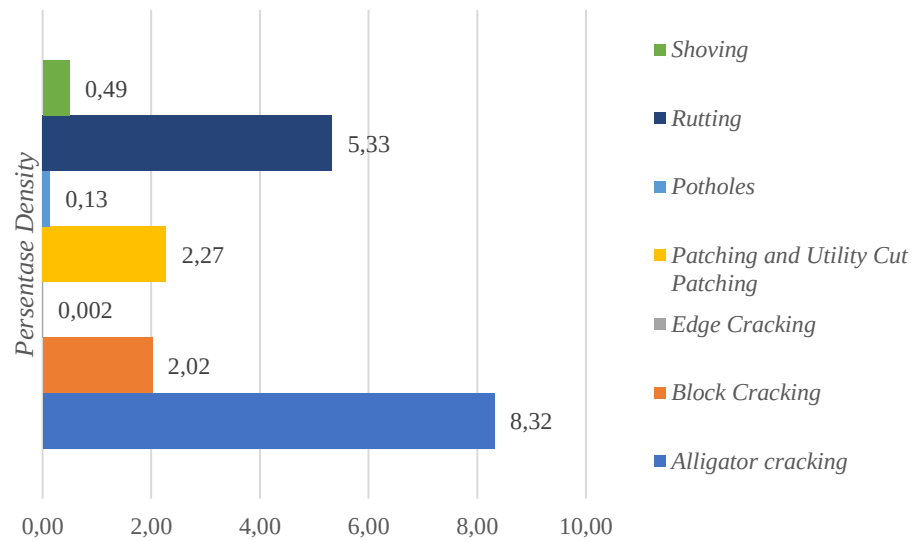
dengan :

- 1 : Retak Kulit Buaya (*Alligator cracking*)
- 3 : Retak Blok (*Block Cracking*)
- 7 : Retak Pinggir (*Edge Cracking*)
- 11 : Tambalan (*Patching and Utility Cut Patching*)
- 13 : Lubang (*Potholes*)
- 15 : Alur (*Rutting*)
- 16 : Sungkur (*Shoving*)

Adapun diagram rekapitulasi kerusakan berdasarkan nilai *density* dapat dilihat pada Gambar 5.9 dan Gambar 5.10 berikut ini.

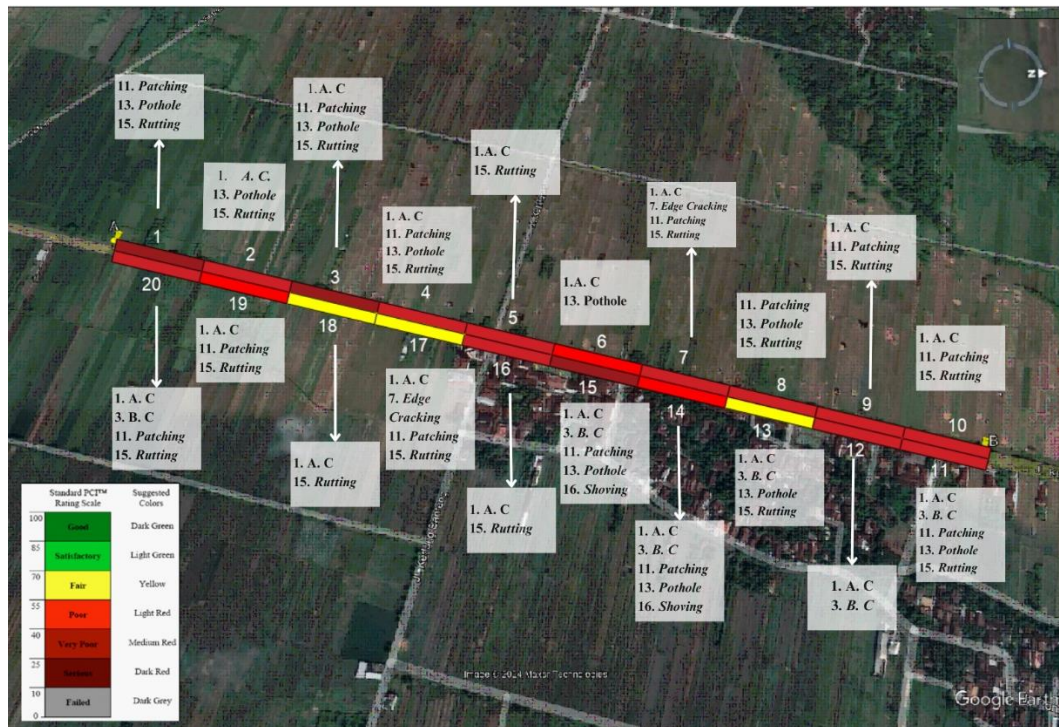


Gambar 5. 9 Diagram Nilai *Density* arah Klangon-Tempel



Gambar 5. 10 Diagram Nilai *Density* arah Tempel-Klangon

Berdasarkan rekapitulasi rerata nilai *density* tiap jenis kerusakan yang dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan Tabel 5.13, untuk arah Klangon-Tempel kerusakan yang paling dominan adalah alur (*rutting*) dengan rerata *density* sebesar 21,82%, kemudian terdapat kerusakan retak kulit buaya (*alligator cracking*) dengan rerata *density* sebesar 2,80%, dan kerusakan tambalan (*patching & util cut patching*) dengan rerata *density* sebesar 2,58%. Sedangkan untuk arah Tempel-Klangon kerusakan yang paling dominan adalah retak kulit buaya (*alligator cracking*) dengan rerata *density* sebesar 8,32%, kemudian terdapat kerusakan alur (*rutting*) dengan rerata *density* sebesar 5,33%, dan kerusakan tambalan (*patching & util cut patching*) dengan rerata *density* sebesar 2,27%. Adapun untuk lebih jelas melihat hasil analisis dan kategori kerusakan pada tiap segmen berdasarkan nilai *density* dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.



Gambar 5. 11 Peta Kategori Kerusakan Pada Ruas Jalan Klangon-Tempel

Adapun rekapitulasi hasil perhitungan rerata *density* untuk seluruh seluruh segmen dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

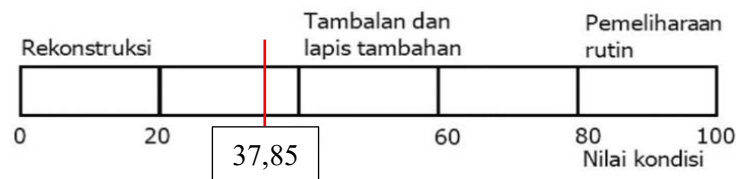
Tabel 5. 13 Rekapitulasi Nilai *Density* Rerata Pada Jalan Klangon-Tempel

Jenis Kerusakan	Nilai <i>Density</i> (%)
Alur (<i>Rutting</i>)	13,57
Retak Kulit Buaya (<i>Alligator cracking</i>)	5,56
Tambalan (<i>Patching & Util Cut Patching</i>)	2,42
Retak Blok (<i>Block Cracking</i>)	1,01
Sungkur (<i>Shoving</i>)	0,25
Lubang (<i>Potholes</i>)	0,16
Retak Pinggir (<i>Edge Cracking</i>)	0,02

Dari Tabel 5.13 dapat diketahui kerusakan dominan pada seluruh segmen berdasarkan nilai *density* adalah kerusakan alur (*rutting*) dengan rerata *density* sebesar 13,57%, kemudian kerusakan retak kulit buaya dengan rerata *density* sebesar 5,56% sedangkan kerusakan paling sedikit yaitu retak pinggir dengan rerata *density* sebesar 0,02%.

Berdasarkan hasil survei dan analisis menggunakan metode *PCI* yang telah dilakukan pada Ruas Jalan Klangon-Tempel, terdapat beberapa jenis kerusakan yang teridentifikasi yaitu retak kulit buaya (*alligator cracking*), retak blok (*block cracking*), retak pinggir (*edge cracking*), lubang (*potholes*), alur (*rutting*), sungkur (*shoving*), dan tambalan (*patching & util cut patching*). Kondisi perkerasan terbaik berada pada segmen 17 dengan nilai *PCI* sebesar 60 dan termasuk dalam kategori *fair*; sedangkan kondisi perkerasan terburuk terdapat pada segmen 1 dengan nilai *PCI* sebesar 15 dan termasuk dalam kategori *serious*. Keseluruhan nilai *PCI* pada Ruas Jalan Klangon-Tempel memiliki nilai akhir sebesar 37,85 dan termasuk dalam kategori *very poor*.

Berdasarkan Gambar 3.8, maka solusi yang sesuai untuk pemeliharaan jalan pada Jalan Klangon-Tempel yaitu lapis tambahan (*overlay*). Hal ini dipengaruhi oleh nilai akhir *PCI* sebesar 37,85. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut.



Gambar 5. 12 Nilai Kondisi Sebagai Indikator Tipe Pemeliharaan

5.3 Analisis Nilai Tegangan dan Regangan Berdasarkan Metode Mekanistik-Empiris dengan Program *KENPAVE* untuk Eksisting

Masa layanan pada ruas Jalan Klangon-Tempel seharusnya habis sesuai dengan yang sudah direncanakan yaitu 10 tahun, namun pada masa layan ini tidak bisa dipungkiri bahwa kendaraan yang melintas terkadang membawa beban yang melebihi batas seharusnya. Oleh karenanya, perlu dilakukan analisis terhadap perkerasan tersebut dalam melayani beban lalu lintas dengan menggunakan metode mekanistik-empirik yang dilakukan dengan permodelan pada Program *KENPAVE*. Analisis tersebut perlu memperoleh nilai tegangan dan regangan pada ruas Jalan Klangon-Tempel yang dapat dilihat pada uraian berikut ini.

1. Data untuk evaluasi perkerasan jalan

Data yang diperlukan untuk melakukan evaluasi dengan Program *KENPAVE*

antara lain adalah nilai bahan dan tebal perkerasan. Adapun nilai modulus elastisitas dan *poisson ratio* tiap lapis pada perkerasan yang diteliti diperoleh dari Tabel 3.24 dan telah dilakukan pengurangan untuk menyesuaikan kondisi eksisting pada tahun 2024 yang disajikan pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5. 14 Data untuk Menginput Program *KENPAVE* Bagian Eksisting

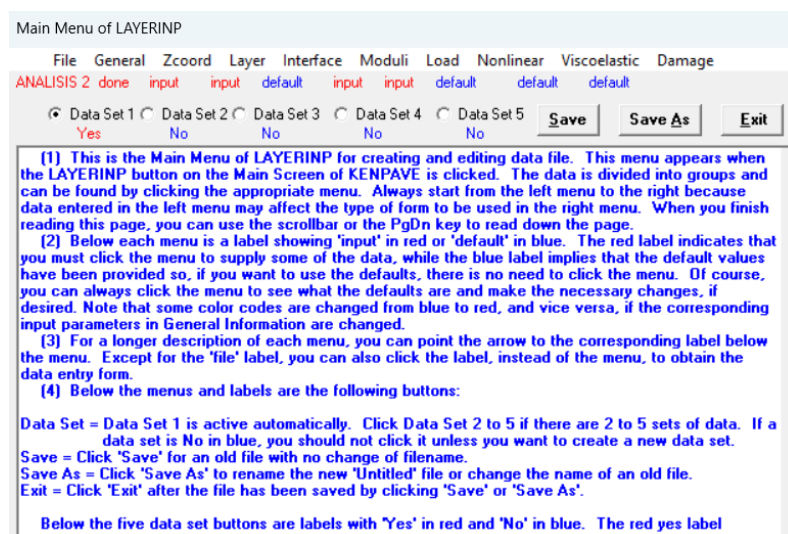
Lapis Perkerasan	Modulus Elastisitas, E (Kpa)	<i>Poisson Ratio</i>	Tebal Perkerasan
AC - WC	416350	0,151	4
AC - BC	454200	0,151	6
Pondasi Kelas A	119228	0,132	15
Pondasi Kelas B	79485	0,132	15
<i>Subgrade</i>	56775	0,170	

2. Analisis dengan Program *KENPAVE*

Berikut ini merupakan langkah-langkah untuk mengetahui nilai tegangan dan nilai regangan pada perkerasan lentur ruas Jalan Klangon-Tempel dengan menggunakan program *KENPAVE*.

a. *Layerinp*

Sebelum memulai menginput data klik menu Program *KENPAVE*, selanjutnya untuk memulai input data, klik pada bagian menu *LAYERINP* seperti pada Gambar 5.13.



Gambar 5. 13 Tampilan Menu *LAYERINP*

Kemudian klik pada menu *file* lalu pilih *new* untuk memulai *input* data

b. *General*

Pada menu *general* terdapat beberapa nilai yang di *input*, dapat di lihat pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5. 15 Data *Input General*

Istilah	Nilai	Keterangan
<i>Title</i>	Tugas Akhir	Diisi sesuai dengan judul
<i>MATL</i>	1	Lapisan perkerasan yang dianalisis adalah linier
<i>NDAMA</i>	0	Tidak ada analisis kerusakan
<i>NPY</i>	1	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>NLG</i>	1	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>DEL</i>	0,001	Standar akurasi
<i>NL</i>	5	Jumlah lapisan perkerasan (lapis AC-WC, AC-BC, LPA A, LPB B, <i>subgrade</i>)
<i>NZ</i>	5	Jumlah titik kerusakan yang dianalisis
<i>ICL</i>	80	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>NSTD</i>	9	<i>Output</i> berupa <i>vertical displacement</i> , tegangan dan regangan
<i>NBOND</i>	1	Semua lapisan saling mengikat
<i>NLBT</i>	0	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>NLTC</i>	0	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>NUNIT</i>	1	Satuan yang digunakan adalah SI (Standar Internasional)

Tampilan pada saat *input* data di menu *general* program *KENPAVE* dapat dilihat pada Gambar 5.14.

General Information of LAYERINP for Set No. 1

TITLE Eksisting 1

Type of material (1=linear, 2=nonlinear, 3=viscoelastic, 4=combined) (MATL)	1
Damage analysis (0=no, 1=yes with summary only, 2=yes with detailed printout) (NDAMA)	0
Number of periods per year (NPY)	1
Number of load groups (NLG)	1
Tolerance for numerical integration (DEL)	0
Number of layers (NL)	5
Number of Z coordinates for analysis (NZ)	5
Maximum cycles of numerical integration (ICL)	80
Type of responses (1=displacements only, 5=plus stresses, 9=plus strains) (NSTD)	9
All layer interfaces bonded (1=yes, 0=if some are frictionless) (NBOND)	1
Number of layers for bottom tension (NLBT)	0
Number of layers for top compression (NLTC)	0
System of units (0=English, 1=SI) (NUNIT)	1

OK

(1) This form appears when the "General" on the Main Menu of LAYERINP is clicked. You can override any of the default values by typing in a new value. You can use the Tab key to move the cursor from one textbox to the next or just click on the textbox before typing. The use of click has the advantage that you don't have to delete the default before typing in the data you want. If you want to read the remaining text, you can use the scrollbar. You can also use the PgDn key after clicking this textbox to make it active.

(2) TITLE (title of run): Any title or comment can be typed on one line. The title should not be longer than 68 characters including spaces. If you make a mistake in typing, use the Del key to erase any typographical errors. When the total length reaches 68, no additional characters can be added. No comma should be used in TITLE. Use colon or semicolon instead.

(3) MATL (types of material): 1 when all layers are linear elastic, 2 when some layers are nonlinear

Gambar 5. 14 Data Input pada Menu General

c. *Zcoord*

Jumlah titik yang terdapat pada menu *zcoord* sesuai dengan jumlah NZ pada menu *general*. Titik yang ditinjau ada 5 dan dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5. 16 Titik Tinjau pada Zcoord

No	Kedalaman (cm)	Keterangan
1	0	Permukaan lapis perkerasan
2	9,998	Titik tinjau 1 (<i>fatigue cracking</i>)
3	10	Lapis Permukaan LPA
4	40	Dasar LPB
5	40,002	Titik tinjau 2 (<i>deformation</i>)

Tampilan pada menu *zcoord* lebih lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 5.15.

Unit CM

Point No.	ZC
1	0
2	9.998
3	10
4	40
5	40.002

(1) This form appears when the 'Zcoord' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of Z coordinates on this form is equal to NZ, as specified in the 'General' menu. This form is different from the one used for General Information in that a dotted rectangle, instead of the cursor, is used to indicate the active cell. If the dotted rectangle is not the location for input, you can use the arrow key to move the dotted rectangle to the cell you want to input, or more conveniently by clicking the cell you want. After you type in the data, the dotted rectangle will be changed into a three dimensional box and you must press the Enter key to make it effective. You can also use the up and down arrow keys to make the entry effective. You should not click the other cell before pressing the Enter key, otherwise the data you have typed will move to the cell you click.

(2) ZC (vertical distance, or z coordinate, of each response point): When the point is located exactly at the interface between two layers, the results are at the bottom of upper layer. If the results at the top of lower layer are desired, a slightly larger z coordinate, say 0.0001 larger, should be used.

(3) After typing in the data in the first cell, move to the next cell by pressing the Enter or arrow down key.

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

OK

Gambar 5. 15 Data Input pada Menu Zcoord

d. *Layer*

Jumlah *layer* yang ada pada menu *Layer* sama dengan jumlah NL yang terdapat pada menu *General* pada Tabel 5.15. Parameter yang diinput dalam menu *Layer* adalah tebal perkerasan dan nilai *Poisson Ration*. Tampilan pada menu *Layer* dapat dilihat pada Gambar 5.16.

Unit CM kN/m³

Layer No.	TH	PR
1	4	.151
2	6	.151
3	15	.132
4	15	.132
5	17	.17

After typing the value in a cell, be sure to press the Enter key to make it effective.

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

(1) This form appears when the 'Layer' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of layers on this form is equal to NL, as specified in the 'General' menu. This form is different from the one used for General Information in that a dotted rectangle, instead of the cursor, is used to indicate the active cell. If the dotted rectangle is not the location for input, you can use the arrow key to move the dotted rectangle to the cell you want to input, or more conveniently by clicking the cell you want. After you type in the data, the dotted rectangle will be changed into a three dimensional box and you must press the Enter key to make it effective. You can also use the up and down arrow keys to make the entry effective. Note that the dotted rectangle is now in the upper left cell, so you can type in the data right away. If you want to read the remaining text and use the PgDn key, instead of the scrollbar, you

OK

Gambar 5. 16 Data Input pada Layer

e. *Moduli*

Nilai parameter yang diinput pada menu *moduli* ini adalah nilai modulus elastisitas pada masing-masing perkerasannya. Nilai modulus elastisitas dapat dilihat pada Tabel 5.14. Tampilan pada menu *Moduli* dapat dilihat pada Gambar 5.17.

Unit kPa

Layer No.	E
1	416350
2	454200
3	119228
4	79485
5	56775

(1) This form appears when the period button on the Layer Modulus of Each Period is clicked. The number of layers on this form is equal to NL, as specified in the 'General' menu.

(2) E (elastic modulus of each layer): Use as the assumed modulus for the first iteration when the layer is nonlinear. If more convenient, you can enter the modulus in exponential form such as 1.234E5. Assign 0 or any value for viscoelastic layer.

(3) After typing the data in the first cell, move to the next cell by pressing the Enter or arrow down key. After the last cell is filled, be sure to click the Enter key.

(4) You can delete a line, or one layer, by first clicking anywhere on the line to make it active and then press the <Ctrl>- keys. The NL in the 'general' menu will be reduced automatically by 1.

(5) You can add a new line, or one more layer, above any given line by first clicking the cell in the given line to make it active and then press the <Ctrl>-<Ins>. A blank line will appear for you to enter the necessary data. The NL in the 'General' menu will increase automatically by 1. If you want to add a line after the last line, you can change NL in the 'General' menu by adding 1 and a blank line will appear as the last line. Remember that always use the <Ctrl>-<Ins>.

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

nk

Gambar 5. 17 Data Input pada Moduli

f. *Load*

Dalam perhitungan metode mekanistik-empirik dibutuhkan dimensi sumbu kendaraan, tekanan ban dan jarak ban pada roda ganda. Pada nilai beban sumbu roda dapat dilihat pada Gambar 3.13 yang merupakan data kondisi beban berdasarkan Sukirman (1993). Berikut ini merupakan cara untuk menentukan data *Load*.

- 1). *Load* : 1 (*single axle load*), menggunakan beban sumbu standar sebesar 8,16 ton.
- 2). *CR* : 11 cm (berdasarkan nilai jarak antar ban)
- 3). *CP* : 550 kPa (berdasarkan nilai tekanan ban)
- 4). *YW* : 33 cm (jarak antar roda arah Y)
- 5). *XW* : 0 cm (jarak antar roda arah X)
- 6). *NPT* : 3

Nilai NPT adalah 3 hal ini dikarenakan terdapat 3 pengulangan pada beban dengan tinjauan yang berbeda. Tampilan pada menu Load dapat dilihat pada Gambar 5.18 dan Gambar 5.19.

Load Information for Data Set No. 1

Double click anywhere on a line to get auxiliary form for NR or NPT.

Unit	cm	kPa	cm	cm	
Load Group No	LOAD	CR	CP	YW	XW
1	1	11	550	33	0
					NR or NPT
					3

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

(1) This form appears when the 'Load' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of lines, or load groups, is equal to NLG, as specified in the 'General' menu. Please refer to Figure 3.8 for wheel and axle arrangements.
 (2) LOAD (type of loading): Assign 0 for single axle with single tire, 1 for single axle with dual tires, 2 for tandem axles, and 3 for tridem axles.
 (3) CR (contact radius of circular loaded area).
 (4) CP (contact pressure on circular loaded area).
 (5) YW (center to center spacing between two dual wheels along the y axis): Assign 0 if there is only one wheel or LOAD = 0.
 (6) XW (center to center spacing between two axles along the x axis): Assign 0 if only one axle exists, i.e. LOAD = 0 or 1.
 (7) NR (number of radial coordinates to be analyzed under a single wheel, maximum 25): A single

OK

Gambar 5. 18 Data *Input* pada Load

X and Y Coordinates of Response Points for Load Group No. 1 and Data Set No. 1

Unit	cm	cm
Point No.	XPT	YPT
1	0	0
2	0	11
3	0	16.5

(1) This auxiliary form appears automatically when NPT of a given load is typed on the main form. If NPT was specified previously, you can also enter this auxiliary form by double clicking the main form anywhere on the given load group, instead of retyping NPT to enter this auxiliary form.
 (2) XPT (x coordinates of points to be analyzed).
 (3) YPT (y coordinates of points to be analyzed).
 (4) After typing the data in a cell, be sure to press the Enter key to make it effective.
 (5) You can delete a line, or one of the points, by first clicking anywhere on the line to make it active and then press the <Ctrl>- keys. The NPT in the main form will be reduced automatically by 1.
 (6) You can add a new line, or one more point, above any given line by first clicking the cell in the given line to make it active and then press the <Ctrl>-<Ins>. A blank line will appear for you to enter the necessary data. The NPT in the main form will increase automatically by 1. If you want to add a line after the last line, you can change NPT in the main form by adding 1 and a blank line will appear as the last line. Remember that always use the <Ctrl>-<Ins> keys to add a line unless the line to be added is the last line. By so doing, you don't have to retype any of the existing lines.
 (7) After completing this form, click OK to return to the

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

OK

Gambar 5. 19 Data *Input* pada Menu NPT

3. Hasil analisis program *KENPAVE* menggunakan *KENLAYER*

Hasil analisis dari program *KENLAYER* akan menghasilkan nilai tegangan dan regangan yang terjadi pada struktur lapis perkerasan sesuai dengan titik koordinat yang telah dimasukkan. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut.

Tabel 5. 17 Hasil Analisis *KENLAYER*

Titik Koordinat	<i>Vertical Strain</i> pada kedalaman 9,998	<i>Horizontal Strain</i> pada kedalaman 9,998	<i>Vertical Strain</i> pada kedalaman 40,002
1	0,0007689	0,0005293	0,0009453
2	0,0004332	0,0004518	0,0010280
3	0,0002814	0,0004013	0,0010360
Maksimum	0,0007689	0,0005293	0,001036

Berdasarkan data pada Tabel 5.17, diperoleh nilai regangan tarik atau nilai *horizontal strain* pada kedalaman 9,998 cm sebesar 0,0005293 untuk analisis jenis kerusakan *fatigue cracking*. Kemudian diperoleh nilai regangan tekan atau nilai *vertical strain* pada kedalaman 9,998 cm sebesar 0,0007689 untuk jenis kerusakan *rutting* dan nilai *vertical strain* pada kedalaman 40,002 cm sebesar 0,001036 untuk kerusakan *deformation*.

Hasil tersebut dianalisis untuk kerusakan *fatigue cracking*, *rutting* dan *permanent deformation* dengan menentukan jumlah repetisi beban dengan menggunakan Persamaan 3.8 hingga Persamaan 3.10. Berikut ini merupakan perhitungan fungsi transfer (*transfer function*) untuk nilai N_f , N_r dan N_d .

a. Kerusakan *fatigue cracking*

Menghitung nilai N_f untuk *fatigue cracking* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 N_f &= 0,0796 (\epsilon_t)^{-3,921} |E|^{-0,854} \\
 &= 0,0796 (0,0005293)^{-3,921} |454200|^{-0,854} \\
 &= 8241170 \text{ ESAL}
 \end{aligned}$$

b. Kerusakan *rutting*

Menghitung nilai N_r untuk kerusakan *rutting* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 N_r &= 1,365 \times 10^{-9} (\epsilon_c)^{-4,47} \\
 &= 1,365 \times 10^{-9} (0,0007689)^{-4,47} \\
 &= 119424 \text{ ESAL}
 \end{aligned}$$

c. Kerusakan *permanent deformation*

Menghitung nilai N_d untuk kerusakan *permanent deformation* adalah sebagai berikut.

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} (\epsilon_c)^{-4,47}$$

$$= 1,365 \times 10^{-9} (0,001036)^{-4,47}$$

$$= 31432 \text{ ESAL}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat dilihat bahwa kondisi perkerasan jalan eksisting hanya mampu mengakomodasi beban repetisi sebesar 8241170 *ESAL* untuk kerusakan *fatigue cracking*, 119424 *ESAL* untuk kerusakan *rutting*, dan 31432 *ESAL* untuk kerusakan *deformation*.

5.4 Nilai Tebal Lapis Tambahan dengan Metode Bina Marga 2017

Perhitungan lapis tambahan pada Jalan Klangon-Tempel dilakukan dengan menggunakan data LHR dan data Lendutan. Umur rencana untuk memperoleh nilai lapis tambahan ini adalah 10 tahun.

5.4.1 Analisis Lalu Lintas

Pada penelitian ini digunakan Metode Bina Marga 2017 dengan langkah-langkah perhitungan kondisi lalu lintas dapat dilihat pada penjabaran di bawah ini.

1. Mencari nilai pertumbuhan lalu lintas (i)

Nilai LHR Jalan Klangon-Tempel dapat diprediksi dengan menggunakan data LHR dari tahun 2021-2022. Perhitungan pertumbuhan lalu lintas (i) dengan Persamaan 3.11 dapat dilihat di bawah ini.

$$i = \left(\sqrt[n]{\frac{LHR_n}{LHR_t}} \right) - 1$$

$$i = \left(\sqrt[1]{\frac{6150}{5444}} \right) - 1$$

$$i = 12,95\%$$

2. Mencari nilai Faktor Pengali Pertumbuhan Lalu Lintas Kumulatif (R)

Nilai R diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.13 untuk setiap tahun hingga tahun ke-10. Perhitungan R untuk tahun ke-10 diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut.

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

$$= \frac{(1 + 0,01 \times 12,95\%)^{10} - 1}{0,01 \times 12,95\%}$$

$$R = 10,058$$

3. Mencari nilai Faktor Arah (DD) dan Faktor Distribusi Jalur (DL)

Jalan Klangon-Tempel merupakan jalan 2 arah dan memiliki 1 lajur pada setiap arahnya. Sehingga berdasarkan Bina Marga 2017, untuk nilai Faktor Distribusi Arah (DD) umumnya digunakan 0,50, sedangkan untuk nilai faktor distribusi lajur (DL) digunakan 100%.

4. Menghitung LHR

Data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) pada ruas jalan Klangon-Tempel diperoleh dari Dinas PUPESDM Bidang Bina Marga D.I.Yogyakarta. Data LHR Tahun 2022 dapat dilihat pada Tabel 5.2. Karena hasil survei lalu lintas harian dilakukan pada tahun 2022 dan masa pembangun selama 1 tahun dan pembangunan dimulai tahun 2024-2025. Maka contoh perhitungan LHR 2024 untuk golongan 6a adalah seperti berikut.

$$\begin{aligned} \text{LHR}_{2024} \text{ Gol. 6a} &= \text{volume kendaraan gol. 6a tahun 2022} \times (1 + i)^n \\ &= 506 \times (1 + 12,95\%)^2 \\ &= 646 \end{aligned}$$

Sedangkan contoh perhitungan LHR 2025 untuk golongan 6a adalah seperti berikut.

$$\begin{aligned} \text{LHR}_{2025} \text{ Gol. 6a} &= \text{volume kendaraan gol. 6a tahun 2022} \times (1 + i)^n \\ &= 506 \times (1 + 12,95\%)^3 \\ &= 730 \end{aligned}$$

Tabel 5. 18 Perhitungan LHR 2024 dan LHR 2025

Gol.	Kendaraan	LHR 2022	LHR 2024	LHR 2025
1	Motor	9772	12468	14083
2	Sedan, Jeep, Station Wagon	1059	1352	1527
4	Pick Up, Mobil Hantaran	476	608	686
5a	Bus Kecil	6	8	9
5b	Bus Besar	5	7	8
6a	Truk 2 Sumbu (4 roda)	506	646	730
7a	Truk 3 Sumbu	17	22	25
7c	Truk Semi Taller	9	12	13

5. Menghitung Beban Sumbu Kumulatif (*CESAL*)

Data estimasi lalu lintas pada Tabel 5.18 di atas perlu dikonversi ke satuan

beban standar ESA menggunakan Faktor Ekvivalen Beban (VDF). Kemudian dilanjutkan dengan menghitung nilai *CESAL*. Beban sumbu standar kumulatif merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas perencanaan pada lajur rencana selama umur desain. Perhitungannya dilakukan dengan menggunakan Persamaan 3.9, perhitungan ESAL pada kendaraan golongan 6a berdasarkan LHR tahun 2025 dapat dilihat di bawah ini.

$$\begin{aligned}
 ESA4\ 2025 &= (\Sigma LHR \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R \\
 &= 730 \times 0,55 \times 365 \times 0,5 \times 1 \times 10.058 \\
 &= 737023,83
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi estimasi perhitungan *ESAL* dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5. 19 Rekapitulasi Estimasi Perhitungan CESA

Gol.	Kendaraan	LHR 2022	LHR 2024	LHR 2025	VDF 4 Normal	ESA4 (2024-2025)	ESA4 (2025-2035)
1	Motor	9772	12468	14083	-	-	-
2	Sedan, Jeep, Station Wagon	1059	1352	1527	-	-	-
4	Pick Up, Mobil Hantaran	476	608	686	-	-	-
5a	Bus Kecil	6	8	9	-	-	-
5b	Bus Besar	5	7	8	1	1277,50	14685,41
6a	Truk 2 Sumbu (4 roda)	506	646	730	0,55	64842,25	737023,83
7a	Truk 3 Sumbu	17	22	25	4,7	18870,50	215691,91
7c	Truk Semi Taller	9	12	13	7,4	16206,00	176592,01
Jumlah						101196,25	1143993,16
CESAL 4						$1,25 \times 10^6$	

5.4.2 Desain Tebal *Overlay*

Data lendutan yang hendak digunakan untuk desain tebal *overlay* bisa dilihat pada Tabel 5. 20 berikut ini.

Tabel 5. 20 Data Lendutan Pada Ruas Jalan Klangon-Tempel

No	STA	Posisi Pengujian	d1	Hasil Pembacaan			Dmax	Suhu Permukaan Beton Aspal (°C)
				d2	d3	d4		
1	18 + 700	Kiri	0	0,00	1,00	2,00	0,349	34
2	18 + 800	Kanan	0	4,00	6,00	12,00	2,096	35
3	18 + 900	kiri	0	0,00	1,00	1,00	0,175	33
4	19 + 000	Kanan	0	0,00	1,00	1,00	0,175	37

Lanjutan Tabel 5. 20 Data Lendutan Pada Ruas Jalan Klangon-Tempel

No	STA	Posisi Pengujian	d1	Hasil Pembacaan			Dmax	Suhu Permukaan Beton Aspal (°C)
				d2	d2	d2		
5	19 + 100	Kiri	0	1,00	2,00	3,00	0,524	35
6	19 + 200	Kanan	0	0,00	1,00	2,00	0,349	37
7	19 + 300	kiri	0	2,00	3,00	5,00	0,873	33
8	19 + 400	Kanan	0	3,00	6,00	12,00	2,096	38
9	19 + 500	Kiri	0	0,00	1,00	1,00	0,175	35
10	19 + 600	Kanan	0	1,00	3,00	7,00	1,222	37
11	19 + 700	kiri	0	1,00	1,00	3,00	0,524	36

Dalam menentukan tebal *overlay* berdasarkan lendutan maksimum digunakan grafik pada Gambar 5.16, dengan cara menghitung serta memasukan nilai lendutan karakteristik serta beban lalu lintas desain (*ES44*) ke dalam grafik tersebut. Untuk langkah perhitungannya dijabarkan berikut ini.

1. Menghitung d_{max}^2

$$d_{max}^2 \text{ KM } 18,7 = 0,3492 \times 0,3492 = 0,122$$

$$d_{max}^2 \text{ KM } 18,8 = 2,096 \times 2,096 = 4,393$$

$$d_{max}^2 \text{ KM } 18,9 = 0,175 \times 0,175 = 0,031$$

dan seterusnya,

2. Menghitung Lendutan Rerata

$$\begin{aligned} d_{\text{Rerata}} &= \frac{\Sigma d_{max}}{n} \\ &= \frac{8,558}{11} \\ &= 0,78 \end{aligned}$$

3. Menghitung Deviasi Standar (S)

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{\frac{n_s (\Sigma_1^{n_s} d^2) - (\Sigma_1^{n_s} d)^2}{n_s (n_s - 1)}} \\ &= \sqrt{\frac{11 (11,926) - (8,558)^2}{11(11-1)}} \\ &= 0,726 \end{aligned}$$

4. Lendutan Wakil (Lendutan Karakteristik)

$$\begin{aligned} D_{\text{wakil}} &= d_{\text{Rerata}} + S \\ &= 0,78 + 0,726 \\ &= 1,504 \text{ mm} \end{aligned}$$

5. Faktor Koreksi Temperatur

$$\begin{aligned} F_t &= \frac{\text{MAPT}}{\text{Temperatur perkerasan saat pengukuran lendutan}} \\ &= \frac{41^{\circ}\text{C}}{35,45} \\ &= 1,156 \end{aligned}$$

6. Lendutan Wakil Terkoreksi

$$\begin{aligned} D_{\text{wakil terkoreksi}} &= D_{\text{wakil}} \times Ft \\ &= 1,504 \times 1,156 \\ &= 1,739 \text{ mm} \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan analisis lendutan yang digunakan untuk menentukan tebal lapis tambah (*overlay*) dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut.

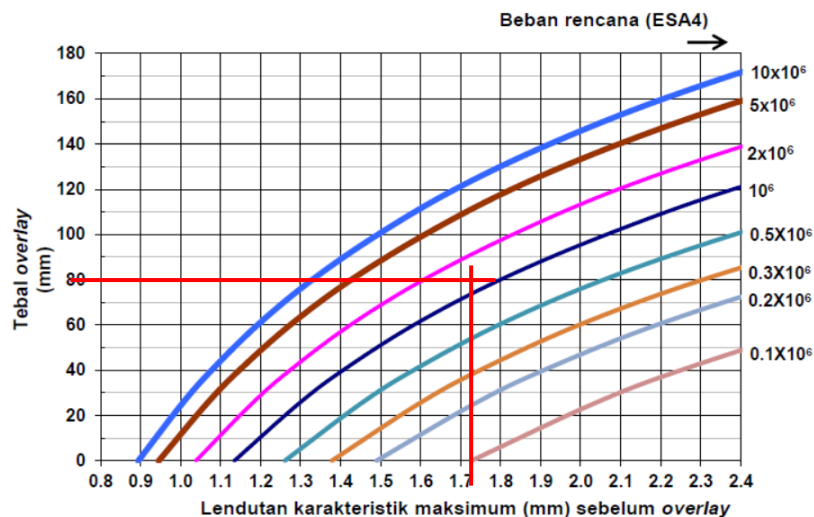
Tabel 5. 21 Rekapitulasi Analisis Data Lendutan

No	STA	Posisi Pengujian	Suhu Permukaan Beton Aspal	d1	Hasil Pembacaan			Dmax	Dmax ²
					d2	d3	d4		
1	18 + 700	Kiri	34	0	0,00	1,00	2,00	0,349	0,122
2	18 + 800	Kanan	35	0	4,00	6,00	12,00	2,096	4,393
3	18 + 900	kiri	33	0	0,00	1,00	1,00	0,175	0,031
4	19 + 000	Kanan	37	0	0,00	1,00	1,00	0,175	0,031
5	19 + 100	Kiri	35	0	1,00	2,00	3,00	0,524	0,275
6	19 + 200	Kanan	37	0	0,00	1,00	2,00	0,349	0,122
7	19 + 300	kiri	33	0	2,00	3,00	5,00	0,873	0,762
8	19 + 400	Kanan	38	0	3,00	6,00	12,00	2,096	4,393
9	19 + 500	Kiri	35	0	0,00	1,00	1,00	0,175	0,031
10	19 + 600	Kanan	37	0	1,00	3,00	7,00	1,222	1,493
11	19 + 700	kiri	36	0	1,00	1,00	3,00	0,524	0,275
Jumlah (mm)								8,558	11,926
Lendutan Rerata (mm)								0,78	
Deviasi Standar (mm)								0,726	
Faktor Koreksi Temperatur								1,156	
Dwakil (mm)								1,504	
Dwakil Terkoreksi (mm)								1,739	

Menentukan tebal *overlay* dengan memakai grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5.20, berdasarkan nilai lendutan karakteristik dan nilai beban rencana (*ESA4*), dengan data-data yang sudah diperoleh berikut.

$D_{\text{wakil}} \text{ terkoreksi} = 1,739 \text{ mm}$

$\text{CESA 4} = 1,25 \times 10^6$



Gambar 5. 20 Overlay berdasarkan Lendutan Balik Benkelman Beam untuk WMAPT 41 °C

Berdasarkan Gambar 5.16 di atas menunjukkan bahwa tebal lapis tambah (*overlay*) yang dibutuhkan untuk beban rencana *ESA4* sebesar $1,25 \times 10^6$, yaitu sebesar 80 mm.

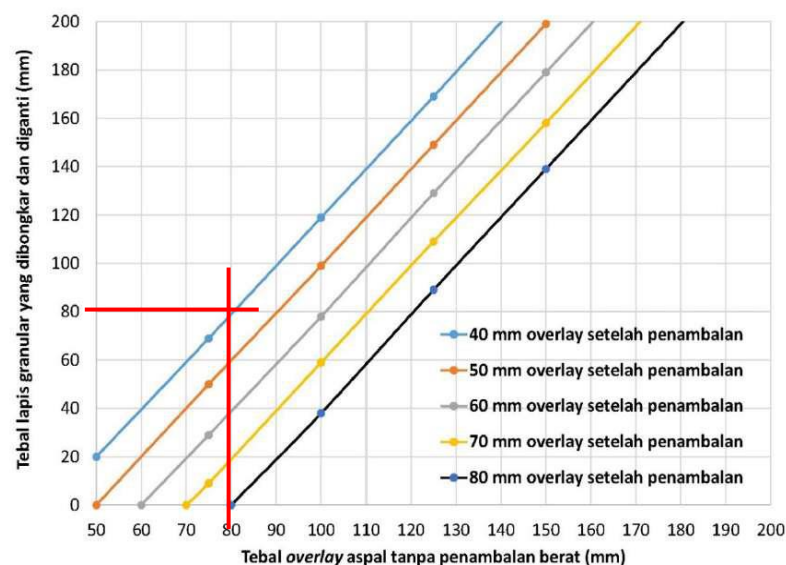
5.4.3 Desain Ketebalan Pengupasan dan Pelapisan Ulang (*Mill and Inlay*)

Hasil penambahan tebal (*overlay*) rencana pada perkerasan eksisting didapat ketebalan *overlay* 8 cm atau 80 mm, sehingga perlu dilakukan pekerjaan pengupasan untuk memaksimalkan kinerja struktur karena dapat menghilangkan retak dan lapisan aspal yang rusak karena oksidasi. Langkah penentuan ketebalan pengupasan dilakukan dengan Metode Bina Marga 2017 dapat dilihat sebagai berikut.

1. Pada analisis menggunakan metode *Pavement Condition Index*, kerusakan yang paling banyak terjadi adalah kerusakan *rutting and alligator cracking*. Sehingga tebal *overlay* rencana yang diambil yaitu 8 cm. Tebal 8 cm atau 80 mm diambil berdasarkan ketebalan maksimum untuk mengakomodasi kerusakan *rutting and*

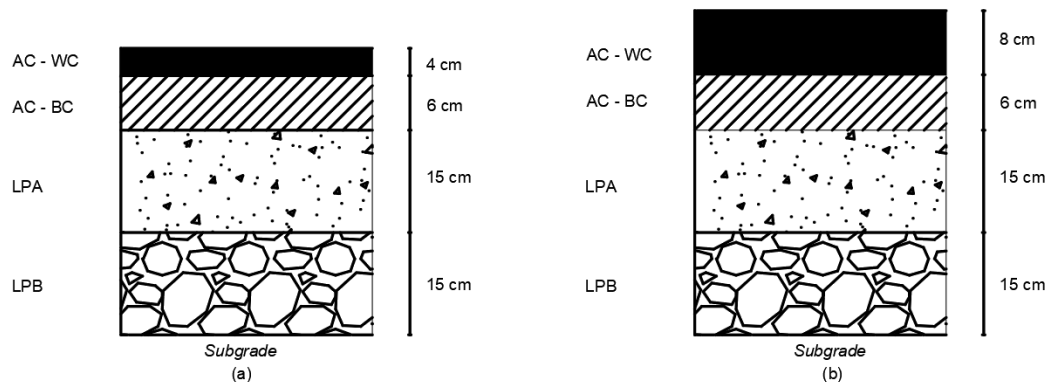
alligator cracking,

2. Penentuan tebal pengupasan dan pelapisan kembali berdasarkan kerusakan *fatigue cracking* dan *permanent deformation*, namun penentuan tebal pengupasan dan pelapisan kembali ditentukan berdasarkan kerusakan yang paling awal terjadi. Pada penelitian ini kerusakan yang awal terjadi adalah *permanent deformation*, oleh karena itu tebal pengupasan dan pelapisan kembali ditinjau berdasarkan grafik *permanent deformation*. Penentuan tebal pengupasan dan pelapisan kembali dapat dilihat pada Gambar 5.21 berikut.



Gambar 5. 21 Ketebalan Pengupasan Lapisan Berbutir untuk Mencegah Deformasi Permanen

Ketebalan *overlay* sebelum dilakukan pengupasan dan pelapisan kembali adalah 80 mm. Selanjutnya berdasarkan Gambar 5.17 ditentukan tebal *overlay* yang dikehendaki setelah dilakukan pengupasan dan pelapisan kembali adalah 40 mm, dengan ketebalan pengupasan 80 mm. Pada struktur perkerasan eksisting, tebal lapis aspal adalah 100 mm dan lapis fondasi setebal 300 mm, maka dilakukan pengelupasan pada lapis aspal 100 mm dan lapis fondasi 80 mm, kemudian dilakukan pelapisan kembali setebal 180 mm. Selanjutnya lakukan *overlay* setebal 40 mm. Rencana lapis tambahan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada ruas Jalan Klangon-Tempel dapat dilihat pada Gambar 5.22 berikut.



Gambar 5. 22 (a) Struktur Lapis Perkerasan Eksisting (b) Struktur Lapis Perkerasan dengan *Overlay*

5.5 Analisis Nilai Tegangan dan Regangan Berdasarkan Metode Mekanistik-Empirik dengan Program *KENPAVE* untuk *Overlay*

Hasil analisis perhitungan kebutuhan tebal lapis *overlay* pada ruas Jalan Klangon-Tempel perlu dilakukan pengecekan terhadap beban lalu lintas yang diprediksi akan terus bertambah selama 10 tahun kedepan mulai tahun 2025-2035, sehingga perlu dilakukan analisis terhadap perkerasan tersebut dalam melayani beban lalu lintas dengan menggunakan metode mekanistik-empirik yang dilakukan dengan permodelan pada Program *KENPAVE*. Analisis tersebut perlu memperoleh nilai tegangan-regangan pada ruas Jalan Klangon-Tempel yang dapat dilihat pada uraian berikut ini.

1. Data untuk evaluasi perkerasan jalan

Data yang diperlukan untuk melakukan evaluasi dengan Program *KENPAVE* antara lain adalah nilai modulus elastis, *poission's ratio* dan tebal perkerasan. Nilai modulus elastisitas dan nilai *poission ratio* diperoleh dari Tabel 3.24.

Tabel 5. 22 Data untuk Menginput Program *KENPAVE* Bagian *Overlay*

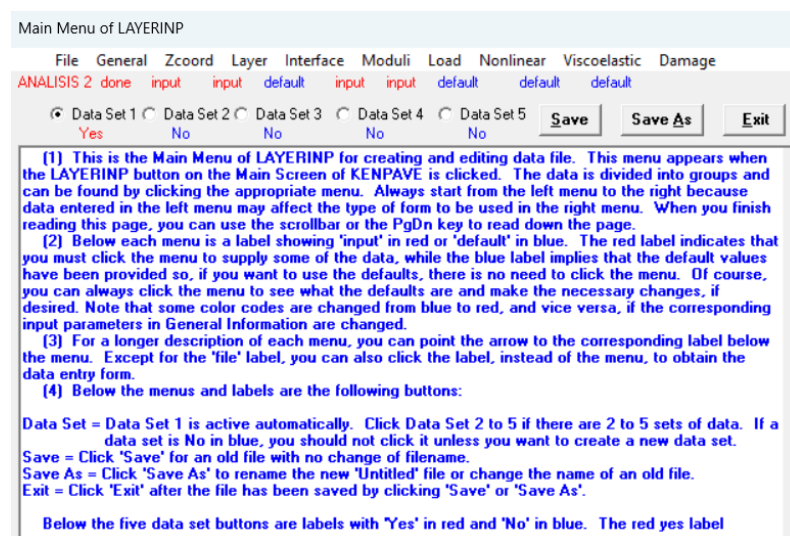
Lapis Perkerasan	Modulus Elastisitas, E (Kpa)	<i>Poisson Ratio</i>	Tebal Perkerasan
AC - WC	1100000	0,40	6
AC - BC	1200000	0,40	8
Pondasi Kelas A	315000	0,35	15
Pondasi Kelas B	210000	0,35	15
<i>Subgrade</i>	150000	0,45	

2. Analisis dengan Program *KENPAVE*

Berikut ini merupakan langkah-langkah untuk mengetahui nilai tegangan dan nilai regangan pada perkerasan lentur ruas Jalan Klangon-Tempel dengan menggunakan program *KENPAVE*.

a. *Layerinp*

Sebelum memulai menginput data klik menu Program *KENPAVE*, selanjutnya untuk memulai input data, klik pada bagian menu *LAYERINP* seperti pada Gambar 5.23.



Gambar 5. 23 Tampilan Menu *LAYERINP*

Kemudian klik pada menu *file* lalu pilih *new* untuk memulai *input* data

b. *General*

Pada menu *general* terdapat beberapa nilai yang di *input*, dapat di lihat pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5. 23 Data Input General

Istilah	Nilai	Keterangan
<i>Title</i>	<i>Overlay</i>	Diisi sesuai dengan judul
<i>MATL</i>	1	Lapisan perkerasan yang dianalisis adalah linier
<i>NDAMA</i>	0	Tidak ada analisis kerusakan
<i>NPY</i>	1	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>NLG</i>	1	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>DEL</i>	0,001	Standar akurasi

Lanjutan Tabel 5. 23 Data *Input General*

Istilah	Nilai	Keterangan
<i>NL</i>	5	Jumlah lapisan perkerasan (lapis AC-WC, AC-BC LPA A, LPB B, <i>subgrade</i>)
<i>NZ</i>	5	Jumlah titik kerusakan yang dianalisis
<i>ICL</i>	80	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>NSTD</i>	9	<i>Output</i> berupa <i>vertical displacement</i> , tegangan dan regangan
<i>NBOND</i>	1	Semua lapisan saling mengikat
<i>NLBT</i>	0	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>NLTC</i>	0	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>NUNIT</i>	1	Satuan yang digunakan adalah SI (Standar Internasional)

Tampilan pada saat *input* data di menu *general* program *KENPAVE* dapat dilihat pada Gambar 5.24.

General Information of LAYERINP for Set No. 1

TITLE OVERLAY

Type of material (1=linear, 2=nonlinear, 3=viscoelastic, 4=combined)	(MATL)	1
Damage analysis (0=no, 1=yes with summary only, 2=yes with detailed printout)	(NDAMA)	0
Number of periods per year	(NPY)	1
Number of load groups	(NLG)	1
Tolerance for numerical integration	(DEL)	0
Number of layers	(NL)	5
Number of Z coordinates for analysis	(NZ)	5
Maximum cycles of numerical integration	(ICL)	80
Type of responses (1=displacements only, 5=plus stresses, 9=plus strains)	(NSTD)	9
All layer interfaces bonded (1=yes, 0=if some are frictionless)	(NBOND)	1
Number of layers for bottom tension	(NLBT)	0
Number of layers for top compression	(NLTC)	0
System of units (0=English, 1=SI)	(NUNIT)	1

OK

(1) This form appears when the 'General' on the Main Menu of LAYERINP is clicked. You can override any of the default values by typing in a new value. You can use the Tab key to move the cursor from one textbox to the next or just click on the textbox before typing. The use of click has the advantage that you don't have to delete the default before typing in the data you want. If you want to read the remaining text, you can use the scrollbar. You can also use the PgDn key after clicking this textbox to make it active.

(2) TITLE (title of run): Any title or comment can be typed on one line. The title should not be longer than 68 characters including spaces. If you make a mistake in typing, use the Del key to erase any typographical errors. When the total length reaches 68, no additional characters can be added. No comma should be used in TITLE. Use colon or semicolon instead.

(3) MATL (types of material): 1 when all layers are linear elastic, 2 when some layers are nonlinear

Gambar 5. 24 Data *Input* pada Menu *General*

c. *Zcoord*

Jumlah titik yang terdapat pada menu *zcoord* sesuai dengan jumlah *NZ* pada menu *general*. Titik yang ditinjau ada 5 dan dapat dilihat pada Tabel 5.24.

Tabel 5. 24 Titik Tinjau pada *Zcoord*

No	Kedalaman (cm)	Keterangan
1	0	Permukaan lapis perkerasan
2	13,998	Titik tinjau 1 (<i>fatigue cracking</i>)
3	14	Permukaan LPA

Lanjutan Tabel 5. 24 Titik Tinjau pada Zcoord

No	Kedalaman (cm)	Keterangan
4	44	Dasar LPB
5	44,002	Titik tinjau 2 (<i>deformation</i>)

Tampilan pada menu *zcoord* lebih lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 5.25.

Z Coordinates of Response Points for Data Set No. 1

Unit	CM
Point No.	ZC
1	0
2	13.998
3	14
4	44
5	44.002

(1) This form appears when the 'Zcoord' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of Z coordinates on this form is equal to NZ, as specified in the 'General' menu. This form is different from the one used for General Information in that a dotted rectangle, instead of the cursor, is used to indicate the active cell. If the dotted rectangle is not the location for input, you can use the arrow key to move the dotted rectangle to the cell you want to input, or more conveniently by clicking the cell you want. After you type in the data, the dotted rectangle will be changed into a three dimensional box and you must press the Enter key to make it effective. You can also use the up and down arrow keys to make the entry effective. You should not click the other cell before pressing the Enter key, otherwise the data you have typed will move to the cell you click.

(2) ZC (vertical distance, or z coordinate, of each response point): When the point is located exactly at the interface between two layers, the results are at the bottom of upper layer. If the results at the top of lower layer are desired, a slightly larger z coordinate, say 0.0001 larger, should be used.

(3) After typing in the data in the first cell, move to the next cell by pressing the Enter or arrow down key.

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

OK

Gambar 5. 25 Data Input pada Menu Zcoord

d. *Layer*

Jumlah *layer* yang ada pada menu *Layer* sama dengan jumlah NL yang terdapat pada menu *General* pada Tabel 5.20. Parameter yang diinput dalam menu *Layer* adalah tebal perkerasan dan nilai *Poisson Ration*. Tampilan pada menu *Layer* dapat dilihat pada Gambar 5.26.

Layer Thickness, Poisson's Ratio and Unit Weight for Data Set No. 1

After typing the value in a cell, be sure to press the Enter key to make it effective.

Unit	cm	kN/m ³
Layer No.	TH	PR
1	8	.4
2	6	.4
3	15	.35
4	15	.35
5	XXXXXXXXXX	.45

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

(1) This form appears when the 'Layer' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of layers on this form is equal to NL, as specified in the 'General' menu. This form is different from the one used for General Information in that a dotted rectangle, instead of the cursor, is used to indicate the active cell. If the dotted rectangle is not the location for input, you can use the arrow key to move the dotted rectangle to the cell you want to input, or more conveniently by clicking the cell you want. After you type in the data, the dotted rectangle will be changed into a three dimensional box and you must press the Enter key to make it effective. You can also use the up and down arrow keys to make the entry effective. Note that the dotted rectangle is now in the upper left cell, so you can type in the data right away. If you want to read the remaining text and use the PgDn key, instead of the scrollbar, you

OK

Gambar 5. 26 Data Input pada Layer

e. *Moduli*

Nilai parameter yang diinput pada menu *moduli* ini adalah nilai modulus elastisitas pada masing-masing perkerasannya. Nilai modulus elastisitas dapat dilihat pada Tabel 5.19. Tampilan pada menu *Moduli* dapat dilihat pada Gambar 5.27.

Layer Moduli for Period No. 1 and Data Set No. 1

Unit	kPa
Layer No.	E
1	1100000
2	1200000
3	315000
4	210000
5	150000

(1) This form appears when the period button on the Layer Modulus of Each Period is clicked. The number of layers on this form is equal to NL, as specified in the 'General' menu.

(2) E (elastic modulus of each layer): Use as the assumed modulus for the first iteration when the layer is nonlinear. If more convenient, you can enter the modulus in exponential form such as 1.234E5. Assign 0 or any value for viscoelastic layer.

(3) After typing the data in the first cell, move to the next cell by pressing the Enter or arrow down key. After the last cell is filled, be sure to click the Enter key.

(4) You can delete a line, or one layer, by first clicking anywhere on the line to make it active and then press the <Ctrl>- keys. The NL in the 'general' menu will be reduced automatically by 1.

(5) You can add a new line, or one more layer, above any given line by first clicking the cell in the given line to make it active and then press the <Ctrl>-<Ins>. A blank line will appear for you to enter the necessary data. The NL in the 'General' menu will increase automatically by 1. If you want to add a line after the last line, you can change NL in the 'General' menu by adding 1 and a blank line will appear as the last line. Remember that always use the <Ctrl>-<Ins>

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

OK

Gambar 5. 27 Data Input pada Moduli

f. *Load*

Dalam perhitungan metode mekanistik-empirik dibutuhkan dimensi sumbu kendaraan, tekanan ban dan jarak ban pada roda ganda. Pada nilai beban sumbu roda dapat dilihat pada Gambar 3.13 yang merupakan data kondisi beban berdasarkan Sukirman (1993). Berikut ini merupakan cara untuk

menentukan data *Load*.

- 1). *Load* : 1 (*single axle load*), menggunakan beban sumbu standar sebesar 8,16 ton.
- 2). *CR* : 11 cm (berdasarkan nilai jarak antar ban)
- 3). *CP* : 550 kPa (berdasarkan nilai tekanan ban)
- 4). *YW* : 33 cm (jarak antar roda arah Y)
- 5). *XW* : 0 cm (jarak antar roda arah X)
- 6). *NPT* : 3

Nilai *NPT* adalah 3 hal ini dikarenakan terdapat 3 pengulangan pada beban dengan tinjauan yang berbeda. Tampilan pada menu *Load* dapat dilihat pada Gambar 5.28 dan Gambar 5.29.

Load Information for Data Set No. 1

Double click anywhere on a line to get auxiliary form for NR or NPT.

Unit	LOAD	CR	CP	YW	XW	NR or NPT
1	1	11	550	33	0	3

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

(1) This form appears when the 'Load' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of lines, or load groups, is equal to NLG, as specified in the 'General' menu. Please refer to Figure 3.8 for wheel and axle arrangements.

(2) LOAD (type of loading): Assign 0 for single axle with single tire, 1 for single axle with dual tires, 2 for tandem axles, and 3 for tridem axles.

(3) CR (contact radius of circular loaded area).

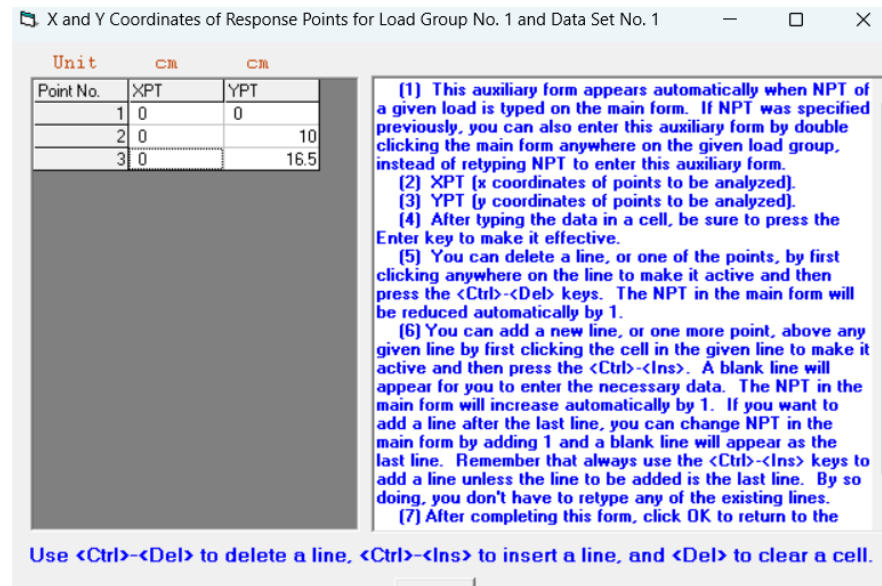
(4) CP (contact pressure on circular loaded area).

(5) YW (center to center spacing between two dual wheels along the y axis): Assign 0 if there is only one wheel or LOAD = 0.

(6) XW (center to center spacing between two axles along the x axis): Assign 0 if only one axle exists, i.e. LOAD = 0 or 1.

(7) NR (number of radial coordinates to be analyzed under a single wheel, maximum 25): A single

Gambar 5. 28 Data Input pada *Load*



X and Y Coordinates of Response Points for Load Group No. 1 and Data Set No. 1

Unit	CM	CM
Point No.	XPT	YPT
1	0	0
2	0	10
3	0	16.5

(1) This auxiliary form appears automatically when NPT of a given load is typed on the main form. If NPT was specified previously, you can also enter this auxiliary form by double clicking the main form anywhere on the given load group, instead of retyping NPT to enter this auxiliary form.
 (2) XPT (x coordinates of points to be analyzed).
 (3) YPT (y coordinates of points to be analyzed).
 (4) After typing the data in a cell, be sure to press the Enter key to make it effective.
 (5) You can delete a line, or one of the points, by first clicking anywhere on the line to make it active and then press the <Ctrl>- keys. The NPT in the main form will be reduced automatically by 1.
 (6) You can add a new line, or one more point, above any given line by first clicking the cell in the given line to make it active and then press the <Ctrl>-<Ins>. A blank line will appear for you to enter the necessary data. The NPT in the main form will increase automatically by 1. If you want to add a line after the last line, you can change NPT in the main form by adding 1 and a blank line will appear as the last line. Remember that always use the <Ctrl>-<Ins> keys to add a line unless the line to be added is the last line. By so doing, you don't have to retype any of the existing lines.
 (7) After completing this form, click OK to return to the

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

Gambar 5. 29 Data Input pada Menu NPT

3. Hasil analisis Program *KENPAVE* menggunakan *KENLAYER*

Hasil analisis dari program *KENLAYER* akan menghasilkan nilai tegangan dan regangan yang terjadi pada struktur lapis perkerasan sesuai dengan titik koordinat yang telah dimasukkan. Adapun Hasil analisis *KENLAYER* dapat dilihat pada Tabel 5.25 berikut.

Tabel 5. 25 Hasil Analisis *KENLAYER* untuk Overlay

Titik Koordinat	Vertical Strain pada kedalaman 13,998	Horizontal Strain pada kedalaman 13,998	Vertical Strain pada kedalaman 44,002
1	0,0003478	0,0002434	0,0002711
2	0,0002245	0,0002326	0,0002971
3	0,0001750	0,0002238	0,0003001
Maksimum	0,0003478	0,0002434	0,0003001

Berdasarkan data pada Tabel 5.25, diperoleh nilai regangan tarik atau nilai *horizontal principal strain* pada kedalaman 13,998 cm sebesar 0,0002434 untuk analisis jenis kerusakan *fatigue cracking*. Kemudian diperoleh nilai regangan tekan atau nilai *vertical strain* pada kedalaman 13,998 cm sebesar 0,0003478 untuk jenis kerusakan *rutting* dan nilai *vertical strain* pada kedalaman 44,002 cm sebesar 0,0003001 untuk kerusakan *permanent deformation*.

Hasil tersebut dianalisis untuk kerusakan *fatigue cracking*, *rutting* dan

permanent deformation dengan menentukan jumlah repitisi beban dengan menggunakan Persamaan 3.8, 3.9 dan 3.10. Berikut ini merupakan perhitungan fungsi transfer (*transfer function*) untuk nilai N_f , N_r dan N_d .

a. Kerusakan *fatigue cracking*

Menghitung nilai N_f untuk *fatigue cracking* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} N_f &= 0,0796 (\epsilon_t)^{-3,921} |E|^{-0,854} \\ &= 0,0796 (0,0002434)^{-3,921} |1200000|^{-0,854} \\ &= 75.601.309 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

b. Kerusakan *rutting*

Menghitung nilai N_r untuk kerusakan *rutting* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} N_r &= 1,365 \times 10^{-9} (\epsilon_c)^{-4,477} \\ &= 1,365 \times 10^{-9} (0,0003478)^{-4,477} \\ &= 4.164.857 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

c. Kerusakan *permanent deformation*

Menghitung nilai N_d untuk kerusakan *permanent deformation* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} N_d &= 1,365 \times 10^{-9} (\epsilon_c)^{-4,47} \\ &= 1,365 \times 10^{-9} (0,0003001)^{-4,47} \\ &= 8.061.443 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Analisis untuk beban lalu lintas yang diperoleh dari hasil evaluasi kondisi perkerasan dengan lapis perkerasan *overlay* pada ruas Jalan Klangon-Tempel dengan program *KENPAVE* dapat dilihat pada Tabel 5.26.

Tabel 5. 26 Analisis Beban Lalu Lintas

Tahun Ke	Beban lalu lintas rencana (N_r) (ESAL)	Repitisi Beban (ESAL)		Analisa beban lalu lintas
1	113734	N_f	75601309	$N_f > N_r$ (Yes)
	113734	N_r	4164857	$N_f > N_r$ (Yes)
	113734	N_d deformation	8061443	$N_f > N_r$ (Yes)
2	227615	N_f	75601309	$N_f > N_r$ (Yes)
	227615	N_r	4164857	$N_f > N_r$ (Yes)
	227615	N_d deformation	8061443	$N_f > N_r$ (Yes)
3	341644	N_f	75601309	$N_f > N_r$ (Yes)
	341644	N_r	4164857	$N_f > N_r$ (Yes)

Lanjutan Tabel 5. 26 Analisis Beban Lalu Lintas

Tahun Ke	Beban lalu lintas rencana (Nr) (ESAL)	Repetisi Beban (ESAL)		Analisa beban lalu lintas
3	341644	Nd <i>deformation</i>	8061443	Nf>Nr (Yes)
4	455821	Nf	75601309	Nf>Nr (Yes)
	455821	Nr	4164857	Nf>Nr (Yes)
	455821	Nd <i>deformation</i>	8061443	Nf>Nr (Yes)
5	570145	Nf	75601309	Nf>Nr (Yes)
	570145	Nr	4164857	Nf>Nr (Yes)
	570145	Nd <i>deformation</i>	8061443	Nf>Nr (Yes)
6	799239	Nf	75601309	Nf>Nr (Yes)
	799239	Nr	4164857	Nf>Nr (Yes)
	799239	Nd <i>deformation</i>	8061443	Nf>Nr (Yes)
7	799239	Nf	75601309	Nf>Nr (Yes)
	799239	Nr	4164857	Nf>Nr (Yes)
	799239	Nd <i>deformation</i>	8061443	Nf>Nr (Yes)
8	914008	Nf	75601309	Nf>Nr (Yes)
	914008	Nr	4164857	Nf>Nr (Yes)
	914008	Nd <i>deformation</i>	8061443	Nf>Nr (Yes)
9	1028926	Nf	75601309	Nf>Nr (Yes)
	1028926	Nr	4164857	Nf>Nr (Yes)
	1028926	Nd <i>deformation</i>	8061443	Nf>Nr (Yes)
10	1143993	Nf	75601309	Nf>Nr (Yes)
	1143993	Nr	4164857	Nf>Nr (Yes)
	1143993	Nd <i>deformation</i>	8061443	Nf>Nr (Yes)

Dari hasil perhitungan pada Tabel 5.26 menggunakan metode mekanistik-empirik dengan program *KENPAVE* dapat dilihat bahwa kondisi perkerasan jalan mampu mengakomodasi beban repetisi sebesar 75.601.309 *ESAL* sampai terjadi kerusakan *fatigue cracking*, 4.164.857 *ESAL* sampai terjadi kerusakan *rutting*, dan 8.061.443 *ESAL* sampai terjadi kerusakan *deformation*. Dari hasil analisis dengan umur rencana selama 10 tahun dapat disimpulkan bahwa perkerasan mampu mengakomodasi beban sampai tahun 2035.

5.6 Pembahasan

5.6.1 Nilai Kondisi Perkerasan Berdasarkan Metode PCI

Hasil survei dan analisis menggunakan metode *PCI* yang telah dilakukan pada Ruas Jalan Klangon-Tempel Km 18,7-Km 19,7, terdapat beberapa jenis

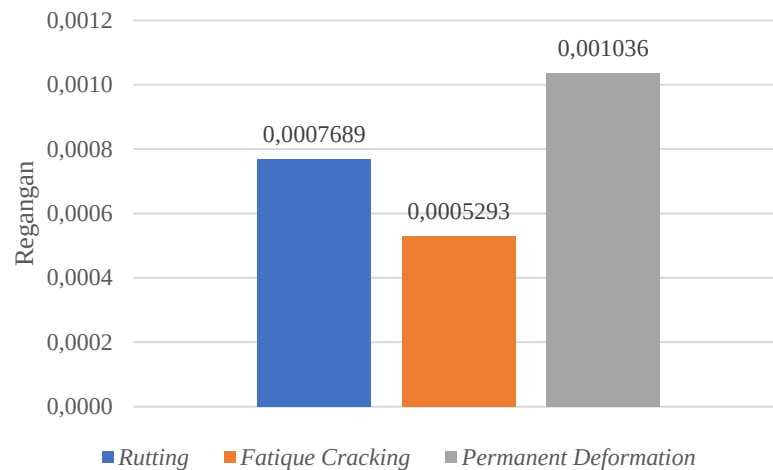
kerusakan yang teridentifikasi yaitu retak kulit buaya (*alligator cracking*), retak blok (*block cracking*), retak pinggir (*edge cracking*), lubang (*potholes*), alur (*rutting*), sungkur (*shoving*), dan tambalan (*patching and util cut patching*). Kerusakan dominan pada seluruh segmen berdasarkan nilai *density* adalah kerusakan alur dengan rerata *density* sebesar 13,57%, kemudian kerusakan retak kulit buaya dengan rerata *density* sebesar 5,56%, sedangkan kerusakan paling sedikit yaitu retak pinggir dengan rerata *density* sebesar 0,02%. Kondisi perkerasan terbaik berada pada segmen 17 dengan nilai *PCI* sebesar 60 dan termasuk dalam kategori *fair*, sedangkan kondisi perkerasan terburuk terdapat pada segmen 1 dengan nilai *PCI* sebesar 15 dan termasuk dalam kategori *serious*. Keseluruhan nilai *PCI* pada Ruas Jalan Klangon-Tempel memiliki nilai akhir sebesar 37,85 dan termasuk dalam kategori *very poor*. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Labaso, dkk (2021) dimana hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kondisi jalan termasuk dalam kategori *very poor*. Kondisi perkerasan terbaik berada pada sta. 1+350-1+400 sebesar 82 dan termasuk dalam kategori *good*. Sedangkan kondisi perkerasan terburuk terdapat pada sta. 0+000-0+050, sta. 0+050-0+100 dan 0+150-0+200 sebesar 11 dan termasuk dalam kategori *failed*.

Berdasarkan hasil analisis *PCI* dan Gambar 3.15, maka solusi yang sesuai untuk pemeliharaan jalan pada Jalan Klangon-Tempel Km 18,7-19,7 yaitu lapis tambahan (*overlay*). Hal ini dipengaruhi oleh nilai akhir *PCI* sebesar 37,85.

5.6.2 Nilai Tegangan dan Regangan dengan Metode Mekanistik-Empirik Pada Program KENPAVE untuk Eksisting

Metode mekanistik-empirik adalah metode yang memperkirakan tingkat kerusakan perkerasan dengan mengacu pada sifat-sifat fisik perkerasan seperti modulus elastisitas, *poisson's ratio* dan tebal perkerasan. Pembacaan nilai tegangan dan regangan berbeda tiap jenis kerusakan. Untuk perkerasan eksisting, nilai kerusakan *rutting* dibaca pada *vertical strain* kedalaman 9,998 cm yaitu di lapisan permukaan atau diatas lapis pondasi atas, nilai kerusakan *fatigue cracking* dibaca pada kedalaman 9,998 cm pada *horizontal strain*. Sedangkan untuk *permanent deformation* diteliti pada kedalaman 40,002 cm yaitu dibawah pondasi bawah atau di bagian *subgrade*. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada

perhitungan sebelumnya, nilai regangan untuk perkerasan lapis eksisting dapat dilihat pada Gambar 5.26 berikut.



Gambar 5. 30 Nilai Regangan Lapis Eksisting

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada perhitungan sebelumnya, diperoleh nilai regangan tarik atau nilai *horizontal strain* pada kedalaman 9,998 cm sebesar 0,0005293 untuk analisis jenis kerusakan *fatigue cracking*. Kemudian diperoleh nilai regangan tekan atau nilai *vertical strain* pada kedalaman 9,998 cm sebesar 0,0005293 untuk jenis kerusakan *rutting* dan nilai *vertical strain* pada kedalaman 40,002 cm sebesar 0,001036 untuk kerusakan *deformation*. Kemudian dilakukan analisi untuk mengetahui kemampuan perkerasan mampu mengakomodasi beban repetisi sebesar 8.241.170 *ESAL* sampai terjadi kerusakan *fatigue cracking*, 119.424 *ESAL* sampai terjadi kerusakan *rutting*, dan 31.432 *ESAL* sampai terjadi kerusakan *deformation*.

5.6.3 Overlay

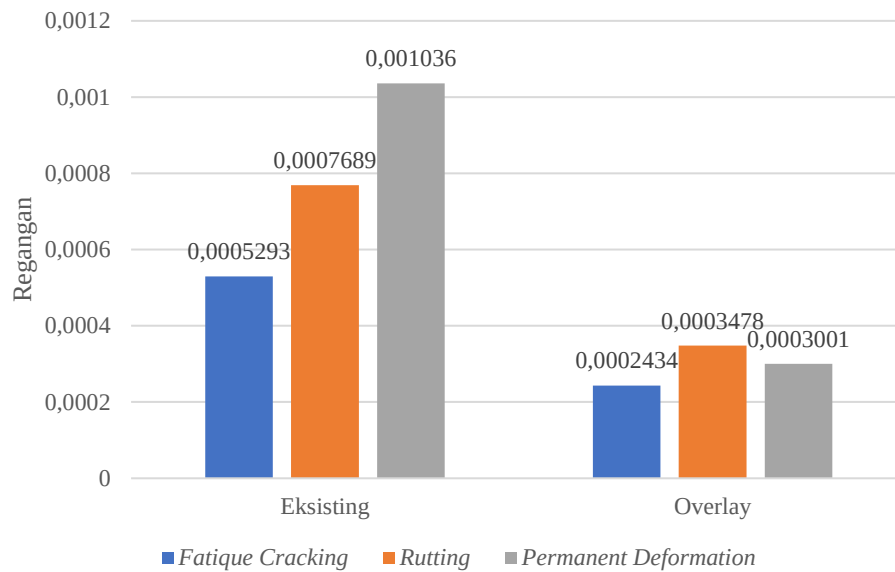
Tebal lapis tambah (*overlay*) merupakan lapis perkerasan tambahan yang dipasang di atas konstruksi perkerasan yang ada dengan tujuan meningkatkan kekuatan struktur perkerasan yang ada agar dapat melayani lalu lintas yang direncanakan selama kurun waktu yang akan datang. Tebal lapis tambah (*overlay*) 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. Untuk ruas Jalan Klangon-Tempel umur rencana pada *overlay* yaitu 10 tahun.

Berdasarkan hasil analisis sebelumnya menunjukkan bahwa tebal lapis tambah (*overlay*) yang dibutuhkan untuk beban rencana ESA4 sebesar $1,25 \times 10^6$, yaitu sebesar 80 mm atau 8 cm. Menurut MDPJ 2017 pada Bagan Desain 2, Pada segmen yang memerlukan tebal *overlay* lebih dari 50 mm, penanganan yang lebih efektif dengan tebal yang lebih tipis dapat dilakukan dengan cara memperkuat titik-titik yang lemah dengan cara pengupasan dan pelapisan ulang (*milling and reinstatement* atau *inlay*). Setelah dilakukan analisis diperoleh nilai pengupasan dan pelapisan kembali adalah 40 mm, dengan ketebalan pengupasan pada lapis pondasi sebesar 80 mm. Pada struktur perkerasan eksisting, tebal lapis aspal adalah 100 mm dan lapis fondasi setebal 300 mm, maka dilakukan pengelupasan pada lapis aspal 100 mm dan lapis fondasi 80 mm, kemudian dilakukan pelapisan kembali setebal 180 mm. Selanjutnya lakukan *overlay* setebal 40 mm.

5.6.4 Nilai Tegangan dan Regangan dengan Metode Mekanistik-Empirik Pada Program KENPAVE untuk Overlay

Hasil analisis perhitungan kebutuhan tebal lapis *overlay* untuk ruas Jalan Klangon-Tempel perlu dilakukan pengecekan terhadap beban lalu lintas yang diprediksi akan terus bertambah selama 10 tahun kedepan, sehingga perlu dilakukan analisis terhadap perkerasan tersebut dalam melayani beban lalu lintas dengan menggunakan metode mekanistik-empirik yang dilakukan dengan permodelan pada Program KENPAVE. Setelah dilakukan analisis diperoleh nilai regangan tarik atau nilai *horizontal principal strain* pada kedalaman 13,998 cm sebesar 0,0002094 untuk analisis jenis kerusakan *fatigue cracking*. Kemudian diperoleh nilai regangan tekan atau nilai *vertical strain* pada kedalaman 13,998 cm sebesar 0,0002787 untuk jenis kerusakan *rutting* dan nilai *vertical strain* pada kedalaman 44,002 cm sebesar 0,0005055 untuk kerusakan *deformation*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.27 berikut.



Gambar 5. 31 Nilai Regangan Lapis Overlay

Berdasarkan Gambar 5.31 terjadi penurunan nilai regangan pada struktur perkerasan jalan setelah dilakukan *overlay*, dengan terjadinya penurunan ini membuat kemampuan perkerasan dalam menahan jumlah maksimum beban yang melintas di atasnya. Dari hasil perhitungan pada Tabel 5.25 menggunakan metode mekanistik-empirik dengan program *KENPAVE* dapat dilihat bahwa kondisi perkerasan jalan mampu mengakomodasi beban repetisi sebesar 75.601.309 *ESAL* sampai terjadi kerusakan *fatigue cracking*, 4.164.857 *ESAL* sampai terjadi kerusakan *rutting*, dan 8.061.443 *ESAL* sampai terjadi kerusakan *deformation*. Berdasarkan hasil analisis dengan umur rencana selama 10 tahun dapat disimpulkan bahwa perkerasan mampu mengakomodasi beban sampai tahun 2035.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Sodiq (2020) dimana terjadi penurunan nilai regangan pada struktur perkerasan jalan setelah dilakukan *overlay*, sehingga meningkatkan kemampuan perkerasan dalam menahan jumlah maksimum beban yang kendaraan yang melintas. Tetapi, hasil ini tidak sejalan dengan penelitian Dwiputra, dkk (2021) dimana dalam kajiannya perkerasan tidak mampu menahan beban repetisi lalu lintas *permanent deformation* sehingga terjadinya kerusakan *deformation* lebih awal. Sedangkan pada penelitian ini, perkerasan mampu bertahan sesuai umur rencana.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengamatan dan analisis yang telah dilakukan, hasil yang diperoleh dari penelitian evaluasi kondisi perkerasan dengan metode *Pavements Condition Index (PCI)* dan nilai tegangan dan regangan dengan metode mekanistik-empirik pada Jalan Klangon-Tempel dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil survei dan analisis menggunakan metode *PCI* yang telah dilakukan pada Ruas Jalan Klangon-Tempel, terdapat beberapa jenis kerusakan yang teridentifikasi yaitu retak kulit buaya (*alligator cracking*), retak blok (*block cracking*), retak pinggir (*edge cracking*), lubang (*potholes*), alur (*rutting*), sungkur (*shoving*), dan tambalan (*patching and util cut patching*). Jenis kerusakan dominan pada seluruh segmen adalah kerusakan alur (*rutting*) dengan rerata *density* sebesar 13,57%. Kondisi perkerasan terbaik berada pada segmen 17 dengan nilai *PCI* sebesar 60 dan termasuk dalam kategori sedang (*fair*), sedangkan kondisi perkerasan terburuk terdapat pada segmen 1 dengan nilai *PCI* sebesar 15 dan termasuk dalam kategori sangat parah (*serious*). Keseluruhan nilai *PCI* pada Ruas Jalan Klangon-Tempel memiliki nilai akhir sebesar 37,85 dan termasuk dalam kategori parah (*very poor*).
2. Nilai respon tegangan dan regangan berdasarkan lapis perkerasan eksisting yang terjadi pada ruas Jalan Klangon-Tempel, untuk kerusakan *fatigue cracking* sebesar 0,0005293 dengan nilai repetisi beban 8.241.170 *ESAL*, untuk kerusakan *rutting* sebesar 0,0007689 dengan nilai repetisi beban yang mampu ditahan sebesar 119.424 *ESAL* dan regangan untuk kerusakan *permanent deformation* sebesar 0,001036 dengan nilai repetisi beban yang bisa diakomodasi sebesar 31.432 *ESAL*.
3. Alternatif perbaikan pada ruas jalan Klangon-Tempel yaitu pemeliharaan dengan pelapisan tambah (*overlay*) serta pengupasan dan pelapisan ulang (*mill and inlay*). Sehingga diperoleh nilai tebal *overlay* 40 mm atau 4 cm yang telah

direduksi dengan pengupasan dan pelapisan ulang.

4. Terjadi Peningkatan kemampuan pada perkerasan jalan yang diperoleh dari pemodelan Program *KENPAVE* pada lapis perkerasan tambahan (*overlay*) ruas Jalan Klangon-Tempel untuk kerusakan *fatigue cracking* adalah sebesar 0,0002434 dengan nilai repitisi beban 75.601.309 *ESAL*, regangan kerusakan *rutting* sebesar 0,0003478 dengan nilai repetisi beban 4.573.760 *ESAL* dan regangan kerusakan *permanent deformation* sebesar 0,0003001 dengan nilai repetisi beban sebesar 8.061.443 *ESAL*.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dan analisis yang telah diperoleh, terdapat beberapa saran di antaranya sebagai berikut.

1. Pelaksanaan survei untuk kondisi jalan pada metode *PCI* sebaiknya dilakukan saat jam lalu lintas tidak padat dan kondisi cuaca yang cerah untuk mempercepat waktu pengukuran.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan pendekatan Viscoelastik pada program *KENPAVE*.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM-D6433. 2018. *Standars Practice For Roads And Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. USA: ASTM International.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2005. *Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan*. Pd T-05-2005-B
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2017. *Manual Desain Perkerasan jalan, Kementerian Pekerjaan Umum*, Jakarta.
- Dirjen Bina Marga. 1995. *Manual Pemeliharaan Rutin untuk Jalan Nasional dan Jalan Provinsi*. Jilid II: Metode Perbaikan Standar (No. 002/T/Bt/1995)
- Dwiputra,A.Y., Utomo, S.H.T., dan Mulyono, A.T. 2021. Prediksi Sisa Umur Perkerasan Lentur dengan Metode Mekanistik – Empirik Ruas Jalan Prof. DR. Wirjono Prodjodikoro. Yogyakarta. *Jurnal Transportasi*. Vol. 21 No. 3:173-186.
- Hardiyatmo, H.C. 2015. *Pemeliharaan Jalan Raya*, Edisi ke 2. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Huang, Y. H. 2004. *Pavement Analysis and Design*, 2nd ed. Pearson Education. United States of America. USA.
- Labaso, E.R. Ishak, M.S. dan Kasan, M. 2022. Evaluasi Kerusakan Jalan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI) dan Surface Distress Index (SDI) (Studi Kasus Jalan Pue Bongo – Kota Palu). *Civil Engineering Journal on Research and Development*. Vol. 3 No. 2:67-74.
- Panjaitan, W. J. 2022. Evaluasi Perkerasan Jalan Berdasarkan Metode Bina Marga 2017 dan Metode PCI (Pavement Condition Index) Alternatif Penanganannya. *Ejournal Unesa*, Vol. 10 No. 2.
- Prasetiawan, J. dan Khotimah, H. 2020. Analisa Kerusakan Jalan Dengan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI). *Prosiding SEMSINA (Par-IV)*. Malang. 2 Agustus :1-8.
- Putra, Y. H. dan Putra, K. H. 2023. Analisis Kerusakan Jalan Dengan Metode Pavement Condition Index (Studi Kasus Jalan Raya Tanjungsari-Raya Tandes). *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 4 No. 1:469-484.
- Shahin, M.Y. 1994. *Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lost*. Chapman dan Hall, New York.
- Sodiq, R. A. 2020. Evaluasi Kondisi Perkerasan Dengan Metode Pavements Condition Index (PCI) Dan Nilai Sisa Dengan Metode Mekanistik-Empirik Pada Jalan Gito-Gati. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan) Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

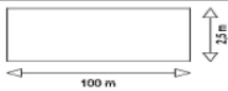
- Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova, Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. 2011. *Cara Uji Lendutan Perkerasan Lentur dengan Alat Benkelman Beam*. SNI 2416. Manggala Wanabakti. Jakarta
- Tolab, L.Z. Hadi, M. dan Fauziah, M. 2022. Analisis Perbandingan Perkerasan AC-WC Berbahan Ikatan Starbit E-55 Dengan PEN 60/70 Menggunakan Metode Elastik Linear. *Proceeding Civil Engineering Research Forum Ke-3 (The 3rd CE REFORM)*. Yogyakarta. 20 Juli:180-187 (Vol. 2 No. 1)
- Wahab, W. Sentosa, L. dan Sebayang, M. 2015. Analisis Nilai Pertumbuhan Lalu Lintas dan Perkiraan Volume Lalu Lintas Dikawatirkan Mendatang Berdasarkan Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (Studi Kasus Ruas Jalan Sp. Lago-Sorek). *JOM FTEKNIK*. Vol. 2 No. 1:1-12.
- Yoder, E.J dan Witczak, M.W. 1975. *Principles of Pavement Design*. John Wiley & Sons, Inc. Canada.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Analisis dan Perhitungan PCI Seluruh Segmen

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM										SKETCH: 	
ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT											
BRANCH : Jl. Klangon - Tempel			SECTION : 1		SAMPLE UNIT						
SURVEYED BY : Fadhil, Rafi, Ima			DATE : 4 Maret 2024		SAMPLER AREA : 250						
1. Alligator cracking		6. Depression		11. Patching & Util Cut Patching				16. Shoving			
2. Bleeding		7. Edge Cracking		12. Polished Aggregate				17. Slippage Cracking			
3. Block Cracking		8. Jt. Reflection Cracking		13. Potholes				18. Swell			
4. Bumps and Sags		9. Lane/Shoulder Drop Off		14. Railroad Crossing				19. Weathering/Raveling			
5. Corrugation		10. Long & Trans Cracking		15. Rutting							
DISTRESS SEVERITY		QUANTITY							TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
15H	22,87	21,05	20,63	13,99					78,55	31,42	79
13M	0,30								0,30	0,12	37
11M	3,89	14,91							18,80	7,52	28
										Maksimum =	79
Jumlah Pengurangan Izin Maksimum											
$m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \leq 10$ $m = 2,93 < 3$ $0,93$											
No	Deduct Values								TDV	q	CDV
1	79	37	26						142	3	85
2	79	37	2						118	2	80
3	79	2	2						83	1	83
4											
5											
6											
7											
Max CDV										85	
PCI = 100 - Max CDV										15	
Rating										Serious	

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM										SKETCH: 	
ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT											
BRANCH : Jl. Klangon - Tempel			SECTION : 2		SAMPLE UNIT						
SURVEYED BY : Fadhil, Rafi, Izul			DATE : 4 Maret 2024		SAMPAL AREA : 250						
1. Alligator cracking		6. Depression		11. Patching & Util Cut Patching				16. Shoving			
2. Bleeding		7. Edge Cracking		12. Polished Aggregate				17. Slippage Cracking			
3. Block Cracking		8. Jt. Reflection Cracking		13. Potholes				18. Swell			
4. Bumps and Sags		9. Lane/Shoulder Drop Off		14. Railroad Crossing				19. Weathering/Raveling			
5. Corrugation		10. Long & Trans Cracking		15. Rutting							
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY								TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
1M	3.51	1.80	4.90						10.21	4.08	38
13L	0.40								0.40	0.16	28
15M	20.70	5.93							26.63	10.65	51
Maksimum =											51
Jumlah Pengurangan Izin Maksimum											
$m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \leq 10$ $m = 5.50 > 3$											
No	Deduct Values								TDV	q	CDV
1	51	38	28						117	3	72
2	51	38	2						91	2	65
3	51	2	2						55	1	56
4											
5											
6											
7											
Max CDV										72	
PCI = 100 - Max CDV										28	
Rating										Very Poor	

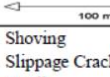
ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM										
ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA								SKETCH:		
SHEET FOR SAMPLE UNIT										
BRANCH : Jl. Klangon - Tempel		SECTION : 3		SAMPLE UNIT						
SURVEYED BY : Fadhil, Rafi, Izul		DATE : 4 Maret 2024		SAMPAL AREA : 250						
1. Alligator cracking	6. Depression	11. Patching & Util Cut Patching				16. Shoving				
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate				17. Slippage Cracking				
3. Block Cracking	8. Jt. Reflection Cracking	13. Potholes				18. Swell				
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing				19. Weathering/Raveling				
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting								
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY							TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
1M	3,88	5,87						9,76	3,90	36
13M	0,78							0,78	0,31	39
15L	14,20							14,20	5,68	29
15M	32,37							32,37	12,95	36
11L	2,00							2,00	0,80	2
								Maksimum =	39	
Jumlah Pengurangan Izin Maksimum										
$m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \leq 10$ $m = 6,60 > 5$										
No	Deduct Values							TDV	q	CDV
1	39	36	36	29	2			142	5	74
2	39	36	36	29	2			142	4	80
3	39	36	36	2	2			115	3	78
4	39	36	2	2	2			81	2	60
5	39	2	2	2	2			47	1	46,2
6										
7										
Max CDV								80		
PCI = 100 - Max CDV								20		
Rating								Serious		

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM										
ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA								SKETCH:		
SHEET FOR SAMPLE UNIT										
BRANCH : Jl. Klangon - Tempel		SECTION : 4		SAMPLE UNIT						
SURVEYED BY : Fadhil, Rafi, Izul		DATE : 4 Maret 2024		SAMPAL AREA : 250						
1. Alligator cracking	6. Depression	11. Patching & Util Cut Patching				16. Shoving				
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate				17. Slippage Cracking				
3. Block Cracking	8. Jt. Reflection Cracking	13. Potholes				18. Swell				
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing				19. Weathering/Raveling				
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting								
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY							TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
1M	3,88	3,00						6,88	2,75	32
13M	0,12	0,25						0,38	0,15	26
15M	14,13	28,71						42,84	17,13	51
11	4,99							4,99	2,00	4
								Maksimum =	51	
Jumlah Pengurangan Izin Maksimum										
$m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \leq 10$ $m = 5,50 > 5$										
No	Deduct Values							TDV	q	CDV
1	51	32	26	4				113	4	65
2	51	32	26	2				111	3	64
3	51	32	2	2				87	2	62
4	51	2	2	2				57	1	56
5										
6										
7										
Max CDV								65		
PCI = 100 - Max CDV								35		
Rating								Very Poor		

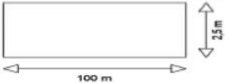
ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM										
ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA									SKETCH: 	
SHEET FOR SAMPLE UNIT										
BRANCH : Jl. Klangon - Tempel			SECTION : 5		SAMPLE UNIT					
SURVEYED BY : Fadhil, Rafi, Izul			DATE : 4 Maret 2024		SAMPAL AREA : 250					
1. Alligator cracking	6. Depression	11. Patching & Util Cut Patching				16. Shoving				
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate				17. Slippage Cracking				
3. Block Cracking	8. Jt. Reflection Cracking	13. Potholes				18. Swell				
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing				19. Weathering/Raveling				
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting								
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY							TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
1L	2,47							2,47	0,99	10,4
1M	2,87	2,63						5,50	2,20	29
15M	45,62							45,62	18,25	51
									Maksimum =	51
Jumlah Pengurangan Izin Maksimum										
$m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \leq 10$ $m = 5,50 > 3$										
No	Deduct Values							TDV	q	CDV
1	51	29	10,4					90,4	3	58
2	51	29	2					82	2	60
3	51	2	2					55	1	55
4										
5										
6										
7										
Max CDV								60		
PCI = 100 - Max CDV								40		
Rating								Very Poor		

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM										
ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA									SKETCH: 	
SHEET FOR SAMPLE UNIT										
BRANCH : Jl. Klangon - Tempel			SECTION : 6		SAMPLE UNIT					
SURVEYED BY : Fadhil, Rafi, Izul			DATE : 4 Maret 2024		SAMPAL AREA : 250					
1. Alligator cracking	6. Depression	11. Patching & Util Cut Patching				16. Shoving				
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate				17. Slippage Cracking				
3. Block Cracking	8. Jt. Reflection Cracking	13. Potholes				18. Swell				
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing				19. Weathering/Raveling				
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting								
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY							TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
1L	3,47	6,06						9,53	3,81	23
13L	0,25	1,25	0,85					2,36	0,94	58
									Maksimum =	58
Jumlah Pengurangan Izin Maksimum										
$m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \leq 10$ $m = 4,86 > 2$										
No	Deduct Values							TDV	q	CDV
1	58	23						81	2	59
2	58	2						60	1	59
3										
4										
5										
6										
7										
Max CDV								59		
PCI = 100 - Max CDV								41		
Rating								Poor		

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM										SKETCH:	
ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT											
BRANCH : Jl. Klangon - Tempel			SECTION : 7		SAMPLE UNIT						
SURVEYED BY : Fadhil, Rafi, Izul			DATE : 4 Maret 2024		SAMPel AREA : 250						
1. Alligator cracking	6. Depression	11. Patching & Util Cut Patching	16. Shoving								
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking								
3. Block Cracking	8. Jt. Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell								
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Raveling								
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting									
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY							TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE	
1L	7,94							7,94	3,18	21	
15M	9,50	21,19						30,69	12,28	45	
11L	1,52							1,52	0,61	1	
7M	1,10							1,10	0,44	5	
									Maksimum =	45	
Jumlah Pengurangan Izin Maksimum											
$m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \leq 10$ $m = 6,05 > 4$											
No	Deduct Values							TDV	q	CDV	
1	45	21	5					71	3	65	
2	45	21	2					68	2	64	
3	45	2	2					49	1	62	
4											
5											
6											
7											
Max CDV								65			
PCI = 100 - Max CDV								35			
Rating								Very Poor			

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM								<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p>ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT</p> <p>BRANCH : Jl. Klangon - Tempel</p> <p>SURVEYED BY : Fadhil, Rafi, Izul</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>SECTION : 8</p> <p>DATE : 4 Maret 2024</p> <p>SAMPEL AREA : 250</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>SKETCH:</p>  </div> </div>		
1. Alligator cracking	6. Depression	11. Patching & Util Cut Patching	16. Shoving							
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking							
3. Block Cracking	8. Jt. Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell							
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Raveling							
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting								
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY							TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
13L	0,12	0,32						0,44	0,18	27
15M	24,59	26,05	20,94					71,58	28,63	56
11L	10,21							10,21	4,08	1
Maksimum =										56
Jumlah Pengurangan Izin Maksimum										
$m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \leq 10$				$m = 5,04 > 4$						
No	Deduct Values							TDV	q	CDV
1	56	27						83	2	61
2	56	2	2					60	1	58
3										
4										
5										
6										
7										
Max CDV								61		
PCI = 100 - Max CDV								39		
Rating								Very Poor		

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM										
ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA									SKETCH:	
SHEET FOR SAMPLE UNIT										
BRANCH : Jl. Klangon - Tempel			SECTION : 9		SAMPLE UNIT					
SURVEYED BY : Fadhl, Cipi, Afif			DATE : 5 Maret 2024		SAMPAL AREA : 250					
1. Alligator cracking	6. Depression	11. Patching & Util Cut Patching				16. Shoving				
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate				17. Slippage Cracking				
3. Block Cracking	8. Jt. Reflection Cracking	13. Potholes				18. Swell				
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing				19. Weathering/Raveling				
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting								
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY							TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
1M	6,02							6,02	2,41	30
11L	1,23	6,10	5,17					12,51	5,00	10
15M	20,75	18,84	20,94					60,53	24,21	55
									Maksimum =	55
Jumlah Pengurangan Izin Maksimum										
$m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \leq 10$ $m = 5,13 > 3$										
No	Deduct Values							TDV	q	CDV
1	55	30	10					95	3	60
2	55	30	2					87	2	62
3	55	2	2					59	1	58
4										
5										
6										
7										
Max CDV								62		
PCI = 100 - Max CDV								38		
Rating								Very Poor		

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM										
ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA									SKETCH:	
SHEET FOR SAMPLE UNIT										
BRANCH : Jl. Klangon - Tempel			SECTION : 10		SAMPLE UNIT					
SURVEYED BY : Fadhl, Cipi, Afif			DATE : 5 Maret 2024		SAMPAL AREA : 250					
1. Alligator cracking	6. Depression	11. Patching & Util Cut Patching				16. Shoving				
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate				17. Slippage Cracking				
3. Block Cracking	8. Jt. Reflection Cracking	13. Potholes				18. Swell				
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing				19. Weathering/Raveling				
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting								
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY							TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
1M	8,13	3,56						11,69	4,68	24
11L	5,40	8,96						14,36	5,75	11
15M	24,29	57,26	18,90	41,99				142,44	56,98	63
									Maksimum =	63
Jumlah Pengurangan Izin Maksimum										
$m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \leq 10$ $m = 4,40 > 3$										
No	Deduct Values							TDV	q	CDV
1	63	24	11					98	3	62
2	63	24	2					89	2	65
3	63	2	2					67	1	66
4										
5										
6										
7										
Max CDV								66		
PCI = 100 - Max CDV								34		
Rating								Very Poor		

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM										
ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA									SKETCH:	
SHEET FOR SAMPLE UNIT										
BRANCH : Jl. Klangon - Tempel			SECTION : 11		SAMPLE UNIT					
SURVEYED BY : Fadhil, Cipi, Afif			DATE : 5 Maret 2024		SAMPAL AREA : 250					
1. Alligator cracking	6. Depression	11. Patching & Util Cut Patching	16. Shoving							
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking							
3. Block Cracking	8. Jt. Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell							
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Raveling							
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting								
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY							TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
1L	13,66	6,63						20,29	8,12	29
3L	0,48							0,48	0,19	0
11L	13,69							13,69	5,48	11
13M	0,20							0,20	0,08	30
15M	6,94	14,38						21,31	8,52	42
									Maksimum =	42
Jumlah Pengurangan Izin Maksimum										
$m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \leq 10$ $m = 6,33 > 5$										
No	Deduct Values							TDV	q	CDV
1	30	42	29	11				112	4	65
2	30	42	29	2				103	3	66
3	30	42	2	2				76	2	55
4	30	2	2	2				36	1	47
5										
6										
7										
Max CDV								66		
PCI = 100 - Max CDV								34		
Rating								Very Poor		

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM										
ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA									SKETCH:	
SHEET FOR SAMPLE UNIT										
BRANCH : Jl. Klangon - Tempel			SECTION : 12		SAMPLE UNIT					
SURVEYED BY : Fadhil, Cipi, Afif			DATE : 5 Maret 2024		SAMPAL AREA : 250					
1. Alligator cracking	6. Depression	11. Patching & Util Cut Patching	16. Shoving							
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking							
3. Block Cracking	8. Jt. Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell							
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Raveling							
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting								
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY							TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
1L	8,41	6,98						15,40	6,16	29
1M	8,24							8,24	3,30	33
1H	13,68							13,68	5,47	54
3L	6,02	14,47						20,49	8,20	7
									Maksimum =	54
Jumlah Pengurangan Izin Maksimum										
$m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \leq 10$ $m = 5,22 > 4$										
No	Deduct Values							TDV	q	CDV
1	54	33	29	7				123	4	70
2	54	33	29	2				118	3	72
3	54	33	2	2				91	2	66
4	54	2	2	2				60	1	60
5										
6										
7										
Max CDV								72		
PCI = 100 - Max CDV								28		
Rating								Very Poor		

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM										
ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA									SKETCH:	
SHEET FOR SAMPLE UNIT										
BRANCH : Jl. Klangon - Tempel			SECTION : 13		SAMPLE UNIT					
SURVEYED BY : Fadhil, Cipi, Afif			DATE : 5 Maret 2024		SAMPAL AREA : 250					
1. Alligator cracking	6. Depression	11. Patching & Util Cut Patching	16. Shoving							
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking							
3. Block Cracking	8. Jt. Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell							
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Raveling							
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting								
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY							TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
1L	3,08	4,82						7,90	3,16	21
3M	1,76	6,86						8,62	3,45	4
13L	0,24							0,24	0,10	21
15M	4,49							4,49	1,79	22
									Maksimum =	22
Jumlah Pengurangan Izin Maksimum										
$m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \leq 10$ $m = 8,16 > 4$										
No	Deduct Values							TDV	q	CDV
1	22	21	21	4				68	4	38
2	22	21	21	2				66	3	41
3	22	21	2	2				47	2	36
4	22	2	2	2				28	1	27
Max CDV								41		
PCI = 100 - Max CDV								59		
Rating								Fair		

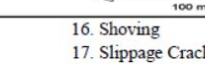
ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM										
ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA									SKETCH:	
SHEET FOR SAMPLE UNIT										
BRANCH : Jl. Klangon - Tempel			SECTION : 14		SAMPLE UNIT					
SURVEYED BY : Fadhil, Cipi, Afif			DATE : 5 Maret 2024		SAMPAL AREA : 250					
1. Alligator cracking	6. Depression	11. Patching & Util Cut Patching	16. Shoving							
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking							
3. Block Cracking	8. Jt. Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell							
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Raveling							
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting								
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY							TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
1L	4,97	3,74						8,71	3,48	22
3L	6,40	2,06						8,46	3,38	4
11L	16,30							16,30	6,52	12
13L	0,99							0,99	0,40	42
16M	4,79							4,79	1,91	14
									Maksimum =	42
Jumlah Pengurangan Izin Maksimum										
$m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \leq 10$ $m = 6,33 > 5$										
No	Deduct Values							TDV	q	CDV
1	42	22	14	12	4			94	5	50
2	42	22	14	12	2			92	4	53
3	42	22	14	2	2			82	3	54
4	42	22	2	2	2			70	2	52
5	42	2	2	2	2			50	1	50
Max CDV								54		
PCI = 100 - Max CDV								46		
Rating								Poor		

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM										SKETCH:	
ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA											
SHEET FOR SAMPLE UNIT											
BRANCH : Jl. Klangon - Tempel			SECTION : 15		SAMPLE UNIT						
SURVEYED BY : Fadhil, Cipi, Afif			DATE : 5 Maret 2024		SAMPLER AREA : 250						
1. Alligator cracking	6. Depression	11. Patching & Util Cut Patching								16. Shoving	
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate								17. Slippage Cracking	
3. Block Cracking	8. Jt. Reflection Cracking	13. Potholes								18. Swell	
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing								19. Weathering/Raveling	
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting									
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY								TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
1L	3,70								3,70	1,48	14
1M	16,52	8,75							25,27	10,11	48
3L	7,81								7,81	3,12	4
11L	10,74	3,95							14,69	5,87	54
13L	0,81	1,10							1,91	0,76	30,5
16H	7,53								7,53	3,01	11
										Maksimum =	54
<p style="text-align: center;">Jumlah Pengurangan Izin Maksimum</p> $m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \leq 10$ <p style="text-align: center;">0,22</p>											
No	Deduct Values								TDV	q	CDV
1	54	48	30,5	14	11	0,90			158,4	5	79,8
2	54	48	30,5	14	2	0,90			149,4	4	82
3	54	48	30,5	2	2	0,90			137,4	3	82
4	54	48	2	2	2	0,90			109	2	75
5	54	2	2	2	2	0,90			63	1	63
Max CDV										82	
PCI = 100 - Max CDV										18	
Rating										Serious	

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM										
ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA								SKETCH: 		
SHEET FOR SAMPLE UNIT										
BRANCH : Jl. Klangon - Tempel		SECTION : 16		SAMPLE UNIT						
SURVEYED BY : Fadhil, Cipi, Afif		DATE : 5 Maret 2024		SAMPLER AREA : 250						
1. Alligator cracking	6. Depression	11. Patching & Util Cut Patching				16. Shoving				
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate				17. Slippage Cracking				
3. Block Cracking	8. Jt. Reflection Cracking	13. Potholes				18. Swell				
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing				19. Weathering/Raveling				
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting								
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY							TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
1L	5,35	7,01	13,38	14,26				40,00	16,00	37
11L	5,97							5,97	2,39	5
15M	5,41							5,41	2,17	29
Maksimum =										37
Jumlah Pengurangan Izin Maksimum $m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \leq 10$										
$m = 6,79 > 3$ 1,79										
No	Deduct Values							TDV	q	CDV
1	37	29	5					71,0	3	47
2	37	29	2					68,0	2	49
3	37	2	2					41,0	1	43
Max CDV								49		
PCI = 100 - Max CDV								51		
Rating								Poor		

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM										
ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA									SKETCH:	
SHEET FOR SAMPLE UNIT										
BRANCH : Jl. Klangon - Tempel			SECTION : 17		SAMPLE UNIT					
SURVEYED BY : Fadhil, Cipi, Afif			DATE : 5 Maret 2024		SAMPAL AREA : 250					
1. Alligator cracking	6. Depression	11. Patching & Util Cut Patching	16. Shoving							
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking							
3. Block Cracking	8. Jt. Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell							
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Raveling							
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting								
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY							TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
1L	12,02	7,58						19,60	7,84	30
7M	0,06							0,06	0,02	0
11M	5,78							5,78	2,31	16
15L	5,81							5,81	2,32	15
Maksimum =									30	
Jumlah Pengurangan Izin Maksimum										
$m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \leq 10$ $m = 7,43 > 4$										
No	Deduct Values							TDV	q	CDV
1	30	16	15					61,0	3	40
2	30	16	2					48,0	2	37
3	30	2	2					34,0	1	36,7
Max CDV								40		
PCI = 100 - Max CDV								60		
Rating								Fair		

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM										
ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA									SKETCH:	
SHEET FOR SAMPLE UNIT										
BRANCH : Jl. Klangon - Tempel			SECTION : 18		SAMPLE UNIT					
SURVEYED BY : Fadhil, Izul, Afif			DATE : 6 Maret 2024		SAMPAL AREA : 250					
1. Alligator cracking	6. Depression	11. Patching & Util Cut Patching	16. Shoving							
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking							
3. Block Cracking	8. Jt. Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell							
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Raveling							
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting								
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY							TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
1L	9,77	5,22						14,99	5,99	41
15M	6,95							6,95	2,78	29
Maksimum =									41	
Jumlah Pengurangan Izin Maksimum										
$m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \leq 10$ $m = 6,42 > 2$										
No	Deduct Values							TDV	q	CDV
1	41	29						70,0	2	51
2	41	2						43,0	1	44
3										
Max CDV								51		
PCI = 100 - Max CDV								49		
Rating								Fair		

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM										SKETCH: 	
ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT											
BRANCH : Jl. Klangon - Tempel			SECTION : 19		SAMPLE UNIT						
SURVEYED BY : Fadhil, Izul, Afif			DATE : 6 Maret 2024		SAMPel AREA : 250						
1. Alligator cracking			6. Depression			11. Patching & Util Cut Patching			16. Shoving		
2. Bleeding			7. Edge Cracking			12. Polished Aggregate			17. Slippage Cracking		
3. Block Cracking			8. Jt. Reflection Cracking			13. Potholes			18. Swell		
4. Bumps and Sags			9. Lane/Shoulder Drop Off			14. Railroad Crossing			19. Weathering/Raveling		
5. Corrugation			10. Long & Trans Cracking			15. Rutting					

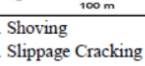
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY								TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
1L	13,65								13,65	5,46	28
11L	3,49								3,49	1,39	3
15L	28,35	12,90	12,63						53,87	21,55	35
Maksimum =											35

Jumlah Pengurangan Izin Maksimum

$$m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \leq 10$$

$m = 6,97 > 4$

No	Deduct Values								TDV	q	CDV
1	35	28	3						66,0	3	42
2	35	28	2						65,0	2	48
3	35	2	2						39,0	1	38
Max CDV									48		
PCI = 100 - Max CDV									52		
Rating									Poor		

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM								SKETCH:	
ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT									
BRANCH : Jl. Klangon - Tempel		SECTION : 20		SAMPLE UNIT					
SURVEYED BY : Fadhil, Izul, Afif		DATE : 6 Maret 2024		SAMPel AREA : 250					
1. Alligator cracking	6. Depression	11. Patching & Util Cut Patching						16. Shoving	
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate						17. Slippage Cracking	
3. Block Cracking	8. Jt. Reflection Cracking	13. Potholes						18. Swell	
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing						19. Weathering/Raveling	
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting							

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY						TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
1L	10,14	6,42					16,56	6,62	41
3L	4,61						4,61	1,84	2
15L	5,46	10,58	8,40				24,44	9,78	27
15M	10,93						10,93	4,37	34
11L	2,91						2,91	1,16	3
Maksimum =									41

Jumlah Pengurangan Izin Maksimum

$m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \leq 10$

 $m = 6,42 > 4$

No	Deduct Values							TDV	q	CDV
1	41	34	27	3	2			107,0	4	61
2	41	34	27	2	2			106,0	3	65
3	41	34	2	2	2			81,0	2	59,8
4	41	2	2	2	2			49,0	1	49
Max CDV								65		
PCI = 100 - Max CDV								35		
Rating								Very Poor		

Lampiran 2 Data Laporan Lalu Lintas Harian Rata – Rata Pada Ruas Jalan Klangon – Tempel

LHR Jalan Klangon – Tempel 2022 Ruas Kiri

BIDANG BINA MARGA DIY
DPUP ESDM DIY

Lembar ke..... dari.....

FORMULIR HIMPUNAN PERHITUNGAN LALU LINTAS
SELAMA 24 JAM (FORMULIR LAPORAN)

Nomor Propinsi: 26
 Nama Propinsi: DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
 Nomor Pos: YOG
 Lokasi Pos: -
 Tanggal/Bulan/Tahun: - 2 2
 (Hari) (Bulan) (Tahun)
 Kalompok Hitung:
 Periode:
 Arah Lalu Lintas: Dari KLANGON Ke TEMPEL

Golongan	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8
Waktu	Sepeda Motor, Sepeda Kumbang, dan Roda 3	Sedan, Jeep, dan Station Wagon	Opel, Pick-up Opel, Suburban, Combi, dan Mini Bus	Pick-up, Micro Truck, dan Mobil Hantaran	Bus Kecil	Bus Besar	Truk 2 sumbu (4 roda)	Truk 2 sumbu (6 roda)	Truk 3 sumbu	Truk Gandengan	Truk Semi Trailer	Kendaraan Tidak Bermotor
6 - 7	270	39		14			10					10
7 - 8	444	40		10			14				2	14
8 - 9	394	23		11			10				2	11
9 - 10	286	26		0			21					12
10 - 11	341	47		16			27		2			5
11 - 12	256	39		21			28		1			16
12 - 13	257	23		15			21		1			11
13 - 14	254	32		14			22					
14 - 15	255	54		9			17				2	
15 - 16	246	47		20	2		24		1			
16 - 17	352	39		15			14					
17 - 18	444	28		17			11					
18 - 19	381	22		16			9					
19 - 20	324	26		14			5					
20 - 21	246	20		11								
21 - 22	184	12		6								
22 - 23												
23 - 0												
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5												
5 - 6												
Jumlah	4944	145		217	2		257		5		6	79

Catatan : _____

Pengawas: _____

LHR Jalan Klangon – Tempel 2022 Ruas Kanan

BIDANG BINA MARGA DIY
DPUP ESOM DIY

Lembar ke..... dari.....

**FORMULIR HIMPUNAN PERHITUNGAN LALU LINTAS
SELAMA 24 JAM (FORMULIR LAPORAN)**

Nomor Preprod	2	6																				
Nama Preprod	D A E R A H I S T I M E W A Y O G Y A K A R T A																					
Nomor Pos																						
Lokasi Pos	Y O G																					
Tanggal/Bulan/Tahun	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> (Hari) (Bulan) (Tahun) </div>																					
Kategori Hitung																						
Periode																						
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Arah Lalu Lintas Dari TEMPEL </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Ke KLANGON </div>																						

Golongan	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8
Waktu	Sepeda Motor, Sepeda Kumbang, dan Roda 3	Sedan, Jeep, dan Station Wagon	Opel, Pick-up Opel, Suburban, Combi, dan Mini Bus	Pick-up, Micro Truck, dan Mobil Manutaran	Bus Kecil	Bus Besar	Truk 2 sumbu (4 roda)	Truk 2 sumbu (6 roda)	Truk 3 sumbu	Truk Gandengan	Truk Semi Trailer	Kendaraan Tidak Bermotor
6 - 7	274	33		4			17					3
7 - 8	296	16		14			15					9
8 - 9	315	32		29			21		3			6
9 - 10	299	33		16	2		16		2			12
10 - 11	293	40		28	2		52		2			11
11 - 12	276	42		16		3	22					17
12 - 13	297	29		14			23					15
13 - 14	274	26		21			14		3			11
14 - 15	292	45		18			21		2			10
15 - 16	210	57		14			10				3	2
16 - 17	294	52		20		2	16					
17 - 18	278	45		21			11					
18 - 19	242	22		18			8					
19 - 20	332	15		14			3					
20 - 21	274	10		9								
21 - 22	222	8		5								
22 - 23												
23 - 0												
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5												
5 - 6												
Jumlah	4828	514		219	4	5	219		12		3	96

Catatan :
Pengawas:

LHR Jalan Klangon – Tempel 2021 Ruas Kiri

**BIDANG BINA MARGA DIY
DPUP ESDM DIY**

Lembar ke..... da

FORMULIR HIMPUNAN PERHITUNGAN LALU LINTAS SELAMA 24 JAM
(FORMULIR LAPORAN)

[illegible]

LHR Jalan Klangon – Tempel 2021 Ruas Kanan

BIDANG BINA MARGA DIY
DPUP ESDM DIY

Lembar ke..... dan

FORMULIR HIMPUNAN PERHITUNGAN LALU LINTAS SELAMA 24 JAM
(FORMULIR LAPORAN)

[illegible]

Lampiran 3 Dokumentasi Pegumpulan Data

Survei Kerusakan Jalan



Pengujian Lendutan Balik



Test Pit

