TUGAS AKHIR

EVALUASI KONDISI PERKERASAN JALAN GROGOLAN NGEMPLAK BERDASARKAN PCI DAN ANALISIS MEKANISTIK-EMPIRIK

(EVALUATION OF PAVEMENT CONDITION ON GROGOLAN NGEMPLAK ROAD BASED ON PCI AND MECHANISTIC-EMPIRICAL ANALYSIS)

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

SYAHRIZAL ABDIEL RAZIQ
22511047

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL-PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNIK DESAIN INOVASI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2026

TUGAS AKHIR

EVALUASI KONDISI PERKERASAN JALAN GROGOLAN NGEMPLAK BERDASARKAN PCI DAN ANALISIS MEKANISTIK-EMPIRIK

(EVALUATION OF PAVEMENT CONDITION ON GROGOLAN NGEMPLAK ROAD BASED ON PCI AND MECHANISTIC-EMPIRICAL ANALYSIS)

Disusun oleh
Syahrizal Abdiel Raziq
22511047

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

Diuji pada tanggal 14 Agustus 2026

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing :
Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc.
NIK : 145110101
Tanggal : 28-08-2026

Penguji I :
Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.
NIK : 955110103
Tanggal : 28-08-2026

Penguji II :
Dr. Ir. Berlian Kushari, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN. Eng.
NIK : 015110101
Tanggal : 28-08-2026

Mengesahkan,
Plt. Ketua Program Studi Teknik Sipil Program Sarjana

21/8-26

Dinia Anggraheni, S.T., M.Eng.
NIK : 165110105

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir yang diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Desain Inovasi, Universitas Islam Indonesia, merupakan hasil pemikiran dan karya saya sendiri. Seluruh kutipan maupun penggunaan karya ilmiah pihak lain telah dicantumkan sumbernya secara benar sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa laporan ini, baik seluruh maupun sebagian, bukan merupakan hasil karya saya sendiri atau mengandung tindakan plagiasi, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku, termasuk pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh.

Yogyakarta, 30 Juli 2026

Yang membuat pernyataan,



Syahrizal Abdiel Raziq

22511047

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, karunia, serta penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Evaluasi Kondisi Perkerasan Jalan Grogolan Ngemplak Berdasarkan PCI dan Analisis Mekanistik-Empirik". Penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Desain Inovasi, Universitas Islam Indonesia.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari berbagai tantangan dan hambatan yang dihadapi selama proses penelitian maupun penulisan. Berkat doa, bimbingan, dukungan, serta bantuan dari berbagai pihak, seluruh rangkaian kegiatan tersebut akhirnya dapat diselesaikan dengan baik. Dengan demikian, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa meluangkan waktu untuk memberikan arahan, masukan, bimbingan, serta motivasi selama proses penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan yang membangun demi penyempurnaan Tugas Akhir ini.
3. Ir. Berlian Kushari, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN. Eng. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan yang membangun demi penyempurnaan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Dinia Anggraheni, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Desain Inovasi, Universitas Islam Indonesia.
5. Ibu Anisa Nur Amalina, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang senantiasa mendukung, memberi support, dan kebaikan lainnya kepada penulis selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

6. Seluruh Bapak dan Ibu dosen pengajar, laboran, asisten dosen, karyawan, serta tenaga kependidikan Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu, bantuan, pelayanan, dan dukungan kepada penulis selama menempuh pendidikan.
7. Kedua orang tua penulis yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan, semangat, serta segala bentuk pengorbanan yang tidak ternilai selama penulis menempuh pendidikan hingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Kakak dan adik penulis, Dian dan Abil, yang selalu memberikan dukungan, semangat, perhatian, serta menjadi bagian penting dalam perjalanan penulis selama menempuh pendidikan.
9. KKS (Keluarga Kecil Sipil) yang telah menjadi bagian dari perjalanan penulis sejak awal perkuliahan hingga saat ini. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, bantuan, canda tawa, solidaritas, serta berbagai pengalaman dan kenangan berharga yang telah dilalui bersama dan akan selalu menjadi bagian yang tidak terlupakan.
10. Teman-teman Teknik Sipil 2022 yang telah menjadi bagian dari perjalanan perkuliahan penulis. Terima kasih atas kebersamaan, bantuan, dukungan, serta berbagai pengalaman yang telah dilalui bersama selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

Akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 30 Juli 2026

Penulis



Syahrizal Abdiel Raziq

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR i

TUGAS AKHIR ii

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI vi

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR GAMBAR xiv

DAFTAR LAMPIRAN xvi

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xvii

ABSTRAK xix

ABSTRACT xx

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 4

1.3 Tujuan Penelitian 5

1.4 Manfaat Penelitian 5

1.5 Batasan Penelitian 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7

2.1 Metode *Pavement Condition Index* (PCI) 7

2.2 Analisis Kondisi Perkerasan dengan Metode Mekanistik-Empirik 10

2.3 Perbedaan Penelitian Terdahulu 15

BAB III LANDASAN TEORI 20

3.1 Perkerasan Lentur 20

3.1.1 Lapis Permukaan *(Surface Course)* 20

3.1.2 Lapis Pondasi Atas *(Base Course)* 21

3.1.3 Lapis Pondasi Bawah *(Sub-base Course)* 21

3.1.4 Lapis Tanah Dasar *(Subgrade)* 21

3.2 Jenis-jenis Kerusakan Pada Perkerasan Lentur 21

3.2.1 Retak Kulit Buaya *(Alligator Cracking)* 21

3.2.2 Kegemukan *(Bleeding)* 22

3.2.3 Retak Balok *(Block Cracking)* 23

3.2.4 Benjol dan Turun *(Bumps and Sags)* 23

3.2.5 Keriting *(Corrugation)* 24

3.2.6 Amblas *(Depression)* 25

3.2.7 Retak Tepi Jalan *(Edge Cracking)* 25

3.2.8 Retak Sambung *(Joint Reflection Cracking)* 26

3.2.9 Jalur/Bahu Jalan Turun *(Lane/Shoulder Drop Off)* 26

3.2.10 Retak Memanjang dan Melintang *(Longitudinal and Transverse Cracking)* 27

3.2.11 Tambalan *(Patching)* 28

3.2.12 Agregat Licin *(Polished Aggregate)* 28

3.2.13 Lubang *(Potholes)* 29

3.2.14 Persilangan Jalan Rel *(Railroad Crossing)* 29

3.2.15 Alur *(Rutting)* 30

3.2.16 Sungkur *(Shoving)* 30

3.2.17 Retak Geser *(Slippage Cracking)* 31

3.2.18 Pembengkakan *(Swell)* 31

3.2.19 Pelepasan Butiran *(Weathering and Raveling)* 32

3.3 *Pavement Condition Index* (PCI) 32
3.3.1 Tingkat Kerapatan Kerusakan *(Density)* 33
3.3.2 Nilai Pengurangan *(Deduct Value)* 34
3.3.3 Nilai Pengurangan Ijin Maksimum (m) 34
3.3.4 Nilai Pengurangan Total *(Total Deduct Value)* 35
3.3.5 Nilai Pengurangan Terkoreksi *(Corrected Deduct Value)* 35
3.3.6 Nilai *Pavement Condition Index* (PCI) 36
3.3.7 *Rating* 36
3.4 Mekanistik-Empiris 37
3.5 Program KENPAVE 38
3.5.1 Menu KENLAYER 38
3.5.2 Karakteristik Material 44
3.6 Analisis Kerusakan dan Kegagalan pada Struktur Perkerasan Jalan 47
3.6.1 *Fatigue Cracking* 47
3.6.2 *Rutting* 48
3.6.3 *Permanent Deformation* 48
3.7 Prediksi Umur Pelayanan Perkerasan Jalan 49
3.7.1 Data Lalu Lintas 49
3.7.2 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas 50
3.7.3 Faktor Ekuivalen Beban *(Vehicle Damage Factor)* 51
3.7.4 Faktor Distribusi Arah (DD) 52
3.7.5 Faktor Distribusi Lajur (DL) 52
3.7.6 Beban Sumbu Standar Kumulatif 52
BAB IV METODE PENELITIAN 54
4.1 Lokasi Penelitian 54

4.2 Pengumpulan Data 54
4.2.1 Data Primer 54
4.2.2 Data Sekunder 55
4.3 Tahapan Analisis Data 56
4.3.1 Metode *Pavement Condition Index* (PCI) 56
4.3.2 Metode Mekanistik-Empirik dengan Program KENPAVE 58
4.4 Bagan Alir Penelitian 61
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 62
5.1 Hasil Pengumpulan Data 62
5.1.1 Data Primer 62
5.1.2 Data Sekunder 63
5.2 Analisis *Pavement Condition Index* (PCI) 64
5.2.1 Perhitungan Nilai PCI 65
5.3 Analisis Respon Tegangan dan Regangan dengan Program KENPAVE 73
5.3.1 Karakteristik Material 74
5.3.2 Analisis Menggunakan Program KENPAVE 75
5.3.3 Hasil Analisis KENLAYER 83
5.3.4 Analisis Kerusakan Pada Struktur Perkerasan Jalan 85
5.4 Analisis Prediksi Umur Pelayanan Perkerasan Jalan 86
5.5 Pembahasan 94
5.5.1 Kondisi Perkerasan dengan Metode PCI 94
5.5.2 Respon Tegangan dan Regangan dengan Program KENPAVE 101
5.5.3 Prediksi Umur Pelayanan Perkerasan Jalan 102
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 104
6.1 Kesimpulan 104

6.2 Saran 105

DAFTAR PUSTAKA 106

LAMPIRAN 110

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Menggunakan Metode *Pavement Condition Index* (PCI) 16
Tabel 2. 2 Perbandingan Penelitian Terdahulu Menggunakan Metode Mekanistik-Empirik 18
Tabel 3. 1 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Retak Kulit Buaya (ASTM D6433, 2008) 22
Tabel 3. 2 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Kegemukan (ASTM D6433, 2008) 22
Tabel 3. 3 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Retak Balok (ASTM D6433, 2008) 23
Tabel 3. 4 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Benjol dan Turun (ASTM D6433, 2008) 24
Tabel 3. 5 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Keriting (ASTM D6433, 2008) 24
Tabel 3. 6 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Amblas (ASTM D6433, 2008) 25
Tabel 3. 7 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Retak Tepi Jalan (ASTM D6433, 2008) 25
Tabel 3. 8 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Retak Sambung (ASTM D6433, 2008) 26
Tabel 3. 9 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Jalur/Bahu Jalan Turun (ASTM D6433, 2008) 27
Tabel 3. 10 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Retak Memanjang dan Melintang (ASTM D6433, 2008) 27
Tabel 3. 11 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Tambalan (ASTM D6433, 2008) 28
Tabel 3. 12 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Agregat Licin (ASTM D6433, 2008) 28
Tabel 3. 13 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Lubang (ASTM D6433, 2008) 29
Tabel 3. 14 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Persilangan Jalan Rel (ASTM D6433, 2008) 29
Tabel 3. 15 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Alur (ASTM D6433, 2008) 30
Tabel 3. 16 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Sungkur (ASTM D6433, 2008) 31
Tabel 3. 17 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Retak Geser (ASTM D6433, 2008) 31

Tabel 3. 18 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Pembengkakan (ASTM D6433, 2008) 32
Tabel 3. 19 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Pelepasan Butiran (ASTM D6433, 2008) 32
Tabel 3. 20 Nilai PCI dan Kondisi (ASTM D6433, 2008) 36
Tabel 3. 21 Nilai Modulus Elastisitas (Bina Marga, 2024) 45
Tabel 3. 22 Nilai *Poisson's Ratio* (Bina Marga, 2024) 46
Tabel 3. 23 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas, i (%) (Bina Marga, 2024) 50
Tabel 3. 24 Nilai VDF Daerah Istimewa Yogyakarta (Bina Marga, 2024) 52
Tabel 3. 25 Faktor Distribusi Lajur (DL) (Bina Marga, 2024) 52
Tabel 5. 1 Data Lalu Lintas Harian Rerata Tahun 2023-2025 (DPUPKP, 2026) 63
Tabel 5. 2 Hasil Pengamatan Kerusakan Pada Segmen 7 64
Tabel 5. 3 Nilai *Density* Jenis Kerusakan Retak Kulit Buaya 65
Tabel 5. 4 Nilai *Density* Jenis Kerusakan Retak Samping 66
Tabel 5. 5 Nilai *Density* Jenis Kerusakan Tambalan 67
Tabel 5. 6 Nilai *Density* Jenis Kerusakan Lubang 68
Tabel 5. 7 Perhitungan TDV dan CDV pada Segmen 7 71
Tabel 5. 8 Rekapitulasi Nilai PCI Tiap Segmen 72
Tabel 5. 9 Nilai Modulus Elastisitas 74
Tabel 5. 10 Nilai *Poisson's Ratio* 74
Tabel 5. 11 *Input* Data pada Menu *General* 76
Tabel 5. 12 *Input* Data pada Menu *Zcoord* 78
Tabel 5. 13 *Input* Data pada Menu *Layer* 79
Tabel 5. 14 *Input* Data pada Menu *Moduli* 80
Tabel 5. 15 *Input* Data pada Menu *Load* 81
Tabel 5. 16 *Input* Data pada Menu NPT 82
Tabel 5. 17 Hasil Analisis Program KENLAYER 83
Tabel 5. 18 Rekapitulasi Hasil Analisis Program KENLAYER 85
Tabel 5. 19 Data LHR Tahun 2023-2025 (DPUPKP, 2026) 86
Tabel 5. 20 Rekapitulasi Data LHR Tahun 2023-2025 (DPUPKP, 2026) 87
Tabel 5. 21 Proyeksi Data LHR Tahun 2018 (DPUPKP, 2026) 89

Tabel 5. 22 Nilai VDF Masing-masing Jenis Kendaraan (Bina Marga, 2017) 91
Tabel 5. 23 Rekapitulasi Prediksi Umur Pelayanan Jalan dan Beban Gandar Maksimum 93
Tabel 5. 24 Persentase Nilai PCI 96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kerusakan Tepi Jalan *(Edge Cracking)* Sta. 1+800 2
Gambar 1. 2 Kerusakan Lubang *(Potholes)* Sta. 2+000 3
Gambar 3. 1 Grafik *Deduct Value* untuk *Alligator Cracking* 34
Gambar 3. 2 Grafik *Corrected Deduct Value* 35
Gambar 3. 3 Tampilan Awal Program KENPAVE 38
Gambar 3. 4 Tampilan Menu LAYERINP 39
Gambar 3. 5 Tampilan Menu *General* 40
Gambar 3. 6 Tampilan Menu *Zcoord* 41
Gambar 3. 7 Tampilan Menu *Layer* 42
Gambar 3. 8 Tampilan Menu *Interface* 42
Gambar 3. 9 Tampilan Menu *Moduli* 43
Gambar 3. 10 Tampilan Menu *Period* 43
Gambar 3. 11 Tampilan Menu *Load* 44
Gambar 3. 12 Sumbu Standar Ekivalen di Indonesia 47
Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian 54
Gambar 4. 2 Bagan Alir Metode *Pavement Condition Index* (PCI) 58
Gambar 4. 3 Bagan Alir Metode Mekanistik-Empirik 60
Gambar 4. 4 Bagan Alir 61
Gambar 5. 1 Penandaan Segmen Jalan Grogolan Ngemplak 62
Gambar 5. 2 Struktur Lapis Perkerasan Jalan Grogolan Ngemplak 64
Gambar 5. 3 Nilai *Deduct Value* Jenis Kerusakan Retak Kulit Buaya 66
Gambar 5. 4 Nilai *Deduct Value* Jenis Kerusakan Retak Samping 67
Gambar 5. 5 Nilai *Deduct Value* Jenis Kerusakan Tambalan 68
Gambar 5. 6 Nilai *Deduct Value* Jenis Kerusakan Lubang 69
Gambar 5. 7 Grafik *Corrected Deduct Value* pada Segmen 7 71
Gambar 5. 8 Tampilan Awal Menu LAYERINP 75
Gambar 5. 9 Tampilan Menu *General* 77
Gambar 5. 10 Kedalaman Titik Tinjau Kerusakan 77

Gambar 5. 11 Tampilan Menu *Zcoord* 78
Gambar 5. 12 Tampilan Menu *Layer* 79
Gambar 5. 13 Tampilan Menu *Moduli* 80
Gambar 5. 14 Tampilan Menu *Load* 82
Gambar 5. 15 Tampilan Menu NPT 83
Gambar 5. 16 Diagram Persentase *Density* Arah Bimomartani-Umbulmartani 94
Gambar 5. 17 Diagram Persentase *Density* Arah Umbulmartani- Bimomartani 95
Gambar 5. 18 Diagram Persentase Kondisi Nilai PCI Arah Bimomartani-Umbulmartani 97
Gambar 5. 19 Diagram Persentase Kondisi Nilai PCI Arah Umbulmartani-Bimomartani 97
Gambar 5. 20 Kondisi Kerusakan Jalan Tiap Segmen 98
Gambar 5. 21 Hubungan Nilai PCI dengan Alternatif Penanganan Perkerasan (Shahin, 1994) 99
Gambar 5. 22 Nilai Regangan Lapisan Eksisting 101

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Formulir Survei PCI Untuk Perkerasan Lentur 111
Lampiran 2 Jenis-jenis Kerusakan Perkerasan Lentur 111
Lampiran 3 Hasil Survei dan Perhitungan Metode PCI Tiap Segmen 118
Lampiran 4 Hasil Analisis Program KENPAVE 128
Lampiran 5 Dokumentasi 130

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

AC-BC = *Asphalt Concrete-Binder Course*
AC-WC = *Asphalt Concrete-Wearing Course*
Ad = Luas total jenis kerusakan jalan
As = Luas total segmen
CBR = *California Bearing Ratio*
CDV = *Corrected Deduct Value*
CESAL = *Cumulative Equivalent Single Axle Load*
cm = Sentimeter
DD = Faktor distribusi arah
DL = Faktor distribusi lajur
DV = *Deduct Value*
E = Modulus elastisitas
ESAL = *Equivalent Single Axle Load*
H = *High*
i = Faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)
kg = Kilogram
km = Kilometer
kPa = Kilopascal
L = *Low*
LHR = Lalu lintas Harian Rerata
LPA = Lapis Pondasi Atas
M = *Medium*
m = Meter
MDPJ = Manual Desain Perkerasan Jalan
Nd = Nilai repetisi beban *permanent deformation*
Nf = Nilai repetisi beban *fatigue cracking*
Nr = Nilai repetisi beban *rutting*
PCI = *Pavement Condition Index*

R	= Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas
Sta	= Stasiun
TDV	= *Total Deduct Value*
UR	= Umur Rencana
VDF	= *Vehicle Damage Factor*

ABSTRAK

Jalan Grogolan merupakan jalan kabupaten yang berfungsi sebagai jalan lokal primer dan menghubungkan Kelurahan Umbulmartani dengan Kelurahan Bimomartani di Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman. Tingginya kepadatan lalu lintas pada jalan tersebut menyebabkan perkerasan menerima beban kendaraan secara berulang yang berpotensi menurunkan kinerja struktur jalan. Dengan demikian, diperlukan evaluasi kondisi perkerasan serta analisis umur pelayanan untuk mengetahui kemampuan struktur dalam menahan beban lalu lintas. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kondisi dan tingkat kerusakan perkerasan menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI), menganalisis respons tegangan dan regangan dengan pendekatan mekanistik-empirik melalui program KENPAVE, serta memprediksi umur pelayanan perkerasan sebelum terjadi kerusakan struktural.

Penelitian dilakukan pada Jalan Grogolan sepanjang 1 km pada Sta. 1+600–2+600 dengan menggunakan data primer berupa survei kondisi kerusakan perkerasan dan data sekunder yang meliputi lalu lintas harian rata-rata (LHR), dan tebal struktur perkerasan dari Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan, dan Kawasan Permukiman (DPUPKP) Kabupaten Sleman.

Hasil penelitian menunjukkan nilai PCI sebesar 48,19 yang termasuk kategori *poor*. Analisis KENPAVE menghasilkan nilai regangan untuk *fatigue cracking* sebesar 0,0006163 dengan kapasitas beban gandar maksimum 3.704.565 ESAL, *rutting* sebesar 0,0003734 dengan kapasitas beban gandar maksimum 3.030.458 ESAL, dan *permanent deformation* sebesar 0,0003715 dengan kapasitas beban gandar maksimum 3.100.466 ESAL. Prediksi umur pelayanan menunjukkan ketahanan perkerasan selama 7 tahun terhadap *fatigue cracking*, 6 tahun terhadap *rutting*, dan 6 tahun terhadap *permanent deformation*. Dengan demikian, tahun perkiraan terjadinya kerusakan menunjukkan bahwa *rutting* dan *permanent deformation* mencapai batas kerusakan pada tahun ke 6, sedangkan *fatigue cracking* pada tahun ke 7.

Kata Kunci: KENPAVE, Kerusakan Jalan, Mekanistik-Empirik, PCI.

ABSTRACT

Grogolan Road is a regency road that serves as a primary local road and connects Umbulmartani Village with Bimomartani Village in Ngemplak District, Sleman Regency. The high traffic density on this road causes the pavement to be subjected to repeated vehicle loads, which has the potential to degrade the road structure's performance. Therefore, an evaluation of the pavement condition and a service life analysis are needed to determine the structure's ability to withstand traffic loads. This study aims to evaluate the condition and damage level of the pavement using the Pavement Condition Index (PCI) method, analyze stress-strain responses using a mechanistic-empirical approach via the KENPAVE program, and predict the service life of the pavement before structural damage occurs.

The study was conducted on a 1 km section of Grogolan Road at Station 1+600–2+600 using primary data from a pavement damage condition survey and secondary data, including average daily traffic (ADT) and pavement structure thickness, provided by the Sleman Regency Department of Public Works, Housing, and Settlement Areas (DPUPKP).

The research results show a PCI value of 48.19, which falls into the "poor" category. The KENPAVE analysis yielded a strain value for fatigue cracking of 0.0006163 with a maximum axle load capacity of 3.704.565 ESAL, a rutting value of 0.0003734 with a maximum axle load capacity of 3.030.458 ESAL, and a permanent deformation value of 0.0003715 with a maximum axle load capacity of 3.100.466 ESAL. Service life predictions indicate that the pavement will withstand fatigue cracking for 7 years, rutting for 6 years, and permanent deformation for 6 year. hus, the projected year of failure indicates that rutting and permanent deformation reach their failure limits in the 6th year, while fatigue cracking occurs in the 7th year.

***Keywords**: KENPAVE, PCI, Mechanistic-Empirical, Road Damage.*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan raya merupakan salah satu infrastruktur transportasi utama yang memainkan peran vital dalam mendukung aktivitas sosial, ekonomi, dan mobilitas masyarakat. Kondisi permukaan jalan yang baik sangat mempengaruhi kelancaran arus lalu lintas, efisiensi biaya transportasi, dan keselamatan pengguna jalan. Sebaliknya, kerusakan permukaan jalan dapat menyebabkan penurunan kenyamanan berkendara, peningkatan waktu perjalanan, dan peningkatan biaya operasional kendaraan serta pemeliharaan jalan. Kerusakan jalan di Indonesia hingga saat ini masih menjadi permasalahan yang umum dan berdampak terhadap kelancaran sistem transportasi nasional. Secara umum, hal ini disebabkan oleh peningkatan volume lalu lintas, terutama dari kendaraan berat, serta faktor lingkungan seperti curah hujan tinggi, sistem drainase yang tidak efektif, dan penurunan kualitas material permukaan jalan. Oleh sebab itu, diperlukan evaluasi kondisi perkerasan jalan secara menyeluruh dan akurat guna menentukan langkah perbaikan serta strategi pemeliharaan yang tepat sasaran.

Peraturan Daerah Kabupaten Sleman Nomor 13 Tahun 2021 Tentang Rencana Tata Ruang wilayah menyatakan Jalan Grogolan Ngemplak merupakan jalan lokal primer dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang cukup tinggi. Jalan tersebut berstatus sebagai jalan kabupaten yang menghubungkan wilayah Kelurahan/Desa Umbulmartani dan Bimomartani yang berada di Kecamatan Ngemplak. Meskipun Jalan Grogolan Ngemplak diklasifikasikan sebagai jalan lokal primer, namun perannya dalam sistem transportasi Kabupaten Sleman cukup strategis. Jalan ini melayani pergerakan lokal sekaligus berfungsi sebagai jalur pengumpan yang menghubungkan kawasan permukiman menuju Jalan Kaliurang yang berstatus sebagai jalan provinsi. Berdasarkan uraian tersebut, volume lalu lintas yang melintas tidak hanya berasal dari aktivitas lokal, melainkan juga dari pergerakan dengan cakupan yang lebih luas. Dengan peran tersebut, Jalan Grogolan Ngemplak

mendukung aktivitas sosial, ekonomi, dan mobilitas masyarakat lokal. Menurut data lalu lintas harian rerata (LHR) tahun 2025 dari Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan, dan Kawasan Permukiman (DPUPKP) Kabupaten Sleman, jalan tersebut mayoritas dilalui oleh kendaraan sepeda motor, minibus, dan kendaraan besar bermuatan. Jalan Grogolan Ngemplak memiliki panjang sekitar 4 km dan lebar 5 m. Selain dilalui kendaraan pribadi, Jalan Grogolan Ngemplak juga menjadi salah satu akses kendaraan berat pengangkut material dari Gunung Merapi menuju ke daerah Klaten dan sekitarnya. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, berbagai bentuk kerusakan ditemukan pada permukaan jalan, baik dengan tingkat keparahan ringan maupun berat, yang berpotensi mengganggu kelancaran transportasi. Beberapa jenis kerusakan yang dijumpai antara lain kerusakan tepi jalan *(edge cracking)* di Sta. 1+800, dan kerusakan lubang *(potholes)* di Sta. 2+000 sebagaimana terlihat pada Gambar 1.1 dan Gambar 1.2 berikut ini.



Gambar 1. 1 Kerusakan Tepi Jalan *(Edge Cracking)* Sta. 1+800



Gambar 1. 2 Kerusakan Lubang *(Potholes)* Sta. 2+000

Secara visual, kerusakan-kerusakan ini menunjukkan penurunan kemampuan lapisan perkerasan jalan dalam menahan beban lalu lintas. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi kondisi perkerasan secara menyeluruh. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Pavement Condition Index* (PCI). Metode *Pavement Condition Index* (PCI) merupakan sistem penilaian kondisi perkerasan jalan yang dilakukan melalui pengamatan langsung di lapangan terhadap jenis kerusakan, tingkat tingkat keparahan, serta luas area yang terdampak. Metode PCI dikembangkan oleh *U.S. Army Corps of Engineers* dan telah banyak diterapkan dalam sistem manajemen perkerasan di berbagai negara, termasuk Indonesia. Keunggulan utama metode ini adalah kemampuannya memberikan gambaran kondisi fungsional jalan secara cepat, mudah dipahami, serta efisien dalam hal waktu dan biaya pelaksanaan survei (Kore dan Djahamouw, 2025). Akan tetapi, metode PCI hanya fokus pada aspek fungsional permukaan jalan tanpa memperhitungkan kapasitas struktural lapisan bawahnya. Berdasarkan uraian tersebut, pendekatan mekanistik-empirik diperlukan untuk menganalisis respons struktural lapisan perkerasan terhadap pembebanan lalu lintas.

Sebagai pendukung analisis ini, salah satu program perangkat lunak yang paling banyak digunakan untuk analisis tersebut adalah KENPAVE, yang dikembangkan oleh Dr. Yang H Huang, P.E. *Professor Emeritus of Civil Engineering University of Kentucky*. Program ini terdiri atas dua modul utama, yakni KENLAYER yang digunakan untuk menganalisis perkerasan lentur dan KENSLAB yang digunakan untuk menganalisis perkerasan kaku. Kedua modul tersebut dapat mensimulasikan perilaku struktur perkerasan berlapis berdasarkan nilai modulus elastis material, kondisi lapisan dasar, dan distribusi beban lalu lintas. Aji dan Susilo (2023) menyimpulkan bahwa penggunaan program KENPAVE mampu memprediksi berbagai potensi kerusakan perkerasan seperti *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation*, serta mengetahui prediksi umur layanan perkerasan jalan.

Pada Jalan Grogolan Ngemplak dipilih sebagai lokasi penelitian untuk mengevaluasi kondisi perkerasannya menggunakan metode PCI untuk membandingkan kondisi aktual dengan tingkat pelayanan jalan yang seharusnya. Selanjutnya, dilakukan analisis lanjutan menggunakan pendekatan mekanistik-empiris dengan program KENPAVE untuk memperkirakan umur layanan perkerasan berdasarkan kondisi strukturalnya. Melalui penelitian ini, diharapkan menghasilkan hasil evaluasi yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pemeliharaan dan peningkatan kualitas infrastruktur jalan, sehingga memastikan keberlanjutan optimal fungsi jalan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang, penelitian ini memiliki rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kondisi dan tingkat kerusakan perkerasan pada Jalan Grogolan Ngemplak berdasarkan pendekatan *Pavement Condition Index* (PCI)?
2. Bagaimana karakteristik respon tegangan dan regangan pada lapisan perkerasan Jalan Grogolan Ngemplak akibat beban lalu lintas berdasarkan analisis mekanistik-empirik dengan KENPAVE?
3. Berapa umur atau masa pelayanan jalan yang dapat diprediksi sebelum terjadinya kerusakan jalan pada Jalan Grogolan Ngemplak?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Mengetahui kondisi serta tingkat kerusakan perkerasan pada Jalan Grogolan Ngemplak melalui penerapan metode *Pavement Condition Index* (PCI).
2. Menganalisis respon tegangan dan regangan yang terjadi pada lapisan perkerasan akibat beban lalu lintas dengan menggunakan pendekatan mekanistik-empirik melalui KENPAVE.
3. Memperkirakan umur pelayanan perkerasan jalan sebelum terjadi kerusakan struktural pada Jalan Grogolan Ngemplak.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diharapkan dapat diperoleh adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi mengenai kondisi aktual serta tingkat kerusakan perkerasan pada Jalan Grogolan Ngemplak, yang dapat dijadikan dasar dalam menentukan prioritas penanganan maupun pemeliharaan jalan.
2. Memberikan referensi dan pertimbangan bagi instansi terkait sebagai acuan dalam pengambilan keputusan mengenai pengelolaan serta pemeliharaan infrastruktur jalan.
3. Dapat digunakan sebagai referensi bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Lokasi penelitian dilaksanakan pada Jalan Grogolan Ngemplak (Sta. 1+600 – 2+600) dengan panjang total 1 km.
2. Metode yang diterapkan dalam penelitian meliputi kondisi kerusakan jalan dengan pendekatan *Pavement Condition Index* (PCI), pembagian ruas jalan menjadi 20 segmen, di mana setiap segmen memiliki panjang 100 meter.
3. Analisis struktural perkerasan menggunakan program KENPAVE untuk mendapatkan nilai tegangan dan regangan.
4. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer yang dikumpulkan melalui survei lapangan dan pengumpulan data sekunder yang

berasal dari Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Kawasan Permukiman Kabupaten Sleman.

5. Penelitian ini difokuskan pada kondisi lapisan permukaan perkerasan jalan.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metode *Pavement Condition Index* (PCI)

Metode *Pavement Condition Index* (PCI) secara luas digunakan dalam menilai kondisi perkerasan lentur, karena metode ini memberikan hasil penilaian kuantitatif mengenai tingkat kerusakan permukaan jalan yang diperoleh melalui survei visual di lapangan. Pendekatan yang digunakan dalam metode ini bersifat objektif, dengan mempertimbangkan jenis, tingkat keparahan, serta luas kerusakan pada setiap unit segmen jalan. Nilai PCI berkisar antara 0 hingga 100, yang menunjukkan kondisi permukaan jalan mulai dari gagal (*failed*) hingga sangat baik (*excellent*).

Kore dan Djahamouw (2025) melakukan penelitian dengan judul "Analisis Kondisi Jalan dengan Metode PCI *(Pavement Condition Index)* (Studi Kasus: Ruas Jalan di Kota Kupang". Penelitian ini fokus pada delapan jalan utama, termasuk Jalan Siliwangi, Jalan Garuda, Jalan Sumatera, dan Jalan H.R. Koroh. Penilaian kondisi dilakukan dengan mengidentifikasi berbagai jenis kerusakan, termasuk lubang jalan, retak memanjang dan melintang, retak kulit buaya, serta pelepasan agregat. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh nilai PCI tertinggi sebesar 89 dan terendah 19,4, dengan nilai rata-rata sebesar 59,1 yang menunjukkan bahwa kondisi jalan secara umum berada pada kategori sedang *(fair)*. Peneliti menyarankan tindakan perbaikan berupa penambalan lubang, pelapisan ulang *(overlay),* serta pelaksanaan pemeliharaan rutin untuk menjaga kualitas perkerasan jalan.

Penelitian selanjutnya oleh Fitriana dan Widayanti (2025) yang berjudul "Identifikasi Kerusakan Jalan Menggunakan Metode PCI *(Pavement Condition Index)* Beserta Penanganannya pada Ruas Jalan Cangkir–Mastrip Provinsi Jawa Timur". Tujuan utama peneliti ini adalah menilai tingkat kerusakan perkerasan jalan serta menentukan jenis perawatan yang sesuai berdasarkan nilai *Pavement Condition Index* (PCI). Melalui survei lapangan dan perhitungan PCI pada segmen sepanjang 8,6 km, diperoleh nilai rata-rata PCI sebesar 83,12, yang menunjukkan kondisi sangat baik *(very good)*. Rekomendasi utama dari penelitian ini adalah

penerapan metode P6 (perataan jalan) untuk segmen dengan kerusakan ringan. Studi ini membuktikan bahwa penggunaan metode *Pavement Condition Index* (PCI) efektif dalam menetapkan prioritas pemeliharaan jalan di kawasan industri dengan beban lalu lintas berat.

Penelitian yang dilakukan oleh Rahma dkk. (2025) memiliki judul "Evaluasi Kondisi Permukaan Jalan Metode *Pavement Condition Index* pada Ruas Penghubung Weleri–Sukorejo". Penelitian ini memiliki tujuan untuk menilai kondisi permukaan perkerasan dengan menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI) serta menganalisis hubungan dengan faktor keselamatan lalu lintas. Metode yang digunakan berupa survei lapangan dengan membagi ruas jalan menjadi beberapa segmen pengujian, kemudian dilakukan identifikasi terhadap jenis serta tingkat keparahan kerusakan yang terjadi. Jenis kerusakan yang terdeteksi meliputi retak kulit buaya *(alligator cracking)*, retak tepi jalan *(edge cracking)*, retak memanjang maupun melintang, serta lubang *(potholes)*. Hasil perhitungan menunjukkan nilai PCI berkisar antara 28 hingga 99 dengan rata-rata 64,5, yang mengindikasikan kondisi perkerasan berada pada kategori sedang *(fair)*. Peneliti menemukan bahwa segmen jalan dengan nilai PCI yang rendah memiliki potensi risiko keselamatan yang lebih besar akibat adanya deformasi permukaan dan lubang. Maka dari itu, peneliti menyarankan agar dilakukan pemeliharaan secara rutin dan rehabilitasi sebagian pada ruas dengan nilai PCI di bawah 40. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan perlunya mengintegrasikan hasil evaluasi PCI dengan aspek keselamatan lalu lintas untuk mendukung perencanaan pemeliharaan jalan yang lebih terpadu dan efektif.

Penelitian lain oleh Caswidi dkk. (2024) yang berjudul "Analisis Kerusakan Jalan Menggunakan Metode *Pavement Condition Index* pada Ruas Jalan Purwogondo–Teluk". Tujuan utama peneliti ini adalah mengidentifikasi jenis kerusakan yang paling sering terjadi, penentuan nilai PCI untuk masing-masing segmen jalan, serta menyusun rekomendasi penanganan berdasarkan hasil analisis kondisi perkerasan. Metode yang digunakan meliputi survei visual di lapangan terhadap setiap unit sampel jalan, kemudian dilakukan perhitungan nilai *deduct value* dan *corrected deduct value* (CDV) sesuai standar ASTM D6433-11.

Berdasarkan hasil analisis, tingkat kerusakan menunjukkan bahwa kondisi permukaan jalan terbagi menjadi beberapa kategori, yaitu *very good* 27,3%; *good* 9,1%; *fair* 27,3%; *poor* 27,3%; *very* poor 9,1%. Maka diperoleh nilai PCI rata-rata sebesar 51,1 yang termasuk dalam kategori *fair* atau sedang. Jenis kerusakan yang paling dominan meliputi retak kulit buaya *(alligator cracking)*, retak tepi jalan *(edge cracking)*, lubang *(potholes)*, serta pelapukan pada permukaan perkerasan jalan. Sebagai tindak lanjut, peneliti merekomendasikan pelaksanaan pemeliharaan berupa *selective overlay* pada segmen dengan kerusakan berat dan perbaikan tambalan untuk area dengan retak ringan. Selain itu, peneliti ini menegaskan bahwa penggunaan metode PCI dapat dijadikan acuan dalam perencanaan program pemeliharaan jalan jangka panjang yang mempertimbangkan efisiensi biaya serta prioritas teknis.

Penelitian yang dilakukan oleh Eliansyah dkk. (2024) dengan judul "Analisis Kondisi dan Umur Layanan Perkerasan Jalan Berdasarkan Metode *Pavement Condition Index* (PCI) dan Metode Mekanistik-Empirik". Tujuan penelitian ini untuk menemukan berbagai macam kerusakan pada permukaan jalan serta mengevaluasi kondisinya melalui metode *Pavement Condition Index* (PCI). Penelitian tersebut dilakukan di wilayah Kecamatan Ciampea, Kabupaten Bogor, dengan fokus utama pada Jalan Kampung Gedong–Lapangan Tembak. Jalan ini berperan sebagai kolektor sekunder dan sangat penting dalam mendukung kegiatan ekonomi penduduk setempat. Latar belakang penelitian ini muncul dari frekuensi tinggi kerusakan di ruas jalan tersebut, yang mengganggu aliran transportasi dan menimbulkan risiko kecelakaan yang lebih besar. Pengumpulan data dilakukan melalui survei lapangan untuk menentukan tipe kerusakan, tingkat keparahannya, dan luasnya pada setiap segmen. Data tambahan diperoleh dari sumber yang disediakan oleh Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang Kabupaten Bogor. Analisis melibatkan perhitungan total *severity*, *density*, *deduct value*, serta *corrected deduct value* untuk masing-masing segmen jalan. Hasil pengamatan mengungkapkan tiga jenis kerusakan utama di ruas jalan yang disurvei, yakni retak kulit buaya *(alligator cracking)*, lubang *(potholes)*, dan pelepasan butir *(raveling)*. Nilai PCI di setiap segmen berbeda-beda, dengan nilai maksimal 84 yang masuk kategori *very good*,

dan nilai minimal 2 yang termasuk kategori *failed*. Hal ini menunjukkan bahwa beberapa bagian jalan sudah rusak berat dan butuh perbaikan mendesak. Dari perhitungan yang dilakukan, kondisi jalan di segmen pertama sampai ketiga berada dalam kategori *very good* hingga *fair*, sedangkan segmen keempat dan kelima diklasifikasikan sebagai *poor* dan *failed*.

2.2 Analisis Kondisi Perkerasan dengan Metode Mekanistik-Empirik

Penelitian yang dilakukan oleh Aji dan Susilo (2023) dengan judul "Evaluasi Tebal Perkerasan Menggunakan Program *Software* KENPAVE". Penelitian ini mengevaluasi ketebalan perkerasan di ruas Jalan Dekso–Tempel, Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan menerapkan program KENPAVE untuk menganalisis respons mekanistik seperti tegangan, regangan, dan lendutan yang disebabkan oleh beban lalu lintas. Tujuan utama penelitian ini adalah mengidentifikasi risiko kerusakan berupa *fatigue cracking, rutting,* dan *permanent deformation*, serta menentukan ketebalan perkerasan baru dan lapisan tambah *(overlay)* yang paling optimal berdasarkan Bina Marga 2017. Dari hasil analisis, struktur perkerasan yang ada dengan model elastik masih dapat menahan beban terhadap *fatigue cracking*, tetapi tidak mampu menangani *rutting* dan *permanent deformation* selama umur rencana yang direncanakan. Adapun desain baru yang memanfaatkan pemodelan viskoelastik menghasilkan susunan lapisan perkerasan terdiri dari AC-WC sebesar 4 cm, AC-BC 6 cm, AC-*Base* 10 cm, CTB 15 cm, dan Lapis Pondasi Kelas A 15 cm, yang terbukti dapat memperpanjang masa layan terhadap beban lalu lintas. Di sisi lain, opsi perbaikan dengan *overlay* tebal 5,5 cm menunjukkan peningkatan ketahanan terhadap *fatigue cracking*, namun tetap rentan terhadap *rutting* dan *permanent deformation*, dengan masa pelayanan yang lebih singkat dibandingkan desain baru. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa kombinasi pendekatan mekanistik-empirik dan pedoman Bina Marga 2017 efektif untuk menentukan solusi rekonstruksi perkerasan yang optimal.

Penelitian yang dilakukan oleh Cahyono dkk. (2022) memiliki judul "Analisis Sisa Masa Layan Perkerasan Lentur Berdasarkan Prediksi Kerusakan dengan Metode MEPDG dan Prediksi Nilai Kondisi Perkerasan". Penelitian ini bertujuan menganalisis sisa umur layan *(Remaining Service Life/RSL)* perkerasan

lentur dengan pendekatan *Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide* (MEPDG), serta memperkirakan kondisi perkerasan berdasarkan nilai PCI. Lokasi studi meliputi tiga ruas jalan di Daerah Istimewa Yogyakarta, yakni Milir–Sentolo, Pakem–Prambanan, dan Arteri Utara–Barat. Tujuan utamanya adalah memprediksi RSL melalui proyeksi jenis kerusakan seperti *rutting*, *alligator cracking*, dan *longitudinal cracking*. Analisis respon struktural perkerasan dilakukan menggunakan program KENPAVE, dengan nilai modulus elastisitas diperoleh dari *backcalculation* hasil pengukuran alat FWD. Temuan analisis menunjukkan bahwa ruas Pakem–Prambanan memiliki masa layan tersisa terpanjang, yakni lebih dari 14 tahun berdasarkan prediksi kerusakan dan sekitar 7 tahun menurut nilai PCI, hal ini disebabkan oleh volume lalu lintas yang relatif rendah. Berdasarkan hasil tersebut, penelitian merekomendasikan pemeliharaan preventif untuk ruas Pakem–Prambanan, serta rehabilitasi struktural pada ruas lainnya yang memiliki RSL lebih pendek. Kesimpulan penelitian menyatakan bahwa penggunaan kombinasi metode MEPDG dan program KENPAVE efektif untuk menentukan waktu yang tepat dalam melaksanakan pemeliharaan atau rehabilitasi perkerasan jalan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Irvan (2025) memiliki judul "Evaluasi Kondisi Perkerasan Metode dan Prediksi Nilai Sisa pada Jalan Hertasning-Jalan Yasin Limpo Kota Makassar". Tujuan penelitian ini adalah untuk menilai tingkat kerusakan jalan, menentukan ketebalan perkerasan baru, serta merumuskan kebutuhan *overlay* yang sesuai dengan kondisi aktual di lapangan dengan menerapkan metode PCI dan analisis mekanistik-empirik menggunakan KENPAVE. Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi perkerasan pada jalan tersebut dikategorikan *fair*, dengan nilai PCI tertinggi mencapai 77 yang termasuk dalam kategori *excellent*, dan nilai terendah 22 yang masuk kategori *very poor*. Jenis kerusakan yang paling dominan ditemukan berupa retak kulit buaya sebesar 16,23%, serta tambalan sebesar 13,90% dari total luas permukaan jalan yang diamati. Hasil analisis mengindikasikan bahwa pembangunan perkerasan baru diperlukan, karena perbaikan *overlay* pada struktur perkerasan eksisting tidak mampu menahan beban rencana sesuai umur layan yang diharapkan. Evaluasi kondisi perkerasan beserta prediksi umur sisa dilakukan berdasarkan MDPJ 2017

pada ruas Jalan Hertasning–Yasin Limpo di Kota Makassar, dengan konfigurasi lapisan terdiri atas AC-WC setebal 4 cm, AC-BC 6 cm, AC-*Base* 8 cm, Lapis Pondasi Kelas A 30 cm, dan Lapis Pondasi Tambahan Kelas S 20 cm. Pemodelan menggunakan program KENPAVE untuk analisis *overlay* di ruas yang sama memperlihatkan hasil regangan akibat *fatigue cracking* sebesar 0,0001992 dengan 1.441.176 ESAL, *rutting* sebesar 0,0002674 dengan 12.756.196 ESAL, dan *permanent deformation* sebesar 0,0005486 dengan 531.640 ESAL, yang menandakan terjadinya kegagalan berupa deformasi permanen pada tahun kedua. Selanjutnya, hasil prediksi umur sisa menggunakan MDPJ 2017 menunjukkan bahwa rencana tebal perkerasan baru memerlukan lapis tambahan, karena daya dukung tanah dasar kurang dari 6%. Dalam periode umur rencana 20 tahun, perkerasan ini masih mampu menahan beban lalu lintas tanpa mengalami kerusakan, sebab nilai repetisi beban aktual lebih besar daripada nilai LHR rencana (Nr). Namun demikian, kerusakan berupa *rutting* dan *permanent deformation* tetap muncul baik pada perkerasan yang diberi *overlay* maupun perkerasan baru, disebabkan oleh nilai CBR tanah dasar yang rendah, yaitu hanya 3,98%, sehingga tidak mampu menahan beban lalu lintas secara optimal.

Penelitian yang dilakukan oleh Panjago dan Hadi (2024) dengan judul "Evaluasi Kerusakan Jalan dan Kinerja Jalan Menggunakan Program KENPAVE dengan Permodelan Elastik dan Viskoelastik pada Ruas Jalan Klangon Tempel Yogyakarta". Tujuan utama penelitian ini adalah menelusuri hubungan antara respons struktural perkerasan terhadap beban lalu lintas dengan tingkat akumulasi kerusakan, khususnya pada kerusakan *fatigue cracking* dan retak alur *rutting*. Data yang digunakan mencakup ketebalan setiap lapisan perkerasan, nilai modulus elastisitas material, serta parameter lalu lintas harian rata-rata. Tahapan analisis dilakukan melalui pemodelan struktur perkerasan berlapis dan perhitungan jumlah repetisi beban maksimum yang dapat diterima oleh masing-masing jenis kerusakan. Berdasarkan hasil analisis, diketahui bahwa struktur perkerasan yang ada saat ini tidak mampu menahan beban lalu lintas selama masa rencana 10 tahun. Urutan jenis kerusakan yang muncul dimulai dari *permanent deformation*, *rutting*, dan *fatigue cracking*. Pada simulasi menggunakan model elastik, umur layan terhadap *fatigue*

cracking mencapai 25 tahun, sedangkan pada model viskoelastik hanya 20 tahun, yang menunjukkan bahwa model elastik memiliki ketahanan lebih lama. Berdasarkan temuan tersebut, dilakukan perancangan dua alternatif desain perkerasan baru dengan mengacu pada MDPJ 2017. Alternatif pertama dirancang dengan lapis pondasi berbutir, sedangkan alternatif kedua menggunakan lapisan CTB. Hasil analisis menunjukkan bahwa kedua desain alternatif tersebut mampu menahan beban lalu lintas selama 20 tahun masa rencana, dengan pola kerusakan yang serupa dengan kondisi eksisting, yakni *permanent deformation* sebagai kerusakan awal. Selain itu, hasil evaluasi memperlihatkan bahwa model elastik memberikan umur rencana yang lebih panjang serta menghasilkan nilai tegangan yang lebih kecil dibandingkan model viskoelastik. Kesimpulan penelitian menegaskan bahwa pendekatan mekanistik-empirik dengan bantuan program KENPAVE terbukti efektif untuk menilai kinerja serta umur pelayanan perkerasan jalan. Program ini mampu menghitung tegangan dan regangan secara presisi, sehingga dapat memprediksi jenis serta urutan kerusakan yang mungkin terjadi selama masa rencana. Selain itu, pendekatan ini dinilai memberikan hasil yang lebih realistis dalam memperkirakan ketahanan struktur perkerasan terhadap beban berulang. Oleh sebab itu, hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar dalam perancangan ulang *(redesign)* maupun dalam penyusunan strategi pemeliharaan jalan yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Penelitian oleh Lia dan Mahardi (2022) memiliki judul “Evaluasi Kinerja Struktur Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Aplikasi KENPAVE”. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengukur kapasitas struktur perkerasan dalam menahan beban lalu lintas selama umur rencana, serta untuk membandingkan hasil desain dari tiga pendekatan empiris, yaitu AASHTO (1993), Analisa Komponen, dan Bina Marga 2017. Proses analisis melibatkan perhitungan ketebalan lapisan perkerasan berdasarkan ketiga metode tersebut, kemudian mengevaluasi potensi kerusakan *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation* berdasarkan nilai repetisi beban dari *Asphalt Institute* melalui KENPAVE. Penelitian ini menunjukkan bahwa total ketebalan perkerasan dari metode AASHTO (1993) adalah 45 cm, Analisa Komponen 60 cm, dan Bina Marga 2017 mencapai 61 cm.

Dari simulasi, metode AASHTO (1993) dan Bina Marga 2017 menunjukkan tanda-tanda retak kelelahan selama masa pakai yang direncanakan, sedangkan Analisa Komponen tidak mengalami kerusakan itu. Mengenai *rutting*, baik AASHTO (1993) maupun Analisa Komponen masih memenuhi standar yang ditentukan, sementara Bina Marga 2017 menunjukkan risiko kerusakan. Tidak ada deformasi permanen pada ketiga metode, yang menandakan struktur perkerasan cukup tangguh menghadapi tekanan vertikal dari beban lalu lintas. Secara umum, penelitian ini menyimpulkan bahwa metode mekanistik-empirik dengan program KENPAVE dapat memberikan evaluasi performa perkerasan yang lebih akurat dibandingkan metode empiris tradisional. Pendekatan ini juga mampu memperkirakan urutan dan jenis kerusakan potensial selama masa layanan jalan, serta berfungsi sebagai landasan untuk merumuskan strategi pemeliharaan dan rehabilitasi yang efektif. Dengan demikian, metode ini pantas dijadikan pedoman teknis dalam perencanaan perkerasan untuk memperpanjang masa layanan jalan, khususnya di ruas dengan volume lalu lintas tinggi.

Penelitian oleh Al'Ashar dan Chasanah (2025) memiliki judul "Evaluasi kondisi perkerasan pada Jalan Klangon-Tempel menggunakan metode PCI dan mekanistik-empirik dengan program KENPAVE". Penelitian ini memadukan metode PCI dan mekanistik-empirik menggunakan program KENPAVE dengan hasil nilai PCI rata-rata sebesar 37,85 yang termasuk kategori *very poor.* Kerusakan paling dominan adalah retak kulit buaya dan retak alur, yang menunjukkan bahwa kinerja fungsional perkerasan telah mengalami penurunan signifikan dan memerlukan penanganan struktural. Hasil analisis KENPAVE menunjukkan bahwa struktur perkerasan eksisting hanya mampu menahan beban sebesar 8.241.170 ESAL terhadap *fatigue cracking*, 119.424 ESAL terhadap *rutting*, dan 31.432 ESAL terhadap *permanent deformation*. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa perkerasan tidak lagi mampu memenpuhi beban lalu lintas rencana. Oleh karena itu, direkomendasikan perbaikan *overlay* setebal 8 cm sesuai dengan MDPJ 2017. Setelah penerapan *overlay*, hasil KENPAVE memperlihatkan peningkatan kinerja struktural yang signifikan, dengan kemampuan menahan hingga 75.601.309 ESAL untuk *fatigue cracking*, 4.164.857 ESAL terhadap *rutting*, dan 8.061.443 ESAL

terhadap *permanent deformation*. Selain itu, umur layanan perkerasan diperkirakan dapat bertahan hingga tahun 2035. Temuan ini menegaskan bahwa kombinasi metode PCI dan mekanistik-empirik efektif dalam memberikan gambaran mengenai kondisi fungsional dan struktural perkerasan sebagai dasar penentuan strategi pemeliharaan jalan yang tepat.

2.3 Perbedaan Penelitian Terdahulu

Perbedaan antara penelitian ini dan penelitian sebelumnya terletak pada metode penelitian, lokasi penelitian, serta hasil yang diperoleh. Lokasi penelitian ini berada pada Jalan Grogolan, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Dalam pelaksanaannya, penelitian ini menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI) untuk menilai tingkat kerusakan perkerasan, serta metode mekanistik-empirik dengan bantuan program KENPAVE untuk memperkirakan umur layanan perkerasan. Rekapitulasi perbedaan antara penelitian ini dan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Menggunakan Metode *Pavement Condition Index* (PCI)

Peneliti	**Kore dan Djahamouw (2025)**	**Fitriana dan Widayanti (2025)**	**Rahma dkk. (2025)**	**Caswidi dkk. (2024)**	**Eliansyah dkk. (2024)**	**Raziq (2026)**
Judul Penelitian	Analisis Kondisi Jalan dengan Metode PCI *(Pavement Condition Index)* (Studi Kasus: Ruas Jalan di Kota Kupang)	Identifikasi Kerusakan Jalan Menggunakan Metode *Pavement Condition Index* (PCI) Beserta Penanganannya pada Ruas Jalan Cangkir-Mastrip Provinsi Jawa Timur	Evaluasi Kondisi Permukaan Jalan Metode *Pavement Condition Index* dalam Meningkatkan Keselamatan pada Ruas Penghubung Weleri-Sukorejo	Analisis Kerusakan Jalan Menggunakan Metode *Pavement Condition Index* pada Ruas Jalan Purwogondo-Teluk	Analisis Kerusakan Perkerasan Jalan Menggunakan Metode *Pavement Condition Index* (PCI) di Kecamatan Ciampea	Evaluasi Kondisi Perkerasan Jalan Grogolan Ngemplak Berdasarkan PCI dan Analisis Mekanistik-Empirik
Metode Penelitian	PCI	PCI	PCI dan Inspeksi Keselamatan	PCI	PCI	Empirik (PCI) dan Mekanistik-Empirik dengan program KENPAVE
Lokasi Penelitian	Beberapa Ruas Jalan di Kota Kupang	Ruas Jalan Cangkir-Mastrip, Jawa Timur	Ruas Jalan Weleri-Sukorejo, Kabupaten Kendal, Jawa Tengah	Ruas Jalan Purwogondo-Teluk, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah	Jalan Kampung Gedong, Kecamatan Ciampea, Bogor	Jalan Grogolan Ngemplak, Yogyakarta

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Menggunakan Metode *Pavement Condition Index* (PCI)

Peneliti	**Kore dan Djahamouw (2025)**	**Fitriana dan Widayanti (2025)**	**Rahma dkk. (2025)**	**Caswidi dkk. (2024)**	**Eliansyah dkk. (2024)**	**Raziq (2026)**
Hasil Penelitian	Hasil evaluasi menggunakan PCI melalui identifikasi kerusakan seperti lubang, retak kulit buaya, retak memanjang, dan pelepasan butiran. Nilai PCI tertinggi 89, terendah 19,4 dan rata-rata 59,1 dengan kategori sedang *(fair)*. Direkomendasikan *patching*, *overlay*, dan pemeliharaan rutin.	Hasil analisis menunjukkan kerusakan berupa lubang dan retak memanjang. Nilai PCI rata-rata sebesar 83,12 dengan kondisi sangat baik *(very good)*. Penanganan disarankan dengan perataan permukaan dan *overlay* tipis untuk kerusakan sedang.	Analisis yang dilakukan memperlihatkan bahwa nilai PCI berkisar 28-99 denga rata-rata 64,5 *(fair)*. Segmen dengan nilai <40 memiliki kerusakan lubang dan pelepasan butir, sementara pada segmen dengan nilai >80 memiliki kategori baik *(good)*. Disarankan rehabilitas struktural dan pemeliharaan rutin.	Nilai PCI pada penelitian ini menghasilkan nilai rata-rata 51,1 *(fair)*. Kerusakan meliputi retak kulit buaya, retak samping, lubang, dan pelepasan butiran. Solusi yang disarankan adalah pemeliharaan rutin, dan peningkatan drainase.	Hasil analisis menunjukkan kerusakan seperti retak kulit buaya, pelepasan butiran, dan lubang jalan. Hasil PCI pada segmen 1 dan 3 memiliki kondisi *very good*, segmen 2 kondisi *good*, dan segmen 4 dan 5 kondisi *poor*. Tindakan yang dibutuhkan meliputi pemeliharaan rutin setiap tahun.	Hasil penelitian menunjukkan nilai PCI sebesar 48,19 (*poor*) dengan kerusakan dominan berupa retak kulit buaya, retak samping, dan tambalan, sedangkan analisis KENPAVE memprediksi umur pelayanan 7 tahun untuk *fatigue cracking*, 6 tahun untuk *rutting*, dan 6 tahun untuk *permanent deformation*.

Tabel 2. 2 Perbandingan Penelitian Terdahulu Menggunakan Metode Mekanistik-Empirik

Peneliti	Aji dan Susilo (2023)	Cahyono dkk. (2022)	Irvan (2025)	Panjago dan Hadi (2024)	Lia dan Mahardi (2022)	Al'Ashar dan Chasanah (2025)	Raziq (2026)
Judul Penelitian	Evaluasi Tebal Perkerasan Jalan Menggunakan Program *Software* KENPAVE	Analisis Sisa Masa Layan Perkerasan Lentur Berdasarkan Prediksi Kerusakan dengan Metode MEPDG dan Prediksi Nilai Kondisi Perkerasan	Evaluasi Kondisi Perkerasan Metode dan Prediksi Nilai Sisa pada Jalan Hertasning-Jalan Yasin Limpo Kota Makassar	Evaluasi Kerusakan Jalan dan Kinerja Jalan Menggunakan Program KENPAVE dengan Permodelan Elastik dan Viskoelastik pada Ruas Jalan Klangon Tempel Yogyakarta	Evaluasi Kinerja Struktur Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Aplikasi KENPAVE	Evaluasi kondisi perkerasan pada Jalan Klangon-Tempel menggunakan metode PCI dan metode mekanistik-empirik dengan program KENPAVE	Evaluasi Kondisi Perkerasan Jalan Grogolan Ngemplak Berdasarkan PCI dan Analisis Mekanistik-Empirik
Metode Penelitian	Mekanistik-Empirik dengan program KENPAVE dan desain/*overlay* Bina Marga 2017	*Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide*, PCI, dan respon perkerasan dengan program KENPAVE	PCI, Mekanistik-Empirik program KENPAVE, Bina Marga 2017	Bina Marga 2017, Mekanistik-Empirik KENPAVE dengan pemodelan elastik dan viskoelastik	AASHTO 1993, Analisis Komponen, Bina Marga 2017, dan KENPAVE dengan pemodelan elastik	PCI dan Mekanistik-Empirik dengan program KENPAVE	Empirik (PCI) dan Mekanistik-Empirik dengan program KENPAVE
Lokasi Penelitian	Ruas Jalan Dekso-Tempel, Kabupaten Sleman, Yogyakarta	Ruas Jalan Milir-Sentolo, Pakem-Prambanan, dan Arteri Utara-Barat, Yogyakarta	Jalan Hertasning dan Jalan Yasin Limpo, Kota Makassar	Ruas Jalan Klangon-Tempel, Yogyakarta	Jalan Lintas Selatan Lot 6 Tulungagung	Jalan Klangon-Tempel, Yogyakarta	Jalan Grogolan Ngemplak, Yogyakarta

Lanjutan Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu Menggunakan Metode Mekanistik-Empirik

Peneliti	**Aji dan Susilo (2023)**	**Cahyono dkk. (2022)**	**Irvan (2025)**	**Panjago dan Hadi (2024)**	**Lia dan Mahardi (2022)**	**Al'Ashar dan Chasanah (2025)**	**Raziq (2026)**
Hasil Penelitian	Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur eksisting masih tahan terhadap *fatigue cracking*, namun tidak terhadap *rutting* dan *permanent deformation*. desain baru direkomendasikan dengan lapisan AC-WC 4 cm, AC-BC 6 cm, AC-*Base* 10 cm, CTB 15 cm, dan LPA Kelas A 15 cm.	Hasil simulasi KENPAVE menunjukkan nilai regangan dan lendutan terbesar terjadi di Arteri Utara-Barat, sedangkan Ruas Pakem-Prambanan Memiliki umur layan mencapai 14 tahun (kerusakan) dan 7 tahun (PCI).	Hasil analisis menunjukkan nilai PCI berkisar 22-77 dengan kondisi rata-rata fair. Hasil KENPAVE menunjukkan struktur baru dengan komposisi AC-WC 4 cm, AC-BC 6 cm, AC-*Base* 8 cm, LP Kelas A 30 cm, dan LP Tambahan 20 cm.	Hasil KENPAVE menunjukkan perkerasan eksisting tidak dapat menahan beban selama umur rencana 10 tahun. Umur *fatigue cracking* mencapai 25 tahun untuk model elastik dan 20 tahun untuk viskoelastik. Dua desain baru (lapisan berbutir dan CTB) berdasarkan Bina Marga 2017 mampu menahan beban hingga 20 tahun, dengan model elastik menghasilkan umur rencana lebih panjang.	Hasil menunjukkan total tebal lapis perkerasan AASHTO 1993 45 cm dan Bina Marga 2017 61 cm mengalami *fatigue cracking* selama umur rencana, sementara total tebal perkerasan Analisa Komponen 60 cm tidak mengalami *fatigue cracking* selama umur rencana. Kerusakan *rutting* hanya muncul pada metode Bina Marga 2017.	Hasil PCI menunjukkan nilai rata-rata 37,85 dengan kategori *very poor*, dengan jenis kerusakan retak kulit buaya dan retak alur. Sedangkan, analisis KENPAVE menunjukkan bahwa struktur perkerasan eksisting tidak mampu menahan beban lalu lintas rencana. Penerapan *overlay* setebal 8 cm terbukti meningkatkan kinerja struktural dan memperpanjang umur pelayanan perkerasan hingga tahun 2035.	Hasil penelitian menunjukkan nilai PCI sebesar 48,19 (*poor*) dengan kerusakan dominan berupa retak kulit buaya, retak samping, dan tambalan, sedangkan analisis KENPAVE memprediksi umur pelayanan 7 tahun untuk *fatigue cracking*, 6 tahun untuk *rutting*, dan 6 tahun untuk *permanent deformation*.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Lentur

Perkerasan jalan dirancang untuk melindungi tanah dasar serta lapisan-lapisan perkerasan agar tidak mengalami tegangan dan regangan yang melebihi batas akibat beban lalu lintas. Menurut Sukirman (2010) dalam bukunya, jenis-jenis perkerasan jalan dapat dibedakan sesuai dengan bahan pengikat yang dipakai untuk membuat atau membentuk lapisan permukaannya. Klasifikasi pada perkerasan jalan mencakup perkerasan lentur *(flexible pavement)*, perkerasan kaku *(rigid pavement)*, dan perkerasan komposit *(composite pavement)*. Dari ketiga perkerasan jalan tersebut menggunakan bahan-bahan yang berbeda. Pada perkerasan lentur *(flexible pavement)* memanfaatkan aspal sebagai bahan pengikatnya, sementara pada perkerasan kaku *(rigid pavement)* memanfaatkan semen portland sebagai bahan pengikat. Adapun perkerasan komposit *(composite pavement)* merupakan struktur perkerasan yang tersusun dari kombinasi perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Di Indonesia perkerasan lentur *(flexible pavement)* merupakan pilihan yang paling sering digunakan untuk perkerasan jalan. Pada umumnya, perkerasan lentur atau fleksibel terbentuk dari beberapa lapisan terpenting yaitu lapisan permukaan *(surface course)*, lapisan pondasi atas *(base course)*, lapisan pondasi bawah *(sub-base course)*, dan lapisan tanah dasar *(subgrade)*. Setiap lapisan memiliki fungsi tersendiri yang akan dijelaskan sebagai berikut.

3.1.1 Lapis Permukaan *(Surface Course)*

Lapis permukaan merupakan bagian paling atas dari perkerasan lentur yang langsung bergesekan dengan kendaraan yang melintas. Lapis permukaan berfungsi sebagai penahan beban roda kendaraan selama masa pelayanan jalan, lapis kedap air yang mencegah masuknya air hujan ke lapisan bawahnya, serta sebagai penyebar beban roda kendaraan ke struktur dibawahnya. Lapis permukaan ini umumnya dibuat dengan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air, stabil, dan memiliki ketahanan yang tinggi.

3.1.2 Lapis Pondasi Atas *(Base Course)*

Lapis pondasi atas merupakan lapisan yang berada di antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah yang berfungsi untuk menahan dan menerima gaya vertikal akibat beban lalu lintas dan meneruskannya ke lapisan di bawahnya. Selain itu, lapisan ini menjadi lapis peresap untuk lapis pondasi bawah dan sebagai dasar perletakan yang stabil bagi lapis permukaan.

3.1.3 Lapis Pondasi Bawah *(Sub-base Course)*

Lapisan pondasi bawah adalah lapisan yang terletak tepat di bawah lapis pondasi atas *(base course)* yang berfungsi untuk menyebarkan distribusi beban kendaraan menuju tanah dasar *(subgrade)* dan sebagai penyaring sehingga air tidak mengumpul di pondasi serta mencegah partikel halus dari tanah dasar ke lapisan di atasnya.

3.1.4 Lapis Tanah Dasar *(Subgrade)*

Tanah dasar adalah lapisan paling bawah pada perkerasan lentur dimana bisa berupa tanah asli, tanah galian, atau tanah timbunan yang telah dipadatkan sesuai kebutuhan. Lapisan ini menjadi penopang utama pada struktur perkerasan, sehingga kualitas dan kepadatannya sangat berpengaruh terhadap kekuatan dan umur rencana atau pelayanan jalan. Tingkat kepadatan tanah menjadi aspek penting karena menentukan daya dukung tanah dasar *(subgrade)* terhadap beban lalu lintas.

3.2 Jenis-jenis Kerusakan Pada Perkerasan Lentur

Menurut ASTM-D6433-07 berbagai jenis serta tingkat kerusakan pada perkerasan lentur dapat dikategorikan sebagai berikut.

3.2.1 Retak Kulit Buaya *(Alligator Cracking)*

Retak kulit buaya merupakan pola retakan saling terhubung yang muncul akibat kelelahan pada lapisan beton aspal karena beban lalu lintas yang berulang. Seiring waktu, retakan tersebut berkembang membentuk beberapa potongan bersudut banyak yang menyerupai pola kulit buaya. Klasifikasi tingkat kerusakan pada retak kulit buaya dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3. 1 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Retak Kulit Buaya (ASTM D6433, 2008)

Tingkat Kerusakan	**Identifikasi Kerusakan**
Low	Retakan halus berbentuk garis memanjang yang sejajar satu sama lain, dengan atau tanpa keterhubungan antar retak. Retakan tidak terkelupas dari perkerasan.
Medium	Retakan mulai membentuk pola dan disertai pengelupasan ringan pada permukaan.
High	Pola retakan berkembang jelas dan menyebabkan pengelupasan pada tepi lapisan perkerasan.

3.2.2 Kegemukan *(Bleeding)*

Kegemukan adalah kondisi ketika lapisan bitumen naik ke permukaan sehingga terlihat berkilau dan lengket. Kerusakan ini disebabkan kelebihan aspal dalam campuran dan rongga udara yang terlalu kecil. Saat suhu tinggi, aspal mengisi ruang pori dan terdorong ke permukaan. Hal ini menyebabkan jalan menjadi licin. Klasifikasi tingkat kerusakan pada kegemukan atau *bleeding* dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3. 2 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Kegemukan (ASTM D6433, 2008)

Tingkat Kerusakan	**Identifikasi Kerusakan**
Low	Kegemukan muncul hanya terjadi dalam tingkat yang sangat rendah, aspal tidak lengket dan biasanya terlihat hanya beberapa hari dalam setahun.
Medium	Kegemukan terjadi ketika aspal menjadi lengket, menempel pada roda kendaraan, dan terjadi selama beberapa minggu dalam setahun.

Lanjutan Tabel 3.2 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Kegemukan (ASTM D6433, 2008)

Tingkat Kerusakan	**Identifikasi Kerusakan**
High	Kegemukan menyebar luas dan aspal yang lengket mudah menempel pada roda kendaraan. Kondisi ini berlangsung beberapa minggu dalam setahun.

3.2.3 Retak Balok *(Block Cracking)*

Retak blok adalah retakan yang membentuk blok-blok besar yang bersudut. Kerusakan ini biasanya disebabkan oleh perubahan volume campuran aspal atau penyusutan pada perkerasan. Retakan ini saling berhubungan dan menghasilkan beberapa blok berukuran cukup besar. Klasifikasi tingkat kerusakan pada retak blok dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3. 3 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Retak Balok (ASTM D6433, 2008)

Tingkat Kerusakan	**Identifikasi Kerusakan**
Low	Retak balok yang menunjukkan tingkat keparahan rendah.
Medium	Retak balok yang menunjukkan tingkat keparahan sedang.
High	Retak balok yang menunjukkan tingkat keparahan tinggi.

3.2.4 Benjol dan Turun *(Bumps and Sags)*

Benjol dan turun *(bumps and sags)* adalah deformasi berupa tonjolan kecil atau cekungan yang lebih rendah dari permukaan sekitarnya sehingga menyebabkan ketidakrataan. Kondisi ini menimbulkan ayunan dan hentakan saat kendaraaan melintasinya. Penyebab dari kerusakan ini meliputi penurunan tanah dasar, pemadatan tidak merata, serta pengembangan tanah. Area ini sering menjadi titik genangan air yang mempercepat kerusakan lain. Klasifikasi tingkat kerusakan pada benjol dan turun dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3. 4 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Benjol dan Turun (ASTM D6433, 2008)

Tingkat Kerusakan	**Identifikasi Kerusakan**
Low	Pembengkakan ringan yang hanya menimbulkan sedikit gangguan terhadap kenyamanan berkendara.
Medium	Pembengkakan cukup terasa dan mulai memengaruhi kenyamanan berkendara.
High	Pembengkakan sangat signifikan dan mengakibatkan gangguan kenyamanan serta keselamatan pengguna jalan.

3.2.5 Keriting *(Corrugation)*

Kerusakan keriting adalah deformasi berbentuk gelombang pendek melintang terhadap arah lalu lintas, menyerupai pola *washboard*. Kerusakan ini disebabkan oleh geser horizontal pada lapisan permukaan, terutama pada campuran aspal yang kurang stabil. Keriting atau *corrugation* biasanya muncul di area pengereman, tikungan, atau tanjakan. Dampaknya seperti getaran kendaraan, penurunan kenyamanan, dan pengurangan keselamatan. Klasifikasi tingkat kerusakan pada keriting dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut ini.

Tabel 3. 5 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Keriting (ASTM D6433, 2008)

Tingkat Kerusakan	**Identifikasi Kerusakan**
Low	Gelombang kecil hanya sedikit memengaruhi kenyamanan berkendara.
Medium	Gelombang lebih terasa dan menyebabkan gangguan sedang pada kenyamanan berkendara
High	Gelombang dengan tingkat keparahan tinggi yang menyebabkan gangguan kenyamanan berkendara.

3.2.6 Amblas *(Depression)*

Amblas merupakan cekungan lokal pada permukaan perkerasan yang tampak lebih rendah dibanding area sekitar dan mudah terlihat ketika tergenang air saat hujan. Penyebab utama pada kerusakan ini adalah penurunan tanah dasar, pemadatan yang kurang memadai, atau kerusakan bawah permukaan akibat infiltrasi air. Jika dibiarkan, amblas dapat berkembang menjadi retakan maupun lubang. Klasifikasi tingkat kerusakan pada amblas atau *depression* dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut ini.

Tabel 3. 6 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Amblas (ASTM D6433, 2008)

Tingkat Kerusakan	**Identifikasi Kerusakan**
Low	Kedalaman amblas berada pada kisaran 13-25 mm.
Medium	Kedalaman amblas berada pada kisaran 25-50 mm.
High	Kedalaman amblas melebihi 50 mm.

3.2.7 Retak Tepi Jalan *(Edge Cracking)*

Retak tepi jalan adalah retakan yang berkembang sejajar dengan tepi perkerasan, umumnya berada pada jarak 0,3-0,6 meter dari tepi luar pada perkerasan. Kondisi ini disebabkan oleh bahu jalan yang tidak stabil, erosi, tekanan lateral, dan infiltrasi air yang melemahkan struktur tepi. Apabila tidak segera ditangani, retakan dapat melebar menjadi retak bercabang atau berlubang. Klasifikasi tingkat kerusakan pada retak tepi jalan dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut ini.

Tabel 3. 7 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Retak Tepi Jalan (ASTM D6433, 2008)

Tingkat Kerusakan	**Identifikasi Kerusakan**
Low	Retakan dengan tingkat keparahan rendah hingga sedang, tanpa pelepasan material.

Lanjutan Tabel 3.7 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Retak Tepi Jalan (ASTM D6433, 2008)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
Medium	Retakan sedang disertai dengan pecahan kecil sepanjang tepi perkerasan.
High	Retakan berat dengan pecahan besar atau butiran lepas pada bagian tepi perkerasan.

3.2.8 Retak Sambung *(Joint Reflection Cracking)*

Retak sambung adalah retakan yang muncul pada overlay aspal di atas perkerasan beton semen dan mengikuti pola sambungan slab beton di bawahnya. Kerusakan ini bukan disebabkan beban lalu lintas, melainkan akibat pergerakan slab beton akibat perubahan suhu, kontraksi, atau fenomena pumping yang diteruskan ke lapisan *overlay*. Retakannya biasanya lurus dan mengikuti pola slab asli. Klasifikasi tingkat kerusakan pada retak sambung dapat dilihat pada Tabel 3.8 berikut ini.

Tabel 3. 8 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Retak Sambung (ASTM D6433, 2008)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
Low	Retakan tidak terisi dengan lebar < 10 mm.
Medium	Retakan tidak terisi dengan lebar berada dalam rentang 10-75 mm.
High	Retakan yang terisi atau tidak terisi dengan lebar mencapai 75-100 mm dan biasanya disertai pengelupasan atau kerusakan berat.

3.2.9 Jalur/Bahu Jalan Turun *(Lane/Shoulder Drop Off)*

Kerusakan ini terjadi ketika kondisi permukaan bahu lebih rendah dibanding permukaan perkerasan. Kerusakan ini muncul akibat penurunan atau erosi bahu jalan, serta pembangunan jalan yang tidak menyesuaikan elevasi bahu dengan

badan jalan. Klasifikasi tingkat kerusakan pada jalur/bahu jalan turun dapat dilihat pada Tabel 3.9 berikut ini.

Tabel 3. 9 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Jalur/Bahu Jalan Turun (ASTM D6433, 2008)

Tingkat Kerusakan	**Identifikasi Kerusakan**
Low	Perbedaan elevasi antara tepi perkerasan dan bahu berada pada kisaran 25-50 mm.
Medium	Perbedaan elevasi antara tepi perkerasan dan bahu berada pada kisaran 50-100 mm.
High	Perbedaan elevasi antara tepi perkerasan dan bahu melebihi 100 mm.

3.2.10 Retak Memanjang dan Melintang *(Longitudinal and Transverse Cracking)*

Longitudinal adalah jenis kerusakan berupa retakan memanjang sejajar dengan arah lalu lintas, sedangkan *transverse cracking* adalah retakan melintang tegak lurus dengan arah lalu lintas. Kedua kerusakan ini biasanya timbul akibat sambungan konstruksi yang kurang baik, penuaan atau penyusutan aspal, maupun retakan dari lapisan bawah. Tingkat kerusakan ditentukan oleh lebar, penyebaran, dan kehilangan material di sekitarnya. Klasifikasi tingkat kerusakan pada retak memanjang dan melintang dapat dilihat pada Tabel 3.10 berikut ini.

Tabel 3. 10 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Retak Memanjang dan Melintang (ASTM D6433, 2008)

Tingkat Kerusakan	**Identifikasi Kerusakan**
Low	Retakan tanpa pengisian dengan lebar <10 mm.
Medium	Retakan tanpa pengisian dengan lebar mencapai 10-75 mm.
High	Retakan tanpa pengisian dengan lebar >75 mm.

3.2.11 Tambalan *(Patching)*

Tambalan merupakan area perkerasan yang telah diperbaiki dengan menutup kerusakan sebelumnya. Tambalan tetap dikategorikan sebagai kerusakan karena umumnya menyebabkan ketidakrataan pada permukaan jalan. Klasifikasi tingkat kerusakan pada tambalan atau *patching* dapat dilihat pada Tabel 3.11 berikut ini.

Tabel 3. 11 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Tambalan (ASTM D6433, 2008)

Tingkat Kerusakan	**Identifikasi Kerusakan**
Low	Tambalan berada dalam kondisi baik dan kenyamanan berkendara tidak terganggu.
Medium	Tambalan mulai menunjukkan kerusakan tingkat sedang sedang, sehingga kenyamanan berkendara mulai terganggu.
High	Tambalan mengalami kerusakan berat, menimbulkan ketidaknyamanan, dan memerlukan tindakan perbaikan.

3.2.12 Agregat Licin *(Polished Aggregate)*

Agregat licin terjadi ketika butiran agregat pada permukaan menjadi halus akibat gesekan lalu lintas yang berulang. Kondisi ini menurunkan ketahanan terhadap selip, membuat permukaan licin terutama saat basah, dan meningkatkan risiko kecelakaan. Ciri utamanya adalah permukaan yang mengilap dan minim tekstur. Klasifikasi tingkat kerusakan pada agregat licin dapat dilihat pada Tabel 3.12 berikut ini.

Tabel 3. 12 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Agregat Licin (ASTM D6433, 2008)

Tingkat Kerusakan	**Identifikasi Kerusakan**
-	Kerusakan ini tidak memiliki klasifikasi tingkat keparahan, tetapi kelicinan permukaan harus tampak jelas pada unit sampel dan terasa halus saat disentuh.

3.2.13 Lubang *(Potholes)*

Lubang merupakan kerusakan berbentuk cekungan seperti mangkuk dengan ukuran bervariasi. Air yang masuk melalui lubang dapat merusak lapisan pondasi dan mempercepat kerusakan jalan. Kerusakan ini sangat mengganggu kenyamanan, berpotensi merusak kendaraan, dan harus segera ditangani. Klasifikasi tingkat kerusakan pada lubang dapat dilihat pada Tabel 3.13 berikut ini.

Tabel 3. 13 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Lubang (ASTM D6433, 2008)

Kedalaman Maksimum Lubang (mm)	**Diameter Rata-rata (mm)**		
	100 – 200	**200 – 450**	**450 – 750**
13 – 25	*L*	*L*	*M*
25 – 50	*L*	*M*	*H*
> 50	*M*	*M*	*H*

3.2.14 Persilangan Jalan Rel *(Railroad Crossing)*

Kerusakan pada area perlintasan rel dapat berupa penurunan, tonjolan, deformasi, atau retakan di sekitar rel. Hal ini timbul karena perbedaan kekakuan antara rel dan perkerasan aspal serta gaya dinamis kereta memicu kerusakan tersebut. Kondisi ini dapat menimbulkan ketidaknyamanan serta risiko keselamatan apabila elevasi tidak rata. Klasifikasi tingkat kerusakan pada persilangan jalan rel dapat dilihat pada Tabel 3.14 berikut ini.

Tabel 3. 14 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Persilangan Jalan Rel (ASTM D6433, 2008)

Tingkat Kerusakan	**Identifikasi Kerusakan**
Low	Kerusakan ringan hanya sedikit memengaruhi kondisi permukaan di sekitar rel.
Medium	Kerusakan sedang yang menimbulkan ketidakrataan yang cukup terasa ketika dilintasi kendaraan.

Lanjutan Tabel 3.14 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Persilangan Jalan Rel (ASTM D6433, 2008)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
High	Kerusakan berat yang menyebabkan gangguan signifikan terhadap kenyamanan kendaraan saat melintas.

3.2.15 Alur *(Rutting)*

Alur adalah deformasi yang terbentuk pada jalur roda sejajar dengan arah jalan. Kerusakan terjadi ketika lapisan perkerasan atau tanah dasar melemah akibat beban berulang pada lintasan roda. Rutting dapat berkembang bila lapisan aspal atau tanah dasar yang lemah. Klasifikasi tingkat kerusakan pada alur atau *rutting* dapat dilihat pada Tabel 3.15 berikut ini.

Tabel 3. 15 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Alur (ASTM D6433, 2008)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
Low	Kedalaman alur berada pada kisaran 6-13 mm.
Medium	Kedalaman alur berada pada kisaran 13-25 mm.
High	Kedalaman alur melebihi 25 mm.

3.2.16 Sungkur *(Shoving)*

Sungkur *(Shoving)* adalah kerusakan berupa pergeseran material perkerasan pada lokasi tertentu akibat dorongan beban lalu lintas. Pergeseran ini menghasilkan gelombang pada permukaan. Kondisi serupa juga dapat terjadi pada pertemuan antara perkerasan aspal dan beton semen. Klasifikasi tingkat kerusakan pada sungkur dapat dilihat pada Tabel 3.16 berikut ini.

Tabel 3. 16 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Sungkur (ASTM D6433, 2008)

Tingkat Kerusakan	**Identifikasi Kerusakan**
Low	Deformasi hanya menimbulkan gangguan kenyamanan berkendara yang ringan.
Medium	Deformasi menyebabkan hambatan kenyamanan berkendara tingkat sedang bagi pengendara.
High	Deformasi cukup besar sehingga mengurangi stabilitas dan kenyamanan berkendara secara signifikan.

3.2.17 Retak Geser *(Slippage Cracking)*

Kerusakan ini ditandai dengan bentuk menyerupai bulan sabit atau tapal kuda, yang muncul ketika lapis permukaan bergeser akibat gaya pengereman atau akselerasi. Penyebab lainnya adalah lemahnya ikatan atau mutu campuran pada lapisan perkerasan. Klasifikasi tingkat kerusakan pada retak geser dapat dilihat pada Tabel 3.17 berikut ini.

Tabel 3. 17 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Retak Geser (ASTM D6433, 2008)

Tingkat Kerusakan	**Identifikasi Kerusakan**
Low	Lebar retak rata-rata <10 mm.
Medium	Lebar retak rata-rata berada pada rentang 10-40 mm.
High	Lebar retak rata-rata >40 mm.

3.2.18 Pembengkakan *(Swell)*

Pembengkakan adalah deformasi di mana permukaan perkerasan terangkat akibat pengembangan tanah dasar. Pengembangan tanah dasar yang menyebabkan perkerasan terangkat dapat memicu terjadinya retak pada permukaan aspal. Klasifikasi tingkat kerusakan pada pembengkakan dapat dilihat pada Tabel 3.18 berikut ini.

Tabel 3. 18 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Pembengkakan (ASTM D6433, 2008)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
Low	Pembengkakan menimbulkan sedikir ketidaknyamanan pada saat mengemudi. Tidak selalu tampak secara visual, tetapi dapat dirasakan ketika dilintasi kendaraan.
Medium	Pembengkakan cukup jelas, sehingga memengaruhi kenyamanan berkendara pada tingkat kerusakan sedang.
High	Pembengkakan mengakibatkan gangguan besar pada kenyamanan berkendara.

3.2.19 Pelepasan Butiran *(Weathering and Raveling)*

Pelepasan butir terjadi ketika bahan pengikat aspal melemah sehingga partikel agregat terlepas dari permukaan. Kerusakan ini menunjukkan mutu campuran yang buruk dan ketidakmampuannya menahan gaya geser dari kendaraan. Klasifikasi tingkat kerusakan pada pelepasan butiran dapat dilihat pada Tabel 3.19 berikut ini.

Tabel 3. 19 Klasifikasi Tingkat Kerusakan Pelepasan Butiran (ASTM D6433, 2008)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
Low	Agregat atau pengikat mulai terlepas, dan ditandai permukaan dengan lubang-lubang kecil.
Medium	Agregat atau pengikat telah lepas, sehingga menyebabkan tekstur permukaan menjadi kasar dan terlihat berlubang.
High	Agregat atau pengikat terkelupas lebih luas, permukaan sangat kasar dengan area lubang <10 mm dan kedalaman <13 mm.

3.3 *Pavement Condition Index* (PCI)

Metode *Pavement Condition Index* (PCI) merupakan sistem penilaian kondisi perkerasan jalan yang dikembangkan oleh *U.S. Army Corps of Engineers* dan

digunakan untuk menilai kondisi pada permukaan jalan secara objektif. Penilaian dilakukan melalui survei visual di lapangan dengan mencatat tiga komponen utama, yaitu jenis kerusakan, tingkat keparahan, serta luasan atau kerapatan kerusakan pada permukaan jalan. Nilai PCI berada pada rentang 0 – 100, dimana nilai 0 menunjukkan kondisi perkerasan yang gagal *(failed)*, sedangkan nilai 100 menunjukkan kondisi perkerasan sangat baik *(good)*. Dengan pendekatan ini, kondisi fungsional perkerasan dapat digambarkan secara lebih terstruktur sehingga mendukung evaluasi dan penentuan langkah pemeliharaan yang tepat (Romadhon dkk, 2021).

Berdasarkan ASTM D6433 evaluasi kondisi perkerasan jalan menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI) dilakukan melalui tahapan yang tersusun secara sistematis dan terencana, dengan tujuan memperoleh pemahaman menyeluruh terhadap tingkat kerusakan perkerasan jalan. Adapun tahapan pelaksanaan penilaian tersebut dijelaskan sebagai berikut.

3.3.1 Tingkat Kerapatan Kerusakan *(Density)*

Tingkat kerapatan kerusakan *(density)* didefinisikan sebagai persentase luas atau panjang kerusakan terhadap total luas area penampang yang dapat diukur dalam meter persegi atau meter panjang. Nilai ini menunjukkan besarnya proporsi kerusakan pada suatu ruas jalan dibandingkan dengan luas keseluruhan area penilaian. Persamaan perhitungan *density* dapat dilihat pada Persamaan 3.1 dan 3.2 berikut ini.

$$\textit{Density (\%)} = \frac{\text{Ad}}{\text{As}} \times 100\% \tag{3.1}$$

$$\textit{Density (\%)} = \frac{\text{Ld}}{\text{As}} \times 100\% \tag{3.1}$$

dengan:

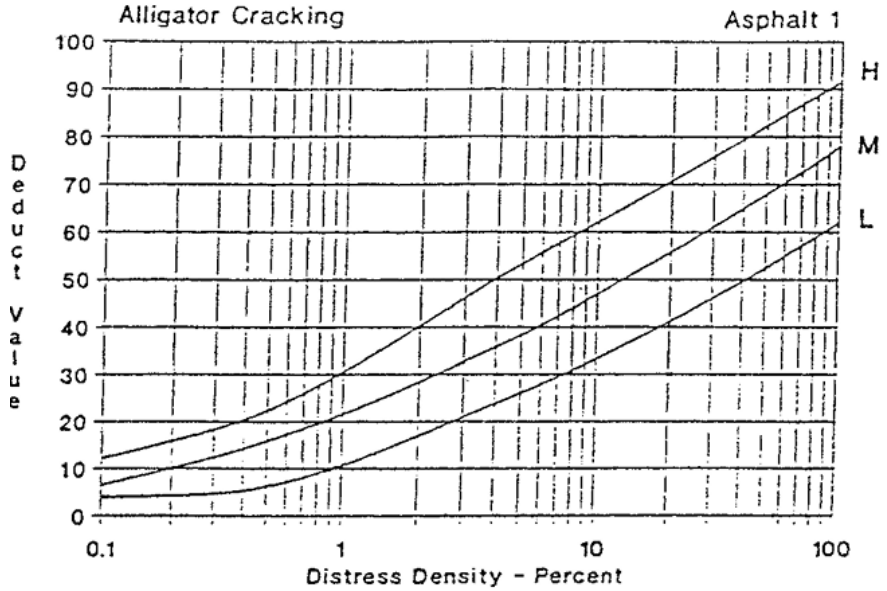
Ad = luas total jenis kerusakan pada setiap tingkat kerusakan (m^2),

Ld = panjang total jenis kerusakan pada setiap tingkat kerusakan (m), dan

As = luas total unit segmen (m^2).

3.3.2 Nilai Pengurangan *(Deduct Value)*

Nilai pengurangan *(deduct value)* merupakan nilai koreksi untuk setiap kategori kerusakan yang diperoleh dengan membalikkan hubungan antara *density* dan *deduct value.* Nilai ini ditentukan berdasarkan grafik yang disesuaikan dengan jenis kerusakan pada masing-masing segmen perkerasan. Nilai pengurangan *(deduct value)* ditentukan berdasarkan grafik yang terdapat pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3. 1 Grafik *Deduct Value* untuk *Alligator Cracking*
(ASTM D6433, 2008)

3.3.3 Nilai Pengurangan Ijin Maksimum (m)

Nilai pengurangan ijin maksimum (m) merupakan angka yang menetapkan batas jumlah *deduct value* yang dapat digunakan dan diterapkan dalam satu segmen. Parameter ini dipergunakan dalam perhitungan ketika sebuah segmen mengalami lebih dari satu jenis kerusakan. Apabila nilai pengurangan ijin maksimum (m) yang diperoleh melebihi total nilai pengurangan yang tersedia, maka seluruh nilai pengurangan tersebut akan digunakan dalam proses perhitungan berikutnya. Sebaliknya, jika nilai pengurangan ijin maksimum (m) lebih kecil, hanya nilai pengurangan sebesar m yang akan digunakan. Persamaan perhitungan nilai pengurangan ijin maksimum (m) dapat dilihat pada Persamaan 3.3 berikut ini.

$$m = 1 + \left[\frac{9}{98} \times (100 - HDV)\right] \quad (3.3)$$

dengan:

m = jumlah pengurangan ijin maksimum untuk tiap segmen, dan

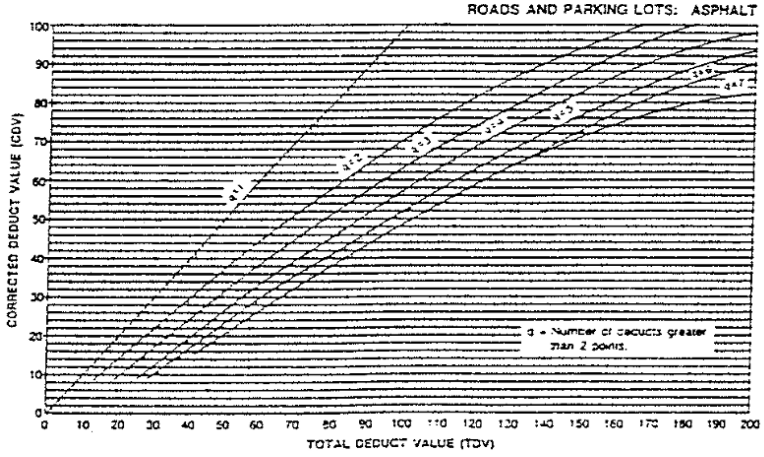
HDV = nilai tertinggi *deduct value* pada segmen tersebut.

3.3.4 Nilai Pengurangan Total *(Total Deduct Value)*

Nilai pengurangan total *(total deduct value)* merupakan total nilai pengurangan dari seluruh jenis dan tingkat kerusakan pada satu unit segmen penelitian. TDV dihitung dengan menambahkan semua nilai *deduct value* yang bernilai lebih dari 2. Banyaknya nilai *deduct value* yang dijumlahkan menyesuaikan nilai pengurangan ijin maksimum (m) yang telah dihitung sebelumnya, sehingga perhitungan TDV dapat dilakukan secara sistematis dan presisi.

3.3.5 Nilai Pengurangan Terkoreksi *(Corrected Deduct Value)*

Nilai pengurangan terkoreksi *(corrected deduct value)* adalah nilai yang diperoleh dari hasil analisis kurva yang menghubungkan TDV dan CDV, dengan pemilihan bentuk kurva yang disesuaikan berdasarkan jumlah nilai *deduct value* yang bernilai lebih dari 2. Jika nilai CDV yang diperoleh ternyata lebih rendah dibandingkan dengan *deduct value* tertinggi, maka nilai CDV yang dipakai adalah nilai pengurangan individual atau *deduct value* tertinggi. Nilai Pengurangan Terkoreksi *(corrected deduct value)* ditentukan berdasarkan grafik yang terdapat pada Gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3. 2 Grafik *Corrected Deduct Value*
(Sumber: ASTM D6433, 2008)

3.3.6 Nilai *Pavement Condition Index* (PCI)

Setelah nilai CDV telah ditentukan, perhitungan nilai PCI untuk masing-masing segmen dapat dilakukan melalui Persamaan 3.4 berikut ini.

$$PCIs = 100 - Max\ CDV \tag{3.4}$$

dengan:

PCIs = nilai *pavement condition index* tiap unit segmen, dan

Max CDV = nilai maksimum *corrected deduct value* tiap unit segmen.

Perhitungan total nilai PCI dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 3.5 berikut ini.

$$PCI_f = \frac{\Sigma\ PCIs}{N} \tag{3.5}$$

dengan:

PCI_f = nilai *pavement condition index* rata-rata secara keseluruhan,

PCIs = nilai *pavement condition index* tiap unit segmen, dan

N = jumlah segmen.

3.3.7 *Rating*

Rating merupakan tingkat keparahan kerusakan yang ditetapkan berdasarkan hasil perhitungan nilai PCI maupun nilai PCI rata-rata. Klasifikasi kondisi berdasarkan *rating* dapat dilihat pada Tabel 3.20 berikut ini.

Tabel 3. 20 Nilai PCI dan Kondisi (ASTM D6433, 2008)

Nilai PCI	**Kondisi**
0 – 10	*Failed*
11 – 25	*Serious*
26 – 40	*Very Poor*
41 – 55	*Poor*
56 – 70	*Fair*
71 – 85	*Satisfactory*
86 – 100	*Good*

3.4 Mekanistik-Empiris

Metode mekanistik-empiris merupakan suatu pendekatan dalam analisis perkerasan jalan yang mengombinasikan prinsip mekanika struktur dengan hubungan empiris yang diperoleh dari hasil observasi lapangan. Dari sisi mekanistik, perkerasan dimodelkan sebagai sistem berlapis yang menerima beban lalu lintas, sehingga respon struktur berupa tegangan dan regangan pada setiap lapisan akibat beban kendaraan dapat dihitung. Selanjutnya, nilai respon tersebut dikaitkan dengan model empiris untuk memprediksi jenis kerusakan perkerasan jalan, seperti *fatigue cracking, rutting,* dan *permanent deformation*.

Pendekatan mekanistik-empiris kemudian digunakan untuk menghubungkan respon struktur tersebut dengan umur layan perkerasan melalui hubungan antara jumlah repetisi beban dan tingkat kerusakan. Hubungan ini umumnya dinyatakan dalam bentuk persamaan yang mengaitkan beban lalu lintas kumulatif (ESAL) dengan nilai regangan yang terjadi. Dengan demikian, metode mekanistik-empiris mampu menghasilkan prediksi umur pelayanan perkerasan yang lebih rasional dibandingkan pendekatan empiris.

Menurut Tolab dkk. (2022) Metode ini didasarkan pada karakteristik material serta prinsip teoritis yang diperkuat oleh analisis respon struktur perkerasan. Melalui pendekatan mekanistik-empiris, potensi jenis kerusakan jalan dapat diperkirakan sejak awal, sehingga dapat ditindaklanjuti melalui proses perencanaan ulang (*redesign*) maupun langkah-langkah pencegahan yang sesuai.

Analisis mekanistik-empirik dilakukan menggunakan perangkat lunak KENPAVE, khususnya modul KENLAYER, yang berfungsi untuk menghitung respon tegangan dan reganganpada struktur perkerasan lentur. Hasil analisis tersebut selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi potemsi kerusakan, seperti *fatigue cracking, rutting,* dan *permanent deformation*, serta untuk memperkirakan kemampuan struktur perkerasandalam menahan beban lalu lintas selama umur rencana.

3.5 Program KENPAVE

Program KENPAVE merupakan *software* yang dikembangkan oleh Dr. Yang H Huang, P.E. *Professor Emeritus of Civil Engineering University of Kentucky*, dengan pendekatan mekanistik-empirik untuk menganalisis respon tegangan, regangan, dan lendutan pada struktur perkerasan jalan akibat beban lalu lintas. Program KENPAVE terdiri atas empat modul utama yang dapat digunakan untuk analisis perkerasan lentur dan kaku. Analisis perkerasan lentur menggunakan program KENLAYER dan LAYERINP, sedangkan analisis perkerasan kaku menggunakan program KENSLAB dan SLABSINP. Melalui program tersebut, KENPAVE mampu menampilkan respon mekanistik dari setiap lapisan perkerasan terhadap beban kendaraan, sehingga hasilnya dapat dimanfaatkan untuk mengevaluasi kinerja struktural dan memperkirakan umur rencana maupun sisa layanan perkerasan jalan. Dalam penelitian ini, analisis perkerasan lentur dilakukan menggunakan program KENLAYER dan LAYERINP berdasarkan pendekatan teori sistem lapis banyak. Tampilan awal pada program KENPAVE da[at dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini.

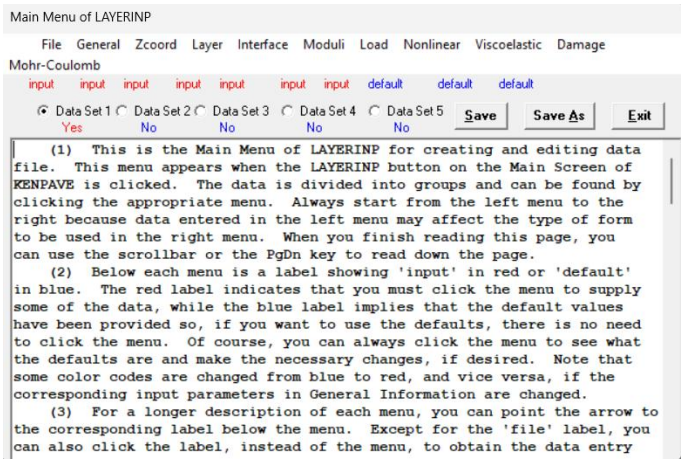


Gambar 3. 3 Tampilan Awal Program KENPAVE
(Dokumentasi Penulis, 2026)

3.5.1 Menu KENLAYER

KENLAYER merupakan menu pada program KENPAVE yang hanya digunakan untuk menganalisis pada perkerasan lentur. Berdasarkan teori sistem lapis banyak, KENLAYER dapat memodelkan perilaku lapisan dengan sifat linier, non-linier,

maupun viskoelastis, serta mendukung analisis empat tipe konfigurasi sumbu roda yaitu sumbu roda tunggal, sumbu tunggal roda ganda, sumbu tandem, dan sumbu tripel. Program KENLAYER dapat digunakan setelah memasukkan beberapa data pada menu LAYERINP. Tampilan awal dari menu LAYERINP dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3. 4 Tampilan Menu LAYERINP
(Dokumentasi Penulis, 2026)

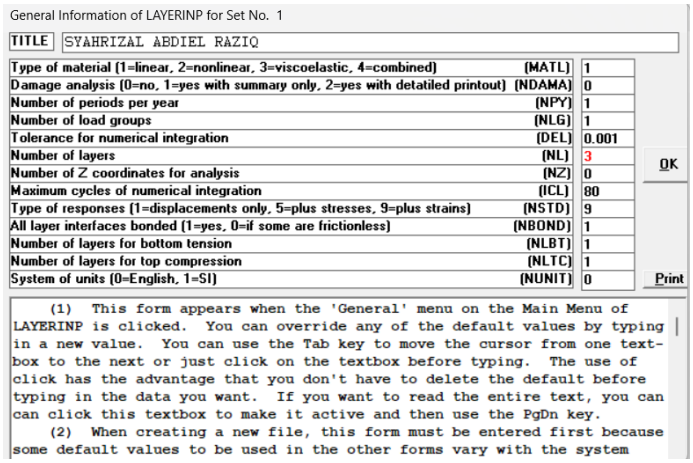
Program LAYERINP memiliki beberapa menu yang telah ditetapkan secara *default*, sehingga pengguna tidak perlu melakukan pengisian ulang. Penjelasan mengenai setiap menu yang tersedia dalam program LAYERINP dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. *File*

   Pada menu *file, tersedia dua opsi yaitu new* dan *old*. *New* digunakan untuk membuat *file* baru, sedangkan *old* digunakan untuk membuka *file* yang sudah ada atau sudah pernah dibuat sebelumnya.

2. *General*

   Menu *general* memuat berbagai informasi dasar mengenai perkerasan yang akan dianalisis. Tampilan menu tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut ini.



Gambar 3. 5 Tampilan Menu *General*
(Dokumentasi Penulis, 2026)

Pada menu *general* terdapat beberapa kolom yang perlu diisi sebagai bagian dari proses *input* data, yaitu sebagai berikut.

a. *Title* adalah menu *title* merupakan judul atau nama *file* yang akan dianalisis.
b. MATL adalah menu yang digunakan untuk menentukkan jenis material pada setiap lapisan yang direpresentasikan dengan angka. Angka (1) menunjukkan lapisan linear elastik, (2) untuk non-linear elastik, (3) untuk viskoelastik, dan (4) untuk kombinasi ketiganya.
c. NDAMA adalah menu yang berfungsi untuk memilih jenis analisis kerusakan yang juga dinyatakan dalam bentuk angka. Nilai (0) menunjukkan tanpa analisis kerusakan, (1) menunjukkan analisis kerusakan dengan hasil cetak *(print out)*, sedangkan (3) menunjukkan analisis kerusakan dengan hasil cetak yang lebih detail.
d. DEL adalah menu yang menunjukkan tingkat ketelitian atau akurasi hasil analisis. Nilai standar *(default)* yang digunakan adalah 0,001.
e. NL adalah jumlah lapisan *(layer)* yang dianalisis, dengan jumlah maksimum 19 lapisan.
f. NZ adalah menu yang menentukan posisi koordinat pada arah Z yang akan dianalisis. Jika NDAMA= 1 atau 2, maka NZ= 0, karena program otomatis akan menganalisis titik koordinat tempat terjadinya kerusakan.

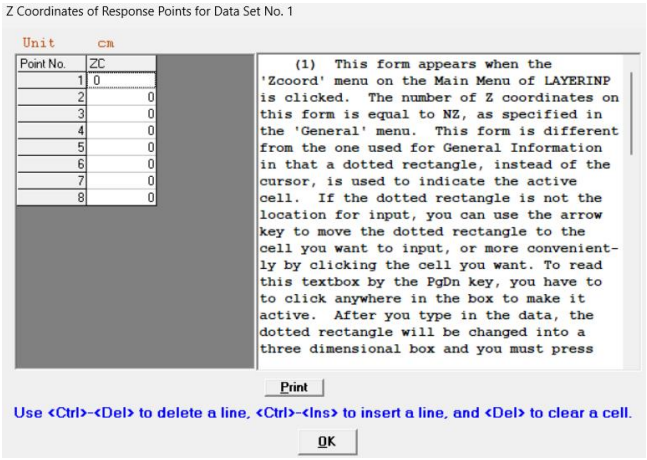
g. NSTD adalah menu yang digunakan untuk memilih jenis *output* hasil analisis, yang juga direpresentasikan dengan angka. Nilai (1) untuk perpindahan vertikal *(vertical displacement)*, nilai (5) untuk perpindahan vertikal dan tegangan *(stress)*, dan nilai (9) untuk perpindahan vertikal, tegangan, serta regangan *(strain)*.

h. NBOND adalah menu yang menentukan kondisi ikatan antar lapisan. Nilai (1) berarti semua lapisan saling terikat sempurna, sedangkan nilai (2) menunjukkan lapisan tidak saling terikat atau gaya gesek diabaikan.

i. NUNIT untuk menentukan sistem satuan yang digunakan dalam analisis. Nilai (1) menunjukkan satuan *English*, sedangkan nilai (2) menunjukkan satuan *SI*.

3. *Zcoord*

Zcoord adalah fitur yang digunakan dalam analisis lapisan perkerasan pada sumbu Z. Jumlah titik pada *zcoord* sama dengan jumlah NZ pada menu *general*, sementara ZC menunjukkan jarak vertikal atau kedalaman yang dianalisis. Tampilan menu *zcoord* diperlihatkan pada Gambar 3.6 berikut ini.

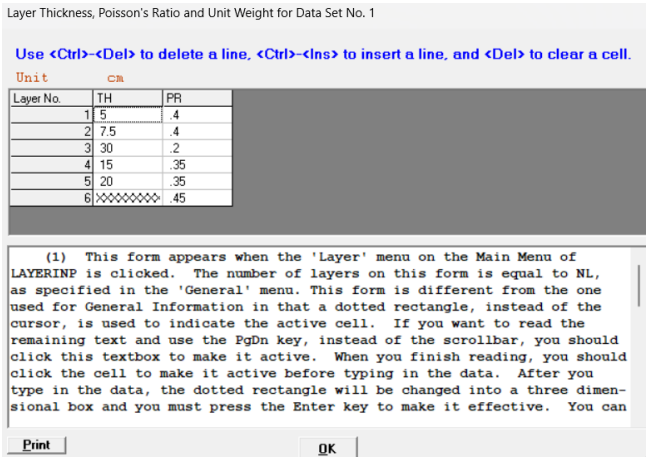


Gambar 3. 6 Tampilan Menu *Zcoord*
(Dokumentasi Penulis, 2026)

4. *Layer*

Menu *layer* berfungsi untuk menetapkan jumlah lapisan perkerasan serta tebal masing-masing lapisan, yang meliputi lapisan permukaan, lapisan pondasi atas,

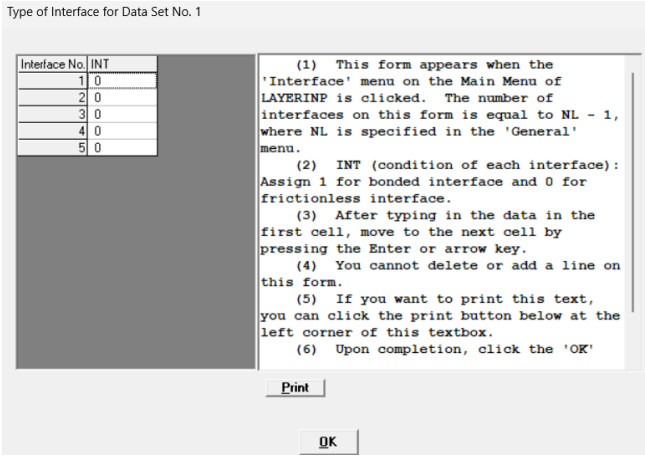
lapisan pondasi bawah, dan lapisan tanah dasar. Dalam menu ini, kode TH mengindikasikan tebal setiap lapisan, sedangkan PR menyatakan nilai *Poisson's Ratio* untuk masing-masing lapisan perkerasan. Tampilan menu *layer* diperlihatkan pada Gambar 3.7 berikut ini.



Gambar 3. 7 Tampilan Menu *Layer*
(Dokumentasi Penulis, 2026)

5. *Interface*

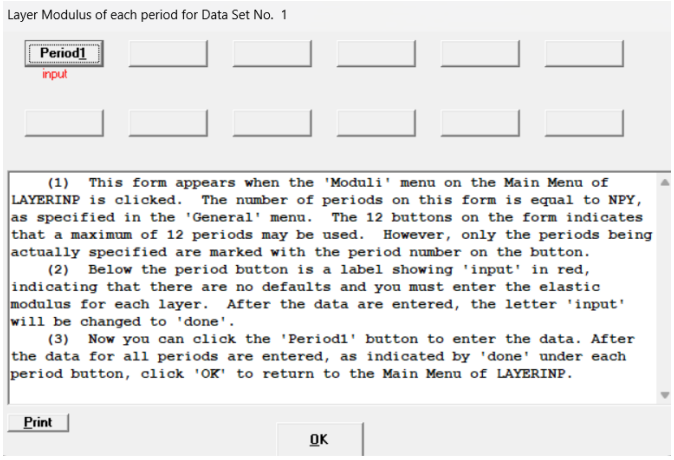
Menu *interface* secara langsung berkaitan dengan parameter NBOND yang ada pada menu *general*. Apabila NBOND bernilai 1, maka pengaturannya bersifat otomatis *(default)*. Jika NBOND bernilai 2, maka akan muncul tampilan tambahan seperti pada Gambar 3.8 berikut ini.



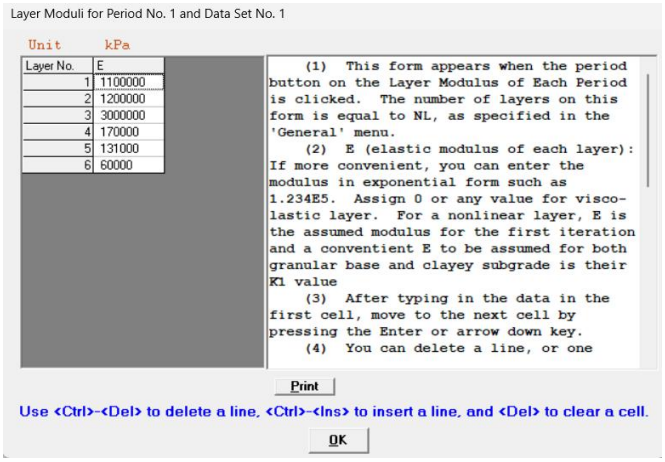
Gambar 3. 8 Tampilan Menu *Interface*
(Dokumentasi Penulis, 2026)

6. *Moduli*

Moduli adalah menu yang memiliki jumlah periode yang sama dengan parameter NPY yang tercantum pada menu *general*. Jumlah maksimum periode yang dapat dimasukkan adalah 12, dimana E menunjukkan nilai modulus elastisitas untuk setiap lapisan perkerasan. Tampilan menu *moduli* dan *period* dapat dilihat pada Gambar 3.9 dan Gambar 3.10 berikut ini.



Gambar 3. 9 Tampilan Menu *Moduli*
(Dokumentasi Penulis, 2026)

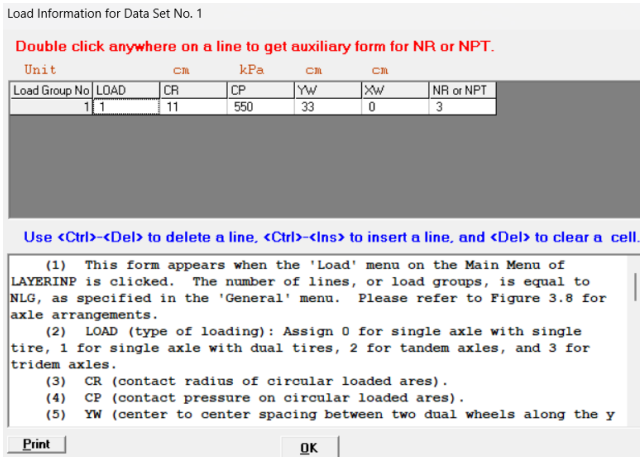


Gambar 3. 10 Tampilan Menu *Period*
(Dokumentasi Penulis, 2026)

7. *Load*

Jumlah unit pada menu *load* disesuaikan dengan parameter NLG yang terdapat pada menu *general*. Pada kolom *load*, angka (0) menunjukkan kendaraan

dengan sumbu roda tunggal, angka (1) untuk kendaraan bersumbu tunggal roda ganda, angka (2) untuk kendaraan bersumbu tandem, dan angka (3) untuk kendaraan bersumbu *triple*. Kolom CR menampilkan radius kontak beban, sementara CP menunjukkan besar beban yang diberikan. Adapun YW dan XW menunjukkan jarak antar roda pada arah Y dan X, sedangkan NR atau NPT mengacu pada titik koordinat tempat tegangan serta regangan akan dianalisis. Tampilan menu *load* diperlihatkan pada Gambar 3.11 berikut ini.



Gambar 3. 11 Tampilan Menu *Load*
(Dokumentasi Penulis, 2026)

8. *Nonlinear, Viscoelastic,* dan *Damage*

   Pada menu tersebut menampilkan sejumlah parameter lain pada bagian *general*, di mana nilainya akan secara otomatis menyesuaikan dengan data yang telah dimasukkan sebelumnya.

3.5.2 Karakteristik Material

Karakteristik material menjadi faktor penting yang digunakan sebagai input pada program KENLAYER. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas modulus elastisitas, *poisson's ratio*, dan ketebalan tiap lapisan perkerasan. Uraian mengenai setiap parameter dijelaskan di bawah ini.

1. Modulus Elastisitas

   Modulus elastisitas didefinisikan sebagai rasio antara tegangan dan regangan pada suatu bahan. Besaran ini juga dikenal sebagai *modulus young* dan

dilambangkan dengan huruf E, dengan satuan tekanan (MPa). Nilainya dapat ditentukan menggunakan Persamaan 3.6.

$$E = \frac{\tau}{\varepsilon} \tag{3.6}$$

dengan:

E = modulus elastisitas (MPa),

τ = tegangan (kPa), dan

ε = regangan.

Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga Tahun 2024, nilai modulus elastisitas masing-masing lapisan dapat dilihat pada Tabel 3.21 berikut ini.

Tabel 3. 21 Nilai Modulus Elastisitas (Bina Marga, 2024)

Jenis Bahan	**Modulus Tipikal (Mpa)**
HRS-WC	800
HRS-BC	900
AC-WC (2 x 75 tumbukan)	1.100
AC-WC (2 x 50 tumbukan)	1.000
AC-BC (2 x 75 tumbukan)	1.200
AC-*Base* (2 x 75 tumbukan)	1.500
AC-WC PG70 (2 x 75 tumbukan)	1.300
AC-BC PG70 (2 x 75 tumbukan)	1.400
Bahan bersemen (CTB)	3.000 Mpa *(pre cracking)*
Bahan bersemen (CTB)	500 Mpa retak *(post cracking)*
Tanah dasar (disesuaikan musim)	10 × CBR

2. *Poisson's Ratio*

Poisson's ratio merupakan parameter yang menunjukkan perbandingan antara regangan lateral (horizontal) terhadap regangan aksial (vertikal) pada material ketika menerima pembebanan. Parameter ini menggambarkan sifat elastis

material perkerasan, yaitu kemampuan material untuk mengalami penyempitan ke arah horizontal saat mendapat tekanan secara vertikal. Nilai *Poisson's ratio* dapat dilihat pada Tabel 3.22 berikut ini.

Tabel 3. 22 Nilai *Poisson's Ratio* (Bina Marga, 2024)

Jenis Bahan	***Poisson's Ratio***
HRS-WC	0,40
HRS-BC	
AC-WC (2 x 75 tumbukan)	
AC-WC (2 x 50 tumbukan)	
AC-BC (2 x 75 tumbukan)	
AC-*Base* (2 x 75 tumbukan)	
AC-WC PG70 (2 x 75 tumbukan)	
AC-BC PG70 (2 x 75 tumbukan)	
Bahan bersemen (CTB)	0,20
Bahan bersemen (CTB)	0,20 (mulus) 0,35 (retak)
Tanah dasar (disesuaikan musim)	0,45 (tanah kohesif)
	0,35 (tanah non-kohesif)

3. Ketebalan Setiap Lapisan Perkerasan

   Struktur perkerasan jalan terdiri dari beberapa lapisan yang memiliki fungsi berbeda dalam menahan beban lalu lintas, yaitu lapisan permukaan, lapisan pondasi, dan lapisan tanah dasar. Ketebalan masing-masing lapisan ditentukan berdasarkan desain perkerasan jalan, kemudian dimasukkan ke dalam program KENPAVE, dengan menggunakan satuan mm atau inci.

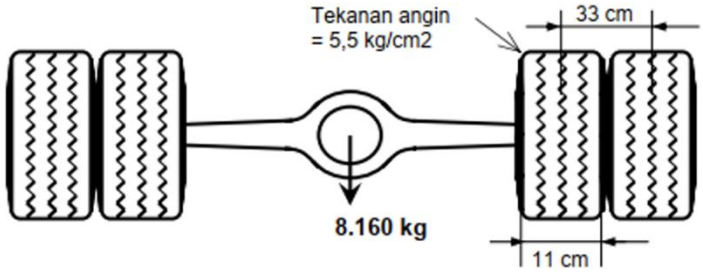
4. Kondisi Beban

   Beban lalu lintas adalah berat kendaraan yang diteruskan ke permukaan jalan melalui roda dan terjadi secara berulang selama masa pelayanan jalan. Secara umum, setiap kendaraan memiliki konfigurasi sumbu, jumlah roda, serta beban yang beragam. Untuk memudahkan analisis, berbagai variasi tersebut

diseragamkan ke dalam satuan lintasan sumbu standar. Satuan ini didefinisikan sebagai sumbu tunggal dengan roda ganda yang memiliki karakteristik tertentu Sukirman (2010). Data kondisi beban sumbu memiliki kriteria sebagai berikut.

a. Beban sumbu 8.160 kg (8,16 ton),
b. Tekanan roda satu ban $\pm$ 5,5 kg/ cm² (0,55 MPa),
c. Lebar bidang kotak 11 cm, dan
d. Jarak antara masing-masing sumbu roda ganda 33 cm.

Dari data tersebut, sumbu standar ekivalen di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 3.12 berikut ini.



Gambar 3. 12 Sumbu Standar Ekivalen di Indonesia
(Sukirman, 2010)

3.6 Analisis Kerusakan dan Kegagalan pada Struktur Perkerasan Jalan

Kerusakan pada perkerasan jalan sering terjadi akibat pembebanan kendaraan yang melebihi kapasitas desain, sehingga menghasilkan tegangan dan regangan berlebih pada lapisan jalan. Pengaruh beban berulang dari lalu lintas berat menyebabkan penurunan kemampuan struktural perkerasan yang berujung pada timbulnya berbagai jenis kerusakan. Penelitian ini menitikberatkan pada analisis tiga jenis kerusakan utama, yaitu *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation*. Jumlah repetisi beban hingga terjadinya kerusakan ditentukan menggunakan persamaan dari *Asphalt Institute* Aji dan Susilo (2023). Penjelasan mengenai jenis-jenis kerusakan pada struktur perkerasan adalah sebagai berikut.

3.6.1 *Fatigue Cracking*

Fatigue cracking atau retak lelah merupakan jenis kerusakan berupa retakan memanjang pada lapisan perkerasan jalan yang disebabkan oleh beban kendaraan berulang. Analisis terhadap jenis kerusakan ini bertujuan untuk menentukan jumlah

repetisi beban yang dapat ditahan perkerasan berdasarkan regangan tarik horizontal yang terjadi di bawah lapisan permukaan. Perhitungan analisis jenis kerusakan *fatigue cracking* dapat dilihat pada Persamaan 3.7 berikut ini.

$$Nf = 0{,}0796 \times \varepsilon_t^{-3{,}921} \times E^{-0{,}854} \quad (3.7)$$

dengan:

Nf = jumlah nilai beban berulang yang diijinkan untuk *fatigue cracking*,

ε_t = *tensile strain* atau regangan tarik bawah lapis permukaan perkerasan, dan

E = modulus elastisitas pada lapis permukaan perkerasan.

3.6.2 *Rutting*

Rutting atau retak alur merupakan bentuk kerusakan yang timbul akibat terjadinya deformasi plastis pada lapisan-lapisan perkerasan jalan. Analisis terhadap kerusakan ini digunakan untuk mengetahui jumlah pengulangan beban berdasarkan nilai regangan tekan yang muncul di bawah lapisan permukaan. Perhitungan analisis jenis kerusakan *rutting* dapat dilihat pada Persamaan 3.8 berikut ini.

$$Nr = 1{,}365 \times 10^{-9} \times \varepsilon_c^{-4{,}477} \quad (3.8)$$

dengan:

Nr = jumlah nilai beban berulang yang diijinkan untuk *rutting*, dan

ε_c = regangan tekan vertikal di atas lapis tanah dasar.

3.6.3 *Permanent Deformation*

Permanent deformation atau deformasi permanen merupakan jenis kerusakan yang menggambarkan kondisi ketika permukaan jalan mengalami perubahan bentuk dari kondisi aslinya. Analisis kerusakan ini dilakukan untuk mengetahui jumlah repetisi beban yang menyebabkan regangan tekan pada lapisan tanah dasar. Perhitungan analisis jenis kerusakan *permanent deformation* dapat dilihat pada Persamaan 3.9 berikut ini.

$$Nd = 1{,}365 \times 10^{-9} \times \varepsilon_c^{-4{,}477} \quad (3.9)$$

dengan:

Nd =jumlah nilai beban berulang yang diijinkan untuk *permanent deformation*, dan

ε_c = regangan tekan vertikal di atas lapis tanah dasar.

3.7 Prediksi Umur Pelayanan Perkerasan Jalan

Prediksi umur pelayanan perkerasan jalan bertujuan untuk memperkirakan jangka waktu struktur perkerasan dapat berfungsi secara optimal sebelum mengalami kerusakan struktural. Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2024, umur pelayanan ditentukan oleh besarnya beban lalu lintas kumulatif yang dinyatakan dalam LHR dan dikonversi menjadi ESAL, melalui VDF. Penentuan tersebut juga memperhitungkan faktor distribusi arah, faktor distribusi lajur, dan faktor pertumbuhan lalu lintas guna memperkirakan peningkatan volume kendaraan selama umur rencana. Penjelasan mengenai masing-masing parameter tersebut adalah sebagai berikut.

3.7.1 Data Lalu Lintas

Dalam Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2024, data lalu lintas merupakan parameter penting yang digunakan untuk memperoleh jumlah kendaraan yang melintas ruas jalan tertentu dan menghitung beban lalu lintas rencana yang akan diterima perkerasan selama umur layanannya. Perhitungan beban tersebut didasarkan pada volume lalu lintas hasil survei, yang kemudian diproyeksikan ke depan sesuai periode umur rencana. Proyeksi LHR digunakan untuk menentukan nilai lalu lintas pada tahun yang belum tersedia datanya, baik dengan memproyeksikan LHR ke tahun yang akan datang maupun ke tahun sebelumnya. Perhitungan proyeksi LHR ke tahun yang akan datang dilakuan dengan menggunakan Persamaan 3.10 dan 3.11 berikut ini.

$$LHR_T = LHRo\ (1+i)^n \quad (3.10)$$

$$LHR_T = LHRo/(1+i)^n \quad (3.11)$$

dengan:

LHR_T = LHR pada tahun yang diproyeksikan,

LHRo = LHR pada tahun dasar,

i = pertumbuhan lali lintas (%), dan

n = selisih jumlah tahun proyeksi.

Proyeksi Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) dilakukan untuk memperkirakan nilai LHR pada tahun tertentu berdasarkan data LHR yang tersedia dan tingkat pertumbuhan lalu lintas. Proyeksi dapat dilakukan untuk tahun yang akan datang maupun tahun sebelumnya. Proyeksi tahun maju digunakan untuk memperkirakan LHR pada tahun setelah tahun dasar, sedangkan proyeksi tahun mundur digunakan untuk memperoleh estimasi LHR pada tahun sebelum tahun dasar. Nilai pertumbuhan lalu lintas digunakan untuk menggambarkan perubahan volume kendaraan dari tahun dasar menuju tahun yang ditinjau. Semakin besar periode proyeksi dan tingkat pertumbuhan, semakin besar nilai LHR yang dihasilkan.

3.7.2 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas ditentukan dengan menggunakan data pertumbuhan series *(historical growth data)* atau hubungan koleratif dengan faktor pertumbuhan lain yang sesuai. Dalam Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2024, tersedia tabel yang menunjukkan nilai faktor pertumbuhan lalu lintas yang dapat dilihat pada Tabel 3.23 berikut ini.

Tabel 3. 23 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas, i (%) (Bina Marga, 2024)

Klasifikaasi	**Jawa**	**Sumatera**	**Kalimantan**	**Rata-rata Indonesia**
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor R*ural*	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Tetapi untuk memperoleh nilai faktor pertumbuhan lalu lintas yang lebih akurat, perhitungan dapat dilakukan secara manual dengan memanfaatkan data lalu lintas sebelumnya. Menurut Wahab dkk. (2015) faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.12 berikut.

$$i = \left(\sqrt[n]{\frac{LHRn}{LHRo}}\right) - 1 \quad (3.12)$$

dengan:

i = pertumbuhan lali lintas (%),

n = selisih jumlah tahun data yang diambil,

LHRn = jumlah LHR tahun ke-n, dan

LHRo = jumlah LHR tahun awal.

Untuk menentukan besarnya pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana, digunakan pendekatan faktor pertumbuhan kumulatif sesuai dengan Persamaan 3.13.

$$R = \frac{(1+0{,}01\ i)^{UR}-1}{0{,}01\ i} \quad (3.13)$$

dengan:

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif,

i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%), dan

UR = umur rencana (tahun).

3.7.3 Faktor Ekuivalen Beban *(Vehicle Damage Factor)*

Dalam perencanaan struktur perkerasan, beban lalu lintas dinyatakan dalam bentuk *Equivalent Standard Axle* (ESA). Nilai ESA diperoleh melalui proses konversi data lalu lintas menggunakan *Vehicle Damage Factor* (VDF) sebagai faktor pengali. Menurut Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2024, perhitungan beban lalu lintas dapat dilakukan dengan memanfaatkan data *weigh in motion* (WIM) yang diterbitkan oleh Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2024. Akan tetapi, jika survei *WIM* tidak dapat dilaksanakan secara langsung, nilai VDF dapat diperoleh dari Tabel 3.24, yang memuat nilai VDF regional untuk berbagai jenis kendaraan niaga. Data tersebut merupakan hasil pengolahan studi WIM yang dilakukan pada tahun 2015-2023. Selain itu, nilai VDF disarankan untuk diperbarui secara berkala sekurang-kurangnya setiap 5 (lima) tahun. Nilai VDF Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 3.24 di bawah ini.

Tabel 3. 24 Nilai VDF Daerah Istimewa Yogyakarta (Bina Marga, 2024)

Kondisi	Kelas Kendaraan	Gol 5B	Gol 6A	Gol 6B	Gol 7A1	Gol 7A2	Gol 7A3	Gol 7B1	Gol 7B2	Gol 7B3	Gol 7C1	Gol 7C2A	Gol 7C2B	Gol 7C3	Gol 7C4
VDF4	Faktual	1,2	0,5	3,8	-	6,4	-	-	-	-	6,4	3,5	6,2	5,2	-
	Normal	1,2	0,5	1,1	-	3,2	-	-	-	-	4,3	2,2	6,0	5,0	-
VDF5	Faktual	1,3	0,4	5,3	-	10,6	-	-	-	-	9,0	5,3	8,1	6,7	-
	Normal	1,3	0,4	1,0	-	4,0	-	-	-	-	5,3	2,4	7,9	6,4	-

3.7.4 Faktor Distribusi Arah (DD)

Faktor distribusi arah (DD) untuk jalan dua arah umumnya ditetapkan sebesar 0,50. Namun nilai ini dapat disesuaikan apabila jumlah kendaraan niaga menunjukkan kecenderungan lebih tinggi pada salah satu arah lalu lintas.

3.7.5 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Faktor distribusi lajur (DL) digunakan sebagai penyesuaian terhadap beban kumulatif (CESAL) pada ruas jalan yang memiliki dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada kondisi tersebut, sebagian besar kendaraan niaga memang cenderung melintasi lajur luar, akan tetapi tidak menutup kemungkinan sebagian lainnya menggunakan lajur dalam. Nilai faktor distribusi lajur (DL) tercantum pada Tabel 3.25.

Tabel 3. 25 Faktor Distribusi Lajur (DL) (Bina Marga, 2024)

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

3.7.6 Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *cumulative standard axle load* (CESAL) adalah total akumulasi beban sumbu lalu lintas pada lajur desain selama periode umur rencana. Berdasarkan besarnya beban gandar yang diketahui, dapat dilakukan perhitungan untuk memprediksi umur pelayanan perkerasan jalan terhadap potensi

kerusakan yang mungkin terjadi. Prediksi umur pelayanan perkerasan jalan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.14 di bawah ini.

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

dengan:

CESAL = kumulatif beban sumbu standar ekuivalen selama umur rencana,

LHR_{JK} = lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari),

VDF_{JK} = faktor ekuivalen beban tiap jenis kendaraan niaga,

DD = faktor distribusi arah,

DL = faktor distribusi lajur, dan

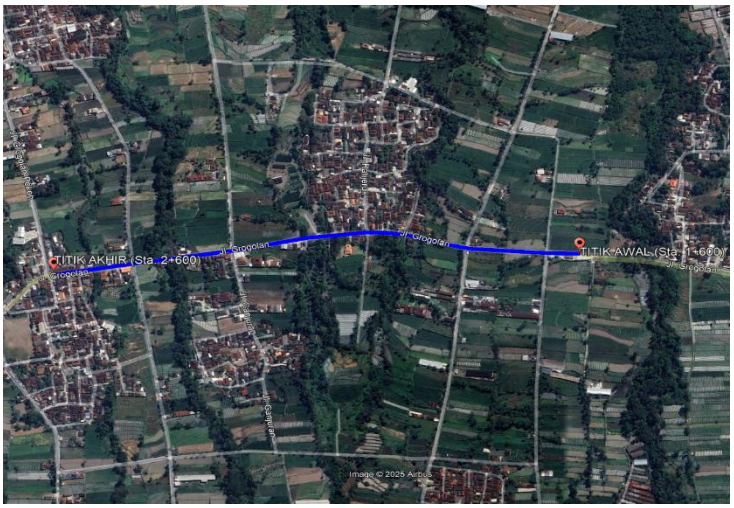
R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

Hasil perhitungan CESAL kemudian digunakan untuk memperkirakan umur pelayanan perkerasan dengan membandingkan beban lalu lintas kumulatif terhadap kapasitas repetisi beban maksimum yang mampu ditahan struktur berdasarkan analisis mekanistik-empirik. Evaluasi dilakukan terhadap tiga kriteria kerusakan, yaitu *fatigue cracking, rutting,* dan *permanent deformation*. Umur pelayanan ditentukan berdasarkan waktu yang diperlukan hingga akumulasi beban lalu lintas mencapai kapasitas maksimum pada masing-masing kriteria kerusakan. Perhitungan juga memperhitungkan pertumbuhan volume lalu lintas setiap tahun secara kumulatif, sehingga dapat diperoleh estimasi umur pelayanan perkerasan untuk setiap jenis kerusakan.

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Jalan Grogolan Ngemplak, yang terletak di wilayah Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Lokasi penelitian difokuskan pada segmen antara Sta. 1+600 – 2+600, dengan panjang total 1 kilometer. Lokasi jalan tersebut dikategorikan sebagai jalan lokal primer dengan akses menuju Jalan Kaliurang sebagai jalan provinsi. Letak lokasi penelitian pada jalan ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian
(Google, 2025)

4.2 Pengumpulan Data

Analisis perkerasan pada penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui kegiatan survei di lapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi yang memiliki keterkaitan dengan lokasi penelitian.

4.2.1 Data Primer

Data primer dalam penelitian ini diperoleh melalui survei visual di lapangan dengan menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI). Jenis data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Jenis kerusakan jalan.
2. Dimensi dan luas kerusakan jalan.
3. Dokumentasi gambar kerusakan jalan.

Adapun proses pengumpulan data mengenai kondisi perkerasan menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI) dilakukan sebagai berikut.

1. Pada tahap awal dilakukan persiapan survei, termasuk persiapan peralatan seperti formulir PCI, alat ukur, dan dokumentasi. Karena survei melibatkan beberapa surveyor, maka dilakukan briefing terlebih dahulu untuk menyamakan pemahaman mengenai jenis kerusakan, tingkat keparahan, dan metode pengukuran yang digunakan.
2. Pembagian ruas jalan menjadi beberapa segmen dengan panjang 100 meter per segmen. Pembagian ini dimaksudkan agar setiap segmen dapat diamati secara lebih detail dan mewakili kondisi keseluruhan ruas jalan.
3. Survei dilakukan dengan mengamati secara langsung kondisi permukaan perkerasan pada setiap segmen. Pada tahap ini dilakukan identifikasi berbagai jenis kerusakan sesuai klasifikasi PCI.
4. Setiap kerusakan yang teridentifikasi diukur kuantitasnya sesuai karakteristiknya, yaitu dalam satuan luas (m^2) untuk kerusakan berbentuk area, dan panjang (m) untuk kerusakan linier.
5. Data hasil pengamatan dan pengukuran dicatat pada formulir PCI yang telah disiapkan, serta dilakukan dokumentasi berupa foto untuk setiap jenis kerusakan.
6. Setelah kegiatan survei selesai, dilakukan pemeriksaan ulang terhadap seluruh data untuk memastikan tidak terjadi kesalahan pencatatan. Selanjutnya, data yang telah diperoleh direkapitulasi berdasarkan segmen untuk mempermudah proses analisis dalam perhitungan nilai PCI.

4.2.2 Data Sekunder

Data sekunder dalam penelitian ini bersumber dari Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan, dan Kawasan Permukiman (DPUPKP) Kabupaten Sleman. Jenis data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Peta lokasi.
2. Data lalu lintas harian rata-rata (LHR).
3. Data tebal perkerasan jalan eksisting.

4.3 Tahapan Analisis Data

Data yang telah diperoleh melalui survei visual di lapangan dan instansi terkait kemudian dianalisis untuk mendapatkan hasil yang diperlukan. Tahapan analisis pada penelitian ini dijelaskan sebagai berikut.

4.3.1 Metode *Pavement Condition Index* (PCI)

Analisis kondisi perkerasan dengan metode *Pavement Condition Index* (PCI) digunakan untuk menilai tingkat kerusakan jalan secara kuantitatif berdasarkan hasil survei visual di lapangan. Proses analisis PCI dilakukan secara sistematis, dimulai dari survei lapangan hingga perhitungan indeks kondisi perkerasan yang mempresentasikan tingkat pelayanan jalan. Sebelum pelaksanaan survei, diperlukan sejumlah peralatan untuk mendukung proses identifikasi dan pengukuran jenis kerusakan. Adapun peralatan yang digunakan dalam analisis PCI adalah sebagai berikut.

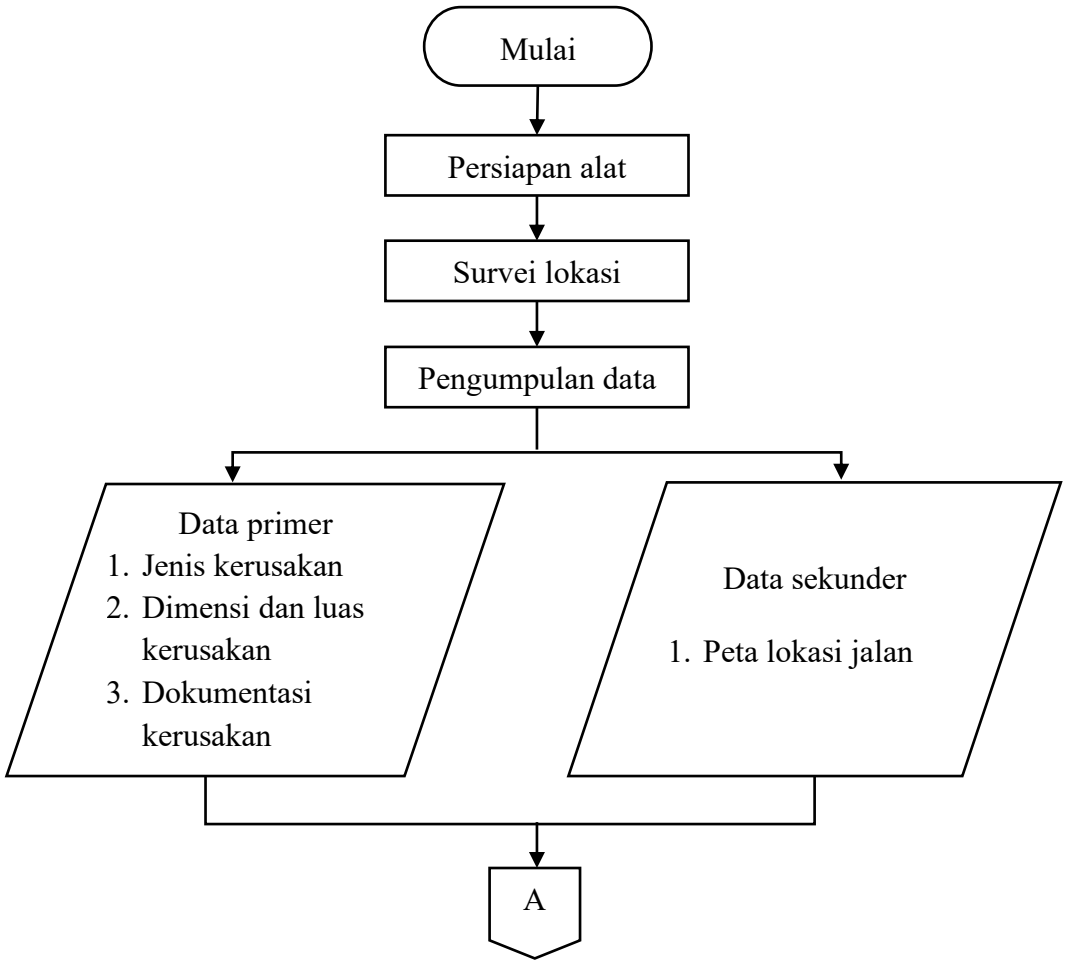
1. Alat tulis dan papan jalan.
2. Formulir survei PCI untuk mencatat jenis dan luas kerusakan pada setiap segmen.
3. Kamera atau *handphone* sebagai alat dokumentasi.
4. Meteran atau penggaris ukur untuk mengukur dimensi area kerusakan jalan.

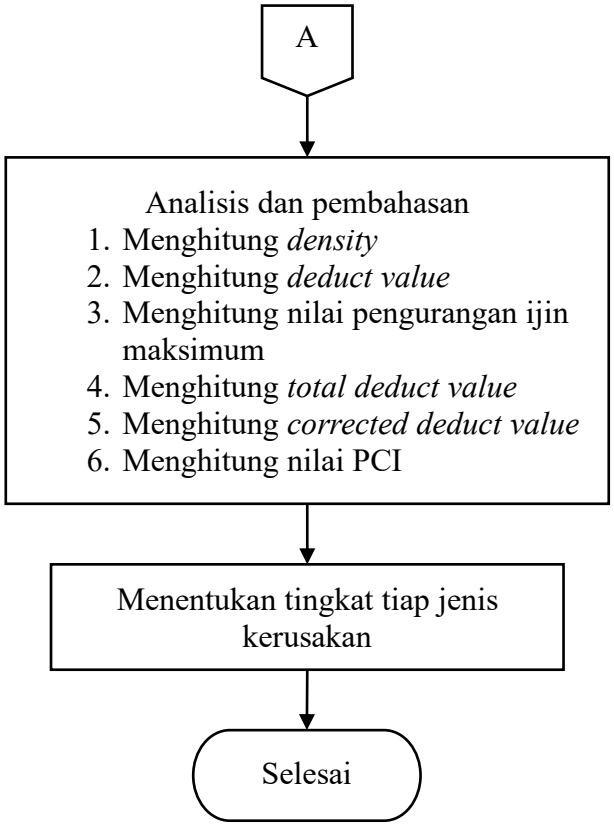
Setelah data lapangan terkumpul, tahap berikutnya adalah melakukan analisis menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI) untuk memperoleh nilai indeks kondisi perkerasan dan menentukan klasifikasi kondisi jalan. Langkah-langkah analisis PCI adalah sebagai berikut.

1. Melakukan pengambilan data lapangan dengan mengidentifikasi jenis, dimensi, dan tingkat keparahan kerusakan jalan *(low, medium, high)*.
2. Menentukan *density* sebagai persentase luas atau panjang kerusakan terhadap total luas area penampang.

3. Menentukan nilai pengurangan atau *deduct value* untuk setiap jenis dan tingkat kerusakan tiap segmen.
4. Menentukan nilai pengurangan maksimum yang diizinkan (m).
5. Menentukan nilai total pengurangan atau *total deduct value* pada tiap segmen.
6. Menentukan nilai pengurangan terkoreksi untuk memperoleh *corrected deduct value* pada tiap segmen.
7. Menentukan nilai PCI pada tiap segmen.
8. Menentukan nilai rata-rata PCI dari seluruh unit segmen untuk memperoleh kondisi keseluruhan jalan yang diteliti.

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai proses penelitian, bagan alir metode *Pavement Condition Index* (PCI) dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.





Gambar 4. 2 Bagan Alir Metode *Pavement Condition Index* (PCI)

4.3.2 Metode Mekanistik-Empirik dengan Program KENPAVE

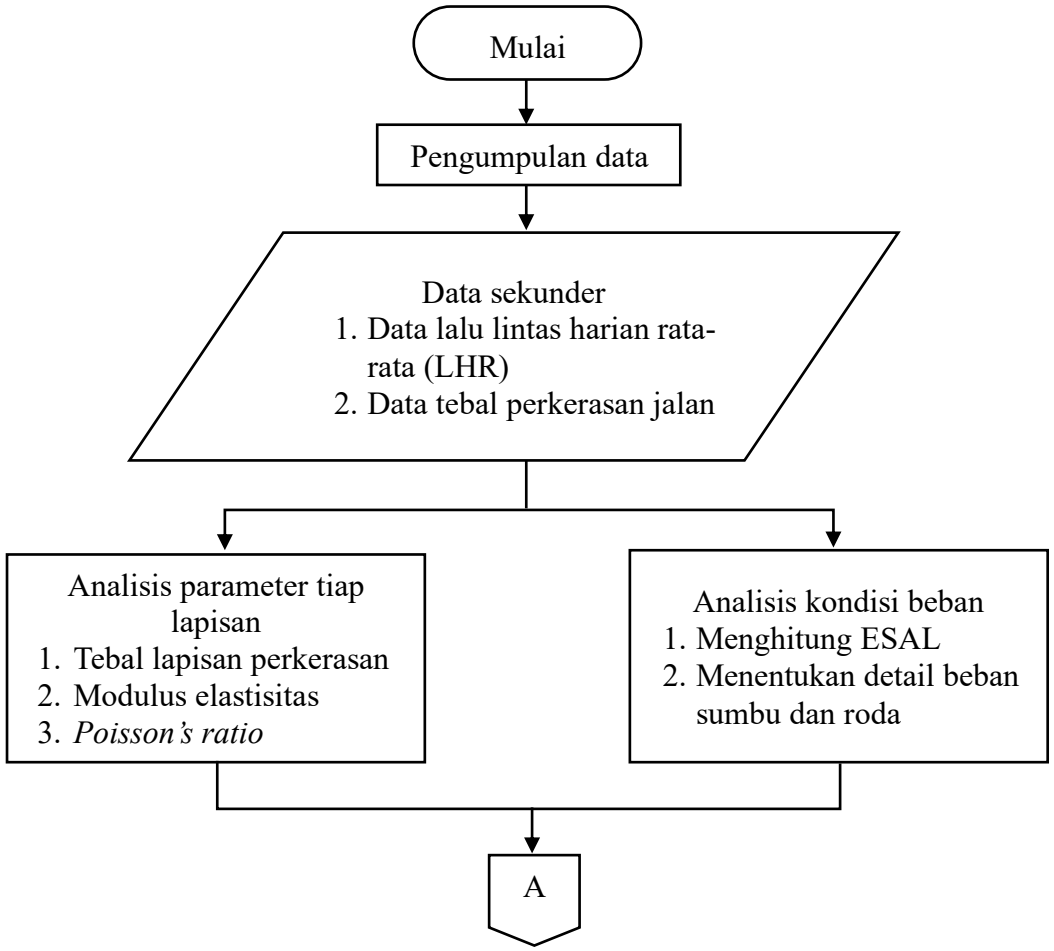
Metode mekanistik-empirik dengan menggunakan program KENPAVE bertujuan untuk memperoleh nilai tegangan dan regangan yang timbul pada struktur perkerasan akibat pengaruh beban lalu lintas pada ruas jalan. Data hasil perhitungan tegangan dan regangan tersebut kemudian dianalisis untuk menentukan batas beban gandar maksimum yang masih dapat diterima sebelum timbulnya kerusakan berupa *fatigue cracking, rutting,* dan *permanent deformation*. Setelah nilai kontrol beban gandar standar diketahui, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan umur pelayanan perkerasan jalan. Langkah-langkah analisis dengan program KENPAVE adalah sebagai berikut.

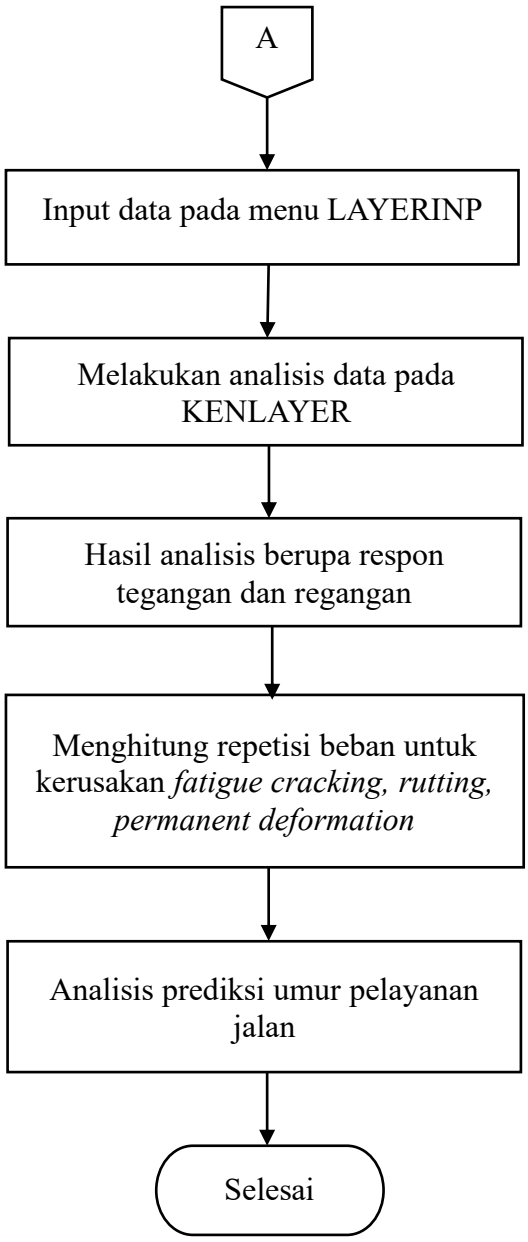
1. Menentukan parameter setiap lapisan perkerasan, yang meliputi:
    a. Ketebalan masing-masing lapisan perkerasan lentur.
    b. Nilai modulus elastisitas (E) pada tiap lapisan perkerasan.

c. Nilai *poisson's ratio* untuk setiap lapisan perkerasan.

2. Memasukkan data parameter ke dalam menu LAYERINP sesuai hasil yang telah diperoleh.
3. Melakukan analisis menggunakan menu KENLAYER untuk memperoleh output berupa nilai respon tegangan dan regangan akibat beban lalu lintas.
4. Menghitung batas kontrol beban gandar standar sebelum timbulnya kerusakan berupa *fatigue cracking, rutting,* dan *permanent deformation*.
5. Menghitung nilai *equivalent standard axle load* (ESAL).
6. Menganalisis hasil untuk memperkirakan umur pelayanan perkerasan jalan.

Untuk memperjelas tahapan prosees analisis data menggunakan program KENPAVE, bagan alir metode mekanistik-empirik dengan menggunakan program KENPAVE dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut ini.



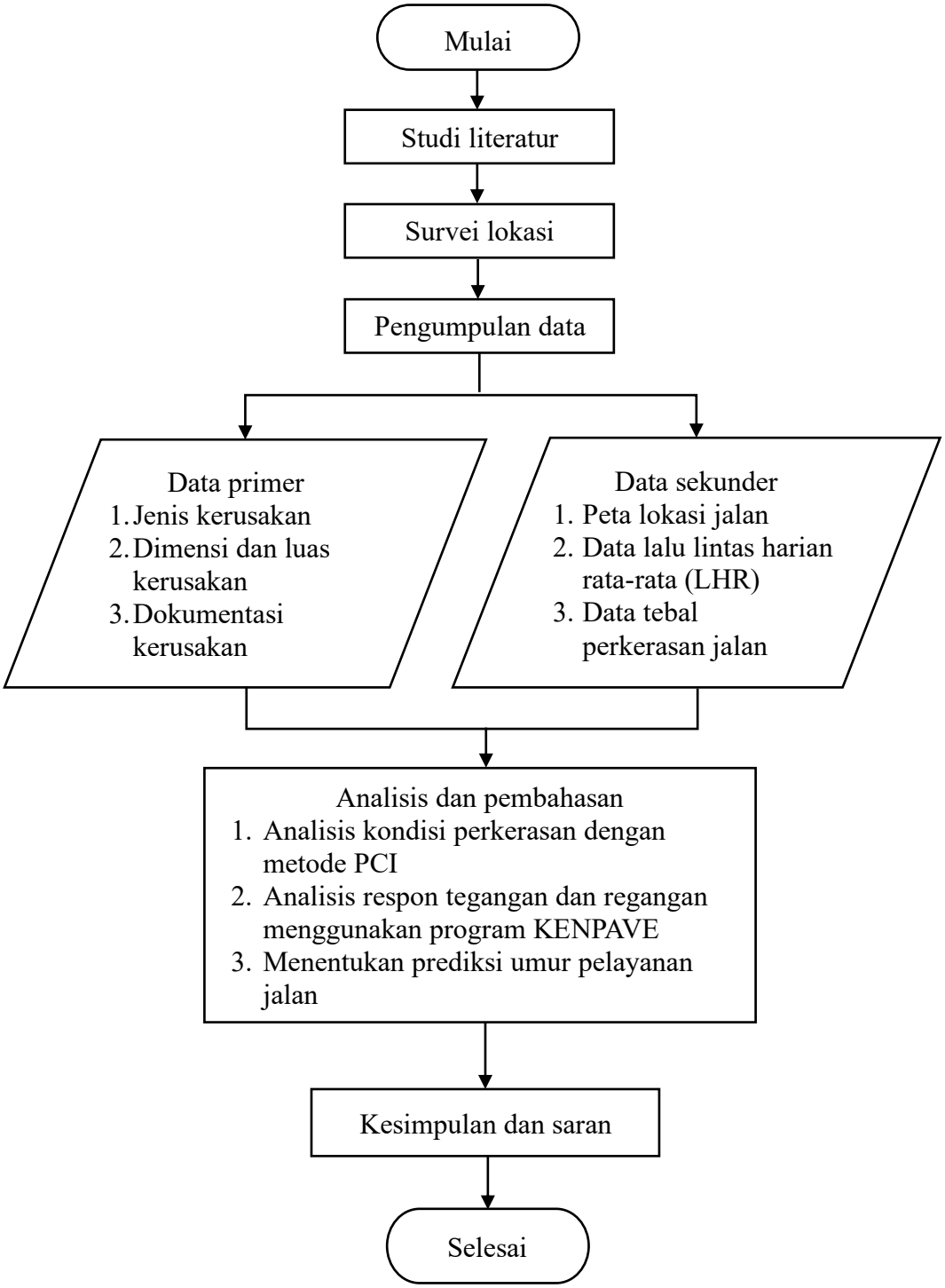


Gambar 4. 3 Bagan Alir Metode Mekanistik-Empirik

Analisis KENPAVE dilakukan dengan memasukkan parameter struktur perkerasan ke dalam LAYERINP, kemudian menganalisis respon tegangan dan regangan menggunakan KENLAYER. Hasil tersebut digunakan untuk menentukan batas beban gandar, menghitung ESAL, dan memperkirakan umur pelayanan berdasarkan kerusakan *fatigue cracking, rutting,* dan *permanent deformation*.

4.4 Bagan Alir Penelitian

Sebagai penjelasan yang lebih rinci mengenai proses pelaksanaan penelitian, bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4. 4 Bagan Alir

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengumpulan Data

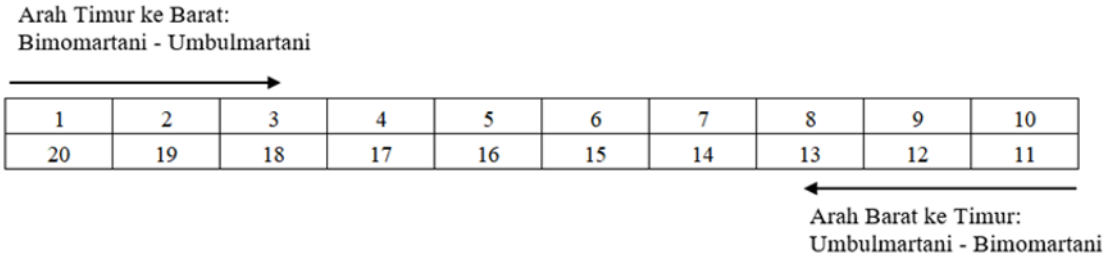
Dalam penelitian ini digunakan data primer dan data sekunder. Data primer dikumpulkan melalui survei langsung di lokasi penelitian, sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi terkait, yaitu Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan, dan Kawasan Permukiman (DPUPKP) Kabupaten Sleman.

5.1.1 Data Primer

Data primer yang diperlukan dalam penelitian ini berupa data geometri Jalan Grogolan Ngemplak pada tahun 2026. Data tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Tipe perkerasan : Perkerasan lentur
2. Panjang jalan yang diteliti : 1 km
3. Lebar jalan : 5 meter
4. Jumlah lajur : 2 lajur 2 arah tidak terbagi

Adapun pembagian segmen dalam penelitian ini dilakukan pada Jalan Grogolan Ngemplak dengan fokus pada segmen Sta. 1+600 hingga Sta. 2+600 sepanjang 1 km dengan lebar jalan 5 meter. Jalan tersebut kemudian dibagi menjadi beberapa segmen dengan panjang masing-masing sekitar 100 meter, sehingga diperoleh 20 segmen yang mewakili kondisi keseluruhan jalan. Pembagian segmen dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut ini.



Gambar 5. 1 Penandaan Segmen Jalan Grogolan Ngemplak

5.1.2 Data Sekunder

Data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini berupa data lalu lintas harian rata-rata dan data struktur perkerasan pada Jalan Grogolan Ngemplak yang diperoleh dari DPUPKP Kabupaten Sleman. Data tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Data Lalu Lintas Harian Rata-rata

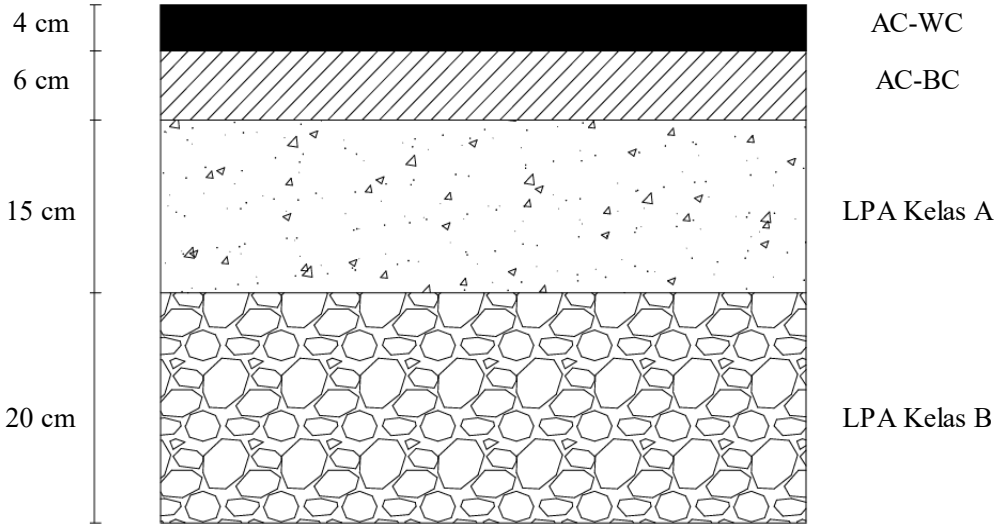
   Data lalu lintas harian rata-rata pada tahun 2023-2025 dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5. 1 Data Lalu Lintas Harian Rerata Tahun 2023-2025 (DPUPKP, 2026)

Klasifikasi Kendaraan	**LHR 2023 (Kend/hari)**	**LHR 2024 (Kend/hari)**	**LHR 2025 (Kend/hari)**
1	5317	5482	5770
2	54	56	59
3	1491	1537	1618
4	124	128	135
5A	18	19	22
5B	12	12	14
6A	11	10	11
6B	584	602	634
7A2	15	13	14
7B	0	0	0
7C	0	0	0
8	81	83	87

2. Data Struktur Perkerasan

   Struktur perkerasan eksisting pada Jalan Grogolan Ngemplak terdiri atas AC-WC dengan tebal 4 cm, AC-BC dengan tebal 6 cm, LPA dengan tebal 15 cm, dan LPB dengan tebal 20 cm. Berdasarkan informasi riwayat penanganan jalan dari DPUPKP Kabupaten Sleman, struktur perkerasan tersebut merupakan struktur setelah pelaksanaan *overlay* pada tahun 2018. Oleh karena itu, struktur tersebut digunakan sebagai struktur perkerasan eksisting dalam analisis mekanistik-empirik pada penelitian ini. Data struktur perkerasan eksisting pada Jalan Grogolan Ngemplak dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut ini.



Gambar 5. 2 Struktur Lapis Perkerasan Jalan Grogolan Ngemplak (DPUPKP, 2026)

5.2 Analisis *Pavement Condition Index* (PCI)

Berdasarkan metode *Pavement Condition Index* (PCI), dianalisis sebanyak 20 segmen. Pada pembahasan ini, segmen 7 dengan luas area 250 m^2 digunakan sebagai contoh perhitungan nilai PCI. Data kerusakan jalan pada segmen 7 dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5. 2 Hasil Pengamatan Kerusakan Pada Segmen 7

Jenis dan Tingkat Kerusakan	Kuantitas (m^2)			Total (m^2)
1L	1,35	0,81		2,16
7H	3,00	3,25	2,50	8,75
11L	2,64	1,30		3,94
13M	0,03	0,03		0,06
13H	0,30			0,30

Tabel 5.2 menunjukkan bahwa segmen 7 mengalami beragam kerusakan, yaitu jenis kerusakan retak kulit buaya dengan tingkat kerusakan *low* (1L), retak samping dengan tingkat kerusakan *high* (7H), tambalan dengan tingkat kerusakan *low* (11L), dan lubang dengan tingkat kerusakan *medium* (13M) dan *high* (13H).

5.2.1 Perhitungan Nilai PCI

Tahapan untuk menghitung nilai PCI pada segmen 7 dapat dlihat pada langkah-langkah berikut ini.

1. Menghitung Nilai *Density* dan *Deduct Value*

   Nilai *density* dihitung untuk setiap jenis kerusakan pada tiap segmen dengan membandingkan luas total kerusakan terhadap luas segmen tersebut. Sedangkan nilai *deduct value* diperoleh dari grafik hubungan antara *density* dan *deduct value* sesuai jenis serta tingkat kerusakan. Adapun tahapan perhitungan masing-masing nilai *density* dan *deduct value* adalah sebagai berikut.

   a. Retak kulit buaya

      Data luas area untuk jenis kerusakan retak kulit buaya dapat dilihat pada Tabel 5.3 di bawah ini.

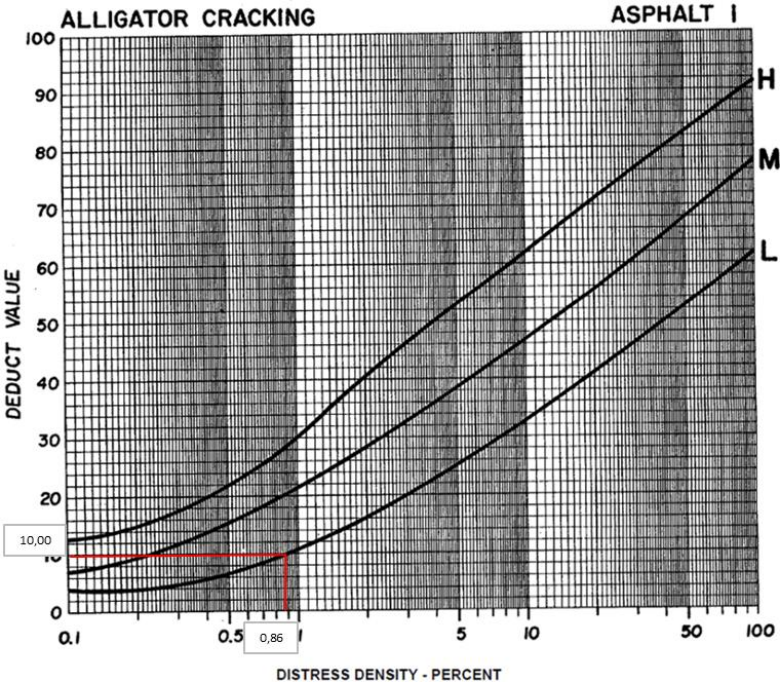
Tabel 5. 3 Nilai *Density* Jenis Kerusakan Retak Kulit Buaya

Jenis dan Tingkat Kerusakan	Luas Total (As) (m^2)	Luas Kerusakan (Ad) (m^2)	*Density* (%)
1L	250	2,16	0,86

Perhitungan nilai *density* pada kerusakan retak kulit buaya dengan tingkat kerusakan *low* dilakukan sebagai berikut.

$$\textit{Density} = \frac{\text{Ad}}{\text{As}} \times 100\%$$
$$= \frac{2{,}16}{250} \times 100\%$$
$$= 0{,}86\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai *density* sebesar 0,86% untuk tingkat kerusakan *low*. Nilai tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan *deduct value* pada kerusakan retak kulit buaya dengan mengacu grafik pada Gambar 5.3 berikut ini.



Gambar 5. 3 Nilai *Deduct Value* Jenis Kerusakan Retak Kulit Buaya

Dari Gambar 5.3 dapat diketahui bahwa nilai *deduct value* kerusakan retak kulit buaya pada tingkat kerusakan *low* sebesar 10,00.

b. Retak samping

Data luas area untuk jenis kerusakan retak samping dapat dilihat pada Tabel 5.4 di bawah ini.

Tabel 5. 4 Nilai *Density* Jenis Kerusakan Retak Samping

Jenis dan Tingkat Kerusakan	Luas Total (As) (m^2)	Luas Kerusakan (Ad) (m^2)	*Density* (%)
7H	250	8,75	3,50

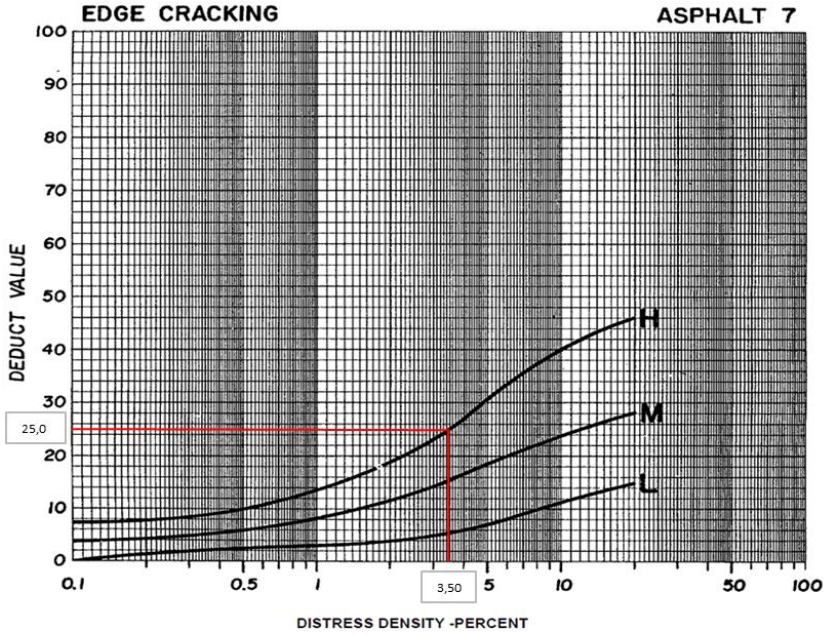
Perhitungan nilai *density* pada kerusakan retak samping dengan tingkat kerusakan *high* dilakukan sebagai berikut.

$$Density = \frac{\text{Ad}}{\text{As}} \times 100\%$$

$$= \frac{8{,}75}{250} \times 100\%$$

$$= 3{,}50\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai *density* sebesar 3,50% untuk tingkat kerusakan *high*. Nilai tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan *deduct value* pada kerusakan retak samping dengan mengacu grafik pada Gambar 5.4 berikut ini.



Gambar 5. 4 Nilai *Deduct Value* Jenis Kerusakan Retak Samping

Dari Gambar 5.4 dapat diketahui bahwa nilai *deduct value* kerusakan retak samping pada tingkat kerusakan *high* sebesar 25,00.

c. Tambalan

Data luas area untuk jenis kerusakan tambalan dapat dilihat pada Tabel 5.5 di bawah ini.

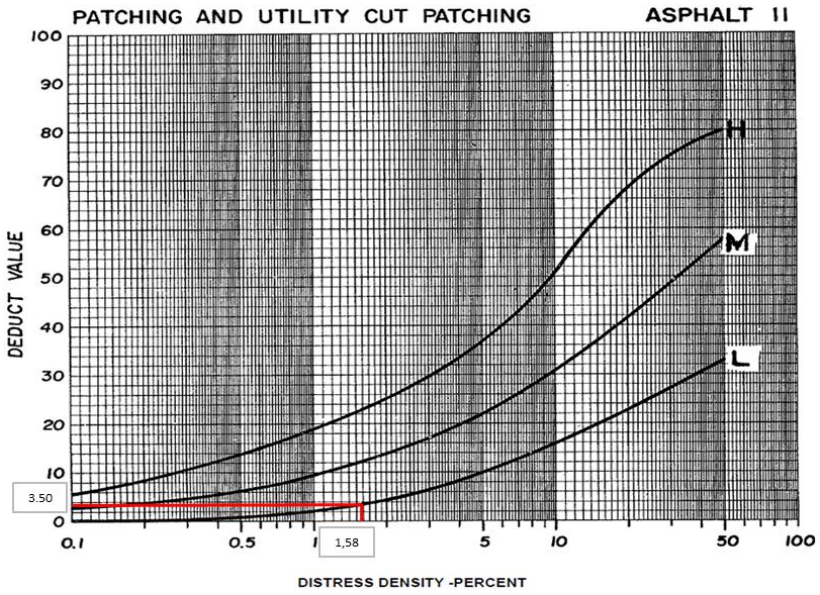
Tabel 5. 5 Nilai *Density* Jenis Kerusakan Tambalan

Jenis dan Tingkat Kerusakan	Luas Total (As) (m^2)	Luas Kerusakan (Ad) (m^2)	*Density* (%)
11L	250	3,94	1,58

Perhitungan nilai *density* pada kerusakan tambalan dengan tingkat kerusakan *low* dilakukan sebagai berikut.

$$Density = \frac{\text{Ad}}{\text{As}} \times 100\%$$
$$= \frac{3{,}94}{250} \times 100\%$$
$$= 1{,}58\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai *density* sebesar 1,58% untuk tingkat kerusakan *low*. Nilai tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan *deduct value* pada kerusakan tambalan dengan mengacu grafik pada Gambar 5.5 berikut ini.



Gambar 5. 5 Nilai *Deduct Value* Jenis Kerusakan Tambalan

Dari Gambar 5.5 dapat diketahui bahwa nilai *deduct value* kerusakan tambalan pada tingkat kerusakan *low* sebesar 3,50.

d. Lubang

Data luas area untuk jenis kerusakan lubang dapat dilihat pada Tabel 5.6 di bawah ini.

Tabel 5. 6 Nilai *Density* Jenis Kerusakan Lubang

Jenis dan Tingkat Kerusakan	Luas Total (As) (m^2)	Luas Kerusakan (Ad) (m^2)	*Density* (%)
13M	250	0,06	0,03
13H	250	0,30	0,12

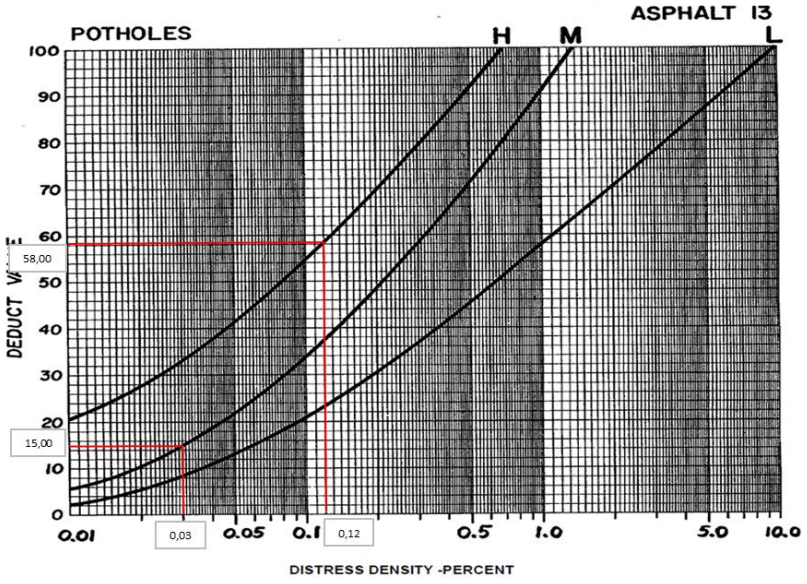
Perhitungan nilai *density* pada kerusakan lubang dengan tingkat kerusakan *medium* dilakukan sebagai berikut.

$$Density = \frac{\text{Ad}}{\text{As}} \times 100\%$$
$$= \frac{0{,}06}{250} \times 100\%$$
$$= 0{,}03\%$$

Sedangkan untuk kerusakan lubang dengan tingkat kerusakan *high* dilakukan sebagai berikut.

$$Density = \frac{\text{Ad}}{\text{As}} \times 100\%$$
$$= \frac{0{,}30}{250} \times 100\%$$
$$= 0{,}12\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai *density* sebesar 0,03% untuk tingkat kerusakan *medium* dan 0,12% untuk tingkat kerusakan *high*. Nilai tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan *deduct value* pada kerusakan tambalan dengan mengacu grafik pada Gambar 5.6 berikut ini.



Gambar 5. 6 Nilai *Deduct Value* Jenis Kerusakan Lubang

Dari Gambar 5.6 dapat diketahui bahwa nilai *deduct value* kerusakan lubang pada tingkat kerusakan *medium* sebesar 15,00 dan tingkat kerusakan *high* sebesar 58,00.

2. Menentukan Nilai Pengurangan Ijin Maksimum (m)

   Pada segmen 7 terdapat lima nilai *deduct value* yang telah diurutkan dari yang terbesar, yaitu 58,00; 25,00; 15,00; 10,00; 3,50. Seluruh nilai *deduct value* yang digunakan adalah yang lebih besar dari 2. Pada segmen ini, seluruh nilai memenuhi kriteria tersebut, dengan nilai *deduct value* tertinggi sebesar 58,00. Perhitungan nilai pengurangan izin maksimum (m) dapat dilakukan menggunakan Persamaan 3.3 berikut.

$$m = 1 + \left[\frac{9}{98} \times (100 - HDV)\right]$$
$$= 1 + \left[\frac{9}{98} \times (100 - 58{,}00)\right]$$
$$= 4{,}8571$$

   Hasil penentuan nilai pengurangan izin maksimum (m) berdasarkan prosedur yang digunakan menunjukkan nilai sebesar 4,8571. Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan jumlah individual *deduct value* yang berjumlah 5 data. Oleh karena itu, digunakan 5 data *deduct value* dari yang terbesar, yaitu 58,00; 25,00; 15,00; 10,00; (0,8571 x 3,50 = 3,00). Angka 0,8571 didapatkan dari 4,8571 − 4 = 0,8571.

3. Menentukan Nilai Pengurangan Total *(Total Deduct Value)*

   Nilai TDV adalah jumlah keseluruhan nilai *deduct value* dari setiap jenis dan tingkat kerusakan pada satu unit segmen yang telah memenuhi ketentuan nilai pengurangaan izin maksimum (m). nilai *deduct value* kemudian diurutkan dari yang terbesar hingga terkecil. Selanjutnya dilakukan proses iterasi dengan mengubah nilai yang lebih besar dari 2 menjadi 2. Proses iterasi dilakukan hingga diperoleh nilai q = 1. Perhitungan nilai TDV melalui tahapan iterasi dapat dilakukan sebagai berikut.

58,00+25,00+15,00+10,00+3,00 = 111,00 (q5)

58,00+25,00+15,00+10,00+2 = 110,00 (q4)

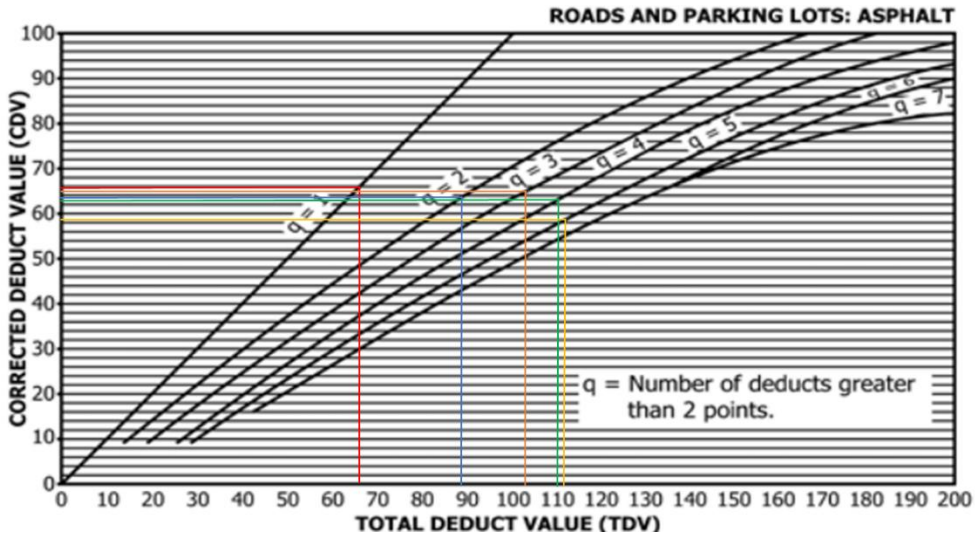
58,00+25,00+15,00+2+2 = 102,00 (q3)

58,00+25,00+2+2+2 = 89,00 (q2)

58,00+2+2+2+2 = 66,00 (q1)

4. Menentukan Nilai Pengurangan Terkoreksi *(Corrected Deduct Value)*

   Nilai CDV ditentukan berdasarkan hasil perhitungan TDV dengan menggunakan grafik hubungan antara TDV terhadap CDV yang dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut ini.



Gambar 5. 7 Grafik *Corrected Deduct Value* pada Segmen 7

Berdasarkan grafik tersebut, nilai CDV maksimum pada segmen 7 sebesar . perhitungan TDV dan CDV pada segmen 7 dapat dilihat peda Tabel 5.7 berikut ini.

Tabel 5. 7 Perhitungan TDV dan CDV pada Segmen 7

Iterasi	*Deduct Values*					TDV	q	CDV
1	58,00	25,00	15,00	10,00	3,00	111,00	5	58,50
2	58,00	25,00	15,00	10,00	2,00	110,00	4	63,00
3	58,00	25,00	15,00	2,00	2,00	102,00	3	65,00
4	58,00	25,00	2,00	2,00	2,00	89,00	2	63,50
5	58,00	2,00	2,00	2,00	2,00	66,00	1	66,00

5. Menghitung Nilai *Pavement Condition Index* (PCI)

   Setelah nilai CDV diperoleh, selanjutnya dapat ditentukan nilai PCI pada segmen 7. Adapun perhitungan nilai PCI pada segmen 7 adalah sebagai berikut.

   PCIs = 100-*Max* CDV

   = 100 – 66,00

   = 34,00

   Berdasarkan hasil perhitungan, nilai PCI pada segmen 7 diperoleh sebesar 34,00 sehingga termasuk dalam kategori *very poor*. Proses perhitungan pada segmen berikutnya dilakukan menggunakan tahapan yang sama seperti contoh perhitungan pada segmen 7. Rekapitulasi hasil PCI untuk setiap unit segmen dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut ini.

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Nilai PCI Tiap Segmen

Segmen	**Nilai PCI**	**Kondisi**
Arah Bimomartani-Umbulmartani		
1	70,00	*Fair*
2	60,50	*Fair*
3	59,80	*Fair*
4	58,50	*Fair*
5	27,00	*Very Poor*
6	20,50	*Serious*
7	34,00	*Very Poor*
8	31,00	*Very Poor*
9	63,00	*Fair*
10	61,70	*Fair*
Arah Umbulmartani-Bimomartani		
11	27,40	*Very Poor*
12	68,50	*Fair*
13	62,00	*Fair*
14	55,50	*Fair*
15	20,40	*Serious*
16	16,00	*Serious*
17	57,00	*Fair*
18	36,50	*Very Poor*

Lanjutan Tabel 5.8 Rekapitulasi Nilai PCI Tiap Segmen

Segmen	Nilai PCI	Kondisi
19	61,00	*Fair*
20	73,50	*Satisfactory*
Total Nilai PCI	963,80	

Pada Tabel 5.8, segmen jalan dibagi berdasarkan arah lalu lintas, yaitu arah Bimomartani–Umbulmartani dan arah Umbulmartani–Bimomartani. Pemisahan segmen berdasarkan arah dilakukan untuk mengidentifikasi perbedaan kondisi perkerasan pada masing-masing arah, karena tingkat dan jenis kerusakan yang terjadi dapat berbeda pada setiap arah lalu lintas. Dengan pemisahan tersebut, kondisi perkerasan dapat dievaluasi secara lebih spesifik sehingga perbedaan tingkat kerusakan pada kedua arah tidak tertutupi oleh nilai rata-rata keseluruhan. Setelah nilai PCI pada setiap segmen diperoleh, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai PCI rata-rata untuk keseluruhan Jalan Grogolan Ngemplak. Nilai PCI untuk keseluruhan segmen jalan dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut.

$$PCI_f = \frac{\Sigma\ PCIs}{N}$$

$$= \frac{963,80}{20}$$

$$= 48,19\ (\textit{poor})$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai PCI rata-rata pada seluruh Jalan Grogolan Ngemplak sebesar 48,19 yang termasuk dalam kategori *poor*.

5.3 Analisis Respon Tegangan dan Regangan dengan Program KENPAVE

Evaluasi kinerja perkerasan jalan dalam penelitian ini dilakukan dengan metode mekanistik-empirik menggunakan program KENPAVE yang mampu menganalisis nilai regangan struktur jalan akibat beban lalu lintas dengan menggunakan pendekatan elastik. Nilai regangan tersebut digunakan sebagai dasar untuk menentukan jumlah repetisi beban yang dapat diterima sebelum perkerasan jalan

mengalami kerusakan. Berikut merupakan uraian analisis kerusakan menggunakan program KENPAVE.

5.3.1 Karakteristik Material

Analisis menggunakan metode mekanistik-empirik memerlukan parameter material berupa modulus elastisitas dan *poisson's ratio* pada setiap lapis perkerasan. Nilai modulus elastisitas dan *poisson's ratio* tersebut diperoleh dari Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga Tahun 2024. Nilai modulus elastisitas dan *poisson's ratio* untuk lapisan perkerasan eksisting menggunakan nilai yang telah direduksi sebesar 52%. Besarnya reduksi tersebut diperoleh berdasarkan nilai PCI hasil penelitian ini sebesar 48,19. Hal tersebut menunjukkan bahwa analisis struktur perkerasan menggunakan metode mekanistik-empirik dilakukan sesuai kondisi aktual jalan saat ini. Nilai modulus elastisitas dan *poisson's ratio* masing-masing lapisan perkerasan dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan Tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5. 9 Nilai Modulus Elastisitas

Lapisan	**Modulus Elastisitas Awal, E (Kpa)**	**Modulus Elastisitas Setelah Direduksi, E (Kpa)**
AC-WC	1.100.000	528.000
AC-BC	1.200.000	576.000
LPA Kelas A	220.000	220.000
LPA Kelas B	170.000	170.000
Subgrade	115.400	115.400

Tabel 5. 10 Nilai *Poisson's Ratio*

Lapisan	***Poisson's Ratio***
AC-WC	0,4
AC-BC	0,4
LPA Kelas A	0,35
LPA Kelas B	0,35
Subgrade	0,45

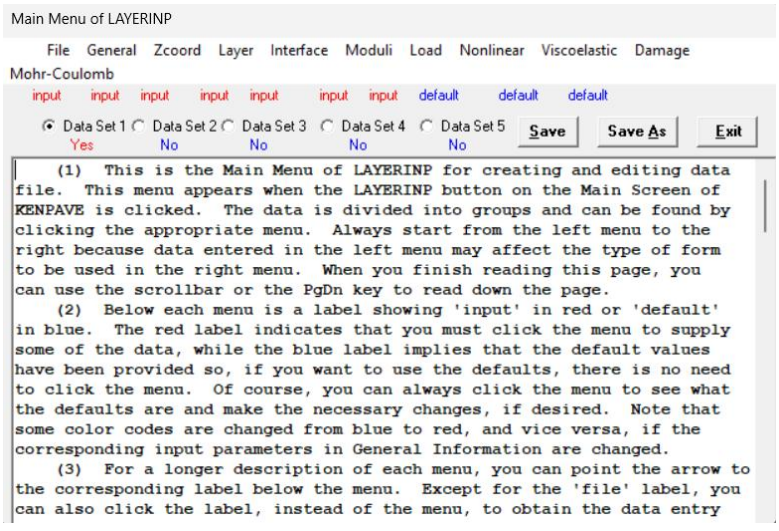
Berdasarkan Tabel 5.9 dan Tabel 5.10, penyesuaian parameter material dilakukan dengan mereduksi modulus elastisitas pada lapisan AC-WC dan AC-BC berdasarkan kondisi perkerasan yang direpresentasikan oleh nilai PCI sebesar 48,19. Reduksi tidak diterapkan pada LPA Kelas A, LPA Kelas B, dan subgrade karena hasil PCI tidak secara langsung menunjukkan penurunan kekakuan pada lapisan tersebut. Sementara itu, nilai Poisson's ratio tidak direduksi dan tetap menggunakan nilai acuan sesuai karakteristik masing-masing material, karena parameter tersebut menggambarkan hubungan regangan lateral dan longitudinal, bukan tingkat kekakuan material.

5.3.2 Analisis Menggunakan Program KENPAVE

Pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap perkerasan eksisting menggunakan program LAYERINP dan KENLAYER, yaitu program yang dirancang untuk analisis perkerasan lentur. Tahapan yang dilakukan untuk menentukan nilai tegangan dan regangan menggunakan program KENPAVE dijelaskan sebagai berikut.

1. LAYERINP

   Langkah-langkah penggunaan program KENPAVE dimulai dengan memilih menu LAYERINP, kemudian membuka menu *file* dan memilih opsi *new file* untuk membuat data analisis baru. Tampilan awal dari menu LAYERINP dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut ini.



Gambar 5. 8 Tampilan Awal Menu LAYERINP

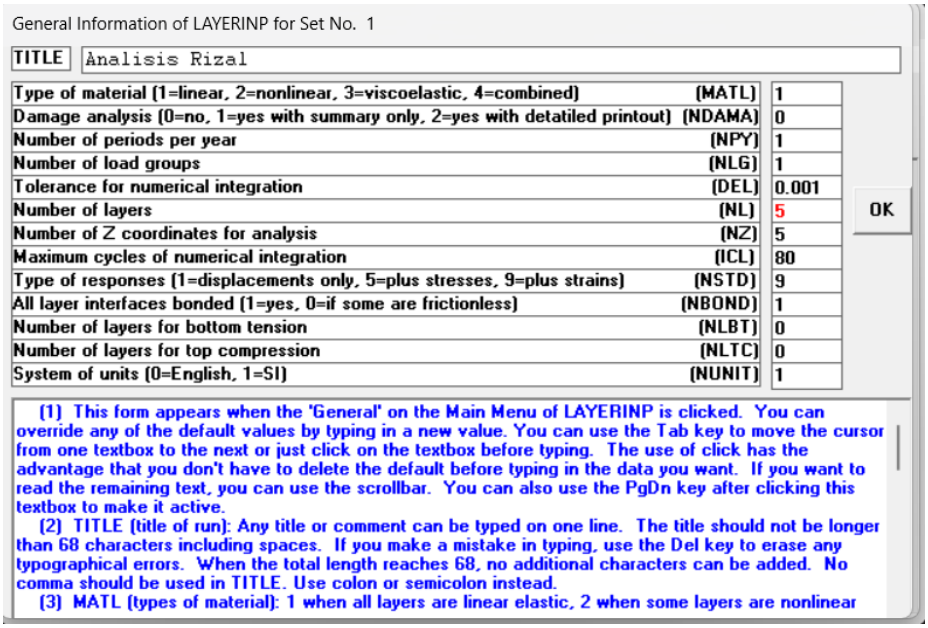
2. *General*

Menu *general* memerlukan beberapa data yang diisi untuk proses analisis. Data-data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut ini.

Tabel 5. 11 *Input* Data pada Menu *General*

Parameter	**Nilai**	**Keterangan**
Title	Analisis Rizal	Judul diisi sesuai kebutuhan
MATL	1	Analisis lapisan perkerasan adalah linear elastik
NDAMA	0	Tidak terdapat analisis kerusakan
NPY	1	Mengikuti KENPAVE
NLG	1	Mengikuti KENPAVE
DEL	0,001	Standar akurasi
NL	5	Jumlah lapisan perkerasan (AC-WC, AC-BC, LPA Kelas A, LPA Kelas B)
NZ	5	Jumlah titik tinjauan kerusakan
ICL	80	Mengikuti KENPAVE
NSTD	9	Hasil analisis berupa perpindahan vertikal, tegangan, dan regangan
NBOND	1	Semua lapisan saling terikat
NLBT	0	Mengikuti KENPAVE
NLTC	0	Mengikuti KENPAVE
NUNIT	1	Satuan yang digunakan adalah SI (Standar Internasional)

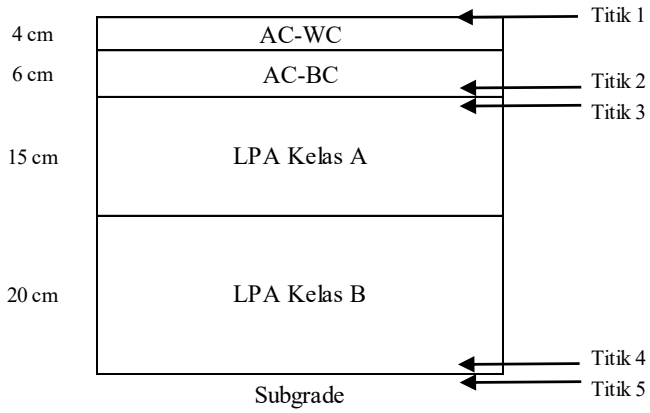
Berikut ini merupakan tampilan menu *general* setelah pengisian seluruh data dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5. 9 Tampilan Menu *General*

3. *Zcoord*

Menu *zcoord* digunakan untuk memasukkan jumlah titik analisis berdasarkan posisi titik yang akan ditinjau terhadap potensi kerusakan perkerasan. Jumlah titik yang dimasukkan harus sama dengan nilai NZ pada menu *general*. Lokasi titik tinjau ditentukan sesuai dengan teori analisis yang digunakan untuk menentukan kemampuan perkerasan dalam menahan beban gandar standar sebelum terjadi kerusakan seperti *fatigue cracking, rutting,* dan *permanent deformation*. Dalam penelitian ini, analisis dilakukan pada 5 titik tinjauan yang dapat ditunjukkan pada Gambar 5.10 berikut ini.



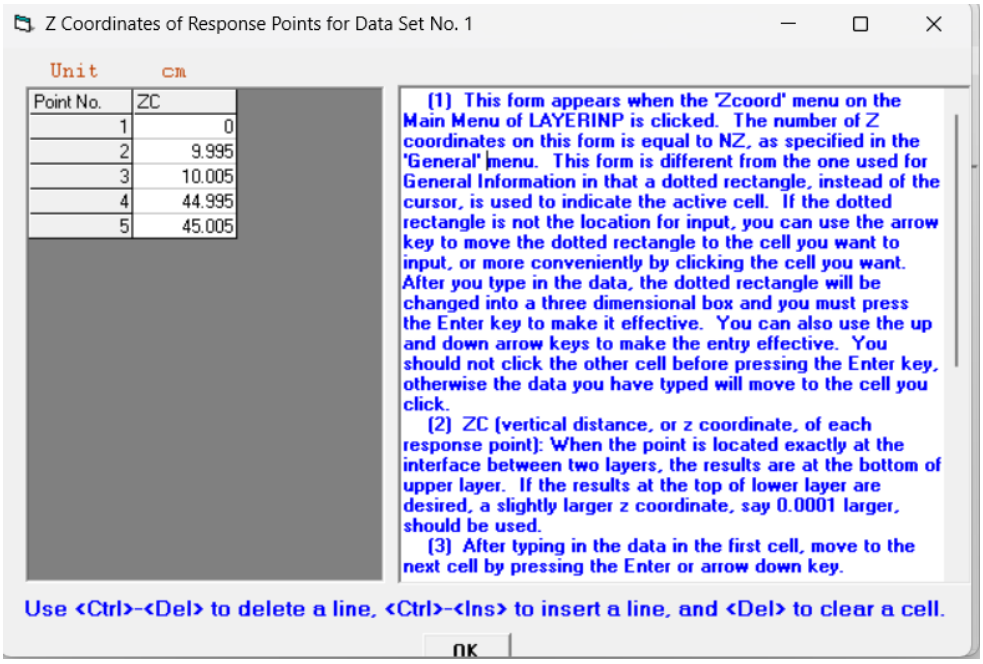
Gambar 5. 10 Kedalaman Titik Tinjau Kerusakan

Data yang harus dimasukkan pada menu *zcoord* dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut ini.

Tabel 5. 12 *Input* Data pada Menu *Zcoord*

No	Kedalaman (cm)	Keterangan
1	0	Permukaan lapisan perkerasan
2	9,995	Dasar lapisan perkerasan
3	10,005	Permukaan lapisan pondasi
4	44,995	Dasar lapisan pondasi
5	45,005	Permukaan lapisan tanah dasar

Adapun tampilan menu *zcoord* setelah proses pengisian dapat dilihat pada Gambar 5.11.



Gambar 5. 11 Tampilan Menu *Zcoord*

4. *Layer*

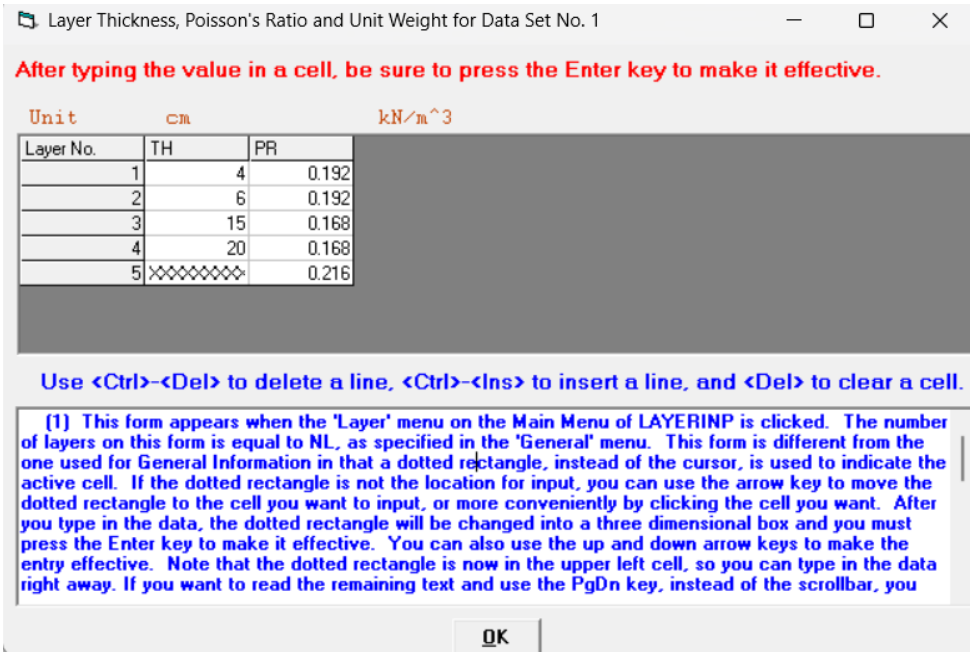
Pengisian data pada menu *layer* terdiri dari tebal lapisan perkerasan dan nilai *poisson's ratio* untuk setiap lapisan. Nilai *poisson's ratio* yang digunakan merupakan nilai yang telah disesuaikan dengan kondisi aktual jalan seperti pada

Tabel 5.10. Adapun data yang diperlukan untuk pengisian pada menu *layer* dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

Tabel 5. 13 *Input* Data pada Menu *Layer*

No	Tebal (cm)	*Poisson's Ratio*	Keterangan
1	4	0,4	AC-WC
2	6	0,4	AC-BC
3	15	0,35	LPA Kelas A
4	20	0,35	LPA Kelas B
5	∞	0,45	*Subgrade*

Berikut ini merupakan tampilan menu *layer* setelah proses pengisian data dapat dilihat pada Gambar 5.12.



Gambar 5. 12 Tampilan Menu *Layer*

5. *Moduli*

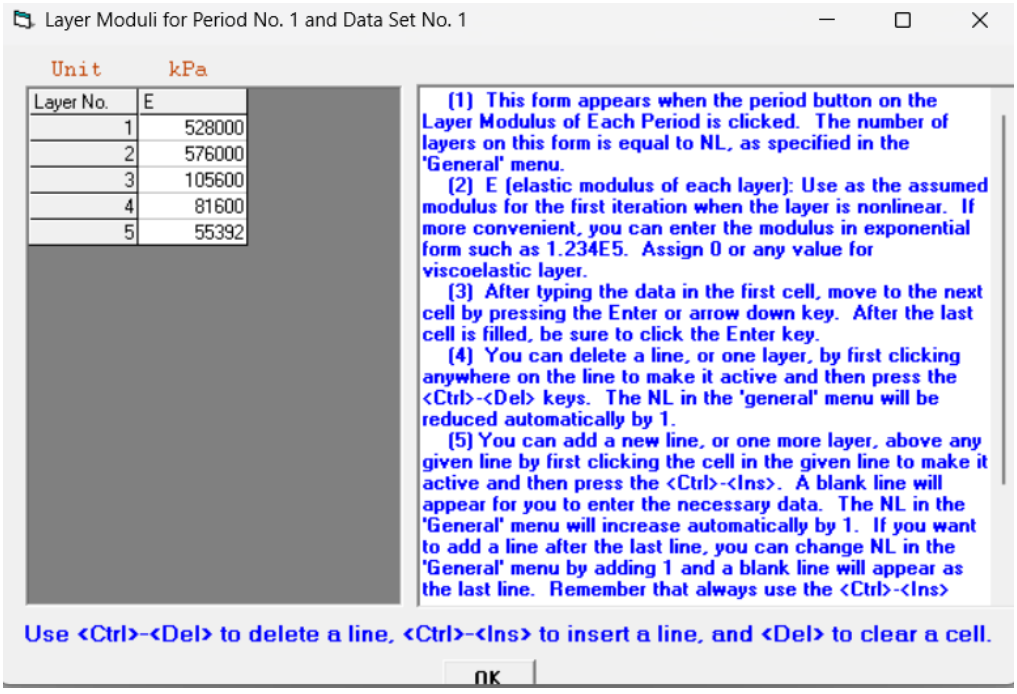
Pada menu *moduli* digunakan untuk memasukkan nilai modulus elastisitas untuk setiap lapisan perkerasan. Nilai modulus elastisitas yang digunakan merupakan nilai yang telah disesuaikan dengan kondisi aktual jalan seperti pada

Tabel 5.9. Adapun data yang diperlukan untuk pengisian pada menu *moduli* dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

Tabel 5. 14 *Input* Data pada Menu *Moduli*

No	Modulus Elastisitas (Kpa)	Keterangan
1	528.000	AC-WC
2	576.000	AC-BC
3	220.000	LPA Kelas A
4	170.000	LPA Kelas B
5	115.400	*Subgrade*

Berikut ini merupakan tampilan menu *moduli* setelah proses pengisian data dapat dilihat pada Gambar 5.13.



Gambar 5. 13 Tampilan Menu *Moduli*

6. *Load*

Pengisian parameter pada menu *load* dilakukan menggunakan data sumbu standar berupa sumbu tunggal roda ganda seperti pada Gambar 3.12. Data yang diperlukan meliputi beban sumbu, lebar bidang kotak ban, jarak antar roda

ganda, dan tekanan ban. Menurut Sukirman (2010), spesifikasi sumbu standar yang digunakan adalah sebagai berikut.

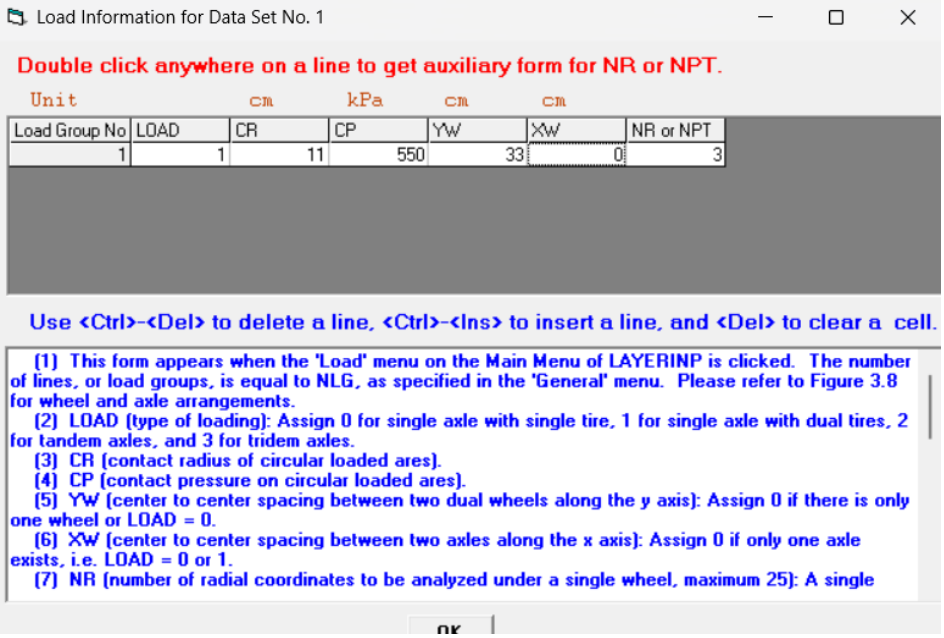
a. Beban sumbu 8.160 kg (8,16 ton),
b. Tekanan roda satu ban 0,55 MPa,
c. Lebar bidang kotak 11 cm, dan
d. Jarak antara masing-masing sumbu roda ganda 33 cm.

Data yang diperlukan untuk pengisian pada menu *load* dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut ini.

Tabel 5. 15 *Input* Data pada Menu *Load*

Parameter	**Nilai**	**Keterangan**
Load	1	*Single axle load*, atau beban sumbu standar sebesar 8,16 ton
CR	11	Lebar bidang kotak (cm)
CP	550	Nilai tekanan roda satu ban (Kpa)
YW	33	Jarak antara masing-masing sumbu roda ganda (cm)
XW	0	Karena menggunakan sumbu tunggal, maka tidak perlu dispesifikasikan
NR *or* NPT	3	Jumlah titik pada koordinat X dan Y yang akan dianalisis

Berikut ini merupakan tampilan menu *load* setelah proses pengisian data dapat dilihat pada Gambar 5.14.



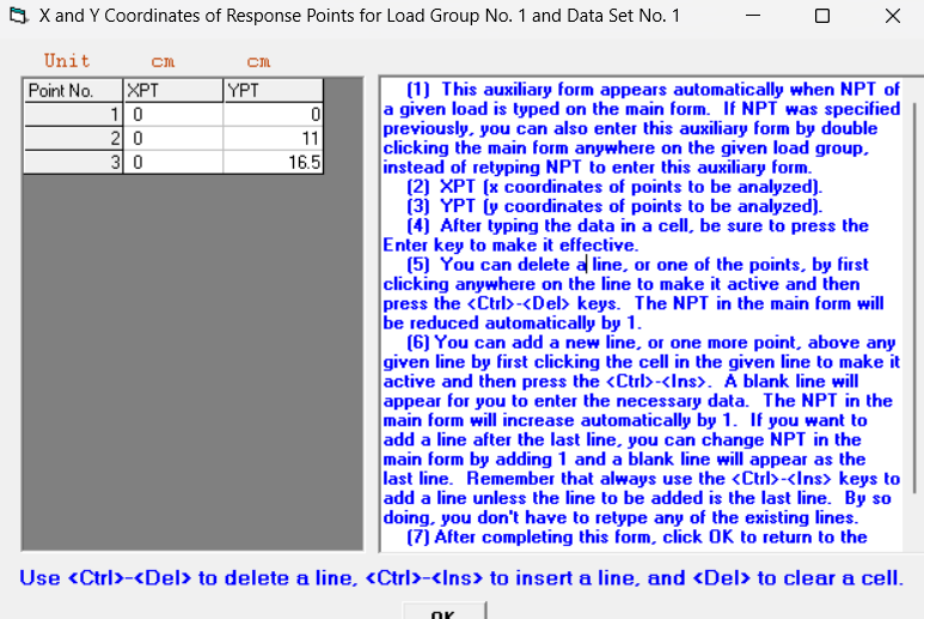
Gambar 5. 14 Tampilan Menu *Load*

Nilai NPT yang digunakan dalam penelitian ini adalah 3, sehingga diperlukan tiga titik tinjauan beban yang berbeda. Oleh karena itu, data koordinat X dan Y untuk masing-masing titik tinjauan sesuai konfigurasi roda. Data yang digunakan pada menu NPT dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut ini.

Tabel 5. 16 *Input* Data pada Menu NPT

No	XPT	YPT
1	0	0
2	0	11
3	0	16,5

Tampilan menu NPT setelah seluruh data dimasukkan dapat dilihat pada Gambar 5.15.



Gambar 5. 15 Tampilan Menu NPT

5.3.3 Hasil Analisis KENLAYER

Analisis menggunakan program KENLAYER menghasilkan output berupa nilai tegangan dan regangan pada perkerasan berdasarkan titik koordinat yang telah dimasukkan. Hasil analisis program KENLAYER menggunakan pemodelan elastik linear dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut ini.

Tabel 5. 17 Hasil Analisis Program KENLAYER

No	Koordinat Vertikal	Regangan Vertikal	Regangan Horizontal
1	0	550.00	873.18
		0.0007709	0.0010470
	9,995	260.34	-282.89
		0.0003734	-0.0006163
	10,005	260.14	-9.92
		0.0025140	-0.0006203
	44,995	42.86	-12.38
		0.0005842	-0.0002811
	45,005	42.85	-4.17
		0.0002853	-0.0002811

Lanjutan Tabel 5.17 Hasil Analisis Program KENLAYER

No	Koordinat Vertikal	Regangan Vertikal	Regangan Horizontal
2	0	550.00	431.91
		0.0002609	0.0004741
	9,995	178.30	43.48
		0.0002486	-0.0004267
	10,005	178.24	29.88
		0.0016600	-0.0005531
	44,995	46.65	-13.32
		0.0006380	-0.0003021
	45,005	46.63	-3.80
		0.0003048	-0.0003021
3	0	0.00	339.97
		0.0001939	0.0003373
	9,995	140.59	140.59
		0.0002017	-0.0003438
	10,005	140.60	59.44
		0.0012680	-0.0005059
	44,995	47.10	-13.40
		0.0006443	-0.0003048
	45,005	47.08	-3.73
		0.0003715	-0.0003048

Berdasarkan Tabel di atas dapat diperoleh hasil akhir berupa nilai tegangan dan regangan maksimum yang terjadi pada titik yang ditinjau. Nilai tegangan dan regangan maksimum yang diperoleh akan digunakan untuk menghitung jumlah beban gandar yang dapat ditahan serta memperkirakan umur pelayanan perkerasan. Rekapitulasi hasil analisis program KENLAYER menggunakan pemodelan elastik linear dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut ini.

Tabel 5. 18 Rekapitulasi Hasil Analisis Program KENLAYER

Titik Koordinat	***Horizontal Strain* Kedalaman 9,995 cm**	***Vertical Strain* Kedalaman 9,995 cm**	***Vertical Strain* Kedalaman 45,005 cm**
1	0.0006163	0.0003734	0.0002853
2	0.0004267	0.0002486	0.0003048
3	0.0003438	0.0002017	0.0003715
Nilai Maksimal	0.0006163	0.0003734	0.0003715

5.3.4 Analisis Kerusakan Pada Struktur Perkerasan Jalan

Nilai tegangan dan regangan maksimum yang telah diperoleh dari hasil analisis program KENLAYER, tahap berikutnya adalah melakukan analisis terhadap kerusakan *fatigue cracking, rutting,* dan *permanent deformation* untuk memprediksi umur pelayanan perkerasan. Analisis tersebut dilakukan dengan menentukan nilai Nf, Nr, dan Nd yang dihitung menggunakan Persamaan 3.7, Persamaan 3.8, dan Persamaan 3.9.

1. Kerusakan *Fatigue Cracking*

   Perhitungan jumlah beban gandar untuk kerusakan *fatigue cracking* adalah sebagai berikut.

   $$Nf = 0{,}0796 \times \varepsilon_t^{-3{,}921} \times E^{-0{,}854}$$
   $$= 0{,}0796 \times 0{,}0006163^{-3{,}921} \times 576.000^{-0{,}854}$$
   $$= 3.704.565 \text{ ESAL}$$

2. Kerusakan *Rutting*

   Perhitungan jumlah beban gandar untuk kerusakan *rutting* adalah sebagai berikut.

   $$Nr = 1{,}365 \times 10^{-9} \times \varepsilon_c^{-4{,}477}$$
   $$= 1{,}365 \times 10^{-9} \times 0{,}0003734^{-4{,}477}$$
   $$= 3.030.458 \text{ ESAL}$$

3. Kerusakan *Permanent Deformation*

   Perhitungan jumlah beban gandar untuk kerusakan *permanent deformation* adalah sebagai berikut.

$$Nd = 1{,}365 \times 10^{-9} \times \varepsilon_c^{-4{,}477}$$
$$= 1{,}365 \times 10^{-9} \times 0{,}0003715^{-4{,}477}$$
$$= 3.100.466 \text{ ESAL}$$

Berdasarkan nilai kontrol jumlah beban gandar yang diperoleh, dapat diketahui bahwa Jalan Grogolan diperkirakan mengalami kerusakan *fatigue cracking* setelah menerima beban lalu lintas sebesar 3.704.565 ESAL, kerusakan *rutting* menerima beban lalu lintas sebesar 3.030.458 ESAL, sedangkan kerusakan *permanent deformation* menerima beban lalu lintas sebesar 3.100.466 ESAL. Nilai kontrol tersebut akan digunakan sebagai dasar untuk memperkirakan umur pelayanan Jalan Grogolan terhadap masing-masing jenis kerusakan.

5.4 Analisis Prediksi Umur Pelayanan Perkerasan Jalan

Analisis prediksi umur pelayanan jalan dilakukan untuk menilai kapasitas struktur perkerasan dalam menerima beban lalu lintas selama masa layan tertentu sesuai dengan kondisi lalu lintas pada Jalan Grogolan. Perhitungan tersebut dilakukan dengan menggunakan data LHR, faktor pertumbuhan lalu lintas, VDF, faktor distribusi arah, faktor distribusi lajur, serta menghitung beban sumbu standar kumulatif atau CESAL. Data LHR tahun 2023-2025 pada Jalan Grogolan diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan, dan Kawasan Permukiman (DPUPKP) Kabupaten Sleman dan dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut ini.

Tabel 5. 19 Data LHR Tahun 2023-2025 (DPUPKP, 2026)

Gol.	Jenis Kendaraan	LHR 2023 (Kend/hari)	LHR 2024 (Kend/hari)	LHR 2025 (Kend/hari)
1	Sepeda Motor dan Kendaraan Roda 3	5.317	5.482	5.770
2	Sedan, Jeep, dan S*tation Wagon*	54	56	59

Lanjutan Tabel 5.19 Data LHR Tahun 2023-2025 (DPUPKP, 2026)

Gol.	Jenis Kendaraan	LHR 2023 (Kend/hari)	LHR 2024 (Kend/hari)	LHR 2025 (Kend/hari)
3	Angkutan Umum Sedang	1.491	1.537	1.618
4	*Pick up*, *Micro Bus*	124	128	135
5A	Bus Kecil	18	19	22
5B	Bus Besar	12	12	14
6A	Truk 2 Sumbu, Truk Ringan	11	10	11
6B	Truk 2 Sumbu, Truk Sedang	584	602	634
7A2	Truk 3 Sumbu	15	13	14
7B	Truk Gandengan	0	0	0
7C	Truk Semi Trailer	0	0	0
8	Kendaraan Tidak Bermotor	81	83	87

Rekapitulasi data LHR tahun 2023-2025 dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut ini.

Tabel 5. 20 Rekapitulasi Data LHR Tahun 2023-2025 (DPUPKP, 2026)

Tahun	Jumlah LHR (Kend/hari)
2023	7.707
2024	7.942
2025	8.362

Berdasarkan hasil data LHR tahun 2023-2025 direkapitulasi, selanjutnya dilakukan perhitungan prediksi umur pelayanan jalan. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan struktur perkerasan dalam menahan beban lalu lintas selama periode pelayanan tertentu berdasarkan kondisi lalu lintas yang ada. Perhitungan umur pelayanan jalan dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter seperti faktor pertumbuhan lalu lintas, VDF, faktor distribusi arah, faktor distribusi lajur, serta menghitung kontrol prediksi umur pelayanan jalan. Pada penelitian ini, Jalan Grogolan memiliki umur rencana selama 10 tahun. Tahapan

prediksi umur pelayanan jalan dapat dihitung menggunakan parameter-parameter sebagai berikut.

1. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

   Faktor pertumbuhan lalu lintas dapat diperoleh berdasarkan hasil rekapitulasi data LHR pada Tabel 5.23 dengan menggunakan Persamaan 3.10. Perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas tahun 2023-2024 adalah sebagai berikut.

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

$$= \left(\sqrt[1]{\frac{7.942}{7.707}}\right) - 1$$

$$= 1{,}51\%$$

   Sedangkan perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas tahun 2024-2025 adalah sebagai berikut.

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

$$= \left(\sqrt[1]{\frac{8.362}{7.942}}\right) - 1$$

$$= 2{,}61\%$$

   Setelah faktor pertumbuhan lalu lintas pada setiap tahun diperoleh, selanjutnya dapat ditentukan faktor pertumbuhan lalu lintas rata-rata. Adapun perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas rata-rata adalah sebagai berikut.

$$i = \frac{1{,}51\% + 2{,}61\%}{2}$$

$$= 2{,}06\%$$

   Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai faktor pertumbuhan lalu lintas pada tahun 2023-2025 sebesar 2,06%.

2. Proyeksi Data LHR

Berdasarkan hasil analisis pertumbuhan lalu lintas menggunakan data LHR tahun 2023–2025, diperoleh rata-rata pertumbuhan lalu lintas sebesar 2,06% per tahun. Nilai tersebut kemudian digunakan sebagai faktor pertumbuhan dalam memproyeksikan LHR. Proyeksi dilakukan secara mundur hingga tahun 2018 karena struktur perkserasan yang menjadi objek analisis merupakan struktur setelah pelaksanaan *overlay* pada tahun tersebut. Oleh karena itu, tahun 2018 ditetapkan sebagai tahun dasar untuk memperkirakan beban lalu lintas yang diterima perkerasan sejak awal periode analisis. Proyeksi LHR tahun 2018 dihitung berdasarkan data LHR tahun 2023 atau mundur selama 5 tahun dengan menerapkan tingkat pertumbuhan sebesar 2,06% per tahun. Contoh perhitungan proyeksi LHR untuk jenis kendaraan golongan 1 dilakukan sebagai berikut.

$LHR_T = LHRo/(1+i)^n$

LHR 2018 Gol. 1 = volume kendaraan gol. 1 / $(1+i)^n$

= 5.317 / $(1+2{,}06\%)^5$

= 4.801 kendaraan/hari

Berdasarkan contoh perhitungan proyeksi LHR pada kendaraan golongan 1, proyeksi untuk setiap golongan kendaraan lainnya dilakukan menggunakan tahapan dan metode yang sama. Selanjutnya, seluruh hasil proyeksi LHR kemudian dirangkum dalam bentuk tabel rekapitulasi untuk memperoleh gambaran jumlah lalu lintas pada tahun dasar, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 5.21 berikut ini.

Tabel 5. 21 Proyeksi Data LHR Tahun 2018 (DPUPKP, 2026)

Gol.	Jenis Kendaraan	LHR 2018 (Kend/hari)	LHR 2023 (Kend/hari)	LHR 2024 (Kend/hari)	LHR 2025 (Kend/hari)
1	Sepeda Motor dan Kendaraan Roda 3	4.801	5.317	5.482	5.770
2	Sedan, Jeep, dan S*tation Wagon*	49	54	56	59
3	Angkutan Umum Sedang	1346	1.491	1.537	1.618
4	*Pick up*, *Micro Bus*	112	124	128	135

Lanjutan Tabel 5.21 Proyeksi Data LHR Tahun 2018 (DPUPKP, 2026)

Gol.	Jenis Kendaraan	LHR 2018 (Kend/hari)	LHR 2023 (Kend/hari)	LHR 2024 (Kend/hari)	LHR 2025 (Kend/hari)
5A	Bus Kecil	17	18	19	22
5B	Bus Besar	11	12	12	14
6A	Truk 2 Sumbu, Truk Ringan	10	11	10	11
6B	Truk 2 Sumbu, Truk Sedang	527	584	602	634
7A2	Truk 3 Sumbu	14	15	13	14
7B	Truk Gandengan	0	0	0	0
7C	Truk Semi Trailer	0	0	0	0
8	Kendaraan Tidak Bermotor	73	81	83	87

3. Nilai Faktor Distribusi Arah (DD) dan Faktor Distribusi Lajur (DL)

   Jalan Grogolan merupakan jalan 2 arah dengan 1 lajur pada masing-masing arah. Menurut Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2024, nilai faktor distribusi arah (DD) yang digunakan adalah 0,50. Berdasarkan Tabel 3.25, nilai faktor distribusi lajur (DL) sebesar 100% karena setiap arahnya hanya memiliki 1 lajur.

4. Faktor Ekuivalen Beban (VDF)

   Nilai faktor ekuivalen beban (*Vehicle Damage Factor*/VDF) dalam analisis perlu disesuaikan dengan periode data serta kondisi struktur perkerasan yang digunakan dalam prediksi umur pelayanan. Penyesuaian ini bertujuan agar faktor kerusakan akibat beban kendaraan dalam perhitungan CESAL dapat menggambarkan kondisi pembebanan selama periode analisis. Dalam penelitian ini, nilai VDF mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2017, dengan menggunakan VDF 5 kondisi normal untuk wilayah Jawa. Pemilihan VDF 5 kondisi normal didasarkan pada asumsi bahwa pembebanan kendaraan berlangsung dalam kondisi normal dan tidak memperhitungkan beban berlebih (*overload*). Nilai VDF yang digunakan dalam penelitian disajikan pada Tabel 5.22 berikut.

Tabel 5. 22 Nilai VDF Masing-masing Jenis Kendaraan (Bina Marga, 2017)

Kondisi	Kelas Kendaraan	Gol 5B	Gol 6A	Gol 6B	Gol 7A1	Gol 7A2	Gol 7B1	Gol 7B2	Gol 7C1	Gol 7C2A	Gol 7C2B	Gol 7C3
VDF 4	Faktual	1,0	0,55	5,3	8,2	10,2	11,8	13,7	11,0	17,7	13,4	18,1
	Normal	1,0	0,55	4,0	4,7	4,3	9,4	12,6	7,4	7,6	6,5	6,1
VDF 5	Faktual	1,0	0,5	9,2	14,4	19,0	18,2	21,8	19,8	33,0	24,2	34,4
	Normal	1,0	0,5	5,1	6,4	5,6	13,0	17,8	9,7	10,2	8,5	7,7

5. Kontrol Prediksi Umur Pelayanan Jalan

Prediksi umur pelayanan pada Jalan Grogolan dapat ditentukan berdasarkan hasil analisis kerusakan struktur perkerasan atau jumlah repetisi beban maksimum (Nf, Nr, dan Nd) yang telah diperoleh seperti kerusakan *fatigue cracking, rutting,* dan *permanent deformation* dengan menggunakan Persamaan 3.14. Perhitungan prediksi umur pelayanan jalan terhadap kerusakan *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation* untuk semua golongan kendaraan adalah sebagai berikut.

a. Prediksi umur pelayanan jalan untuk kerusakan *fatigue cracking*

$$Nf = CESAL$$

$$3.704.565 = (\Sigma LHR_{\text{Jenis Kendaraan}} \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

$$3.704.565 = [(11\times1,0)+(10\times0,5)+(527\times5,1)+(14\times5,6)]\times365\times0,50\times 1 \times \frac{(1+0,01(2,06))^{UR}-1}{0,01\times2,06}$$

$$3.704.565 = 507.381,66 \times \frac{(1,0206)^{UR}-1}{0,0206}$$

$$\frac{3.704.565}{507.381,66} = \frac{(1,0206)^{UR}-1}{0,0206}$$

$$7,301 = \frac{(1,0206)^{UR}-1}{0,0206}$$

$$0,150 = (1,0206)^{UR}-1$$

$$1,150 = (1,0206)^{UR}$$

$$UR = \frac{\log(1{,}150)}{\log(1{,}0206)}$$

$$UR = 6{,}87 \approx 7 \text{ tahun}$$

b. Prediksi umur pelayanan jalan untuk kerusakan *rutting*

$$Nr = CESAL$$

$$3.030.458 = (\Sigma LHR_{\text{Jenis Kendaraan}} \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

$$3.030.458 = [(11\times1{,}0)+(10\times0{,}5)+(527\times5{,}1)+(14\times5{,}6)]\times365\times0{,}50\times 1 \times \frac{(1+0{,}01(2{,}06))^{UR}-1}{0{,}01\times2{,}06}$$

$$3.030.458 = 507.381{,}66 \times \frac{(1{,}0206)^{UR}-1}{0{,}0206}$$

$$\frac{3.030.458}{507.381{,}66} = \frac{(1{,}0206)^{UR}-1}{0{,}0206}$$

$$5.973 = \frac{(1{,}0206)^{UR}-1}{0{,}0206}$$

$$0{,}123 = (1{,}0206)^{UR}-1$$

$$1{,}123 = (1{,}0206)^{UR}$$

$$UR = \frac{\log(1{,}123)}{\log(1{,}0206)}$$

$$UR = 5{,}69 \approx 6 \text{ tahun}$$

c. Prediksi umur pelayanan jalan untuk kerusakan *permanent deformation*

$$Nd = CESAL$$

$$3.100.466 = (\Sigma LHR_{\text{Jenis Kendaraan}} \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

$$3.100.466 = [(11\times1{,}0)+(10\times0{,}5)+(527\times5{,}1)+(14\times5{,}6)]\times365\times0{,}50\times 1 \times \frac{(1+0{,}01(2{,}06))^{UR}-1}{0{,}01\times2{,}06}$$

$$3.100.466 = 507.381{,}66 \times \frac{(1{,}0206)^{UR}-1}{0{,}0206}$$

$$\frac{3.100.466}{507.381,66} = \frac{(1,0206)^{UR}-1}{0,0206}$$

$$6,111 = \frac{(1,0206)^{UR}-1}{0,0206}$$

$$0,126 = (1,0206)^{UR}-1$$

$$1,126 = (1,0206)^{UR}$$

$$UR = \frac{\log(1,126)}{\log(1,0206)}$$

$$UR = 5,81 \approx 6 \text{ tahun}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan prediksi umur pelayanan dan kapasitas beban gandar maksimum dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut ini.

Tabel 5. 23 Rekapitulasi Prediksi Umur Pelayanan Jalan dan Beban Gandar Maksimum

Jenis Kerusakan	**Beban Gandar Maksimum (ESAL)**	**Umur Pelayanan Jalan (Tahun)**	**Tahun Perkiraan Terjadinya Kerusakan**
fatigue cracking	3.704.565	7	2025
rutting	3.030.458	6	2024
permanent deformation	3.100.466	6	2024

Hasil prediksi umur pelayanan menunjukkan bahwa struktur perkerasan Jalan Grogolan diperkirakan mampu menahan beban lalu lintas hingga mencapai batas kerusakan *fatigue cracking* selama 7 tahun, *rutting* selama 6 tahun, dan *permanent deformation* selama 6 tahun. Perhitungan umur pelayanan dimulai dari tahun 2018, yang ditetapkan sebagai tahun awal berdasarkan kondisi struktur perkerasan setelah pelaksanaan *overlay* terakhir. Berdasarkan Tabel 5.23, *rutting* dan *permanent deformation* memiliki umur pelayanan yang lebih singkat dibandingkan *fatigue cracking*. Kedua kerusakan tersebut diperkirakan mencapai batas pada tahun 2024, sedangkan *fatigue cracking*

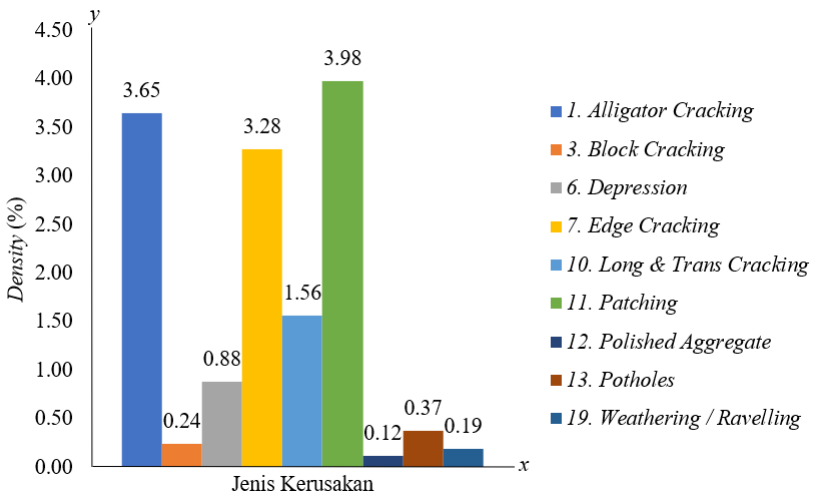
diperkirakan mencapai batas pada tahun 2025. Hasil ini menunjukkan adanya perbedaan respons struktur perkerasan terhadap beban lalu lintas pada setiap kriteria kerusakan, dengan *rutting* dan *permanent deformation* menjadi kriteria yang lebih dominan dalam menentukan kinerja perkerasan Jalan Grogolan.

5.5 Pembahasan

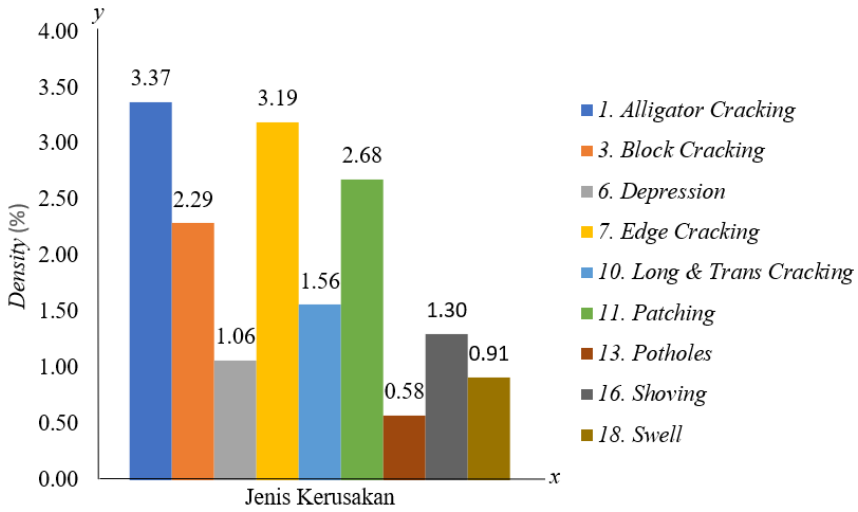
5.5.1 Kondisi Perkerasan dengan Metode PCI

Berdasarkan hasil survei lapangan dan analisis menggunakan metode PCI pada Jalan Grogolan Ngemplak, ditemukan 11 jenis kerusakan perkerasan seperti retak kulit buaya (*alligator cracking*), retak balok (*block cracking*), amblas (*depression*), retak samping (*edge cracking*), retak memanjang dan melintang (*long and trans cracking*), tambalan (*patching*), agregat licin (*polished aggregate*), lubang (*potholes*), sungkur (*shoving*), pembengkakan (*swell*), dan pelepasan butiran (*weathering and ravelling*).

Hasil pengamatan dan analisis menunjukkan bahwa kerusakan dominan pada Jalan Grogolan Ngemplak ditinjau berdasarkan nilai *density* dari masing-masing jenis kerusakan. Diagram rekapitulasi kerusakan berdasarkan nilai rata-rata *density* pada arah Bimomartani-Umbulmartani dan arah Umbulmartani-Bimomartani dapat dilihat pada Gambar 5.16 dan Gambar 5.17 berikut ini.



Gambar 5. 16 Diagram Persentase *Density* Arah Bimomartani-Umbulmartani



Gambar 5. 17 Diagram Persentase *Density* Arah Umbulmartani- Bimomartani

Berdasarkan diagram persentase *density* pada Gambar 5.16 dan Gambar 5.17, kerusakan yang paling dominan pada arah Bimomartani-Umbulmartani adalah kerusakan *patching* dengan rata-rata *density* sebesar 3,98%, kemudian terdapat kerusakan *alligator cracking* dengan rata-rata *density* sebesar 3,65%, kerusakan *edge cracking* dengan rata-rata *density* sebesar 3,28%, kerusakan *long & trans cracking* dengan rata-rata *density* sebesar 1,56%, kerusakan *depression* dengan rata-rata *density* sebesar 0,88%, kerusakan *potholes* dengan rata-rata *density* sebesar 0,37%, kerusakan *block cracking* dengan rata-rata *density* sebesar 0,24%, kerusakan *weathering / ravelling* dengan rata-rata *density* sebesar 0,19%, dan kerusakan *polished aggregate* dengan rata-rata *density* sebesar 0,12%. Sedangkan kerusakan yang paling dominan pada arah Umbulmartani-Bimomartani adalah kerusakan *alligator cracking* dengan rata-rata *density* sebesar 3,37%, kemudian terdapat kerusakan *edge cracking* dengan rata-rata *density* sebesar 3,19%, kerusakan *patching* dengan rata-rata *density* sebesar 2,68%, kerusakan *block cracking* dengan rata-rata *density* sebesar 2,29%, kerusakan *long & trans cracking* dengan rata-rata *density* sebesar 1,56%, kerusakan *shoving* dengan rata-rata *density* sebesar 1,30%, kerusakan *depression* dengan rata-rata *density* sebesar 1,06%, kerusakan *swell* dengan rata-rata *density* sebesar 0,91%, dan kerusakan *potholes* dengan rata-rata *density* sebesar 0,58%.

Nilai akhir PCI keseluruhan pada Jalan Grogolan Ngemplak didapatkan sebesar 48,19 sehingga termasuk dalam kategori *poor*. Perkerasan dengan kondisi terbaik terdapat pada segmen 20 dengan nilai PCI sebesar 73,50% yang termasuk dalam kategori *satisfactory*, sedangkan kondisi paling buruk terdapat pada segmen 16 dengan nilai PCI sebesar 16,00% yang termasuk dalam kategori *serious*. Penelitian ini menunjukkan hasil yang sesuai dengan penelitian sebelumnya oleh Gusnilawati dkk. (2021), dimana kondisi jalan diklasifikasikan dalam kategori *poor*. Nilai PCI terbaik terdapat pada segmen 8 sebesar 85,00% dengan kategori *very good*, sementara Nilai PCI terburuk terdapat pada segmen 3 sebesar 8,00% dengan kategori *failed*.

Pada Tabel 5.8 ditunjukkan nilai rating PCI untuk setiap segmen di Jalan Grogolan Ngemplak pada Sta. 1+600 – 2+600, dimana hasil penilaian menunjukkan beberapa kategori kondisi perkersan seperti *serious*, *very poor*, *fair*, dan *satisfactory*. Rekapitulasi persentase rating PCI pada Jalan Grogolan Ngemplak dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut ini.

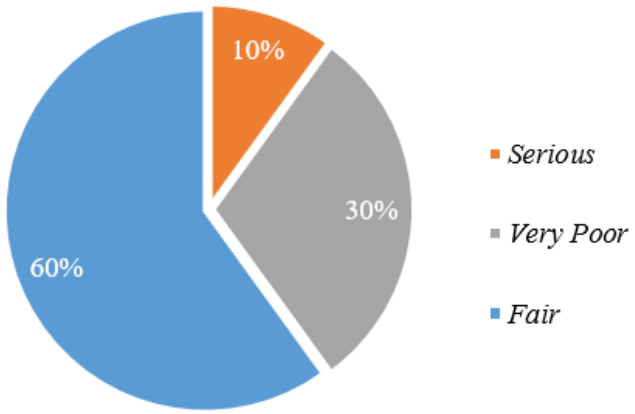
Tabel 5. 24 Persentase Nilai PCI

Kondisi	**Jumlah Segmen**	**Persentase (%)**
Arah Bimomartani-Umbulmartani		
Failed	0	0
Serious	1	10
Very Poor	3	30
Poor	0	0
Fair	6	60
Satisfactory	0	0
Good	0	0
Total	**10**	**100**
Arah Umbulmartani-Bimomartani		
Failed	0	0
Serious	2	20
Very Poor	2	20
Poor	0	0
Fair	5	50

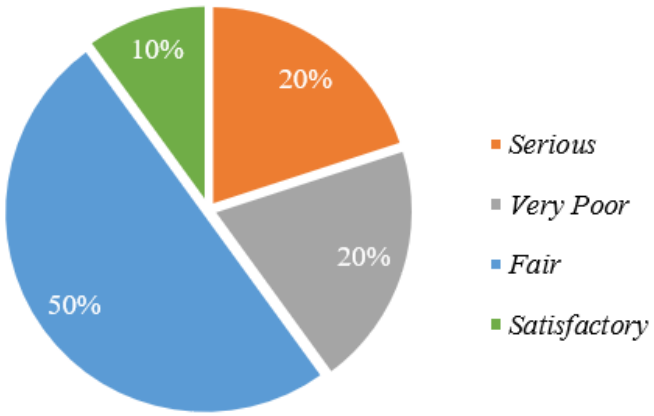
Lanjutan Tabel 5.24 Persentase Nilai PCI

Kondisi	Jumlah Segmen	Persentase (%)
Satisfactory	1	10
Good	0	0
Total	**10**	**100**

Diagram persentase kondisi nilai PCI pada Jalan Grogolan Ngemplak dapat dilihat pada Gambar 5.18 dan Gambar 5.19 berikut ini.



Gambar 5. 18 Diagram Persentase Kondisi Nilai PCI Arah Bimomartani-Umbulmartani

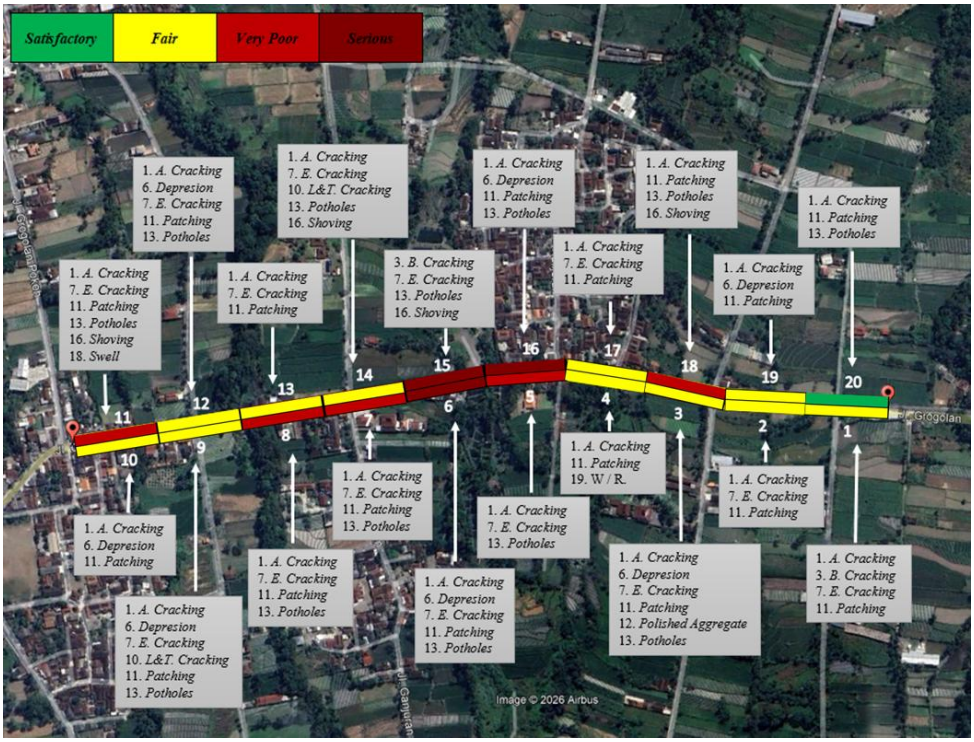


Gambar 5. 19 Diagram Persentase Kondisi Nilai PCI Arah Umbulmartani-Bimomartani

Berdasarkan Tabel 5.23, Gambar 5.18 dan Gambar 5.19, diketahui bahwa persentase kerusakan terbesar pada Jalan Grogolan Ngemplak arah Bimomartani-

Umbulmartani berada pada kategori *fair* sebanyak 6 segmen atau 60%, selanjutnya kategori *very poor* sebanyak 3 segmen atau 30%, dan kategori *serious* sebanyak 1 segmen atau 10%. Sedangkan pada arah Umbulmartani-Bimomartani persentase kerusakan terbesar berada pada kategori *fair* sebanyak 5 segmen atau 50%, selanjutnya kategori *very poor* dan *serious* masing-masing sebanyak 2 segmen atau 20%, dan kategori *satisfactory* sebanyak 1 segmen atau 10%. Hasil perhitungan PCI menunjukkan nilai rata-rata sebesar 48,19 yang termasuk dalam kategori *poor*. Kondisi ini menandakan bahwa nilai PCI tiap segmen secara umum tidak berbeda jauh dengan nilai rata-rata keseluruhan jalan. Tetapi, masih terdapat beberapa segmen dengan nilai PCI di bawah rata-rata, sehingga memerlukan perhatian dan penanganan lebih lanjut.

Adapun pemetaan jenis kerusakan dan kondisi kerusakan yang terdapat pada masing-masing segmen dapat dilihat pada Gambar 5.20 berikut ini.

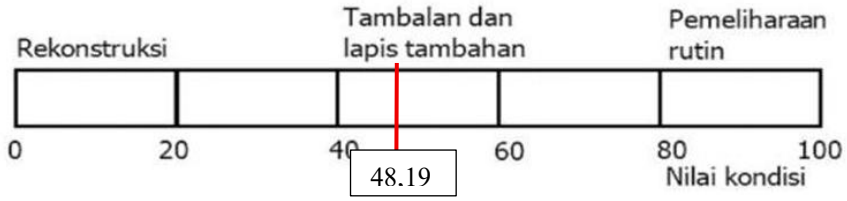


Gambar 5. 20 Kondisi Kerusakan Jalan Tiap Segmen

Pada Gambar 5.20 ditunjukan kondisi perkerasan di setiap segmen Jalan Grogolan yang dianalisis dengan metode PCI. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa

sebagian besar segmen berada pada kategori *fair, very poor, serious,* dan *satisfactory*, yang dibedakan berdasarkan warna pada peta. Beberapa jenis kerusakan yang ditemukan antara lain retak kulit buaya, retak balok, amblas, retak samping, retak memanjang melintang, tambalan, agregat licin, lubang, sungkur, pembengkakan, dan pelepasan butiran. Dari seluruh jenis kerusakan tersebut, *alligator cracking*, *patching*, dan *edge cracking* menjadi kerusakan yang paling sering dijumpai pada hampir semua segmen.

Berdasarkan hasil PCI yang diperoleh sebesar 48,19 dengan kondisi *poor*, sehingga penanganan berupa lapis tambahan (*overlay*) dapat disarankan. Saran penanganan tersebut didasarkan pada nilai kondisi perkerasan yang diperoleh dari hasil evaluasi menggunakan metode PCI. Hubungan antara nilai PCI dan alternatif penanganan perkerasan dapat dilihat pada Gambar 5.21 berikut ini.



Gambar 5. 21 Hubungan Nilai PCI dengan Alternatif Penanganan Perkerasan (Shahin, 1994)

Kerusakan *alligator cracking* atau retak kulit buaya merupakan salah satu bentuk kerusakan permukaan perkerasan jalan yang ditandai dengan retakan-retakan yang saling terhubung dan membentuk pola kecil menyerupai kulit buaya. Kerusakan ini umumnya terjadi di jalur lintasan roda akibat beban lalu lintas berulang yang menimbulkan kelelahan pada struktur perkerasan. Retakan biasanya bermula dari lapisan bawah perkerasan dan berkembang secara bertahap hingga mencapai permukaan, kemudian membentuk jaringan retak yang semakin meluas. Kerusakan retak kulit buaya termasuk jenis kerusakan yang paling umum ditemukan pada perkerasan lentur, terutama pada jalan dengan volume lalu lintas tinggi. Pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Chasanah dan Wijaya (2016) mengatakan bahwa salah satu jenis kerusakan dominan yang terjadi pada Jalan Solo-Yogyakarta km 43,8-44,8 adalah kerusakan retak kulit buaya. Penelitian

serupa juga dilakukan oleh Gemo (2019) pada Jalan Ki Hajar Dewantara, Kota Borong. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Adnan dkk. (2025) juga menunjukkan bahwa jenis kerusakan yang paling dominan pada Jalan R.A. Kartini, Kabupaten Buton Tengah yaitu kerusakan retak kulit buaya.

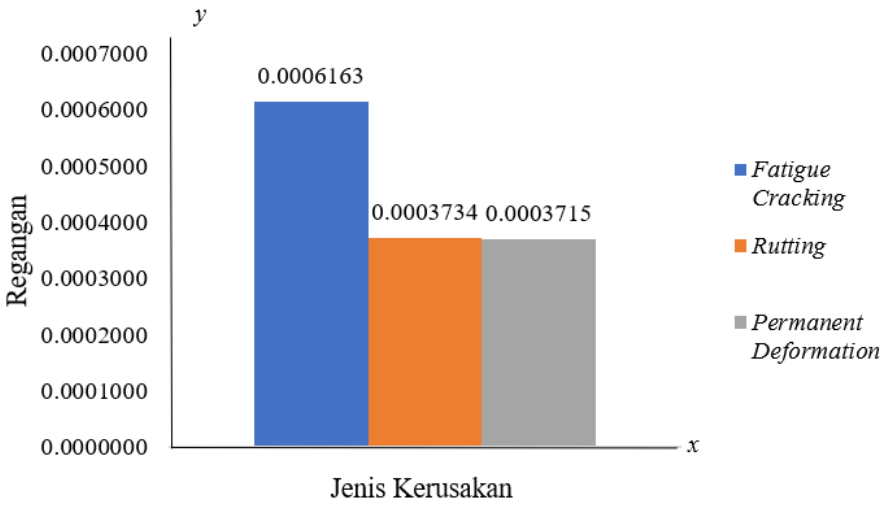
Kerusakan *patching* atau tambalan merupakan kondisi pada permukaan jalan yang menunjukkan adanya area hasil perbaikan dari kerusakan sebelumnya, seperti lubang, retakan berat, atau deformasi permukaan. Area tambalan umumnya mudah dikenali karena memiliki perbedaan warna, tekstur, maupun elevasi yang berbeda dibanding dengan perkerasan asli. Kerusakan ini dapat disebabkan oleh mutu material tambalan yang kurang baik atau proses pemadatan yang tidak maksimal. Pada beberapa kondisi, bagian tambalan dapat kembali mengalami kerusakan berupa retak, pelepasan agregat, maupun penurunan permukaan akibat pengaruh beban lalu lintas berulang. Tambalan yang tidak rata dapat menurunkan kenyamanan berkendara serta memengaruhi tingkat pelayanan jalan. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Santosa dkk. (2021) pada Jalan Ahmad Yani, Kecamatan Kapas, Kabupaten Bojonegoro dan Betaubun dan Paresa (2019) pada Jalan Trans Papua, Kabupaten Merauke. Hasil dari kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa jenis kerusakan yang paling banyak pada ruas jalan yang ditinjau adalah kerusakan tambalan.

Kerusakan *edge cracking* atau retak tepi adalah kerusakan yang terjadi pada bagian sisi perkerasan jalan dan ditandai dengan retakan memanjang sejajar arah lalu lintas. Kerusakan ini umumnya disebabkan oleh kurangnya dukungan dari bahu jalan, sistem drainase yang kurang baik. Apabila tidak segera diperbaiki, retakan pada tepi jalan dapat berkembang menjadi pelepasan material maupun penurunan bahu jalan. Retak tepi sering ditemukan pada ruas jalan dengan kondisi bahu jalan yang tidak stabil atau tidak terikat dengan baik terhadap badan jalan. Kondisi tersebut tidak hanya menurunkan kenyamanan berkendara, tetapi juga berpotensi membahayakan pengguna jalan. Pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Mulyati dan Anggraini (2025) mengatakan bahwa salah satu jenis kerusakan yang terjadi pada Ruas Jalan Slamet Riyadi, Kota Palembang adalah jenis kerusakan retak tepi.

5.5.2 Respon Tegangan dan Regangan dengan Program KENPAVE

Berdasarkan hasil analisis metode mekanistik-empirik yang telah dilakukan dengan menggunakan program KENPAVE dapat diperoleh prediksi kerusakan perkerasan dengan mempertimbangkan karakteristik material seperti modulus elastisitas, *poisson's ratio*, dan tebal ketebalan setiap lapisan perkerasan. Agar hasil analisis lebih sesuai dengan kondisi lapangan, maka dilakukan pengurangan nilai modulus elastisitas dan *poisson's ratio* berdasarkan karakteristik material pada kondisi eksisting jalan.

Nilai tegangan dan regangan yang digunakan dalam analisis ditentukan sesuai dengan jenis kerusakan yang ditinjau. Pada perkerasan eksisting, analisis terhadap kerusakan *fatigue cracking* menggunakan nilai *horizontal strain* terbesar yang berada tepat di bawah lapis perkerasan pada kedalaman 9,995 cm. pada kerusakan *rutting* menggunakan nilai *vertical strain* terbesar di bawah lapis perkerasan pada kedalaman yang sama, yaitu 9,995 cm. sedangkan kerusakan *permanent deformation* menggunakan nilai *vertical strain* terbesar pada permukaan tanah dasar di kedalaman 45,005. Hasil analisis regangan pada perkerasan eksisting tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.22 berikut ini.



Gambar 5. 22 Nilai Regangan Lapisan Eksisting

Hasil analisis KENPAVE menunjukkan bahwa respon regangan terhadap kerusakan *fatigue cracking* sebesar 0,0006163, kerusakan *rutting* sebesar 0,0003734, dan kerusakan *permanent deformation* sebesar 0,0003715. Nilai respon regangan

tersebut kemudian digunakan untuk menentukan beban gandar maksimum yang masih dapat ditahan oleh perkerasan sebelum masing-masing jenis kerusakan terjadi. Kapasitas beban gandar maksimum terhadap kerusakan *fatigue cracking* mencapai 3.704.565 ESAL, untuk kerusakan *rutting* mencapai 3.030.458 ESAL, dan kerusakan *permanent deformation* mencapai 3.100.466 ESAL.

5.5.3 Prediksi Umur Pelayanan Perkerasan Jalan

Prediksi umur pelayanan jalan dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan struktur perkerasan eksisting dalam menahan repetisi beban lalu lintas berdasarkan kondisi lalu lintas aktual di Jalan Grogolan. Pada hasil rekapitulasi data LHR tahun 2023-2025, diperoleh tingkat pertumbuhan lalu lintas sebesar 1,51% pada tahun 2023-2024 dan 2,61% pada tahun 2024-2025. Sehingga diperoleh tingkat pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 2,06% per tahun. Hasil ini menunjukkan adanya peningkatan volume lalu lintas di Jalan Grogolan yang berpotensi menambah akumulasi beban yang diterima oleh struktur perkerasan selama masa layan. Selanjutnya, dengan menggunakan tingkat pertumbuhan lalu lintas sebesar 2,06%, data LHR diproyeksikan secara mundur hingga tahun 2018. Proyeksi tersebut dilakukan karena tahun 2018 digunakan sebagai tahun awal struktur perkerasan yang dianalisis setelah pelaksanaan *overlay*, sehingga LHR tahun 2018 dapat digunakan sebagai dasar dalam perhitungan beban lalu lintas kumulatif (CESAL).

Hasil analisis prediksi umur pelayanan menunjukkan bahwa struktur perkerasan Jalan Grogolan mampu menahan beban lalu lintas hingga mencapai umur pelayanan hingga 7 tahun terhadap kerusakan *fatigue cracking*, 6 tahun terhadap kerusakan *rutting*, dan 6 tahun terhadap kerusakan *permanent deformation*. Dengan demikian, *fatigue cracking* diperkirakan mencapai batas kerusakan pada tahun 2025, sementara *rutting* dan *permanent deformation* diprediksi mencapai batas kerusakan pada tahun 2024. Pada rekapitulasi Tabel 5.23 menunjukkan struktur perkerasan lentur eksisting pada Jalan Grogolan yang dianalisis menggunakan pemodelan elastik linear belum memiliki kemampuan yang cukup untuk menahan beban kendaraan selama umur rencana yaitu 10 tahun. Kondisi ini mengindikasikan bahwa akumulasi beban lalu lintas berulang dapat

menyebabkan struktur perkerasan mencapai batas kinerjanya sebelum umur rencana tercapai, sehingga mengakibatkan penurunan daya dukung tanah.

Hal ini menghasilkan temuan yang sejalan dengan penelitian Dwiputra dkk. (2021) yang menggunakan pemodelan elastik linear pada perkerasan eksisting. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kerusakan yang pertama kali muncul adalah *permanent deformation*, kemudian *rutting*, dan yang terakhir *fatigue cracking*. Urutan tersebut menunjukkan deformasi permanen merupakan faktor pengendali umur pelayanan perkerasan karena memiliki kemampuan menahan repetisi beban yang lebih rendah dibandingkan jenis kerusakan lainnya. Kesamaan urutan kerusakan mengindikasi bahwa kegagalan perkerasan lebih dipengaruhi oleh akumulasi deformasi pada struktur perkerasan sebelum berkembang menjadi kerusakan berupa alur (*rutting*) maupun retak lelah (*fatigue cracking*).

Hasil prediksi umur pelayanan yang diperoleh menunjukkan kesesuaian dengan evaluasi kondisi perkerasan menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI) menunjukkan bahwa ruas Jalan Grogolan memperoleh nilai PCI sebesar 48,19 yang termasuk dalam kategori *poor*. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa kondisi perkerasan telah mengalami penurunan fungsi yang cukup signifikan dan memerlukan tindakan penanganan untuk mencegah kerusakan yang lebih parah. Kesesuaian antara hasil evaluasi PCI dan analisis mekanistik-empirik menunjukkan bahwa kondisi perkerasan Jalan Grogolan tidak hanya mengalami penurunan kualitas permukaan secara fungsional, tetapi juga mengalami penurunan kinerja struktural dalam menahan beban lalu lintas yang bekerja selama masa pelayanan jalan. Dengan demikian, meskipun struktur perkerasan masih memiliki ketahanan yang relatif baik terhadap kerusakan akibat kelelahan (*fatigue cracking*), potensi terjadinya deformasi permanen diperkirakan akan lebih dahulu terjadi sehingga menjadi faktor pembatas umur pelayanan jalan.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai evaluasi kondisi serta prediksi umur pelayanan perkerasan lentur pada Jalan Grogolan dengan menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI) dan pendekatan mekanistik-empirik melalui program KENPAVE, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil evaluasi menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI), kondisi perkerasan Jalan Grogolan memiliki nilai PCI sebesar 48,19, sehingga termasuk dalam kategori *poor*.
2. Hasil analisis menggunakan program KENPAVE dengan pemodelan elastik linear menunjukkan bahwa respons tegangan dan regangan pada struktur perkerasan berbeda untuk setiap jenis kerusakan. Nilai regangan akibat *fatigue cracking* sebesar 0.0006163 dengan kapasitas beban gandar maksimum 3.704.565 ESAL, untuk *rutting* diperoleh nilai regangan 0,0003734 dengan kapasitas beban gandar maksimum 3.030.458 ESAL, sedangkan *permanent deformation* diperoleh nilai regangan 0,0003715 dengan kapasitas beban gandar maksimum 3.100.466 ESAL.
3. Hasil prediksi umur pelayanan menunjukkan bahwa struktur perkerasan Jalan Grogolan belum mampu memenuhi umur rencana selama 10 tahun. Berdasarkan analisis mekanistik-empirik menggunakan KENPAVE, umur pelayanan diperkirakan mencapai 7 tahun terhadap *fatigue cracking*, 6 tahun terhadap *rutting*, dan 6 tahun terhadap *permanent deformation*. Dengan demikian, tahun perkiraan terjadinya kerusakan menunjukkan bahwa *rutting* dan *permanent deformation* mencapai batas kerusakan pada tahun 2024 atau tahun ke 6, sedangkan *fatigue cracking* pada tahun 2025 atau tahun ke 7.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut.

1. Pelaksanaan survei kondisi perkerasan menggunakan metode PCI sebaiknya dilakukan secara cermat dan mengacu pada prosedur yang berlaku. Proses identifikasi jenis kerusakan, penentuan tingkat keparahan, serta pengukuran dimensi kerusakan perlu dilakukan secara teliti agar hasil penilaian kondisi perkerasan lebih akurat. Selain itu, survei lapangan disarankan dilaksanakan pada saat volume lalu lintas relatif rendah sehingga gangguan terhadap pengguna jalan dapat diminimalkan sekaligus mengurangi potensi kesalahan dalam pengukuran.
2. Pada metode PCI, pembagian unit sampel sebaiknya dilakukan berdasarkan arah lajur agar kerusakan dominan pada masing-masing arah lajur dapat diidentifikasi dengan jelas.
3. Penelitian selanjutnya disarankan menerapkan pemodelan viskoelastis sebagai pembanding model elastik sehingga analisis terhadap respons struktur dan prediksi umur pelayanan perkerasan dapat dilakukan secara lebih menyeluruh.
4. Penanganan kerusakan pada Jalan Grogolan Ngemplak disarankan dilakukan sesuai tingkat kerusakan, baik melalui perbaikan lokal, pemeliharaan, pelapisan ulang (*overlay*), maupun rekonstruksi pada bagian yang mengalami kerusakan berat.

DAFTAR PUSTAKA

Adnan, S., Purnama, H. & Eko Prasetyo, B. (2025). Evaluasi Kerusakan Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI) (Studi Kasus: Jalan R.A. Kartini, Kabupaten Buton Tengah). *Jurnal Teknik Sipil ITP*, *12*(1), hlm. 80–87. Tersedia pada: https://doi.org/10.21063/JTS.2025.V1201.080-087.

Aji, Z.A. & Susilo, B.H. (2023). Evaluasi Tebal Perkerasan Jalan Menggunakan Program Software KENPAVE. *Jurnal Rekayasa Lingkungan Terbangun Berkelanjutan*, *01*(01), hlm. 96–105. Tersedia pada: https://doi.org/10.25105/jrltb.v1i1.15921.

Al'Ashar, M.F.R. & Chasanah, F. (2025). Evaluasi kondisi perkerasan pada Jalan Klangon-Tempel menggunakan metode PCI dan metode mekanistik-empirik dengan program KENPAVE. *Proceeding Civil Engineering Research Forum*, *4*(2), hlm. 155–165. Tersedia pada: https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/56213 (Diakses: 29 Juni 2026).

ASTM-D6433-07 (2008). *Standars Practice for Roads and Parking Lots Pavements Condition Index Surveys*.

Betaubun, H. & Paresa, J. (2019). Analisa Kerusakan Jalan Menggunakan Metode PCI Dan Asphalt Institute MS-17. *Mustek Anim Ha*, *8*(2), hlm. 121–131. Tersedia pada: https://ejournal.unmus.ac.id/index.php/mustek/article/download/2532/1372 (Diakses: 29 Juni 2026).

Bupati Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta (2021). *Peraturan Daerah Kabupaten Sleman Nomor 13 Tahun 2021 Tentang Rencana Tata Ruang wilayah*. Tersedia pada: https://peraturan.bpk.go.id/Download/214296/Perda%20Sleman%20Nomor%2013%20Tahun%202021.pdf (Diakses: 22 Desember 2025).

Cahyono, M.W.B., Suparma, L.B. & Mulyono, A.T. (2022). Analisis Sisa Masa Layan Perkerasan Lentur Berdasarkan Prediksi Kerusakan dengan Metode MEPDG dan Prediksi Nilai Kondisi Perkerasan. *Teknik*, *43*(1), hlm. 93–101. Tersedia pada: https://doi.org/10.14710/teknik.v43i1.38285.

Caswidi, Hidayati, N., Saputro, Y.A., & Mushthofa. (2024). Analisis Kerusakan Jalan Menggunakan Metode Pavement Condition Index Pada Ruas Jalan Purwogondo – Teluk. *Jurnal Civil Engineering Study*, *4*(2), hlm. 111–124. Tersedia pada: https://doi.org/10.34001/jces.

Chasanah, F. & Alfi Wijaya, D. (2016). Evaluasi Tingkat Kerusakan Perkerasan Lentur Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) Untuk Menentukan Prioritas Penanganan Pada Jalan Solo-Yogyakarta KM 43,8-44,8. *The 19th International Symposium of Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi*. Yogyakarta, hlm. 278–287. Tersedia pada: https://fcep.uii.ac.id/karyailmiah/Faizul%20Chasanah/FSTPT_Faizul%20Chasanah.pdf (Diakses: 29 Juni 2026).

Direktorat Jenderal Bina Marga (2017). *Manual Desain Perkerasan Jalan, Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*.

Direktorat Jenderal Bina Marga (2024). *Manual Desain Perkerasan Jalan, Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*.

Dwiputra, A.Y., Utomo, S.H.T. & Mulyono, A.T. (2021). Prediksi Sisa Umur Pelayanan Perkerasan Lentur dengan Metode Mekanistik-Empirik Ruas Jalan Prof. Dr. Wirjono Prodjodikoro, Yogyakarta. *Jurnal Transportasi*, *21*(3), hlm. 173–186. Tersedia pada: https://journal.unpar.ac.id/index.php/jurnaltransportasi/article/view/5447 (Diakses: 29 Juni 2026).

Eliansyah, K., Rulhendri & Chayati, N. (2024). Analisis Kerusakan Perkerasan Jalan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI) di Kecamatan Ciampea. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, *7*(2), hlm. 415–426. Tersedia pada: https://doi.org/10.24912/jmts.v7i2.24868.

Fitriana, K.D. & Widayanti, A. (2025). Identifikasi Kerusakan Jalan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI) Beserta Penanganannya Pada Ruas Jalan Cangkir-Mastrip Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi*, *3*(1), hlm. 90–99. Tersedia pada: https://doi.org/10.26740/mitrans.v3n1.p90-99.

Gemo, A.S. (2019). Evaluasi Kerusakan Jalan Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) Pada Ruas Jalan Ki Hajar Dewantara Kota Borong. *Jurnal Sondir*, *2*(2), hlm. 1–8. Tersedia pada: https://www.ejournal.itn.ac.id/sondir/article/view/2598 (Diakses: 29 Juni 2026).

Google (2025). *Google Earth*.

Gusnilawati, A., Chrisnawati, Y. & Maryunani, W.P. (2021). Analisis Penilaian Faktor Kerusakan Jalan Dengan Perbandingan Metode Bina Marga, Metode PCI (Pavement Condition Index), Dan Metode SDI (Surface Distress Index) (Studi Kasus Ruas Jalan Patuk-Dlingo, Kec. Dlingo, Kab. Bantul). *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Sipil*, *02*(1), hlm. 15–24. Tersedia pada: https://jurnal.untidar.ac.id/index.php/jris/article/view/3388 (Diakses: 29 Juni 2026).

Irvan, A. (2025). Evaluasi Kondisi Perkerasan Metode dan Prediksi Nilai Sisa pada Jalan Hertasning – Jalan Yasin Limpo Kota Makassar. *Konstruksi: Publikasi Ilmu Teknik, Perencanaan Tata Ruang dan Teknik Sipil*, *3*(2), hlm. 117–138. Tersedia pada: https://doi.org/10.61132/konstruksi.v3i2.804.

Kore, D.M.H. & Djahamouw, P.D.K. (2025). Analisis Kondisi Jalan dengan Metode PCI (Pavement Condition Index) (Studi Kasus: Ruas Jalan di Kota Kupang). *Jurnal Kridatama Sains dan Teknologi*, *7*(01), hlm. 404–425. Tersedia pada: https://doi.org/10.53863/kst.v7i01.1651.

Lia, N. & Mahardi, P. (2022). Evaluasi Kinerja Struktur Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Aplikasi KENPAVE. *Rekayasa Teknik Sipil*, *04*(2), hlm. 1–10. Tersedia pada: https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/rekayasa-teknik-sipil/article/view/48861 (Diakses: 29 Juni 2026).

Mulyati, E. & Anggraini, D.M. (2025). Klasifikasi Kondisi Perkerasan Jalan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI). *Jurnal Konstruksi*, *23*(2), hlm. 190–201. Tersedia pada: https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.23-2.2436.

Panjago, F. & Hadi, M.A. (2024). Evaluasi Kerusakan Jalan dan Kinerja Jalan Menggunakan Program KENPAVE dengan Permodelan Elastik dan Viskoelastik pada Ruas Jalan Klangon Tempel Yogyakarta. *Wahana Teknik Sipil*, *29*(2), hlm. 297–308. Tersedia pada: https://doi.org/10.32497/wahanats.v29i2.6154.

Rahma, H.A., Marwanto, R.P. & Oktopianto, Y. (2025). Evaluasi kondisi permukaan jalan metode pavement condition indeks dalam meningkatkan keselamatan pada Ruas Penghubung Weleri Sukorejo. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, *14*(1), hlm. 166–173. Tersedia pada: https://doi.org/10.22225/pd.14.1.12436.166-173.

Romadhon, M.F., Susanto, D.A., Anugrahamdani, S. & Sunhadji, R.R. (2021). Analisis kondisi kerusakan jalan pada ruas jalan Kadudampit dengan metode Pavement Condition Index (PCI). *Jurnal Teslink: Teknik Sipil dan Lingkungan*, *3*(2), hlm. 84–94. Tersedia pada: https://doi.org/10.52005/teslink.v3i2.77.

Santosa, R., Sujatmiko, B. & Krisna, F.A. (2021). Analisis Kerusakan Jalan Menggunakan Metode PCI Dan Metode Bina Marga (Studi Kasus Jalan Ahmad Yani Kecamatan Kapas Kabupaten Bojonegoro). *Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, *4*(2), hlm. 104–111. Tersedia pada: https://ejournal.unitomo.ac.id/index.php/gestram/article/view/4196 (Diakses: 29 Juni 2026).

Sukirman, S. (2010). *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Bandung.

Tolab, L.Z., Hadi, M.A. & Fauziah, M. (2022). Analisis Perbandingan Perkerasan AC-WC Berbahan Ikat Starbit E-55 dengan Pen 60/70 Menggunakan Metode Elastik Linear. *Proceeding Civil Engineering Research Forum*. Yogyakarta, hlm. 179–187. Tersedia pada: https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/45021 (Diakses: 29 Juni 2026).

Wahab, W., Sentosa, L. & Sebayang, M. (2015). Analisis Nilai Pertumbuhan Lalu Lintas dan Perkiraan Volume Lalu Lintas Dimasa Mendatang Berdasarkan Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (Studi Kasus Ruas Jalan Sp. Lago-Sorek/Jalan Lintas Timur). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, *2*(1), hlm. 1–12. Tersedia pada: https://www.neliti.com/publications/200475/analisis-pertumbuhan-lalu-lintas-dan-perkiraan-volume-lalu-lintas-dimasa-mendata (Diakses: 29 Juni 2026).

LAMPIRAN

Lampiran 1 Formulir Survei PCI Untuk Perkerasan Lentur

ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS
CONDITION SURVEY DATA SHEET
FOR SAMPLE UNIT

SKETCH:

BRANCH_____ SECTION_____ SAMPLE UNIT_____
SURVEYED BY_____ DATE_____ SAMPLE AREA_____

1. Alligator Cracking
2. Bleeding
3. Block Cracking
4. Bumps and Sags
5. Corrugation
6. Depression
7. Edge Cracking
8. Jt. Reflection Cracking
9. Lane/Shoulder Drop Off
10. Long & Trans Cracking
11. Patching & Util Cut Patching
12. Polished Aggregate
13. Potholes
14. Railroad Crossing
15. Rutting
16. Shoving
17. Slippage Cracking
18. Swell
19. Weathering/Raveling

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY										TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE

(ASTM D6433, 2008)

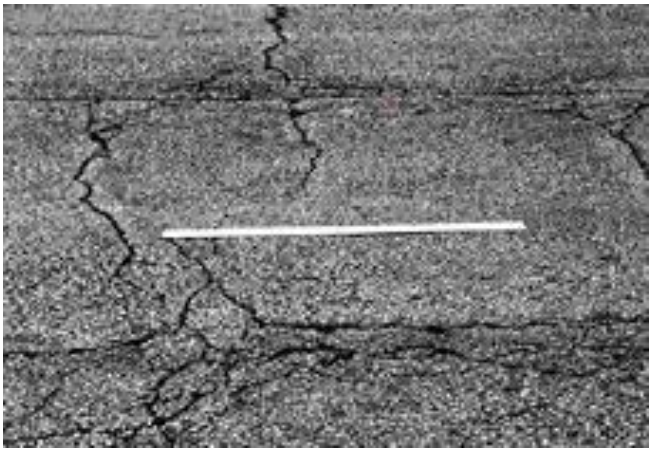
Lampiran 2 Jenis-jenis Kerusakan Perkerasan Lentur



Gambar L-2. 1 *Alligator Cracking*
(ASTM D6433, 2008)



Gambar L-2. 2 *Bleeding*
(ASTM D6433, 2008)



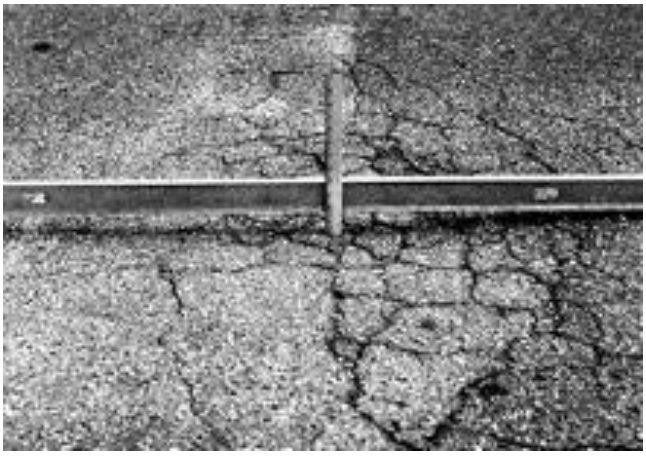
Gambar L-2. 3 *Block Cracking*
(ASTM D6433, 2008)



Gambar L-2. 4 *Bumps and Sags*
(ASTM D6433, 2008)



Gambar L-2. 5 *Corrugation*
(ASTM D6433, 2008)



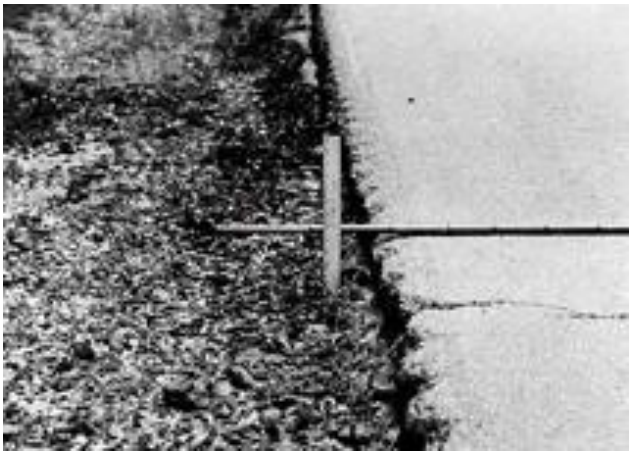
Gambar L-2. 6 *Depression*
(ASTM D6433, 2008)



Gambar L-2. 7 *Edge Cracking*
(ASTM D6433, 2008)



Gambar L-2. 8 *Joint Reflection Cracking*
(ASTM D6433, 2008)



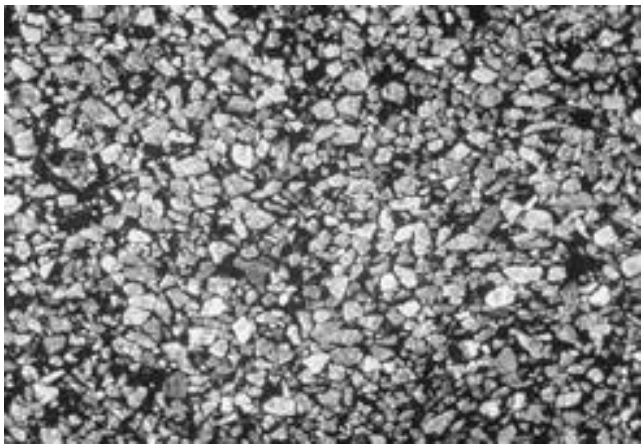
Gambar L-2. 9 *Lane/Shoulder Drop Off*
(ASTM D6433, 2008)



Gambar L-2. 10 *Longitudinal and Transverse Cracking*
(ASTM D6433, 2008)



Gambar L-2. 11 *Patching*
(ASTM D6433, 2008)



Gambar L-2. 12 *Polished Aggregate*
(ASTM D6433, 2008)



Gambar L-2. 13 *Potholes*
(ASTM D6433, 2008)



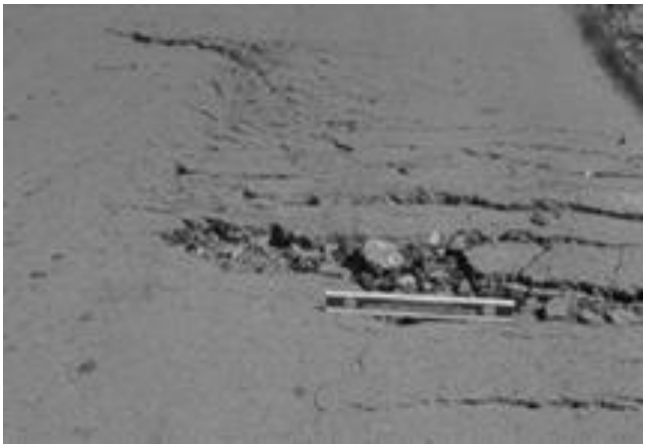
Gambar L-2. 14 *Railroad Crossing*
(ASTM D6433, 2008)



Gambar L-2. 15 *Rutting*
(ASTM D6433, 2008)



Gambar L-2. 16 *Shoving*
(ASTM D6433, 2008)



Gambar L-2. 17 *Slippage Cracking*
(ASTM D6433, 2008)



Gambar L-2. 18 *Swell*
(ASTM D6433, 2008)



Gambar L-2. 19 *Weathering and Ravelling*
(ASTM D6433, 2008)

Lampiran 3 Hasil Survei dan Perhitungan Metode PCI Tiap Segmen

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM

ASPHALT SURVACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT

SKETCH: 100 m, 2,5 m

BRANCH : Jl. Grogolan - Ngemplak	**SECTION : 1**	**SAMPEL UNIT :**
SURVEYED BY : Rizal, Nanang, Indra, Daffa	**DATE : 22 April 2026**	**SAMPEL AREA : 250**

1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Ravelling
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting	

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
1 L	2.77	1.61	3.43	5.50						13.30	5.32	26.00
3 L	0.60									0.60	0.24	0.00
7 L	3.80									3.80	1.52	3.70
11 L	1.43	1.20	3.57							6.20	2.48	5.60
										Maksimum =		26.00

Jumlah Pengurangan Izin

m = 1 + (9/98)(100-HDV) ≤ 10 — m = 7.795918 - 7; m = 0.795918

Deduct Value = 26.00 5.60 3.70

Perhitungan CDV dan Nilai PCI

Iterasi	Deduct Values									TDV	q	CDV
1	26.00	5.60	3.70							35.30	3	21.80
2	26.00	5.60	2.00							33.60	2	25.00
3	26.00	2.00	2.00							30.00	1	30.00
4												
5												
6												
7												
Max CDV										30.00		
PCI = 100 - Max CDV										70.00		
Rating										Fair		



Gambar L-3. 1 Hasil Perhitungan PCI segmen 1

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM

ASPHALT SURVACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA

SKETCH: 100 m, 2,5 m

BRANCH : Jl. Grogolan - Ngemplak	**SECTION : 2**	**SAMPEL UNIT :**
SURVEYED BY : Rizal, Nanang, Indra, Daffa	**DATE : 22 April 2026**	**SAMPEL AREA : 250**

1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Ravelling
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting	

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
1 L	4.06	0.99	2.9	8.8	2.56					19.31	7.72	29.00
7 H	6.30									6.30	2.52	21.00
11 L	1.76	7.68	2.28	1.09	1.58					14.38	5.75	11.00
										Maksimum =		29.00

Jumlah Pengurangan Izin

m = 1 + (9/98)(100-HDV) ≤ 10 — m = 7.520408 - 7; m = 0.520408

Deduct Value = 29.00 21.00 11.00

Perhitungan CDV dan Nilai PCI

Iterasi	Deduct Values									TDV	q	CDV
1	29.00	21.00	11.00							61.00	3	39.50
2	29.00	21.00	2.00							52.00	2	39.00
3	29.00	2.00	2.00							33.00	1	33.00
4										0		
5										0		
6										0		
7										0		
Max CDV										39.5		
PCI = 100 - Max CDV										60.5		
Rating										Fair		



Gambar L-3. 2 Hasil Perhitungan PCI segmen 2

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM

ASPHALT SURVACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA		**SKETCH:** 100 m, 2,5 m
BRANCH : Jl. Grogolan - Ngemplak	**SECTION : 3**	**SAMPEL UNIT :**
SURVEYED BY : Rizal, Nanang, Indra, Daffa	**DATE : 22 April 2026**	**SAMPEL AREA : 250**

1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Ravelling
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting	

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
1 L	5.44	3.30								8.74	3.50	21.50
6 L	0.66									0.66	0.26	3.80
7 H	2.50	1.60								4.10	1.64	17.00
11 L	1.43	1.04								2.47	0.99	2.20
12	0.30									0.30	0.12	0.00
13 L	0.08	0.16								0.24	0.10	21.00
										Maksimum =		21.50

Jumlah Pengurangan Izin

m = 1 + (9/98)(100-HDV) ≤ 10	m =	8.209184	-	8
	m =	0.209184		
Deduct Value =	21.50	21.00	17.00	3.80	2.20

Perhitungan CDV dan Nilai PCI

Iterasi	Deduct Values									TDV	q	CDV
1	21.50	21.00	17.00	3.80	2.20					65.50	5	33.50
2	21.50	21.00	17.00	3.80	2.00					65.30	4	37.00
3	21.50	21.00	17.00	2.00	2.00					63.50	3	40.20
4	21.50	21.00	2.00	2.00	2.00					48.50	2	35.50
5	21.50	2.00	2.00	2.00	2.00					29.50	1	29.50
6										0.00		
7										0.00		
Max CDV										40.2		
PCI = 100 - Max CDV										59.8		
Rating										Fair		



Gambar L-3. 3 Hasil Perhitungan PCI segmen 3

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM

ASPHALT SURVACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA		**SKETCH:** 100 m, 2,5 m
BRANCH : Jl. Grogolan - Ngemplak	**SECTION : 4**	**SAMPEL UNIT :**
SURVEYED BY : Rizal, Nanang, Indra, Daffa	**DATE : 22 April 2026**	**SAMPEL AREA : 250**

1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Ravelling
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting	

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
1 L	4.29	4.68	4.76							13.73	5.49	26.00
1 M	3.5									3.50	1.40	24.50
11 L	1.82	3.12	3.075							8.02	3.21	6.80
19 H	0.48									0.48	0.19	9.00
										Maksimum =		26.00

Jumlah Pengurangan Izin

m = 1 + (9/98)(100-HDV) ≤ 10	m =	7.795918	-	7
	m =	0.795918		
Deduct Value =	26.00	24.50	9.00	6.80

Perhitungan CDV dan Nilai PCI

Iterasi	Deduct Values									TDV	q	CDV
1	26.00	24.50	9.00	6.80						66.30	4	37.00
2	26.00	24.50	9.00	2.00						61.50	3	39.50
3	26.00	24.50	2.00	2.00						54.50	2	41.50
4	26.00	2.00	2.00	2.00						32.00	1	32.00
5										0.00		
6										0.00		
7										0.00		
Max CDV										41.5		
PCI = 100 - Max CDV										58.5		
Rating										Fair		



Gambar L-3. 4 Hasil Perhitungan PCI segmen 4

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM

ASPHALT SURVACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA			**SKETCH:** 100 m, 2,5 m
BRANCH : Jl. Grogolan - Ngemplak	**SECTION : 5**	**SAMPEL UNIT :**	
SURVEYED BY : Rizal, Nanang, Indra, Daffa	**DATE : 22 April 2026**	**SAMPEL AREA : 250**	

1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Ravelling
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting	

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
1 L	1.8									1.80	0.72	8.50
7 H	9.24									9.24	3.70	26.00
13 L	2.64	1.485								4.13	1.65	67.00
13 M	0.0375									0.04	0.02	10.00
										Maksimum =		67.00

Jumlah Pengurangan Izin

m = 1 + (9/98)(100-HDV) ≤ 10	m =	4.030612	-	4	
	m =	0.030612			
Deduct Value =	67.00	26.00	10.00	8.50	

Perhitungan CDV dan Nilai PCI

Iterasi	Deduct Values								TDV	q	CDV
1	67.00	26.00	10.00	8.50					111.50	4	69.50
2	67.00	26.00	10.00	2.00					105.00	3	66.00
3	67.00	26.00	2.00	2.00					97.00	2	68.50
4	67.00	2.00	2.00	2.00					73.00	1	73.00
5									0.00		
6									0.00		
7									0.00		
Max CDV									73		
PCI = 100 - Max CDV									27		
Rating									Very Poor		



Gambar L-3. 5 Hasil Perhitungan PCI segmen 5

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM

ASPHALT SURVACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA			**SKETCH:** 100 m, 2,5 m
BRANCH : Jl. Grogolan - Ngemplak	**SECTION : 6**	**SAMPEL UNIT :**	
SURVEYED BY : Rizal, Nanang, Indra, Daffa	**DATE : 22 April 2026**	**SAMPEL AREA : 250**	

1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Ravelling
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting	

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
1 L	1.75	1.147								2.90	1.16	11.80
6 H	5.98									5.98	2.39	21.50
7 H	5.85	8.7	10.5							25.05	10.02	40.00
11 L	1.82	1.65	2.185							5.66	2.26	5.00
13 H	0.48									0.48	0.19	68.00
										Maksimum =		68.00

Jumlah Pengurangan Izin

m = 1 + (9/98)(100-HDV) ≤ 10	m =	3.938776	-	3	
	m =	0.938776			
Deduct Value =	68.00	40.00	21.50	11.08	

Perhitungan CDV dan Nilai PCI

Iterasi	Deduct Values								TDV	q	CDV
1	68.00	40.00	21.50	11.08					140.58	4	79.50
2	68.00	40.00	21.50	2.00					131.50	3	79.00
3	68.00	40.00	2.00	2.00					112.00	2	72.00
4	68.00	2.00	2.00	2.00					74.00	1	74.00
5									0.00		
6									0.00		
7									0.00		
Max CDV									79.5		
PCI = 100 - Max CDV									20.5		
Rating									Serious		



Gambar L-3. 6 Hasil Perhitungan PCI segmen 6

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM

ASPHALT SURVACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA			**SKETCH:** 100 m, 2,5 m
BRANCH : Jl. Grogolan - Ngemplak	**SECTION : 7**	**SAMPEL UNIT :**	
SURVEYED BY : Rizal, Nanang, Indra, Daffa	**DATE : 22 April 2026**	**SAMPEL AREA : 250**	

1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Ravelling
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting	

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
1 L	1.35	0.81								2.16	0.86	10.00
7 H	3.00	3.25	2.50							8.75	3.50	25.00
11 L	2.64	1.30								3.94	1.58	3.50
13 M	0.03	0.03								0.06	0.03	15.00
13 H	0.30									0.30	0.12	58.00
										Maksimum =		58.00

Jumlah Pengurangan Izin

m = 1 + (9/98)(100-HDV) ≤ 10	m =	4.8571	-	4
	m =	0.8571		

Deduct Value =	58.00	25.00	15.00	10.00	3.00							

Perhitungan CDV dan Nilai PCI

Iterasi	Deduct Values								TDV	q	CDV
1	58.00	25.00	15.00	10.00	3.00				111.00	5	58.50
2	58.00	25.00	15.00	10.00	2.00				110.00	4	63.00
3	58.00	25.00	15.00	2.00	2.00				102.00	3	65.00
4	58.00	25.00	2.00	2.00	2.00				89.00	2	63.50
5	58.00	2.00	2.00	2.00	2.00				66.00	1	66.00
6									0.00		
7									0.00		
Max CDV									66		
PCI = 100 - Max CDV									34		
Rating									Very Poor		



Gambar L-3. 7 Hasil Perhitungan PCI segmen 7

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM

ASPHALT SURVACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA			**SKETCH:** 100 m, 2,5 m
BRANCH : Jl. Grogolan - Ngemplak	**SECTION : 8**	**SAMPEL UNIT :**	
SURVEYED BY : Rizal, Nanang, Indra, Daffa	**DATE : 22 April 2026**	**SAMPEL AREA : 250**	

1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Ravelling
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting	

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
1 L	4.14	4.05	1.44							9.63	3.85	22.50
1 M	1.49									1.49	0.59	16.50
7 M	2.5									2.50	1.00	8.00
11 L	5.135	6.6	2.47							14.21	5.68	11.00
13 H	0.26									0.26	0.10	54.00
										Maksimum =		54.00

Jumlah Pengurangan Izin

m = 1 + (9/98)(100-HDV) ≤ 10	m =	5.22449	-	5
	m =	0.22449		

Deduct Value =	54.00	22.50	16.50	11.00	8.00							

Perhitungan CDV dan Nilai PCI

Iterasi	Deduct Values								TDV	q	CDV
1	54.00	22.50	16.50	11.00	8.00				112.00	5	69
2	54.00	22.50	16.50	11.00	2.00				106.00	4	61
3	54.00	22.50	16.50	2.00	2.00				97.00	3	61.5
4	54.00	22.50	2.00	2.00	2.00				82.50	2	60
5	54.00	2.00	2.00	2.00	2.00				62.00	1	62
6									0.00		
7									0.00		
Max CDV									69.00		
PCI = 100 - Max CDV									31		
Rating									Very Poor		



Gambar L-3. 8 Hasil Perhitungan PCI segmen 8

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM

ASPHALT SURVACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA			**SKETCH:** 100 m, 2,5 m
BRANCH : Jl. Grogolan - Ngemplak	**SECTION : 9**	**SAMPEL UNIT :**	
SURVEYED BY : Rizal, Nanang, Indra, Daffa	**DATE : 22 April 2026**	**SAMPEL AREA : 250**	

1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Ravelling
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting	

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
1 L	0.78	2.5175	1.8525							5.15	2.06	16.50
6 L	1.78									1.78	0.71	4.00
7 L	2.74									2.74	1.10	3.00
7 H	3.10									3.10	1.24	9.00
10 L	3.90									3.90	1.56	3.50
11 L	10.92	2.47	1.375							14.77	5.91	11.50
13 M	0.1125									0.11	0.05	22.00
										Maksimum =		22.00

Jumlah Pengurangan Izin

m = 1 + (9/98)(100-HDV) ≤ 10	m =	8.163265	-	8	
	m =	0.163265			
Deduct Value =	22.00	16.50	11.50	9.00	4.00	3.50	3.00

Perhitungan CDV dan Nilai PCI

Iterasi	Deduct Values							TDV	q	CDV
1	22.00	16.50	11.50	9.00	4.00	3.50	3.00	69.50	7	31.00
2	22.00	16.50	11.50	9.00	4.00	3.50	2.00	68.50	6	31.50
3	22.00	16.50	11.50	9.00	4.00	2.00	2.00	67.00	5	34.00
4	22.00	16.50	11.50	9.00	2.00	2.00	2.00	65.00	4	36.80
5	22.00	16.50	11.50	2.00	2.00	2.00	2.00	58.00	3	37.00
6	22.00	16.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	48.50	2	35.50
7	22.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	34.00	1	34.00
Max CDV										37
PCI = 100 - Max CDV										63
Rating										Fair



Gambar L-3. 9 Hasil Perhitungan PCI segmen 9

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM

ASPHALT SURVACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA			**SKETCH:** 100 m, 2,5 m
BRANCH : Jl. Grogolan - Ngemplak	**SECTION : 10**	**SAMPEL UNIT :**	
SURVEYED BY : Rizal, Nanang, Indra, Daffa	**DATE : 22 April 2026**	**SAMPEL AREA : 250**	

1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Ravelling
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting	

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
1 L	1.32	1.92	3.045	3.16						9.45	3.78	22.00
6 L	0.38									0.38	0.15	4.00
11 L	3.6	4.13	7.68	4.5						19.91	7.96	14.00
										Maksimum =		22.00

Jumlah Pengurangan Izin

m = 1 + (9/98)(100-HDV) ≤ 10	m =	8.163265	-	8	
	m =	0.163265			
Deduct Value =	22.00	14.00	4.00		

Perhitungan CDV dan Nilai PCI

Iterasi	Deduct Values							TDV	q	CDV
1	22.00	14.00	4.00					40.00	3	25
2	22.00	14.00	2.00					38.00	2	38.3
3	22.00	2.00	2.00					26.00	1	26
4								0.00		
5								0.00		
6								0.00		
7								0.00		
Max CDV										38.3
PCI = 100 - Max CDV										61.7
Rating										Fair



Gambar L-3. 10 Hasil Perhitungan PCI segmen 10

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM

ASPHALT SURVACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA			**SKETCH:** 100 m, 2,5 m
BRANCH : Jl. Grogolan - Ngemplak	**SECTION : 11**	**SAMPEL UNIT :**	
SURVEYED BY : Rizal, Nanang, Indra, Daffa	**DATE : 22 April 2026**	**SAMPEL AREA : 250**	

1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Ravelling
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting	

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
1 L	7.85	2.49								10.34	4.13	23.00
7 H	9.20									9.20	3.68	25.70
11 L	1.54	1.61								3.15	1.26	2.70
13 M	0.22	0.05	0.04	0.06						0.37	0.15	42.00
16 M	0.84	0.48								1.32	0.53	6.00
18 H	2.28									2.28	0.91	34.20
										Maksimum =		42.00

Jumlah Pengurangan Izin

m = 1 + (9/98)(100-HDV) ≤ 10	m =	6.326531	-	6
	m =	0.326531		

Deduct Value =	42.00	34.20	25.70	23.00	6.00	2.70

Perhitungan CDV dan Nilai PCI

Iterasi	Deduct Values								TDV	q	CDV
1	42.00	34.20	25.70	23.00	6.00	2.70			133.60	6	65.00
2	42.00	34.20	25.70	23.00	6.00	2.00			132.90	5	69.00
3	42.00	34.20	25.70	23.00	2.00	2.00			128.90	4	72.60
4	42.00	34.20	25.70	2.00	2.00	2.00			107.90	3	68.00
5	42.00	34.20	2.00	2.00	2.00	2.00			84.20	2	61.00
6	42.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00			52.00	1	52.00
Max CDV									72.6		
PCI = 100 - Max CDV									27.4		
Rating									Very Poor		



Gambar L-3. 11 Hasil Perhitungan PCI segmen 11

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM

ASPHALT SURVACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA			**SKETCH:** 100 m, 2,5 m
BRANCH : Jl. Grogolan - Ngemplak	**SECTION : 12**	**SAMPEL UNIT :**	
SURVEYED BY : Rizal, Nanang, Indra, Daffa	**DATE : 22 April 2026**	**SAMPEL AREA : 250**	

1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Ravelling
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting	

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
1 L	1.29	2.38								3.67	1.47	13.50
6 M	2.48									2.48	0.99	8.30
7 H	1.15	3.20	3.10							7.45	2.98	23.00
11 L	3.32	1.80	3.75	0.36						9.22	3.69	7.80
13 L	0.08									0.08	0.03	8.20
										Maksimum =		23.00

Jumlah Pengurangan Izin

m = 1 + (9/98)(100-HDV) ≤ 10	m =	8.071429	-	8
	m =	0.071429		

Deduct Value =	23.00	13.50	8.30	8.20	7.80	

Perhitungan CDV dan Nilai PCI

Iterasi	Deduct Values								TDV	q	CDV
1	23.00	13.50	8.30	8.20	7.80				60.80	5	30.3
2	23.00	13.50	8.30	8.20	2.00				55.00	4	30
3	23.00	13.50	8.30	2.00	2.00				48.80	3	31
4	23.00	13.50	2.00	2.00	2.00				42.50	2	31.5
5	23.00	2.00	2.00	2.00	2.00				31.00	1	31
6									0.00		
7									0.00		
Max CDV									31.5		
PCI = 100 - Max CDV									68.5		
Rating									Fair		



Gambar L-3. 12 Hasil Perhitungan PCI segmen 12

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM

ASPHALT SURVACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA			**SKETCH:** 100 m, 2,5 m
BRANCH : Jl. Grogolan - Ngemplak	**SECTION : 13**	**SAMPEL UNIT :**	
SURVEYED BY : Rizal, Nanang, Indra, Daffa	**DATE : 22 April 2026**	**SAMPEL AREA : 250**	

1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Ravelling
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting	

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
1 L	2.10	2.61	11.96	3.31						19.98	7.99	30.00
7 L	2.13									2.13	0.85	3.00
11 L	3.00	4.06	3.36							10.42	4.17	8.50
11 M	7.41									7.41	2.96	16.50
										Maksimum =		30.00

Jumlah Pengurangan Izin

m = 1 + (9/98)(100-HDV) ≤ 10	m =	7.428571	-	7	
	m =	0.428571			
Deduct Value =	30.00	16.50	8.50	3.00	

Perhitungan CDV dan Nilai PCI

Iterasi	Deduct Values								TDV	q	CDV
1	30.00	16.50	8.50	3.00					58.00	4	32
2	30.00	16.50	8.50	2.00					57.00	3	36.5
3	30.00	16.50	2.00	2.00					50.50	2	38
4	30.00	2.00	2.00	2.00					36.00	1	36
5									0.00		
6									0.00		
7									0.00		
Max CDV									38		
PCI = 100 - Max CDV									62		
Rating									Fair		



Gambar L-3. 13 Hasil Perhitungan PCI segmen 13

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM

ASPHALT SURVACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA			**SKETCH:** 100 m, 2,5 m
BRANCH : Jl. Grogolan - Ngemplak	**SECTION : 14**	**SAMPEL UNIT :**	
SURVEYED BY : Rizal, Nanang, Indra, Daffa	**DATE : 22 April 2026**	**SAMPEL AREA : 250**	

1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Ravelling
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting	

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
1 L	3.38	2.10								5.48	2.19	17.00
1 M	0.30	0.12								0.42	0.17	8.50
7 H	2.98	5.50								8.48	3.39	24.50
10 L	3.90									3.90	1.56	3.60
13 L	0.05	0.02								0.07	0.03	8.00
16 H	1.26	0.75	1.56							3.57	1.43	21.70
										Maksimum =		24.50

Jumlah Pengurangan Izin

m = 1 + (9/98)(100-HDV) ≤ 10	m =	7.933673	-	7	
	m =	0.933673			
Deduct Value =	24.50	21.70	17.00	8.50	8.00	3.60

Perhitungan CDV dan Nilai PCI

Iterasi	Deduct Values								TDV	q	CDV
1	24.50	21.70	17.00	8.50	8.00	3.60			83.30	6	40.00
2	24.50	21.70	17.00	8.50	8.00	2.00			81.70	5	42.70
3	24.50	21.70	17.00	8.50	2.00	2.00			75.70	4	43.30
4	24.50	21.70	17.00	2.00	2.00	2.00			69.20	3	44.50
5	24.50	21.70	2.00	2.00	2.00	2.00			54.20	2	40.50
6	24.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00			34.50	1	34.50
7									0.00		
Max CDV									44.5		
PCI = 100 - Max CDV									55.5		
Rating									Fair		



Gambar L-3. 14 Hasil Perhitungan PCI segmen 14

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM

ASPHALT SURVACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA			**SKETCH:** 100 m, 2,5 m
BRANCH : Jl. Grogolan - Ngemplak	**SECTION : 15**	**SAMPEL UNIT :**	
SURVEYED BY : Rizal, Nanang, Indra, Daffa	**DATE : 22 April 2026**	**SAMPEL AREA : 250**	

1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Ravelling
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting	

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
3 M	5.72									5.72	2.29	6.00
7 H	7.6	2.5								10.10	4.04	27.00
13 M	0.164									0.16	0.07	27.50
13 H	0.6									0.60	0.24	73.60
16 H	5.94									5.94	2.38	27.00
										Maksimum =		73.60

Jumlah Pengurangan Izin

m = 1 + (9/98)(100-HDV) ≤ 10	m =	3.42449	-	3	
	m =	0.42449			
Deduct Value =	73.60	27.50	27.00	11.46	

Perhitungan CDV dan Nilai PCI

Iterasi	Deduct Values								TDV	q	CDV
1	73.60	27.50	27.00	11.46					139.56	4	78.50
2	73.60	27.50	27.00	2.00					130.10	3	79.00
3	73.60	27.50	2.00	2.00					105.10	2	73.50
4	73.60	2.00	2.00	2.00					79.60	1	79.60
5									0.00		
6									0.00		
7									0.00		
Max CDV									79.6		
PCI = 100 - Max CDV									20.4		
Rating									Serious		



Gambar L-3. 15 Hasil Perhitungan PCI segmen 15

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM

ASPHALT SURVACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA			**SKETCH:** 100 m, 2,5 m
BRANCH : Jl. Grogolan - Ngemplak	**SECTION : 16**	**SAMPEL UNIT :**	
SURVEYED BY : Rizal, Nanang, Indra, Daffa	**DATE : 22 April 2026**	**SAMPEL AREA : 250**	

1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Ravelling
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting	

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
1 L	1.29	0.60	1.47	0.22						3.58	1.43	13.50
6 M	1.12									1.12	0.45	8.00
11 L	1.10									1.10	0.44	1.00
13 L	0.07	6.527	1.8							8.39	3.36	80.00
										Maksimum =		80.00

Jumlah Pengurangan Izin

m = 1 + (9/98)(100-HDV) ≤ 10	m =	2.836735	-	2	
	m =	0.836735			
Deduct Value =	80.00	13.50	6.69		

Perhitungan CDV dan Nilai PCI

Iterasi	Deduct Values								TDV	q	CDV
1	80.00	13.50	6.69						100.19	3	63.00
2	80.00	13.50	2.00						95.50	2	67.50
3	80.00	2.00	2.00						84.00	1	84.00
4									0.00		
5									0.00		
6									0.00		
7									0.00		
Max CDV									84		
PCI = 100 - Max CDV									16		
Rating									Serious		



Gambar L-3. 16 Hasil Perhitungan PCI segmen 16

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM

ASPHALT SURVACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA			**SKETCH:** 100 m, 2,5 m
BRANCH : Jl. Grogolan - Ngemplak	**SECTION : 17**	**SAMPEL UNIT :**	
SURVEYED BY : Rizal, Nanang, Indra, Daffa	**DATE : 22 April 2026**	**SAMPEL AREA : 250**	

1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Ravelling
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting	

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
1 L	8.715	6.00	1.76							16.48	6.59	28.00
7 H	8.1	2.4								10.50	4.20	28.00
11 L	1.12	5.94								7.06	2.82	6.30
										Maksimum =		28.00

Jumlah Pengurangan Izin

m = 1 + (9/98)(100-HDV) ≤ 10	m =	7.612245	-	7	
	m =	0.612245			
Deduct Value =	28.00	28.00	6.30		

Perhitungan CDV dan Nilai PCI

Iterasi	Deduct Values								TDV	q	CDV
1	28.00	28.00	6.30						62.30	3	40.00
2	28.00	28.00	2.00						58.00	2	43.00
3	28.00	2.00	2.00						32.00	1	32.00
4									0.00		
5									0.00		
6									0.00		
7									0.00		
Max CDV										43	
PCI = 100 - Max CDV										57	
Rating										Fair	



Gambar L-3. 17 Hasil Perhitungan PCI segmen 17

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM

ASPHALT SURVACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA			**SKETCH:** 100 m, 2,5 m
BRANCH : Jl. Grogolan - Ngemplak	**SECTION : 18**	**SAMPEL UNIT :**	
SURVEYED BY : Rizal, Nanang, Indra, Daffa	**DATE : 22 April 2026**	**SAMPEL AREA : 250**	

1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Ravelling
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting	

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
1 L	1.70	0.77								2.47	0.99	10.50
11 M	1.02	0.77	0.86							2.65	1.06	10.00
13 H	0.38									0.38	0.15	57.60
16 H	2.13									2.13	0.85	17.50
										Maksimum =		57.60

Jumlah Pengurangan Izin

m = 1 + (9/98)(100-HDV) ≤ 10	m =	4.893878	-	4	
	m =	0.893878			
Deduct Value =	57.60	17.50	10.50	10.00	

Perhitungan CDV dan Nilai PCI

Iterasi	Deduct Values								TDV	q	CDV
1	57.60	17.50	10.50	10.00					95.60	4	55.00
2	57.60	17.50	10.50	2.00					87.60	3	55.50
3	57.60	17.50	2.00	2.00					79.10	2	57.70
4	57.60	2.00	2.00	2.00					63.60	1	63.50
5									0.00		
6									0.00		
7									0.00		
Max CDV										63.5	
PCI = 100 - Max CDV										36.5	
Rating										Very Poor	



Gambar L-3. 18 Hasil Perhitungan PCI segmen 18

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM

ASPHALT SURVACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA			**SKETCH:** 100 m, 2,5 m
BRANCH : Jl. Grogolan - Ngemplak	**SECTION : 19**	**SAMPEL UNIT :**	
SURVEYED BY : Rizal, Nanang, Indra, Daffa	**DATE : 22 April 2026**	**SAMPEL AREA : 250**	

1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Ravelling
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting	

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
1 L	2.10									2.10	0.84	9.60
1 H	2.99	0.18								3.17	1.27	33.50
6 M	4.365									4.37	1.75	10.00
11 L	0.88	0.69	1.04	2.09	1.6575					6.35	2.54	6.00
										Maksimum =		33.50

Jumlah Pengurangan Izin

m = 1 + (9/98)(100-HDV) ≤ 10	m =	7.107143	-	7	
	m =	0.107143			
Deduct Value =	33.50	10.00	9.60	6.00	

Perhitungan CDV dan Nilai PCI

Iterasi	Deduct Values								TDV	q	CDV
1	33.50	10.00	9.60	6.00					59.10	4	32.50
2	33.50	10.00	9.60	2.00					55.10	3	35.00
3	33.50	10.00	2.00	2.00					47.50	2	34.50
4	33.50	2.00	2.00	2.00					39.50	1	39.00
5									0.00		
6									0.00		
7									0.00		
Max CDV									39		
PCI = 100 - Max CDV									61		
Rating									Fair		



Gambar L-3. 19 Hasil Perhitungan PCI segmen 19

ROAD PAVEMENT CONDITION SURVEY FORM

ASPHALT SURVACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA			**SKETCH:** 100 m, 2,5 m
BRANCH : Jl. Grogolan - Ngemplak	**SECTION : 20**	**SAMPEL UNIT :**	
SURVEYED BY : Rizal, Nanang, Indra, Daffa	**DATE : 22 April 2026**	**SAMPEL AREA : 250**	

1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	17. Slippage Cracking
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes	18. Swell
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing	19. Weathering/Ravelling
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting	

DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
1 L	4.07	0.42	3.60							8.09	3.24	20.50
11 L	1.672	0.664	2.28							4.62	1.85	4.00
11 M	0.8	0.9								1.70	0.68	7.60
13 M	0.03									0.03	0.01	5.90
										Maksimum =		20.50

Jumlah Pengurangan Izin

m = 1 + (9/98)(100-HDV) ≤ 10	m =	8.30102	-	8	
	m =	0.30102			
Deduct Value =	20.50	7.60	5.90	4.00	

Perhitungan CDV dan Nilai PCI

Iterasi	Deduct Values								TDV	q	CDV
1	20.50	7.60	5.90	4.00					38.00	4	18.50
2	20.50	7.60	5.90	2.00					36.00	3	22.50
3	20.50	7.60	2.00	2.00					32.10	2	25.00
4	20.50	2.00	2.00	2.00					26.50	1	26.50
5									0.00		
6									0.00		
7									0.00		
Max CDV									26.5		
PCI = 100 - Max CDV									73.5		
Rating									Satisfactory		



Gambar L-3. 20 Hasil Perhitungan PCI segmen 20

Lampiran 4 Hasil Analisis Program KENPAVE

INPUT FILE NAME -C:\Users\ASUS\OneDrive\Documents\Analisis KENPAVE Tugas Akhir Rizal.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -Analisis Rizal

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM
NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED
NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1
NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1
TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = 0.001
NUMBER OF LAYERS (NL)---------- = 5
NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)------ = 5
LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80
COMPUTING CODE (NSTD)---------- = 9
SYSTEM OF UNITS (NUNIT)----------= 1

Length and displacement in cm, stress and modulus in kPa
unit weight in kN/m^3, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4 6 15 20
POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0.192 0.192 0.168 0.168 0.216
VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE: 0 9.995 10.005 44.995 45.005
ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 5.280E+05 2 5.760E+05
3 1.056E+05 4 8.160E+04 5 5.539E+04

LOAD GROUP NO. 1 HAS 2 CONTACT AREAS
CONTACT RADIUS (CR)---------- = 11
CONTACT PRESSURE (CP)---------- = 550
NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- = 3
WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)---------- = 0
WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)---------- = 33

RESPONSE PT. NO. AND (XPT, YPT) ARE: 1 0.000 0.000 2 0.000 11.000 3 0.000 16.500

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MAJOR P. STRESS (STRAIN)	MINOR STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE STRESS (HORIZONTAL P. STRAIN)
1	0.00000	0.10609	550.000	917.363	750.833	873.180
	(STRAIN)		7.709E-04	1.147E-03	7.709E-04	1.047E-03
1	9.99500	0.09434	260.342	261.078	-361.066	-282.890
	(STRAIN)		3.734E-04	2.679E-04	-3.196E-04	-6,163E-04
1	10.00500	0.09433	260.141	261.624	-23.220	-9.916
	(STRAIN)		2.514E-03	2.530E-03	-6.203E-04	-6.203E-04
1	44.99500	0.05420	42.860	44.182	-17.594	-12.377
	(STRAIN)		5.842E-04	6.031E-04	-2.811E-04	-2.811E-04
1	45.00500	0.05419	42.847	44.398	-6.879	-4.168
	(STRAIN)		2.853E-04	2.446E-04	-2.811E-04	-2.811E-04
2	0.00000	0.09977	550.000	608.381	337.508	431.914
	(STRAIN)		2.609E-04	8.724E-04	2.609E-04	4.741E-04
2	9.99500	0.09352	178.302	189.139	-273.508	43.480
	(STRAIN)		2.486E-04	3.050E-04	-2.524E-04	-5.524E-04
2	10.00500	0.09351	178.235	187.929	-21.817	29.879
	(STRAIN)		1.660E-03	1.767E-03	-5.531E-04	-5.531E-04
2	44.99500	0.05639	46.648	46.789	-19.032	-13.316
	(STRAIN)		6.380E-04	6.400E-04	-3.021E-04	-3.021E-04
2	45.00500	0.05638	46.634	46.802	-7.445	-3.795
	(STRAIN)		3.048E-04	3.888E-04	-3.021E-04	-3.021E-04
3	0.00000	0.09798	0.000	566.718	276.442	339.974
	(STRAIN)		1.939E-04	8.492E-04	1.939E-04	3.373E-04
3	9.99500	0.09198	140.590	197.131	-226.118	140.590
	(STRAIN)		2.017E-04	3.708E-04	-2.051E-04	-2.138E-04
3	10.00500	0.09197	140.599	140.599	-19.811	59.444
	(STRAIN)		1.268E-03	1.268E-03	-5.059E-04	-5.059E-04
3	44.99500	0.05667	47.096	47.096	-19.211	-13.397
	(STRAIN)		6.443E-04	6.443E-04	-3.048E-04	-3.048E-04
3	45.00500	0.05666	47.082	47.082	-7.518	-3.728
	(STRAIN)		3.715E-04	3.114E-04	-3.048E-04	-3.048E-04

Lampiran 5 Dokumentasi



Gambar L-5. 1 Survei Lapangan



Gambar L-5. 2 Survei Lapangan



Gambar L-5. 3 Survei Lapangan



Gambar L-5. 4 Kerusakan *Alligator Cracking*



Gambar L-5. 5 Kerusakan *Shoving*



Gambar L-5. 6 Kerusakan Edge Cracking



Gambar L-5. 7 Kerusakan *Potholes*



Gambar L-5. 8 Kerusakan *Patching*



Gambar L-5. 9 Kerusakan *Block Cracking*



Gambar L-5. 10 Kerusakan *Swell*