

TUGAS AKHIR

EVALUASI KONDISI PERKERASAN MENGGUNAKAN *PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI)* DAN PREDIKSI UMUR PELAYANAN JALAN DENGAN PEMODELAN VISKOELASTIK

**Studi Kasus: Jalan Koroulon–Joholanang Sta 0+00-1+00
(*EVALUATION OF PAVEMENT CONDITION BASED
ON PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) AND
SERVICE LIFE PREDICTION THROUGH
VISCOELASTIC MODELING*)**

Case Study: Koroulon-Joholanang Section Sta 0+00-1+00

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



**Hasna Rakhmatika Nurul Azmi
19511281**

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

TUGAS AKHIR

**EVALUASI KONDISI PERKERASAN MENGGUNAKAN
PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) DAN
PREDIKSI UMUR PELAYANAN JALAN DENGAN
PEMODELAN VISKOELASTIK**

**Studi Kasus: Jalan Koroulon–Joholanang Sta 0+00-1+00
(EVALUATION OF PAVEMENT CONDITION BASED
ON PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) AND
SERVICE LIFE PREDICTION THROUGH
VISCOELASTIC MODELING)**

Case Study: Koroulon-Joholanang Section Sta 0+00-1+00

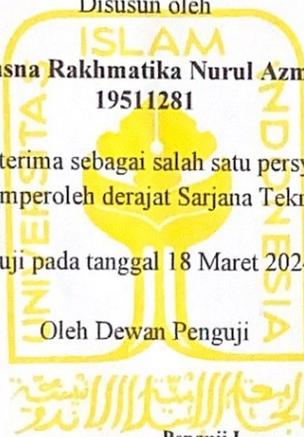
Disusun oleh

**Hasna Rakhmatika Nurul Azmi
19511281**

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

Diuji pada tanggal 18 Maret 2024

Oleh Dewan Penguji



Pembimbing I

Muhamad Abdul Hadi., S.T., M.T.
NIK: 215111307

Penguji I

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

Penguji II

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



Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

H. Yunah Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 23 Maret 2024



Hasna Rakhmatika Nurul Azmi
(19511281)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'aalaamiin, segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “*Evaluasi Kondisi Perkerasan Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) Dan Prediksi Umur Pelayanan Jalan Dengan Pemodelan Viskoelastik*”. Tugas akhir ini merupakan salah satu prasyarat untuk mendapatkan gelar sarjana pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Muhamad Abdul Hadi S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberi arahan, bimbingan dan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. dan Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir yang telah memberikan banyak masukan, saran, dan evaluasi untuk menjadi pribadi yang lebih baik kedepannya.
3. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., MT., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
4. Bapak Agus Sulastomo dan Ibu Setyo Wardhani selaku orang tua penulis yang telah berkorban begitu banyak baik material maupun spiritual hingga selesainya Tugas Akhir ini.
5. Semua teman-teman yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Tim survey jalan-jalan, Dede, A Ilal, Dodi, Alwan, Ang, Tari, Diina.

6. Tim haha-hihi, kontrakan babayo, odading, dan teman-teman LEM FTSP yang telah membantu penulis untuk berproses selama masa-masa perkuliahan dan penyelesaian tugas akhir.
7. Dan yang terakhir, saya ingin mengucapkan terimakasih kepada diri saya sendiri karena telah berjuang sampai pada posisi ini. *You've doing great, has.*

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna dan tidak luput dari kesalahan. Untuk itu, penulis memohon maaf serta mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 23 Maret 2024

Penulis,

Hasna Rakhmatika Nurul Azmi

19511281

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
ABSTRAK	xvii
<i>Abstract</i>	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Evaluasi Kondisi Perkerasan Jalan dengan Metode <i>PCI</i>	6
2.2 Prediksi Umur Pelayanan Jalan dengan Pemodelan Viskoelastik	8
2.3 Perbedaan Penelitian	11
BAB III LANDASAN TEORI	14
3.1 Perkerasan Lentur	14
3.1.1 Lapis Permukaan (<i>Surface Course</i>)	15
3.1.2 Lapis Pondasi (<i>Base Course</i>)	15
3.1.3 Lapis Pondasi Bawah (<i>Subbase Course</i>)	16
3.1.4 Lapis Tanah Dasar (<i>Subgrade</i>)	16
3.2 <i>Pavement Condition Index (PCI)</i>	17

3.2.1 Jenis Kerusakan Jalan Berdasarkan Nilai <i>PCI</i>	17
3.2.2 Penilaian Kondisi Perkerasan dengan Metode <i>PCI</i>	31
3.3 Aplikasi <i>KENPAVE</i>	34
3.3.1 Menu <i>KENLAYER</i>	36
3.3.2 Pemodelan Viskoelastik	41
3.3.3 Karakteristik Material	43
3.4 Analisis Kerusakan Perkerasan	45
3.4.1 Fatigue Cracking	46
3.4.2 Rutting	46
3.4.3 Permanent Deformation	47
3.5 Prediksi Umur Perkerasan	47
3.5.1 Data Lalu Lintas	47
3.5.2 Vehicle Damage Factor (VDF)	48
3.5.3 Faktor Distribusi Arah (DD)	52
3.5.4 Faktor Distribusi Lajur (DL)	52
3.5.5 Prediksi Umur Pelayanan Perkerasan	52
BAB IV METODE PENELITIAN	54
4.1 Lokasi Penelitian	54
4.2 Langkah–Langkah Penelitian	54
4.3 Metode <i>Pavement Condition Index (PCI)</i>	56
4.4 Metode Mekanistik-Empiris dengan Program <i>KENPAVE</i>	59
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	61
5.1 Analisis <i>Pavement Condition Index (PCI)</i>	61
5.1.1 Perhitungan Nilai <i>PCI</i>	62
5.1.2 Menghitung Keseluruhan Nilai <i>PCI</i>	76
5.1.3 Pembahasan Metode <i>PCI</i>	76
5.2 Analisis Dengan Menggunakan Aplikasi <i>KENPAVE</i>	86
5.2.1 Karakteristik Material	87
5.2.2 Perhitungan Creep Compliance	87
5.2.3 Analisis Menggunakan <i>KENPAVE</i>	89
5.2.4 Hasil Analisis <i>KENLAYER</i>	104

5.2.5 Kontrol Jumlah Beban Gandar	106
5.2.6 Prediksi Umur Pelayanan Jalan	107
5.2.7 Pembahasan Analisis <i>KENPAVE</i>	112
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	116
6.1 Kesimpulan	116
6.2 Saran	116
DAFTAR PUSTAKA	118
LAMPIRAN	122

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu	12
Tabel 3.1	Hubungan Antara Nilai <i>PCI</i> dengan Kondisi Jalan	17
Tabel 3.2	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Kulit Buaya	18
Tabel 3.3	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Kegemukan	19
Tabel 3.4	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Blok	19
Tabel 3.5	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Benjol dan Turun	20
Tabel 3.6	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Keriting	21
Tabel 3.7	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Amblas	22
Tabel 3.8	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Samping Jalan	22
Tabel 3.9	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Sambung	23
Tabel 3.10	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Jalur/Bahu Turun	24
Tabel 3.11	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Memanjang atau Melintang	24
Tabel 3.12	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Tambalan	25
Tabel 3.13	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Agregat Licin	26
Tabel 3.14	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Lubang	27

Tabel 3.15 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Persilangan Jalan Rel	27
Tabel 3.16 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Alur	28
Tabel 3.17 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Sungkur	29
Tabel 3.18 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Geser	29
Tabel 3.19 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Mengembang	30
Tabel 3.20 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Pelepasan Butiran	31
Tabel 3.21 Nilai Modulus Elastisitas	43
Tabel 3.22 Nilai <i>Poisson's Ratio</i>	44
Tabel 3.23 Titik Penting Analisis Perkerasan	45
Tabel 3.24 Titik Nilai <i>VDF</i> Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga	50
Tabel 3.25 Titik Nilai <i>VDF</i> Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga	51
Tabel 3.26 Titik Nilai <i>VDF</i> Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga	52
Tabel 5.1 Hasil Pengamatan Kerusakan Segmen 6	61
Tabel 5.2 Nilai <i>Density</i> dan <i>Deduct Value</i> pada Retak Kulit Buaya	62
Tabel 5.3 Nilai <i>Density</i> dan <i>Deduct Value</i> pada Retak Blok	64
Tabel 5.4 Nilai <i>Density</i> dan <i>Deduct Value</i> pada Kerusakan Amblas	65
Tabel 5.5 Nilai <i>Density</i> dan <i>Deduct Value</i> pada Retak Pinggir	66
Tabel 5.6 Nilai <i>Density</i> dan <i>Deduct Value</i> pada Kerusakan Bahu Turun	68
Tabel 5.7 Nilai <i>Density</i> dan <i>Deduct Value</i> pada Agregat Licin	71
Tabel 5.8 Rekapitulasi Hasil Perhitungan <i>PCI</i> Tiap Segmen	74
Tabel 5.9 Persentase Nilai <i>PCI</i> pada Ruas Jalan Koroulon-Joholanang	77
Tabel 5.10 <i>Rating</i> Nilai <i>PCI</i> Ruas Jalan Koroulon-Joholanang	78
Tabel 5.11 Penyebaran Jenis Kerusakan Jalan	78
Tabel 5.12 Rekapitulasi Perhitungan Nilai <i>Density</i>	81
Tabel 5.13 Modulus Elastisitas dan <i>Poisson's Ratio</i>	87

Tabel 5.14 Rekapitulasi <i>Creep Compliance</i> Lapisan AC-WC	88
Tabel 5.15 Rekapitulasi <i>Creep Compliance</i> Lapisan AC-BC	89
Tabel 5.16 Data <i>Input</i> pada Menu <i>General</i>	90
Tabel 5.17 Data <i>Input</i> pada menu <i>Zcoord</i>	93
Tabel 5.18 Data <i>Input</i> pada menu <i>Layer</i>	94
Tabel 5.19 Data <i>Input</i> pada menu <i>Moduli</i>	95
Tabel 5.20 Data <i>Input</i> pada Menu <i>Load</i>	98
Tabel 5.21 Data <i>Input</i> pada menu <i>NPT and YPT</i>	99
Tabel 5.22 Data <i>Input</i> pada Menu <i>Viscoelastic General</i>	100
Tabel 5.23 Data <i>Input</i> pada Menu <i>Time</i>	101
Tabel 5.24 Data <i>Input</i> pada Menu <i>Layer Viscoelastik</i>	102
Tabel 5.25 Hasil Analisis <i>KENLAYER</i>	105
Tabel 5.26 Rekapitulasi Hasil Analisis <i>KENLAYER</i>	106
Tabel 5.27 Data LHR Tahun 2022	108
Tabel 5.28 Rekapitulasi Data LHR	108
Tabel 5.29 Proyeksi Data LHR Tahun 2023	110
Tabel 5.30 Rekapitulasi Beban Gandar Maksimum dan Prediksi Umur Pelayanan Jalan	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Grafik Hubungan Antara <i>CDV</i> dan <i>TDV</i>	34
Gambar 3.2	Tampilan Awal <i>KENPAVE</i>	35
Gambar 3.3	Menu <i>LAYERINP</i>	37
Gambar 3.4	Menu <i>General</i>	38
Gambar 3.5	Menu <i>Zcoord</i>	39
Gambar 3.6	Menu <i>Layer</i>	39
Gambar 3.7	Menu <i>Interface</i>	40
Gambar 3.8	Menu <i>Moduli</i>	40
Gambar 3.9	Menu <i>Load</i>	41
Gambar 3.10	Titik Penting Analisis Struktur Perkerasan	45
Gambar 4.1	Lokasi Penelitian	54
Gambar 4.2	Bagan Alir Penelitian	56
Gambar 4.3	Form Survei <i>PCI</i> Untuk Perkerasan Lentur	57
Gambar 4.4	Bagan Alir Metode <i>PCI</i>	58
Gambar 4.5	Bagan Alir Metode Mekanistik-Empiris	60
Gambar 5.1	Nilai <i>Deduct Value</i> pada Kerusakan Retak Kulit Buaya	63
Gambar 5.2	Nilai <i>Deduct Value</i> pada Kerusakan Retak Blok	64
Gambar 5.3	Nilai <i>Deduct Value</i> pada Kerusakan Retak Amblas	66
Gambar 5.4	Nilai <i>Deduct Value</i> pada Kerusakan Retak Pinggir	67
Gambar 5.5	Nilai <i>Deduct Value</i> pada Kerusakan Retak Bahu Turun	69
Gambar 5.6	Nilai <i>Deduct Value</i> pada Kerusakan Retak Memanjang dan Melintang	70
Gambar 5.7	Nilai <i>Deduct Value</i> pada Kerusakan Agregat Licin	72
Gambar 5.8	Grafik Hubungan antara <i>CDV</i> dan <i>TDV</i>	74
Gambar 5.9	Peta Kategori Kerusakan	75
Gambar 5.10	Diagram persentase Kategori Nilai <i>PCI</i>	77
Gambar 5.11	Diagram Perhitungan Nilai <i>Density</i>	82
Gambar 5.12	Peta Kategori Kerusakan	83

Gambar 5.13	Tebal Perkerasan Lentur	86
Gambar 5.14	Tampilan Awal Menu <i>LAYERINP</i>	90
Gambar 5.15	Tampilan Awal Menu <i>General</i>	91
Gambar 5.16	Kedalaman Titik Tinjau Kerusakan	92
Gambar 5.17	Tampilan Awal Menu <i>Zcoord</i>	93
Gambar 5.18	Tampilan Awal Menu <i>Layer</i>	94
Gambar 5.19	Tampilan Awal Menu <i>Moduli</i>	95
Gambar 5.20	Konfigurasi Sumbu Standar	96
Gambar 5.21	<i>Plan View of Multiple Wheels</i>	97
Gambar 5.22	Letak Titik Tinjauan Berdasarkan Konfigurasi Sumbu Roda	97
Gambar 5.23	Tampilan Awal Menu <i>Load</i>	98
Gambar 5.24	Tampilan Awal Menu <i>NPT and YPT</i>	99
Gambar 5.25	Tampilan Awal Menu <i>Viscoelastic General</i>	100
Gambar 5.26	Tampilan Awal Menu <i>Time</i>	101
Gambar 5.27	Tampilan Awal Menu <i>Layer Vicoelastic</i>	102
Gambar 5.28	Tampilan <i>Creep Compliance Layer 1</i>	103
Gambar 5.29	Tampilan <i>Creep Compliance Layer 2</i>	103
Gambar 5.30	Tampilan Menu <i>Temperature Viscoelastic</i>	104
Gambar 5.31	Kedalaman Titik Tinjau Kerusakan	112

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Perhitungan <i>PCI</i> pada Tiap Segmen	123
Lampiran 2 Hasil Analisis <i>KENPAVE</i>	133
Lampiran 3 Dokumentasi Survei	136

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

<i>AC-BC</i>	= <i>Asphalt Concrete-Binder Course</i>
<i>AC-WC</i>	= <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i>
<i>Ad</i>	= Luas total jenis kerusakan unit tiap tingkat kerusakan
<i>As</i>	= Luas total segmen
<i>BM</i>	= Bina Marga
<i>CBR</i>	= <i>California bearing ratio</i>
<i>CDV</i>	= <i>Corrected deduct value</i>
<i>CESA</i>	= <i>Cumulative equivalent single axle load</i>
<i>Cm</i>	= Centimeter
<i>DD</i>	= Faktor distribusi arah
<i>DL</i>	= Faktor distribusi lajur
<i>DV</i>	= <i>Deduct value</i>
<i>ESAL</i>	= <i>Equivalent standar axle load</i>
<i>H</i>	= <i>High</i>
<i>i</i>	= Faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)
<i>Km</i>	= Kilometer
<i>L</i>	= <i>Low</i>
<i>LHR</i>	= Lintas harian rata-rata
<i>LPA</i>	= Lapis pondasi atas
<i>M</i>	= <i>Medium</i>
<i>m</i>	= Meter
<i>Nd</i>	= Jumlah repetisi beban <i>permanent deformation</i>
<i>Nf</i>	= Jumlah repetisi beban <i>fatigue cracking</i>
<i>Nr</i>	= Jumlah repetisi beban <i>rutting</i>
<i>PCI</i>	= <i>Pavement condition index</i>
<i>TDV</i>	= <i>Total deduct value</i>

UR = Umur rencana

VDF = *Vehicle damage factor*

ABSTRAK

Ruas Jalan Koroulon-Joholanang merupakan salah satu jalan provinsi yang terletak di Kabupaten Sleman, Provinsi Yogyakarta dan berbatasan langsung dengan Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah. Ruas jalan ini melayani akses utama untuk mendistribusikan material berat dari Gunung Merapi menuju daerah Klaten, Solo, dan sekitarnya. Selain itu, jalur ini juga menjadi salah satu alternatif jalan menuju Objek Wisata Prambanan. Namun, tingginya beban lalu lintas yang harus dilayani tidak diiringi dengan kondisi jalan yang baik. Oleh karena itu, evaluasi terkait kondisi perkerasan jalan dirasa perlu dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kerusakan jalan.

Penelitian ini dilakukan pada Ruas Jalan Koroulon-Joholanang sepanjang 1 Km. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk melakukan evaluasi perkerasan jalan adalah dengan menggunakan metode empiris dan mekanistik-empiris. Metode empiris menggunakan metode *Pavement Condition Index (PCI)*. Evaluasi lebih lanjut dilakukan dengan menggunakan metode mekanistik-empiris menggunakan aplikasi *KENPAVE* dengan pemodelan viskoelastik untuk menentukan umur perkerasan jalan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Ruas Jalan Koroulon-Joholanang memiliki tingkat kerusakan cukup parah dengan nilai akhir *PCI* sebesar 51,45 dan termasuk dalam kategori *poor*. Kerusakan yang paling dominan terjadi adalah kerusakan *polished agregat* atau agregat licin dengan persentase *density* sebesar 37,9 %, kerusakan *lane shoulder drop off* atau jalur / bahu turun dengan rerata *density* 20,77 %, dan *alligator cracking* atau kerusakan retak kulit buaya dengan rerata *density* 9,84 %. Evaluasi lebih lanjut dilakukan dengan menggunakan aplikasi *KENPAVE* dengan pemodelan viskoelastik. Hasil analisis dengan menggunakan aplikasi *KENPAVE* menunjukkan bahwa kerusakan pertama yang akan terjadi adalah kerusakan *permanent deformation* dengan umur layanan selama 3 tahun, kemudian kerusakan *rutting* dengan umur layanan selama 41 tahun, dan yang terakhir adalah kerusakan *fatigue cracking* dengan umur layanan selama 45 tahun.

Kata Kunci: *PCI*, *KENPAVE*, Viskoelastik.

Abstract

Koroulon-Joholanang Road Section is one of the provincial roads located in Sleman Regency, Yogyakarta Province, bordering directly with Klaten Regency, Central Java Province. This road section serves as a primary access route for distributing heavy materials from Mount Merapi to the Klaten, Solo, and surrounding areas. Additionally, it also serves as an alternative route to the Prambanan Temple tourist attraction. However, the high traffic load that it accommodates is not accompanied by good road conditions. Therefore, an evaluation regarding the road pavement condition is deemed necessary to determine the level of road damage.

This research was conducted on the Koroulon-Joholanang Road Section spanning 1 km. In this study, the method used to evaluate the road pavement is through empirical and mechanistic-empirical methods. The empirical method employs the Pavement Condition Index (PCI) method. Further evaluation is carried out using the mechanistic-empirical method using the KENPAVE application with viscoelastic modeling to determine the pavement's service life.

The research findings indicate that the Koroulon-Joholanang Road Section has a significantly poor level of damage, with a final PCI value of 51.45. The most dominant damage observed is polished aggregate or slippery aggregate damage, with a density percentage of 37.9%, lane shoulder drop-off damage with an average density of 20.77%, and alligator cracking with an average density of 9.84%. Further evaluation was conducted using the KENPAVE application with viscoelastic modeling. The analysis results using the KENPAVE application show that the first damage to occur is permanent deformation with a service life of 3 years, followed by rutting with a service life of 41 years, and finally, fatigue cracking with a service life of 45 years..

Keywords: PCI, KENPAVE, Viscoelastic.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi darat yang memiliki peranan penting dalam kehidupan sehari-hari di antaranya sebagai penghubung banyak tempat, akses pariwisata serta kebutuhan distribusi barang dan jasa. Pentingnya keberadaan jalan membuat penyelenggara jalan umum wajib mengusahakan agar jalan dapat digunakan sebesar-besarnya kemakmuran rakyat, terutama untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi nasional, dengan mengusahakan agar biaya umum perjalanan serendah-rendahnya (PP 34/2006, pasal 4). Sesuai dengan pasal pada peraturan tersebut, perencanaan, penyelenggaraan, maupun pengelolaan jalan perlu dibuat sebaik-baiknya demi tercapainya tujuan yang dimaksud. Salah satu jalan yang menjadi penghubung roda perekonomian adalah Ruas Jalan Koroulon-Joholanang, Sleman, Yogyakarta.

Ruas Jalan Koroulon-Joholanang termasuk jalan provinsi yang secara administrasi terletak di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, dan berbatasan langsung dengan Kabupaten Klaten pada bagian barat. Sebagai jalan alternatif penghubung antara dua kabupaten dan provinsi, ruas Jalan Koroulon-Joholanang memiliki tingkat pelayanan yang cukup tinggi (PUPESDM DIY 2022). Selain dilewati oleh kendaraan pribadi, ruas Jalan Koroulon-Joholanang juga merupakan akses utama kendaraan berat yang membawa material dari Gunung Merapi ke daerah Klaten, Solo dan sekitarnya. Selain sebagai jalur utama distribusi perekonomian antara Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah, jalan ini juga merupakan jalan alternatif menuju daerah Objek Wisata Prambanan dan sekitarnya. Namun, tingginya tingkat kepentingan jalan, tidak diiringi dengan kondisi jalan yang baik. Kondisi Ruas Jalan Koroulon-Joholanang memiliki kerusakan yang cukup parah dan mengakibatkan terganggunya pelayanan jalan, keamanan serta kenyamanan pengendara. Hal ini didukung dengan data sekunder yang mengatakan bahwa Ruas Jalan Koroulon-Joholanang terakhir kali dilakukan pada tahun 2011.

Sejalan dengan apa yang di katakan oleh Hadi dan Fauziah (2022), bahwa faktor yang memengaruhi kinerja suatu perkerasan jalan adalah beban kendaraan yang melintas, baik itu berdasarkan jenis kendaraan, volume kendaraan, ataupun kecepatan kendaraan ketika melintasi jalan. Oleh karena itu, evaluasi terkait kondisi perkerasan jalan dirasa perlu dilakukan. Salah satu metode penilaian kondisi perkerasan jalan yang dapat dilakukan adalah penilaian kondisi kerusakan perkerasan jalan berdasarkan dengan metode *Pavement Condition Index (PCI)*.

Metode *Pavement Condition Index (PCI)* dikembangkan oleh *U.S Army Corp of Engineer* (Shahin dkk, 1976–1984). Indeks Kondisi Perkerasan atau *PCI (Pavement Condition Index)* adalah tingkatan dari kondisi permukaan perkerasan dan ukurannya yang ditinjau dari fungsi daya guna yang mengacu pada kondisi dan kerusakan di permukaan perkerasan yang terjadi (Adiyatma, 2015). *PCI* merupakan indeks yang nilainya berkisar antara 0–100, di mana nilai *PCI* diperoleh dari olah data yang didasarkan pada hasil survei secara visual. Menurut Broten dan Sombre (2001), inspeksi visual permukaan perkerasan merupakan informasi yang sangat berguna karena dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi perkerasan saat dilakukan inspeksi, menentukan prioritas pemeliharaan perkerasan dan kebutuhan rehabilitasi, mengestimasi kuantitas pemeliharaan, hingga mengevaluasi kinerja cara pemeliharaan dan rehabilitasi yang berbeda. Penelitian terkait penggunaan metode *PCI* untuk mengevaluasi perkerasan jalan sudah banyak dipublikasikan dalam berbagai jurnal penelitian. Penelitian tersebut antara lain dilakukan oleh Suwandi dkk (2008), Chasanah dan Wijaya (2016), Ramli dkk (2018), Marpaung dkk (2019), Gemo (2019), Taufikkurrahman (2020), Sodik dan Fauziah (2021), Dhiaulhaq dan Fauzan (2022).

Walaupun metode *PCI* dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi perkerasan jalan, perlu digarisbawahi bahwa metode *PCI* hanya memberikan informasi kondisi perkerasan pada saat survei dilakukan, dan tidak dapat memberikan gambaran prediksi pada masa mendatang. Untuk memberikan gambaran prediksi pada masa mendatang, seperti umur perkerasan jalan, analisis lanjutan perlu dilakukan dengan menggunakan metode analisis mekanistik–empiris. Menurut Huang (2012), metode mekanistik–empiris adalah suatu metode

yang mengembangkan kaidah teoretis dan karakteristik material perkerasan, dilengkapi dengan perhitungan secara eksak mengenai respons struktur perkerasan terhadap beban sumbu kendaraan. Dengan melakukan analisis menggunakan metode mekanistik-empiris, kita dapat memprediksi jenis kerusakan, meningkatkan reliabilitas dari desain perkerasan, dan kemungkinan untuk memperkirakan data dari lapangan maupun laboratorium yang terbatas. Salah satu cara untuk melakukan analisis metode mekanistik-empiris adalah dengan menggunakan program *KENPAVE* yang dikembangkan oleh Huang (1993). Menurut Hadi dan Fauziah (2022), penggunaan program *KENPAVE* untuk melakukan desain perkerasan jalan memiliki nilai hasil yang hampir sama dengan analisis yang dilakukan secara manual. Bahkan, penggunaan program *KENPAVE* memiliki keuntungan tambahan yaitu dapat digunakan untuk menganalisis banyak lapisan tanpa memakan banyak waktu. Penggunaan program *KENPAVE* sebagai alternatif metode mekanistik-empiris telah banyak dipublikasikan dalam berbagai jurnal penelitian. Penelitian tersebut antara dilakukan oleh Rahmawati dkk (2018), Suwanda dan Kushari (2020), Pambudi dan Fauziah (2021), Lia dan Mahardi (2022), serta Hadi dan Fauziah (2022).

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi kondisi perkerasan ruas Jalan Koroulon-Johlenang dengan metode *PCI*, melihat kontradiksi antara kondisi eksisting jalan dengan tingkat pelayanan yang seharusnya dimiliki. Analisis lebih lanjut dilakukan dengan metode mekanistik-empiris menggunakan program *KENPAVE* guna mengetahui prediksi umur pelayanan jalan. Hasil penelitian diharapkan dapat membantu pengambilan keputusan dalam pemeliharaan maupun peningkatan perkerasan jalan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana tingkat kerusakan perkerasan jalan yang ada pada Ruas Jalan Jangkang - Koroulon berdasarkan metode *Pavement Condition Index (PCI)*?

2. Berapa nilai respons tegangan dan regangan pada perkerasan Ruas Jalan Koroulon-Johlenang berdasarkan pemodelan viskoelastik pada program *KENPAVE*?
3. Berapa jumlah repetisi beban maksimum pada perkerasan Ruas Jalan Koroulon-Johlenang sebelum terjadinya kerusakan retak leleh, retak alur, maupun deformasi berdasarkan metode mekanistik–empiris?
4. Berapa lama perkiraan umur pelayan jalan dalam menahan beban gandar maksimum pada Ruas Jalan Koroulon-Johlenang sebelum terjadinya kerusakan?

1.3 Tujuan Penelitian

Terdapat beberapa tujuan pada penelitian ini, di antaranya adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui tingkat kerusakan perkerasan jalan yang ada pada Ruas Jalan Jangkang - Koroulon berdasarkan metode *Pavement Condition Index (PCI)*.
2. Mengetahui nilai tegangan dan regangan pada perkerasan Ruas Jalan Koroulon-Johlenang berdasarkan pemodelan viskoelastik pada program *KENPAVE*.
3. Mengetahui jumlah repetisi beban maksimum pada perkerasan Ruas Jalan Koroulon-Johlenang sebelum terjadinya kerusakan retak leleh, retak alur, maupun deformasi berdasarkan metode mekanistik–empiris.
4. Mengetahui perkiraan umur pelayanan jalan dalam menahan beban gandar maksimum perkerasan Ruas Jalan Koroulon - Johlenang.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan referensi oleh pembaca dalam perencanaan pemeliharaan jalan.
2. Memberikan referensi atau masukan bagi para perencana maupun instansi terkait dalam pengambilan keputusan untuk menangani, meningkatkan, maupun memelihara kondisi jalan tersebut.
3. Dapat dijadikan sebagai upaya rujukan pengembangan ilmu pengetahuan.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi studi yang ditinjau adalah Ruas Jalan Koroulon-Joholanang dengan panjang 1 Km.
2. Metode yang digunakan adalah metode *Pavement Condition Index (PCI)* dengan pembagian segmen adalah per 50 m.
3. Data LHR tahun 2020–2022 dan tebal lapis perkerasan sebagai data sekunder diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan, dan Energi Sumber Daya Mineral DIY.
4. Analisis pada program *KENPAVE* dilakukan dengan pemodelan viskoelastik.
5. Periode tahun pada program *KENPAVE* dianggap sama selama satu tahun atau hanya satu periode.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Evaluasi Kondisi Perkerasan Jalan dengan Metode PCI

Penelitian mengenai evaluasi jalan dengan menggunakan metode *PCI* telah banyak dilakukan salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Sodik dan Fauziah (2021). Penelitian ini dilakukan pada ruas Jalan Gito-Gati, Sleman, Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi perkerasan dengan metode *Pavement Condition Index (PCI)*, nilai tebal lapis tambahan (*overlay*) menggunakan metode Bina Marga 2017, dan juga nilai sisa umur rencana menggunakan program *KENPAVE* dan metode Bina Marga 2017. Berdasarkan penelitian dengan metode *PCI*, ruas jalan tersebut terdapat kerusakan dominan berupa retak kulit buaya dan tambalan, dengan rerata nilai *density* sebesar 25,85% dan 8,33%. Nilai tebal perkerasan tambahan (*overlay*) diperoleh sebesar 4 cm untuk lapis *Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC)* dan 6 cm untuk lapis *Asphalt Concrete-Bearing Course (AC-BC)*. Berdasarkan Program *KENPAVE*, nilai sisa umur perkerasan untuk lapis eksisting jenis kerusakan *fatigue cracking* dapat mengakomodasi beban sampai tahun ke-6, dan untuk jenis kerusakan *rutting* dan *permanent deformation* dapat mengakomodasi sampai tahun ke-20. Sedangkan pada lapis perkerasan tambahan untuk jenis kerusakan *fatigue cracking*, *rutting* dan *permanent deformation* dapat mengakomodasi beban sampai tahun ke-20. Kemudian apabila dihitung menggunakan metode Bina Marga 2017, nilai umur sisa pada tahun 2020 diperoleh hasil sebesar 89,02% untuk lapis eksisting dan 92,8% untuk lapis tambahan.

Penelitian lain juga pernah dilakukan oleh Chasanah dan Wijaya (2016). Penelitian dengan metode *PCI* ini dilakukan pada perkerasan lentur ruas Jalan Solo–Yogyakarta KM 43,8–44,8. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi jenis kerusakan perkerasan lentur, identifikasi tingkat kerusakan perkerasan dengan metode *PCI*, identifikasi penyebab kerusakan, alternatif penanganan kerusakan perkerasan, dan analisis perhitungan lapis ulang (*overlay*)

dengan metode Bina Marga 1987. Hasil penelitian dengan metode *PCI* menunjukkan terdapat 5 (lima) jenis kerusakan yang dominan yaitu kerusakan kulit buaya, bergelombang/keriting, ambles, lubang, dan tambalan. Kemudian dilakukan alternatif penanganan berdasarkan tingkat kerusakan dan penyebab kerusakan tersebut. Untuk tingkat kerusakan *high* dapat dilakukan alternatif penanganan dengan cara lapis ulang, tingkat *medium* dengan penambalan parsial, dan tingkat *low* belum perlu dilakukan perbaikan. Untuk perbaikan dengan cara lapis ulang dihitung dengan metode Bina Marga 1987, dan dirancang untuk dapat melayani beban lalu lintas selama 10 tahun (2015-2025) menggunakan bahan Laston 744 MS dengan ketebalan 2,5 cm.

Marpaung dkk (2019) melakukan penelitian mengenai kondisi perkerasan jalan menggunakan metode *PCI* pada Ruas Jalan Prambanan–Pakem kemudian membandingkan hasilnya dengan menggunakan aplikasi *Road Evaluation and Monitoring System* (REMS). Hasil survei dan perhitungan dengan menggunakan metode *PCI* secara manual menghasilkan nilai sebesar 77,4 dan termasuk dalam kategori *satisfactory*. Sedangkan perhitungan dengan menggunakan aplikasi REMS menghasilkan nilai sebesar 80,3 dan termasuk dalam kategori *satisfactory* pula. Ramli dkk (2018) juga melakukan penelitian terkait evaluasi kondisi perkerasan jalan pada Ruas Jalan Beureuneun–Batas Kemala. Hasil analisis menyimpulkan bahwa kerusakan yang terjadi adalah kerusakan retak kulit buaya, retak blok, retak pinggir, retak alur, retak memanjang, keriting, tambalan, lubang, dan pelepasan butiran. Nilai perhitungan *PCI* menunjukkan angka 39,6 (buruk) pada segmen pertama, dan 24,7 (sangat buruk) pada segmen kedua.

Dhiaulhaq dan Fauzan (2022) dan juga Gemo (2019) pada penelitiannya menyimpulkan bahwa kondisi jalan yang dijadikan sebagai objek penelitian termasuk dalam kategori sedang (*fair*). Terdapat 6 jenis kerusakan yang terdapat pada Jalan Alternatif IPB yang diteliti oleh Dhiaulhaq dan Fauzan dengan nilai akhir *PCI* sebesar 59,4. Kerusakan tersebut adalah kerusakan lubang, ambles, retak memanjang, tambalan, bahu turun, dan retak tepi. Sedangkan kerusakan yang terjadi pada Ruas Jalan Ki Hajar Dewantara yang diteliti oleh Gemo memiliki nilai

akhir *PCI* sebesar 42,89 dan memiliki kerusakan berupa retak kulit buaya, retak blok, retak tepi, tambalan, pengausan, pelepasan butiran, dan amblas.

Penelitian dengan menggunakan metode *PCI* juga pernah dilakukan oleh Taufikurrahman (2020) pada ruas Jalan Tulus Besar–Ngadas, Kabupaten Malang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis dan tingkat kerusakan pada ruas jalan tersebut, serta mengetahui nilai dari kondisi perkerasan dengan menggunakan metode *PCI*. Berdasarkan hasil penelitian pada jalan sepanjang 2,4 KM tersebut, terdapat 5 jenis kerusakan yang terjadi pada ruas Jalan Tulus Besar-Ngadas. Jenis kerusakan tersebut adalah tambalan (*patching*), retak kulit buaya (*alligator cracking*), pelapukan dan butiran lepas (*weathering and raveling*), lubang (*pothole*), dan yang terakhir adalah gelombang (*corrugation*). Adapun nilai rata-rata *PCI* adalah sebesar 43,93 dan menunjukkan kondisi jalan dalam kondisi sedang atau *fair*.

2.2 Prediksi Umur Pelayanan Jalan dengan Pemodelan Viskoelastik

Umur pelayanan jalan ditetapkan berdasarkan jumlah kumulatif lintasan kendaraan standar (*Cummulative Equivalent Standar Axle/CESA*) yang diperkirakan akan melintasi perkerasan tersebut. Umur pelayanan jalan dihitung dari mulai perkerasan tersebut dibuat dan dipergunakan oleh umum, sampai dengan perkerasan tersebut dikategorikan rusak atau habis nilai pelayanannya. Perhitungan terhadap umur pelayanan jalan dapat dilakukan dengan metode mekanistik-empiris yang dibantu dengan memodelkan lapisan perkerasan pada program *KENPAVE*. Adapun pemodelan viskoelastik adalah salah satu jenis pemodelan lapisan perkerasan dalam aplikasi *KENPAVE* yang waktu pembebanannya akan memengaruhi perilaku setiap *layer* aspal. Pemodelan lapisan jalan pada program *KENPAVE* dilakukan dengan memasukkan data properti jalan untuk kemudian dilakukan pembebanan sehingga didapatkan hasil berupa tegangan dan regangan. Dari nilai tegangan dan regangan tersebut, kita dapat mengetahui jumlah repetisi maksimum (N_d/N_f) pada kerusakan *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation*. Adapun metode untuk membedakan bahan viskoelastik adalah

melalui spesifikasi *creep compliance* dengan menggunakan 11 durasi waktu yang berbeda, yaitu 0,001 ; 0,003 ; 0,01 ; 0,003 ; 0,1 ; 0,3 ; 1 ; 3 ; 10 ; 30 ; dan 100 detik.

Penelitian dengan menggunakan aplikasi *KENPAVE* pernah dilakukan oleh Lia dan Mahardi (2022) dan juga Anitarahmawati dkk (2018). Keduanya melakukan evaluasi terkait perkerasan jalan yang didesain dengan menggunakan metode empiris. Lia dan Mahardi menggunakan tiga metode empiris yaitu AASHTO 1993, Analisis Komponen, dan Bina Marga 2017. Sedangkan Rahmawati dkk menggunakan metode Analisis Komponen 1987, *Austroads 2004*, dan *Asphalt Institute 1999*. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Lia dan Mahardi dengan aplikasi *KENPAVE* menunjukkan bahwa kerusakan *fatigue* terjadi pada desain perkerasan AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017, kerusakan *rutting* terjadi pada perkerasan Bina Marga 2017, dan tidak terjadi kerusakan *permanent deformation*. Sedangkan Rahmawati dkk menyimpulkan bahwa perkerasan jalan yang didesain dengan metode *Austroads 2004* mampu mencapai umur rencana. Sedangkan untuk metode Analisis Komponen 1987 dan *Asphalt Institute 1999* tidak mencapai umur rencana.

Penelitian mengenai prediksi umur pelayanan jalan dengan pemodelan viskoelastik pernah dilakukan oleh Hadi dan Fauziah (2022). Hadi dan Fauziah melakukan penelitian dengan membandingkan prediksi umur pelayanan antara campuran *Superpave* dan *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* dengan menggunakan pemodelan viskoelastik dan juga elastik pada aplikasi *KENPAVE*. Penelitian ini bertujuan untuk menyajikan data terkait prediksi umur layanan dari kedua jenis perkerasan beserta proyeksi kerusakan awal dan akhir yang akan terjadi pada perkerasan tersebut dalam kurun waktu tertentu. Berdasarkan penelitian ini, prediksi umur pelayanan pada campuran perkerasan *Superpave* memiliki prediksi umur pelayanan yang lebih panjang apabila dibandingkan dengan campuran *AC-WC*. Selain itu, pengaruh suhu pembebanan terhadap campuran aspal pada pemodelan *KENPAVE* sangat berdampak pada hasil prediksi nilai beban gandar minimum dan prediksi umur pelayanan perkerasan. Apabila perkerasan dianggap tidak terpengaruh oleh suhu pembebanan (pemodelan elastik), maka perkerasan akan memiliki prediksi nilai beban gandar minimum yang relatif lebih tinggi dan

prediksi umur pelayanan yang lebih panjang dibanding dengan campuran yang terpengaruh oleh suhu pembebanan (pemodelan viskoelastik).

Penelitian terkait umur pelayanan juga pernah dilakukan oleh Suwanda dan Kushari (2020). Penelitian ini dilakukan pada ruas Jalan Tempel–Pakem sepanjang 3,3 Km. Suwanda dan Kushari melakukan penelitian dengan membandingkan antara desain struktur perkerasan lentur eksisting dengan perkerasan alternatif yang direncanakan menggunakan metode Bina Marga 2017. Penelitian dilanjutkan dengan melakukan perhitungan prediksi umur perkerasan, baik pada perkerasan eksisting maupun alternatif, dengan pemodelan elastik dan viskoelastik menggunakan aplikasi *KENPAVE*. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan pada lapisan *AC-Base*, di mana pada perkerasan eksisting memiliki lapisan setebal 8 cm, sedangkan pada lapisan perkerasan alternatif menggunakan Bina Marga 2017 setebal 10,5 cm. Adapun lapisan lainnya yaitu Lapis Pondasi Aspal-A (*LPA-A*), *AC-BC*, dan *AC-WC* pada kedua jenis perkerasan memiliki tebal yang sama, yaitu 30 cm, 6 cm, dan 4 cm. Kemudian, hasil perhitungan terkait masa pelayanan pada kedua jenis perkerasan secara umum memiliki kesamaan. Masa pelayanan yang dihitung menggunakan pemodelan viskoelastik memiliki umur pelayanan yang lebih singkat dibanding dengan pemodelan elastik linear. Hal tersebut berlaku baik untuk perkerasan eksisting maupun perkerasan alternatif.

Hapsari dan Kushari (2016) juga melakukan penelitian pada ruas jalan Prambanan-Piyungan. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi umur pelayanan jalan ketika dilewati beban repetisi lebih banyak dari lalu lintas harian rata-rata (*LHR*). Prediksi akan umur pelayanan jalan pada ruas ini dilakukan dengan menyimulasikan banyaknya kendaraan yang melewati jalan untuk kemudian dibandingkan dengan kondisi perkerasan jalan dengan menggunakan metode mekanistik-empiris. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Jalan Prambanan-Piyungan masih dapat mengakomodasi beban lalu lintas dengan baik karena kontrol kerusakan *permanent deformation* adalah sebesar 3.555.877 *ESAL* sedangkan beban yang melewati jalan tersebut hanya sebesar 1.1459.913 *ESAL*. Prediksi sisa umur pelayanan menggunakan persamaan *AASHTO (1993)* dengan membandingkan *CESA* lalu lintas normal dan *CESA* lalu lintas *overload*, untuk

kemudian dikalikan dengan umur rencana desain (10 tahun). Dari persamaan dan data penelitian tersebut, didapatkan sisa umur pelayanan sebesar 9,8 tahun untuk beban 120% beban lalu lintas, 7,7 tahun untuk beban 150% beban lalu lintas, dan 6,5 tahun untuk beban 200% beban lalu lintas. Hal ini menunjukkan bahwa perkerasan akan mengalami penurunan umur pelayanan ketika beban repetisi yang membebani struktur perkerasan melebihi kemampuan struktur perkerasan itu sendiri.

2.3 Perbedaan Penelitian

Terdapat beberapa perbedaan yang dimiliki antara penelitian ini dengan penelitian terdahulu. Beberapa perbedaan tersebut antara lain adalah lokasi penelitian, metode penelitian, dan hasil penelitian. Adapun lokasi penelitian pada penelitian ini berada pada Ruas Jalan Jangkang–Koroulon, Sleman Yogyakarta. Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah metode *PCI* untuk melakukan evaluasi tingkat kerusakan jalan, dan metode mekanistik-empiris dengan aplikasi *KENPAVE* untuk menentukan nilai umur perkerasan. Pemodelan yang digunakan pada aplikasi *KENPAVE* sendiri hanya menggunakan pemodelan viskoelastik dengan penentuan *creep compliance* menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Huang pada suhu 25 derajat celsius. Rekapitulasi perbedaan beberapa penelitian dengan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Gemo (2019)	Marpaung, dkk (2019)	Isradi, dkk (2020)	Taufikurrahman (2020)	Sodiq dan Fauziah (2021)	Kumar (2013)	Suwanda dan Kushari (2020)	Pambudi dan Fauziah (2021)	Hadi dan Fauziah (2022)	Lia dan Mahardi (2022)	Penelitian Yang Sedang Dilakukan
Judul Penelitian	Evaluasi Kerusakan Jalan dengan Metode <i>Pavement Condition Index (PCI)</i> pada Ruas Jalan Ki Hajar Dewantara Kota Borong.	Evaluasi Nilai Kondisi Perkerasan Jalan Nasional dengan Metode <i>PCI</i> Menggunakan Aplikasi <i>Road Evaluation and Monitoring System</i> (Studi Kasus: Ruas Jalan Prambanan–Pakem)	<i>Evaluation Of The Road Pavement Damage With Bina Marga Method And Pavement Condition Index Method</i>	Evaluasi Tingkat Kerusakan Jalan Berdasarkan Metode <i>Pavement Condition Index (PCI)</i> Studi Kasus Ruas Jalan Tulus Besar–Ngadas, Kab. Malang	Evaluasi Kondisi Perkerasan dengan metode <i>Pavements Condition Index (PCI)</i> dan Nilai Sisa dengan Metode Mekanistik–Empirik pada Jalan Gito–Gati.	<i>Analysis Of Flexible Pavement Using KENLAYER</i>	Analisis Perbandingan Desain Struktur Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Mekanistik Empiris dengan Pemodelan Viskoelastik dan Elastik pada Ruas Jalan Tempel–Pakem	Evaluasi Perancangan Struktur Perkerasan dengan Metode Bina Marga 2017 dan Program <i>KENPAVE</i> Menggunakan Pendekatan Elastik dan Viskoelastik (Jalan Simpang Pundu–Tumbang Samba)	Studi Komparasi Prediksi Umur Pelayanan Antara Campuran <i>Superpave</i> dan <i>AC-WC</i> Menggunakan Pemodelan Viskoelastik dan Elastik	Evaluasi Kinerja Struktur Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Aplikasi <i>KENPAVE</i>	Evaluasi Kondisi Perkerasan Jalan Berdasarkan Nilai <i>Pavement Condition Index (PCI)</i> dan Prediksi Umur Pelayanan Jalan dengan Pemodelan Viskoelastik
Metode Penelitian	<i>PCI</i>	<i>PCI</i> dan <i>REMS</i>	<i>PCI</i>	<i>PCI</i>	<i>PCI</i> dan <i>KENPAVE</i> pemodelan elastik	<i>KENPAVE</i> dengan pemodelan kombinasi	Bina Marga 2017 dan <i>KENPAVE</i> dengan pemodelan viskoelastik dan elastik	Bina Marga 2017 dan <i>KENPAVE</i> dengan pemodelan viskoelastik dan elastik	<i>KENPAVE</i> dengan pemodelan viskoelastik dan elastik	<i>AASHTO 1993</i> , Analisis Komponen, Bina Marga 2017, dan <i>KENPAVE</i> dengan pemodelan elastik.	<i>PCI</i> dan <i>KENPAVE</i> dengan pemodelan viskoelastik.
Lokasi Penelitian	Jalan Ki Hajar Dewantara, Kota Borong, NTT.	Ruas Jalan Prambanan–Pakem, D. I. Yogyakarta.	<i>M. H. Thamrin Street at Bundaran Hi, DKI Jakarta.</i>	Ruas Jalan Tulus Besar–Ngadas, Kab. Malang.	Jalan Gito–Gati, Sleman. D.I Yogyakarta	-	Ruas Jalan Tempel–Pakem, Sleman, D. I Yogyakarta.	Jalan Simpang Pundu–Tumbang Samba.	-	-	Ruas Jalan Koroulon-Joholanang, Sleman, D. I. Yogyakarta.

Sumber: Gemo (2019), Marpaung dkk (2019), Isradi dkk(2020), Taufikurrahman (2020), Sodiq dan Fauziah (2021), Kumar (2013), Suwanda dan Kushari (2020), Pambudi dan Fauziah (2021), Hadi dan Fauziah (2022), Lia dan Mahardi (2022).

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

<p style="text-align: center;">Hasil Penelitian</p>	<p>Hasil analisis menunjukkan bahwa kerusakan yang terjadi adalah retak kulit buaya, tambalan, pengausan, retak blok, lubang, retak tepi, pelepasan butiran, dan ambblas. Nilai rata-rata <i>PCI</i> berada pada angka 42,89 dan termasuk dalam kategori cukup (<i>fair</i>).</p>	<p>Hasil evaluasi dengan menggunakan metode <i>PCI</i> yang dihitung secara manual menunjukkan nilai 77,4 dan termasuk kategori <i>satisfactory</i>. Sedangkan hasil perhitungan <i>PCI</i> menggunakan aplikasi <i>REMS</i> menunjukkan angka 80,3 dan termasuk dalam kategori <i>satisfactory</i> pula.</p>	<p>Kerusakan yang terjadi antara lain retak memanjang, retak melintang, dan retak samping. Nilai <i>PCI</i> rata-rata sebesar 70,8 dan termasuk dalam kategori baik (<i>good</i>) sehingga hanya memerlukan perawatan rutin.</p>	<p>Hasil analisis menunjukkan terdapat lima jenis kerusakan yang terjadi yaitu tambalan, retak kulit buaya, pelapukan dan pelepasan butiran, lubang, serta gelombang. Nilai rata-rata <i>PCI</i> yang dihasilkan sebesar 43,93 dan termasuk dalam kategori cukup (<i>fair</i>).</p>	<p>Hasil evaluasi dengan menggunakan metode <i>PCI</i> menunjukkan kerusakan yang dominan terjadi adalah retak kulit buaya dengan nilai <i>density</i> sebesar 25,85% dan rusak tambalan dengan nilai <i>density</i> sebesar 8,33%. Hasil desain lapis ulang dengan menggunakan metode Bina Marga 2017 menunjukkan lapis ulang untuk lapisan <i>AC-WC</i> sebesar 4 cm sedangkan untuk lapisan <i>AC-BC</i> sebesar 6 cm. Nilai tegangan dan regangan lapis <i>overlay</i> memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan lapis eksisting sehingga mampu menahan repetisi beban yang lebih banyak.</p>	<p>Hasil analisis <i>KENLAYER</i> menunjukkan respons perkerasan dan umur rencana akan dipengaruhi oleh perubahan gradasi dan jenis material yang digunakan pada struktur perkerasan. Repetisi beban untuk kerusakan <i>rutting</i> akan lebih terpengaruh oleh perubahan gradasi dan jenis material dibandingkan kerusakan <i>fatigue</i>.</p>	<p>Hasil desain menggunakan metode Bina Marga 2017 menghasilkan alternatif ketebalan perkerasan di mana hasilnya sesuai dengan lapisan perkerasan eksisting kecuali lapisan <i>AC-Base</i>. Desain menggunakan <i>KENPAVE</i> menunjukkan <i>Axle Load Repetition</i> pemodelan linear elastik memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan pemodelan viskoelastik hingga kerusakan <i>permanent deformation</i> terjadi. Pemodelan linear elastik juga menghasilkan umur pelayanan yang jauh lebih besar dibandingkan dengan pemodelan viskoelastik.</p>	<p>Hasil penelitian menunjukkan respons tegangan-regangan maksimum dari keempat desain yang telah dievaluasi menggunakan aplikasi <i>KENPAVE</i>, didapatkan bahwa pendekatan elastik memiliki nilai tegangan yang lebih kecil dibandingkan dengan pendekatan viskoelastik. Hasil penelitian juga membuktikan bahwa sisa umur pakai yang menggunakan pendekatan elastik memiliki nilai umur pakai yang lebih besar dibandingkan dengan pendekatan viskoelastik.</p>	<p>Hasil analisis baik secara elastis maupun viskoelastik menunjukkan bahwa campuran <i>superpave</i> memiliki prediksi umur layanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran <i>AC-WC</i>. Analisis design alternatif yang dihitung berdasarkan metode Bina Marga 2017 menunjukkan prediksi umur layanan di atas umur rencana (20 tahun). Pemodelan viskoelastik menunjukkan umur rencana sebesar 30,7 tahun sedangkan pemodelan elastik menunjukkan umur rencana sebesar 40,9 tahun sebelum kerusakan terjadi.</p>	<p>Hasil analisis menghasilkan 3 variasi struktur perkerasan berdasarkan metode AASHTO 1993, Analisis Komponen, dan Metode Bina Marga 2017. Berdasarkan hasil evaluasi, kerusakan <i>fatigue</i> terjadi pada struktur metode AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017. Kerusakan <i>rutting</i> terjadi hanya pada struktur metode Bina Marga 2017. Dan kerusakan <i>permanent deformation</i> tidak terjadi pada ketiga struktur perkerasan selama umur rencana.</p>	
--	---	---	--	---	---	---	---	---	--	---	--

Sumber: Gemo (2019), Marpaung dkk (2019), Isradi dkk(2020), Taufikurrahman (2020), Sodiq dan Fauziah (2021), Kumar (2013), Suwanda dan Kushari (2020), Pambudi dan Fauziah (2021), Hadi dan Fauziah (2022), Lia dan Mahardi (2022).

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Lentur

Perkerasan jalan berfungsi untuk melindungi tanah dasar dan lapisan-lapisan yang menyusun sistem perkerasan jalan agar terhindar dari tegangan dan regangan yang berlebihan akibat beban lalu lintas (Hardiyatmo, 2015). Dalam bukunya, Sukirman (2010) mengatakan bahwa jenis perkerasan jalan dapat dibedakan berdasarkan bahan pengikat yang digunakan untuk membentuk lapisan atas. Jenis perkerasan jalan berdasarkan bahan pengikatnya dapat dibedakan menjadi perkerasan lentur (*flexible pavement*), perkerasan kaku (*rigid pavement*), dan perkerasan komposit (*composite pavement*). Perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan bahan aspal sebagai bahan pengikatnya. Perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan semen portland sebagai bahan pengikat. Sedangkan perkerasan komposit (*composite pavement*) adalah perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur. Perkerasan lentur (*flexible pavement*) menjadi jenis perkerasan yang umum dipakai di Indonesia.

Perkerasan lentur pada umumnya digunakan pada jalan yang melayani lalu lintas dengan tingkat pelayanan ringan hingga sedang, seperti jalan jalan di perkotaan. Dalam bukunya, Hardiyatmo (2015) menuliskan bahwa kapasitas dukung perkerasan lentur murni bergantung pada karakteristik distribusi beban dari sistem lapisan pembentuknya. Sehingga, kekuatan perkerasan lentur didapatkan dari ketebalan masing-masing lapis perkerasan yang melakukan kerja sama dalam menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar (*subgrade*). Sukirman (2010) juga menuliskan bahwa secara umum, perkerasan lentur terdiri dari empat lapisan utama yaitu lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi (*base course*), lapis pondasi bawah (*subbase course*), dan lapis tanah dasar (*subgrade*). Masing-masing lapisan memiliki fungsi masing-masing yang akan diuraikan sebagai berikut.

3.1.1 Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan adalah lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan yang memiliki fungsi sebagai lapis penahan beban vertikal dari kendaraan di atasnya, dan lapis yang menyebarkan beban ke lapis pondasi di bawahnya. Lapis permukaan juga biasa disebut sebagai lapis aus (*wearing course*) karena memiliki fungsi untuk menerima gesekan dan getaran langsung dari roda kendaraan. Karena posisinya yang berada pada lapis paling atas, lapis permukaan juga berfungsi sebagai lapis kedap air yang menahan air agar tidak masuk ke lapisan di bawahnya dan merusak struktur perkerasan jalan.

Lapis permukaan biasanya dibagi lagi menjadi lapis aus (*wearing course*) dan lapis permukaan antara (*binder course*). Lapis permukaan antara (*binder course*) adalah lapisan di bawah lapis aus yang menggunakan aspal sebagai pengikat dan memiliki fungsi untuk memikul beban lalu lintas dan mendistribusikannya ke lapis pondasi. Oleh karena itu, lapis permukaan (*surface course*) dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

1. Lapis aus (*wearing course*), yaitu lapisan yang memiliki kontak langsung dengan roda kendaraan, air, maupun perubahan cuaca.
2. Lapis permukaan antara (*binder course*), yaitu lapisan yang terletak di bawah lapis aus dan di atas lapis pondasi, serta memiliki fungsi untuk memikul dan mendistribusikan beban lalu lintas ke lapisan di bawahnya.

3.1.2 Lapis Pondasi (*Base Course*)

Lapis pondasi (*base course*) adalah lapis perkerasan yang terletak di antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah (*subbase course*). Lapis pondasi berfungsi untuk menahan gaya vertikal akibat beban lalu lintas untuk disebarkan ke lapisan di bawahnya, sebagai lapis peresap untuk lapis pondasi bawah, dan sebagai dasar peletakan lapis permukaan. Dalam beberapa kasus, apabila lapisan perkerasan tidak menggunakan lapis pondasi bawah (*subbase course*), maka lapis pondasi (*base course*) akan diletakkan langsung di atas permukaan tanah dasar (*subgrade*). Material yang digunakan pada lapis pondasi adalah material yang awet dan memiliki kekuatan yang cukup, mengingat fungsi utama dari lapisan ini adalah

untuk menahan gaya vertikal dari beban kendaraan sebelum di distribusikan lagi ke lapis pondasi bawah maupun lapis tanah dasar. Lapis pondasi dapat menggunakan berbagai macam material. Namun, secara umum lapis pondasi dapat dipilih menggunakan material berbutir tanpa pengikat maupun material yang berpengikat dengan aspal.

3.1.3 Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah (*subbase course*) adalah lapis perkerasan yang berada di antara lapis pondasi (*base course*) dan lapis tanah dasar (*subgrade*). Lapis pondasi bawah memiliki fungsi utama untuk memberikan daya dukung kepada struktur perkerasan jalan dan menyebarkan beban kendaraan ke lapis tanah dasar (*subgrade*). Lapis pondasi bawah juga memiliki fungsi sebagai lapis penyerap dan filter agar air tanah tidak terkumpul di pondasi dan mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar untuk naik ke pondasi. Selain itu, dengan adanya lapis pondasi bawah, efisiensi terhadap biaya juga dapat dilakukan dengan mengurangi tebal lapis perkerasan di atasnya karena material untuk lapis pondasi bawah biasanya relatif lebih murah dibanding dengan lapis perkerasan di atasnya.

3.1.4 Lapis Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapis tanah dasar (*subgrade*) adalah lapisan paling bawah dari struktur perkerasan jalan yang merupakan lapis tanah setebal 50-100 cm. Lapis tanah dasar (*subgrade*) adalah lapis perkerasan dimana lapis pondasi dan atau lapis pondasi bawah diletakkan. Lapis tanah dasar memiliki fungsi sebagai daya dukung utama struktur perkerasan jalan. Oleh karena itu, mutu dari lapis tanah dasar sangat menentukan kekuatan dan ketahanan struktur dalam menerima beban lalu lintas selama masa pelayanan jalan. Jenis lapis tanah dasar dapat dibedakan berdasarkan elevasi muka tanah dimana struktur perkerasan jalan akan diletakkan. Beberapa jenis lapis tanah tersebut adalah lapis tanah dasar tanah asli, lapis tanah dasar tanah urug atau timbunan, dan lapis tanah dasar tanah galian. Hal yang perlu diperhatikan dari ketiga jenis tanah dasar ini adalah tingkat kepadatan tanah karena akan memengaruhi daya dukung tanah.

3.2 Pavement Condition Index (PCI)

Pavement Condition Index (PCI) adalah salah satu metode yang digunakan untuk menilai kerusakan pada suatu perkerasan jalan yang didasarkan pada indeks numerik dari angka 0-100. Angka *PCI* didapatkan dari perhitungan sedemikian rupa yang mana nilai 0 menunjukkan kondisi gagal (*failed*) dan nilai 100 menunjukkan kondisi sempurna (*excellent*). Metode *PCI* didasarkan pada survei langsung secara visual di lapangan dengan membagi jalan menjadi beberapa segmen kemudian mengukur kerusakan yang ada. Hubungan antara nilai *PCI* dengan kondisi jalan dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Hubungan Antara Nilai *PCI* dengan Kondisi Jalan

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

Sumber: ASTM International (2008)

3.2.1 Jenis Kerusakan Jalan Berdasarkan Nilai *PCI*

Menurut Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015), dalam perhitungan *PCI* disajikan pula keparahan kerusakan dan pilihan cara perbaikannya. Tingkat keparahannya pada masing-masing jenis kerusakan dalam perhitungan *PCI* dibagi menjadi tiga, yaitu “rendah” (*low, L*), “sedang” (*medium, M*), dan “tinggi” (*high, H*). Jenis-jenis kerusakan perkerasan lentur dan identifikasi tingkat kerusakannya secara umum adalah sebagai berikut.

1. Retak Kulit Buaya (Alligator Cracking)

Retak kulit buaya adalah salah satu kerusakan yang berbentuk sebuah jaringan dari bidang bersegi banyak (*polygon*) dan berukuran kecil dengan ukuran lebih besar atau sama dengan 3 mm, sehingga menyerupai kulit buaya. Retak kulit

buaya dapat saling berhubungan dengan ukuran berkisar 2,5–15 cm. Kerusakan ini biasanya disebabkan oleh beban lalu lintas yang berulang sehingga menyebabkan kelelahan baik pada lapis permukaan maupun lapis pondasi. Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi, dan pilihan perbaikan untuk jalanan rusak retak kulit buaya dapat dilihat pada Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.2 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Kulit Buaya

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

Sumber: Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015)

2. Kegemukan (*Bleeding*)

Kegemukan adalah hasil dari aspal pengikat yang berlebihan atau terlalu rendahnya kadar udara dalam campuran, sehingga menyebabkan aspal berpindah ke atas permukaan perkerasan. Kegemukan juga menyebabkan tenggelamnya agregat ke dalam pengikat aspal sehingga menyebabkan berkurangnya kontak antara kendaraan dengan batuan, dan menyebabkan jalanan menjadi licin. Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi, dan pilihan perbaikan untuk jalanan rusak kegemukan dapat dilihat pada Tabel 3.3 di bawah ini.

Tabel 3.3 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Kegemukan

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

Sumber: Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015)

3. Retak Blok (*Block Cracking*)

Retak blok adalah salah satu kerusakan yang berbentuk blok–blok besar yang saling bersambungan, dan memiliki ukuran sisi blok 0,2–2 meter, dan dapat membentuk sudut atau pojok yang tajam. Retak blok disebabkan oleh penyusutan perkerasan, dan bukan karena beban lalu lintas. Oleh karena itu, retak blok disebut juga dengan retak susut. Retak blok berhubungan satu sama lain dan membentuk blok–blok dengan ukuran yang relatif besar. Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi, dan pilihan perbaikan untuk jalanan rusak retak blok dapat dilihat pada Tabel 3.4 di bawah ini.

Tabel 3.4 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Blok

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Perbaikan
<i>Low</i>	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan rendah.	Penutupan retak (<i>seal cracks</i>) bila retak melebihi 3 mm; penutupan permukaan.

<i>Medium</i>	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan sedang.	Penutupan retak (<i>seal cracks</i>); mengembalikan permukaan; dikasarkan dengan pemanas dan lapisan tambahan.
<i>High</i>	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan tinggi.	Penutupan retak (<i>seal cracks</i>); mengembalikan permukaan; dikasarkan dengan pemanas dan lapisan tambahan.

Sumber: Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015)

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

Benjol (*bump*) adalah kondisi di mana permukaan aspal mengalami gerakan ke atas, kecil, dan bersifat lokal. Sedangkan penurunan (*sags*) adalah kebalikan dari *bump* di mana permukaan aspal akan mengalami penurunan ke bawah dan juga berukuran kecil. Apabila perubahan terjadi dalam area yang luas sehingga menyebabkan permukaan aspal mengalami kenaikan secara luas, maka kerusakan tersebut disebut “mengembang” (*swelling*). Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi, dan pilihan perbaikan untuk jalanan rusak *bump and sags* dapat dilihat pada Tabel 3.5 di bawah ini.

Tabel 3.5 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Benjol dan Turun

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Perbaikan
<i>Low</i>	<i>Bump and sags</i> mengakibatkan sedikit gangguan kenyamanan berkendara.	Belum perlu perbaikan.
<i>Medium</i>	<i>Bump and sags</i> mengakibatkan cukup gangguan kenyamanan berkendara.	<i>Cold mill</i> ; penambalan dangkal; penambalan parsial atau di seluruh kedalaman.
<i>High</i>	<i>Bump and sags</i> mengakibatkan gangguan besar kenyamanan berkendara.	<i>Cold mill</i> ; penambalan dangkal; penambalan parsial atau di seluruh kedalaman; lapisan tambahan

Sumber: Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015)

5. Keriting (*Corugation*)

Bergelombang atau keriting adalah salah satu jenis kerusakan yang diakibatkan adanya deformasi plastis pada lapisan permukaan aspal dan mengakibatkan adanya gelombang melintang atau tegak lurus arah permukaan perkerasan aspal. Kerusakan gelombang biasanya terjadi pada titik yang mengalami tegangan horizontal yang tinggi, di mana lalu lintas mulai bergerak dan berhenti. Contoh kerusakan bergelombang terjadi pada jalanan bukit di mana kendaraan banyak melakukan pengereman. Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi, dan pilihan perbaikan untuk jalanan rusak bergelombang dapat dilihat pada Tabel 3.6 di bawah ini.

Tabel 3.6 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Keriting

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Perbaikan
<i>Low</i>	Gelombang mengakibatkan sedikit gangguan kenyamanan berkendara.	Belum perlu perbaikan.
<i>Medium</i>	Gelombang mengakibatkan agak banyak gangguan kenyamanan berkendara.	Rekonstruksi.
<i>High</i>	Gelombang mengakibatkan banyak gangguan kenyamanan berkendara.	Rekonstruksi.

Sumber: Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015)

6. Ambblas (*Depression*)

Ambblas adalah salah satu jenis kerusakan di mana penurunan perkerasan yang terjadi pada area terbatas dan mungkin disertai dengan retakan. Kerusakan ambblas biasanya ditandai dengan munculnya genangan air yang dapat membahayakan pengendara jalan. Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi, dan pilihan perbaikan untuk jalanan rusak ambblas dapat dilihat pada Tabel 3.7 sebagai berikut.

Tabel 3.7 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Amblas

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Perbaikan
<i>Low</i>	Kedalaman amblas maksimum 13–25 mm.	Belum perlu perbaikan.
<i>Medium</i>	Kedalaman amblas maksimum 25–51 mm.	Penambalan dangkal; penambalan parsial atau di seluruh kedalaman.
<i>High</i>	Kedalaman amblas maksimum >51mm.	Penambalan dangkal; penambalan parsial atau di seluruh kedalaman.

Sumber: Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015)

7. Retak Samping Jalan (*Edge Cracking*)

Retak pinggir adalah salah satu jenis kerusakan yang terjadi pada pinggir perkerasan dengan jarak 0,3–0,6 m dari pinggir jalan, terjadi sejajar dan kadang melengkung. Kerusakan ini terjadi akibat kurangnya dukungan material pada bahu jalan atau karena tingginya kelembaban air. Apabila kerusakan ini dibiarkan, maka keretakan ini dapat berkelompok dan menjadi kerusakan retak buaya. Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi, dan pilihan perbaikan untuk jalanan rusak retak pinggir dapat dilihat pada Tabel 3.8 di bawah ini.

Tabel 3.8 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Samping Jalan

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Perbaikan
<i>Low</i>	Retak sedikit–sedang tanpa pecahan atau butiran lepas.	Belum perlu diperbaiki; penutupan retak untuk retakan >3 mm.
<i>Medium</i>	Retak sedang dengan beberapa pecahan dan butiran lepas.	Penutupan retak; penambalan parsial.
<i>High</i>	Terdapat banyak pecahan atau butiran lepas di sepanjang tepi perkerasan.	Penambalan parsial.

Sumber: Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015)

8. Retak Sambung (*Joint Reflection Cracking*)

Kerusakan ini umumnya terjadi pada perkerasan aspal yang dihamparkan di atas lapisan perkerasan beton semen portland (*Portland Cement Concrete, PCC*). Retak ini terjadi pada lapisan tambahan aspal (*overlay*) dengan bentuk yang menyerupai kerusakan perkerasan beton di bawahnya. Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi, dan pilihan perbaikan untuk jalanan rusak retak relatif sambungan dapat dilihat pada Tabel 3.9 di bawah ini.

Tabel 3.9 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Sambung

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Perbaikan
<i>Low</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Retak tak terisi dengan lebar <10 mm. 2. Retak terisi sembarang lebar (pengisi kondisi bagus). 	Pengisian untuk yang melebihi 3 mm.
<i>Medium</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Retak tak terisi dengan lebar 10–76 mm. 2. Retak tak terisi dengan lebar sampai 76 mm dan dikelilingi retak acak ringan. 3. Retak terisi, sembarang lebar dikelilingi retak acak. 	Penutupan retak; penambalan kedalaman parsial.
<i>High</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sembarang retak terisi atau tak terisi dikelilingi retak acak, kerusakan sedang sampai tinggi. 2. Retak tak terisi >76 mm. 3. Retak sembarang lebar, dengan beberapa inci di sekitar retakan, hingga pecah. 	Penambalan kedalaman parsial; rekonstruksi sambungan.

Sumber: Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015)

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

Kerusakan jalur/bahu turun adalah kondisi di mana terdapat perbedaan elevasi antara pinggir perkerasan dengan bahu jalan. Hal ini tidak penting dipertimbangkan apabila selisih tinggi perkerasan kurang dari 10–15 mm. Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi, dan pilihan perbaikan untuk jalanan rusak jalur/bahu turun dapat dilihat pada Tabel 3.10 di bawah ini.

Tabel 3.10 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Jalur/Bahu Turun

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Perbaikan
<i>Low</i>	Beda elevasi 25–51 mm.	Perataan kembali dan bahu diurug agar elevasi sama dengan tinggi jalan.
<i>Medium</i>	Beda elevasi 51–102 mm.	
<i>High</i>	Beda elevasi >102 mm.	

Sumber: Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015)

10. Retak Memanjang atau Melintang (*Longitudinal and Transverse Cracking*)

Retak memanjang adalah retak yang berbentuk memanjang searah pada perkerasan jalan, dan dapat terjadi dalam bentuk tunggal, berderet, atau sejajar. Sedangkan retak melintang merupakan retakan tunggal yang tidak berhubungan satu sama lain, yang melintang perkerasan. Penyebab terjadinya retak memanjang dapat bermacam-macam seperti berlebih nya beban kendaraan di sepanjang lintasan kendaraan, labil nya lapisan pendukung struktur perkerasan, kurangnya ikatan antara bagian – bagian perkerasan, hingga penurunan tanah pada tanah timbunan. Sedangkan retak melintang dapat disebabkan karena adanya penyusutan bahan pengikat pada lapis pondasi dan tanah dasar, hingga kegagalan struktur lapis pondasi. Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi, dan pilihan perbaikan untuk jalanan rusak retak memanjang atau melintang dapat dilihat pada Tabel 3.11 di bawah ini.

Tabel 3.11 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Memanjang atau Melintang

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Perbaikan
<i>Low</i>	1. Retak tak terisi dengan lebar <10 mm. 2. Retak terisi sembarang lebar (pengisi kondisi bagus).	Belum perlu perbaikan; pengisian retak (<i>seal crack</i>).
<i>Medium</i>	1. Retak tak terisi dengan lebar 10–76 mm. 2. Retak tak terisi dengan lebar sampai 76 mm dan dikelilingi retak acak ringan. 3. Retak terisi, sembarang lebar dikelilingi retak acak.	Penutupan retak.

Lanjutan Tabel 3.11 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Memanjang atau Melintang

<i>High</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sembarang retak terisi atau tak terisi dikelilingi retak acak, kerusakan sedang sampai tinggi. 2. Retak tak terisi >76 mm. 3. Retak sembarang lebar, dengan beberapa inci di sekitar retakan, hingga pecah. 	Penutupan retak; penambalan kedalaman parsial
-------------	---	---

Sumber: Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015)

11. Tambalan (*Patching and Utility Cut Patching*)

Tambalan adalah penutup bagian perkerasan yang mengalami perbaikan. Kerusakan tambalan dapat diikuti atau tidak diikuti oleh hilangnya kenyamanan pengendara (kegagalan fungsional) atau rusaknya struktur perkerasan. Kerusakan tambalan dapat terjadi karena permukaannya yang menonjol atau amblas terhadap permukaan perkerasan. Penyebab kerusakan ini umumnya terjadi akibat kurangnya pemadatan material urugan lapis pondasi (*base*) atau tambalan material aspal, dan cara pemasangan material bawah yang buruk. Kerusakan juga dapat diakibatkan karena adanya kegagalan dari perkerasan di bawah tambalan dan sekitarnya. Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi, dan pilihan perbaikan untuk jalanan rusak retak tambalan dapat dilihat pada Tabel 3.12 di bawah ini.

Tabel 3.12 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Tambalan

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

Sumber: Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015)

12. Agregat Licin (*Polished Aggregate*)

Agregat licin adalah kondisi ausnya agregat di permukaan sehingga permukaan bagian atas perkerasan akan terasa licin. Perubahan perkerasan menjadi lebih licin biasanya dipengaruhi oleh kondisi geologi dari agregat. Kondisi ini menyebabkan aspal pengikat akan hilang sehingga membuat jalan terasa licin, terutama sesaat setelah hujan, dan membahayakan pengendara jalan. Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi, dan pilihan perbaikan untuk jalanan rusak retak agregat licin dapat dilihat pada Tabel 3.13 di bawah ini.

Tabel 3.13 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Agregat Licin

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Perbaikan
	Tidak ada definisi derajat kerusakan. Tetapi derajat kelicinan harus nampak signifikan sebelum dilakukan survei kondisi dan dinilai sebagai kerusakan	Belum perlu perbaikan; perawatan permukaan; <i>mill</i> dan lapisan tambahan.

Sumber: Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015)

13. Lubang (*Potholes*)

Lubang adalah salah satu kerusakan jalan di mana kondisi permukaan jalan memiliki lekukan / lubang akibat hilangnya lapis aus dan material lapis pondasi (*base*). Kerusakan lubang dapat terjadi pada galian utilitas atau tambalan di area perkerasan yang telah ada, dan umumnya mempunyai tepi yang tajam dan mendekati vertikal. Kerusakan lubang terjadi akibat adanya beban kendaraan yang terus menggerus bagian-bagian kecil dari permukaan perkerasan, sehingga air masuk ke dalam lapisan pondasi dan mempercepat kerusakan jalan. Disintegrasi permukaan perkerasan jalan juga dapat terjadi karena melemahnya lapis pondasi (*base*) atau kurang baiknya mutu campuran lapis permukaan. Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi, dan pilihan perbaikan untuk jalanan rusak retak lubang dapat dilihat pada Tabel 3.14 di bawah ini.

Tabel 3.14 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Lubang

Kedalaman Maksimum	Diameter Rata – Rata Lubang.		
	102 – 203 mm	203 – 457 mm	457 – 762 mm
12,7 – 25,4 mm	L	L	M
25,4 – 50,8 mm	L	M	H
Kedalaman Maksimum	Diameter Rata – Rata Lubang.		
	102 – 203 mm	203 – 457 mm	102 – 203 mm
>50,8 mm	M	M	H
L: Belum perlu diperbaiki; penambalan parsial atau di seluruh kedalaman			
M: Penambalan parsial atau di seluruh kedalaman			
H: Penambalan di seluruh kedalaman			

Sumber: Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015)

14. Persilangan Jalan Rel (*Railroad Crossing*)

Kerusakan pada persilangan jalan rel dapat berupa ambles atau benjolan di sekitar dan atau antara lintasan rel. Kerusakan ini dapat disebabkan karena amblesnya perkerasan di sepanjang perlintasan sehingga menimbulkan beda elevasi antara permukaan perkerasan dengan permukaan rel. Selain itu, kerusakan juga dapat disebabkan karena buruknya pelaksanaan pekerjaan perkerasan maupun pemasangan jalan rel. Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi, dan pilihan perbaikan untuk jalanan rusak retak memanjang atau melintang dapat dilihat pada Tabel 3.15 di bawah ini.

Tabel 3.15 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Persilangan Jalan Rel

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

Lanjutan Tabel 3.15 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Persilangan Jalan Rel

<i>High</i>	Persilangan jalan rel menyebabkan banyak gangguan kenyamanan kendaraan.	Penambalan dangkal atau kedalaman parsial; persilangan direkonstruksi.
-------------	---	--

Sumber: Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015)

15. Alur (*Rutting*)

Alur (*Rutting*) juga merupakan salah satu kerusakan yang diakibatkan adanya deformasi dengan menurunnya perkerasan aspal ke arah memanjang jalan. Alur biasanya terjadi akibat beban lalu lintas yang berulang-ulang pada lintasan roda yang sejajar dengan arah as jalan. Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi, dan pilihan perbaikan untuk jalanan rusak alur dapat dilihat pada Tabel 3.16 di bawah ini.

Tabel 3.16 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Alur

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Perbaikan
<i>Low</i>	Kedalaman alur rata-rata 6 – 13 mm.	Belum perlu perbaikan.
<i>Medium</i>	Kedalaman alur rata-rata 13 – 25,5 mm.	Penambalan dangkal.
<i>High</i>	Kedalaman alur rata-rata >25,4 mm.	Penambalan dangkal.

Sumber: Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015)

16. Sungkur (*Shoving*)

Sungkur juga merupakan salah satu kerusakan akibat adanya deformasi permanen secara lokal dan memanjang yang disebabkan oleh beban lalu lintas. Sungkur sering terjadi pada daerah yang sering terjadi pengereman maupun percepatan, pada tikungan, dan pada perkerasan aspal yang berbatasan dengan perkerasan beton semen Portland (*PCC*). Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi, dan pilihan perbaikan untuk jalanan rusak sungkur dapat dilihat pada Tabel 3.17 di bawah ini.

Tabel 3.17 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Sungkur

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Perbaikan
<i>Low</i>	Sungkur mengakibatkan sedikit gangguan kenyamanan berkendara.	Belum perlu perbaikan; <i>mill</i> .
<i>Medium</i>	Sungkur mengakibatkan cukup gangguan kenyamanan berkendara.	<i>Mill</i> ; penambalan parsial atau di seluruh kedalaman.
<i>High</i>	Sungkur mengakibatkan gangguan besar kenyamanan berkendara.	<i>Mill</i> ; penambalan parsial atau di seluruh kedalaman.

Sumber: Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015)

17. Retak Geser (*Slippage Cracking*)

Retak slip atau disebut juga retak bulan sabit adalah salah satu jenis kerusakan yang diakibatkan oleh gaya-gaya horizontal yang berasal dari beban kendaraan. Retakan biasanya terletak pada tempat-tempat kendaraan mengerem seperti turunan pada bukit, secara berdekatan dan berkelompok secara paralel. Penyebab dari retak slip dapat diakibatkan oleh kurangnya ikatan antara lapisan permukaan dengan lapisan di bawahnya, sehingga terjadi penggelinciran. Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi, dan pilihan perbaikan untuk jalanan rusak retak slip dapat dilihat pada Tabel 3.18 di bawah ini.

Tabel 3.18 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Geser

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Perbaikan
<i>Low</i>	Lebar rata – rata retakan <10 mm.	Belum perlu diperbaiki; penambalan parsial
<i>Medium</i>	1. Retak rata – rata 10 – 38 mm. 2. Area di sekitar retakan pecah, ke dalam pecahan – pecahan terikat.	Penambalan parsial.

Lanjutan Tabel 3.18 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Retak Geser

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Perbaikan
<i>High</i>	1. Retak rata – rata >38 mm. 2. Area di sekitar retakan, pecah ke dalam pecahan – pecahan mudah terbongkar.	Penambalan parsial.

Sumber: Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015)

18. Mengembang (*Swell*)

Mengembang adalah salah satu bentuk kerusakan deformasi di mana perkerasan akan mengalami gerakan ke atas lokal akibat adanya pengembangan (pembekuan air). Perkerasan yang naik akibat tanah dasar yang mengembang dapat menyebabkan retaknya permukaan aspal. Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi, dan pilihan perbaikan untuk jalanan rusak mengembang dapat dilihat pada Tabel 3.19 di bawah ini.

Tabel 3.19 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Mengembang

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Perbaikan
<i>Low</i>	Pengembangan mengakibatkan sedikit gangguan kenyamanan berkendara. Rusak pada tingkatan ini sulit dilihat, tapi dapat dideteksi dengan berkendara cepat.	Belum perlu perbaikan.
<i>Medium</i>	Gelombang mengakibatkan cukup gangguan kenyamanan berkendara.	Belum perlu perbaikan – rekonstruksi.
<i>High</i>	Gelombang mengakibatkan gangguan besar pada kenyamanan berkendara.	Rekonstruksi.

Sumber: Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015)

19. Pelepasan Butiran (*Weathering and Reveling*)

Pelapukan dan butiran lepas (*reveling*) adalah disintegrasi permukaan perkerasan aspal dalam bentuk pelepasan agregat yang berkelanjutan. Butiran agregat perlahan – lahan terlepas dari permukaan perkerasan karena lemahnya

pengikat antar partikel agregat, dari awal permukaan perkerasan menuju ke bawah atau dari pinggir ke dalam. Kerusakan ini biasanya terjadi pada lintasan roda akibat beban lalu lintas pada musim hujan, pada saat kekakuan bahan pengikat aspal tinggi. Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi, dan pilihan perbaikan untuk jalanan rusak pelapukan dan butiran lepas dapat dilihat pada Tabel 3.20 di bawah ini.

Tabel 3.20 Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi, dan Pilihan Perbaikan Pelepasan Butiran

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan Perbaikan
<i>Low</i>	Agregat atau bahan pengikat mulai lepas dan di beberapa tempat mulai berlubang.	Belum perlu diperbaiki; penutupan dan perawatan permukaan.
<i>Medium</i>	Agregat atau bahan pengikat telah lepas, tekstur permukaan agak kasar dan berlubang.	Penutupan dan perawatan permukaan; lapis tambahan.
<i>High</i>	Agregat atau bahan pengikat telah banyak lepas, tekstur permukaan sangat kasar dan mengakibatkan banyak lubang.	Penutup permukaan; lapis tambahan; <i>recycle</i> ; rekonstruksi.

Sumber: Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015)

3.2.2 Penilaian Kondisi Perkerasan dengan Metode *PCI*

Penilaian kondisi perkerasan dengan metode *PCI* dapat diketahui dengan melakukan langkah – langkah sebagai berikut :

1. Menentukan *Density* (Kadar Kerusakan)

Kadar kerusakan atau *density* adalah persentase perbandingan antara luasan atau panjang suatu jenis kerusakan terhadap luasan suatu unit segmen perkerasan. Nilai *density* suatu jenis kerusakan juga dibedakan berdasarkan tingkat kerusakannya. Adapun persamaan untuk mencari nilai *density* dapat dilihat pada Persamaan 3.1 dan 3.2 sebagai berikut :

$$Density = \frac{Ad}{AS} \times 100\% \quad (3.1)$$

Atau

$$Density = \frac{L_d}{A_s} \times 100\% \quad (3.2)$$

dengan:

A_d = luas total jenis kerusakan untuk tiap tingkat kerusakan (m^2),

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

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

2. Menentukan Nilai *Deduct Value* (Nilai Pengurangan)

Deduct value adalah nilai yang menggambarkan jenis kerusakan, tingkat kerusakan, serta *density* kerusakan pada tiap segmen. Nilai *deduct value* didapatkan dari grafik kurva hubungan antara *density* dan *deduct value* yang dibedakan berdasarkan masing-masing jenis dan tingkat kerusakan. Nilai ini dipakai sebagai faktor pemberat yang menggambarkan pengaruh kombinasi dari berbagai jenis perkerasan. Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2015) mengatakan bahwa nilai *deduct value* yang digunakan untuk jenis perkerasan jalan adalah *deduct value* yang memiliki nilai >2 .

3. Menentukan Nilai Pengurangan Ijin Maksimum (m)

Nilai pengurangan ijin maksimum (m) adalah nilai yang menentukan seberapa banyak nilai *deduct value* dapat digunakan dalam suatu segmen. Pada kasus tertentu, jenis kerusakan dalam suatu segmen dapat lebih dari 1. Nilai pengurangan ijin maksimum (m) digunakan pada perhitungan data *deduct value* yang memiliki lebih dari satu jenis kerusakan. Jumlah data *deduct value* akan direduksi sampai sejumlah m, termasuk pada bagian desimalnya. Apabila data *deduct value* yang tersedia dan memiliki nilai >2 kurang dari nilai pengurangan ijin maksimum (m), maka seluruh data *deduct value* pada segmen tersebut dapat digunakan. Perhitungan nilai pengurangan ijin maksimum (m) dapat ditentukan dengan Persamaan 3.3 di bawah ini.

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

dengan:

- m = nilai pengurangan ijin maksimum pada tiap segmen, dan
 HDV = nilai *deduct value* terbesar pada segmen tersebut.

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

Total Deduct Value (TDV) adalah nilai total dari *individual deduct value* untuk masing-masing jenis dan tingkat kerusakan. Nilai *TDV* diperoleh dengan menjumlahkan nilai *deduct value* yang memiliki nilai >2 . Banyaknya data *deduct value* yang dijumlahkan untuk menentukan nilai *TDV* disesuaikan dengan nilai pengurang ijin maksimum (m) yang sudah dihitung terlebih dahulu, termasuk bagian desimal dari nilai pengurang ijin maksimum (m) tersebut.

5. Menentukan Nilai *Corrected Deduct Value (CDV)*

Nilai *Corrected Deduct Value (CDV)* diperoleh dari kurva hubungan antara nilai *TDV* dengan nilai *CDV*, di mana pemilihan kurva disesuaikan dengan jumlah nilai *deduct value* yang mempunyai nilai lebih besar dari 2 sebagai q . Apabila terdapat lebih dari satu data *deduct value* yang memiliki nilai lebih besar dari 2, maka iterasi perlu dilakukan. Iterasi dilakukan dengan mengurangi *deduct value* yang memiliki nilai lebih dari 2, untuk diubah menjadi 2 dan dijumlahkan. Langkah tersebut diulang hingga mendapat nilai $q=1$. Apabila tidak ada atau hanya satu *deduct value* yang nilainya >2 pada satu segmen, maka *TDV* dipakai sebagai *CDV*. Grafik hubungan antara nilai *TDV* dan *CDV* dapat dilihat pada Gambar 3.1.

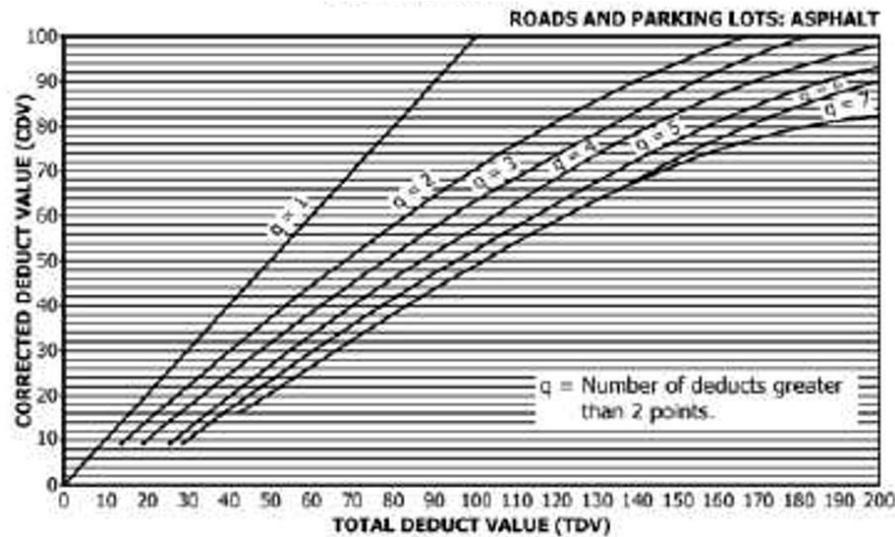
6. Menentukan Nilai *PCI* Pada Tiap Segmen

Setelah nilai *CDV* telah diketahui, maka nilai *PCI* pada masing-masing segmen dapat ditentukan dengan Persamaan 3.4 di bawah ini.

$$PCI(s) = 100 - CDV \quad (3.4)$$

dengan:

- $PCI(s)$ = *pavement condition index* untuk tiap segmen, dan
 CDV = *corrected deduct value* untuk tiap segmen.



Gambar 3.1 Grafik Hubungan Antara CDV dan TDV
(Sumber: ASTM International, 2008)

7. Menentukan Nilai Keseluruhan *PCI*

Adapun untuk mencari nilai *PCI* secara keseluruhan dapat menggunakan Persamaan 3.5 seperti di bawah ini.

$$PCI = \frac{\sum PCI(s)}{N} \quad (3.5)$$

dengan:

- PCI* = *pavement Condition Index* secara keseluruhan,
- PCI* (s) = *pavement Condition Index* untuk tiap segmen, dan
- N = jumlah segmen.

8. Mengklasifikasikan Kualitas Perkerasan

Apabila nilai *PCI* untuk masing-masing segmen telah diketahui, kita dapat menentukan kualitas lapis perkerasan tiap segmen berdasarkan kondisi tertentu sesuai dengan Tabel 3.1.

3.3 Aplikasi *KENPAVE*

KENPAVE adalah suatu *software* yang digunakan untuk membantu melakukan desain perencanaan perkerasan jalan, yang dikembangkan oleh Dr. Yang H Huang, P.E. *Professor Emeritus of Civil Engineering University of*

Kentucky. Aplikasi *KENPAVE* terdiri dari empat program yang dapat digunakan untuk menganalisis perkerasan lentur maupun kaku. Untuk menganalisis perkerasan lentur, program *KENPAVE* mengombinasikan program *KENLAYER* dan *LAYERINP*. Sedangkan untuk menganalisis perkerasan kaku, program *KENPAVE* mengombinasikan program *KENSLAB* dan *SLABSINP*. Tampilan awal dari aplikasi *KENPAVE* dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.2 Tampilan Awal *KENPAVE*

Berdasarkan Gambar 3.2 di atas, dapat dilihat bahwa terdapat beberapa pilihan menu pada tampilan awal program *KENPAVE* seperti :

1. *Data Path*

Data Path merupakan direktori penyimpanan awal data dan pada umumnya bernama C:\KENPAVE\ sesuai dengan peletakan *file* aplikasi.

2. *Filename*

Menu *filename* akan menampilkan *file* baru dari *LAYERINP* dan *SLABSINP*.

3. *Help*

Menu *Help* adalah menu yang dibuat untuk menjelaskan mengenai parameter maupun cara penggunaan program *KENPAVE*.

4. *EDITOR*

Menu *Editor* digunakan untuk memeriksa, mengedit, dan mencetak data *file*.

5. *LAYERINP* dan *SLABSINP*

Menu *LAYERINP* dan *SLABSINP* digunakan untuk memasukkan dan membuat data *file* sebelum dijalankan oleh menu *KENLAYER* dan *KENSLABS*.

6. *KENLAYER* dan *KENSLABS*

Menu *KENLAYER* dan *KENSLABS* adalah menu utama pada aplikasi *KENPAVE* yang digunakan untuk melakukan analisis perkerasan, baik perkerasan lentur maupun kaku. Kedua menu ini dapat dijalankan setelah kita memasukkan semua data pada menu *LAYERINP* maupun *SLABSINP*.

7. *Lgraph* atau *Sgraph*

Menu ini digunakan untuk menampilkan grafik rencana penampang perkerasan dengan menambahkan beberapa informasi tentang data *input* maupun *output*.

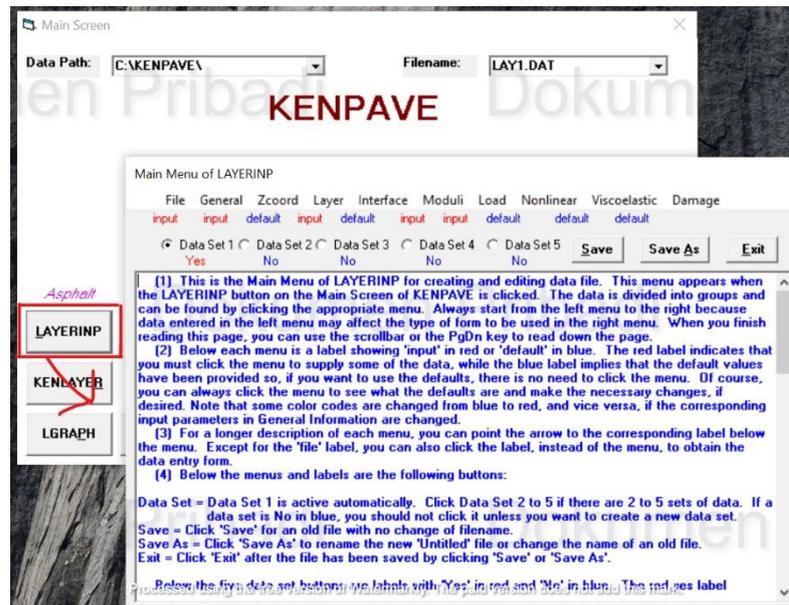
8. *Contour*

Menu *Contour* digunakan untuk menampilkan plot kontur tekanan, atau momen dalam arah X atau Y dan hanya dapat digunakan pada jenis perkerasan kaku.

Penelitian ini menggunakan menu *KENLAYER* dan *LAYERINP*, yaitu menu yang digunakan untuk menganalisis perkerasan lentur dengan memodelkannya menjadi suatu struktur *multi layers* (banyak lapis) atau *Burmister model* (Kumar, 2013).

3.3.1 Menu *KENLAYER*

KENLAYER adalah salah satu menu pada aplikasi *KENPAVE* yang hanya dapat digunakan untuk perkerasan lentur. Dasar dari menu *KENLAYER* adalah teori sistem lapis banyak dan dapat diaplikasikan pada sistem berlapis di bawah roda tunggal, roda ganda, roda ganda-tandem, maupun roda ganda-tridem. Menu *KENLAYER* juga dapat mengakomodasi perilaku setiap lapisan yang berbeda pada teori sistem lapis banyak, baik elastis linear, elastin non-linear, maupun viskoelastik (Huang, 2012). Sebelum melakukan analisis dengan menggunakan menu *KENLAYER*, data-data *input* harus diisi terlebih dahulu pada menu *LAYERINP*. *Input* data pada menu *LAYERINP* meliputi informasi secara umum mengenai perkerasan yang akan dilakukan evaluasi, pemodelan, hingga karakteristik material. Tampilan awal dari menu *LAYERINP* dapat dilihat pada Gambar 3.3 di bawah ini.



Gambar 3.3 Menu *LAYERINP*

Dari Gambar 3.3 di atas, dapat dilihat terdapat beberapa pilihan menu setelah kita memilih menu *LAYERINP*, yaitu :

1. *File*

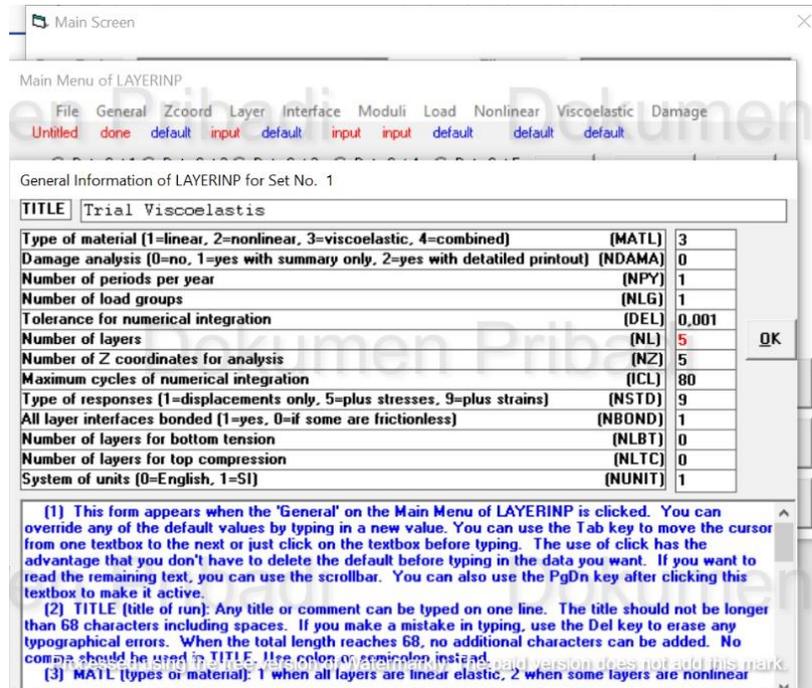
Menu ini digunakan untuk memulai *file* baru (*new*) maupun *file* yang sudah ada (*old*).

2. *General*

Menu *general* akan memuat mengenai berbagai informasi umum mengenai suatu perkerasan yang akan dianalisis. Tampilan pada menu *general* dapat dilihat seperti pada Gambar 3.4. Terdapat beberapa data yang harus kita *input* dalam menu *general* sebagai berikut.

- a) *Title* : adalah judul atau nama dari *file* yang akan dilakukan analisis dan tidak boleh melebihi 68 karakter.
- b) *MATL* : adalah menu untuk memasukkan data tipe material lapisan yang diwakilkan dengan angka. Angka (1) apabila lapisan adalah linear elastik, (2) apabila lapisan adalah non linear elastik, (3) apabila lapisan adalah viskoelastik, dan (4) apabila lapisan adalah kombinasi dari ketiganya.
- c) *NDAMA* : adalah menu untuk memilih analisis kerusakan yang juga diwakilkan dengan angka. Angka (0) apabila tidak ada kerusakan analisis, (1) apabila

terdapat kerusakan analisis dan ada hasil *print out*, (3) apabila terdapat kerusakan analisis data dan hasil *print out* yang lebih detail.

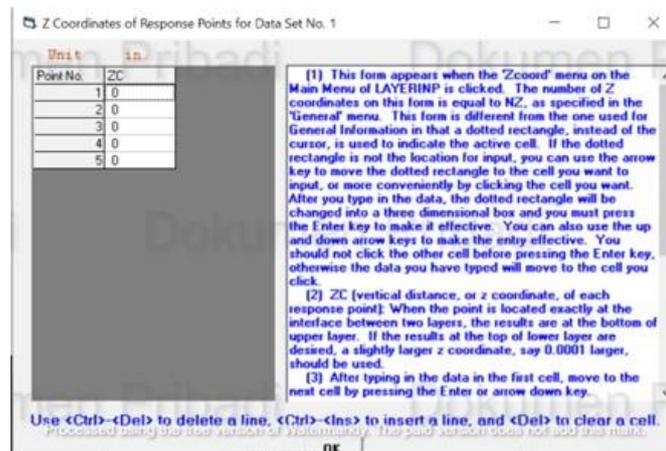


Gambar 3.4 Menu General

- d) *DEL* : adalah nilai akurasi hasil analisis di mana *default* akurasi adalah 0,001.
- e) *NL* : adalah jumlah *layer* dengan maksimal *layer* sebanyak 19 *layer*.
- f) *NZ* : adalah letak koordinat arah Z yang akan dilakukan analisis. Jika *NDAMA* = 1 atau 2, mak *NZ* = 0 karena program akan menganalisis koordinat yang mengalami kerusakan.
- g) *NSTD* : adalah pilihan yang juga diwakilkan dengan angka di mana angka (1) untuk *vertical displacement*, (5) untuk *vertical displacement* dan nilai tegangan, (9) untuk *vertical displacement*, nilai tegangan dan juga nilai regangan.
- h) *NBOND* : adalah pilihan yang juga diwakilkan dengan angka di mana angka (1) apabila antar semua lapisan saling berhubungan, dan (2) apabila antar lapisan tidak terikat atau gaya gesek diabaikan.
- i) *NUNIT* : adalah pilihan untuk satuan yang akan digunakan, di mana angka (1) mewakili satuan *English*, dan (2) mewakili satuan SI.

3. *Zcoord*

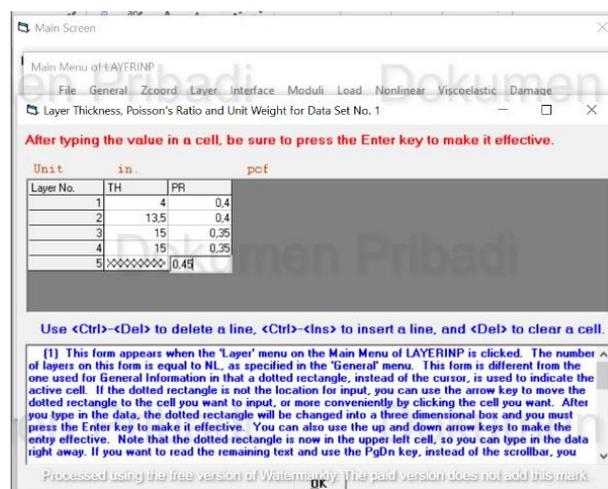
Zcoord adalah menu yang digunakan untuk menganalisis lapis perkerasan pada koordinat Z. Jumlah point yang ada pada *Zcoord* sama dengan jumlah NZ pada menu *general*. ZC pada tampilan *Zcoord* adalah jarak vertikal atau jarak dalam arah Z yang akan dilakukan analisis. Tampilan menu *Zcoord* dapat dilihat pada Gambar 3.5 di bawah ini.



Gambar 3.5 Menu *Zcoord*

4. *Layer*

Layer adalah menu yang digunakan untuk memasukkan data jumlah lapisan perkerasan yang akan dilakukan analisis. *TH* pada tampilan menu *layer* adalah tebal tiap lapisan. Sedangkan *PR* adalah *Poisson's Ratio* pada tiap lapisan. Tampilan menu *layer* dapat di lihat pada Gambar 3.6 di bawah ini.



Gambar 3.6 Menu *Layer*

5. Interface

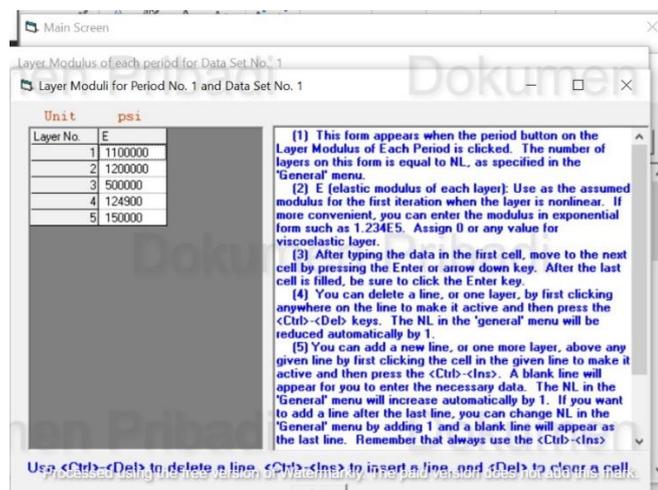
Menu *Interface* memiliki hubungan dengan *input* data *NBOND* yang ada pada menu *general*. Apabila *NBOND* adalah 1, maka menu *interface* akan *default* dan tidak dapat dibuka. Sedangkan apabila $NBOND = 2$, maka menu *interface* akan memiliki tampilan seperti pada Gambar 3.7 di bawah ini.



Gambar 3.7 Menu Interface

6. Moduli

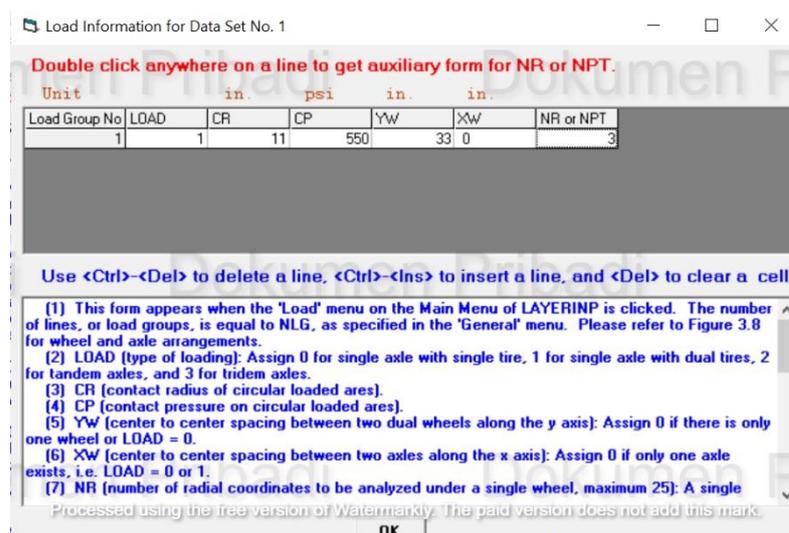
Pada menu *moduli*, jumlah periode yang diisikan sama dengan data jumlah *NPY* yang ada pada menu *general*. Maksimal periode yang ada pada menu ini adalah 12 periode, dengan E yang dimaksud adalah modulus elastisitas tiap lapisan. Tampilan menu *moduli* dapat dilihat seperti pada Gambar 3.8 di bawah ini.



Gambar 3.8 Menu Moduli

7. Load

Jumlah unit yang terdapat pada menu *load* sama dengan jumlah *NLG* yang ada pada menu *general*. Pada menu *load*, terdapat beberapa kolom yang harus diisi. Pada kolom *load*, angka (0) mewakili kendaraan dengan sumbu roda tunggal, angka (1) untuk kendaraan dengan sumbu tunggal roda ganda, angka (2) untuk kendaraan dengan sumbu tandem, dan angka (3) untuk kendaraan dengan sumbu *triple*. Kolom *CR* adalah radius kontak pembebanan, dan kolom *CP* merupakan nilai untuk bebannya. Kolom *YW* dan *XW* adalah jarak antar roda pada arah X dan juga Y. Sedangkan *NR or NPT* merupakan titik koordinat tegangan dan regangan yang ingin ditinjau. Tampilan Menu *Load* dapat dilihat seperti pada Gambar 3.9 di bawah ini.



Gambar 3.9 Menu Load

7. Nonlinear, Viscoelastic, dan Damage

Menu di atas menunjukkan parameter lain dalam menu *general* dengan nilai yang sendirinya akan mengikuti dengan nilai yang sudah dimasukkan sebelumnya.

3.3.2 Pemodelan Viskoelastik

Huang (2012) melalui aplikasi *KENPAVE* dan program *KENLAYER* mengembangkan analisis mekanistik-empiris yang dapat mengakomodasi berbagai model material seperti pemodelan elastis linear, elastis non-linear, viskoelastis, dan

kombinasi dari semua pemodelan tersebut. Pemodelan yang digunakan untuk menganalisis lapisan aspal pada penelitian ini menerapkan sifat viskoelastik, di mana waktu pembebanan akan memengaruhi perilaku aspal. Prosedur analisis lapisan viskoelastik didasarkan pada prinsip korespondensi elastik-viskoelastik dengan menerapkan *laplace transform* untuk menghapuskan variabel waktu t (Huang, 2012). Adapun metode yang digunakan untuk membedakan bahan viskoelastik pada program *KENLAYER* adalah dengan menggunakan spesifikasi *creep compliance*. *Creep compliance* didefinisikan sebagai deformasi yang bergantung pada waktu yang terjadi saat sebuah material terekspos pada beban selama jangka waktu tertentu (Kumar, 2013). *Creep compliance* digunakan pada program *KENLAYER* karena kesederhanaannya. Untuk lapisan viskoelastik, solusi elastis di bawah beban statis diperoleh pada sejumlah durasi waktu yang ditentukan, biasanya sebanyak 11 kali, pada suhu referensi, dan kemudian disesuaikan dengan Seri Dirichlet sehingga kompliansi pada suhu lain dapat diperoleh dengan prinsip superposisi waktu-temperatur (Huang, 2012). Dalam penelitian ini, durasi waktu yang digunakan adalah 11 waktu yang berbeda (0,001 ; 0,003 ; 0,01 ; 0,03 ; 0,1 ; 0,3 ; 1 ; 3 ; 10 ; 30 ; dan 100 detik) agar dapat mencakup semua rentang waktu yang memungkinkan (FHWA,1978). Sedangkan suhu referensi untuk menentukan *creep compliance* pada penelitian ini yang digunakan sebagai data masukkan dalam program *LAYERINP* diasumsikan sebesar 25°C. Model umum untuk *creep compliance* pada suhu referensi 25°C dikembangkan berdasarkan karya Huang (Huang, 1993) dan dituliskan dalam rumusan (Kumar, 2013). Persamaan untuk mengetahui *creep compliance* dapat dilihat pada Persamaan 3.6 di bawah ini.

$$D(t) = \frac{1}{E}(1 - e^{-0,833t}) \quad (3.6)$$

dengan:

- $D(t)$ = *creep compliance*,
- t = durasi waktu,
- E = modulus elastisitas tiap lapisan, dan
- e = konstanta e .

3.3.3 Karakteristik Material

Salah satu data yang perlu diketahui sebelum kita melakukan analisis dengan menggunakan aplikasi *KENPAVE* adalah mengenai karakteristik material perkerasan. Terdapat beberapa data yang harus diisikan sebagai parameter untuk tiap lapisan perkerasan seperti modulus elastisitas, *poisson's ratio*, tebal lapis perkerasan, dan material untuk tiap lapisan perkerasan. Penjelasan mengenai masing-masing parameter adalah sebagai berikut.

1. Modulus Elastisitas

Adalah perbandingan antara tegangan dan regangan suatu benda atau bahan yang bersifat elastis, yaitu bahan yang dapat kembali bentuknya seperti semula setelah diregangkan atau ditekan. Modulus elastisitas biasa disebut juga dengan *Modulus Young* dan dilambangkan dengan "E". Modulus elastisitas dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 3.7 berikut.

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

dengan:

E= modulus elastisitas (kPa atau Psi),

τ = tegangan (kPa), dan

ε = regangan.

Nilai modulus elastisitas menurut Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga Tahun 2017 dapat dilihat pada Tabel 3.21 di bawah ini.

Tabel 3.21 Nilai Modulus Elastisitas

Jenis Bahan	Modulus Tipikal
HRS WC	800 MPa
HRS BC	900 MPa
AC-WC	1100 Mpa
AC-BC (lapis atas)	1200 MPa
AC-Base atau AC-BC (sebagai base)	1600 MPa
Bahan bersemen (CTB)	500 MPa retak (<i>post cracking</i>)
Tanah dasar (disesuaikan musim)	10 x CBR (MPa)

Sumber: Bina Marga (2017)

2. Poisson's ratio

Adalah angka perbandingan antara regangan horizontal (*lateral strain*) dan regangan vertikal (*vertical strain*) yang disebabkan oleh beban sumbu sejajar dan regangan aksial. Nilai *poisson's ratio* menurut Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga Tahun 2017 dapat dilihat pada Tabel 3.22 di bawah ini.

Tabel 3.22 Nilai Poisson's Ratio

Jenis Bahan	Poisson's Ratio
HRS WC	0,4
HRS BC	0,4
AC-WC	0,4
AC-BC (lapis atas)	0,4
AC-Base atau AC-BC (sebagai base)	0,4
Bahan bersemen (CTB)	0,2 (Mulus) 0,35 (Retak)
Tanah dasar (disesuaikan musim)	0,45 (Tanah Kohesif) 0,35 (Tanah Non-Kohesif)

Sumber: Bina Marga (2017)

3. Ketebalan setiap lapis perkerasan

Ketebalan setiap lapis perkerasan dapat dilihat dari rencana tampang perkerasan jalan.

Selanjutnya, *input* material perkerasan yang digunakan untuk pemodelan pada aplikasi *KENPAVE* akan mengalami respons dalam bentuk tegangan dan regangan setelah dilakukan pembebanan.

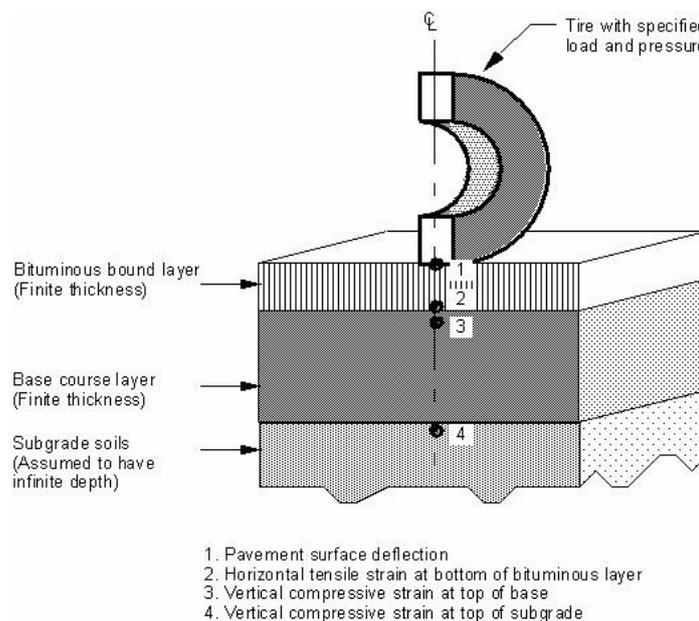
- a. Tegangan, yaitu intensitas internal di dalam struktur perkerasan pada berbagai titik. Tegangan satuan gaya per daerah satuan (N/m^2 , Pa, atau psi).
- b. Regangan, yaitu perbandingan antara perubahan bentuk dari bentuk asli (mm/mm atau in/in). Karena nilai regangan pada perkerasan adalah sangat kecil, maka nilai regangan biasanya dinyatakan dalam microstrain (10^{-6}).

Penggunaan aplikasi *KENPAVE* akan memudahkan perhitungan respons antara tegangan dan regangan di berbagai titik pada struktur perkerasan. Adapun lokasi atau beberapa titik penting yang biasa digunakan dalam analisis perkerasan menggunakan aplikasi *KENPAVE* dapat dilihat pada Tabel 3.23 dan Gambar 3.10 di bawah ini.

Tabel 3.23 Titik Penting Analisis Perkerasan

Lokasi	Respons	Analisis Kerusakan
Bawah lapis permukaan	<i>Horizontal Tensile Strain</i>	<i>Fatigue Cracking</i>
Bawah lapis permukaan	<i>Vertical Compressive Strain</i>	<i>Rutting</i>
Permukaan tanah dasar	<i>Vertical Compressive Strain</i>	<i>Permanent Deformation</i>

Sumber: *Asphalt Institute* (1982)



Gambar 3.10 Titik Penting Analisis Struktur Perkerasan

(Sumber: www.pavementinteractive.org)

Diakses pada 26 Oktober 2023

3.4 Analisis Kerusakan Perkerasan

Analisis menggunakan program *KENPAVE* akan menghasilkan nilai akhir berupa tegangan dan regangan perkerasan lentur yang nantinya akan digunakan untuk memprediksi kerusakan pada pemodelan perkerasan tersebut. Untuk

mengetahui kerusakan dan menganalisis umur perkerasan, digunakan persamaan yang terdapat pada *Asphalt Institute (1982)*. Penjelasan mengenai kerusakan perkerasan *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation* adalah sebagai berikut.

3.4.1 Fatigue Cracking

Fatigue Cracking atau retak leleh adalah jenis kerusakan perkerasan lentur yang dikontrol oleh jumlah repetisi beban berdasarkan regangan tarik horizontal di bawah lapis permukaan. Persamaan untuk mengetahui repetisi beban untuk kerusakan *fatigue cracking* dapat dilihat pada Persamaan 3.8 di bawah ini.

$$Nf = 0,0796 \times \varepsilon_t^{-3,921} \times E^{-0,854} \quad (3.8)$$

dengan:

Nf = jumlah nilai beban pengulangan yang diijinkan untuk mengontrol *fatigue Cracking (ESAL)*,

ε_t = regangan tarik horizontal di lokasi tinjauan kritis yang dihitung berdasarkan respons model struktur atau regangan tarik pada bagian bawah lapis permukaan (cm), dan

E = modulus elastisitas pada lapisan permukaan (KPa).

3.4.2 Rutting

Rutting atau retak alur adalah jenis kerusakan perkerasan lentur yang dikontrol oleh jumlah repetisi beban berdasarkan regangan tekan di bawah lapis permukaan. Persamaan untuk mengetahui repetisi beban untuk kerusakan *rutting* dapat dilihat pada Persamaan 3.9 di bawah ini.

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

dengan:

Nr = Jumlah nilai beban pengulangan yang diizinkan untuk mengontrol *rutting (ESAL)*, dan

ε_c = regangan tekan vertikal di bawah lapis permukaan (cm).

3.4.3 Permanent Deformation

Permanent Deformation adalah jenis kerusakan perkerasan lentur yang dikontrol oleh jumlah repetisi beban berdasarkan regangan tekan pada permukaan tanah dasar. Persamaan untuk mengetahui jumlah repetisi beban untuk kerusakan *permanent deformation* dapat dilihat pada Persamaan 3.10 di bawah ini.

$$Nd = 1,365 \times 10^{-9} \times \varepsilon_c^{-4,477} \quad (3.10)$$

dengan:

Nd = jumlah nilai beban pengulangan yang diizinkan untuk mengontrol *deformation (ESAL)*, dan

ε_c = regangan tekan vertikal di permukaan tanah dasar (cm).

3.5 Prediksi Umur Perkerasan

Prediksi umur pelayanan jalan adalah prediksi terkait kemampuan daya dukung jalan terhadap beban lalu lintas yang terjadi secara berulang hingga mencapai kondisi yang mengharuskan jalan dilakukan perbaikan. Analisis umur perkerasan dapat ditentukan dengan menggunakan data-data LHR, *VDF*, faktor distribusi arah, faktor distribusi lajur dan juga nilai faktor pertumbuhan lalu lintas. Data-data tersebut dapat ditentukan berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga Tahun 2017. Penjelasan lebih lanjut terkait data-data tersebut adalah sebagai berikut.

3.5.1 Data Lalu Lintas

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

sehingga kita dapat mengetahui prediksi umur perkerasan jalan tersebut. Untuk memproyeksi data lalu lintas ini, kita memerlukan faktor pertumbuhan lalu lintas sebagai faktor pengali dalam memproyeksikan data lalu lintas setiap tahunnya. Faktor pertumbuhan lalu lintas dapat mengikuti data yang sudah tercantum pada Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2017. Namun untuk mendapatkan nilai pengali yang lebih akurat, perhitungan secara manual dapat dilakukan dengan menggunakan data-data lalu lintas pada tahun sebelumnya (*historical growth*). Menurut Lia dan Mahardi (Lia dan Mahardi, 2022), untuk menghitung faktor pertumbuhan lalu lintas setiap tahunnya kita dapat menggunakan Persamaan 3.11 di bawah ini.

$$i = \left(\sqrt[n]{\frac{\text{LHR}_n}{\text{LHR}_0}} \right) - 1 \times 100\% \quad (3.11)$$

dengan:

- i = pertumbuhan lalu lintas,
- n = selisih jumlah tahun data yang diambil,
- LHR_n = jumlah LHR tahun ke- n , dan
- LHR_0 = jumlah Lhr tahun awal.

3.5.2 Vehicle Damage Factor (VDF)

Untuk mengetahui beban lalu lintas yang diterima oleh jalan, data lalu lintas perlu dikonversi menjadi data beban standar lalu lintas atau *Equivalent Standar Axle (ESA)*. Konversi tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan faktor ekuivalen beban atau *vehicle damage factor (vdf)* sebagai faktor pengali. Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga Tahun 2017, perhitungan beban lalu lintas dapat dilakukan dengan menggunakan studi jembatan timbang statis (survei langsung) atau data *WIM* regional yang dikeluarkan langsung oleh Ditjen Bina Marga. Namun apabila survei langsung tidak mungkin dilakukan, maka nilai *VDF* dapat menggunakan data yang tertera pada Tabel 3.24 dan Tabel 3.25 di bawah ini. Tabel 3.24 menunjukkan nilai *VDF* regional masing-masing jenis kendaraan niaga yang diolah dari studi *WIM* yang dilakukan pada tahun 2012-2013

dan perlu diperbarui secara berkala. Apabila survei lalu lintas dapat mengidentifikasi jenis dan muatan kendaraan niaga, maka dapat digunakan nilai *VDF* pada Tabel 3.25. Untuk periode beban faktual (hingga tahun 2020), digunakan nilai *VDF* beban nyata. Sedangkan untuk periode beban normal (terkendali atau diatas tahun 2020) digunakan nilai *VDF* dengan muatan sumbu terberat 12 ton. Nilai *VDF* dapat dilihat pada Tabel 3.24 dan Tabel 3.25 di bawah ini.

Tabel 3.24 Titik Nilai VDF Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga

Jenis Kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Balu, Nusa Tenggara, Maluku, dan Papua			
	Beban aktual	Normal	Beban aktual	Normal	Beban aktual	Normal														
	VDF 4	VDF5	VDF 4	VDF5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF5	VDF4	VDF5	VDF 4	VDF5	VDF 4	VDF5						
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	28,8	9,3	13,5	-	-	-	-
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-

Sumber: Bina Marga (2017)

Tabel 3.25 Titik Nilai VDF Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga

Jenis kendaraan		Uraian	Konfigurasi sumbu	Muatan yang diangkut	Kelompok sumbu	Distribusi tipikal (5)		Faktor Ekuivalen Beban (VDF)	
Klasifikasi lama	Alternatif					Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF 4	VDF 5
1	1	Sepeda motor	1.1		2	30,4			
2,3,4	2,3,4	Sedan / angkot / pickup / station wagon	1.1		2	51,7	74,3		
5a	5a	Bus kecil	1.2		2	3,5	5	0,3	0,2
5b	5b	Bus besar	1.2		2	0,1	0,2	1	1
6a.1	6.1	Truk 2 sumbu – cargo ringan	1.1	Muatan umum	2	4,6	6,6	0,3	0,2
6a.2	6.2	Truk 2 sumbu – ringan	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2			0,8	0,8
6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu – cargo sedang	1.2	Muatan umum	2	-	-	0,7	0,7
6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu - sedang	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2			1,6	1,7
6b2.1	8.1	Truk 2 - sumbu berat	1.2	Muatan umum	2	3,8	5,5	0,9	0,8
6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu - berat	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2			7,3	11,2
7a1	9.1	Truk 3 sumbu - ringan	1.22	Muatan umum	3	3,9	5,6	7,6	11,2
7a2	9.2	Truk 3 sumbu – sedang	1.22	Tanah, pasir, besi, semen	3			28,1	64,4
7a3	9.3	Truk 3 sumbu – berat	1.1.2		3	0,1	0,1	28,9	62,2
7b	10	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2		4	0,5	0,7	26,9	90,4
7c1	11	Truk 4 sumbu – trailer	1.2-22		4	0,3	0,5	13,6	24,0
7c2.1	12	Truk 5 sumbu – trailer	1.2-22		5	0,7	1	19,0	33,2
7c2.2	13	Truk 5 sumbu – trailer	1.2-222		5			30,3	69,7
7c3	14	Truk 6 sumbu - trailer	1.2-222		6	0,3	0,5	41,6	93,7

Sumber: Bina Marga (2017)

3.5.3 Faktor Distribusi Arah (DD)

Faktor distribusi arah (DD) umumnya memiliki nilai 0,5 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu.

3.5.4 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Faktor distribusi lajur (DL) adalah faktor pengali yang digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan dengan dua lajur atau lebih, terdapat kemungkinan kendaraan niaga akan menggunakan lajur-lajur dalam walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar. Nilai faktor distribusi lajur (DL) dapat dilihat pada Tabel 3.26 di bawah ini.

Tabel 3.26 Titik Nilai VDF Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga

Jumlah lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber: Bina Marga (2017)

3.5.5 Prediksi Umur Pelayanan Perkerasan

Perhitungan mengenai prediksi umur pelayanan perkerasan jalan dapat dilihat pada Persamaan 3.12 di bawah ini.

$$CESA = \sum(LHR_{\text{Jenis Kendaraan}} \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times \frac{(1+0,01 \times i)^{UR} - 1}{0,01 \times i} \quad (3.12)$$

dengan:

CESA = *cumulative Equivalent Standard Axle* selama umur rencana,

LHR = lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari),

VDF = *vehicle Damage Factor* tiap jenis kendaraan niaga.

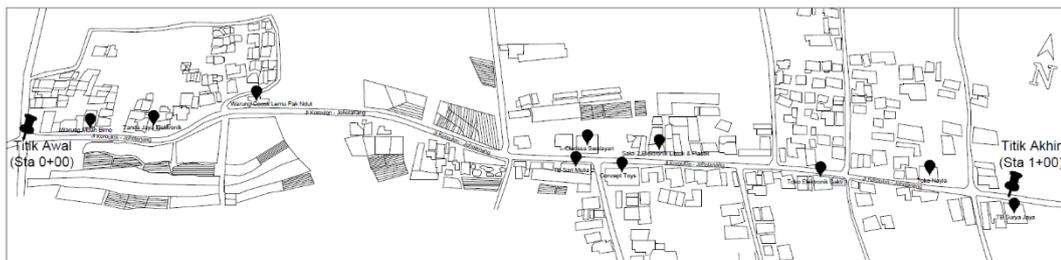
- DD = faktor distribusi arah,
DL = faktor distribusi lajur,
i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%), dan
UR = umur rencana

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada Jl. Koroulon-Joholanang, Kab. Sleman, D. I. Yogyakarta, dengan total ruas jalan yang diteliti sepanjang 1 Km. Lokasi jalan yang digunakan untuk penelitian ini merupakan salah satu jalan provinsi yang digunakan untuk lalu lintas kendaraan dari arah Sleman, D. I. Yogyakarta–Klaten, Jawa Tengah. Lokasi penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian
(Sumber: Google Earth, 2023)

4.2 Langkah–Langkah Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, terdapat langkah-langkah yang dapat dijadikan acuan selama proses penelitian berlangsung. Berikut merupakan langkah-langkah yang akan dilakukan selama proses penelitian hingga selesai.

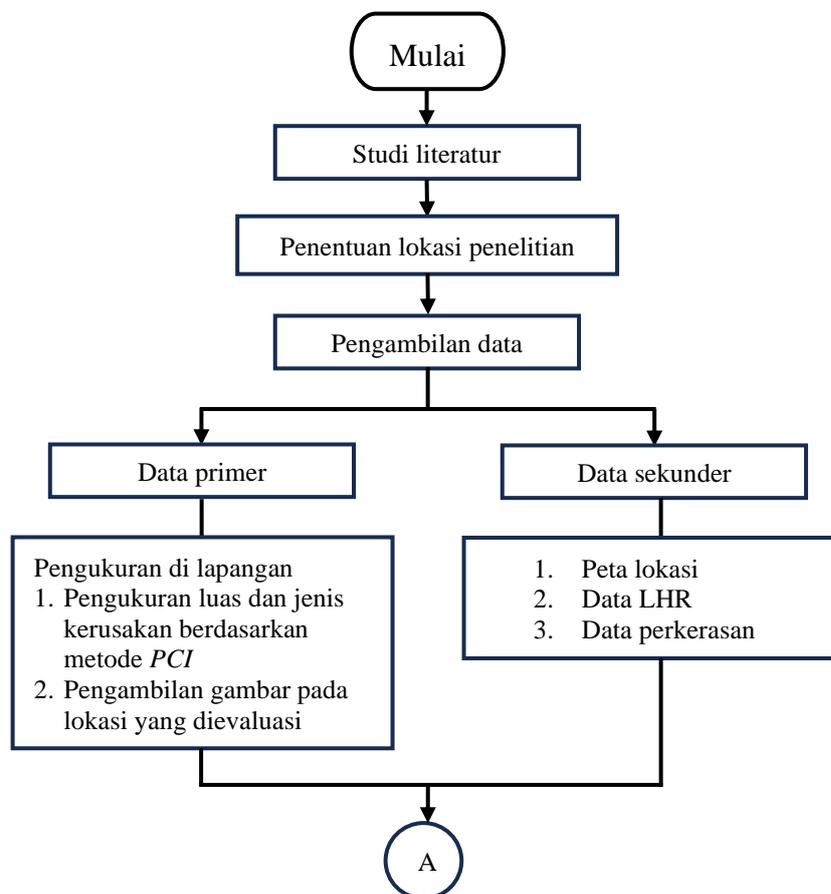
1. Perumusan masalah
2. Pengumpulan data primer dan sekunder.

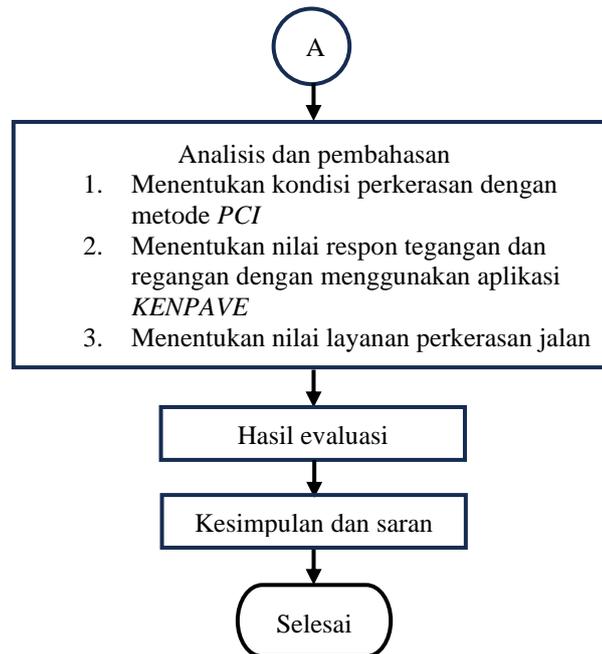
Data primer dalam penelitian ini didapatkan dengan melakukan survei secara langsung pada jalan yang akan dievaluasi. Data primer digunakan untuk mengetahui kondisi perkerasan jalan dengan menggunakan metode *PCI*. Sedangkan untuk data sekunder didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum Perumahan Dan Energi Sumber Daya Mineral Daerah Istimewa Yogyakarta (DPUPESDM DIY) yang nantinya akan digunakan untuk menghitung sisa umur perkerasan jalan dengan menggunakan metode mekanistik–empiris

menggunakan aplikasi *KENPAVE*. Adapun data sekunder yang diperoleh adalah data perkerasan jalan dan data LHR jalan tahun 2020-2022.

3. Melakukan analisis data dengan menggunakan metode *PCI* untuk mengetahui nilai *PCI* dan menentukan kondisi perkerasan jalan yang dievaluasi.
4. Melakukan analisis data dengan menggunakan aplikasi *KENPAVE* untuk memperoleh nilai tegangan dan regangan pada perkerasan yang dievaluasi.
5. Menghitung nilai repetisi beban untuk kerusakan *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation* dengan metode Asphalt Institute.
6. Melakukan analisis data untuk memperoleh umur pelayanan jalan.
7. Melakukan pembahasan dari hasil penelitian.
8. Melakukan penarikan kesimpulan dan juga pemberian saran.
9. Selesai.

Untuk lebih memudahkan, langkah-langkah terkait penelitian ini dapat dilihat seperti bagan alir pada Gambar 4.2 di bawah ini.





Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian

4.3 Metode *Pavement Condition Index (PCI)*

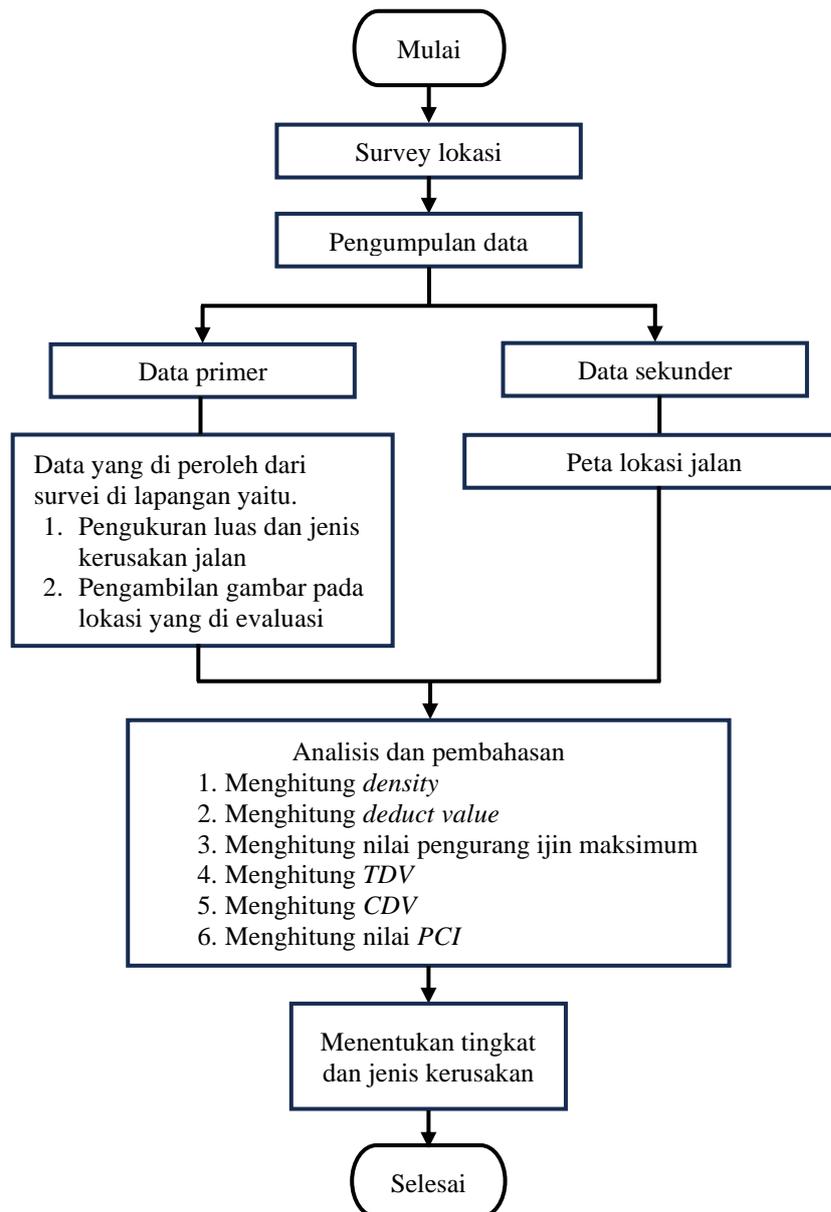
Proses pertama pada metode *PCI* ini adalah pengambilan data primer yang dilakukan dengan cara survei langsung pada jalan. Hasil survei nantinya akan dihitung lebih lanjut hingga kita mendapatkan nilai akhir *PCI* untuk menentukan kondisi perkerasan jalan. Survei lapangan pada metode *PCI* dilakukan dengan mengukur dan menilai kerusakan jalan, disesuaikan dengan jenis dan tingkat kerusakan yang sudah dijelaskan pada bab 3. Survei dilakukan dengan mengukur jalan sepanjang 1 Km dan membaginya dalam segmen–segmen sepanjang 50 m. Adapun beberapa alat yang perlu disiapkan untuk membantu proses pengambilan data primer adalah sebagai berikut.

1. Alat tulis dan formulir survei.
2. Kamera atau handphone sebagai alat dokumentasi.
3. Meteran dan penggaris.
4. Buku manual atau modul mengenai identifikasi jenis maupun tingkat kerusakan jalan.

Formulir survei evaluasi perkerasan lentur dengan menggunakan metode *PCI* dapat dilihat pada Gambar 4.3 di bawah ini.

6. Menghitung nilai *PCI* pada masing–masing segmen.
7. Menghitung nilai *PCI* pada keseluruhan ruas jalan tersebut.
8. Menentukan nilai kondisi jalan berdasarkan hasil akhir nilai *PCI*.

Untuk lebih memudahkan pemahaman, bagan alir mengenai metode *Pavement Condition Index (PCI)* dapat dilihat pada Gambar 4.4 di bawah ini.



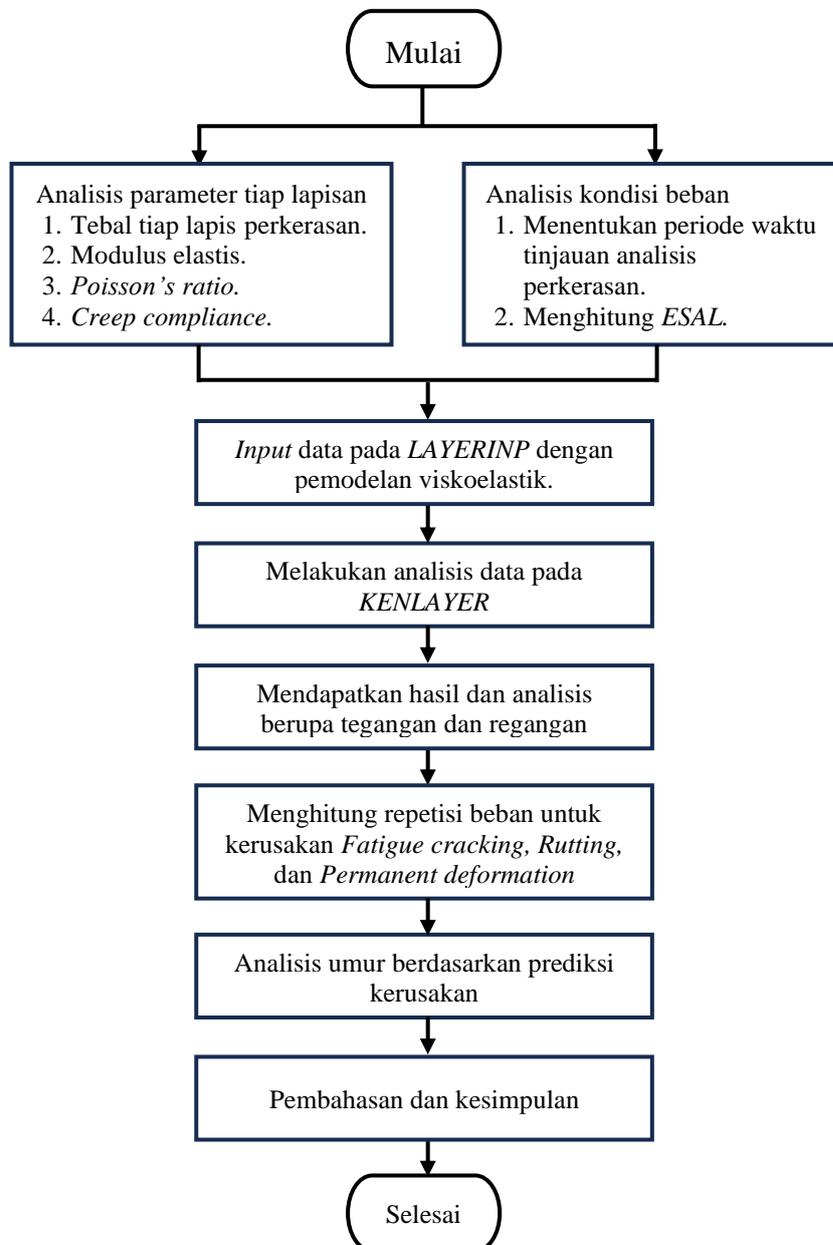
Gambar 4.4 Bagan Alir Metode *PCI*

4.4 Metode Mekanistik-Empiris dengan Program *KENPAVE*

Metode menggunakan program *KENPAVE* digunakan untuk mengetahui respons tegangan–regangan yang terjadi akibat beban lalu lintas pada ruas jalan. Hasil respons tegangan dan regangan ini akan nantinya akan dianalisis untuk mengetahui kontrol beban gandar maksimum yang dapat ditahan sebelum terjadinya kerusakan *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation*. Setelah kita mengetahui kontrol beban gandar standar, maka perhitungan umur layanan jalan dapat dihitung. Analisis untuk perkerasan lentur dilakukan pada menu *KENLAYER* dengan pemodelan viskoelastik dan analisis beban menggunakan beban gandar. Adapun langkah-langkah dalam prosedur penggunaan program *KENPAVE* adalah sebagai berikut.

1. Menentukan data *properties* material untuk pemodelan struktur seperti:
 - a. Tebal lapisan tiap perkerasan,
 - b. Nilai modulus elastisitas (E) tiap lapisan perkerasan,
 - c. Nilai *poison's ratio* tiap lapisan perkerasan,
 - d. Nilai *creep compliance* sebagai karakteristik material viskoelastik.
2. Melakukan *input* data pada menu *LAYERINP* sebagai representasi perkerasan jalan dengan pemodelan viskoelastik.
3. Melakukan analisis data pada menu *KENLAYER* dan mendapatkan *output* berupa respons tegangan–regangan yang terjadi akibat beban lalu lintas.
4. Melakukan perhitungan kontrol beban gandar standar sebelum terjadinya kerusakan *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation*.
5. Menganalisis data lalu lintas seperti:
 - a. Menentukan periode waktu tinjauan analisis perkerasan,
 - b. Menghitung *Equivalent Single Axle Road (ESAL)*.
6. Menganalisis umur perkerasan jalan.

Untuk lebih memudahkan pemahaman terkait prosedur penggunaan metode program *KENPAVE* dapat dilihat pada bagan alir seperti pada Gambar 4.5 di bawah ini.



Gambar 4.5 Bagan Alir Metode Mekanistik-Empiris

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis *Pavement Condition Index (PCI)*

Berdasarkan rangkaian survei kerusakan jalan yang telah dilakukan, didapatkan data kerusakan pada perkerasan sepanjang 1 km untuk masing-masing jenis dan tingkat kerusakan. Dari data kerusakan yang ada, analisis untuk mengetahui nilai *PCI* dapat dilakukan. Berikut merupakan contoh perhitungan untuk mencari nilai *PCI* berdasarkan data pada salah satu unit segmen yang telah dilakukan survei di lapangan. Adapun data kerusakan jalan pada segmen 6 dapat dilihat pada Tabel 5.1 di bawah ini.

Tabel 5.1 Hasil Pengamatan Kerusakan Segmen 6

Jenis dan Tingkat Kerusakan	Kuantitas (m ²)			Total (m ²)
<i>1M</i>	19,32			19,32
<i>3M</i>	3,15			3,15
<i>6H</i>	0,9			0,90
<i>7H</i>	0,91			0,91
<i>9L</i>	24,1			24,10
<i>9M</i>	19,1			19,10
<i>10M</i>	2,25	1,18	2,07	5,50
12	31,25	17,8		49,05

Berdasarkan Tabel 5.1 di atas, terdapat beberapa jenis dan tingkat kerusakan pada segmen 6. Adapun kerusakan tersebut adalah retak kulit buaya dengan tingkat kerusakan *medium (1M)*, retak blok dengan tingkat kerusakan *medium (3M)*, ambles dengan tingkat kerusakan *high (6H)*, retak pinggir dengan tingkat kerusakan *high (7H)*, bahu jalan turun dengan tingkat kerusakan *low* dan *medium (9L dan 9M)*, retak memanjang dan melintang dengan tingkat kerusakan *medium (10M)*, serta agregat licin (12). Setelah mendapatkan jenis dan tingkat kerusakan jalan, maka selanjutnya kita harus menghitung nilai *density* dan *deduct value* masing-masing jenis dan tingkat kerusakan.

5.1.1 Perhitungan Nilai PCI

Adapun tahapan dalam melakukan perhitungan nilai PCI dapat dilihat pada langkah-langkah di bawah ini.

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

Nilai *density* dihitung berdasarkan masing-masing jenis dan tingkat kerusakan dengan membagi luas kerusakan terhadap total luas tiap segmen. Ruas Jalan Koroulon-Joholanang memiliki lebar jalan sebesar 5 m dengan panjang untuk tiap segmen adalah 50 m. Sehingga masing-masing segmen pada penelitian ini akan memiliki luasan sebesar 250 m². Sedangkan nilai *deduct value* didapatkan dari grafik hubungan antara nilai *density* dan *deduct value* untuk masing-masing jenis dan tingkat kerusakan. Berdasarkan survei yang telah dilakukan, terdapat beberapa jenis kerusakan yaitu retak kulit buaya (*alligator cracking*), retak blok (*block cracking*), amblas (*depression*), retak pinggir (*edge cracking*), bahu turun (*lane/shoulder drop off*), retak memanjang dan melintang (*longitudinal and transverse cracking*), dan agregat licin (*polished aggregate*). Proses perhitungan masing-masing nilai *density* dan *deduct value* adalah sebagai berikut.

a. Jenis Kerusakan Retak Kulit Buaya

Nilai *density* didapatkan dari perbandingan antara luas jenis kerusakan retak kulit buaya (*alligator cracking*) terhadap luas tiap segmen yang telah diukur. Adapun hasil perhitungan *density* untuk jenis kerusakan retak kulit buaya (*alligator cracking*) dapat dilihat pada Tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5.2 Nilai *Density* dan *Deduct Value* pada Retak Kulit Buaya

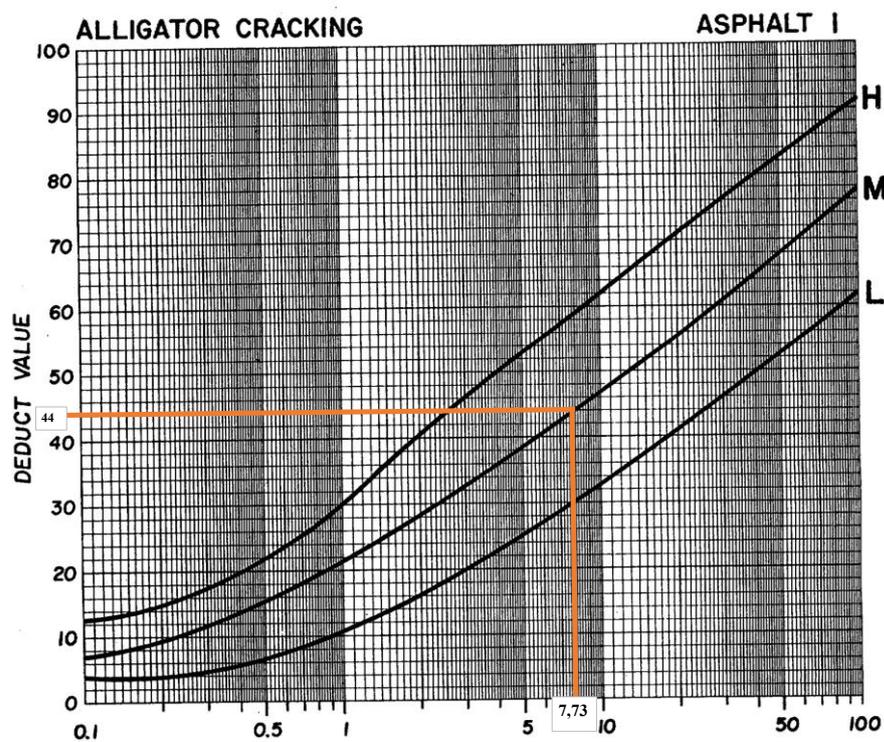
Jenis Kerusakan	Tingkat Kerusakan / <i>Severity Level</i>	Luas Total (As) (m ²)	Luas Kerusakan (Ad) (m ²)	<i>Density (%)</i>
1	<i>M</i>	250	19,32	7,73

Perhitungan untuk mengetahui nilai *density* kerusakan retak kulit buaya (*alligator cracking*) dengan tingkat kerusakan level M (*medium*) adalah sebagai berikut:

$$Density = \frac{Ad}{AS} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Density} &= \frac{19,32}{250} \times 100\% \\ &= 7,73\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan nilai *density* sebesar 7,73%. Dari nilai *density* tersebut, kita dapat menentukan nilai *deduct value* yang diperoleh dari kurva hubungan antara *density* dan *deduct value*. Kurva hubungan antara *density* dan *deduct value* untuk kerusakan retak kulit buaya dapat dilihat pada Gambar 5.1 di bawah ini.



Gambar 5.1 Nilai *Deduct Value* pada Kerusakan Retak Kulit Buaya
(Sumber: ASTM International, 2008)

Berdasarkan Gambar 5.1, maka didapatkan nilai *deduct value* kerusakan retak kulit buaya untuk *severity level M (medium)* sebesar 44.

b. Jenis Kerusakan Retak Blok

Nilai *density* didapatkan dari perbandingan antara luas jenis kerusakan retak blok (*block cracking*) terhadap luas tiap segmen yang telah diukur. Adapun

hasil perhitungan *density* untuk jenis kerusakan retak blok (*block cracking*) dapat dilihat pada Tabel 5.3 di bawah ini.

Tabel 5.3 Nilai *Density* dan *Deduct Value* pada Retak Blok

Jenis Kerusakan	Tingkat Kerusakan / <i>Severity Level</i>	Luas Total (As) (m ²)	Luas Kerusakan (Ad) (m ²)	<i>Density</i> (%)
3	<i>M</i>	250	3,15	1,26

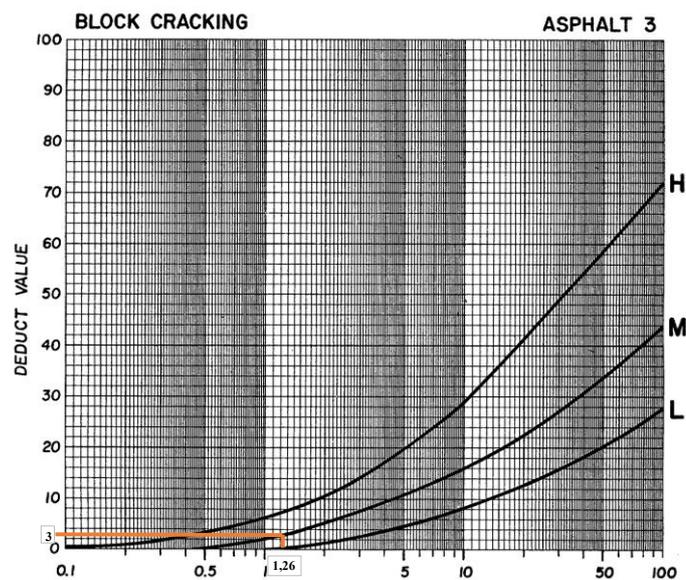
Perhitungan untuk mengetahui nilai *density* retak blok (*block cracking*) dengan tingkat kerusakan level *M* (*medium*) adalah sebagai berikut:

$$Density = \frac{Ad}{AS} \times 100\%$$

$$Density = \frac{3,15}{250} \times 100\%$$

$$= 1,26 \%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan nilai *density* sebesar 1,26%. Dari nilai *density* tersebut, kita dapat menentukan nilai *deduct value* yang diperoleh dari kurva hubungan antara *density* dan *deduct value*. Kurva hubungan antara *density* dan *deduct value* untuk kerusakan retak blok (*block cracking*) dapat dilihat pada Gambar 5.2 di bawah ini.



Gambar 5.2 Nilai *Deduct Value* pada Kerusakan Retak Blok
(Sumber: ASTM International, 2008)

Berdasarkan Gambar 5.2, maka didapatkan nilai *deduct value* kerusakan retak blok (*block cracking*) untuk *severity level M (medium)* sebesar 3.

c. Jenis Kerusakan Ambblas

Nilai *density* didapatkan dari perbandingan antara luas jenis kerusakan ambblas (*depression*) terhadap luas tiap segmen yang telah diukur. Adapun hasil perhitungan *density* untuk jenis kerusakan ambblas (*depression*) dapat dilihat pada Tabel 5.4 di bawah ini.

Tabel 5.4 Nilai *Density* dan *Deduct Value* pada Kerusakan Ambblas

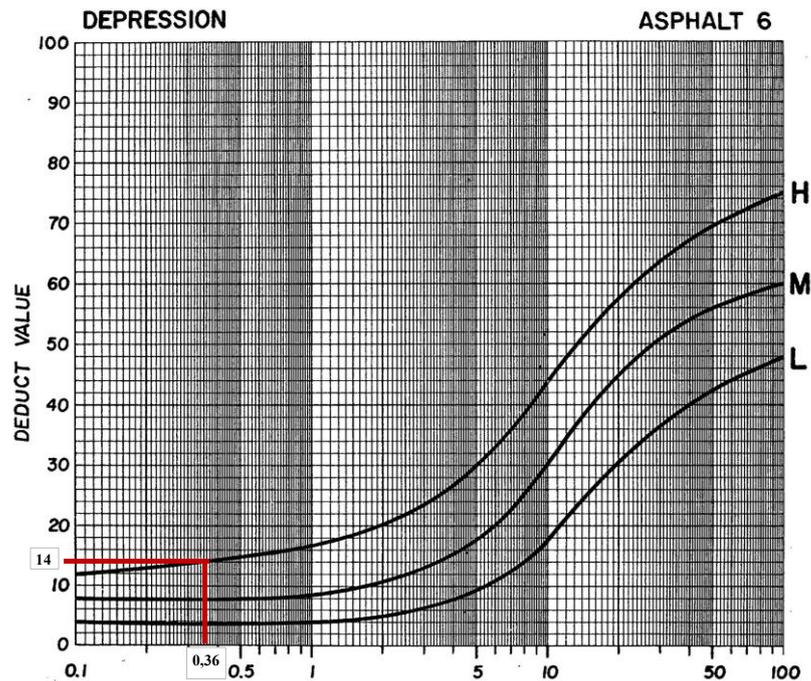
Jenis Kerusakan	Tingkat Kerusakan / <i>Severity Level</i>	Luas Total (As) (m ²)	Luas Kerusakan (Ad) (m ²)	<i>Density (%)</i>
6	<i>H</i>	250	0,9	0,36

Perhitungan untuk mengetahui nilai *density* kerusakan ambblas (*depression*) dengan tingkat kerusakan level *H (high)* adalah sebagai berikut:

$$Density = \frac{Ad}{AS} \times 100\%$$

$$Density = \frac{0,9}{250} \times 100\% \\ = 0,36\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan nilai *density* sebesar 0,36%. Dari nilai *density* tersebut, kita dapat menentukan nilai *deduct value* yang diperoleh dari kurva hubungan antara *density* dan *deduct value*. Kurva hubungan antara *density* dan *deduct value* untuk kerusakan ambblas (*depression*) dapat dilihat pada Gambar 5.3. Berdasarkan Gambar 5.3, maka didapatkan nilai *deduct value* kerusakan ambblas (*depression*) untuk *severity level H (high)* sebesar 14.



Gambar 5.3 Nilai *Deduct Value* pada Kerusakan Retak Ambas
(Sumber: ASTM International, 2008)

d. Jenis Kerusakan Retak Pinggir

Nilai *density* didapatkan dari perbandingan antara luas jenis kerusakan retak pinggir (*edge cracking*) terhadap luas tiap segmen yang telah diukur. Adapun hasil perhitungan *density* untuk jenis kerusakan retak pinggir (*edge cracking*) dapat dilihat pada Tabel 5.5 di bawah ini.

Tabel 5.5 Nilai *Density* dan *Deduct Value* pada Retak Pinggir

Jenis Kerusakan	Tingkat Kerusakan / <i>Severity Level</i>	Luas Total (As) (m ²)	Panjang Kerusakan (m)	<i>Density</i> (%)
7	<i>H</i>	250	0,91	0,36

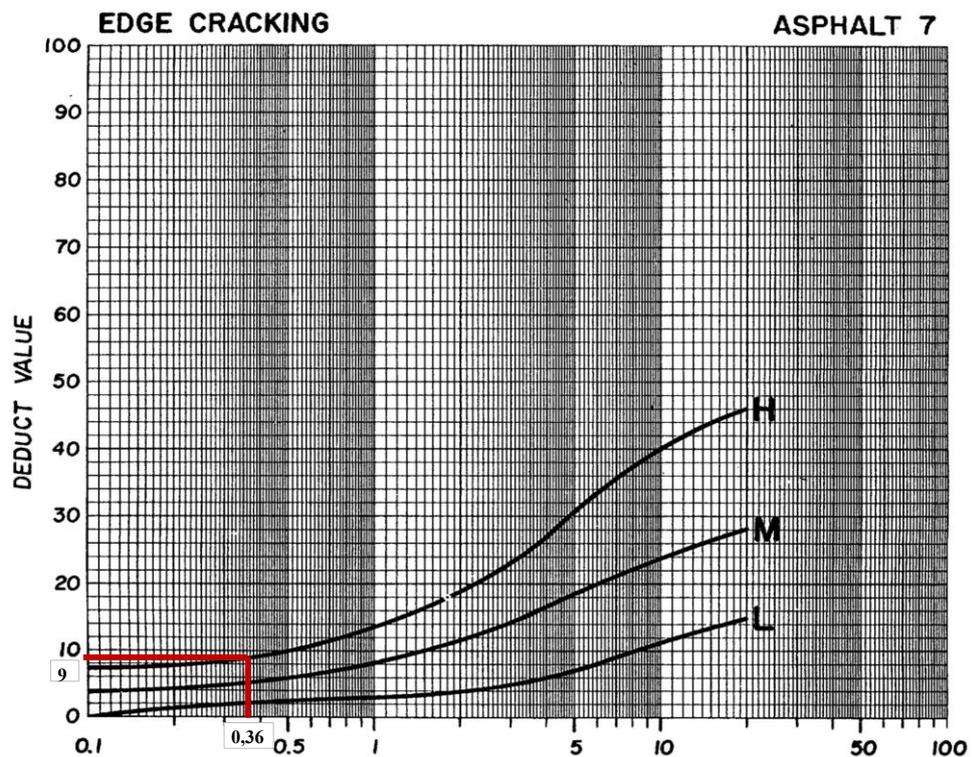
Perhitungan untuk mengetahui nilai *density* kerusakan retak pinggir (*edge cracking*) dengan tingkat kerusakan level *H* (*high*) adalah sebagai berikut:

$$Density = \frac{Ad}{AS} \times 100\%$$

$$Density = \frac{0,91}{250} \times 100\%$$

$$= 0,36\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan nilai *density* sebesar 0,36%. Dari nilai *density* tersebut, kita dapat menentukan nilai *deduct value* yang diperoleh dari kurva hubungan antara *density* dan *deduct value*. Kurva hubungan antara *density* dan *deduct value* untuk kerusakan retak pinggir (*edge cracking*) dapat dilihat pada Gambar 5.4 di bawah ini.



Gambar 5.4 Nilai *Deduct Value* pada Kerusakan Retak Pinggir

(Sumber: ASTM International, 2008)

Berdasarkan Gambar 5.4, maka didapatkan nilai *deduct value* kerusakan retak pinggir (*edge cracking*) untuk *severity level H (high)* sebesar 9.

e. Jenis Kerusakan Bahu Turun

Nilai *density* didapatkan dari perbandingan antara luas jenis kerusakan bahu turun (*lane/shoulder drop off*) terhadap luas tiap segmen yang telah diukur. Adapun hasil perhitungan *density* untuk jenis kerusakan bahu turun (*lane/shoulder drop off*) dapat dilihat pada Tabel 5.6 di bawah ini.

Tabel 5.6 Nilai *Density* dan *Deduct Value* pada Kerusakan Bahu Turun

Jenis Kerusakan	Tingkat Kerusakan / <i>Severity Level</i>	Luas Total (As) (m ²)	Panjang Kerusakan (m)	<i>Density</i> (%)
9	<i>L</i>	250	24,1	9,64
	<i>M</i>	250	19,1	7,64

Perhitungan untuk mengetahui nilai *density* kerusakan bahu turun (*lane/shoulder drop off*) dengan tingkat kerusakan level *L* (*low*) adalah sebagai berikut:

$$Density = \frac{Ad}{AS} \times 100\%$$

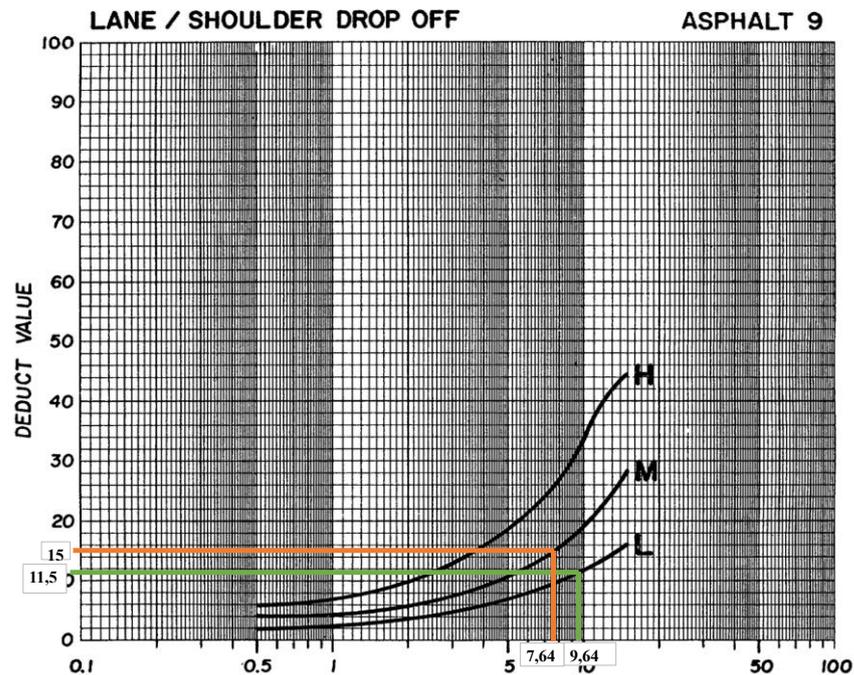
$$Density = \frac{24,1}{250} \times 100\% \\ = 9,64\%$$

Sedangkan untuk tingkat kerusakan level *M* (*medium*) adalah sebagai berikut :

$$Density = \frac{Ad}{AS} \times 100\%$$

$$Density = \frac{19,1}{250} \times 100\% \\ = 7,64\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan nilai *density* untuk tingkat kerusakan *L* (*low*) sebesar 9,64% dan 7,64% untuk tingkat kerusakan *M* (*medium*). Dari nilai *density* tersebut, kita dapat menentukan nilai *deduct value* yang diperoleh dari kurva hubungan antara *density* dan *deduct value*. Kurva hubungan antara *density* dan *deduct value* untuk kerusakan bahu turun (*lane/shoulder drop off*) dapat dilihat pada Gambar 5.5. Berdasarkan Gambar 5.5, maka didapatkan nilai *deduct value* kerusakan bahu turun (*lane/shoulder drop off*) untuk *severity level M* (*medium*) sebesar 15 dan 11,5 untuk *severity level L* (*low*).



Gambar 5.5 Nilai *Deduct Value* pada Kerusakan Retak Bahu Turun
(Sumber: ASTM International, 2008)

f. Jenis Kerusakan Retak Memanjang dan Melintang

Nilai *density* didapatkan dari perbandingan antara luas jenis kerusakan retak memanjang dan melintang (*longitudinal and transverse cracking*) terhadap luas tiap segmen yang telah diukur. Adapun hasil perhitungan *density* untuk jenis kerusakan retak memanjang dan melintang (*longitudinal and transverse cracking*) dapat dilihat pada Tabel 5.7 di bawah ini.

Tabel 5.7 Nilai *Density* dan *Deduct Value* pada Kerusakan Retak Memanjang dan Melintang

Jenis Kerusakan	Tingkat Kerusakan / <i>Severity Level</i>	Luas Total (As) (m ²)	Panjang Kerusakan (m)	<i>Density</i> (%)
10	<i>M</i>	250	5,5	2,2

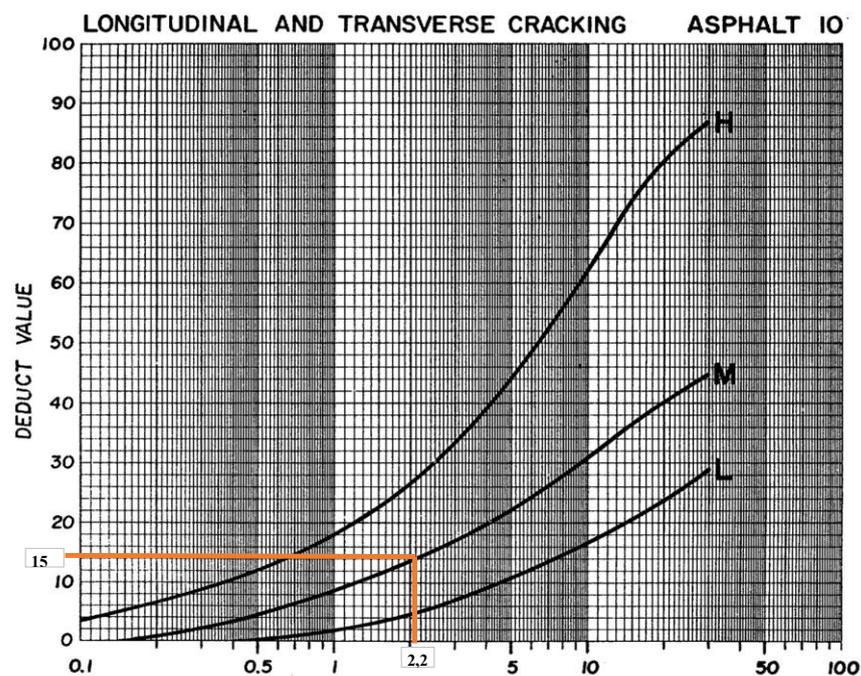
Perhitungan untuk mengetahui nilai *density* retak memanjang dan melintang (*longitudinal and transverse cracking*) dengan tingkat kerusakan level *M* (*medium*) adalah sebagai berikut:

$$Density = \frac{Ad}{AS} \times 100\%$$

$$Density = \frac{5,5}{250} \times 100\%$$

$$= 2,2 \%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan nilai *density* sebesar 2,2%. Dari nilai *density* tersebut, kita dapat menentukan nilai *deduct value* yang diperoleh dari kurva hubungan antara *density* dan *deduct value*. Kurva hubungan antara *density* dan *deduct value* untuk kerusakan retak memanjang dan melintang (*longitudinal and transverse cracking*) dapat dilihat pada Gambar 5.6 di bawah ini.



Gambar 5.6 Nilai *Deduct Value* pada Kerusakan Retak Memanjang dan Melintang

(Sumber: ASTM International, 2008)

Berdasarkan Gambar 5.6, maka didapatkan nilai *deduct value* kerusakan retak memanjang dan melintang (*longitudinal and transverse cracking*) untuk *severity level M (medium)* sebesar 15.

g. Jenis Kerusakan Agregat Licin

Nilai *density* didapatkan dari perbandingan antara luas jenis kerusakan agregat licin (*polished aggregate*) terhadap luas tiap segmen yang telah diukur. Adapun hasil perhitungan *density* untuk jenis kerusakan agregat licin (*polished aggregate*) dapat dilihat pada Tabel 5.8 di bawah ini.

Tabel 5.8 Nilai *Density* dan *Deduct Value* pada Agregat Licin

Jenis Kerusakan	Tingkat Kerusakan / <i>Severity Level</i>	Luas Total (As) (m ²)	Luas Kerusakan (Ad) (m ²)	<i>Density (%)</i>
19	-	250	49,05	19,62

Perhitungan untuk mengetahui nilai *density* agregat licin (*polished aggregate*) adalah sebagai berikut:

$$Density = \frac{Ad}{AS} \times 100\%$$

$$Density = \frac{49,05}{250} \times 100\% \\ = 19,62 \%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan nilai *density* sebesar 19,62%. Dari nilai *density* tersebut, kita dapat menentukan nilai *deduct value* yang diperoleh dari kurva hubungan antara *density* dan *deduct value*. Kurva hubungan antara *density* dan *deduct value* untuk kerusakan *density* agregat licin (*polished aggregate*) dapat dilihat pada Gambar 5.7. Berdasarkan Gambar 5.7, maka didapatkan nilai *deduct value* kerusakan agregat licin (*polished agregat*) untuk sebesar 5,5.

2. Menentukan Jumlah Pengurang Ijin Maksimum

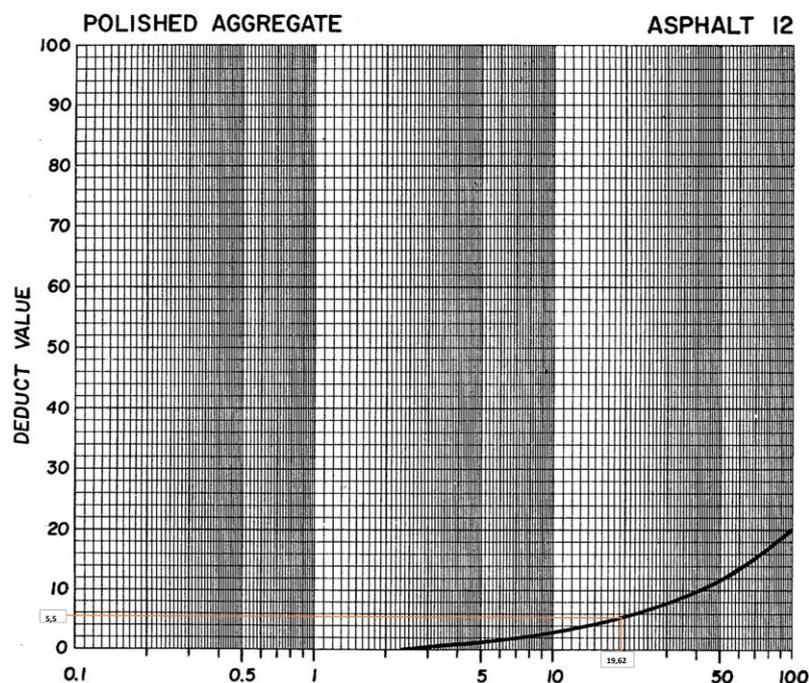
Nilai *deduct value* untuk masing-masing kerusakan yang diperoleh dari sampel unit segmen 6 adalah 44;3;14;9;11,5;15;15; dan 5.5. Jenis jalan yang digunakan pada penelitian ini adalah jalan dengan tipe perkerasan, maka nilai *deduct value* yang digunakan adalah *deduct value* yang memiliki nilai lebih besar dari 2. Pada unit segmen ini terdapat 8 data *deduct value* dan keseluruhannya memiliki nilai lebih besar dari 2, dengan nilai *deduct value* tertinggi (*MaxDV*) sebesar 44.

Berdasarkan data tersebut, maka nilai pengurang ijin maksimum (m) dapat dihitung sebagai berikut.

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right)(100 - \text{MaxDV})$$

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right)(100 - 44)$$

$$m = 6,143$$



Gambar 5.7 Nilai *Deduct Value* pada Kerusakan Agregat Licin
(Sumber: ASTM International, 2008)

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai pengurang ijin maksimum dari 8 data *deduct value* segmen 6 adalah 6,143. Hal menunjukkan bahwa dari 8 data yang ada, hanya 6 data *deduct value* terbesar yang digunakan. Nilai desimal sebesar 0,413 tetap digunakan dengan mengalikannya terhadap data terbesar ke-7. Adapun 6 data *deduct value* yang digunakan pada segmen 1 adalah 44;15;15;14;11,5; dan 9. Sedangkan nilai desimal sebesar 0,143 dikalikan dengan data terbesar ke-7 yaitu 5,5 sehingga memiliki nilai 0,79.

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

Nilai Pengurang Total (*TDV*) merupakan jumlah total dari nilai pengurangan (*Deduct Value*) dari masing-masing jenis dan tingkat kerusakan pada satu unit segmen, yang telah memenuhi nilai pengurang ijin maksimum (*m*). Adapun nilai *deduct value* yang digunakan adalah 44;15;15;14;11,5;9, dan 1,29. Karena terdapat lebih dari satu data yang digunakan, maka iterasi perlu dilakukan untuk menentukan nilai *TDV* hingga mendapatkan $q=1$. Penjumlahan nilai *TDV* dengan iterasi dapat dijabarkan sebagai berikut.

$$44+15+15+14+11,5+9+0,79 = 109,29 \quad (q7)$$

$$44+15+15+14+11,5+9+0,79 = 109,29 \quad (q6)$$

$$44+15+15+14+11,5+2+0,79 = 102,29 \quad (q5)$$

$$44+15+15+14+2+2+0,79 = 92,79 \quad (q4)$$

$$44+15+15+2+2+2+0,79 = 80,79 \quad (q3)$$

$$44+15 +2+2+2+2+0,79 = 67,79 \quad (q2)$$

$$44+2+2+2+2+2+0,79 = 54,79 \quad (q1)$$

4. Menentukan Nilai Pengurang Terkoreksi (*Corrected Deduct Value, CDV*)

Setelah mendapatkan nilai *TDV* dan q , maka nilai *CDV* dapat kita tentukan dengan menggunakan grafik hubungan antara *TDV* dan *CDV*. Grafik hubungan antara nilai *TDV* dan *CDV* pada segmen 6 dapat dilihat pada Gambar 5.8 Berdasarkan Gambar 5.8, didapatkan nilai *CDV* sebesar 53; 53; 53; 53; 51; 49; dan 55. Nilai *CDV* yang digunakan adalah nilai maksimum dari keseluruhan data. Sehingga didapatkan nilai *CDV* untuk segmen 6 adalah 55.

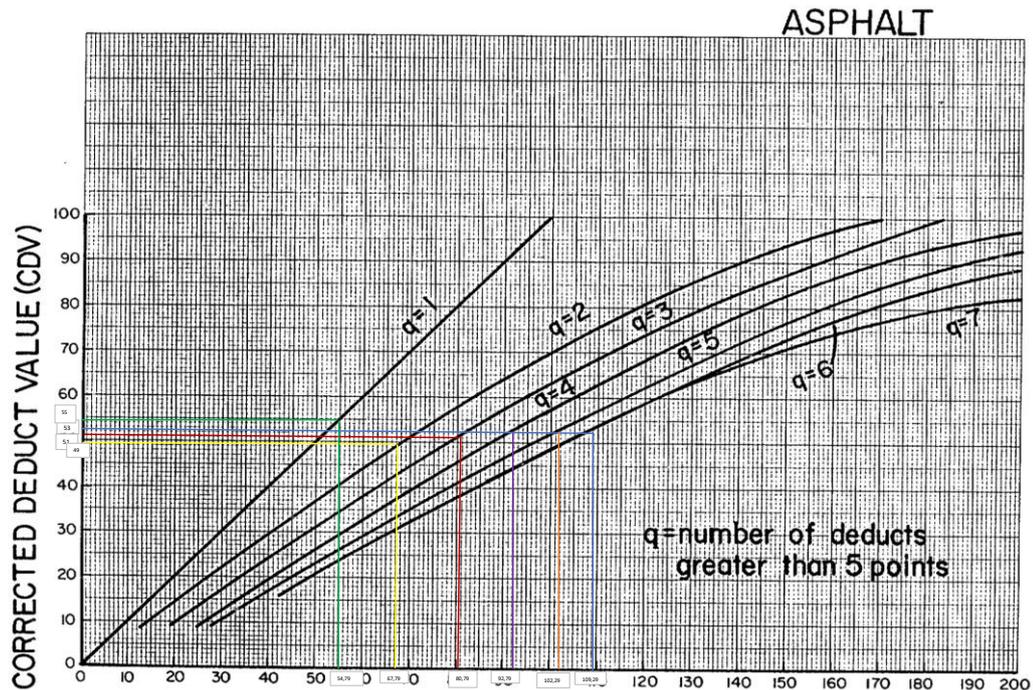
5. Menghitung Nilai *Pavement Condition Index (PCI)* Tiap Segmen

Setelah mendapatkan nilai *CDV*, maka kita dapat menentukan nilai *PCI* untuk segmen unit 1. Perhitungan nilai *PCI* untuk segmen 6 adalah sebagai berikut.

$$PCI(s) = 100 - CDV$$

$$PCI(s) = 100 - 55$$

$$= 45$$



Gambar 5.8 Grafik Hubungan antara *CDV* dan *TDV*

(Sumber: ASTM International, 2008)

Berdasarkan perhitungan, maka didapatkan nilai *PCI* untuk unit segmen 6 adalah sebesar 45 dan termasuk dalam kategori *poor*. Perhitungan untuk segmen selanjutnya dapat dihitung menggunakan perhitungan seperti contoh pada unit segment 6. Hasil rekapitulasi perhitungan *PCI* pada masing-masing unit segment dapat dilihat pada Tabel 5.9 di bawah ini.

Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Perhitungan *PCI* Tiap Segmen

Segmen	Nilai <i>PCI</i>	Kategori
1	63	<i>Fair</i>
2	26	<i>Very Poor</i>
3	35	<i>Very Poor</i>
4	52	<i>Poor</i>
5	68	<i>Fair</i>
6	45	<i>Poor</i>
7	55	<i>Fair</i>

Lanjutan Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Perhitungan *PCI* Tiap Segmen

Segmen	Nilai <i>PCI</i>	Kategori
8	33	<i>Very Poor</i>
9	60	<i>Fair</i>
10	10	<i>Serious</i>
11	39	<i>Very Poor</i>
12	16	<i>Serious</i>
13	79	<i>Satisfactory</i>
14	64	<i>Fair</i>
15	30	<i>Very Poor</i>
16	36	<i>Very Poor</i>
17	72	<i>Satisfactory</i>
18	77	<i>Satisfactory</i>
19	82	<i>Satisfactory</i>
20	87	<i>Good</i>

Adapun peta rekapitulasi kategori kerusakan yang ditandai dengan warna berdasarkan nilai *PCI* dapat dilihat pada Gambar 5.9 di bawah ini.



Gambar 5.9 Peta Kategori Kerusakan

5.1.2 Menghitung Keseluruhan Nilai *PCI*

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

$$PCI = \frac{\sum PCI(s)}{N}$$

$$PCI = \frac{1029}{20}$$

$$PCI = 51,45$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *PCI* untuk keseluruhan Ruas Jalan Koroulon–Johlenang adalah sebesar 51,45 dan termasuk dalam kategori *poor*.

5.1.3 Pembahasan Metode *PCI*

Berdasarkan survei dan analisis dengan metode *PCI* yang telah dilakukan pada Ruas Jalan Koroulon–Johlenang, terdapat beberapa jenis kerusakan yang teridentifikasi yaitu retak kulit buaya (*alligator cracking*), retak blok (*block cracking*), benjol dan turun (*bump and sags*), keriting (*corrugation*), amblas (*depression*), retak pinggir (*edge cracking*), jalur/bahu turun (*lane/shoulder drop off*), retak melintang atau memanjang (*long and transverse cracking*), tambalan (*patching*), agregat licin (*polished agregat*), lubang (*potholes*) dan pelepasan butiran (*weathering and revelling*). Keseluruhan nilai *PCI* pada Ruas Jalan Koroulon-Johlenang memiliki nilai akhir sebesar 51,45 dan termasuk dalam kategori *poor*. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Gemo (2019) dan Taufikkurrahman (2020) dimana hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kondisi jalan termasuk dalam kategori *poor*. Kondisi perkerasan terbaik berada pada segmen 20 dengan nilai *PCI* sebesar 87 dan termasuk dalam kategori *good*. Sedangkan kondisi perkerasan terburuk terdapat pada segmen 10 dengan nilai *PCI* sebesar 10 dan termasuk dalam kategori *serious*.

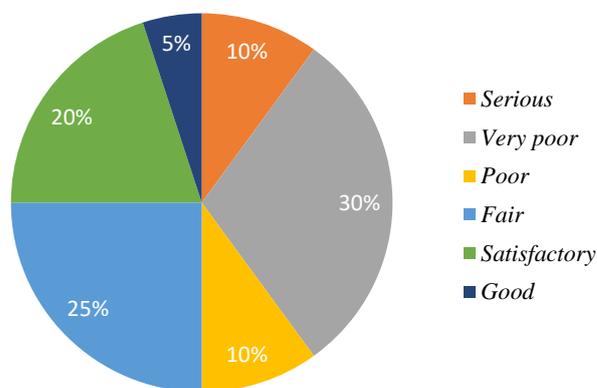
Dari Tabel 5.9, kita dapat melihat beberapa kategori kerusakan yang ada pada Ruas Jalan Koroulon–Johlenang berdasarkan survei *PCI* yang telah dilakukan. Beberapa kategori kerusakan tersebut adalah *very poor*, *poor*, *fair*, *satisfactory*,

serious dan *good*. Rekapitulasi kategori kerusakan berdasarkan nilai *PCI* pada ruas Jalan Koroulon–Johlenang dapat dilihat pada Tabel 5.10 di bawah ini.

Tabel 5.10 Persentase Nilai *PCI* pada Ruas Jalan Koroulon-Johlenang

<i>Rating</i>	Jumlah Segmen	Persentase (%)
<i>Failed</i>	0	0
<i>Serious</i>	2	10
<i>Very Poor</i>	6	30
<i>Poor</i>	2	10
<i>Fair</i>	5	25
<i>Satisfactory</i>	4	20
<i>Good</i>	1	5
Jumlah Total	20	100

Adapun diagram persentase kategori nilai *PCI* pada Ruas Jalan Koroulon–Johlenang dapat dilihat pada Gambar 5.10 di bawah ini.



Gambar 5.10 Diagram persentase Kategori Nilai *PCI*

Berdasarkan Tabel 5.10 dan Gambar 5.10, kita dapat mengetahui bahwa persentase kategori kerusakan tertinggi yang ada pada Ruas Jalan Koroulon–Johlenang adalah kategori *very poor* dengan jumlah 6 segmen atau 30%. Kemudian dilanjutkan oleh kategori *fair* dengan jumlah 5 segmen atau 25%, *satisfactory* dengan jumlah 4 segmen atau 20%, kategori *serious* dan *poor* dengan

jumlah masing-masing 2 segmen atau 10%, dan kategori *good* 1 segmen atau 5%. Sedangkan dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, diketahui bahwa nilai rata-rata *PCI* pada ruas jalan Koroulon-Joholanang adalah sebesar 51,45 dan termasuk dalam kategori *poor*. Hal ini menunjukkan bahwa nilai *PCI* untuk setiap segmen dengan nilai *PCI* rata-rata pada keseluruhan ruas jalan tidak jauh berbeda. Namun, masih terdapat beberapa segmen yang memiliki nilai dan kategori di bawah rata-rata keseluruhan nilai *PCI* sehingga diperlukan perhatian dan penanganan yang lebih lanjut pada beberapa segmen tersebut. Kategori *rating* untuk semua unit segmen ditunjukkan pada Tabel 5.11 di bawah ini.

Tabel 5.11 Rating Nilai PCI Ruas Jalan Koroulon-Joholanang

Rating	No Unit Segmen
<i>Failed</i>	-
<i>Serious</i>	10 dan 12
<i>Very Poor</i>	2,3,8,11,15, dan 16
<i>Poor</i>	4 dan 6
<i>Fair</i>	1,5,7,9 dan 14
<i>Satisfactory</i>	13,17,18, dan 19
<i>Good</i>	20

Dari Tabel 5.11 kita dapat mengetahui segmen-segmen yang memiliki nilai *PCI* di bawah nilai rata-rata *PCI* keseluruhan segmen. Beberapa segmen tersebut adalah segmen 2,3,8,11,15 dan 16 yang termasuk dalam kategori *very poor*, dan segmen 10 dan 12 yang termasuk dalam kategori *serious*. Secara lebih lengkap, penyebaran kerusakan jalan yang terjadi pada Ruas Jalan Koroulon-Joholanang dapat dilihat pada Tabel 5.12 di bawah ini.

Tabel 5.12 Penyebaran Jenis Kerusakan Jalan

Segmen	Jenis kerusakan	
1	1. <i>Edge cracking</i> 2. <i>Lane shoulder drop off</i>	3. <i>Patching</i> 4. <i>Polished aggregate</i>

Lanjutan Tabel 5.12 Penyebaran Jenis Kerusakan Jalan

2	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Alligator cracking</i> 2. <i>Depression</i> 3. <i>Lane shoulder drop off</i> 4. <i>Long & trans cracking</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 5. <i>Patching</i> 6. <i>Polished aggregate</i> 7. <i>Potholes</i> 8. <i>Weathering and ravelling</i>
3	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Block cracking</i> 2. <i>Edge cracking</i> 3. <i>Lane shoulder drop off</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 4. <i>Long & trans cracking</i> 5. <i>Potholes</i>
4	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Bump and sag</i> 2. <i>Edge cracking</i> 3. <i>Lane shoulder drop off</i> 4. <i>Long & trans cracking</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 5. <i>Patching</i> 6. <i>Potholes</i> 7. <i>Weathering and ravelling</i>
5	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Edge cracking</i> 2. <i>Lane shoulder drop off</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 3. <i>Long & trans cracking</i> 4. <i>Polished aggregate</i>
6	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Alligator cracking</i> 2. <i>Block cracking</i> 3. <i>Depression</i> 4. <i>Edge cracking</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 5. <i>Lane shoulder drop off</i> 6. <i>Long & trans cracking</i> 7. <i>Polished aggregate</i>
7	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Alligator cracking</i> 2. <i>Edge cracking</i> 3. <i>Lane shoulder drop off</i> 4. <i>Long & trans cracking</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 5. <i>Patching</i> 6. <i>Polished aggregate</i> 7. <i>Potholes</i>
8	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Alligator cracking</i> 2. <i>Block cracking</i> 3. <i>Lane shoulder drop off</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 4. <i>Long & trans cracking</i> 5. <i>Polished aggregate</i> 6. <i>Potholes</i>
9	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Block cracking</i> 2. <i>Long & trans cracking</i> 3. <i>Patching</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 4. <i>Polished aggregate</i> 5. <i>Potholes</i>
10	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Alligator cracking</i> 2. <i>Block cracking</i> 3. <i>Depression</i> 4. <i>Long & trans cracking</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 5. <i>Patching</i> 6. <i>Potholes</i> 7. <i>Weathering and ravelling</i>
11	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Block cracking</i> 2. <i>Lane shoulder drop off</i> 3. <i>Long & trans cracking</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 4. <i>Patching</i> 5. <i>Potholes</i> 6. <i>Weathering and ravelling</i>

Lanjutan Tabel 5.12 Penyebaran Jenis Kerusakan Jalan

12	1. <i>Alligator cracking</i> 2. <i>Patching</i>	3. <i>Long & trans cracking</i> 4. <i>Potholes</i>
13	1. <i>Alligator cracking</i> 2. <i>Block cracking</i> 3. <i>Joint reflection cracking</i> 4. <i>Patching</i>	5. <i>Polished aggregate</i> 6. <i>Potholes</i> 7. <i>Lane shoulder drop off</i>
14	1. <i>Block cracking</i> 2. <i>Edge cracking</i> 3. <i>Lane shoulder drop off</i> 4. <i>Long & trans cracking</i>	5. <i>Patching</i> 6. <i>Polished aggregate</i> 7. <i>Potholes</i>
15	1. <i>Block cracking</i> 2. <i>Bump and sags</i> 3. <i>Depression</i> 4. <i>Edge cracking</i>	5. <i>Long & trans cracking</i> 6. <i>Polished aggregate</i> 7. <i>Potholes</i> 8. <i>Rutting</i>
16	1. <i>Alligator cracking</i> 2. <i>Block cracking</i> 3. <i>Corrugation</i>	4. <i>Depression</i> 5. <i>Edge cracking</i> 6. <i>Potholes</i>
17	1. <i>Patching</i> 2. <i>Polished aggregate</i>	3. <i>Potholes</i>
18	1. <i>Block cracking</i> 2. <i>Depression</i>	3. <i>Edge cracking</i> 4. <i>Patching</i>
19	1. <i>Depression</i> 2. <i>Edge cracking</i>	3. <i>Lane shoulder drop off</i> 4. <i>Long & trans cracking</i>
20	1. <i>Corrugation</i> 2. <i>Lane shoulder drop off</i>	3. <i>Potholes</i>

Dari Tabel 5.12 di atas, kita dapat melihat beberapa jenis kerusakan yang paling banyak terjadi dan menentukan dominasi kerusakan pada Ruas Jalan Koroulon-Joholanang berdasarkan nilai *density*. Perhitungan yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa terdapat tiga jenis kerusakan yang paling dominan terjadi yaitu kerusakan *polished aggregate* atau agregat licin, kemudian kerusakan *lane shoulder drop off* atau bahu jalan turun, dan kerusakan *alligator cracking* atau retak kulit buaya. Rekapitulasi lebih lengkap terkait perhitungan nilai *density* dan jenis

kerusakan yang teridentifikasi pada Ruas Jalan Koroulon–Joholanang dapat dilihat pada Tabel 5.13 di bawah ini.

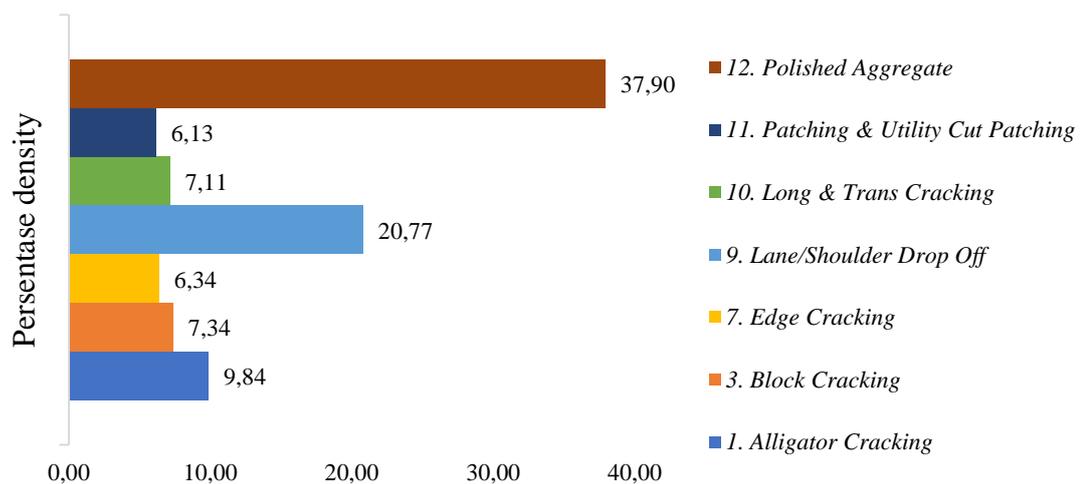
Tabel 5.13 Rekapitulasi Perhitungan Nilai *Density*

Segmen	Jenis Kerusakan dan Nilai <i>Density</i>						
	1	3	7	9	10	11	12
1			1,88	14,18		1,91	25,22
2	6,43			8,47	0,64	0,75	37,23
3		3,56	12,52	13,66	2,43		
4			0,52	4,55	0,88	6,91	
5			1,00	17,38	1,25		15,23
6	7,73	1,26	0,36	17,28	2,20		19,62
7	2,96		0,38	12,93	2,41	0,83	10,36
8	8,00	1,64		2,36	4,26		7,61
9		0,46			1,89	0,52	2,50
10	11,90	2,06			10,87	0,13	
11		5,85		4,04	3,29	11,62	
12	9,34				1,24	3,88	
13	1,16	0,24				0,05	25,70
14		1,06	0,57	8,76	0,65	2,82	50,00
15		6,82	8,89		5,71		2,42
16	6,40	6,16	4,41				
17						4,12	11,83
18		11,10	2,13			0,05	
19			2,11	4,37	1,26		
20				4,98		1,91	
Total Density	53,93	40,21	34,78	113,86	39,00	33,58	207,72
Persentase (%)	9,84	7,34	6,34	20,77	7,11	6,13	37,9

Keterangan:

- 1 : retak kulit buaya (*alligator cracking*),
- 3 : retak blok (*block cracking*),
- 7 : retak pinggir (*edge cracking*),
- 9 : jalur / bahu turun (*lane / shoulder drop off*),
- 10 : retak memanjang dan melintang (*long and transverse cracking*),
- 11 : tambalan (*patching*), dan
- 12 : agregat licin (*polished agregat*)

Adapun diagram rekapitulasi perhitungan nilai *density* dapat dilihat pada Gambar 5.11 di bawah ini.



Gambar 5.11 Diagram Perhitungan Nilai *Density*

Berdasarkan Gambar 5.11, kerusakan yang paling dominan terjadi pada Ruas Jalan Koroulon–Joholanang adalah kerusakan *polished aggregate* atau agregat licin dengan persentase *density* sebesar 37,9 %. Kemudian terdapat kerusakan *lane shoulder drop off* atau jalur/bahu turun dengan rerata *density* 20,77 %, dan *alligator cracking* atau kerusakan retak kulit buaya dengan rerata *density* 9,84 %. Adapun peta dominasi kerusakan pada tiap segmen berdasarkan nilai *density* dapat dilihat pada Gambar 5.12 di bawah ini.



Gambar 5.12 Peta Kategori Kerusakan

Dari Gambar 5.12 di atas, kita dapat mengetahui dominasi jenis kerusakan pada tiap segmen berdasarkan nilai density. Beberapa jenis kerusakan tersebut adalah kerusakan *polished aggregate*, *lane shoulder drop off*, *alligator cracking*, dan juga *patching*. Dari 4 jenis kerusakan tersebut, kerusakan *alligator cracking* menjadi satu-satunya jenis kerusakan yang dapat dikategorikan sebagai kerusakan struktural. Sedangkan untuk kerusakan *polished aggregate*, *lane shoulder drop off*, dan *patching* merupakan jenis kerusakan yang termasuk dalam kategori kerusakan fungsional. Berdasarkan Gambar 5.9 di atas, kita juga dapat melihat bahwa segmen yang memiliki dominasi kerusakan struktural memiliki nilai *PCI* yang lebih sedikit yang berarti jalanan memiliki kerusakan yang lebih parah dibandingkan dengan segmen yang memiliki dominasi kerusakan fungsional. Hal ini dapat terjadi karena pengaruh nilai *deduct value* yang dipakai sebagai faktor pemberat yang menunjukkan derajat pengaruh dari tiga faktor utama penilaian *PCI*, yaitu jenis kerusakan, tingkat keparahan kerusakan, dan kerapatan dari kerusakan. Nilai *deduct value* pada kerusakan struktural akan memiliki nilai yang lebih tinggi sehingga menghasilkan nilai akhir *PCI* yang lebih rendah dibandingkan dengan jenis kategori fungsional. Adapun beberapa segmen yang dominasi kerusakannya termasuk dalam kategori kerusakan fungsional namun tetap memiliki nilai *PCI* yang rendah dapat disebabkan oleh tingginya nilai kerapatan dari kerusakan tersebut pada satu segmen.

Jenis kerusakan agregat licin atau *polished aggregate* adalah kondisi dimana agregat mengalami keausan sehingga permukaan bagian atas perkerasan akan terasa licin. Menurut Hardiyatmo (2015), kerusakan ini biasanya dipengaruhi oleh kondisi geologi agregat yang digunakan, dimana agregat berbentuk bulat dan licin, serta tidak berbentuk kubikal. Kualifikasi material yang kurang baik dalam menahan aus terhadap roda kendaraan juga dapat menjadi penyebab kerusakan ini. Roda kendaraan menyebabkan aspal pengikat akan hilang sehingga membuat jalan terasa licin dan akan semakin parah pada saat hujan berlangsung. Kerusakan ini juga dapat menyebabkan terganggunya kenyamanan dan keselamatan lalu lintas. Hal yang sama juga terdapat dalam hasil penelitian Adhyan dan Kartika (2020) pada Ruas

Jalan Tipar Gede, Sukabumi, dan juga hasil penelitian Gemo (2019) pada Ruas Jalan Ki Hajar Dewantara, Kota Borong, NTT.

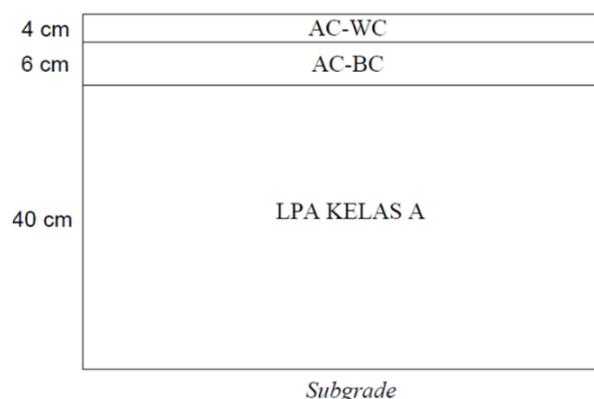
Jenis kerusakan jalur/bahu turun atau *lane/shoulder drop off* adalah kondisi dimana terdapat perbedaan elevasi antara pinggir perkerasan dengan bahu jalan. Hal ini dapat menyebabkan ketidaknyamanan dan membahayakan bagi para pengendara. Pengendara dapat mengalami jatuh atau tergelincir apabila mengendarai kendaraan pada pinggir perkerasan yang memiliki perbedaan elevasi yang cukup tinggi. Dalam bukunya, Hardiyatmo (2015) juga menyatakan bahwa kerusakan jalur/bahu turun atau *lane shoulder drop off* memiliki risiko kerusakan lanjutan seperti masuknya air ke dalam lapis pondasi (*base*) hingga erosi ada bahu jalan. Kerusakan ini dapat disebabkan oleh penggunaan material yang kurang baik, pengaruh beban kendaraan, hingga pengaruh cuaca. Namun, secara umum, kerusakan jalur/bahu turun dapat terjadi akibat tidak dilaksanakannya pembentukan bahu pada saat pekerjaan pelapisan jalan dilakukan. Dalam hasil penelitiannya, Dhiaulhaq dan Fauzan (2022) juga mengatakan bahwa salah satu jenis kerusakan yang terjadi pada Ruas Jalan Alternatif IPB adalah kerusakan jalur/bahu turun atau *lane shoulder drop off* dan harus diperbaiki dengan perataan kembali dan juga pengurangan bahu jalan. Penelitian yang hampir sama juga dilakukan oleh Utami dan Fauziah (2022) pada Ruas Jalan Bts. Kab. Kampar – Bts. Kota Bangkinang. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Utami dan Fauziah (2022) juga menunjukkan bahwa kerusakan yang paling banyak terjadi pada arah Bangkinang – Kampar adalah kerusakan jalur/bahu turun atau *lane shoulder drop off*.

Adapun jenis kerusakan retak kulit buaya atau *alligator cracking* adalah kondisi dimana permukaan jalan mengalami keretakan berbentuk persegi banyak (*polygon*) dan berukuran kecil sehingga menyerupai kulit buaya. Kerusakan retak kulit buaya disebabkan oleh kelelahan dari lapis permukaan atau lapis pondasi akibat beban lalu lintas yang berulang (Hardiyatmo, 2015). Beban lalu lintas yang berulang pada permukaan jalan tidak dapat ditahan karena buruknya dukungan lapis tanah dasar, sehingga perkerasan akan mengalami keruntuhan. Retak akan dimulai dari bagian bawah lapis perkerasan yang kemudian merambat ke lapis atas perkerasan dalam bentuk retak yang memanjang. Adanya beban lalu lintas yang

berulang akan membuat retak semakin banyak dan saling berhubungan hingga membentuk suatu pola seperti kulit buaya. Retak yang terjadi pada permukaan aspal dapat membuat genangan air akan langsung masuk ke struktur perkerasan jalan sehingga semakin memperparah kerusakan. Kerusakan retak kulit buaya atau *alligator cracking* adalah salah satu kerusakan yang paling umum dan sering terjadi pada perkerasan lentur. Hal ini ditunjukkan oleh banyaknya hasil penelitian dengan menggunakan metode *PCI* yang menunjukkan bahwa kerusakan retak kulit buaya atau *alligator cracking* menjadi salah satu dan atau jenis kerusakan yang paling dominan. Beberapa hasil penelitian yang menunjukkan hal tersebut antara lain dilakukan oleh Chasanah dan Wijaya (2016), Ramli dkk (2018), Gemo (2019), Taufikurrahman (2020), Adhiyan dan Kartika (2020), Sodiq dan Fauziah (2021), serta Utami dan Fauziah (2022).

5.2 Analisis Dengan Menggunakan Aplikasi *KENPAVE*

Analisis lebih lanjut dilakukan menggunakan metode mekanistik-empiris dengan menggunakan aplikasi *KENPAVE*. Adapun pemodelan yang digunakan adalah pemodelan viskoelastik dengan menggunakan *creep compliance* sebagai indikator pemodelan viskoelastik. Ruas Jalan Koroulon-Joholanang memiliki umur rencana sebesar 20 tahun hingga tahun 2031. Adapun data jenis dan tebal lapis perkerasan diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Energi Sumber Daya Mineral Provinsi D.I. Yogyakarta. Jenis dan tebal lapis perkerasan pada Ruas Jalan Koroulon-Joholanang dapat dilihat pada Gambar 5.13 di bawah ini.



Gambar 5.13 Tebal Perkerasan Lentur

(Sumber: PUPESDM DIY, 2023)

5.2.1 Karakteristik Material

Karakteristik material yang perlu diketahui sebelum melakukan analisis dengan metode mekanistik-empiris adalah modulus elastisitas dan *poisson's ratio* untuk masing-masing lapis perkerasan. Data modulus elastisitas dan *poisson's ratio* didapatkan dari Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga Tahun 2017 dan sudah dilakukan pengurangan untuk menyesuaikan kondisi eksisting tahun 2023. Modulus elastisitas dan *poisson's ratio* untuk masing-masing lapis perkerasan dapat dilihat pada Tabel 5.14 di bawah ini.

Tabel 5.14 Modulus Elastisitas dan *Poisson's Ratio*

Lapisan	Modulus Elastisitas (KPa)	<i>Poisson's Ratio</i>
AC-WC	561.000	0,204
AC-BC	612.000	0,204
LPA Kelas A	178.500	0,5215
Subgrade	37.332	0,5215

Sumber: Bina Marga (2017)

5.2.2 Perhitungan Creep Compliance

Perhitungan *creep compliance* dilakukan pada 11 durasi waktu yang berbeda yaitu 0,001; 0,003; 0,01; 0,03; 0,1; 0,3; 1; 3; 10; 30; dan 100 detik sesuai saran *FHWA*. *Creep compliance* digunakan untuk menunjukkan sifat viskoelastik pada lapisan yang berpengikat aspal. Pada penelitian ini, terdapat dua lapisan berpengikat aspal yang dianggap bersifat viskoelastik yaitu lapisan AC-WC dan lapisan AC-BC. Perhitungan *creep compliance* untuk lapisan AC-WC dan AC-BC dapat dilihat seperti di bawah ini.

1. Lapisan AC – WC

Perhitungan *creep compliance* untuk lapisan AC-WC pada waktu 0,001 detik dapat dilihat seperti di bawah ini.

$$D(t) = \frac{1}{E} (1 - e^{-0,833t})$$

$$D(0,001) = \frac{1}{561.000} (1 - 2,71828183^{-0,833(0,001)})$$

$$D(0,001) = 1,484E-9$$

Dari perhitungan di atas, nilai *creep compliance* untuk lapisan AC-WC untuk waktu 0,001 detik sebesar 1,484E-9. Perhitungan untuk durasi waktu lainnya dapat dihitung menggunakan proses yang sama seperti langkah di atas. Rekapitulasi perhitungan *creep compliance* untuk lapisan AC-WC dapat dilihat pada Tabel 5.15 di bawah ini.

Tabel 5.15 Rekapitulasi *Creep Compliance* Lapisan AC-WC

Durasi Waktu (t)	<i>Creep Compliance</i>
0,001	1.484E-09
0,003	4.449E-09
0,01	1.479E-08
0,03	4.399E-08
0,1	1.425E-07
0,3	3.942E-07
1	1.008E-06
3	1.636E-06
10	1.782E-06
30	1.783E-06
100	1.783E-06

2. Lapisan AC-BC

Perhitungan *creep compliance* untuk lapisan AC-BC pada waktu 0,001 detik dapat dilihat seperti di bawah ini.

$$D(t) = \frac{1}{E}(1 - e^{-0,833t})$$

$$D(0,001) = \frac{1}{612.000}(1 - 2,71828183^{-0,833(0,001)})$$

$$D(0,001) = 1,361E-9$$

Dari perhitungan di atas, nilai *creep compliance* untuk lapisan AC-BC untuk waktu 0,001 detik sebesar 1,361E-9. Perhitungan untuk durasi waktu lainnya dapat

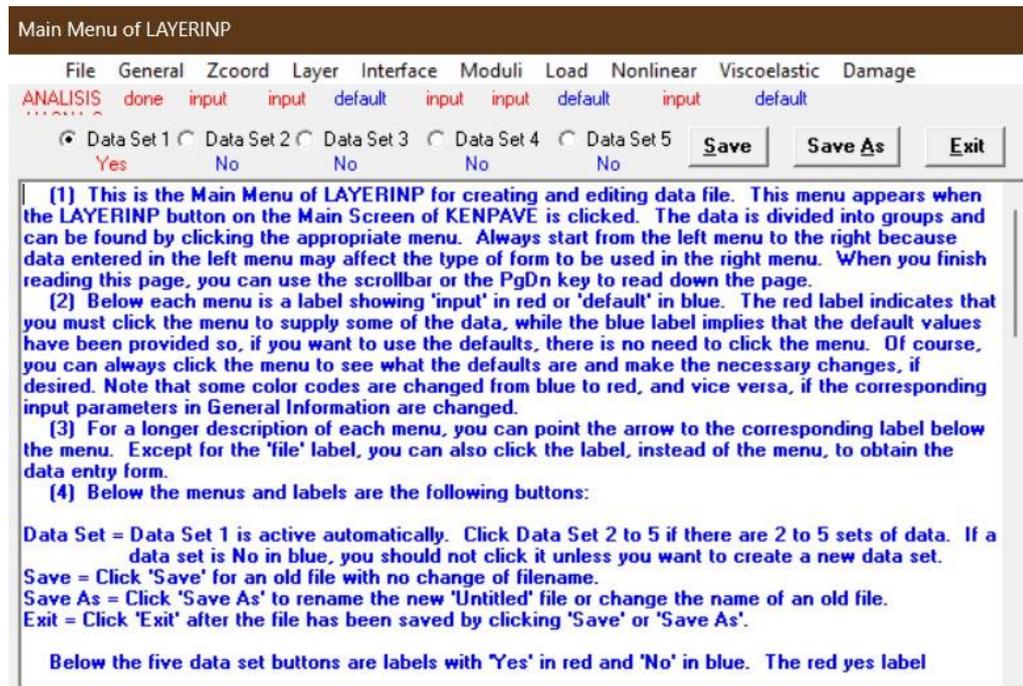
dihitung menggunakan proses yang sama seperti langkah di atas. Rekapitulasi perhitungan *creep compliance* untuk lapisan *AC-BC* dapat dilihat pada Tabel 5.16 di bawah ini.

Tabel 5.16 Rekapitulasi *Creep Compliance* Lapisan *AC-BC*

Durasi Waktu (t)	<i>Creep Compliance</i>
0,001	1.361E-09
0,003	4.078E-09
0,01	1.355E-08
0,03	4.033E-08
0,1	1.306E-07
0,3	3.613E-07
1	9.236E-07
3	1.500E-06
10	8,33132E-07
30	8,33333E-07
100	8,33333E-07

5.2.3 Analisis Menggunakan *KENPAVE*

Pada penelitian ini, analisis dengan aplikasi *KENPAVE* dilakukan pada jenis perkerasan lentur dengan pemodelan viskoelastik. Oleh karena itu, analisis akan menggunakan menu *LAYERINP* dan *KENLAYER* yang hanya dapat digunakan untuk melakukan analisis pada perkerasan lentur. Analisis menggunakan aplikasi *KENPAVE* nantinya akan menghasilkan hasil akhir berupa tegangan dan regangan untuk kondisi jalan eksisting yang dievaluasi. Tahapan penggunaan aplikasi *KENPAVE* dimulai dengan memilih menu *LAYERINP* dan mengklik *file* dan memilih *new file* untuk menyimpan data analisis. Tampilan menu *LAYERINP* dapat dilihat pada Gambar 5.14.



Gambar 5.14 Tampilan Awal Menu *LAYERINP*

Langkah selanjutnya adalah dengan mengisi data pada pilihan menu yang akan dijelaskan sebagai berikut.

1. Menu *General*

Menu *general* adalah menu pertama yang akan muncul setelah kita membuat *file* baru untuk menyimpan data. Data yang perlu diisi pada menu *general* dapat dilihat pada Tabel 5.17 di bawah ini.

Tabel 5.17 Data *Input* pada Menu *General*

Istilah	Nilai <i>Input</i>	Keterangan
<i>Title</i>	Analisis Hasna 2	Judul apapun dapat dituliskan sesuai kebutuhan
<i>MATL</i>	3	Pemodelan analisis adalah viskoelastik
<i>NDAMA</i>	0	Tidak ada analisis kerusakan
<i>NPY</i>	1	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>NLG</i>	1	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>DEL</i>	0,001	Standar akurasi

Lanjutan Tabel 5.17 Data *Input* pada Menu *General*

Istilah	Nilai <i>Input</i>	Keterangan
<i>NL</i>	4	Jumlah lapis perkerasan yang akan dianalisis (<i>AC-WC, AC-BC, LPA Kelas A, Subgrade</i>)
<i>NZ</i>	5	Jumlah titik koordinat arah Z yang akan dianalisis
<i>ICL</i>	80	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>NSDT</i>	9	Untuk <i>vertical displacement</i> , nilai regangan dan tegangan
<i>NBOND</i>	1	Semua lapisan saling mengikat
<i>NLBT</i>	1	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>NLTC</i>	1	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>NUNIT</i>	1	Standar yang digunakan adalah SI (Standar Internasional)

Tampilan menu *General* setelah dilakukan *input* data dapat dilihat pada Gambar 5.15 di bawah ini.

General Information of LAYERINP for Set No. 1

TITLE Analisis Hasna 2

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

OK

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

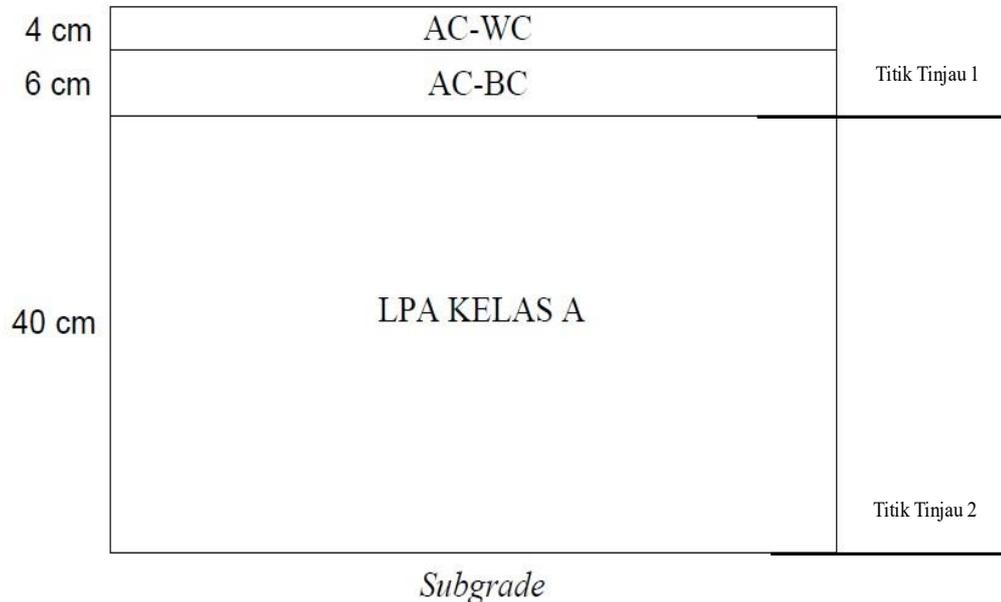
(2) TITLE (title of run): Any title or comment can be typed on one line. The title should not be longer than 68 characters including spaces. If you make a mistake in typing, use the Del key to erase any typographical errors. When the total length reaches 68, no additional characters can be added. No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

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

Gambar 5.15 Tampilan Awal Menu *General*

2. *Zcoord*

Zcoord adalah titik kedalaman pada lapis perkerasan aspal yang akan dilakukan analisis. Jumlah *Zcoord* yang harus diisi akan secara otomatis disesuaikan dengan nilai NZ yang sudah di masukkan. Penentuan titik tinjau untuk dilakukan analisis disesuaikan dengan teori yang digunakan untuk menentukan beban gandar standar yang dapat ditahan sebelum terjadinya kerusakan, baik untuk kerusakan *fatigue cracking*, *rutting*, maupun *permanent deformation*. Titik tinjau 1 terletak di bawah lapis permukaan (*surface layer*) dan titik tinjau 2 terletak di permukaan tanah dasar (*subgrade*). Titik tinjau 1 yang berada pada kedalaman 9,999 cm merupakan titik tinjau untuk analisis kerusakan *fatigue cracking* dan *rutting*. Sedangkan titik tinjau 2 yang berada pada kedalaman 50,001 adalah titik tinjau untuk analisis kerusakan *permanent deformation*. Letak titik *Zcoord* pada lapisan perkerasan jalan dapat dilihat pada Gambar 5.16 di bawah ini.



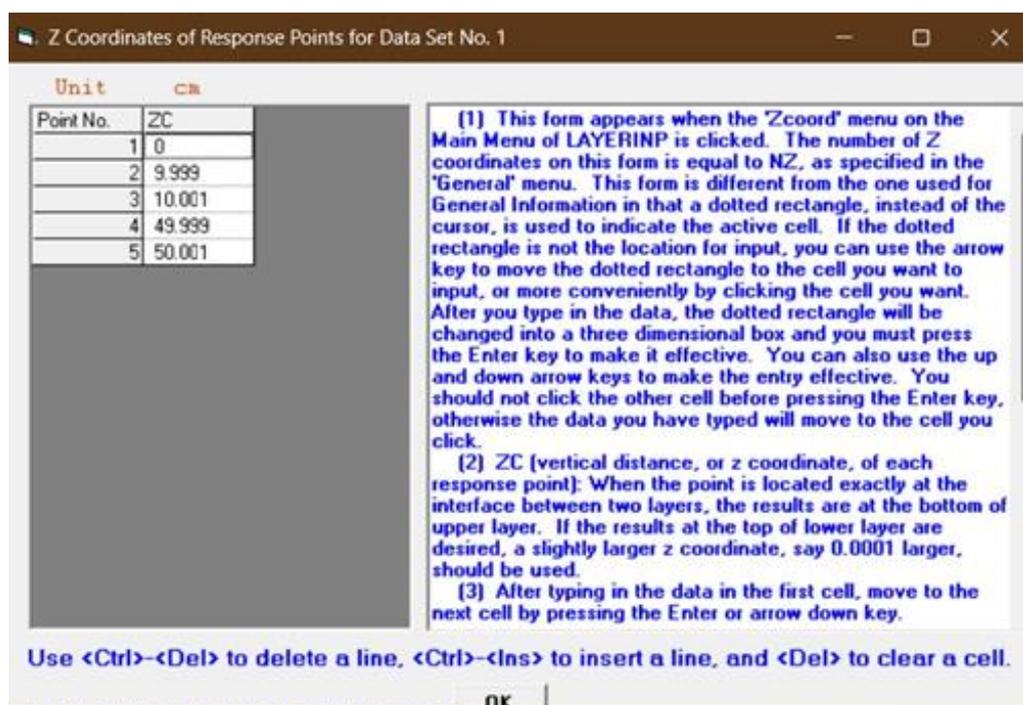
Gambar 5.16 Kedalaman Titik Tinjau Kerusakan

Data yang perlu diisi pada menu *Zcoord* dapat dilihat pada Tabel 5.18 di bawah ini.

Tabel 5.18 Data Input pada menu Zcoord

No.	Zcoord (cm)	Keterangan
1	0	Permukaan lapis perkerasan
2	9,999	Dasar lapis perkerasan
3	10,001	Permukaan lapis pondasi
4	49,999	Dasar lapis pondasi
5	50,001	Permukaan lapis tanah dasar

Tampilan menu *Zcoord* setelah dilakukan *input* data dapat dilihat pada Gambar 5.17 di bawah ini.



Gambar 5.17 Tampilan Awal Menu Zcoord

3. Layer

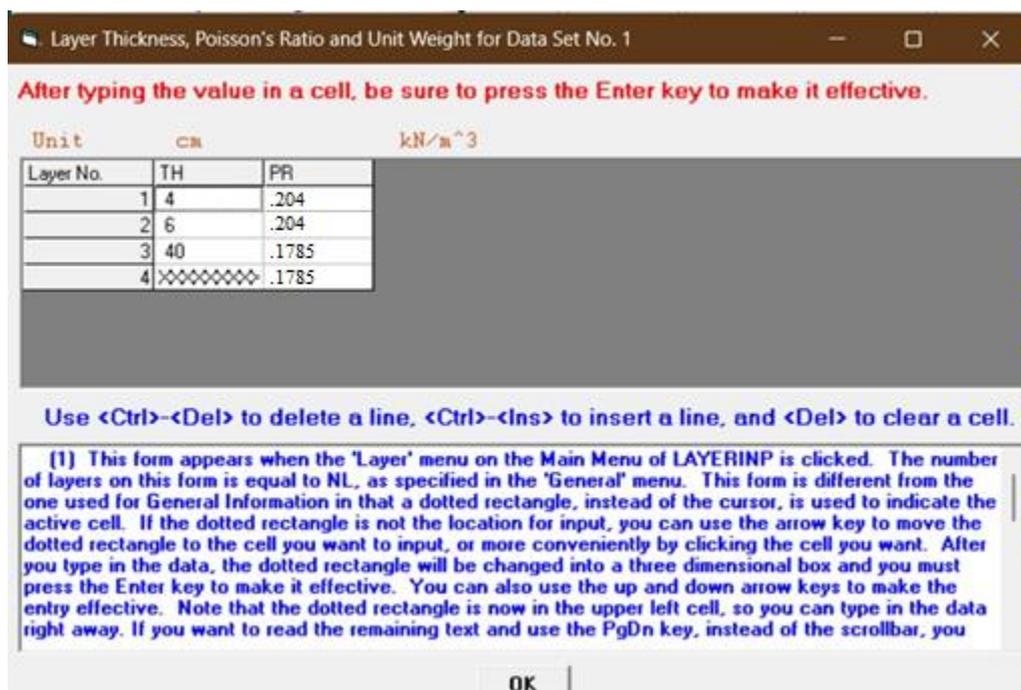
Parameter *input* data yang akan muncul pada menu *Layer* adalah karakteristik material dari lapis perkerasan yang akan dianalisis berupa *Poisson's Ratio* dan tebal dari masing-masing lapis perkerasan. Nilai *Poisson's Ratio* didapat dari Manual Perkerasan Bina Marga Tahun 2017 yang sudah dilakukan pengurangan untuk menyesuaikan dengan kondisi eksisting jalan. Sedangkan data tebal masing-

masing perkerasan diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan, dan Energi Sumber Daya Mineral (PUPESDM) D.I. Yogyakarta. Data yang perlu diisi pada menu *Layer* dapat dilihat pada Tabel 5.19 di bawah ini.

Tabel 5.19 Data *Input* pada menu *Layer*

No. <i>Layer</i>	<i>Thickness</i> (cm)	<i>Poisson's Ratio</i>	Keterangan
1	4	0,204	<i>AC – WC</i>
2	6	0,204	<i>AC – BC</i>
3	40	0,1785	LPA Kelas A
4	∞	0,1785	<i>Subgrade</i>

Tampilan menu *Zcoord* setelah dilakukan *input* data dapat dilihat pada Gambar 5.18 di bawah ini.



Gambar 5.18 Tampilan Awal Menu *Layer*

4. *Moduli*

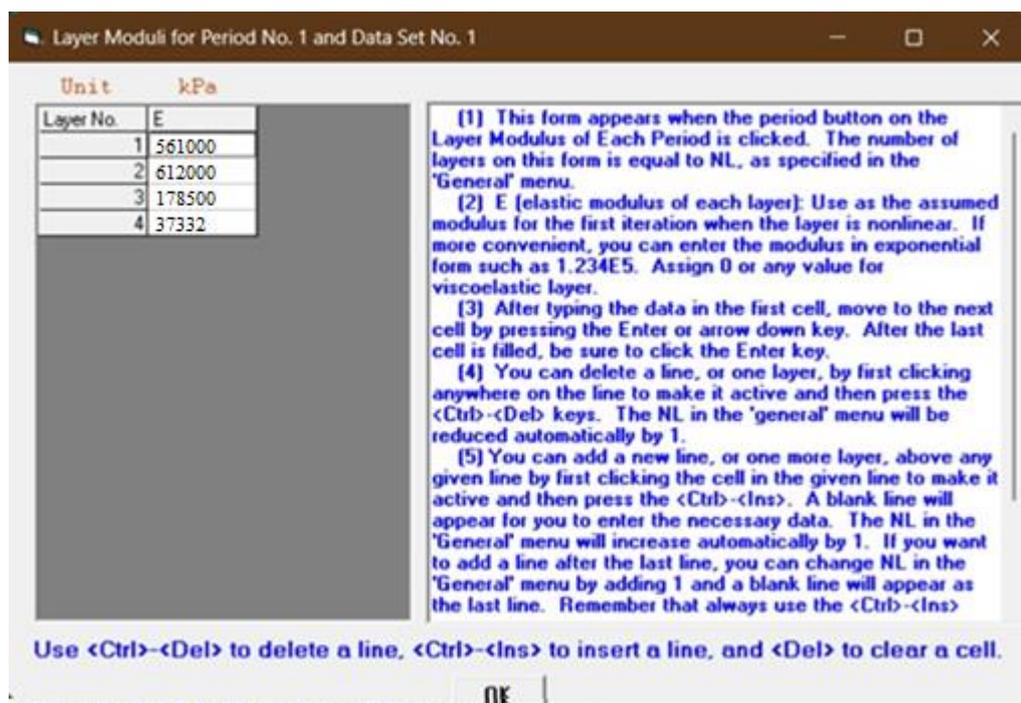
Parameter yang akan muncul pada menu *Moduli* adalah karakteristik material berupa nilai modulus elastisitas dari masing-masing lapis perkerasan. Nilai modulus elastisitas didapat dari Manual Perkerasan Bina Marga Tahun 2017 yang sudah dilakukan pengurangan untuk menyesuaikan dengan kondisi eksisting jalan.

Data Data yang perlu diisi pada menu *Moduli* dapat dilihat pada Tabel 5.20 di bawah ini.

Tabel 5.20 Data *Input* pada menu *Moduli*

No. <i>Layer</i>	Modulus Elastisitas (Kpa)	Lapisan
1	561.000	<i>AC-WC</i>
2	612.000	<i>AC-BC</i>
3	178.500	<i>LPA Kelas A</i>
4	37.332	<i>Subgrade</i>

Tampilan menu *Moduli* setelah dilakukan *input* data dapat dilihat pada Gambar 5.19 di bawah ini.



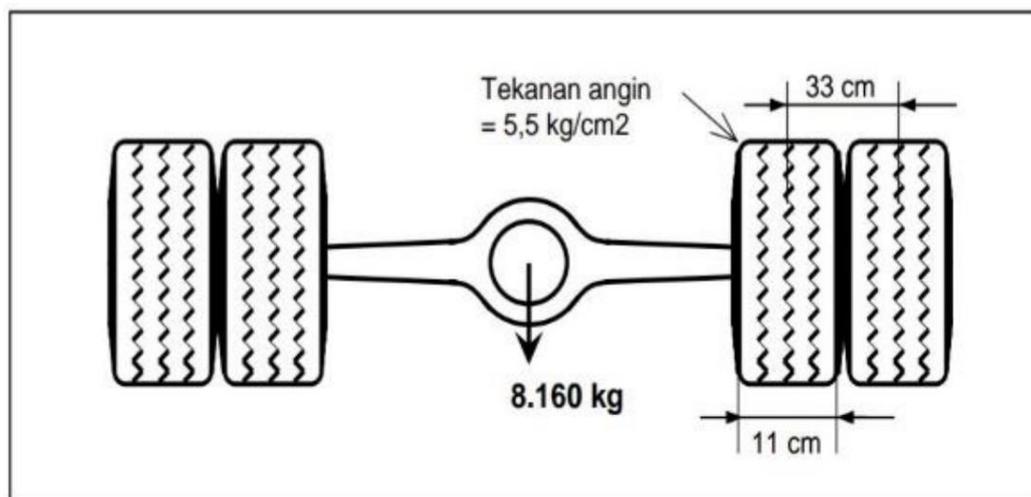
Gambar 5.19 Tampilan Awal Menu *Moduli*

5. *Load*

Parameter yang perlu diisi pada menu *Load* adalah data terkait sumbu standar, yaitu sumbu tunggal beroda ganda seperti yang tertera pada Gambar 5.20. Data terkait sumbu standar adalah beban sumbu, lebar bidang kontak, jarak antara masing-masing sumbu roda ganda, dan tekanan pada bidang kontak. Menurut

Sukirman (2010), kriteria sumbu standar yang digunakan oleh Bina Marga adalah sebagai berikut.

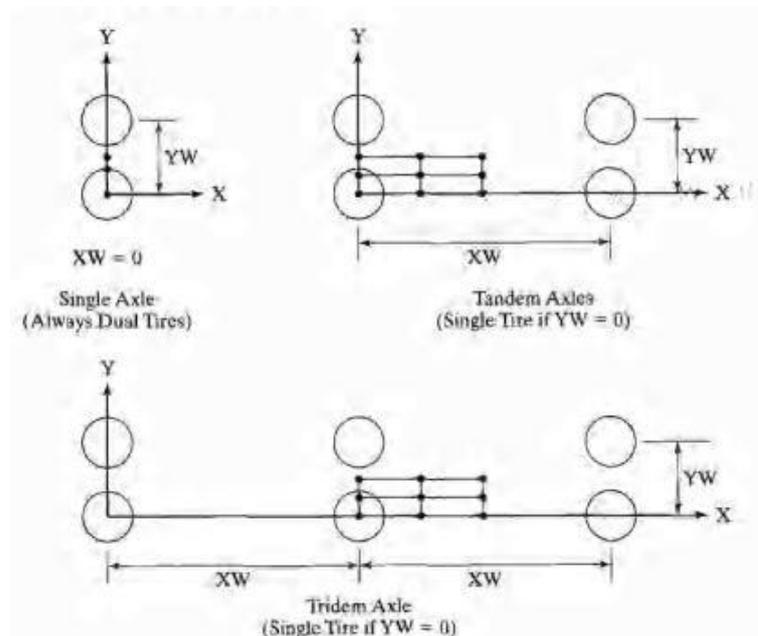
1. Beban sumbu standar sebesar 8.160 kg
2. Tekanan roda 1 ban sebesar 0,55 Mpa
3. Lebar bidang kontak sebesar 11 cm
4. Jarak antara masing-masing sumbu roda ganda sebesar 33 cm



Gambar 5.20 Konfigurasi Sumbu Standar

(Sumber: Sukirman, 2010)

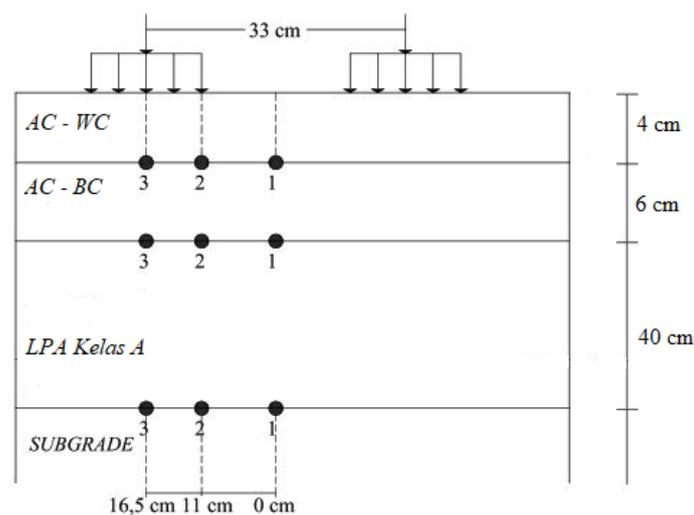
Berdasarkan *plan view of multiple wheels* (Huang, 2012), nilai *YW* perlu dispesifikasikan pada sumbu tunggal beroda ganda. Sedangkan nilai *XW* perlu dispesifikasikan apabila analisis yang digunakan menggunakan sumbu tandem maupun tripel. *Plan view of multiple wheels* dapat dilihat pada Gambar 5.21.



Gambar 5.21 Plan View of Multiple Wheels

(Sumber: Huang, 2012)

Berdasarkan Gambar di atas, terdapat tiga titik koordinat x dan y perlu dispesifikasi lagi untuk sumbu tunggal beroda ganda sebelum dilakukan analisis. Titik tersebut merupakan konfigurasi dari sumbu standar yang digunakan oleh Bina Marga. Titik koordinat ini digunakan menjadi data masukkan *NPT*. Konfigurasi dari sumbu standar tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.22 di bawah ini.



Gambar 5.22 Letak Titik Tinjauan Berdasarkan Konfigurasi Sumbu Roda

Data yang perlu diisi pada menu *Load* dapat dilihat pada Tabel 5.21 di bawah ini.

Tabel 5.21 Data *Input* pada Menu *Load*

Parameter	Nilai	Keterangan
<i>Load</i>	1	<i>Single axle with dual tires</i> , atau sumbu tunggal beroda ganda
<i>CR</i>	11	Lebar bidang kontak (cm)
<i>CP</i>	550	Nilai tekanan roda 1 ban (Kpa)
<i>YW</i>	33	Jarak antara masing masing – masing sumbu roda ganda (cm)
<i>XW</i>	0	Sumbu tunggal sehingga tidak perlu dispesifikasikan
<i>NPT or NXT</i>	3	Jumlah titik dalam koordinat X dan Y yang akan di analisis

Tampilan menu *Load* setelah dilakukan *input* data dapat dilihat pada Gambar 5.23 di bawah ini.

Load Information for Data Set No. 1

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

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

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

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

OK

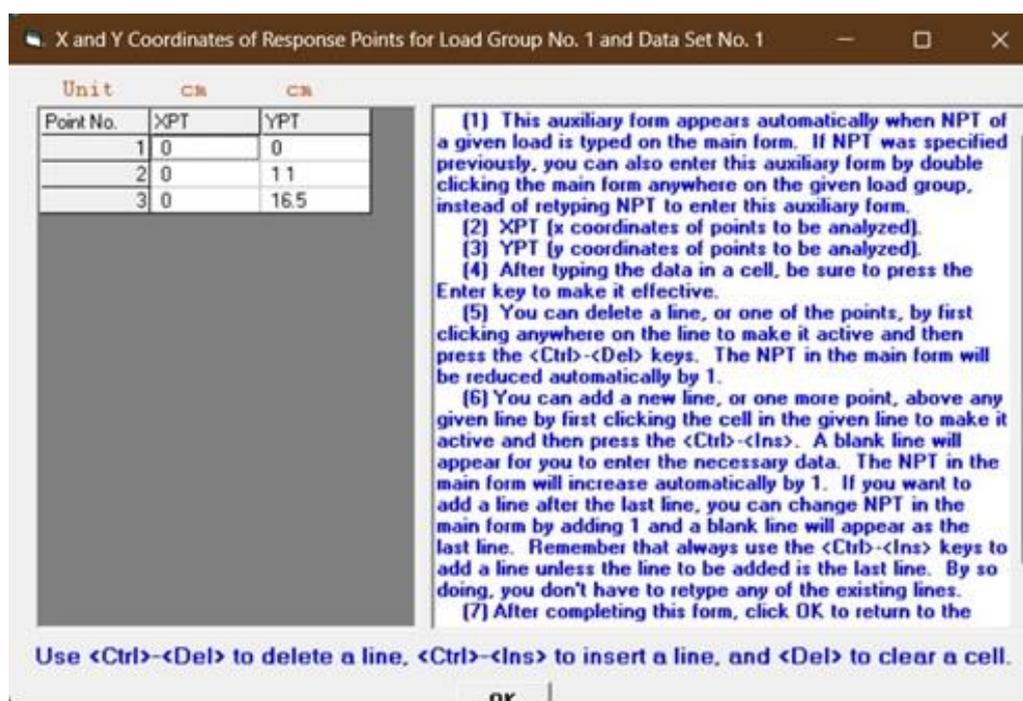
Gambar 5.23 Tampilan Awal Menu *Load*

Sedangkan data yang perlu diisi pada menu *NPT* dapat dilihat pada Tabel 5.20 di bawah ini.

Tabel 5.22 Data Input pada menu *NPT and YPT*

Point No	<i>XPT</i>	<i>YPT</i>
1	0	0
2	0	11
3	0	16,5

Tampilan menu *NPT* setelah dilakukan *input* data dapat dilihat pada Gambar 5.24 di bawah ini.



Gambar 5.24 Tampilan Awal Menu *NPT and YPT*

6. *Viscoelastik*

Parameter yang akan muncul pada menu *viscoelastic* yang harus diisi adalah sebagai berikut.

a. *General*

Parameter data yang perlu dimasukkan pada menu *general viscoelastic* adalah data umum terkait lapisan *viscoelastic* yang akan dianalisis. Data yang perlu diisi pada menu *general viscoelastic* dapat dilihat pada Tabel 5.23 di bawah ini.

Tabel 5.23 Data Input pada Menu *Viscoelastic General*

Parameter	Nilai	Keterangan
<i>Load Duration (DUR)</i>	0,1	Beban bergerak pada kecepatan 40 m/jam
<i>Number of viscoelastic (NVL)</i>	2	Jumlah lapis perkerasan yang bermaterial viscoelastic
<i>Number of time duration for creep compliance (NTYME)</i>	11	Banyaknya waktu untuk perhitungan <i>creep compliance</i>

Tampilan menu *viscoelastic general* setelah dilakukan *input* data dapat dilihat pada Gambar 5.25 di bawah ini.

Viscoelastic General Information for Data Set No. 1

Load duration (0 for stationary load, 0.1 sec for moving load at 40 mph)	(DUR)	0.1
Number of viscoelastic layers	(NVL)	2
Number of time durations for creep compliances	(NTYME)	11

[1] This form appears when the 'General' menu of the Viscoelastic Layers Menu is clicked.
 [2] Default values for DUR and NTYME are provided for analysis involving moving loads. For stationary Loads, DUR should be changed to 0 and NTYME may be any value. Note that NTYME for moving loads is the number of times at which creep compliances are provided, while NTYME for stationary loads is not only the number of times at which creep compliances are provided but also the times at which the results are desired. Note also that default NVL is 1 and may need to be changed, as indicated in red. A maximum NVL of 12 may be used.
 [3] after completion, click OK to return to the Viscoelastic Layers Menu.

OK

Gambar 5.25 Tampilan Awal Menu *Viscoelastic General*

b. Time

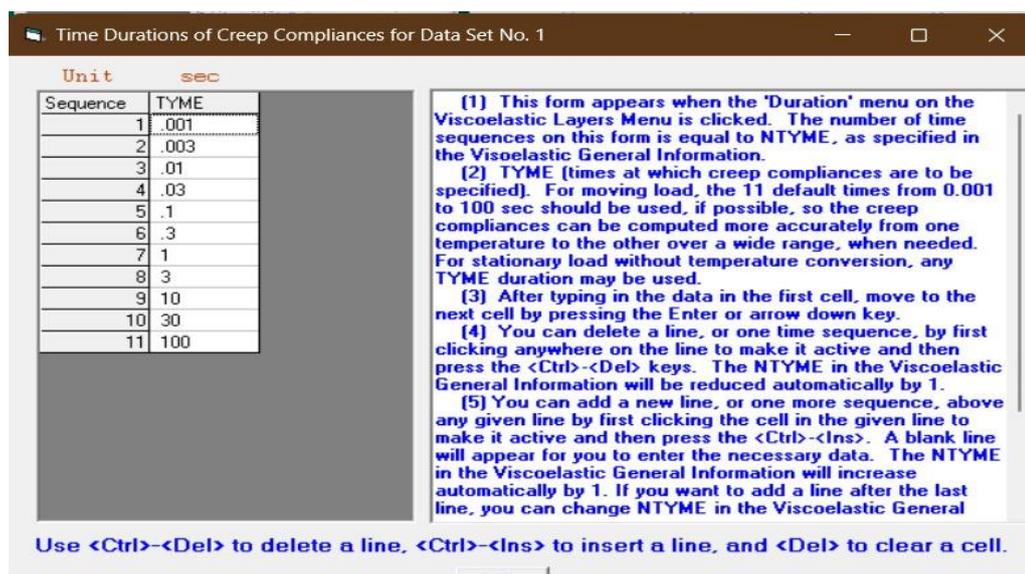
Parameter data yang perlu dimasukkan pada menu *time* adalah 11 nilai waktu sesuai dengan nilai *input* pada *NTYME* pada menu *viscoelastic general*. Data yang perlu diisi pada menu *layer* dapat dilihat pada Tabel 5.24 di bawah ini.

Tabel 5.24 Data *Input* pada Menu *Time*

<i>Sequence</i>	<i>Time</i> (Waktu)
1	0,001
2	0,003
3	0,01
4	0,03
5	0,1
6	0,3
7	1
8	3
9	10
10	30
11	100

(Sumber: Huang 2012)

Tampilan menu *time* setelah dilakukan *input* data dapat dilihat pada Gambar 5.26 di bawah ini.



Gambar 5.26 Tampilan Awal Menu *Time*

c. *Layer*

Parameter data yang perlu dimasukkan pada menu *layer viscoelastic* adalah nilai *Beta* (β) dan Temperatur. *Beta* adalah *time-temperature shift factor* yang digunakan untuk menyesuaikan *creep compliance* pada suhu tertentu. Data yang perlu diisi pada menu *layer* dapat dilihat pada Tabel 5.25 di bawah ini.

Tabel 5.25 Data Input pada Menu *Layer Viscoelastic*

Parameter	Nilai	Keterangan
Nilai <i>Beta</i> (β)	0,113	Nilai yang direkomendasikan FHWA
Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	25 $^{\circ}\text{C}$	Suhu yang digunakan acuan perhitungan <i>creep compliance</i>

Tampilan menu *viscoelastic layer* setelah dilakukan *input* data dapat dilihat pada Gambar 5.27 di bawah ini.

Unit per C C

Sequence	LAYNO	BETA	TEMPREF
1	1	.113	25
2	2	.113	25

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

(1) This form appears when the 'Layer' menu on the Viscoelastic Layers Menu is clicked. The number of viscoelastic layers on this form is equal to NVL, as specified in the Viscoelastic General Information. Note that the cursor is now in the upper left cell, as indicated by the dotted rectangle, so you can type in the data right away. If you want to read the remaining text and use the PgDn key, instead of the scrollbar, you should click this textbox to make it active. After finishing reading, you should click the cell before typing in the data.

(2) LAYNO (layer number in the layer system which is viscoelastic).

(3) BETA (temperature shift coefficient): This factor is obtained from the slope of the time-temperature shift factor versus temperature on a semilog plot.

OK

Gambar 5.27 Tampilan Awal Menu *Layer Vicoelastic*

d. *Creep compliance*.

Parameter data yang perlu dimasukkan selanjutnya adalah nilai *creep compliance* yang telah dihitung. Jumlah lapis perkerasan yang membutuhkan nilai

creep compliance akan menyesuaikan nilai *NVL* yang telah di *input* pada menu *general viscoelastik*. Pada penelitian ini, terdapat 2 lapis perkerasan yang berpengikat aspal dan dianggap viskoelastik, yaitu lapis *AC-WC* dan *AC-BC*. Data yang perlu diisi pada menu *Creep Compliance* dapat dilihat pada Tabel 5.15 dan 5.16 yang telah dijelaskan sebelumnya. Tampilan menu *creep compliance* setelah dilakukan *input* data dapat dilihat pada Gambar 5.28 dan Gambar 5.29 di bawah ini.

Creep Compliances of Layer No. 1 for Data Set No. 1

Unit per kPa

TYME	CREEP
.001	7.57E-10
.003	2.269E-09
.01	7.541E-09
.03	2.244E-08
.1	7.266E-08
.3	2.01E-07
1	5.139E-07
3	8.344E-07
10	9.089E-07
30	9.091E-07
100	9.091E-07

(1) This form appears when the layer button on the Creep Compliances of Each Layer is clicked. The number of creep compliances on this form is equal to NTYME, as specified in the Viscoelastic General Information. Note that TYME is the time at which the creep compliance is needed, as specified in the 'Duration' menu.

(2) CREEP (creep compliances of the viscoelastic layer at the reference temperature). If more convenient, you can enter the creep compliances in exponential form such as 1.325e-5.

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

(4) You can delete a line by first clicking anywhere on the line to make it active and then press the <Ctrl>- keys. The NTYME in the Viscoelastic General Information will be reduced automatically by 1.

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

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

OK

Gambar 5.28 Tampilan *Creep Compliance Layer 1*

Creep Compliances of Layer No. 2 for Data Set No. 1

Unit per kPa

TYME	CREEP
.001	6.939E-10
.003	2.08E-09
.01	6.913E-09
.03	2.057E-08
.1	6.66E-08
.3	1.843E-07
1	4.71E-07
3	7.649E-07
10	8.331E-07
30	8.333E-07
100	8.333E-07

(1) This form appears when the layer button on the Creep Compliances of Each Layer is clicked. The number of creep compliances on this form is equal to NTYME, as specified in the Viscoelastic General Information. Note that TYME is the time at which the creep compliance is needed, as specified in the 'Duration' menu.

(2) CREEP (creep compliances of the viscoelastic layer at the reference temperature). If more convenient, you can enter the creep compliances in exponential form such as 1.325e-5.

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

(4) You can delete a line by first clicking anywhere on the line to make it active and then press the <Ctrl>- keys. The NTYME in the Viscoelastic General Information will be reduced automatically by 1.

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

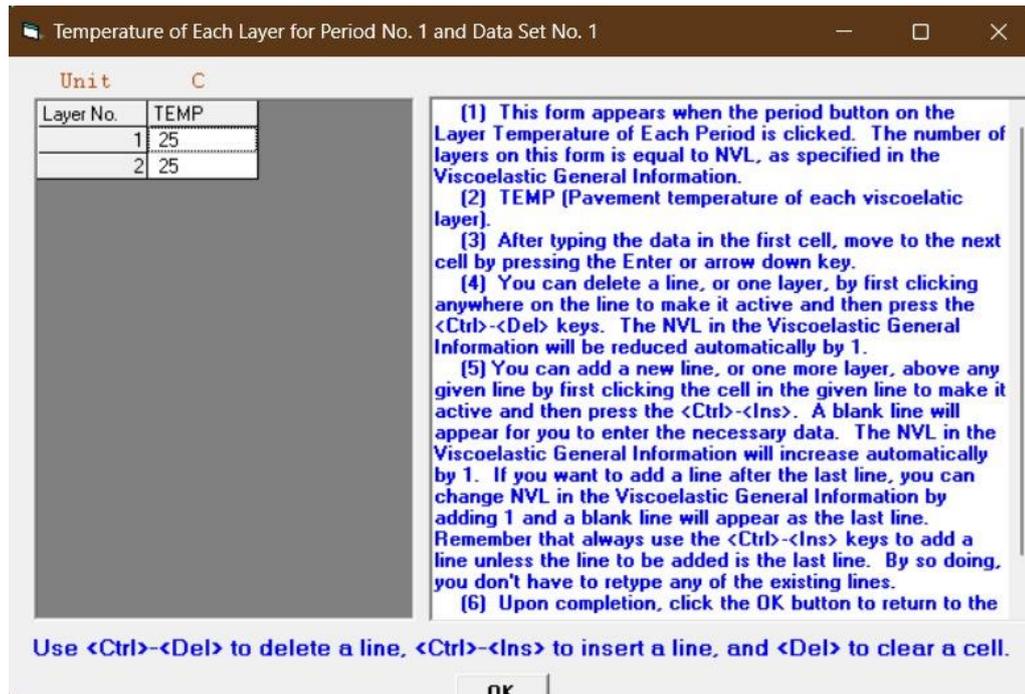
Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

OK

Gambar 5.29 Tampilan *Creep Compliance Layer 2*

e. *Temperature*

Parameter data yang perlu dimasukkan pada menu *temperature* adalah suhu yang dijadikan acuan dalam analisis yaitu 25°C. Tampilan menu *temperature* setelah dilakukan *input* data dapat dilihat pada Gambar 5.26 di bawah ini.



Gambar 5.30 Tampilan Menu *Temperature Viscoelastic*

Setelah seluruh parameter analisis terisi dengan data lapis perkerasan jalan, langkah selanjutnya adalah menyimpan data dengan mengklik *save* atau *save as*. Kemudian, klik *exit* sehingga tampilan *KENPAVE* akan kembali ke layar utama. Kemudian klik menu *KENLAYER* dan tunggu beberapa saat hingga muncul file hasil analisis. Hasil analisis akan otomatis tersimpan dalam bentuk file dengan format '*.textdocument*'.

5.2.4 Hasil Analisis *KENLAYER*

Hasil analisis dari program *KENLAYER* akan menghasilkan nilai tegangan dan regangan yang terjadi pada struktur lapis perkerasan sesuai dengan titik koordinat yang telah dimasukkan. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 5.26 di bawah ini.

Tabel 5.26 Hasil Analisis KENLAYER

<i>Point</i>	<i>Vertical Coordinate</i>	<i>Vertical Stress (Strain)</i>	<i>Intermediate Stress (Horizontal)</i>
1	0	550	1982,275
		-2,047E-05	4,421E-05
	9,999	51,865	-2367,456
		6,409E-05	-7,125E-05
	10,001	51,862	-1,79
		2,943E-04	-7,127E-05
	49,999	12,554	-20,143
		1,130E-04	-1,194E-04
	50,001	12,553	-2,265
		3,583E-04	-1,194E-04
2	0	550	2022,606
		-2,057E-05	4,849E-05
	9,999	51,163	-1901,343
		5,995E-05	-7,276E-05
	10,001	51,158	2,199
		2,878E-04	-7,278E-05
	49,999	13,13	-21,752
		1,189E-04	-1,234E-04
	50,001	13,13	-2,317
		3,754E-04	-1,234E-04
3	0	0	1995,996
		-2,123E-05	4,898E-05
	9,999	49,746	-1658,352
		5,748E-05	-7,180E-05
	10,001	49,744	3,295
		2,787E-04	-7,18E-05
	49,999	13,201	-21,941
		1,195E-04	-1,238E-04
	50,001	13,2	-2,32
		3,775E-04	-1,238E-04

Adapun rekapitulasi hasil analisis *KENLAYER* dapat dilihat pada Tabel 5.27 di bawah ini.

Tabel 5.27 Rekapitulasi Hasil Analisis *KENLAYER*

Titik Koordinat	<i>Horizontal Strain</i> pada Kedalaman 9,999 cm	<i>Vertical Strain</i> pada Kedalaman 9,999 cm	<i>Vertical Strain</i> pada Kedalaman 50,0001 cm
1	7,125E-05	6,409E-05	3,583E-04
2	7,276E-05	5,995E-05	3,754E-04
3	7,180E-05	5,748E-05	3,775E-04
Nilai Maksimal	7,276E-05	6,409E-05	3,775E-04

Analisis *KENLAYER* akan menghasilkan hasil akhir berupa tegangan dan regangan yang terletak pada tiap kedalaman yang di input. Tabel 5.27 merupakan rekapitulasi tegangan dan regangan maksimal yang dihasilkan dari tiap kerusakan yang nantinya akan digunakan untuk menghitung kontrol jumlah beban gandar dan menghitung umur pelayanan.

5.2.5 Kontrol Jumlah Beban Gandar

Setelah mendapatkan nilai tegangan dan regangan dari hasil analisis *KENLAYER*, selanjutnya kita dapat menganalisis kerusakan *fatigue cracking*, *permanent deformation*, dan *rutting* sebagai bentuk kontrol dalam memprediksi umur pelayanan jalan. Kontrol ini dilakukan dengan menghitung nilai *nf*, *nd*, dan *nr*, dengan menggunakan Persamaan 3.8 hingga 3.10. Perhitungan nilai *nf*, *nd*, dan *nr* dapat dilihat di bawah ini.

1. Kerusakan *Fatigue Cracking*

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

$$N_f = 0,0796 \times \epsilon_t^{-3,921} \times E^{-0,854}$$

$$N_f = 0,0796 \times 0,00007276^{-3,921} \times 612.000^{-0,854}$$

$$N_f = 15.294.881.417 \text{ ESAL}$$

2. Kerusakan *Rutting*

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

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

$$Nr = 1,365 \times 10^{-9} \times 0,00006409^{-4,477}$$

$$Nr = 8.093.429.825 \text{ ESAL}$$

3. Kerusakan *Permanent Deformation*

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

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

$$Nd = 1,365 \times 10^{-9} \times 0,0003775^{-4,477}$$

$$Nd = 2.885.861 \text{ ESAL}$$

5.2.6 Prediksi Umur Pelayanan Jalan

Setelah mendapatkan nilai kontrol jumlah beban gandar, kita dapat mengetahui bahwa Ruas Jalan Koroulon–Joholanang akan mengalami kerusakan *fatigue cracking* setelah menerima beban gandar sebesar 15.294.881.417 *ESAL*. Kerusakan *rutting* akan terjadi setelah jalan menerima beban gandar sebesar 8.093.429.825 *ESAL*, dan kerusakan *permanent deformation* akan terjadi setelah jalan menerima beban gandar sebesar 2.885.861 *ESAL*. Dengan adanya nilai kontrol kerusakan beban gandar, kita dapat memprediksi umur pelayanan dari Ruas Jalan Koroulon–Joholanang terhadap masing-masing kerusakan *fatigue*, *rutting*, dan *permanent deformation*. Prediksi umur pelayanan dapat dihitung dengan menggunakan data–data LHR, *VDF*, faktor distribusi arah, faktor distribusi lajur, dan juga faktor pertumbuhan lalu lintas, sesuai dengan Persamaan 3.1.2. Nilai LHR Ruas Jalan Koroulon–Joholanang didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral Tahun 2022. Data LHR tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.28 di bawah ini.

Tabel 5.28 Data LHR Tahun 2022

Jenis Kendaraan	LHR 2022
Golongan 1 (Sepeda Motor, Sekuter, Sepeda Kumbang, dan Roda 3)	16609
Golongan 2 (Sedan, Jeep, dan Station Wagon)	1855
Golongan 3 (Opelet, Pick-up Opelet, Suburban, Combi, dan Mini Bus)	0
Golongan 4 (Pick-up, Micro Truck, dan Mobil Hantaran)	590
Golongan 5a (Bus Kecil)	0
Golongan 5b (Bus Besar)	0
Golongan 6a (Truk 2 Sumbu 4 Roda)	930
Golongan 6b (Truk 2 sumbu 6 roda)	0
Golongan 7a (Truk 3 sumbu)	34
Golongan 7b (Truk Gandengan)	0
Golongan 7c (Truk Semi Trailer)	2
Golongan 8 (Kendaraan Tidak Bermotor)	111

Sumber: Dinas PUPESDM D.I. Yogyakarta (2023)

Dari data LHR Tahun 2022 tersebut, kita dapat memproyeksikan nya pada tahun tertentu dengan memperhitungkan faktor pertumbuhan lalu lintas. Pada penelitian ini, faktor pertumbuhan lalu lintas dihitung dengan menggunakan data rekapitulasi LHR pada tahun 2020-2022 yang diperoleh dari DPUPESDM Provinsi D.I. Yogyakarta. Rekapitulasi data LHR dapat dilihat pada Tabel 5.29 di bawah ini.

Tabel 5.29 Rekapitulasi Data LHR

Tahun	Jumlah LHR
2020	13.884
2021	15.452
2020	20.131

Sumber: Dinas PUESDM D.I Yogyakarta (2023)

Dari data LHR di atas, kita dapat menghitung faktor pertumbuhan lalu lintas dengan menggunakan Persamaan 3.11. Perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas pada tahun 2020-2021 adalah sebagai berikut.

$$i = \left(\sqrt[n]{\frac{\text{LHR}_n}{\text{LHR}_o}} \right) - 1 \times 100\%$$

$$i = \left(\sqrt[1]{\frac{15452}{1384}} \right) - 1 \times 100\%$$

$$i = 11,29\%$$

Adapun perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas dari tahun 2021-2022 adalah sebagai berikut.

$$i = \left(\sqrt[n]{\frac{\text{LHR}_n}{\text{LHR}_o}} \right) - 1 \times 100\%$$

$$i = \left(\sqrt[1]{\frac{20131}{15452}} \right) - 1 \times 100\%$$

$$i = 30,28 \%$$

Setelah mengetahui faktor pertumbuhan lalu lintas masing-masing tahun, faktor pertumbuhan lalu lintas rata-rata kemudian dapat dihitung. Perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas rata-rata adalah sebagai berikut.

$$i = \frac{11,29 \% + 30,28 \%}{2}$$

$$i = 20,79 \%$$

Dari perhitungan di atas, kita dapat mengetahui bahwa faktor pertumbuhan lalu lintas pada tahun 2020-2022 adalah sebesar 20,79 %. Apabila faktor pertumbuhan lalu lintas telah diketahui, maka proyeksi data LHR dapat dihitung dengan menggunakan rumus pertumbuhan lalu lintas. Contoh perhitungan proyeksi data lalu lintas untuk jenis kendaraan golongan 1 adalah sebagai berikut.

$$P_n = P_o(1+i)^n$$

$$P_n = 16.609(1+20,79\%)^1$$

$$P_n = 20.062$$

Perhitungan untuk jenis kendaraan golongan lain dapat dilakukan seperti contoh perhitungan di atas. Rekapitulasi proyeksi data LHR tahun 2023 dapat dilihat pada Tabel 5.30 di bawah ini.

Tabel 5.30 Proyeksi Data LHR Tahun 2023

Jenis Kendaraan	LHR 2022 (Unit)	LHR 2023 (Unit)
Golongan 1 (Sepeda Motor, Sekuter, Sepeda Kumbang, dan Roda 3)	16.609	20.062
Golongan 2 (Sedan, Jeep, dan Station Wagon)	1.855	2.241
Golongan 3 (Opelet, Pick-up Opelet, Suburban, Combi, dan Minibus)	0	0
Golongan 4 (Pick-up, Micro Truck, dan Mobil Hantaran)	590	713
Golongan 5a (Bus Kecil)	0	0
Golongan 5b (Bus Besar)	0	0
Golongan 6a (Truk 2 Sumbu 4 Roda)	930	1.123
Golongan 6b (Truk 2 sumbu 6 roda)	0	0
Golongan 7a (Truk 3 sumbu)	34	41
Golongan 7b (Truk Gandengan)	0	0
Golongan 7c (Truk Semi Trailer)	2	2
Golongan 8 (Kendaraan Tidak Bermotor)	111	134

Setelah data proyeksi lalu lintas didapatkan, maka perhitungan terkait kontrol prediksi umur pelayanan jalan dapat dilakukan. Nilai *VDF* yang digunakan adalah nilai *VDF* 5 periode normal, nilai faktor distribusi arah (*DD*) adalah 0,5, dan nilai faktor distribusi lajur (*DL*) adalah 100 % dengan jumlah lajur setiap arah adalah 1.

Contoh perhitungan kontrol prediksi umur pelayanan jalan untuk kerusakan *permanent deformation* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 CESA &= \sum(LHR_{\text{Jenis Kendaraan}} \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times \frac{(1+0,01 \times i)^{UR-1}}{0,01 \times i} \\
 2.885.861 &= \left[20.062 \times 0 \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01 \times 20,79\%)^{UR-1}}{0,01 \times 20,79\%} \right] + \\
 &\quad \left[2.241 \times 0 \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01 \times 20,79\%)^{UR-1}}{0,01 \times 20,79\%} \right] + \\
 &\quad \left[713 \times 0 \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01 \times 20,79\%)^{UR-1}}{0,01 \times 20,79\%} \right] + \\
 &\quad \left[1.123 \times 0,8 \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01 \times 20,79\%)^{UR-1}}{0,01 \times 20,79\%} \right] + \\
 &\quad \left[41 \times 62,2 \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01 \times 20,79\%)^{UR-1}}{0,01 \times 20,79\%} \right] + \\
 &\quad \left[2 \times 93,7 \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01 \times 20,79\%)^{UR-1}}{0,01 \times 20,79\%} \right] + \\
 &\quad \left[134 \times 0 \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01 \times 20,79\%)^{UR-1}}{0,01 \times 20,79\%} \right] \\
 UR &= 3 \text{ Tahun}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas, kita dapat mengetahui bahwa umur rencana yang menunjukkan lamanya Ruas Jalan Koroulon–Joholanang dapat menahan beban kendaraan yang melintas hingga terjadi kerusakan *permanent deformation* adalah selama 3 tahun. Umur rencana untuk kerusakan *rutting* dan *fatigue cracking* dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama. Rekapitulasi hasil perhitungan umur rencana dan beban gandar maksimum yang dapat ditahan sebelum jalan mengalami kerusakan dapat dilihat pada Tabel 5.31 di bawah ini.

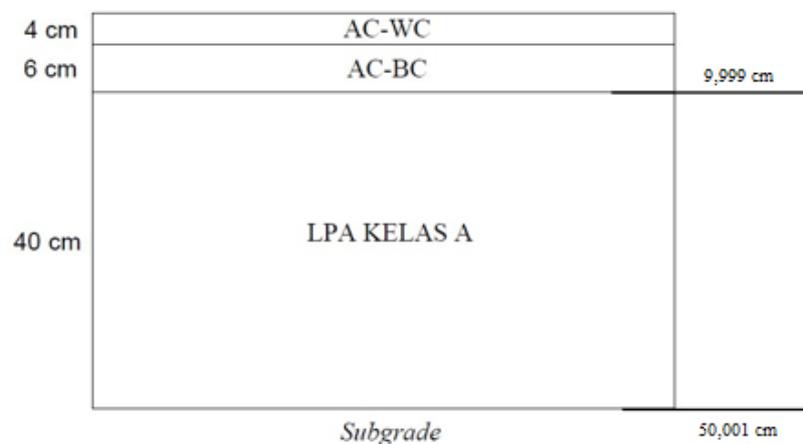
Tabel 5.31 Rekapitulasi Beban Gandar Maksimum dan Prediksi Umur Pelayanan Jalan

Jenis Kerusakan	Beban Gandar Maksimum (<i>ESAL</i>)	Umur Pelayanan Jalan (Tahun)
<i>Fatigue Cracking</i>	15.294.881.417	45 Tahun
<i>Rutting</i>	8.093.429.825	41 Tahun
<i>Permanent Deformation</i>	2.885.861	3 Tahun

5.2.7 Pembahasan Analisis *KENPAVE*

Setelah hasil analisis dengan metode *PCI* diketahui, analisis lebih lanjut dilakukan dengan metode mekanistik-empiris menggunakan aplikasi *KENPAVE*. Analisis ini dilakukan untuk mendukung hasil analisis metode *PCI* yang hanya memberikan informasi kondisi perkerasan pada saat survei dilakukan. Analisis dengan menggunakan aplikasi *KENPAVE* dapat memberikan gambaran prediksi kerusakan dengan mengacu pada sifat-sifat perkerasan seperti modulus elastisitas, *poisson's ratio*, dan tebal lapis perkerasan. Pada analisis ini, dilakukan pengurangan nilai modulus elastisitas dan *poisson's ratio* untuk menyesuaikan antara karakteristik material dengan kondisi eksisting jalan.

Dalam pembacaan hasil analisis, terdapat tiga titik yang berbeda untuk tiap jenis kerusakan. Untuk kerusakan *fatigue cracking* digunakan nilai tertinggi dari *horizontal tensile strain* yang berada di bawah lapis perkerasan atau dalam penelitian ini pada kedalaman 9,999 cm. Adapun untuk kerusakan *rutting*, digunakan nilai tertinggi dari *vertical compressive strain* yang juga berada di bawah lapis permukaan atau pada kedalaman 9,999 cm. Kemudian untuk kerusakan *permanent deformation*, digunakan nilai tertinggi dari *vertical compressive strain* pada permukaan tanah dasar atau pada kedalaman 50,001 cm. Untuk lebih lengkapnya, dapat dilihat pada Gambar 5.31 di bawah ini.



Gambar 5.31 Kedalaman Titik Tinjau Kerusakan

Dari hasil analisis *KENPAVE* yang sudah dilakukan, respons tegangan dan regangan untuk kerusakan *fatigue cracking* adalah sebesar 0,00007276 Kpa ntuk kerusakan *rutting* sebesar 0,00006409 kPa, dan untuk kerusakan *permanent deformation* sebesar 0,0003775 kPa. Dari respons tegangan dan regangan tersebut, kita dapat menghitung beban gandar maksimum yang dapat ditahan oleh jalan sebelum masing-masing jenis kerusakan terjadi. Setelah kita mendapatkan beban gandar maksimum, maka selanjutnya kita dapat menghitung umur rencana. Perhitungan umur rencana dapat menunjukkan berapa lama jalan tersebut dapat menahan beban gandar maksimum hingga masing-masing jenis kerusakan terjadi.

Beban gandar maksimum yang dapat di dapat ditahan oleh jalan sebelum terjadi kerusakan *fatigue cracking* adalah sebesar 15.294.881.417 *ESAL* dengan umur rencana selama 45 tahun. Sedangkan untuk kerusakan *rutting* adalah sebesar 8.093.429.825 *ESAL* dengan umur rencana selama 41 tahun, dan untuk kerusakan *permanent deformation* adalah sebesar 2.885.861 *ESAL* dengan umur rencana 3 tahun. Secara lebih lengkap, rekapitulasi beban gandar maksimum dan umur rencana untuk masing-masing jenis perkerasan dapat dilihat pada Tabel 5.31 yang sudah ditampilkan sebelumnya. Dari Tabel 5.31 di atas, kita juga dapat mengetahui bahwa kerusakan pertama yang akan terjadi pada Ruas Jalan Koroulon–Joholanang adalah kerusakan *permanent deformation*, kemudian disusul oleh kerusakan *fatigue cracking*, dan kerusakan terakhir yang terjadi adalah kerusakan *rutting*. Hasil ini juga didukung dengan data sekunder dan juga fakta di lapangan yang menunjukkan bahwa mayoritas kendaraan yang melalui Ruas Jalan Koroulon-Joholanang adalah kendaraan-kendaraan berat yang membawa beban material dari Gunung Merapi menuju daerah Solo, Klaten, dan sekitarnya. Hal ini menunjukkan bahwa kerusakan yang terjadi pada Ruas Jalan Koroulon-Joholanang adalah akibat adanya beban kendaraan yang berlebih yang harus diterima oleh jalan sehingga menyebabkan kerusakan pada daya dukung tanah, yang dapat ditandai dengan adanya kerusakan *permanent deformation* sebagai inisiasi kerusakan pertama pada ruas jalan tersebut.

Dari Tabel 5.31 di atas juga dapat dikatakan bahwa tebal perkerasan lentur eksisting Ruas Jalan Koroulon-Joholanang dengan pemodelan viskoelastik tidak mampu menahan beban kendaraan sampai umur pelayanan yang direncanakan,

yaitu 20 tahun. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Suwanda dan Kushari (2019), di mana kerusakan pertama yang terjadi pada eksisting Ruas Jalan Tempel–Pakem dengan pemodelan viskoelastik adalah kerusakan *permanent deformation*, kemudian kerusakan *rutting*, dan *fatigue cracking*. Dalam penelitiannya, Suwanda dan Kushari (2019) juga mengatakan bahwa tebal perkerasan lentur eksisting dengan pemodelan viskoelastik tidak mampu menahan beban kendaraan sampai umur pelayanan yang direncanakan yakni 20 tahun. Sedangkan hasil penelitian yang menyatakan jenis kerusakan *fatigue cracking* sebagai prediksi kerusakan terakhir dengan pemodelan viskoelastik disimpulkan oleh Pambudi dan Fauziah (2021) pada eksisting Ruas Jalan Simpang Pundu–Tumbang Samba. Penelitian yang menyimpulkan hasil serupa juga dilakukan oleh Nugroho dan Fauziah (2022) pada eksisting Ruas Jalan Sentolo–Nanggulan–Dekso.

Berdasarkan Tabel 5.31, kita juga dapat mengetahui bahwa kerusakan pertama yang akan terjadi berdasarkan analisis dengan metode mekanistik-empiris menggunakan aplikasi *KENPAVE* adalah kerusakan *permanent deformation* yang terjadi pada kedalaman 50,001 cm atau pada permukaan tanah dasar. Kerusakan *permanent deformation* akan terjadi pada tahun ke-3 pelayanan dengan beban maksimal yang dapat diterima sebelum terjadinya kerusakan adalah sebesar 2.885.861 *ESAL*. Titik analisis untuk kerusakan *permanent deformation* yang terjadi pada permukaan tanah dasar menunjukkan bahwa kerusakan yang terjadi pada Ruas Jalan Koroulon–Joholanang disebabkan oleh kurang stabilnya lapisan tanah dasar yang kemudian merambat ke lapisan di atasnya dan menyebabkan terjadinya jenis kerusakan yang lain.

Pengamatan yang telah dilakukan pada permukaan jalan dengan menggunakan metode *PCI* juga menunjukkan bahwa salah satu kerusakan yang dominan terjadi adalah kerusakan retak kulit buaya (*alligator cracking*). Adapun salah satu penyebab terjadinya kerusakan retak kulit buaya (*alligator cracking*) adalah adanya beban lalu lintas yang berulang pada permukaan jalan, yang tidak dapat ditahan karena buruknya dukungan lapis tanah dasar, sehingga perkerasan akan mengalami keruntuhan. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian yang telah

dilakukan baik menggunakan *PCI* maupun mekanistik-empiris dengan menggunakan program *KENPAVE* menunjukkan hasil yang kurang lebih sama dan saling melengkapi satu sama lain.

Hal ini sejalan dengan pendapat Huang (2012) dalam bukunya yang berjudul *Pavement Analysis and Design*. Dalam bukunya, Huang (2012) berpendapat bahwa penggunaan *vertical compressive strain* untuk mengontrol kerusakan *permanent deformation* didasarkan pada keadaan dimana regangan plastis berbanding lurus dengan regangan elastis dalam bahan perkerasan. Dengan demikian, dengan membatasi regangan elastis pada lapisan tanah dasar, regangan elastis pada komponen lain di atas lapis tanah dasar juga akan terkendali. Oleh karena itu, besaran *permanent deformation* pada permukaan perkerasan juga dapat dikendalikan.

Dalam bukunya, Huang (2012) juga berpendapat bahwa metode mekanistik-empiris sangat didasarkan pada suatu *input*, seperti beban roda, dengan *output* atau respons perkerasan, seperti tegangan dan regangan, untuk selanjutnya dapat digunakan untuk memprediksi terjadinya kriteria kegagalan. Oleh karena itu, karakteristik material yang juga merupakan salah satu *input* dalam metode mekanistik-empiris sangat perlu untuk dispesifikan agar *output* yang dihasilkan dapat ditentukan dengan baik. Dalam kaitannya dengan penggunaan aplikasi *KENPAVE* dan *KENLAYER*, maka nilai modulus elastisitas, *poisson's ratio*, tebal lapis tiap perkerasan, karakteristik pembebanan, dan *creep compliance* sangat memengaruhi hasil *output* dari aplikasi *KENPAVE*.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Setelah survei dan analisis dengan menggunakan metode *PCI* kemudian dilakukan analisis lebih lanjut dengan menggunakan aplikasi *KENPAVE* pada Ruas Jalan Koroulon–Joholanang, didapatkan beberapa poin penting sebagai berikut.

1. Berdasarkan survei dan pengamatan dengan metode *PCI*, dapat diketahui bahwa tingkat kerusakan perkerasan pada Ruas Jalan Koroulon–Joholanang termasuk pada kategori *poor* dengan nilai akhir *PCI* sebesar 51,45.
2. Berdasarkan analisis dengan pemodelan viskoelastik pada aplikasi *KENPAVE*, diketahui bahwa respons tegangan dan regangan pada Ruas Jalan Koroulon–Joholanang untuk kerusakan *fatigue cracking* adalah sebesar 0,00007276 kPa, untuk kerusakan *rutting* sebesar 0,00006409 kPa, dan untuk kerusakan *permanent deformation* sebesar 0,0003775 kPa.
3. Berdasarkan respons tegangan dan regangan, jumlah repetisi beban maksimum yang dapat ditahan pada ruas Jalan Koroulon–Joholanang adalah sebesar 2.885 *ESAL* sebelum terjadinya kerusakan *permanent deformation*, 8.093.429.825 *ESAL* sebelum terjadinya kerusakan *rutting*, dan sebesar 15.294.881.417 *ESAL* sebelum terjadinya kerusakan *fatigue cracking*,
4. Umur rencana pada Ruas Jalan Koroulon–Joholanang yang menunjukkan berapa lama jalan tersebut dapat menahan beban gandar maksimum adalah selama 45 tahun hingga kerusakan *fatigue cracking* terjadi, 41 tahun hingga kerusakan *rutting* terjadi, dan 3 tahun hingga kerusakan *permanent deformation* terjadi.

6.2 Saran

Dari hasil analisis dan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan di antaranya adalah sebagai berikut.

1. Dalam melaksanakan survei kondisi jalan dengan menggunakan metode *PCI*, perlu diperhatikan bahwa penelitian harus dilakukan dengan cermat dan teliti, terutama dalam pemilihan jenis dan tingkat kerusakan, serta pengukuran kerusakan jalan karena akan berpengaruh dalam proses analisis. Pelaksanaan survei juga disarankan untuk dilakukan pada saat kepadatan lalu lintas tidak terlalu tinggi sehingga tidak mengganggu kepentingan masyarakat umum dan meminimalisir kesalahan dalam pengukuran.
2. Proses analisis untuk mendapatkan nilai *PCI* juga perlu dilakukan dengan cermat dan teliti mengingat banyak nilai yang berpengaruh pada proses perhitungan nilai *PCI* didasarkan pada grafik manual.
3. Ketelitian dan pemahaman akan setiap masukkan data pada proses analisis kerusakan jalan dengan menggunakan aplikasi *KENPAVE* sangat diperlukan mengingat kerumitan dan cakupan aplikasi *KENPAVE* yang sangat luas.
4. Pada proses perencanaan desain jalan, kestabilan lapisan tanah dasar harus sangat diperhatikan mengingat fungsi lapis tanah dasar adalah sebagai daya dukung utama struktur perkerasan jalan.
5. Berdasarkan analisis dan survey yang telah dilakukan, perbaikan dalam skala *major maintenance* atau perbaikan utama yang dapat berupa *overlay* maupun rekonstruksi jalan perlu dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhiyan, F., & Kartika, N. 2020. Analisis Kerusakan Jalan Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) Pada Ruas Jalan Tipar Gede Kota Sukabumi. *Jurnal Student Teknik Sipil Edisi Volume 2*, 217-229.
- Arbiansyah. 2022. *Evaluasi Penilaian Kondisi Perkerasan Jalan Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI), Surface Distress Index (SDI), dan International Roughness Index (IRI)*. Yogyakarta: UGM press.
- ASTM-D6433. 2008. *Standars Practice For Roads And Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. USA: ASTM International.
- Chasanah, F., & Wijaya, D. A. 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*, 278-287.
- Department of The Army. 1982. *Technical Manual Pavement Maintenance Management*. Washington DC: Headquarter Department Of The Army.
- Dhiaulhaq, R. F., & Fauzan, M. 2022. Evaluasi Kerusakan Lapis Perkerasan Jalan Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI). *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan Vol. 07*, 161-170.
- Gemo, A. S. 2019. Evaluasi Kerusakan Jalan Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) Pada Ruas Jalan Ki Hajar Dewantara Kota Borong. *Jurnal Sondir Volume 2*, 1-8.

- Hadi, M. A., & Fauziah, M. 2022. Studi Komparasi Prediksi Umur Pelayanan Antara Campuran Superpave dan AC-WC Menggunakan Permodel Viskoelastik dan Elastik. *Teknisia Vol. 27*, 71-82.
- Hapsari, I. W., & Kushari, B. 2016. Prediksi Umur Pelayanan Jalan Akibat Penambahan Beban Menggunakan Metode Mekanistik-Empiris. *The 19th International Symposium of Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi*, 1602-1608.
- Hardiyatmo, H. C. 2015. *Pemeliharaan Jalan Raya (Perkerasan - Drainase - Longsoran) Edisi Kedua*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Huang, Y. H. 2012. *Pavement Analysis and Design Second Edition*. United States Of America: Pearson Education, Inc.
- Indonesia, P. R. 2006. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006*. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
- Isradi, M., Dwiatmoko, H., & Subhana, A. 2020. Evaluation Of The Road Pavement Damage With Bina Marga Method And Pavement Condition Index Method. *The 5th International Conference on Industrial Engineering And Operations Management* (pp. 3608-3614). Michigan, USA: IEOM Society International.
- Kumar, H. 2013. *Analysis Of Flexible Pavement Using Kenlayer*. India: National Institute Of Technology Kurukshetra.
- Lia, N., & Mahardi, P. 2022. Evaluasi Kinerja Struktur Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Aplikasi Kenpave. *Rekayasa Teknik Sipil Volume 04*, 1-10.
- Marpaung, M. S., Setyawan, A., & Suryoto. 2018. Evaluasi Kondisi Perkerasan Jalan Nasional Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) Menggunakan Aplikasi Road Evaluation And Monitoring System (REMS)

(Studi Kasus : Ruas Jalan Surakarta - Sragen). *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 679-689.

Nugroho, D. S., & Fauziah, M. 2022. *Evaluation Of Flexible Pavement Structure Design Using Mechanistic-Empirical Methods With Bina Marga 2017*. Yogyakarta: Dspace UII.

Pambudi, R. A., & Fauziah, M. 2021. Evaluasi Perancangan Struktur Perkerasan Dengan Metode Bina MARGA 2017 Dan Program Kenpave Menggunakan Pendekatan Elastik Dan Viskoelastik. *Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat* (pp. 304-314). Yogyakarta: Dspace UII.

Pavement Interactive. 2023, Oktober 26. Retrieved from Pavement Interactive: <https://pavementinteractive.org/>

Rahmawati, A., Setiawan, D., Pangestu, M. A., & Aulia, R. A. 2018. Evaluasi Tebal Dan Analisis Kerusakan Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Analisa Komponen, Austroads, Asphalt Institute Dan Program Kenpave. *E-Jurnal UMM Media Teknik Sipil Volume 16*, 79-85.

Ramli, Y., Isya, M., & Saleh, S. M. 2018. Evaluasi Kondisi Perkerasan Jalan Dengan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI) (Studi Kasus Ruas Jalan Beureunuen-Batas Keumala). *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala Volume 1*, 761-768.

Revisi MDP 2017, T. P. 2017. *Manual Perkerasan Jalan (Revisi Juni 2017)*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Sodiq, R. A., & Fauziah, M. 2021. *Tugas Akhir Evaluasi Kondisi Perkerasan Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) Dan Nilai Sisa Dengan Metode Mekanistik-Empirik Pada Jalan Gito-Gati*. Yogyakarta: Dspace UII.

Sukirman, S. 2010. *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur`*. Bandung: Nova.

- Suwanda, M. A., & Kushari, B. 2020. Analisis Perbandingan Desain Struktur Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Mekanistik Empiris Dengan Pemodelan Viskoelastik Dan Elastik Pada Ruas Jalan Tempel-Pakem. *Naskah Publikasi*, 1-8.
- Suwandi, A., Sartono, W., & Hardiyatmo, H. C. 2008. Evaluasi Tingkat Kerusakan Jalan Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) Untuk Menunjang Pengambilan Keputusan (Studi Kasus : Jalan Lingkar Selatan, Yogyakarta). *Forum Teknik Sipil No. XVIII*, 934-946.
- Taufikkurrahman. 2020. Evaluasi Tingkat Kerusakan Jalan Berdasarkan Metode PCI (Pavement Condition Index) (Studi Kasus Ruas Jalan Tulus Besar - Ngadas Kabupaten Malang). *Jurnal Ilmu - Ilmu Tekink - Sistem Vol.16*, 28-38.
- Utami, R. A., & Fauziah, M. 2022. *Evaluasi Kondisi Perkerasan Dan Prediksi Sisa Umur Dengan Metode PCI Dan Metode Mekanistik-Empirik Dengan Program Kenpave pada Ruas Jalan Bts. Kab. Kampar - Bts. Kota Bangkinang (Sta 12 + 00 - Sta 14 + 00)*. Yogyakarta: Dspace UII.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Perhitungan PCI pada Tiap Segmen

ANALISIS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)													
DENSITY AND DEDUCT VALUE													
ASPHALT SURFACED ROADS PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA										SKETCH :			
SHEET FOR SAMPLE UNIT										50 m			
BRANCH : Jalan Jangkang - Kot			SECTION : 1			SAMPLE UNIT : HR		5 m			Direction of Survey		
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 20 Nov 2023			SAMPLE 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											
S SEVERTY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE	
7M	4.70									4.70	1.88	11.00	
9M	17.42									17.42	6.97	14.00	
9H	18.03									18.03	7.21	25.00	
11M	4.77									4.77	1.91	13.50	
12	2.55	45.50	15.00							63.05	25.22	7.00	
											Maksimum =	25.00	
Jumlah Pengurangan Izin													
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$													
$\dots = 0.88776$													
Deduct Va	25.00	14.00	13.50	11.00	7.00								
Perhitungan CDV dan Nilai PCI													
Iterasi	Deduct Values					TDV	q	CDV					
1	25.00	14.00	13.50	11.00	7.00	70.50	5	35					
2	25.00	14.00	13.50	2.00		65.50	4	37					
3	25.00	14.00	13.50	2.00	2.00	56.50	3	35					
4	25.00	14.00	2.00	2.00	2.00	45.00	2	33					
5	25.00	2.00	2.00	2.00	2.00	33.00	1	33					
Max CDV						37							
PCI = 100 - Max CDV						63							
Rating						Fair							

Gambar L1.1 Hasil Perhitungan PCI Segmen 1

ANALISIS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)													
DENSITY AND DEDUCT VALUE													
ASPHALT SURFACED ROADS PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA										SKETCH :			
SHEET FOR SAMPLE UNIT										50 m			
BRANCH : Jalan Jangkang - Kot			SECTION : 2			SAMPLE UNIT : HR		5 m			Direction of Survey		
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 20 Nov 2023			SAMPLE 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											
S SEVERTY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE	
1M	9.57	6.50								16.07	6.43	41.50	
6L	0.32									0.32	0.13	4.00	
9H	21.18									21.18	8.47	28.50	
10M	1.60									1.60	0.64	6.00	
11L	1.87									1.87	0.75	1.50	
12	75.00	4.91	13.18							93.08	37.23	9.50	
13L	0.01	0.01	0.01							0.02	0.01	2.00	
13M	0.44									0.44	0.18	46.00	
19M	10.68									10.68	4.27	12.50	
											Maksimum =	46.00	
Jumlah Pengurangan Izin													
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$													
$\dots = 0.95918$													
Deduct Va	46.00	41.50	28.50	12.50	9.50	5.76							
Perhitungan CDV dan Nilai PCI													
Iterasi	Deduct Values					TDV	q	CDV					
1	46.00	41.50	28.50	12.50	9.50	143.76	6	69					
2	46.00	41.50	28.50	12.50	9.50	140.00	5	72					
3	46.00	41.50	28.50	12.50	2.00	132.50	4	74					
4	46.00	41.50	28.50	2.00	2.00	122.00	3	74					
5	46.00	41.50	2.00	2.00	2.00	95.50	2	67					
6	46.00	2.00	2.00	2.00	2.00	56.00	1	56					
6						74							
PCI = 100 - Max CDV						26							
Rating						Very Poor							

Gambar L1.2 Hasil Perhitungan PCI Segmen 2

ANALISIS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)										
DENSITY AND DEDUCT VALUE										
ASPHALT SURFACED ROADS PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT							SKETCH : 50 m			
BRANCH : Jalan Jangkang - Kot			SECTION : 3		SAMPLE UNIT : HR		5 m			
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 20 Nov 2023		SAMPLE 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				
S SEVERTY	QUANTITY						TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE	
3L	4.87						4.87	1.95	1.50	
3M	4.04						4.04	1.62	4.00	
7M	5.86						5.86	2.34	13.00	
7H	25.43						25.43	10.17	41.50	
9M	2.87	5.86	25.43				34.16	13.66	26.00	
10H	1.36	4.72					6.08	2.43	29.50	
13L	0.05	0.02	0.04				0.11	0.04	11.00	
							Maksimum =		41.50	
Jumlah Pengurangan Izin										
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$			=	6.37245	-	6				
...			=	0.37245						
Deduct V _e	41.50	29.50	26.00	13.00	11.00	4.00				
Perhitungan CDV dan Nilai PCI										
Iterasi	Deduct Values						TDV	q	CDV	
1	41.50	29.50	26.00	13.00	11.00	4.00	125.00	6	61	
2	41.50	29.50	26.00	13.00	11.00	2.00	123.00	5	64	
3	41.50	29.50	26.00	13.00	2.00	2.00	114.00	4	65	
4	41.50	29.50	26.00	2.00	2.00	2.00	103.00	3	64	
5	41.50	29.50	2.00	2.00	2.00	2.00	79.00	2	57	
6	41.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	51.50	1	52	
Max CDV							65			
PCI = 100 - Max CDV							35			
Rating							Very Poor			

Gambar L1.3 Hasil Perhitungan PCI Segmen 3

ANALISIS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)										
DENSITY AND DEDUCT VALUE										
ASPHALT SURFACED ROADS PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT							SKETCH : 50 m			
BRANCH : Jalan Jangkang - Kot			SECTION : 4		SAMPLE UNIT : HR		5 m			
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 20 Nov 2023		SAMPLE 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				
S SEVERTY	QUANTITY						TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE	
4H	0.80						0.80	0.32	36.00	
7M	1.30						1.30	0.52	6.00	
9L	11.38						11.38	4.55	6.50	
10H	2.21						2.21	0.88	16.50	
11L	0.51	9.12	0.57	6.13			16.32	6.53	12.00	
11M	0.94						0.94	0.38	5.50	
13L	0.02						0.02	0.01	2.00	
19M	12.00						12.00	4.80	13.00	
							Maksimum =		36.00	
Jumlah Pengurangan Izin										
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$			=	6.87755	-	6				
...			=	0.87755						
Deduct V _e	36.00	16.50	13.00	12.00	6.50	6.00	4.826531			
Perhitungan CDV dan Nilai PCI										
Iterasi	Deduct Values						TDV	q	CDV	
1	36.00	16.50	13.00	12.00	6.50	6.00	94.83	7	46	
2	36.00	16.50	13.00	12.00	6.50	6.00	92.00	6	44	
3	36.00	16.50	13.00	12.00	6.50	2.00	88.00	5	45	
4	36.00	16.50	13.00	2.00	2.00	2.00	83.50	4	48	
5	36.00	16.50	13.00	2.00	2.00	2.00	73.50	3	46	
6	36.00	16.50	2.00	2.00	2.00	2.00	62.50	2	46	
7	36.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	48.00	1	48	
Max CDV							48			
PCI = 100 - Max CDV							52			
Rating							Poor			

Gambar L1.4 Hasil Perhitungan PCI Segmen 4

ANALISIS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)												
DENSITY AND DEDUCT VALUE												
ASPHALT SURFACED ROADS PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT							SKETCH :					
BRANCH : Jalan Jangkang - Kor							SECTION : 5			SAMPLE UNIT : HR		
SURVEYED BY : DK, HR, DKK							DATE : 20 Nov 2023			SAMPLE 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										
S SEVERTY	QUANTITY							TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE		
7M	2.50							2.50	1.00	8.00		
9L	17.04	3.11						20.15	8.06	9.00		
9M	23.30							23.30	9.32	18.00		
10H	3.12							3.12	1.25	20.00		
12	19.55	18.52						38.07	15.23	4.00		
								Maksimum =		20.00		
Jumlah Pengurangan Izin												
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$												
$m = 1 + (9/98)(100-18.00) \leq 10 = 8.34694$												
$m = 1 + (9/98)(100-9.00) \leq 10 = 8.34694$												
Deduct Va	20.00	18.00	9.00	8.00	4.00							
Perhitungan CDV dan Nilai PCI												
Iterasi	Deduct Values						TDV	q	CDV			
1	20.00	18.00	9.00	8.00	4.00	59.00	5	28				
2	20.00	18.00	9.00	8.00	2.00	57.00	4	31				
3	20.00	18.00	9.00	2.00	2.00	51.00	3	32				
4	20.00	18.00	2.00	2.00	2.00	44.00	2	32				
5	20.00	2.00	2.00	2.00	2.00	28.00	1	28				
Max CDV						32						
PCI = 100 - Max CDV						68						
Rating						Fair						

Gambar L1.5 Hasil Perhitungan PCI Segmen 5

ANALISIS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)												
DENSITY AND DEDUCT VALUE												
ASPHALT SURFACED ROADS PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT							SKETCH :					
BRANCH : Jalan Jangkang - Koroulon							SECTION : 6			SAMPLE UNIT : HR		
SURVEYED BY : DK, HR, DKK							DATE : 20 Nov 2023			SAMPLE 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 SEVERTY	QUANTITY							TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE		
1M	19.32							19.32	7.73	44		
3M	3.15							3.15	1.26	3		
6H	0.9							0.90	0.36	14		
7H	0.91							0.91	0.36	9		
9L	24.1							24.10	9.64	11.5		
9M	19.1							19.10	7.64	15		
10M	2.25	1.18	2.07					5.50	2.20	15		
12	31.25	17.8						49.05	19.62	5.5		
								Maksimum =		44		
Jumlah Pengurangan Izin												
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$												
$m = 1 + (9/98)(100-19.32) \leq 10 = 6.143$												
$m = 1 + (9/98)(100-1.18) \leq 10 = 0.143$												
Deduct Value =	44	15	15	14	11.5	9	0.785714					
Perhitungan CDV dan Nilai PCI												
Iterasi	Deduct Values						TDV	q	CDV			
1	44.00	15.00	15.00	14.00	11.50	9.00	0.79	109.29	7		53	
2	44.00	15.00	15.00	14.00	11.50	9.00	0.79	109.29	6		53	
3	44.00	15.00	15.00	14.00	11.50	2.00	0.79	102.29	5		53	
4	44.00	15.00	15.00	14.00	2.00	2.00	0.79	92.79	4		53	
5	44.00	15.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.79	80.79	3		51	
6	44.00	15.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.79	67.79	2		49	
7	44.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.79	54.79	1	55		
Max CDV						55						
PCI = 100 - Max CDV						45						
Rating						Poor						

Gambar L1.6 Hasil Perhitungan PCI Segmen 6

ANALISIS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)											
DENSITY AND DEDUCT VALUE											
ASPHALT SURFACED ROADS PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT							SKETCH : 50 m				
BRANCH : Jalan Jangkang - Korolon		SECTION : 7		SAMPLE UNIT : HR		5 m					
SURVEYED BY : DK, HR, DKK		DATE : 20 Nov 2023		SAMPLE AREA : 250		Direction of Survey					
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	
1M	7.4							7.40	2.96	33	
7H	0.95							0.95	0.38	9	
9L	19.82							19.82	7.93	10	
9M	12.5							12.50	5.00	11	
10M	2	4.03						6.03	2.41	14.5	
11L	0.0088	1.886	0.185					2.08	0.83	2	
12	3.2545	22.65						25.90	10.36	3	
13L	0.0113	0.0804						0.09	0.04	3.5	
								Maksimum =		33	
Jumlah Pengurangan Izin											
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$		m = 7.15306		-		7					
		m = 0.15306									
Deduct Value =		33	14.5	11	10	9	3.5	3			
Perhitungan CDV dan Nilai PCI											
Iterasi	Deduct Values							TDV	q	CDV	
1	33.00	14.50	11.00	10.00	9.00	3.50	3.00	84.00	7	40	
2	33.00	14.50	11.00	10.00	9.00	3.50	2.00	83.00	6	39	
3	33.00	14.50	11.00	10.00	9.00	2.00	2.00	81.50	5	42	
4	33.00	14.50	11.00	10.00	2.00	2.00	2.00	74.50	4	42	
5	33.00	14.50	11.00	2.00	2.00	2.00	2.00	66.50	3	42	
6	33.00	14.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	57.50	2	42	
7	33.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	45.00	1	45	
Max CDV										45	
PCI = 100 - Max CDV										55	
Rating										Fair	

Gambar L1.7 Hasil Perhitungan PCI Segmen 7

ANALISIS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)											
DENSITY AND DEDUCT VALUE											
ASPHALT SURFACED ROADS PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT							SKETCH : 50 m				
BRANCH : Jalan Jangkang - Korolon		SECTION : 8		SAMPLE UNIT : HR		5 m					
SURVEYED BY : DK, HR, DKK		DATE : 20 Nov 2023		SAMPLE AREA : 250		Direction of Survey					
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	
1H	2.079	17.93						20.01	8.00	59	
3M	4.104							4.10	1.64	4	
9M	5.9							5.90	2.36	6.5	
10M	3.63	4.9						8.53	3.41	18	
10H	2.13							2.13	0.85	16	
12	9.84	9.195						19.04	7.61	2	
13L	0.015394							0.02	0.01	2	
								Maksimum =		59	
Jumlah Pengurangan Izin											
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$		m = 4.76531		-		4					
		m = 0.76531									
Deduct Value =		59	18	16	6.5	3.061224					
Perhitungan CDV dan Nilai PCI											
Iterasi	Deduct Values							TDV	q	CDV	
1	59.00	18.00	16.00	6.50	3.06			102.56	5	53	
2	59.00	18.00	16.00	6.50	2.00			101.50	4	58	
3	59.00	18.00	16.00	2.00	2.00			97.00	3	61	
4	59.00	18.00	2.00	2.00	2.00			83.00	2	59	
5	59.00	2.00	2.00	2.00	2.00			67.00	1	67	
Max CDV										67	
PCI = 100 - Max CDV										33	
Rating										Very Poor	

Gambar L1.8 Hasil Perhitungan PCI Segmen 8

ANALISIS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)												
DENSITY AND DEDUCT VALUE												
ASPHALT SURFACED ROADS PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT										SKETCH :		50 m
BRANCH : Jalan Jangkang - Korolon			SECTION : 9			SAMPLE UNIT : HR			5 m			Direction of Survey
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 20 Nov 2023			SAMPLE 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 SEVERTY	QUANTITY								TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE	
3M	1.143								1.14	0.46	0	
10M	0.95	0.87	1.01	1.9					4.73	1.89	13	
11H	1.296								1.30	0.52	14	
12	6.25								6.25	2.50	0	
13L	0.013273	0.016512996							0.03	0.01	2	
13M	0.255176								0.26	0.10	34	
									Maksimum =		34	
Jumlah Pengurangan Izin												
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$			m = 7.06122			-			7			
			m = 0.06122									
Deduct Value =		34	14	13	2							
Perhitungan CDV dan Nilai PCI												
Iterasi	Deduct Values					TDV	q	CDV	Standard PCI ^W Status Scale			
1	34.00	14.00	13.00	2.00		63.00	4	35	100	Dark Green	Suggested Colors	
2	34.00	14.00	13.00	2.00		63.00	3	40	95	Light Green		
3	34.00	14.00	2.00	2.00		52.00	2	38	90	Yellow		
4	34.00	2.00	2.00	2.00		40.00	1	40	85	Light Red		
Max CDV								40				
PCI = 100 - Max CDV								60				
Rating								Fair				

Gambar L1.9 Hasil Perhitungan PCI Segmen 9

ANALISIS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)												
DENSITY AND DEDUCT VALUE												
ASPHALT SURFACED ROADS PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT										SKETCH		50 m
BRANCH : Jalan Jangkang - Korolon			SECTION : 10			SAMPLE UNIT : HR			5 m			Direction
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 20 Nov 2023			SAMPLE 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 SEVERTY	QUANTITY								TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE	
1H	21.875	7.887							29.76	11.90	64	
3M	1.79	3.3575							5.15	2.06	5	
6M	1.2765								1.28	0.51	8	
10M	2.5	3.7	1.87	2.47	6.6	2.84	1.63		21.61	8.64	29	
10H	1.69	3.88							5.57	2.23	28	
11L	0.3294								0.33	0.13	0	
13L	0.025447	0.057256							0.08	0.03	3	
13M	0.441786								0.44	0.18	46	
19M	7.75								7.75	3.10	11	
									Maksimum =		64	
Jumlah Pengurangan Izin												
$1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$			m = 4.30612			-			4			
			m = 0.30612									
Deduct Value =		64	46	29	28	3.36734694						
Perhitungan CDV dan Nilai PCI												
Iterasi	Deduct Values					TDV	CDV	Standard PCI ^W Status Scale				
1	64.00	46.00	29.00	28.00	3.37	170.37	84	100	Dark Green	Suggested Colors		
2	64.00	46.00	29.00	28.00	2.00	169.00	90	95	Light Green			
3	64.00	46.00	2.00	2.00	2.00	143.00	84	90	Yellow			
4	64.00	46.00	2.00	2.00	2.00	116.00	78	85	Light Red			
5	64.00	2.00	2.00	2.00	2.00	72.00	72	80	Dark Red			
Max CDV								90				
PCI = 100 - Max CDV								10				
Rating								Serious				

Gambar L1.10 Hasil Perhitungan PCI Segmen 10

ANALISIS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)											
DENSITY AND DEDUCT VALUE											
ASPHALT SURFACED ROADS PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT										SKETCH	
BRANCH : Jalan Jangkang - Koronlon			SECTION : 11			SAMPLE UNIT : HR			50 m		
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 20 Nov 2023			SAMPLE 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 SEVERTY	QUANTITY						TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE		
3M	14.628						14.63	5.85	12		
9L	10.11						10.11	4.04	6		
10M	3.23	3.6	1.4				8.23	3.29	18		
11M	11.165						11.17	4.47	20.5		
11H	17.878						17.88	7.15	43.5		
13L	0.025447	0.08553	0.053093				0.16	0.07	17		
19M	7.635						7.64	3.05	11		
									Maksimum = 43.5		
Jumlah Pengurangan Izin											
$1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$		m =	6.18878	-	6						
		m =	0.18878								
Deduct Value =	43.5	20.5	18	17	12	11	1.132653				
Perhitungan CDV dan Nilai PCI											
Iterasi	Deduct Values						TDV	CDV	Standard PCI TM Rating Scale	Suggested Colors	
1	43.50	20.50	18.00	17.00	12.00	11.00	1.13	123.13	60	Dark Green	Dark Green
2	43.50	20.50	18.00	17.00	12.00	11.00	2.00	124.00	61	Light Green	Light Green
3	43.50	20.50	18.00	17.00	12.00	2.00	2.00	115.00	60	Yellow	Yellow
4	43.50	20.50	18.00	17.00	2.00	2.00	2.00	105.00	60	Light Red	Light Red
5	43.50	20.50	18.00	2.00	2.00	2.00	2.00	90.00	56	Medium Red	Medium Red
6	43.50	20.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	74.00	53	Dark Red	Dark Red
7	43.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	55.50	55.5	Failed	Dark Grey
Max CDV								61			
PCI = 100 - Max CDV								39			
Rating								Very Poor			

Gambar L1.11 Hasil Perhitungan PCI Segmen 11

ANALISIS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)											
DENSITY AND DEDUCT VALUE											
ASPHALT SURFACED ROADS PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT										SKETCH	
BRANCH : Jalan Jangkang - Koronlon			SECTION : 12			SAMPLE UNIT : HR			50 m		
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 20 Nov 2023			SAMPLE 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 SEVERTY	QUANTITY						TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE		
1M	19.872	3.4845					23.36	9.34	46		
11M	0.35						0.35	0.14	3		
11H	3.05	2.6775					5.73	2.29	26		
10M	3.1						3.10	1.24	10		
11L	3.625						3.63	1.45	3		
13L	0.061575	0.025447					0.09	0.03	3		
13H	0.430084						0.43	0.17	66		
									Maksimum = 66		
Jumlah Pengurangan Izin											
$1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$		m =	4.12245	-	4	3					
		m =	0.12245								
Deduct Value =	66	46	26	10	0.36734694						
Perhitungan CDV dan Nilai PCI											
Iterasi	Deduct Values						TDV	CDV	Standard PCI TM Rating Scale	Suggested Colors	
1	66.00	46.00	26.00	10.00	0.37		148.37	75	Dark Green	Dark Green	
2	66.00	46.00	26.00	10.00	2.00		150.00	82	Light Green	Light Green	
3	66.00	46.00	26.00	2.00	2.00		142.00	84	Yellow	Yellow	
4	66.00	46.00	2.00	2.00	2.00		118.00	79	Light Red	Light Red	
5	66.00	2.00	2.00	2.00	2.00		74.00	74	Medium Red	Medium Red	
Max CDV								84			
PCI = 100 - Max CDV								16			
Rating								Serious			

Gambar L1.12 Hasil Perhitungan PCI Segmen 12

ANALISIS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)										
DENSITY AND DEDUCT VALUE										
ASPHALT SURFACED ROADS PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT							SKETCH :		50 m	
BRANCH : Jalan Jangkang - Koronlon			SECTION : 15		SAMPLE UNIT : HR		5 m			
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 20 Nov 2023		SAMPLE AREA : 250		Direction of Survey			
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 SEVERTY	QUANTITY							TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
3M	8.66	8.397						17.06	6.82	13
4H	2.64							2.64	1.06	53.5
6L	1.4							1.40	0.56	4
7M	7.1							7.10	2.84	14
7H	15.13							15.13	6.05	33.5
10L	0.46	4.43						4.89	1.96	4.5
10M	0.57	2.02	6.8					9.39	3.76	19
12	6.05							6.05	2.42	0
13L	0.053092916	0.051070516	0.013892908					0.12	0.05	13
15L	0.006							0.01	0.0024	0
								Maksimum =		53.5
Jumlah Pengurangan Izin										
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$			m = 5.27041		-		5			
			m = 0.27041							
Deduct Value =		53.5	33.5	19	14	13	3.515306			
Perhitungan CDV dan Nilai PCI										
Iterasi	Deduct Values					TDV	q	CDV	Standard PCI ¹⁰⁰ Rating Index	Suggested Color
1	53.50	33.50	19.00	14.00	13.00	3.52		136.52	6	66
2	53.50	33.50	19.00	14.00	13.00	2.00		135.00	5	69
3	53.50	33.50	19.00	14.00	2.00	2.00		124.00	4	70
4	53.50	33.50	19.00	2.00	2.00	2.00		112.00	3	69
5	53.50	33.50	2.00	2.00	2.00	2.00		95.00	2	66
6	53.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		63.50	1	63.5
Max CDV								70		
PCI = 100 - Max CDV								30		
Rating								Very Poor		

Gambar L1.15 Hasil Perhitungan PCI Segmen 15

ANALISIS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)										
DENSITY AND DEDUCT VALUE										
ASPHALT SURFACED ROADS PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT							SKETCH :		50 m	
BRANCH : Jalan Jangkang - Koronlon			SECTION : 16		SAMPLE UNIT : HR		5 m			
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 20 Nov 2023		SAMPLE AREA : 250		Direction of Survey			
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 SEVERTY	QUANTITY							TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE
1H	3.76	12.24						16.00	6.40	56
3M	3.6888							3.69	1.48	3.5
3H	11.7							11.70	4.68	16
5L	7.848							7.85	3.14	6
6L	0.6063							0.61	0.24	2
7M	7.34	3.68						11.02	4.41	17.5
13L	0.010386891							0.01	0.004	0
								Maksimum =		56
Jumlah Pengurangan Izin										
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$			m = 5.04082		-		5			
			m = 0.04082							
Deduct Value =		56	17.5	16	6	3.5				
Perhitungan CDV dan Nilai PCI										
Iterasi	Deduct Values					TDV	q	CDV	Standard PCI ¹⁰⁰ Rating Index	Suggested Color
1	56.00	17.50	16.00	6.00	3.50			99.00	5	51
2	56.00	17.50	16.00	6.00	2.00			97.50	4	56
3	56.00	17.50	16.00	2.00	2.00			93.50	3	59
4	56.00	17.50	2.00	2.00	2.00			79.50	2	57
5	56.00	2.00	2.00	2.00	2.00			64.00	1	64
Max CDV								64		
PCI = 100 - Max CDV								36		
Rating								Very Poor		

Gambar L1.16 Hasil Perhitungan PCI Segmen 16

ANALISIS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)										
DENSITY AND DEDUCT VALUE										
ASPHALT SURFACED ROADS PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT						SKETCH :		50 m		
BRANCH : Jalan Jangkang - Korowon			SECTION : 17		SAMPLE UNIT : HR		5 m			
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 20 Nov 2023		SAMPLE 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 SEVERTY	QUANTITY						TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE	
11L	0.3672						0.37	0.15	3	
11M	0.91	7.952					8.86	3.54	19	
11H	1.0625						1.06	0.43	13	
12	18.9375	10.625					29.56	11.83	3.5	
13L	0.017671459	0.041547563	0.015393804				0.07	0.03	8	
							Maksimum =		19	
Jumlah Pengurangan Izin										
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$			m =		8.43878	-	8			
			m =		0.43878					
Deduct Value =		19	13	8	3.5	3	0			
Perhitungan CDV dan Nilai PCI										
Iterasi	Deduct Values					TDV	q	CDV	Suggested Colors	
1	19.00	13.00	8.00	3.50	3.00	46.50	5	21	Dark Green	
2	19.00	13.00	8.00	3.50	2.00	45.50	4	23	Light Green	
3	19.00	13.00	8.00	2.00	2.00	44.00	3	27	Yellow	
4	19.00	13.00	2.00	2.00	2.00	38.00	2	28	Light Red	
5	19.00	2.00	2.00	2.00	2.00	27.00	1	27	Dark Red	
Max CDV						28				
PCI = 100 - Max CDV						72				
Rating						Satisfactory				

Gambar L1.17 Hasil Perhitungan PCI Segmen 17

ANALISIS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)										
DENSITY AND DEDUCT VALUE										
ASPHALT SURFACED ROADS PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT						SKETCH :		50 m		
BRANCH : Jalan Jangkang - Korowon			SECTION : 18		SAMPLE UNIT : HR		5 m			
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 20 Nov 2023		SAMPLE 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						
S SEVERTY	QUANTITY						TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE	
3L	2.668	9.204					11.87	4.75	4.5	
3M	12.4509	3.4155					15.87	6.35	12.5	
6H	0.287						0.29	0.11	12	
7M	5.33						5.33	2.13	12	
11L	0.12						0.12	0.05	0	
							0.00		0.00	
							Maksimum =		12.5	
Jumlah Pengurangan Izin										
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$			n =		9.03571	-	9			
			n =		0.03571					
Deduct Value		12.5	12	4.5	0	0	0			
Perhitungan CDV dan Nilai PCI										
Iterasi	Deduct Values					TDV	q	CDV	Suggested Colors	
1	12.50	12.00	12.00	4.50		41.00	4	20	Dark Green	
2	12.50	12.00	12.00	2.00		38.50	3	23	Light Green	
3	12.50	12.00	2.00	2.00		28.50	2	21	Yellow	
4	12.50	2.00	2.00	2.00		18.50	1	18.5	Light Red	
Max CDV						23				
PCI = 100 - Max CDV						77				
Rating						Satisfactory				

Gambar L1.18 Hasil Perhitungan PCI Segmen 18

Lampiran 2 Hasil Analisis *KENPAVE*

INPUT FILE NAME -D:\kenpave\hasna punya\Analisis Revisi PR dikurang
zcoord 0.001.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -Analisis Hasna Revisi PR di kurang

MATL = 3 FOR VISCOELASTIC 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)----- = 4
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/m³, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4 6 40
POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0.204 0.204 0.1785 0.1785
VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE: 0 9.999 10.001 49.999
50.001
ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 5.610E+05 2
6.120E+05
3 1.785E+05 4 3.733E+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

DURATION OF MOVING LOAD (DUR) = 0.1
NUMBER OF VISCOELASTIC LAYER (NVL) = 2

LAYER NUMBERS WHICH ARE VISCOELASTIC (LNV) = 1 2
 CREEP TIMES (TYME) ARE: 0.001 0.003 0.01 0.03 0.1 0.3 1 3 10 30 100

FOR LAYER 1 TIME TEMPERATURE SHIFT FACTOR (BETA) = 0.113
 REFERENCE TEMPERATURE (TEMREF) = 25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP. (TEMREF) OF 25
 ARE:

1.484E-09 4.449E-09 1.479E-08 4.399E-08 1.425E-07 3.942E-07 1.008E-06
 1.636E-06 1.782E-06 1.783E-06 1.783E-06

FOR LAYER 2 TIME TEMPERATURE SHIFT FACTOR (BETA) = 0.113
 REFERENCE TEMPERATURE (TEMREF) = 25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP. (TEMREF) OF 25
 ARE:

1.361E-09 4.078E-09 1.355E-08 4.033E-08 1.306E-07 3.613E-07 9.236E-07
 1.500E-06 1.634E-06 1.634E-06 1.634E-06

LAYER NO. 1 DIRICHLET SERIES AT REFERENCE TEMPERATURE
 (TEMREF) OF 25 ARE:

5.693E-08 -1.504E-07 1.894E-07 -1.760E-06 -2.038E-07 9.927E-08 1.773E-
 06

COMPUTED COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP.(TEMREF)
 OF 25 ARE:

3.670E-09 3.551E-09 1.058E-08 4.871E-08 1.419E-07 3.790E-07 1.037E-06
 1.624E-06 1.769E-06 1.799E-06 1.776E-06

LAYER NO. 2 DIRICHLET SERIES AT REFERENCE TEMPERATURE
 (TEMREF) OF 25 ARE:

5.268E-08 -1.392E-07 1.749E-07 -1.614E-06 -1.874E-07 9.240E-08 1.625E-
 06

COMPUTED COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP.(TEMREF)
 OF 25 ARE:

3.383E-09 3.246E-09 9.662E-09 4.469E-08 1.300E-07 3.472E-07 9.506E-07
 1.489E-06 1.622E-06 1.649E-06 1.628E-06

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND TEMPERATURE ARE: 1 25 2 25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) OF LAYER 1 AT TEMPERATURE
 (TEMP) OF 25 ARE:

3.670E-09 3.551E-09 1.058E-08 4.871E-08 1.419E-07 3.790E-07 1.037E-06
 1.624E-06 1.769E-06 1.799E-06 1.776E-06

CREEP COMPLIANCES (CREEP) OF LAYER 2 AT TEMPERATURE
(TEMP) OF 25 ARE:

3.383E-09 3.246E-09 9.662E-09 4.469E-08 1.300E-07 3.472E-07 9.506E-07
1.489E-06 1.622E-06 1.649E-06 1.628E-06

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

POINT VERTICAL VERTICAL VERTICAL MAJOR MINOR
INTERMEDIATE

		PRINCIPAL	PRINCIAL	P. STRESS		
NO.	COORDINATE	DISP.	STRESS	STRESS	STRESS	
(HORIZONTAL		(STRAIN)	(STRAIN)	(STRAIN)	P. STRAIN)	
1	0.00000	0.04660	550.000	2120.765	163.915	1982.275
	(STRAIN)	-2.047E-05	5.107E-05	-2.047E-05	4.421E-05	
1	9.99900	0.04712	51.865	51.908	-2947.411	-2367.456
	(STRAIN)	6.409E-05	6.409E-05	-7.125E-05	-7.125E-05	
1	10.00100	0.04712	51.862	53.401	-3.509	-1.790
	(STRAIN)	2.943E-04	3.045E-04	-7.127E-05	-7.127E-05	
1	49.99900	0.04037	12.554	12.658	-22.654	-20.143
	(STRAIN)	1.130E-04	1.137E-04	-1.194E-04	-1.194E-04	
1	50.00100	0.04037	12.553	12.785	-2.581	-2.265
	(STRAIN)	3.583E-04	3.656E-04	-1.194E-04	-1.194E-04	
2	0.00000	0.04751	550.000	2184.640	166.705	2022.606
	(STRAIN)	-2.057E-05	5.538E-05	-2.057E-05	4.849E-05	
2	9.99900	0.04805	51.163	51.304	-2903.625	-1901.343
	(STRAIN)	5.995E-05	5.036E-05	-7.276E-05	-7.276E-05	
2	10.00100	0.04805	51.158	51.206	-3.458	2.199
	(STRAIN)	2.878E-04	2.881E-04	-7.278E-05	-7.278E-05	
2	49.99900	0.04098	13.130	13.142	-23.556	-21.752
	(STRAIN)	1.189E-04	1.189E-04	-1.234E-04	-1.234E-04	
2	50.00100	0.04098	13.130	13.157	-2.670	-2.317
	(STRAIN)	3.754E-04	3.763E-04	-1.234E-04	-1.234E-04	
3	0.00000	0.04784	0.000	2211.240	161.540	1995.996
	(STRAIN)	-2.123E-05	6.025E-05	-2.123E-05	4.898E-05	
3	9.99900	0.04815	49.746	49.691	-2824.083	-1658.352
	(STRAIN)	5.748E-05	5.828E-05	-7.180E-05	-7.180E-05	
3	10.00100	0.04815	49.744	49.744	-3.351	3.295
	(STRAIN)	2.787E-04	2.787E-04	-7.181E-05	-7.181E-05	
3	49.99900	0.04108	13.201	13.201	-23.654	-21.941
	(STRAIN)	1.195E-04	1.195E-04	-1.238E-04	-1.238E-04	
3	50.00100	0.04108	13.200	13.200	-2.679	-2.320
	(STRAIN)	3.775E-04	3.775E-04	-1.238E-04	-1.238E-04	

Lampiran 3 Dokumentasi Survei**Gambar L3. 1 Dokumentasi Survei**



Gambar L3. 2 Dokumentasi Survei



Gambar L3. 3 Dokumentasi Survei



Gambar L3. 4 Dokumentasi Survei



Gambar L3. 5 Dokumentasi Survei



Gambar L3. 6 Dokumentasi Survei



Gambar L3. 7 Dokumentasi Survei



Gambar L3. 8 Dokumentasi Survei



Gambar L3. 9 Dokumentasi Survei



Gambar L3. 10 Dokumentasi Survei