

TUGAS AKHIR

**EVALUASI KONDISI PERKERASAN DENGAN
METODE EMPIRIS DAN MEKANISTIK-EMPIRIS
UNTUK MENENTUKAN SOLUSI ALTERNATIF
(Studi Kasus: Jalan Yogyakarta – Pulowatu)
(*EVALUATION OF PAVEMENT CONDITION USING
EMPIRICAL AND MECHANISTIC-EMPIRICAL
METHODS TO DETERMINE ALTERNATIF
SOLUTIONS*)
(*Case Study: Yogyakarta – Pulowatu Road*)**

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



**Dede Kurniawan
19511131**

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

TUGAS AKHIR

**EVALUASI KONDISI PERKERASAN DENGAN
METODE EMPIRIS DAN MEKANISTIK-EMPIRIS
UNTUK MENENTUKAN SOLUSI ALTERNATIF
(Studi Kasus: Jalan Yogyakarta – Pulowatu)
(*EVALUATION OF PAVEMENT CONDITION USING
EMPIRICAL AND MECHANISTIC-EMPIRICAL
METHODS TO DETERMINE ALTERNATIF
SOLUTIONS*)
(*Case Study: Yogyakarta – Pulowatu Road*)**

Disusun oleh

**Dede Kurniawan
19511131**

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

Diuji pada tanggal 20 Maret 2024

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing I

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

Penguji I

Ir. Berlian Kushari, S.T., M.Eng.
NIK: 015110101

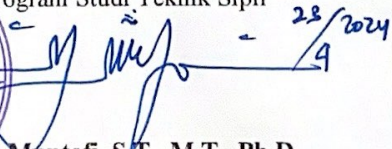
Penguji II

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

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil




Ir. Yumaha Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun merupakan 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, 28 Maret 2024
Yang membuat pernyataan



Dede Kurniawan
19511131

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah meilmpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun Tugas Akhir ini dengan sebaik – baiknya. Shalawat serta salam selalu kami haturkan kepada junjungan Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat, serta pengikut beliau.

Salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia adalah dengan menyelesaikan Tugas Akhir sebagai penerapan teori Teknik Sipil yang dipelajari selama masa perkuliahan. Selama menyusun Tugas Akhir ini banyak pihak – pihak terkait yang memberikan dukungan dan bantuan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini, penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih untuk pihak – pihak terkait, kepada:

1. Bapak Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, Terimakasih atas bimbingan, saran, serta dukungan yang diberikan selama penulis menyusun Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Berlian Kushari, S.T., M.Eng. dan Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc., selaku Dosen Penguji Tugas Akhir yang telah memberikan masukan, saran, serta nasihat untuk tetap semangat dalam menuntut ilmu.
3. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
4. Bapak Maryanto dan Bunda Iva Mahruja selaku orangtua penulis yang selalu memberikan dukungan dan do'a yang tiada henti sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai.
5. Sandi Ramadani dan Dhia Amaliah selaku adik yang selalu memberikan canda dan tawanya dikala penyusunan Tugas Akhir.
6. Hasna, Eng, Tari, Diinaa, Nandi, Dodi, Alwan, Hilal, dan Rakha selaku teman yang telah membantu dalam pengambilan data lapangan pada Tugas Akhir ini.

7. Hasna Rakhmatika Nurul Azmi selaku teman satu bimbingan yang selalu memberikan semangat serta masukan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
8. Teman Fate Jogja yang telah menemani masa-masa perkuliahan selama di jogja, terima kasih pengalaman serta pembelajaran bersamanya, sampai bertemu di lain kesempatan.
9. Seluruh pihak yang telah mendukung terselesainya Tugas Akhir ini.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak yang membacanya. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan masa yang akan datang.

Yogyakarta, 28 Maret 2024
Penulis

Dede Kurniawan
(19511131)

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xviii
ABSTRAK	xx
<i>ABSTRACT</i>	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Evaluasi Kondisi Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Empiris	6
2.2 Evaluasi Kondisi Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Mekanistik-Empiris	11
BAB III LANDASAN TEORI	18
3.1 Jenis-jenis Kerusakan Perkerasan Jalan	18
3.1.1 <i>Alligator Cracking</i> (Retak Kulit Buaya)	18
3.1.2 <i>Bleeding</i> (Kegemukan)	19
3.1.3 <i>Block Cracking</i> (Retak Balok)	20
3.1.4 <i>Bumps and Sags</i> (Benjol dan Turun)	21

3.1.5	<i>Corrugation</i> (Keriting)	22
3.1.6	<i>Depression</i> (Amblas)	23
3.1.7	<i>Edge Cracking</i> (Retak Samping Jalan)	24
3.1.8	<i>Joint Reflection Cracking</i> (Retak Sambung)	25
3.1.9	<i>Lane/Shoulder Drop Off</i> (Jalur/Bahu Turun)	26
3.1.10	<i>Longitudinal and Transverse Cracking</i> (Retak Memanjang/Melintang)	27
3.1.11	<i>Patching and Utility Cut Patching</i> (Tambalan)	28
3.1.12	<i>Polished Aggregate</i> (Agregat Licin)	29
3.1.13	<i>Potholes</i> (Lubang)	30
3.1.14	<i>Railroad Crossing</i> (Perlintasan Kereta Api)	31
3.1.15	<i>Rutting</i> (Alur)	31
3.1.16	<i>Shoving</i> (Sungkur)	32
3.1.17	<i>Slippage Cracking</i> (Retak Geser)	33
3.1.18	<i>Swell</i> (Pembengkakan)	34
3.1.19	<i>Weathering and Raveling</i> (Pelepasan Butir)	35
3.2	Metode <i>Pavement Condition Index (PCI)</i>	36
3.2.1	Nilai Pengurang (<i>Deduct Value, DV</i>)	37
3.2.2	Nilai Pengurang Total (<i>Total Deduct Value, TDV</i>)	38
3.2.3	Penentuan Jumlah Pengurangan Izin (<i>Allowance Number of Deduct</i>)	38
3.2.4	Nilai Pengurang Terkoreksi (<i>Corrected Deduct Value, CDV</i>)	39
3.2.5	Nilai <i>Pavement Condition Index (PCI)</i>	40
3.3	Metode <i>Surface Distress Index (SDI)</i>	41
3.3.1	Luas Retak (<i>Total Area of Crack</i>)	42
3.3.2	Lebar Retak (<i>Average Cracks Width</i>)	43
3.3.3	Jumlah Lubang (<i>Total Number of Potholes</i>)	43
3.3.4	Kedalaman bekas roda (<i>Average Depth of Wheel Rutting</i>)	44
3.4	Program <i>KENPAVE</i>	44

3.4.1	Program <i>Kenlayer</i>	48
3.4.2	Jenis Kerusakan	54
3.5	Desain Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga 2017	56
3.5.1	Umur Rencana Jalan	56
3.5.2	Volume Lalu Lintas	57
3.5.3	Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i)	57
3.5.4	Faktor Distribusi Lajur	58
3.5.5	Faktor Ekuivalen Beban (<i>Vehicle Damage Factor, VDF</i>)	59
3.5.6	Beban Sumbu Standar Kumulatif	62
3.5.7	Detail Beban Sumbu Roda	62
3.5.8	Desain Perkerasan	63
3.6	Pemeliharaan dan Perbaikan Jalan	67
3.6.1	<i>Localized Preventive</i> (Pencegahan Lokal)	67
3.6.2	<i>Global Preventive</i> (Pencegahan Global)	68
3.6.3	<i>Major Maintenance</i> (Pemeliharaan Utama)	73
3.6.4	<i>Reconstruction</i> (Rekonstruksi)	77
BAB IV METODE PENELITIAN		78
4.1	Lokasi Penelitian	78
4.2	Alir Penelitian	78
4.3	Alat dan Bahan Penelitian	80
4.4	Pengumpulan Data	80
4.4.1	Data Primer	80
4.4.2	Data Sekunder	80
4.5	Metode Analisis Data	80
4.5.1	Metode <i>Pavement Condition Index (PCI)</i>	81
4.5.2	Metode <i>Surface Distress Index (SDI)</i>	82
4.5.3	Analisis Menggunakan Program <i>KENPAVE</i>	84
4.5.4	Metode Perbaikan dan Pemeliharaan	85
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		87
5.1	Pembagian Unit Sampel	87

5.2	Perhitungan Nilai <i>Pavement Condition Index (PCI)</i>	87
5.2.1	<i>Distress Density</i> dan <i>Deduct Value</i>	90
5.2.2	Jumlah Pengurang Ijin Maksimum	98
5.2.3	<i>Total Deduct Value (TDV)</i>	99
5.2.4	<i>Corrected Deduct Value (CDV)</i>	99
5.2.5	Nilai <i>PCI</i> Unit Sampel 5A	100
5.2.6	Pembahasan Analisis <i>PCI</i>	101
5.3	Perhitungan Nilai <i>Surface Distress Index (SDI)</i>	111
5.3.1	Presentase Luas Retak	111
5.3.2	Lebar Retak	112
5.3.3	Jumlah Lubang (<i>Potholes</i>)	112
5.3.4	Kedalaman Bekas Roda (<i>Rutting</i>)	113
5.3.5	Nilai <i>SDI</i> Unit Sampel 4A	113
5.3.6	Pembahasan Analisis <i>SDI</i>	114
5.4	Perbandingan Hasil Metode Empiris	116
5.5	Metode Pemeliharaan dan Perbaikan Jalan	118
5.5.1	Pemeliharaan dan Perbaikan Jalan Berdasarkan Nilai <i>PCI</i>	119
5.5.2	Pemeliharaan dan Perbaikan Jalan Berdasarkan Nilai <i>SDI</i>	120
5.6	Analisis Program <i>KENPAVE</i>	120
5.6.1	Data Lalu Lintas Harian (LHR)	121
5.6.2	Data Tebal Perkerasan Eksisting	121
5.6.3	Analisis Perkerasan Lentur Eksisting Menggunakan Program <i>KENPAVE</i>	122
5.6.4	Desain Perkerasan Lentur Alternatif Menggunakan Bina Marga 2017	133
5.6.5	Analisis Perkerasan Lentur Alternatif Menggunakan Program <i>KENPAVE</i>	139
5.7	Perbandingan Hasil Metode Mekanistik-Empiris	148

5.7.1	Perbandingan Desain Perkerasan Lentur Eksisting dan Alternatif	149
5.7.2	Nilai Tegangan dan Regangan Perkerasan Lentur Eksisting dan Alternatif	149
5.7.3	Perbandingan Prediksi Umur Pelayanan Perkerasan Lentur Eksisting dan Alternatif	153
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		157
6.1	Kesimpulan	157
6.2	Saran	157
DAFTAR PUSTAKA		159

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Menggunakan Metode Empiris Terdahulu	9
Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Menggunakan Metode Mekanistik- Empiris Terdahulu	16
Tabel 3.1 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Alligator Cracking</i>	18
Tabel 3.2 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Bleeding</i>	19
Tabel 3.3 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Block Cracking</i>	20
Tabel 3.4 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Bumps and Sags</i>	22
Tabel 3.5 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Corrugation</i>	22
Tabel 3.6 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Depression</i>	23
Tabel 3.7 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Edge Cracking</i>	24
Tabel 3.8 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Joint Reflection Cracking</i>	25
Tabel 3.9 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Lane/Shoulder Drop Off</i>	26
Tabel 3.10 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Longitudinal and Transverse Cracking</i>	27
Tabel 3.11 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Patching and Utility Cut Patching</i>	28
Tabel 3.12 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Polished Aggregate</i>	29
Tabel 3.13 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Potholes</i>	30
Tabel 3.14 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Railroad Crossing</i>	31
Tabel 3.15 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Rutting</i>	32
Tabel 3.16 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Shoving</i>	33
Tabel 3.17 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Slippage Cracking</i>	34
Tabel 3.18 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Swell</i>	34
Tabel 3.19 Identifikasi Tingkat Kerusakan <i>Weathering and Raveling</i>	35
Tabel 3.20 Penilaian <i>SDI 1</i>	43
Tabel 3.21 Penilaian <i>SDI 2</i>	43
Tabel 3.22 Penilaian <i>SDI 3</i>	43
Tabel 3.23 Penilaian <i>SDI 4</i>	44

Tabel 3.24 Kondisi Sesuai dengan Nilai <i>SDI</i>	44
Tabel 3.25 Program Analisis <i>KENPAVE</i> Menurut Jenis Perkerasan	45
Tabel 3.26 Nilai Modulus Elastisitas	46
Tabel 3.27 Nilai <i>Poisson's ratio</i>	47
Tabel 3.28 Perbandingan Satuan <i>English</i> dan <i>SI</i>	50
Tabel 3.29 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru	56
Tabel 3.30 Faktor Distribusi Lajur (<i>DL</i>)	58
Tabel 3.31 Nilai <i>VDF</i> Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga	60
Tabel 3.32 Nilai <i>VDF</i> Masing-Masing Kendaraan Niaga	61
Tabel 3.33 Pemilihan Jenis Perkerasan	63
Tabel 3.34 Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir	65
Tabel 3.35 Penyesuaian Tebal Lapis Pondasi Agregat A Untuk Tanah Dasar <i>CBR</i> \geq 7 %	66
Tabel 4. 1 Penentuan Program Penanganan Jalan	86
Tabel 5.1 Formulir Survei Sampel Unit 5A	88
Tabel 5.2 Perhitungan <i>TDV</i> dan <i>CDV</i> pada Segmen 5A	100
Tabel 5.3 Nilai <i>PCI</i> dan Kondisi Jalan	102
Tabel 5.4 Rekapitulasi Perhitungan Nilai <i>Density</i>	104
Tabel 5.5 Rekapitulasi Sebaran Kerusakan pada <i>PCI</i>	107
Tabel 5.6 Penilaian <i>SDI</i> 1 pada Unit Sampel 4A	111
Tabel 5.7 Penilaian <i>SDI</i> 2 pada Unit Sampel 4A	112
Tabel 5.8 Penilaian <i>SDI</i> 3 pada Unit Sampel 4A	112
Tabel 5.9 Penilaian <i>SDI</i> 4 pada Unit Sampel 4A	113
Tabel 5.10 Nilai <i>SDI</i> dan Kondisi Jalan	114
Tabel 5.11 Rekapitulasi Sebaran Kerusakan pada <i>SDI</i>	115
Tabel 5.12 Perbandingan Nilai dan Kondisi Metode <i>PCI</i> dan <i>SDI</i>	116
Tabel 5.13 Perbandingan Metode <i>PCI</i> dan <i>SDI</i>	118
Tabel 5.14 Kondisi Jalan Berdasarkan Nilai <i>SDI</i>	120
Tabel 5.15 Data Lalu Lintas Harian Rerata Jalan Yogyakarta - Pulowatu	121
Tabel 5.16 Data Tebal Perkerasan Eksisting Jalan Yogyakarta - Pulowatu	122
Tabel 5.17 Data Input Parameter Modulus Elastisitas	123

Tabel 5.18 Data Input Parameter <i>Poisson's Ratio</i>	123
Tabel 5.19 Data Input Detail Beban Sumbu Roda	124
Tabel 5.20 Input Data pada Menu <i>General</i>	124
Tabel 5.21 Input Data pada Menu <i>Zcoord</i>	126
Tabel 5.22 Input Data pada Menu <i>Layer</i>	126
Tabel 5.23 Input Data pada Menu <i>Modulli</i>	127
Tabel 5.24 Input Data pada Menu <i>Load</i>	127
Tabel 5.25 Input Data Koordinat <i>NPT</i>	127
Tabel 5.26 Hasil Analisis Perkerasan Lentur Eksisting	128
Tabel 5.27 Rekapitulasi Regangan Maksimum	129
Tabel 5.28 Rekapitulasi Beban Gandar dan Umur Pelayanan	132
Tabel 5.29 Rekapitulasi Data LHR	133
Tabel 5.30 Nilai <i>VDF4</i> dan <i>VDF5</i>	135
Tabel 5.31 Prediksi Jumlah Beban Gandar Selama Umur Rencana	137
Tabel 5.32 Data Tebal Perkerasan Alternatif	138
Tabel 5.33 Data Input Parameter Lapis Perkerasan Alternatif	139
Tabel 5.34 Data Input Detail Beban Sumbu Roda	140
Tabel 5.35 Input Data pada Menu <i>General</i>	140
Tabel 5.36 Input Data pada Menu <i>Zcoord</i>	142
Tabel 5.37 Input Data pada Menu <i>Layer</i>	142
Tabel 5.38 Input Data pada Menu <i>Modulli</i>	143
Tabel 5.39 Input Data pada Menu <i>Load</i>	143
Tabel 5.40 Input Data Koordinat <i>NPT</i>	143
Tabel 5.41 Hasil Analisis Perkerasan Lentur Alternatif	144
Tabel 5.42 Rekapitulasi Regangan Maksimum	145
Tabel 5.43 Rekapitulasi Beban Gandar dan Umur Pelayanan	148
Tabel 5.44 Rekapitulasi Regangan dan Beban Gandar Maksimum Perkerasan Lentur Eksisting	151
Tabel 5.45 Rekapitulasi Regangan dan Beban Gandar Maksimum Perkerasan Lentur Alternatif	152

Tabel 5.46 Rekapitulasi Beban Gandar dan Umur Pelayanan Perkerasan Eksisting	153
Tabel 5.47 Rekapitulasi Beban Gandar dan Umur Pelayanan Perkerasan Alternatif	155

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 <i>Alligator Cracking</i>	19
Gambar 3.2 <i>Bleeding</i>	20
Gambar 3.3 <i>Block Cracking</i>	21
Gambar 3.4 <i>Bumps and Sags</i>	22
Gambar 3.5 <i>Corrugation</i>	23
Gambar 3.6 <i>Depression</i>	24
Gambar 3.7 <i>Edge Cracking</i>	25
Gambar 3.8 <i>Joint Reflection Cracking</i>	26
Gambar 3.9 <i>Lane/Shoulder Drop Off</i>	27
Gambar 3.10 <i>Longitudinal and Transverse Cracking</i>	28
Gambar 3.11 <i>Patching and Utility Cut Patching</i>	29
Gambar 3.12 <i>Polished Aggregate</i>	30
Gambar 3.13 <i>Potholes</i>	30
Gambar 3.14 <i>Railroad Crossing</i>	31
Gambar 3.15 <i>Rutting</i>	32
Gambar 3.16 <i>Shoving</i>	33
Gambar 3.17 <i>Slippage Cracking</i>	34
Gambar 3. 18 <i>Swell</i>	35
Gambar 3.19 <i>Slippage Cracking</i>	36
Gambar 3.20 <i>Formulir Pavement Condition Index (PCI)</i>	37
Gambar 3.21 <i>Kurva Koreksi Jalan pada Perkerasan Lentur</i>	39
Gambar 3.22 <i>Skala Penilaian Pavement Condition Index (PCI)</i>	41
Gambar 3.23 <i>Perhitungan SDI</i>	42
Gambar 3.24 <i>Tampilan Awal Program KENPAVE</i>	45
Gambar 3.25 <i>Tampilan Layar Program Layerinp</i>	48
Gambar 3.26 <i>Tampilan Layar Menu General</i>	49
Gambar 3.27 <i>Tampilan Layar Menu Zcoord</i>	51
Gambar 3.28 <i>Tampilan Layar Menu Layer</i>	52

Gambar 3.29 Tampilan Layar Menu <i>Interface</i>	52
Gambar 3.30 Tampilan Layar Menu <i>Modulli</i>	53
Gambar 3.31 Tampilan Layar Menu <i>Period</i>	53
Gambar 3.32 Tampilan Layar Menu <i>Load</i>	54
Gambar 3.33 <i>Plan View of Multiple Wheels</i>	62
Gambar 3.34 <i>Crack Sealing</i>	67
Gambar 3.35 <i>Full-depth patching</i>	68
Gambar 3.36 <i>Fog Seal</i>	69
Gambar 3.37 <i>Slurry Seal</i>	70
Gambar 3.38 <i>Crack Sealing</i>	71
Gambar 3.39 <i>Chip Seal</i>	72
Gambar 3.40 Lapis Tipis Beton Aspal (LTBA)	73
Gambar 3.41 <i>Cold Recycling</i>	74
Gambar 3.42 <i>Hot Recycling</i>	74
Gambar 3.43 <i>Hot In-Place Recycling</i>	75
Gambar 3.44 <i>Cold In-Place Recycling</i>	76
Gambar 3.45 <i>Ac Overlay</i>	76
Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian	78
Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian	79
Gambar 4. 3 Bagan Alir Metode <i>PCI</i>	81
Gambar 4. 4 Bagan Alir Metode <i>SDI</i>	82
Gambar 4. 5 Bagan Alir Menggunakan <i>Software KENPAVE</i>	85
Gambar 4. 6 Grafik Hubungan <i>Maintanance and Rehabilitation (M&R)</i> Metode <i>PCI</i>	86
Gambar 5.1 Grafik Hubungan <i>Density</i> dengan <i>Deduct Value</i> pada Kerusakan <i>Block Cracking</i>	90
Gambar 5.2 Grafik Hubungan <i>Density</i> dengan <i>Deduct Value</i> pada Kerusakan <i>Lane/Shoulder Drop Off</i>	91
Gambar 5.3 Grafik Hubungan <i>Density</i> dengan <i>Deduct Value</i> pada Kerusakan <i>Longitudinal and Transverse Cracking (Low)</i>	92

Gambar 5.4 Grafik Hubungan <i>Density</i> dengan <i>Deduct Value</i> pada Kerusakan <i>Longitudinal and Transverse Cracking (Medium)</i>	93
Gambar 5.5 Grafik Hubungan <i>Density</i> dengan <i>Deduct Value</i> pada Kerusakan <i>Longitudinal and Transverse Cracking (High)</i>	94
Gambar 5.6 Grafik Hubungan <i>Density</i> dengan <i>Deduct Value</i> pada Kerusakan <i>Patching and Utility Cut Patching (Low)</i>	95
Gambar 5.7 Grafik Hubungan <i>Density</i> dengan <i>Deduct Value</i> pada Kerusakan <i>Patching and Utility Cut Patching (Medium)</i>	96
Gambar 5.8 Grafik Hubungan <i>Density</i> dengan <i>Deduct Value</i> pada Kerusakan <i>Patching and Utility Cut Patching (High)</i>	97
Gambar 5.9 Grafik Hubungan <i>Density</i> dengan <i>Deduct Value</i> pada Kerusakan <i>Polished Aggregate</i>	98
Gambar 5.10 Grafik Hubungan <i>Total Deduct Value</i> dengan <i>Corrected Deduct Value</i> Segmen 5A	100
Gambar 5.11 Skala Penilaian Metode <i>PCI</i> pada sampel Unit 5A	101
Gambar 5.12 Diagram Persentase Kondisi Nilai <i>PCI</i>	103
Gambar 5.13 Diagram Persentase Nilai <i>Density</i>	105
Gambar 5.14 Diagram Sebaran Kerusakan pada <i>PCI</i>	109
Gambar 5.15 Kondisi Jalan dan Kerusakan Dominan pada Tiap Unit Sampel	110
Gambar 5.16 Perhitungan <i>Surface Distress Index (SDI)</i>	111
Gambar 5.17 Diagram Persentase Kondisi Nilai <i>SDI</i>	115
Gambar 5.18 Grafik Kategori <i>M&R</i> Metode <i>PCI</i>	119
Gambar 5.19 Tinjauan Kedalaman Titik Kerusakan	125
Gambar 5.20 Tinjauan Kedalaman Titik Kerusakan	141
Gambar 5.21 Tinjauan Kedalaman Titik Kerusakan Perkerasan Lentur Eksisting	150
Gambar 5.22 Tinjauan Kedalaman Titik Kerusakan Perkerasan Lentur Alternatif	152

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Survei dan Perhitungan Metode <i>PCI</i>	164
Lampiran 2 Grafik Hubungan <i>Distress Density</i> dan <i>Deduct Value</i>	174
Lampiran 3 Hasil Survei dan Perhitungan Metode <i>SDI</i>	184
Lampiran 4 Dokumentasi	186
Lampiran 5 <i>Output</i> Program <i>KENPAVE</i> Pada Lapisan Eksisting	190
Lampiran 6 <i>Output</i> Program <i>KENPAVE</i> Pada Lapisan Alternatif	192

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

<i>AC-BC</i>	= <i>Asphalt Concrete-Binder Course</i>
<i>AC-WC</i>	= <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i>
Ad	= Luas total jenis kerusakan unit tiap tingkat kerusakan
As	= Luas total segmen
<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>
cm	= Centimeter
DD	= Faktor Distribusi Arah
DL	= Faktor Distribusi Lajur
<i>DV</i>	= <i>Deduct Value</i>
E	= Modulus elastisitas
<i>ESAL</i>	= <i>Equivalent Single Axle Load</i>
<i>H</i>	= <i>High</i>
i	= Faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)
km	= Kilometer
<i>L</i>	= <i>Low</i>
LHR	= Lintas Harian Rata-rata
LPA	= Lapis Pondasi Atas
<i>M</i>	= <i>Medium</i>
m	= Meter
mm	= Milimeter
<i>N</i>	= Jumlah unit sampel
<i>Nd</i>	= Jumlah repitisi beban <i>permanent deformation</i>
<i>Nf</i>	= Jumlah repitisi beban <i>fatigue cracking</i>
<i>Nr</i>	= Jumlah repitisi beban <i>rutting</i>
<i>PCI</i>	= <i>Pavement Condition Index</i>
R	= Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

<i>SDI</i>	= <i>Surface Distress Index</i>
<i>TDV</i>	= <i>Total Deduct Value</i>
<i>Sta</i>	= <i>Stasiun</i>
<i>UR</i>	= <i>Umur Rencana</i>
<i>VDF</i>	= <i>Vehicle Damage Factor</i>

ABSTRAK

Ruas Jalan Yogyakarta-Pulowatu, Sleman, Yogyakarta merupakan jalan provinsi dengan tingkat volume kendaraan yang cukup tinggi. Tingginya volume lalu lintas kendaraan menyebabkan perkerasan jalan mengalami penurunan kualitas. Oleh sebab itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi perkerasan jalan dengan menggunakan metode empiris dan mekanistik-empiris serta memberikan solusi alternatif yang sesuai dengan kondisi jalan.

Penelitian pada ruas jalan ini dilakukan menggunakan 2 metode yaitu, metode empiris dan mekanistik-empiris. Pada metode empiris dilakukan pengambilan data dengan cara survei langsung sepanjang 1 km menggunakan *Pavement Condition Index (PCI)* dan *Surface Distress Index (SDI)*. Sedangkan metode mekanistik-empiris dilakukan menggunakan pemodelan elastik linear dengan bantuan *software KENPAVE*.

Pada metode empiris, kondisi ruas jalan memiliki nilai *PCI* sebesar 31,68 (*very poor*) dengan saran penanganan berupa *major maintenance*, sedangkan pada nilai *SDI* didapatkan angka 267,25 (rusak berat) dengan saran penanganan berupa rehabilitasi jalan. Pada metode mekanistik-empiris analisis perkerasan eksisting diperoleh umur pelayanan pada kerusakan *fatigue cracking* selama 7 tahun, kerusakan *rutting* selama 1 tahun, dan kerusakan *permanent deformation* selama 1 tahun. Hasil dari desain perkerasan eksisting menunjukkan bahwa perkerasan tidak mencapai umur rencana dan disarankan untuk melakukan redesain menggunakan lapis perkerasan aspal yang lebih tebal agar desain dapat memenuhi standar umur rencana. Berdasarkan nilai CESA 5 yang diperoleh sebesar 22.442.967 ESAL digunakan desain FFF6 dengan menambahkan lapisan pondasi (*AC-Base*) pada struktur perkerasan. Adapun hasil yang diperoleh dari perkerasan alternatif berupa umur pelayanan pada kerusakan *fatigue cracking* selama 43 tahun, kerusakan *rutting* selama 32 tahun, dan kerusakan *permanent deformation* selama 21 tahun.

Kata kunci: *PCI, SDI, KENPAVE*, Penilaian Kondisi, Kerusakan Jalan

ABSTRACT

The Yogyakarta-Pulowatu Road section, located in Sleman, Yogyakarta, is a provincial road with a high volume of vehicle traffic. The high traffic volume has led to a deterioration in road pavement quality. Therefore, this research was conducted to assess the road pavement condition using empirical and mechanistic-empirical methods and to provide alternatif solutions appropriate to the road conditions.

The study on this road section utilized two methods: empirical and mechanistic-empirical. The empirical method involved direct surveys along a 1 km stretch using Pavement Condition Index (PCI) and Surface Distress Index (SDI). Meanwhile, the mechanistic-empirical method employed linear elastik modeling with the assistance of KENPAVE software.

In the empirical method, the road section's condition had a PCI value of 31.68 (very poor), suggesting the need for major maintenance, while the SDI value was 267.25 (severely damaged), indicating the need for road rehabilitation. In the mechanistic-empirical method, the analysis of the existing pavement revealed a service life of 7 years for fatigue cracking, 1 year for rutting, and 1 year for permanent deformation. The results of the existing pavement design indicated that it did not meet the planned service life and recommended redesigning with a thicker pavement layer to meet the planned service life standards. Based on the obtained CESA 5 value of 22,442,967 ESAL, the FFF6 design was used, incorporating a base layer (AC-Base) in the pavement structure. As for the results obtained from the alternative pavement, the service life for fatigue cracking was 43 years, for rutting was 32 years, and for permanent deformation was 21 years..

Keywords: *PCI, SDI, KENPAVE, Condition Assessment, Road Damage*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai salah satu negara kepulauan, membutuhkan sistem transportasi yang efisien untuk mendukung konektivitas antar wilayah nasional. Salah satunya adalah infrastruktur jalan yang memiliki peranan penting dalam mendukung mobilitas masyarakat dan pertumbuhan ekonomi suatu daerah. Dalam menunjang hal tersebut dibutuhkan kualitas jalan yang baik untuk mempermudah masyarakat dalam kegiatan perekonomian dan pemenuhan kebutuhan masyarakat. Kerusakan jalan yang tidak teratasi dengan baik dapat mengganggu aktivitas ekonomi dan mobilitas masyarakat. Yogyakarta menjadi salah satu kota dengan akses penting untuk perjalanan antar provinsi dan perdagangan ke wilayah lain. Menurut data Lalu Lintas Harian Rerata (LHR) dari dinas Pekerjaan Umum, Perumahan, dan Energi Sumber Daya Mineral (PUPR) salah satu jalan dengan tingkat lalu lintas tinggi adalah Jalan Yogyakarta - Pulowatu.

Jalan Yogyakarta - Pulowatu Kabupaten Sleman, Yogyakarta termasuk ruas jalan provinsi dengan tingkat volume kendaraan yang cukup tinggi dikarenakan merupakan jalur alternatif menuju kota Yogyakarta. Menurut data LHR tahun 2022 jalan tersebut mayoritas dilalui oleh sepeda motor, mobil sedan, maupun kendaraan besar bermuatan. Hal ini yang membuat berbagai jenis dan tingkat kerusakan terjadi di jalan tersebut. Hadi dan Fauziah (2022) mengatakan faktor yang mempengaruhi kinerja suatu perkerasan jalan salah satunya adalah beban kendaraan, baik berdasarkan jenis kendaraan, volume kendaraan, ataupun kecepatan kendaraan saat melintas di jalan. Hal ini yang membuat kenyamanan dalam berkendara terganggu, oleh karena itu evaluasi kondisi perkerasan perlu dilakukan menggunakan metode empiris untuk menentukan metode perbaikan dan pemeliharaan yang tepat. *Pavement Condition Index (PCI)* dan *Surface Distress Index (SDI)* merupakan dua metode evaluasi kondisi perkerasan jalan yang sering digunakan untuk menentukan tingkat kerusakan yang terjadi.

Pavement Condition Index (PCI) merupakan metode penilaian kondisi perkerasan jalan yang dikembangkan oleh *U.S Army Corps of Engineers* yang dinyatakan dalam indeks kondisi perkerasan. Sedangkan, *Surface Distress Index (SDI)* merupakan metode evaluasi perkerasan jalan yang mengacu pada panduan nomor SMD-03/RCS tentang survei kondisi jalan tahun 2011. Kedua metode tersebut merupakan metode yang dilakukan dengan cara survei langsung di jalan berdasarkan pemeriksaan secara visual. Nur, dkk (2019), Arbiansyah dan Suparma (2022), dan Pasha, dkk (2022) telah melakukan penelitian di ruas jalan yang berbeda dengan tujuan membandingkan hasil evaluasi kerusakan yang diperoleh dari kedua metode tersebut. Menurut Arbiansyah dan Suparma (2022) metode *PCI* merupakan metode yang paling akurat dan spesifik dalam menentukan nilai kondisi dari suatu jalan. Nur, dkk (2019) mengatakan bahwa semua jenis pengukuran kondisi jalan memiliki hubungan yang saling berkaitan, hubungan antara *PCI* dan *SDI* diharapkan dapat mengurangi waktu pengumpulan data karena jumlah jenis kerusakan pada metode *SDI* lebih sedikit daripada metode *PCI*. Walaupun metode *PCI* dan *SDI* sering kali digunakan untuk evaluasi kondisi perkerasan, kedua metode tersebut bersifat subjektif yang bergantung pada penilaian pribadi. Oleh karena itu evaluasi kondisi kerusakan perlu dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan metode mekanistik-empiris dengan bantuan *software KENPAVE*.

Program *KENPAVE* merupakan *software* yang dikembangkan oleh Huang (2012). Penggunaan program *KENPAVE* diharapkan dapat memberikan keamanan desain perkerasan yang relatif lebih baik. Huang (2012) dalam Hadi dan Fauziah (2022) mengatakan perencanaan desain perkerasan tidak cukup hanya sebatas teori, untuk mendapatkan hasil desain perkerasan secara realistis perlu dilakukan pengamatan berupa prediksi kerusakan yang akan terjadi untuk dapat mendesain perkerasan jalan yang baik. Suwanda dan Kushari (2019) mengatakan dalam melakukan desain perkerasan lentur dapat diasumsikan mampu untuk menahan beban rencana dalam waktu yang ditetapkan, kemudian dilakukan analisis pembuktian apakah perkerasan tersebut mampu menahan beban rencana dalam waktu yang ditentukan, jika hasil analisis menunjukkan adanya regangan kritis yang membuktikan perkerasan tidak mampu menahan beban, maka diperlukan

adanya perbaikan atau perubahan struktur perkerasan. Penelitian serupa dengan menggunakan *KENPAVE* juga telah dilakukan oleh beberapa peneliti seperti yang dilakukan oleh Ayuningtyas dan Subagio (2019), Hadi dan Fauziah (2020), dan Tolab, dkk (2022) dan Hadi (2023).

Pada penelitian ini dilakukan penilaian terhadap kondisi perkerasan jalan pada ruas Jalan Yogyakarta - Pulowatu (Sta. 7+000 – 8+000) berdasarkan analisis metode empiris menggunakan *Pavement Condition Index (PCI)* dan *Surface Distress Index (SDI)* dan metode mekanistik-empiris menggunakan pemodelan elastik dengan bantuan *software KENPAVE*. Pada metode empiris hasil yang diperoleh berupa nilai kondisi perkerasan, kemudian dari hasil tersebut digunakan untuk menentukan bentuk pemeliharaan yang tepat. Sedangkan pada metode mekanistik-empiris diperoleh umur pelayanan jalan dari kerusakan yang dianalisis, kemudian diberikan solusi alternatif desain perkerasan. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi salah satu referensi atau masukan bagi instansi terkait dalam menangani dan pemeliharaan jalan guna meningkatkan pertumbuhan ekonomi suatu daerah.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana kondisi kerusakan perkerasan di ruas Jalan Yogyakarta - Pulowatu (Sta. 7+000 – 8+000) menurut metode empiris berdasarkan *Pavement Condition Index (PCI)* dan *Surface Distress Index (SDI)*?
2. Berapa prediksi umur pelayanan jalan untuk dapat menahan beban gandar maksimum sebelum terjadinya kerusakan pada ruas Jalan Yogyakarta – Pulowatu (Sta. 7+000 – 8+000) berdasarkan metode mekanistik-empiris?
3. Apa upaya solusi alternatif yang dapat disarankan berdasarkan hasil evaluasi kondisi jalan tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin diperoleh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui jenis dan tingkat kerusakan jalan yang terjadi pada ruas Jalan Yogyakarta – Pulowatu (Sta. 7+000 – 8+000) berdasarkan *Pavement Condition Index (PCI)* dan *Surface Distress Index (SDI)*.
2. Mengetahui prediksi umur pelayanan perkerasan jalan pada ruas Jalan Yogyakarta – Pulowatu (Sta. 7+000 – 8+000) berdasarkan pemodelan elastik linear pada program *KENPAVE*.
3. Memberikan solusi alternatif berdasarkan hasil evaluasi kondisi jalan menggunakan metode empiris dan mekanistik-empiris.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui nilai kondisi dan tingkat kelayakan perkerasan berdasarkan tingkat kerusakan yang terjadi pada ruas Jalan Yogyakarta – Pulowatu (Sta. 7+000 – 8+000).
2. Penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk pembaca dan penelitian selanjutnya dalam penyusunan program pemeliharaan dan perbaikan jalan.
3. Memberikan referensi atau masukan bagi para perencana atau instansi terkait dalam pengambilan keputusan untuk menangani, meningkatkan dan pemeliharaan kondisi jalan.

1.5 Batasan Masalah

Dalam pelaksanaan penelitian ini, diberikan batasan masalah agar penelitian dapat terfokus. Batasan masalah tersebut diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Lokasi studi yang ditinjau adalah ruas Jalan Yogyakarta - Pulowatu (Sta. 7+000 – 8+000) dengan panjang total 1 km.
2. Metode yang digunakan untuk melakukan penilaian kondisi kerusakan jalan dengan menggunakan metode *Pavement Condition Index (PCI)*, *Surface Distrace Index (SDI)*, dan analisis menggunakan bantuan *software KENPAVE*.

3. Data-data primer dan sekunder didapatkan melalui survei di lapangan dan Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral (PUPR) Daerah Istimewa Yogyakarta.
4. Bagian jalan yang diteliti hanya pada permukaan badan jalan.
5. Kondisi kerusakan yang terjadi di masa pengamatan lapangan yang dilakukan pada tanggal 12 Desember 2023 sampai dengan 15 Desember 2023.
6. Alternatif desain yang disarankan mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017 Revisi Juni 2017.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Evaluasi Kondisi Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Empiris

Nur dan Subagio (2019) telah melakukan penelitian tentang hubungan antara metode *Pavement Condition Index (PCI)*, *Present Serviceability Index (PSI)*, dan *Surface Distress Index (SDI)* yang dilakukan pada Jalan Soekarno Hatta, Bandung. Penelitian ini membahas mengenai hubungan antara *PCI* dan *PSI* yang diharapkan dapat mampu menghilangkan subjektivitas dalam metode *PCI*, karena pada metode *PSI* yang merupakan fungsi dari metode *IRI (International Roughness Index)* diperoleh secara objektif menggunakan bantuan alat ukur. Penelitian ini juga membahas hubungan antara metode *PCI* dan *SDI* yang diharapkan dapat mengurangi waktu pengumpulan data, karena jumlah tipe kerusakan pada metode *SDI* lebih sedikit dibandingkan pada metode *PCI*. Pada metode *PCI* menunjukkan kondisi “*Good*” baik pada perkerasan kaku (61,9%) maupun perkerasan lentur (21,6%). Sedangkan metode *PSI* paling banyak ditemukan dengan kondisi “*Fair*” baik pada perkerasan kaku (81%) maupun perkerasan lentur (48,9%). Metode *SDI* pada perkerasan lentur dengan kondisi “*Sedang*” dengan presentase 65,9%. Analisis parametrik antara *PCI* dan *PSI* pada perkerasan lentur menghasilkan nilai $R^2 = 0,8163$ dengan persamaan regresi $PCI = 27,673 + 16,848 \times PSI$ dan korelasi *PCI* dan *SDI* pada perkerasan lentur menghasilkan nilai $R^2 = 0,8653$ dengan persamaan regresi $PCI = 94,663 - 0,4462 \times SDI$. Analisis non parametrik antara *PCI* dan *PSI* pada perkerasan lentur menghasilkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,397 dan nilai *PCI* dan *SDI* pada perkerasan lentur menghasilkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,492. Berdasarkan kedua metode analisis yang digunakan baik parametrik maupun non parametrik, hubungan *PCI* dan *SDI* dinilai lebih baik dibandingkan hubungan *PCI* dan *PSI* karena menghasilkan nilai R^2 dan koefisien korelasi yang lebih besar.

Penelitian lainnya juga dilakukan oleh Niranda dan Kushari (2019) dengan judul penelitian evaluasi kondisi perkerasan lentur menggunakan metode *PCI* untuk menentukan kebutuhan perbaikan perkerasan (studi kasus: Jalan Watusigar Sta

5+000 sampai 6+000). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis dan tingkat kerusakan yang terjadi, menganalisis jenis kerusakan untuk mengetahui jenis perbaikan yang diperlukan, dan memperhitungkan kebutuhan volume beton aspal yang diperlukan. Secara umum kondisi ruas jalan yang diteliti dalam kondisi yang baik (*good*) dengan kerusakan yang paling mendominasi adalah *alligator cracking* dengan *total density* 7,46 %. Perbaikan yang disarankan adalah *crack sealing* pada daerah yang mengalami retakan dan *patching* untuk kerusakan struktural. Total kebutuhan volume beton aspal arah selatan – utara untuk pekerjaan *patching* adalah 40,54 Ton, kebutuhan *prime coat* 220,75 L/m dan kebutuhan *sealant* sebesar 3,78 Ton.

Evaluasi kondisi perkerasan lentur menggunakan metode *PCI* telah diteliti oleh Nurumi dan Kushari (2020) pada studi kasus Jalan Kaliurang KM 13 – KM 14. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kondisi kerusakan yang terjadi, mendapatkan alternatif solusi penanganan pemeliharaan jalan, dan memperkirakan biaya penanganan yang dibutuhkan. Berdasarkan hasil analisis didapatkan hasil nilai *PCI* dengan rata-rata sebesar 53,325 dengan kondisi sedang (*fair*), dengan nilai *PCI* tertinggi 70 dengan kondisi sedang (*fair*) dan terendah 35 dengan kondisi yang buruk. Jenis pemeliharaan yang disarankan dari penelitian ini adalah pemeliharaan rutin dan lapis tambah (*overlay*). Kemudian jumlah anggaran biaya yang diperlukan untuk menangani kerusakan jalan yang terjadi dengan pemeliharaan rutin adalah sebesar Rp. 1.132.413.835. sedangkan untuk lapis tambah sebesar Rp. 2.632.035.285.

Pasha dan Sebayang (2022) telah melakukan penelitian dengan tiga metode yang berbeda, yaitu *Pavement Condition Index (PCI)*, *Surface Distress Index (SDI)*, dan *International Roughness Index (IRI)*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jenis kerusakan jalan dengan tiga metode yang berbeda untuk menentukan jenis penanganan yang dapat diterapkan berdasarkan nilai kondisi kerusakan yang terjadi. Kerusakan yang terjadi pada ruas Jalan Widuri disebabkan oleh volume kendaraan yang terus meningkat dari waktu ke waktu dan umur rencana yang sudah melebihi waktu perencanaan 5 tahun terhitung dari perbaikan dan pemeliharaan jalan yang dilakukan pada tahun 2015. Hasil dari penelitian ini

diperoleh jenis dan persentase kerusakan, yaitu kerusakan retak melintang (4,3%), retak memanjang (1,1%), retak buaya (24,9%), retak acak (20,4%), pelepasan butir (8,6%), lubang (6,2%), tambalan (32,3%) dan alur bekas roda kendaraan (2,2%). Kondisi kerusakan menurut metode *PCI* sebesar 62,6 termasuk dalam kondisi baik, metode *SDI* dengan nilai rata-rata sebesar 20 yang termasuk dalam kondisi baik, dan metode *IRI* dengan nilai 2 termasuk dalam kondisi baik. Solusi penanganan yang disarankan pada ruas Jalan Widuri adalah pemeliharaan rutin meliputi penambalan lubang (*patching*), pengisian celah/retak permukaan (*sealing*), dan pelaburan aspal.

Arbiansyah dan Suparma (2022) telah melakukan penelitian dengan judul evaluasi penilaian kondisi perkerasan jalan dengan metode *Pavement Condition Index (PCI)*, *Surface Distress Index (SDI)*, dan *International Roughness Index (IRI)* studi kasus: Jalan Yogyakarta-Pulowatu Sta 0+000 sampai 2+400, Sleman Yogyakarta. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kondisi jalan, membuat perbandingan nilai kondisi dengan metode *PCI*, *SDI*, dan *IRI*, menentukan pemeliharaan dan perbaikan yang diperlukan, dan membuat perbandingan kondisi jalan 5 tahun lalu dengan kondisi jalan saat ini. Dari analisis yang dilakukan didapatkan nilai kondisi jalan dengan metode *PCI section A* 47,08 (*poor*) dan *section B* 62,77 (*fair*), metode *SDI section A* 123,75 (rusak ringan) dan *section B* 54,58 (sedang), dan metode *IRI* 8,05 m/km. Pemeliharaan yang disarankan menurut metode *PCI* pada *section A* adalah *mill and overlay*, *hot in-place recycle*, dan *cold in-place recycle*, sedangkan *section B* *fog seal* dan *slurry seal/micro surfacing*. Adapun pemeliharaan menurut metode bina marga pada *section A* adalah rehabilitas perkerasan jalan dengan cara pelapisan ulang perkerasan jalan yang rusak (*overlay*), sedangkan pada *section B* diperlukan pemeliharaan berkala dengan cara *fog seal*, *chip seal*, *slurry seal*, dan *micro surfacing*. Dari perbandingan ketiga metode yang digunakan metode *PCI* merupakan metode yang paling akurat dan spesifik dalam menentukan nilai kondisi dari suatu jalan.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Menggunakan Metode Empiris Terdahulu

Peneliti	Nur, dkk (2019)	Niranda dan Kushari (2019)	Nurumi dan Kushari (2020)	Pasha, dkk (2022)	Arbiansyah dan Suparma (2022)	Penulis (2024)
Judul Penelitian	Hubungan Antara <i>Pavement Condition Index (PCI)</i> , <i>Present Serviceability Index (PSI)</i> , dan <i>Surface Distress Index (SDI)</i> pada Jalan Soekarno Hatta, Bandung	Evaluasi Kondisi Perkerasan Lentur Menggunakan Metode <i>PCI</i> Untuk Menentukan Kebutuhan Perbaikan Perkerasan	Evaluasi Kondisi Perkerasan Jalan Kaliurang KM 13 - KM 14 Berdasarkan Nilai <i>PCI</i> serta Perencanaan Penanganannya	Analisis Kerusakan Jalan Dengan Menggunakan Metode <i>PCI</i> , <i>SDI</i> , dan <i>IRI</i> (Studi Kasus: Jln. Widuri Sukorejo, Kota Blitar)	Evaluasi Penilaian Kondisi Perkerasan Jalan Dengan Metode <i>PCI</i> , <i>SDI</i> , dan <i>IRI</i>	Evaluasi Kondisi Perkerasan Dengan Metode Empiris Dan Mekanistik-Empiris Untuk Menentukan Solusi Alternatif Pada Ruas Jalan Yogyakarta – Pulowatu (Sta. 7+000 – 8+000)
Lokasi Penelitian	Jalan Soekarno Hatta, Bandung	Jalan Watusigar (Sta 5+000 – 6+000)	Jalan Kaliurang (Sta 13+000 – 14+000)	Jalan Widuri, Kecamatan Sukorejo, Kota Blitar, Jawa Timur	Jalan Yogyakarta – Pulowatu Sta 0+000 – 2+400	Jalan Yogyakarta – Pulowatu Sta 7+000 – 8+000
Metode Penelitian	Metode <i>Pavement Condition Index (PCI)</i> , <i>Present Serviceability Index (PSI)</i> , dan <i>Surface Distress Index (SDI)</i>	Metode <i>Pavement Condition Index (PCI)</i>	Metode <i>Pavement Condition Index (PCI)</i>	Metode <i>Pavement Condition Index (PCI)</i> , <i>Surface Distress Index (SDI)</i> , dan <i>International Roughness Index (IRI)</i>	Metode <i>Pavement Condition Index (PCI)</i> , <i>Surface Distress Index (SDI)</i> , dan <i>International Roughness Index (IRI)</i>	Metode Empiris (<i>PCI</i> dan <i>SDI</i>) dan Metode Mekanistik – Empiris (Pemodelan Elastik dengan Program <i>KENPAVE</i>)

Sumber: Nur (2019), Niranda (2019), Nurumi (2020), Pasha (2022), Arbiansyah (2022), Penulis (2024)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Menggunakan Metode Empiris Terdahulu

Peneliti	Nur, dkk (2019)	Niranda dan Kushari (2019)	Nurumi dan Kushari (2020)	Pasha, dkk (2022)	Arbiansyah dan Suparma (2022)	Penulis (2024)
Hasil Penelitian	<p>Pada analisis semua jenis pengukuran kondisi jalan menggunakan metode <i>PCI</i>, <i>PSI</i>, dan <i>SDI</i>, ditemukan bahwa setiap pasangan korelasi (<i>PCI</i> dan <i>PSI</i> maupun <i>PCI</i> dan <i>SDI</i>) memiliki hubungan yang saling mempengaruhi. Namun koefisien korelasi <i>PCI</i> pada <i>SDI</i> lebih besar daripada koefisien korelasi <i>PCI</i> pada <i>PSI</i>.</p>	<p>Secara umum kondisi tergolong baik (<i>good</i>) dengan kerusakan yang paling mendominasi adalah <i>alligator cracking</i> dengan <i>total density</i> 7,46%. Perbaikan yang disarankan adalah <i>crack sealing</i> pada daerah yang mengalami retakan dan <i>patching</i> untuk kerusakan struktural.</p>	<p>Hasil dari penelitian ini didapatkan nilai <i>PCI</i> dengan rata-rata sebesar 53,325 dengan kondisi sedang (<i>fair</i>). Kemudian jenis pemeliharaan yang disarankan adalah pemeliharaan rutin dan lapis tambah (<i>overlay</i>).</p>	<p>Hasil dari penelitian ini diperoleh kondisi kerusakan menurut metode <i>PCI</i> sebesar 62,6 (baik), metode <i>SDI</i> sebesar 20 (baik), dan metode <i>IRI</i> dengan nilai 2 (baik). Solusi yang disarankan dari nilai tersebut adalah pemeliharaan rutin.</p>	<p>Hasil dari penelitian didapatkan nilai kondisi jalan dengan metode <i>PCI section A</i> 47,08 (<i>poor</i>) dan <i>section B</i> 62,77 (<i>fair</i>), metode <i>SDI section A</i> 123,75 (rusak ringan) dan <i>section B</i> 54,58 (sedang), dan metode <i>IRI</i> 8,05 m/km. Pemeliharaan yang disarankan menurut metode <i>PCI</i> pada <i>section A</i> adalah <i>mill and overlay</i>, <i>hot in-place recycle</i>, dan <i>cold in-place recycle</i>, sedangkan <i>section B</i> <i>fog seal</i> dan <i>slurry seal/micro surfacing</i>.</p>	<p>Hasil penelitian dengan metode empiris menggunakan <i>pavement condition index (PCI)</i> diperoleh nilai 31,68 dengan kondisi <i>very poor</i> dan <i>surface distress index (SDI)</i> diperoleh nilai 267,25 dengan kondisi rusak berat. Upaya penanganan yang disarankan menurut metode <i>PCI</i> berupa <i>overlay</i>, <i>hot in-place recycling</i> dan <i>reconstruction</i>. Sedangkan menurut metode Bina Marga 2011 disarankan berupa rehabilitasi perkerasan dengan <i>overlay</i>.</p>

Sumber: Nur (2019), Niranda (2019), Nurumi (2020), Pasha (2022), Arbiansyah (2022), Penulis (2024)

2.2 Evaluasi Kondisi Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Mekanistik-Empiris

Suwanda dan Kushari (2019) telah melakukan penelitian tentang perbandingan dari desain struktur perkerasan lentur menggunakan metode mekanistik-empiris dengan permodelan viskoelastik dan elastik dengan bantuan *software KENPAVE*. Penelitian ini dilakukan pada Ruas Jalan Tempel – Pakem Sta. 19+000 – 21+000 Kab. Sleman, Yogyakarta pada tahun 2019. Dalam pelaksanaan penelitian ini dibutuhkan data primer dan sekunder yang harus didapatkan oleh peneliti berdasarkan rumusan masalah yang terjadi. Data sekunder yang dibutuhkan diantaranya adalah data tanah dasar, data *properties* material, data struktur perkerasan jalan, dan data lalu lintas harian rerata (LHR). Kemudian dari data tersebut dapat mendesain perkerasan eksisting menggunakan program *KENPAVE* permodelan viskoelastik dan elastik, serta desain perkerasan alternatif menggunakan metode bina marga 2017. Kemudian dari hasil desain dua metode tersebut dapat membandingkan desain perkerasan eksisting (viskoelastik dan elastik) beserta alternatifnya. Hasil dari penelitian ini terdapat perbedaan pada regangan, tegangan, dan repitisi beban. Pada permodelan viskoelastik didapatkan respon tegangan dan regangan pada kerusakan *permanent deformation* di kedalaman 48,005 cm sebesar 0,000277 kPa, kerusakan *rutting* di kedalaman 17,995 cm sebesar 0,000263 kPa dan kerusakan *fatigue cracking* di kedalaman 17,995 cm sebesar 0,000242 kPa. Sedangkan permodelan linier elastik didapatkan respon tegangan dan regangan pada kerusakan *permanent deformation* di kedalaman 48,005 cm sebesar 0,000263 kPa, kerusakan *rutting* di kedalaman 17,995 cm sebesar 0,000228 kPa dan kerusakan *fatigue cracking* kedalaman 17,995 cm sebesar 0,000204 kPa.

Ayuningtyas dan Subagio (2019) telah melakukan penelitian tentang respon struktur perkerasan lentur terhadap variasi jenis beban, karakteristik material, dan umur pelayanan menggunakan bantuan program *kenlayer*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan berbagai variasi beban, karakteristik material terhadap respon struktur, serta kriteria keruntuhan pada analisis umur layan dengan beberapa variasi atribut yang digunakan. Dalam penelitian ini terdapat 3 lapisan

konfigurasi yang digunakan untuk perkerasan lentur, karakteristik material yang digunakan dibagi menjadi 2 tipe dalam pemodelan perkerasan lentur yaitu Linear Elastik – Linear Elastik – Linear Elastik (L-L-L) dan Linear Elastik – Nonlinear – Nonlinear (L-N-N). Lapisan permukaan selalu memiliki karakteristik linear karena mengandung aspal yang memiliki karakteristik elastik. Konfigurasi beban dibagi menjadi 3 tipe yaitu Tunggal – Aksis, Ganda – Tandem, dan Ganda – Tridem. Dalam 3 tipe konfigurasi beban tersebut terdapat beberapa titik tinjau yang dianalisis untuk menentukan respon maksimum struktur perkerasan lentur yang dihasilkan oleh beban lalu lintas. Hasil dari penelitian ini menunjukkan variasi dari jenis beban konfigurasi Ganda – Tridem menghasilkan nilai defleksi terbesar diikuti oleh Ganda – Tandem dan Tunggal – Aksis untuk semua karakteristik material. Sedangkan tegangan vertikal dan regangan serta tegangan horizontal dan regangan memiliki dampak yang tidak signifikan terhadap konfigurasi beban dan hubungannya berbanding terbalik dengan kedalaman. Variasi karakteristik material menunjukkan bahwa respon perkerasan lentur (defleksi, regangan vertikal, tegangan horizontal, dan tegangan) untuk material L-L-L lebih tinggi daripada material L-NL-NL, kecuali untuk tegangan vertikal L-NL-NL memiliki nilai yang lebih tinggi daripada L-L-L. Pada analisis umur pelayanan kriteria kegagalan untuk variasi beban (P), modulus elastis permukaan (E_1), modulus elastis lapisan pondasi (E_2), dan modulus elastis lapisan *subgrade* (E_3) ditentukan oleh kriteria deformasi permanen pada semua karakteristik material. Sementara itu, ketebalan lapisan permukaan dan lapisan pondasi ditentukan oleh deformasi permanen jika ketebalannya rendah dan retak lelah jika ketebalannya tinggi dan kondisi optimum adalah perpotongan dari grafik deformasi permanen dan retak lelah.

Hadi dan Fauziah (2020) telah melakukan penelitian dengan judul sensitivitas kinerja struktur campuran *superpave* terhadap pengaruh variasi tipe bahan ikat dan kecepatan kendaraan. Penelitian ini membahas hasil analisis terkait penggunaan jenis perkerasan *superpave* dengan dua bahan ikat yang berbeda, yaitu bahan ikat Starbit E-55 dan Pen 60/70 terhadap pengaruh variasi rencana kecepatan kendaraan, serta bagaimana variasi rencana kecepatan kendaraan memengaruhi perkerasan tersebut. Proses analisis dimulai dengan menentukan ketebalan perkerasan yang

direncanakan, kemudian menghitung *Stiffness Modulus of Bitumen (Sbit)* dan *Stiffness Modulus of Mixture (Smix)*. Analisis dilanjutkan dengan menggunakan metode mekanistik-empiris dalam program *KENPAVE* untuk memprediksi potensi kerusakan yang mungkin terjadi, serta menghitung jumlah repetisi beban yang dapat menyebabkan kerusakan struktural pada perkerasan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai *Sbit* dan *Smix* meningkat sering dengan peningkatan kecepatan kendaraan yang melewati jalan tersebut, hal ini dipengaruhi oleh durasi pembebanan yang lebih singkat pada kecepatan yang lebih tinggi. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa campuran *superpave* dengan bahan ikat Starbit E-55 memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mempertahankan kinerja perkerasan, hal ini terlihat dari prediksi regangan pada berbagai jenis kerusakan yang lebih rendah dibandingkan dengan campuran *superpave* yang menggunakan bahan ikat Pen 60/70. Oleh karena itu jenis perkerasan *superpave* dengan bahan ikat Starbit E-55 sangat direkomendasikan penerapannya untuk mendapatkan hasil pelayanan jalan yang optimal.

Penelitian lain juga telah dilakukan oleh Tolab dan Hadi (2022) tentang perbandingan perkerasan *Asphalt Concrete – Wearing Coarse (AC-WC)* berbahan ikat Starbit E-55 dan Pen 60/70 dengan analisis menggunakan metode elastik linear pada program *KENPAVE*. Analisis penelitian dilakukan dengan menggunakan data sekunder berupa data lalu lintas harian rerata (LHR), data lain yang digunakan adalah data material aspal dan pengujian *Marshall Standard* yang kemudian dianalisis nilai *Stiffness of Modulus* yang didapatkan dari penelitian Hadi, dkk (2021). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kemampuan antara penggunaan perkerasan AC-WC yang menggunakan bahan ikat Starbit E-55 dengan Pen 60/70 dalam menahan berbagai jenis kerusakan. Campuran AC-WC yang berbahan ikat Starbit E-55 mampu menahan beban lalu lintas yang lebih besar, yaitu sebesar 465.609.609 ESAL sampai terjadi kerusakan *fatigue cracking*, 43.351.635 ESAL hingga terjadi kerusakan *rutting*, dan 37.645.893 ESAL sampai terjadi kerusakan *permanent deformation*.

Penelitian lain juga dilakukan oleh Hadi dan Fauziah (2022) tentang prediksi umur pelayanan antara campuran *superpave* dan AC-WC menggunakan permodelan

viskoelastik dan elastik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui prediksi umur layanan perkerasan, serta mengidentifikasi kategori kerusakan awal dan kerusakan akhir yang mungkin terjadi dalam periode waktu tertentu dengan membandingkan dua jenis campuran, yaitu *superpave* dan *AC-WC*. Penelitian dimulai dengan menghitung nilai *Stiffness Modulus of Bitumen (Sbit)* melalui persamaan Ullidtz dan *Stiffness Modulus of Mixture (Smix)* melalui persamaan Nottingham. Kemudian, proses desain perkerasan rencana dilakukan dengan mengacu pada metode Bina Marga 2017, metode ini menggunakan data Lalu Lintas Harian Rerata (LHR) untuk menentukan alternatif desain ketebalan perkerasan. Setelah nilai *Stiffness Modulus* dan desain tebal perkerasan didapatkan, selanjutnya kedua nilai tersebut digabungkan dan dianalisis menggunakan permodelan viskoelastik dan elastik dalam program *KENPAVE*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa campuran perkerasan memiliki prediksi umur pelayanan yang lebih panjang apabila dibandingkan dengan campuran *AC-WC*. Dampak suhu pembebanan pada campuran aspal memiliki konsekuensi yang signifikan pada hasil prediksi nilai beban gandar minimum dan estimasi umur layanan perkerasan. Apabila campuran perkerasan dianggap tidak terpengaruh oleh suhu pembebanan (dalam konteks permodelan elastik), maka hal ini akan mengakibatkan prediksi nilai beban gandar minimum yang relatif lebih tinggi dan perkiraan umur layanan perkerasan yang lebih panjang dibandingkan dengan situasi di mana kita mempertimbangkan pengaruh suhu pembebanan terhadap campuran aspal (melalui permodelan viskoelastik).

Hadi (2023) telah melakukan penelitian yang berfokus pada kerusakan jalan dan aspek *overload*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar dampak yang diberikan dari aktivitas *overload* kendaraan terhadap kinerja suatu perkerasan jalan, sehingga hal tersebut dapat diantisipasi dan diminimalisir. Lokasi tinjauan yang menjadi penerapan simulasi aktivitas *overload* adalah Ruas Jalan Batas Kabupaten Kampar – Batas Kota Bangkinang yang menjadi ruas jalan yang sebagian besar dilintasi oleh jenis kendaraan dengan golongan truk sedang dan berat. Metode pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode elastik dengan bantuan *software KENPAVE* yang diharapkan menjadi alternatif untuk

mengidentifikasi keabsahan data dalam penentuan tingkat kerentanan yang ada terhadap aktivitas *overload* kendaraan. Hasil dari penelitian ini adalah bahwa aktivitas *overload* kendaraan akan memberikan dampak peningkatan pada nilai *CESA* secara signifikan, dapat diartikan bahwa saat aktivitas *overload* terjadi maka perkerasan jalan akan dipaksa untuk mendistribusikan beban yang jauh melebihi kapasitas normalnya. Pada studi kasus pada jalan yang ditinjau, simulasi aktivitas *overload* kendaraan sebesar 0% - 20% masih dapat ditoleransi atau dilayani. Namun, apabila aktivitas *overload* telah mencapai 40% - 100% maka ruas jalan akan mengalami penurunan kinerja perkerasan dan secara tidak langsung berdampak pada pengurangan masa umur layanan jalan.

Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Menggunakan Metode Mekanistik-Empiris Terdahulu

Peneliti	Suwanda dan Kushari (2019)	Ayuningtyas dan Subagio (2019)	Hadi dan Fauziah (2020)	Tolab dan Hadi (2022)	Hadi dan Fauziah (2022)	Hadi (2023)	Penulis (2024)
Judul Penelitian	Analisis Perbandingan Desain Struktur Perkerasan Lentur Terhadap Variasi Jenis Beban, Menggunakan Metode Mekanistik Empiris Dengan Pemodelan Viskoelastik dan Elastik Pada Ruas Jalan Tempel-Pakem	Respon Struktur Perkerasan Lentur Terhadap Variasi Karakteristik Material, dan Umur Pelayanan Menggunakan Program <i>Kenlayer</i>	Sinsitivitas Kinerja Struktur Campuran <i>Superpave</i> Terhadap Pengaruh Variasi Tipe Bahan Ikatan dan Kecepatan Kendaraan	Analisis Perbandingan Perkerasan AC-WC Berbahan Ikatan Starbit E-55 Dengan Pen 60/70 Menggunakan Metode Elastik Linear	Studi Komparasi Prediksi Umur Pelayanan Antara Campuran dan AC-WC Menggunakan Permodelan Viskoelastik dan Elastik	Identifikasi Kerentanan Kinerja Perkerasan Jalan Terhadap Aktivitas <i>Overload</i> Kendaraan Menggunakan Program <i>KENPAVE</i>	Evaluasi Kondisi Perkerasan Dengan Metode Empiris Dan Mekanistik-Empiris Untuk Menentukan Solusi Alternatif Pada Ruas Jalan Yogyakarta – Pulowatu (Sta. 7+000 – 8+000)
Lokasi Penelitian	Jalan Tempel – Pakem Sta. 19+000 - 21+000, Kab. Sleman, Yogyakarta	-	-	Jalan Ringroad Utara, Yogyakarta	Jalan Padjajaran, Yogyakarta	Jalan Batas Kabupaten Kampar – Batas Kota Bangkinang	Jalan Yogyakarta – Pulowatu Sta 7+000 – 8+000
Metode Penelitian	Metode Mekanistik-Empiris dengan Permodelan Viskoelastik dan Elastik pada Program <i>KENPAVE</i>	Metode Analitis Menggunakan Program <i>Kenlayer</i>	Metode Mekanistik-Empiris Program <i>KENPAVE</i>	Metode Elastik Linear pada Program <i>KENPAVE</i>	Metode Mekanistik-Empiris dengan Permodelan Viskoelastik dan Elastik pada Program <i>KENPAVE</i>	Metode Elastik Linear pada Program <i>KENPAVE</i>	Metode Empiris (<i>PCI</i> dan <i>SDI</i>) dan Metode Mekanistik – Empiris (Pemodelan Elastik dengan Program <i>KENPAVE</i>)

Sumber: Suwanda (2019), Ayuningtyas (2019), Hadi (2020), Tolab (2022), Hadi (2022), Hadi (2023), Penulis (2024)

Lanjutan Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Menggunakan Mekanistik-Empiris Terdahulu

Peneliti	Suwanda dan Kushari (2019)	Ayuningtyas dan Subagio (2019)	Hadi dan Fauziah (2020)	Tolab dan Hadi (2022)	Hadi dan Fauziah (2022)	Hadi (2023)	Penulis (2024)
Hasil Penelitian	Hasil dari penelitian ini menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan pada tegangan, regangan dan repitisi beban gandar di tiap kerusakan pada hasil analisis perkerasan lentur eksisting dan alternatif menggunakan program <i>KENPAVE</i> pemodelan viskoelastik dan linier elastik. Masa pelayanan dari tiap perkerasan dengan pemodelan viskoelastik dan elastik linier juga menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan.	Hasil dari penelitian ini menunjukkan variasi dari jenis beban konfigurasi Ganda – Tridem menghasilkan nilai defleksi terbesar diikuti oleh Ganda – Tandem dan Tunggal – Aksis untuk semua karakteristik material. Variasi karakteristik material menunjukkan bahwa respon perkerasan lentur (defleksi, regangan vertikal, tegangan horizontal, dan tegangan) untuk material L-L-L lebih tinggi daripada material L-NL-NL, kecuali untuk tegangan vertikal L-NL-NL memiliki nilai yang lebih tinggi daripada L-L-L.	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai <i>Sbit</i> dan <i>Smix</i> meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan kendaraan yang melewati jalan. Serta penelitian ini menunjukkan bahwa campuran <i>superpave</i> dengan bahan ikat Starbit E-55 memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mempertahankan kinerja perkerasan.	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa campuran <i>AC-WC</i> yang berbahan ikat Starbit E-55 mampu menahan beban lalu lintas yang lebih besar daripada campuran <i>AC-WC</i> yang berbahan ikat Pen 60/70.	Hasil dari penelitian ini menunjukkan campuran perkerasan <i>superpave</i> memiliki prediksi umur pelayanan yang lebih panjang apabila dibandingkan dengan campuran perkerasan yang terpengaruh oleh suhu pembebanan (viskoelastik).	Pada studi kasus pada jalan yang ditinjau, simulasi aktivitas <i>overload</i> kendaraan sebesar 0% - 20% masih dapat ditoleransi atau dilayani. Namun, apabila aktivitas <i>overload</i> telah mencapai 40% - 100% maka ruas jalan akan mengalami penurunan kinerja perkerasan dan secara tidak langsung berdampak pada pengurangan masa umur layanan jalan.	Hasil penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan yang cukup signifikan pada hasil regangan, tegangan, repitisi beban gandar, dan umur pelayanan dari setiap jenis kerusakan yang dianalisis menggunakan pemodelan elastik linier pada perkerasan eksisting dan alternatif.

Sumber: Suwanda (2019), Ayuningtyas (2019), Hadi (2020), Tolab (2022), Hadi (2022), Hadi (2023), Penulis (2024)

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Jenis-jenis Kerusakan Perkerasan Jalan

Pada analisis kondisi perkerasan lentur dibutuhkan dasar dalam menentukan kerusakan jalan. Berikut ini jenis-jenis dan tingkat kerusakan jalan pada perkerasan lentur menurut ASTM D 6433-07 yang di kategorikan menjadi 19 jenis kerusakan yaitu sebagai berikut.

3.1.1 *Alligator Cracking* (Retak Kulit Buaya)

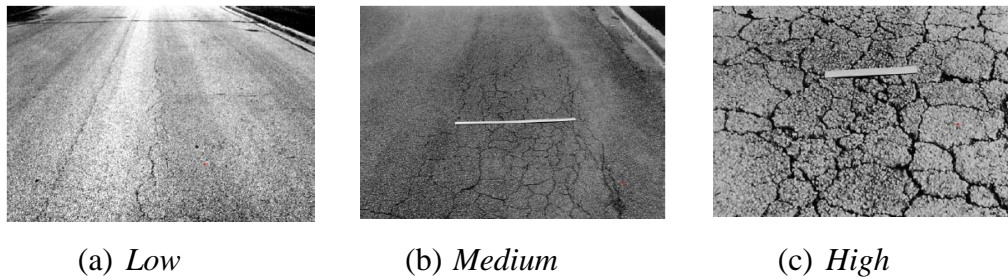
Alligator cracking merupakan jenis kerusakan perkerasan jalan yang disebabkan oleh kelelahan pada permukaan aspal akibat pembebanan lalu lintas secara terus – menerus. Retak yang berbentuk kotak-kotak kecil dengan lebar retak ≥ 3 mm sehingga disebut seperti kulit buaya. Kerusakan ini diukur menggunakan satuan meter persegi (m^2) dari luas permukaan.

Tingkat kerusakan *alligator cracking* menurut ASTM D6433 dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Gambar 3.1 berikut ini:

Tabel 3.1 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Alligator Cracking*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>L (Low)</i>	Retakan halus, retak rambut memanjang sejajar satu sama lainnya, atau hanya terdapat beberapa retakan yang saling terhubung. Retakan ini tidak terkelupas dari perkerasan.
<i>M (Medium)</i>	Retakan halus menjadi pola retakan dan terkelupas secara ringan.
<i>H (High)</i>	Pola retakan telah berkembang, sehingga terkelupas pada bagian pinggir perkerasan.

(Sumber: ASTM D6433)



Gambar 3.1 Alligator Cracking

(Sumber: ASTM D6433)

3.1.2 Bleeding (Kegemukan)

Bleeding atau kegemukan merupakan lapisan bahan bitumen pada lapisan atas permukaan atas yang menciptakan permukaan menjadi berkilauan dan menjadi sangat lengket. Kegemukan terjadi akibat jumlah aspal atau tar yang berlebihan dalam campuran, kandungan rongga udara yang rendah, bitumen yang berlebihan, atau kombinasi dari faktor-faktor tersebut. Cacat pada permukaan ini sangat membahayakan keselamatan lalu lintas karena jalan akan menjadi licin. Kerusakan ini diukur menggunakan satuan meter persegi (m^2) dari luas permukaan, jika ada kegemukan yang terhitung agregat yang terpolitur tidak boleh dihitung.

Tingkat kerusakan *bleeding* menurut ASTM D6433 dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan Gambar 3.2 berikut ini:

Tabel 3.2 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Bleeding*

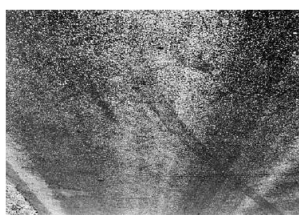
Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>L (Low)</i>	Kegemukan hanya terjadi dalam tingkat yang sangat kecil dan aspal tidak lengket, hanya terlihat selama beberapa hari dalam setahun
<i>M (Medium)</i>	Kegemukan terjadi dalam tingkat aspal menjadi lengket pada sepatu dan kendaraan, hanya terjadi selama beberapa minggu dalam setahun

(Sumber: ASTM D6433)

Lanjutan Tabel 3.2 Identifikasi Tingkat Kerusakan Bleeding

<i>H (High)</i>	Kegemukan terjadi secara luas dan banyak aspal yang lengket pada sepatu dan kendaraan, terjadi beberapa minggu dalam setahun
-----------------	--

(Sumber: ASTM D6433)



(a) *Low*



(b) *Medium*



(c) *High*

Gambar 3.2 Bleeding

(Sumber: ASTM D6433)

3.1.3 *Block Cracking* (Retak Balok)

Block cracking adalah retakan yang saling berhubungan yang membagi permukaan jalan menjadi potongan-potongan dengan bentuk persegi panjang pada perkerasan jalan. Retakan balok ini umumnya disebabkan oleh penyusutan beton aspal dan terjadi pada lapisan tambahan (*overlay*). Ukuran retak balok biasanya lebih dari 200 mm x 200 mm. Kerusakan ini diukur menggunakan satuan meter persegi (m^2) dari luas permukaan.

Tingkat kerusakan *block cracking* menurut ASTM D6433 dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Gambar 3.3 berikut ini:

Tabel 3.3 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Block Cracking*

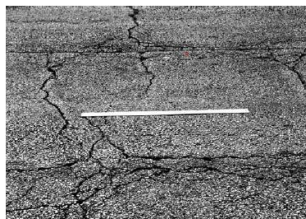
Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>L (Low)</i>	Retak balok yang didefinisikan oleh retakan dengan tingkat keparahan yang rendah

(Sumber: ASTM D6433)

Lanjutan Tabel 3.3 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Block Cracking*

<i>M (Medium)</i>	Retak balok yang didefinisikan oleh retakan dengan tingkat keparahan menengah
<i>H (High)</i>	Retak balok yang didefinisikan oleh retakan dengan tingkat keparahan yang tinggi

(Sumber: ASTM D6433)



(a) *Low*



(b) *Medium*



(c) *High*

Gambar 3.3 *Block Cracking*

(Sumber: ASTM D6433)

3.1.4 *Bumps and Sags* (Benjol dan Turun)

Bumps adalah pergeseran ke atas pada lapisan perkerasan yang disebabkan oleh permukaan jalan yang tidak stabil. *Bumps* dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya sebagai berikut:

1. Pengembunan akibat beku (pertumbuhan lapisan es)
2. Cekung atau kembang pada lapisan *PCC* yang mendasari pada lapisan *AC* pada permukaan jalan *PCC*
3. Infiltrasi dan penumpukan material dalam retakan yang dikombinasikan oleh beban lalu lintas

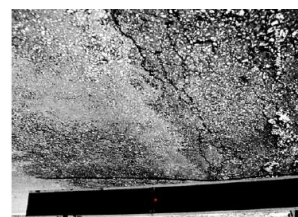
Sags adalah pergeseran ke bawah pada permukaan jalan. Distorsi dan pergeseran yang terjadi di area luas permukaan jalan yang menyebabkan cekungan besar atau panjang, ataupun keduanya. Pada permukaan jalan harus dicatat sebagai pembengkakan. Kerusakan ini diukur menggunakan satuan meter persegi (m^2) dari luas permukaan.

Tingkat kerusakan *bumps and sags* menurut ASTM D6433 dapat dilihat pada Tabel 3.4 dan Gambar 3.4 berikut ini:

Tabel 3.4 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Bumps and Sags*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>L (Low)</i>	Pembengkakan dengan tingkat keparahan yang rendah
<i>M (Medium)</i>	Pembengkakan dengan tingkat keparahan yang sedang
<i>H (High)</i>	Pembengkakan dengan tingkat keparahan yang tinggi

(Sumber: ASTM D6433)

(a) *Low*(b) *Medium*(c) *High***Gambar 3.4 *Bumps and Sags***

(Sumber: ASTM D6433)

3.1.5 *Corrugation* (Keriting)

Bentuk kerusakan ini berupa gelombang pada lapisan permukaan atau dapat dikatakan alur yang arahnya tegak lurus terhadap arah lalu lintas. Jenis kerusakan ini umumnya terjadi pada tempat berhentinya kendaraan akibat pengereman. Gelombang yang terjadi biasanya terjadi dengan jarak kurang lebih 3 m sepanjang permukaan jalan. Pengukuran *corrugation* menggunakan satuan meter persegi (m^2) dari luas permukaan.

Tingkat kerusakan *corrugation* menurut ASTM D6433 dapat dilihat pada Tabel 3.5 dan Gambar 3.5 berikut ini:

Tabel 3.5 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Corrugation*

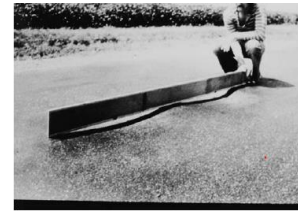
Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>L (Low)</i>	Menghasilkan kualitas pengendaraan dengan tingkat keparahan yang rendah

(Sumber: ASTM D6433)

Lanjutan Tabel 3.5 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Corrugation*

<i>M (Medium)</i>	Menghasilkan kualitas pengendara dengan tingkat keparahan yang sedang
<i>H (High)</i>	Menghasilkan kualitas pengendara dengan tingkat keparahan yang tinggi

(Sumber: ASTM D6433)

(a) *Low*(b) *Medium*(c) *High***Gambar 3.5 *Corrugation***

(Sumber: ASTM D6433)

3.1.6 *Depression* (Amblas)

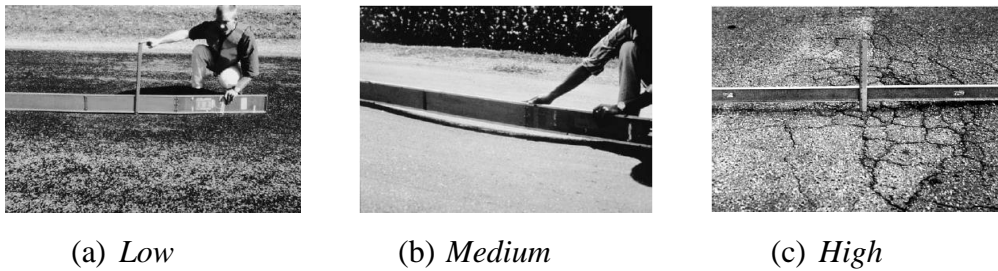
Depression adalah bentuk kerusakan yang terjadi berupa amblas atau area permukaan jalan yang terlokalisasi dengan ketinggian sedikit lebih rendah dari permukaan jalan di sekitarnya. *Depression* terbentuk akibat penurunan tanah dasar atau akibat dari konstruksi yang kurang tepat. Kerusakan ini menyebabkan ketidakrataan permukaan jalan, amblas yang cukup dalam dapat terisi air, dan dapat menyebabkan *hydroplaning*. Pengukuran *depression* menggunakan satuan meter persegi (m^2) dari luas permukaan.

Tingkat kerusakan *depression* menurut ASTM D6433 dapat dilihat pada Tabel 3.6 dan Gambar 3.6 berikut ini:

Tabel 3.6 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Depression*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>L (Low)</i>	Kedalaman amblas 13 – 25 mm
<i>M (Medium)</i>	Kedalaman amblas 25 – 50 mm
<i>H (High)</i>	Kedalaman amblas > 50 mm

(Sumber: ASTM D6433)

(a) *Low*(b) *Medium*(c) *High*

Gambar 3.6 Depression

(Sumber: ASTM D6433)

3.1.7 Edge Cracking (Retak Samping Jalan)

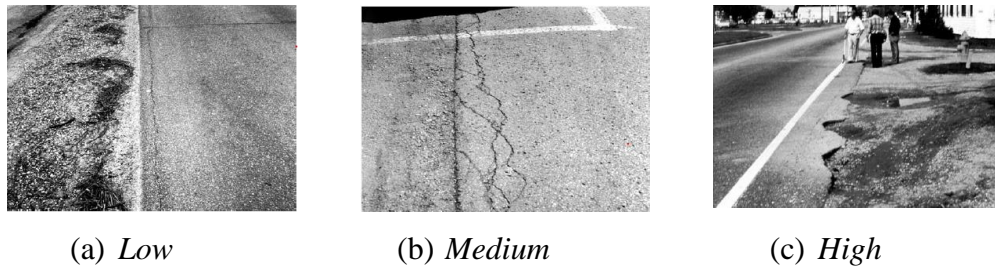
Edge cracking adalah retak pinggir jalan yang sejajar dengan jalur lalu lintas dan memiliki ukuran 0,3 – 0,6 m dari pinggir jalan. *Edge cracking* biasanya disebabkan oleh beban lalu lintas atau cuaca yang memperlemah pondasi bawah yang dekat dengan tepi jalan. Area antara retakan dan tepi jalan ditandai dengan permukaan jalan yang terlepas jika pecah. Kerusakan ini diukur menggunakan satuan meter (m).

Tingkat kerusakan *Edge Cracking* menurut ASTM D6433 dapat dilihat pada Tabel 3.7 dan Gambar 3.7 berikut ini:

Tabel 3.7 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Edge Cracking*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>L (Low)</i>	Retakan rendah atau sedang tanpa pecah atau terkelupas
<i>M (Medium)</i>	Retakan sedang dengan beberapa permukaan pecah dan terkelupas
<i>H (High)</i>	Pecahan atau terkelupas yang signifikan di sepanjang tepi jalan

(Sumber: ASTM D6433)



Gambar 3.7 Edge Cracking

(Sumber: ASTM D6433)

3.1.8 Joint Reflection Cracking (Retak Sambung)

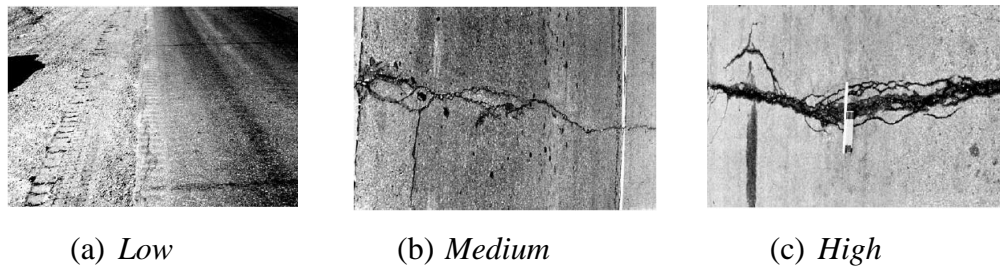
Joint reflection cracking adalah jenis kerusakan yang terjadi pada lapisan *overlay* yang telah dihamparkan di atas perkerasan beton semen *portland*. Retakan ini disebabkan oleh pergerakan termal atau terjadi kelembaban pada beton semen *Portland* dibawah permukaan aspal. Retak ini juga menunjukkan bahwa pola retak pada perkerasan beton lama di bawahnya yang belum diperbaiki dengan sempurna. Kerusakan ini tidak disebabkan oleh beban lalu lintas, tetapi lalu lintas dapat menyebabkan kerusakan pada permukaan aspal di dekat retakan.

Tingkat kerusakan *joint reflection cracking* menurut ASTM D6433 dapat dilihat pada Tabel 3.8 dan Gambar 3.8 berikut ini:

Tabel 3.8 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Joint Reflection Cracking*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>L (Low)</i>	Lebar retakan yang tidak terisi < 10 mm
<i>M (Medium)</i>	Lebar retakan yang tidak terisi ≥ 10 mm atau < 75 mm
<i>H (High)</i>	Lebar retakan yang tidak terisi ≥ 75 mm atau sekitar 100 mm, dengan retakan yang mengalami kerusakan atau terkelupas parah.

(Sumber: ASTM D6433)



Gambar 3.8 Joint Reflection Cracking

(Sumber: ASTM D6433)

3.1.9 Lane/Shoulder Drop Off (Jalur/Bahu Turun)

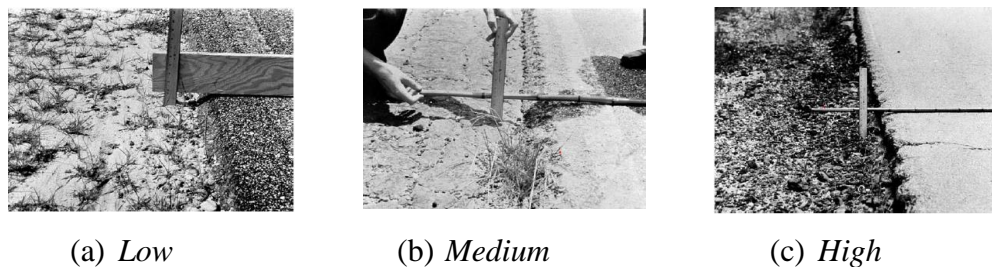
Kerusakan ini terjadi akibat terdapat perbedaan ketinggian antara permukaan perkerasan dengan permukaan bahu jalan atau tanah sekitarnya, dimana bahu jalan lebih rendah terhadap permukaan perkerasan. Kerusakan ini disebabkan oleh penurunan bahu jalan, erosi bahu jalan, atau pembangunan jalan tanpa penyesuaian ketinggian bahu jalan. Penurunan lajur atau bahu jalan diukur dalam satuan meter (m).

Tingkat kerusakan *lane/shoulder drop off* menurut ASTM D6433 dapat dilihat pada Tabel 3.9 dan Gambar 3.9 berikut ini:

Tabel 3.9 Identifikasi Tingkat Kerusakan Lane/Shoulder Drop Off

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>L (Low)</i>	Perbedaan elevasi antara tepi jalan dengan bahu jalan > 25 mm dan < 50 mm
<i>M (Medium)</i>	Perbedaan elevasi antara tepi jalan dengan bahu jalan > 50 mm dan < 100 mm
<i>H (High)</i>	Perbedaan elevasi antara tepi jalan dengan bahu jalan > 100 mm

(Sumber: ASTM D6433)

(a) *Low*(b) *Medium*(c) *High***Gambar 3.9 Lane/Shoulder Drop Off**

(Sumber: ASTM D6433)

3.1.10 Longitudinal and Transverse Cracking (Retak Memanjang/Melintang)

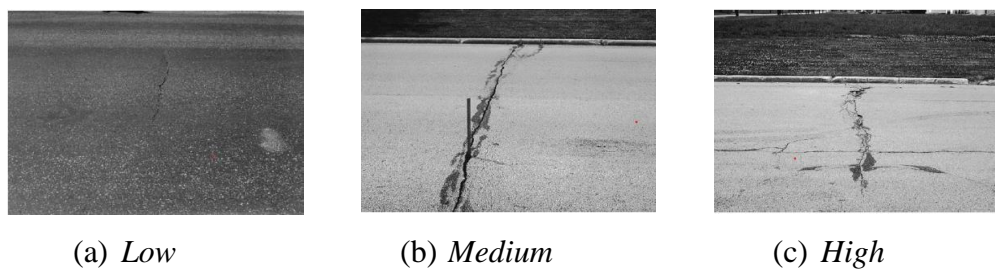
Longitudinal cracking atau retak memanjang memiliki sifat sejajar dengan arah lalu lintas, sedangkan *transverse cracking* atau retak melintang memiliki sifat tegak lurus dengan arah lalu lintas. Kerusakan ini disebabkan oleh retakan di bawah lapisan permukaan termasuk retakan pada beton semen *Portland*. Jenis kerusakan ini bukan disebabkan oleh beban lalu lintas. Kerusakan retak memanjang/melintang dapat diukur dalam satuan meter (m), panjang dan tingkat keparahan setiap retakan harus diidentifikasi dan dicatat secara terpisah.

Tingkat kerusakan *longitudinal and transverse cracking* menurut ASTM D6433 dapat dilihat pada Tabel 3.10 dan Gambar 3.10 berikut ini:

Tabel 3.10 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Longitudinal and Transverse Cracking*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>L (Low)</i>	Lebar retakan tanpa pengisian < 10 mm
<i>M (Medium)</i>	Lebar retakan tanpa pengisian > 10 mm dan ≤ 75 mm
<i>H (High)</i>	Lebar retakan tanpa pengisian > 75 mm

(Sumber: ASTM D6433)



Gambar 3.10 Longitudinal and Transverse Cracking

(Sumber: ASTM D6433)

3.1.11 Patching and Utility Cut Patching (Tambalan)

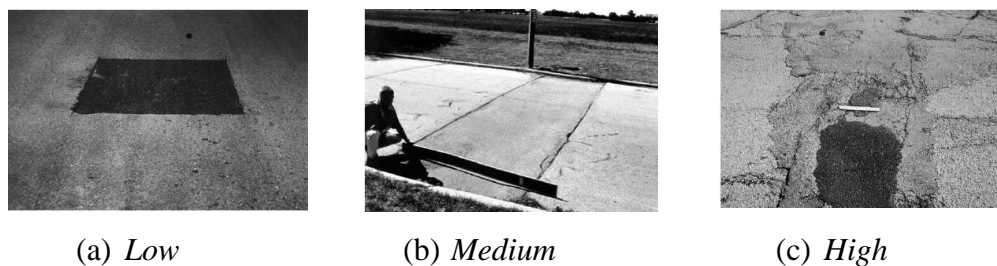
Pengaspalan ulang atau tambalan adalah area permukaan jalan yang telah diganti, dengan tujuan untuk mengembalikan perkerasan yang rusak dengan material baru untuk memperbaiki perkerasan yang ada. Tetapi tambalan dianggap sebagai kerusakan jalan, karena secara umum perbaikan yang dilakukan menyebabkan ketidakrataan pada jalan. Tambalan diukur dalam satuan meter persegi (m^2) dari luas permukaan tambalan.

Tingkat kerusakan *patching and utility cut patching* menurut ASTM D6433 dapat dilihat pada Tabel 3.11 dan Gambar 3.11 berikut ini:

Tabel 3.11 Identifikasi Tingkat Kerusakan Patching and Utility Cut Patching

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>L (Low)</i>	Tambalan dalam kondisi yang baik, tidak terganggunya kenyamanan pengendara
<i>M (Medium)</i>	Tambalan mengalami kerusakan sedang, kenyamanan berkendara sedikit terganggu
<i>H (High)</i>	Tambalan mengalami kerusakan parah, kenyamanan pengendara terganggu, perlu adanya perbaikan

(Sumber: ASTM D6433)



Gambar 3.11 Patching and Utility Cut Patching

(Sumber: ASTM D6433)

3.1.12 *Polished Aggregate* (Agregat Licin)

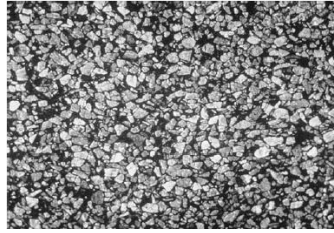
Polished aggregate merupakan kerusakan yang disebabkan oleh penerapan lalu lintas yang berulang-ulang dimana agregat pada perkerasan menjadi licin dan agregat yang menonjol di atas permukaan jalan sangat kecil. Agregat berkontribusi dalam mengurangi kecepatan kendaraan, sehingga ketika agregat pada permukaan jalan menjadi halus, maka daya lekat terhadap ban kendaraan secara signifikan berkurang.

Tidak ada tingkat kerusakan pada jenis kerusakan *polished aggregate*, namun jenis kerusakan ini terindikasi ketika angka pada tes daya cengkram rendah atau turun secara signifikan dari penilaian sebelumnya. Untuk mengetahui kerusakan ini dapat dilihat dari tingkat pengkilapan dan kehalusan agregat saat disentuh. Tingkat kerusakan *polished aggregate* dapat dilihat pada Tabel 3.12 dan Gambar 3.12 berikut ini.

Tabel 3.12 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Polished Aggregate*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
-	Kerusakan tidak terdapat tingkat keparahan, namun tingkat kelicinan harus tampak jelas pada unit sampel dan jika disentuh halus

(Sumber: ASTM D6433)



Gambar 3.12 Polished Aggregate

(Sumber: ASTM D6433)

3.1.13 Potholes (Lubang)

Lubang jalan atau *pothles* memiliki bentuk seperti mangkok kecil yang dapat menampung dan meresap air pada badan jalan. Ukuran lubang jalan biasanya kurang dari 750 mm pada perkerasan, memiliki tepi tajam dan sisi vertikal di bagian atas lubang. Kerusakan ini terjadi karena adanya lalu lintas yang melintasi perkerasan sehingga menyebabkan tergerusnya partikel-partikel dari perkerasan. *Potholes* dapat diukur dengan menghitung jumlah lubang berdasarkan tingkat kerusakannya.

Tingkat kerusakan *potholes* menurut ASTM D6433 dapat dilihat pada Tabel 3.13 dan Gambar 3.13 berikut ini:

Tabel 3.13 Identifikasi Tingkat Kerusakan Potholes

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

(Sumber: ASTM D6433)



(a) *Low*



(b) *Medium*



(c) *High*

Gambar 3.13 Potholes

(Sumber: ASTM D6433)

3.1.14 *Railroad Crossing* (Perlindungan Kereta Api)

Kerusakan ini terjadi pada jalan rel atau persilangan rel dan jalan raya. Kerusakan pada persilangan kereta api berupa depresi atau gundukan di sekitar area rel yang disebabkan oleh perbedaan karakteristik bahan. Luas area persilangan diukur dalam satuan meter persegi (m^2) dari luas permukaan. Tetapi jika persilangan tidak mempengaruhi kualitas pengendara maka kerusakan tidak perlu dihitung.

Tingkat kerusakan *railroad crossing* menurut ASTM D6433 dapat dilihat pada Tabel 3.14 dan Gambar 3.14 berikut ini:

Tabel 3.14 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Railroad Crossing*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>L (Low)</i>	Perlindungan kereta api menyebabkan kerusakan dengan tingkat keparahan rendah
<i>M (Medium)</i>	Perlindungan kereta api menyebabkan kerusakan dengan tingkat keparahan sedang
<i>H (High)</i>	Perlindungan kereta api menyebabkan kerusakan dengan tingkat keparahan tinggi

(Sumber: ASTM D6433)



(a) *Low*



(b) *Medium*



(c) *High*

Gambar 3.14 *Railroad Crossing*

(Sumber: ASTM D6433)

3.1.15 *Rutting* (Alur)

Bentuk kerusakan ini terjadi pada lintasan roda yang sejajar dengan as jalan dan berbentuk alur. Kerusakan ini berasal dari deformasi permanen pada salah satu

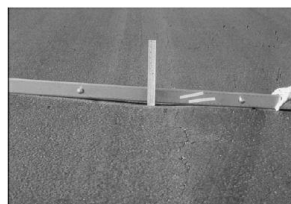
lapisan perkerasan yang biasanya disebabkan oleh pergerakan konsolidasi atau lateral dari bahan akibat beban lalu lintas. Cara mengukur kerusakan ini adalah dengan cara meletakkan alat pemadat lurus pada sepanjang alur, kemudian catat kedalamannya menggunakan pengukur.

Tingkat kerusakan *rutting* menurut ASTM D6433 dapat dilihat pada Tabel 3.15 dan Gambar 3.15 berikut ini:

Tabel 3.15 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Rutting*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>L (Low)</i>	Kedalaman alur diantara 6 – 13 mm
<i>M (Medium)</i>	Kedalaman alur diantara 13 – 25 mm
<i>H (High)</i>	Kedalaman alur > 25 mm

(Sumber: ASTM D6433)



(a) *Low*



(b) *Medium*



(c) *High*

Gambar 3.15 *Rutting*

(Sumber: ASTM D6433)

3.1.16 *Shoving* (Sungkur)

Shoving merupakan kerusakan akibat perpindahan lapisan perkerasan pada bagian tertentu yang disebabkan oleh beban lalu lintas. Beban lalu lintas akan mendorong berlawanan dengan perkerasan dan menghasilkan gelombang pada permukaan perkerasan. *Shoving* juga dapat terjadi ketika perkerasan aspal bertemu dengan perkerasan beton semen *Portland*. Kerusakan ini diukur dalam satuan meter persegi (m^2) dari luas permukaan.

Tingkat kerusakan *shoving* menurut ASTM D6433 dapat dilihat pada Tabel 3.16 dan Gambar 3.16 berikut ini:

Tabel 3.16 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Shoving*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>L (Low)</i>	Perpindahan lapisan perkerasan dengan tingkat keparahan rendah
<i>M (Medium)</i>	Perpindahan lapisan perkerasan dengan tingkat keparahan sedang
<i>H (High)</i>	Perpindahan lapisan perkerasan dengan tingkat keparahan yang tinggi

(Sumber: ASTM D6433)

(a) *Low*(b) *Medium*(c) *High*Gambar 3.16 *Shoving*

(Sumber: ASTM D6433)

3.1.17 *Slippage Cracking* (Retak Geser)

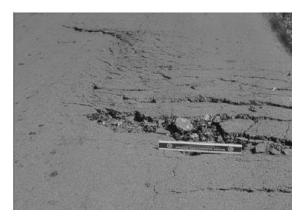
Slippage cracking atau retak geser adalah retak yang berbentuk setengah bulan atau setengah lingkaran. Retakan ini biasanya terjadi ketika roda pengereman atau belokan yang menyebabkan permukaan jalan tergelincir atau terdeformasi. Kerusakan ini juga dapat disebabkan oleh kekuatan dan pencampuran lapisan perkerasan yang rendah dan jelek. Kerusakan ini dapat diukur dalam satuan meter persegi (m^2).

Tingkat kerusakan *slippage cracking* menurut ASTM D6433 dapat dilihat pada Tabel 3.17 dan Gambar 3.17 berikut ini:

Tabel 3.17 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Slippage Cracking*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>L (Low)</i>	Lebar rata-rata retak < 10 mm
<i>M (Medium)</i>	Lebar rata-rata retak \geq 10 mm dan < 40 mm
<i>H (High)</i>	Lebar rata-rata retak > 40 mm

(Sumber: ASTM D6433)

(a) *Low*(b) *Medium*(c) *High***Gambar 3.17 *Slippage Cracking***

(Sumber: ASTM D6433)

3.1.18 *Swell* (Pembengkakan)

Swell dapat ditandai dengan pembengkakan yang menonjol ke atas pada permukaan jalan, sepanjang lapisan perkerasan yang secara berkala mengombak dengan panjang kira-kira 10 m. Kondisi ini biasanya disebabkan oleh tindakan pembekuan di lapisan dasar atau tanah dasar yang membengkak. Kerusakan ini dapat diukur dalam satuan meter persegi (m^2).

Tingkat kerusakan *swell* menurut ASTM D6433 dapat dilihat pada Tabel 3.18 dan Gambar 3.18 berikut ini:

Tabel 3.18 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Swell*

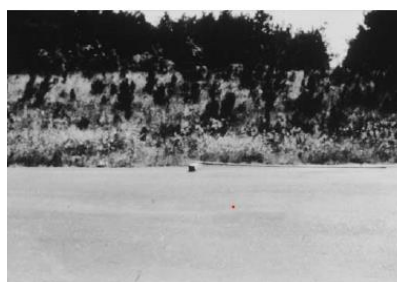
Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>L (Low)</i>	Pembengkakan menyebabkan perjalanan dengan tingkat kerusakan yang rendah

(Sumber: ASTM D6433)

Lanjutan Tabel 3.18 Identifikasi Tingkat Kerusakan Swell

<i>M (Medium)</i>	Pembengkakan menyebabkan perjalanan dengan tingkat kerusakan yang sedang
<i>H (High)</i>	Pembengkakan menyebabkan perjalanan dengan tingkat kerusakan yang tinggi

(Sumber: ASTM D6433)

**Gambar 3. 18 Swell**

(Sumber: ASTM D6433)

3.1.19 Weathering and Raveling (Pelepasan Butir)

Weathering and raveling adalah pelepasan butir akibat hilangnya bahan pengikat aspal atau tar serta partikel agregat yang tercabut. Kerusakan ini menunjukkan campuran aspal pengikat yang berkualitas jelek sehingga tidak dapat menahan gaya dorong dari kendaraan. *Weathering and raveling* dapat diukur dalam satuan meter persegi (m^2).

Tingkat kerusakan *weathering and raveling* menurut ASTM D6433 dapat dilihat pada Tabel 3.19 dan Gambar 3.19 berikut ini:

Tabel 3.19 Identifikasi Tingkat Kerusakan Weathering and Raveling

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>L (Low)</i>	Agregat atau bahan pengikat mulai terkikis
<i>M (Medium)</i>	Agregat atau bahan pengikat terkikis, tekstur permukaan agak kasar dan berlubang

(Sumber: ASTM D6433)

Lanjutan Tabel 3.19 Identifikasi Tingkat Kerusakan *Weathering and Ravelling*

<i>H (High)</i>	Agregat atau bahan pengikat telah terkikis, tekstur permukaan sangat kasar dan berlubang parah. Area berlubang < 10 mm dan kedalaman < 13 mm.
-----------------	---

(Sumber: ASTM D6433)



(a) *Low*



(b) *Medium*



(c) *High*

Gambar 3.19 *Slippage Cracking*

(Sumber: ASTM D6433)

3.2 Metode *Pavement Condition Index (PCI)*

Pavement Condition Index (PCI) sebagai salah satu sistem penilaian kerusakan jalan yang dikembangkan oleh *U.S Army Corps of Engineers* yang dinyatakan dalam indeks kondisi perkerasan. Perhitungan *PCI* didasarkan pada hasil survei kondisi lapangan secara visual dimana nilai tersebut dipengaruhi oleh tipe kerusakan, identifikasi kuantiti kerusakan dan tingkat keparahan struktur perkerasan. Penilaian *PCI* berdasarkan angka 0 sampai 100 yang digunakan sebagai acuan kondisi perkerasan suatu jalan, dengan nilai 100 menunjukkan perkerasan dalam kondisi yang sangat baik, sedangkan nilai 0 menunjukkan perkerasan dalam kondisi yang sangat rusak.

Metode *Pavement Condition Index (PCI)* bertujuan sebagai penilaian kondisi suatu perkerasan pada ruas jalan sesuai dengan kerusakan yang terjadi. Survei ini dilakukan untuk mengetahui jenis kerusakan pada perkerasan jalan yang penulis tinjau. Kemudian hasil analisis tersebut akan digunakan dalam penentuan tingkat kerusakan serta jenis pemeliharaan yang tepat. Selain itu, metode *PCI* menjadi alternatif agar biaya perbaikan menjadi lebih ekonomis karena perbaikan hanya dilakukan pada ruas yang di prioritaskan.

$$Density (\%) = \frac{A_d}{A_s} \times 100 \quad (3.1)$$

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

dengan,

A_d : Luas total dari satu jenis kerusakan untuk setiap tingkat keparahan kerusakan (m^2).

A_s : Luas total sampel unit (m^2)

L_d : Panjang total jenis kerusakan pada tiap tingkat keparahan kerusakan (m).

3. Menentukan *deduct value* untuk tiap kombinasi tipe kerusakan dan tingkat keparahan berdasarkan pada kurva hubungan antara *density* dan *deduct value*.

3.2.2 Nilai Pengurang Total (*Total Deduct Value, TDV*)

Nilai pengurang total atau *Total Deduct Value (TDV)* merupakan jumlah total dari *deduct value* pada masing-masing unit sampel.

3.2.3 Penentuan Jumlah Pengurangan Izin (*Allowance Number of Deduct*)

Nilai pengurangan izin maksimum merupakan nilai yang menentukan seberapa banyak nilai *deduct value* yang dapat digunakan dalam satu segmen. Nilai pengurangan yang digunakan dalam hitungan adalah *deduct value* yang memiliki nilai > 5 untuk bandara dan jalan tanpa perkerasan, sedangkan nilai > 2 digunakan untuk jalan dengan perkerasan. Jika hanya terdapat satu nilai pengurangan atau tidak ada sama sekali, maka digunakan *deduct total* sebagai pengurang.

Allowance number of deduct dinyatakan dengan Persamaan 3.3 (ASTM *International*, 2007).

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right)(100 - MaxDV) \quad (3.3)$$

dengan,

m : Jumlah pengurangan ijin untuk unit sampel

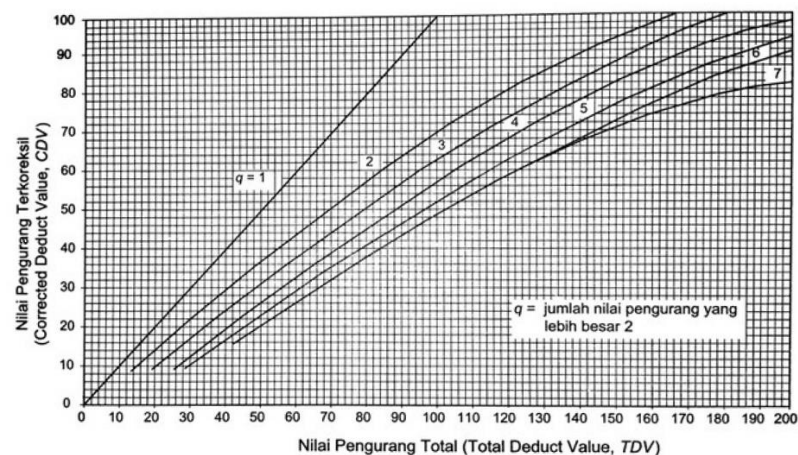
$MaxDV$: Nilai *deduct value* tertinggi

Semua *deduct value* dikurangkan terhadap nilai m , jika jumlah nilai sampel hasil pengurangan memiliki nilai yang lebih kecil dari m , maka semua *deduct value* tersebut dapat digunakan.

3.2.4 Nilai Pengurang Terkoreksi (*Corrected Deduct Value, CDV*)

Menentukan nilai maksimum dari *Correct Deduct Value (CDV)* dapat ditentukan dengan cara berikut ini:

1. Menentukan jumlah bilangan *deduct value* yang nilainya > 2 sebagai nilai q .
2. Menentukan *Total Deduct Value (TDV)* yaitu dengan menambahkan semua nilai *deduct value*.
3. Menentukan *Corrected Deduct Value (CDV)* dengan menggunakan nilai koreksi pada kurva koreksi jalan perkerasan aspal pada Gambar 3.21 berikut ini.



Gambar 3.21 Kurva Koreksi Jalan pada Perkerasan Lentur

(Sumber: ASTM D6433)

4. Dilakukan iterasi dengan mengurangi *deduct value* yang memiliki nilai > 2 diubah menjadi 2 lalu mengulangi langkah sebelumnya (poin 1 sampai 3) hingga mendapatkan nilai $q = 1$ atau mendekati nilai 1.

3.2.5 Nilai *Pavement Condition Index (PCI)*

Setelah nilai *CDV* didapatkan, maka nilai *PCI* untuk setiap unit sampel dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.4 (*ASTM International*, 2007) berikut ini:

$$PCI_s = 100 - CDV \quad (3.4)$$

dengan,

PCI_s : *Pavement Condition Index*

CDV : *Corrected Deduct Value*

Nilai *PCI* keseluruhan ruas jalan yang ditinjau dapat digunakan Persamaan 3.5 berikut ini:

$$PCI_f = \sum \frac{PCI_s}{N} \quad (3.5)$$

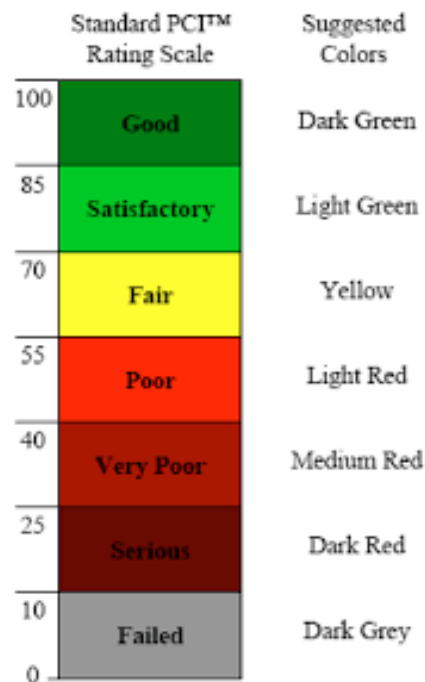
dengan,

PCI_f : Nilai *Pavement Condition Index* keseluruhan

PCI_s : Nilai *Pavement Condition Index* unit sampel

N : Jumlah unit sampel

Setelah didapat nilai *PCI* untuk keseluruhan ruas jalan yang ditinjau, untuk mengetahui kondisi perkerasan, dapat dilihat pada kondisi perkerasan pada Gambar 3.22 berikut ini.

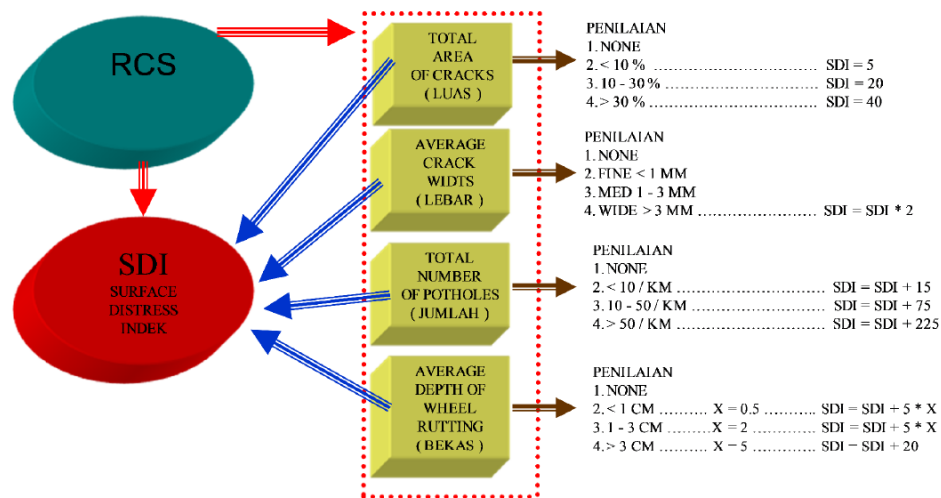


Gambar 3.22 Skala Penilaian *Pavement Condition Index (PCI)*

(Sumber: ASTM D6433)

3.3 Metode *Surface Distress Index (SDI)*

Surface Distress Index (SDI) adalah suatu metode dalam penilaian kondisi perkerasan jalan. Parameter penilaian *SDI* mencakup empat unsur, yaitu persentase luas retak (%), rata-rata lebar retak (mm), jumlah lubang, dan rata-rata kedalaman jejak roda (cm) dimana data-data tersebut didapatkan dari pengamatan visual di lapangan. Dalam menentukan nilai *SDI* diperlukan langkah-langkah yang dicantumkan pada Panduan Survei Kondisi Jalan SMD-03/RCS 2011 seperti pada Gambar 3.23 berikut ini.



Gambar 3.23 Perhitungan SDI

(Sumber: Panduan Survei Kondisi Jalan Bina Marga 2011)

Pada metode *SDI* pembagian unit sampel adalah dengan membagi jalan tiap tiap 100 m sepanjang jalan. Sehingga pada Jalan Yogyakarta - Pulowatu, Kabupaten Sleman didapatkan sebanyak 10 unit sampel. Langkah dalam menentukan nilai *SDI* berdasarkan empat aspek unsur di atas (Bina Marga, 2011) adalah sebagai berikut:

3.3.1 Luas Retak (*Total Area of Crack*)

Perhitungan dilakukan tiap satu unit sampel dengan cara:

$$\% \text{ Retak} = \frac{A}{P \times B} \quad (3.6)$$

dengan,

- A : Luas Total Retak (m²)
- B : Lebar Jalan (m)
- P : Panjang Tiap Sampel (m)

Setelah mendapatkan nilai persentase luas retak, kemudian mencari nilai *SDI* 1 dengan memasukkan persentase tersebut pada kategori pada Tabel 3.20.

Tabel 3.20 Penilaian SDI 1

Persentase	Nilai SDI 1
<i>None</i>	0
< 10 %	5
10 – 30 %	20
> 30 %	40

(Sumber: Panduan Survei Kondisi Jalan Bina Marga 2011)

3.3.2 Lebar Retak (*Average Cracks Width*)

Dari lebar retakan yang didapat dari lapangan, kemudian untuk mencari nilai *SDI 2* dapat dihitung dengan memasukkan lebar retakan (mm) tersebut pada Tabel 3.21.

Tabel 3.21 Penilaian SDI 2

Lebar	Nilai SDI 2
<i>None</i>	<i>SDI 1</i>
<i>Fine, < 1</i>	<i>SDI 1</i>
<i>Medium, 1 - 3</i>	<i>SDI 1</i>
<i>Wide, > 3</i>	<i>SDI 1 x 2</i>

(Sumber: Panduan Survei Kondisi Jalan Bina Marga 2011)

3.3.3 Jumlah Lubang (*Total Number of Potholes*)

Jumlah lubang yang dihitung pada metode *SDI* ini adalah yang mempunyai diameter lebih besar dari 10 cm. Jumlah lubang yang didapatkan dari hasil survei di lapangan, kemudian mencari nilai *SDI 3* dengan memasukkan nilai lebar retakan (mm) tersebut pada Tabel 3.22 berikut ini.

Tabel 3.22 Penilaian SDI 3

Jumlah	Nilai SDI 3
<i>None</i>	<i>SDI 2</i>
< 10 per km	<i>SDI 2 + 15</i>
10 – 50 per km	<i>SDI 2 + 75</i>
> 50 per km	<i>SDI 2 + 225</i>

(Sumber: Panduan Survei Kondisi Jalan Bina Marga 2011)

3.3.4 Kedalaman bekas roda (*Average Depth of Wheel Rutting*)

Dari kedalaman bekas roda yang didapat dari lapangan, kemudian untuk mencari nilai *SDI 4* adalah dengan memasukkan lebar retakan (mm) tersebut pada Tabel 3.23.

Tabel 3.23 Penilaian *SDI 4*

Kedalaman	Nilai <i>SDI 4</i>
<i>None</i>	<i>SDI 3</i>
< 1 cm	<i>SDI 3 + (5 x 0,5)</i>
1 – 3 cm	<i>SDI 3 + (5 x 2)</i>
> 3 cm	<i>SDI 3 + 20</i>

(Sumber: Panduan Survei Kondisi Jalan Bina Marga 2011)

Setelah didapatkan *SDI 4*, maka selanjutnya nilai tersebut dimasukkan dalam tabel berikut ini:

Tabel 3.24 Kondisi Sesuai dengan Nilai *SDI*

Nilai <i>SDI</i>	Kondisi
< 50	Baik
50 – 100	Sedang
100 – 150	Rusak Ringan
> 150	Rusak Berat

(Sumber: Panduan Survei Kondisi Jalan Bina Marga 2011)

3.4 Program *KENPAVE*

Program *KENPAVE* adalah *software* yang digunakan untuk menganalisis dan desain tebal perkerasan jalan, baik perkerasan kaku maupun perkerasan lentur yang dikembangkan oleh Huang, Y. H. (2012), P.E *Professor Emeritus of Civil Engineering University of Kentucky*. Pada *software KENPAVE* terbagi menjadi empat program, diantaranya *Layernip*, *Kenlayer*, *Slabinp*, dan *Kenslab*, perbedaan dari keempat program tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.25. Pada penelitian ini akan digunakan program *Layernip* dan *Kenlayer* yang merupakan program untuk menganalisis perkerasan lentur berdasarkan teori sistem lapis banyak. Tampilan

awal dan menu-menu utama pada program *KENPAVE* ditunjukkan pada Gambar 3.24 berikut ini.

Tabel 3.25 Program Analisis *KENPAVE* Menurut Jenis Perkerasan

No	Program Analisis Perkerasan Lentur	Program Analisis Perkerasan Kaku
1.	<i>Layerinp</i>	<i>Slabinp</i>
2.	<i>Kenlayer</i>	<i>Ken slab</i>



Gambar 3.24 Tampilan Awal Program *KENPAVE*

Untuk *input* data pada program *KENPAVE* dibutuhkan data karakteristik dan material perkerasan jalan, seperti modulus elastisitas, *poisson's ratio*, beban roda, tekanan roda, dan tebal perkerasan. Dalam permodelan lapis perkerasan jalan dengan program analisis *Layerinp* dibutuhkan data untuk input tegangan dan regangan pada struktur perkerasan serta respon terhadap beban. Parameter yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas didefinisikan sebagai rasio tegangan terhadap regangan dalam kisaran elastisitas bahan. Modulus elastisitas menggambarkan respon bahan terhadap gaya yang diterapkan kepadanya dalam bentuk gaya tarik

maupun gaya tekan, dapat dikatakan nilai modulus elastisitas mengukur seberapa besar bahan dapat mengembalikan bentuknya ke bentuk semula setelah diberikan gaya dan kemudian hilang. Modulus elastisitas sering juga disebut sebagai modulus young yang dinyatakan dalam satuan tekanan (Psi atau kPa). Adapun modulus elastisitas dapat dinyatakan dalam persamaan berikut ini.

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

dengan:

E : Modulus elastisitas (Psi atau kPa)

σ : Tegangan (kPa)

ε : Regangan

Nilai modulus elastisitas menjadi parameter yang harus diketahui pada setiap lapisan perkerasan. Nilai modulus elastisitas untuk beberapa jenis bahan perkerasan menurut Huang, Y. H. (2012) dapat dilihat pada Tabel 3.26.

Tabel 3.26 Nilai Modulus Elastisitas

Material	Modulus Elastisitas	
	Psi	kPa
<i>Cement-treated granular base</i>	$1 \times 10^6 - 2 \times 10^6$	$7 \times 10^6 - 14 \times 10^6$
<i>Cement aggregate mixture</i>	$5 \times 10^5 - 1 \times 10^6$	$35 \times 10^5 - 7 \times 10^6$
<i>Asphalt treated base</i>	$7 \times 10^4 - 45 \times 10^4$	$49 \times 10^4 - 3 \times 10^6$
<i>Asphalt concrete</i>	$2 \times 10^4 - 2 \times 10^6$	$14 \times 10^4 - 14 \times 10^6$
<i>Bituminous stabilized mixture</i>	$4 \times 10^4 - 3 \times 10^5$	$28 \times 10^4 - 21 \times 10^5$
<i>Lime stabilized</i>	$2 \times 10^4 - 7 \times 10^4$	$14 \times 10^4 - 49 \times 10^4$
<i>Unbond granular materials</i>	$15 \times 10^3 - 45 \times 10^3$	$105 \times 10^3 - 315 \times 10^3$
<i>Fine grained or natural subgrade materials</i>	$3 \times 10^3 - 4 \times 10^4$	$21 \times 10^3 - 28 \times 10^3$

(Sumber: Huang, 2012)

2. *Poisson's ratio*

Poisson's ratio adalah nilai perbandingan untuk mengetahui perubahan lebar terhadap perubahan panjang suatu bahan saat dikenai gaya tarik maupun gaya tekan. *Poisson's ratio* menjadi parameter yang penting dalam analisis struktural, karena nilai tersebut dapat mengetahui deformasi dan respons keseluruhan suatu bahan saat dikenai beban. Nilai *poisson's ratio* menurut Huang (2012) dapat dilihat pada Tabel 3.27 berikut ini.

Tabel 3.27 Nilai *Poisson's ratio*

Material	Nilai μ	μ Tipikal
<i>Hot mix asphalt</i>	0,30 – 0,40	0,35
<i>Portland cement concrete</i>	0,15 – 0,20	0,15
<i>Untreated granular material</i>	0,30 – 0,40	0,35
<i>Cement-treated granular material</i>	0,10 – 0,20	0,15
<i>Cement-treated fine-grained material</i>	0,15 – 0,35	0,25
<i>Lime-stabilized material</i>	0,10 – 0,25	0,20
<i>Lime-flyash mixture</i>	0,10 – 0,15	0,15
<i>Loose sand/silty sand</i>	0,20 – 0,40	0,30
<i>Dense sand</i>	0,30 – 0,45	0,35
<i>Fine-grained soil</i>	0,30 – 0,50	0,40
<i>Saturated soft clay</i>	0,40 – 0,50	0,45

(Sumber: Huang, 2012)

3. Ketebalan Perkerasan

Perkerasan jalan yang terdiri dari lapisan-lapisan yang dibangun dengan peran dan fungsi yang berbeda-beda dalam menopang beban yang melintas di atasnya. Struktur lapisan perkerasan jalan biasanya terdiri dari lapisan permukaan (*surface course*), lapisan pondasi (*base course*), dan lapisan *subgrade* (*subgrade course*). Setiap lapisan memiliki ketebalan yang berbeda-beda sesuai dengan desain perkerasan yang direncanakan. Ketebalan setiap lapisan perkerasan akan di input pada program *software KENPAVE*. Satuan

yang digunakan untuk mengukur ketebalan perkerasan setiap lapisan adalah mm atau *inch*.

4. Kondisi Beban

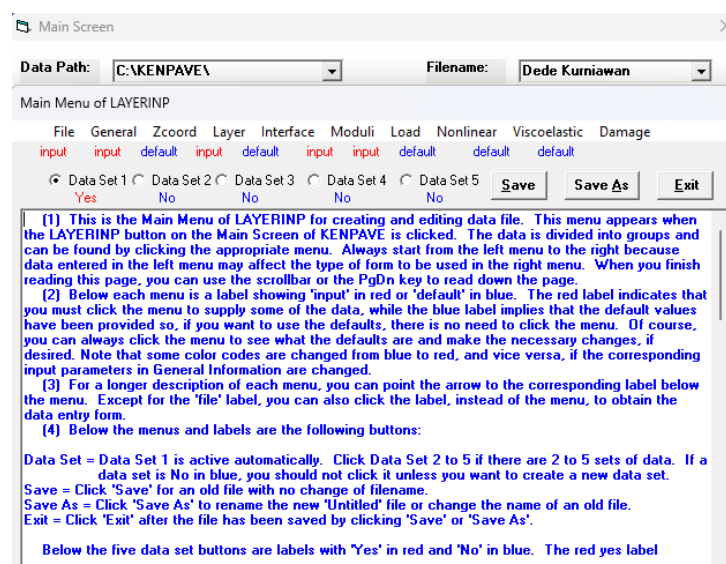
Kondisi beban kendaraan yang lewat di atas perkerasan menjadi faktor penting dalam merencanakan tebal perkerasan. Perencanaan perkerasan jalan harus memperhatikan beban kendaraan dengan faktor seperti, tipe kendaraan, bobot kendaraan, kepadatan lalu lintas, volume kendaraan, dan kecepatan kendaraan.

3.4.1 Program *Kenlayer*

Program *kenlayer* dapat dibuka apabila telah memasukkan data-data pada program *layerinp*. Pada program *layerinp* dilakukan pengisian beberapa data pada masing-masing menu yang ada. Berikut ini pemaparan mengenai menu-menu tersebut.

1. *File*

Pada menu "*File*" terdapat pilihan *New* dan *Old*, dimana pilihan *New* digunakan untuk membuat *file* baru, sedangkan pilihan *Old* digunakan untuk membuka *file* yang telah ada.



Gambar 3.25 Tampilan Layar Program *Layerinp*

2. General

Dalam menu “General” terdapat berbagai informasi umum dari suatu perkerasan yang akan ditinjau dan dianalisis. Gambar 3.26 dibawah ini merupakan tampilan dari menu “General”.

General Information of LAYERINP for Set No. 1		
TITLE	Dede Kurniawan	
Type of material (1=linear, 2=nonlinear, 3=viscoelastic, 4=combined)	(MATL)	1
Damage analysis (0=no, 1=yes with summary only, 2=yes with detailed printout)	(NDAMA)	0
Number of periods per year	(NPY)	1
Number of load groups	(NLG)	1
Tolerance for numerical integration	(DEL)	0,001
Number of layers	(NL)	3
Number of Z coordinates for analysis	(NZ)	0
Maximum cycles of numerical integration	(ICL)	80
Type of responses (1=displacements only, 5=plus stresses, 9=plus strains)	(NSTD)	9
All layer interfaces bonded (1=yes, 0=if some are frictionless)	(NBOND)	1
Number of layers for bottom tension	(NLBT)	1
Number of layers for top compression	(NLTC)	1
System of units (0=English, 1=SI)	(NUNIT)	0

[1] This form appears when the 'General' on the Main Menu of LAYERINP is clicked. You can override any of the default values by typing in a new value. You can use the Tab key to move the cursor from one textbox to the next or just click on the textbox before typing. The use of click has the advantage that you don't have to delete the default before typing in the data you want. If you want to read the remaining text, you can use the scrollbar. You can also use the PgDn key after clicking this textbox to make it active.
 [2] TITLE (title of run): Any title or comment can be typed on one line. The title should not be longer than 68 characters including spaces. If you make a mistake in typing, use the Del key to erase any typographical errors. When the total length reaches 68, no additional characters can be added. No comma should be used in TITLE. Use colon or semicolon instead.
 [3] MATL (types of material): 1 when all layers are linear elastic, 2 when some layers are nonlinear

Gambar 3.26 Tampilan Layar Menu General

Pada menu “General” terdapat beberapa menu yang harus diinput, diantaranya adalah sebagai berikut:

- Title* adalah judul dari analisis yang akan dilakukan dengan memberi nama pada kotak yang ada dengan 68 karakter atau kurang.
- MATL* adalah menu untuk menentukan tipe material. (1) jika semua lapisan merupakan lapisan linier elastis, (2) jika lapisan merupakan lapisan nonlinier elastis, (3) jika lapisan merupakan lapisan viskoelastis dan (4) jika lapisan merupakan campuran dari ketiga lapisan.
- NDAMA* adalah menu analisis kerusakan. (0) jika tidak ada kerusakan analisis, (1) jika terdapat kerusakan analisis dengan hasil *print out*, dan (2) jika terdapat kerusakan analisis dengan hasil *print out* yang lebih mendetail.
- NPY* merupakan jumlah periode per tahun yang dapat dibagi menjadi maksimum 12 periode untuk analisis kerusakan. Bahkan tanpa kerusakan, *NPY* dapat digunakan untuk menemukan pengaruh dari modulus lapisan

pada respon perkerasan dengan memberikan modulus yang berbeda untuk setiap periodenya.

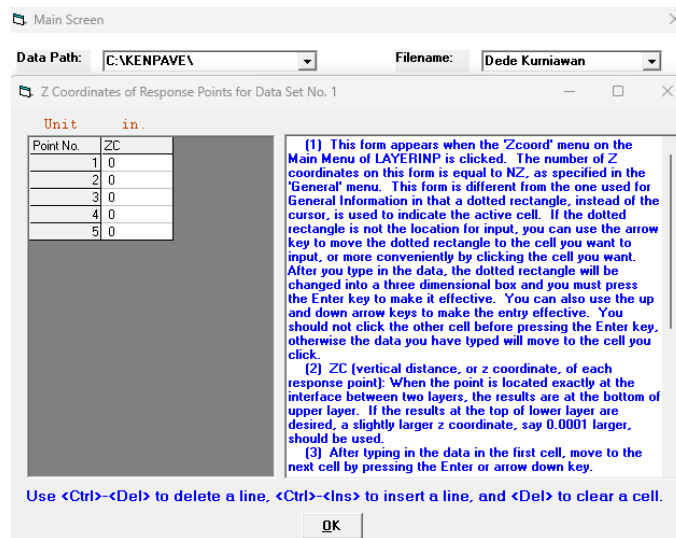
- e. *NLG* adalah jumlah kelompok beban gandar yang dapat dibagi menjadi maksimum 12 kelompok untuk analisis kerusakan, masing-masing dengan konfigurasi dan beban roda yang berbeda.
- f. *DEL* adalah toleransi untuk *integrasi* numerik dengan nilai *default* 0,001 yang menandakan nilai akurasi sebesar 0,1%.
- g. *NL* atau *number of layer* adalah jumlah lapisan perkerasan dengan maksimum 19 lapisan.
- h. *NZ* adalah letak koordinat arah Z yang dianalisis. Jika *NDAMA* = 1 atau 2, maka *NZ* = 0 karena program akan menganalisis berdasarkan jumlah koordinat dimana analisis kerusakan akan dilakukan.
- i. *NSTD* adalah menu untuk menentukan nilai tegangan, regangan dan *vertical displacement*. (1) untuk *vertical displacement*, (5) untuk *vertical displacement* dan nilai tegangan, dan (9) untuk *vertical displacement*, nilai tegangan dan nilai regangan.
- j. *NBOND* terdapat 2 pilihan diantaranya, (1) jika semua antar lapisan saling terikat, (2) jika tiap antar lapisan tidak terikat atau gaya geser diabaikan.
- k. *NLTC* adalah jumlah lapisan dengan analisis kerusakan berdasarkan regangan tarik pada bagian bawah lapisan aspal.
- l. *NUNIT* adalah satuan yang digunakan. (0) jika satuan *English*, (1) jika satuan *SI (Standart International)*. Berikut ini tabel perbedaan satuan *English* dan *SI*.

Tabel 3.28 Perbandingan Satuan *English* dan *SI*

Satuan	<i>English</i>	<i>SI</i>
Panjang	<i>Inch</i>	cm
Tekanan	Psi	kPa
Modulus	Psi	kPa

3. *Zcoord*

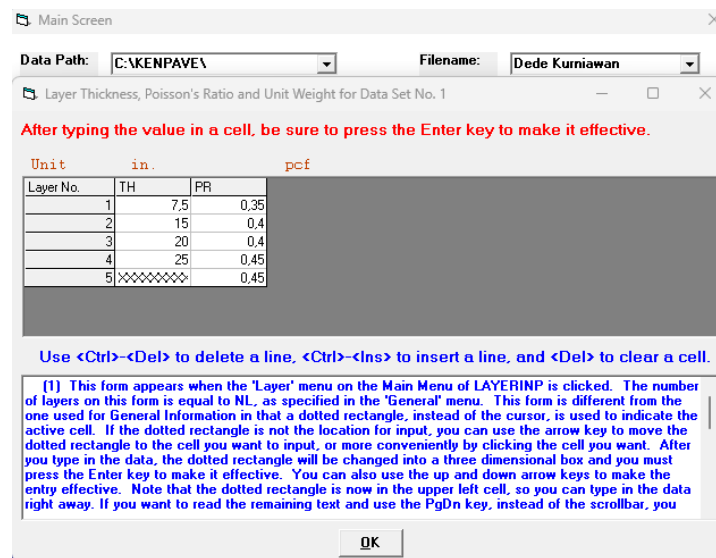
Zcoord merupakan menu untuk menganalisis lapis perkerasan pada koordinat Z yang memiliki jumlah poin yang sama dengan jumlah *NZ* pada menu “*General*”. *Zcoord* akan menganalisis jarak vertikal atau jarak dalam arah Z. Tampilan pada menu “*Zcoord*” dapat dilihat pada Gambar 3.27 berikut ini.



Gambar 3.27 Tampilan Layar Menu *Zcoord*

4. *Layer*

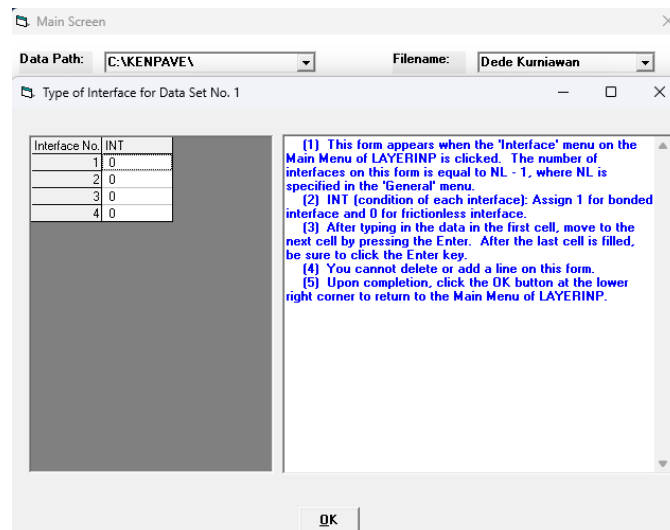
Menu “*Layer*” merupakan menu yang digunakan untuk memasukkan data jumlah lapisan perkerasan. Terdapat tabel *TH* (*thickness of each layer*) dan *PR* (*poisson's ratio of each layer*), nilai *TH* didapat dari tebal lapisan dan nilai *PR* dapat dilihat pada Tabel 3.27. Tampilan pada menu “*Layer*” dapat dilihat pada Gambar 3.28 berikut ini.



Gambar 3.28 Tampilan Layar Menu *Layer*

5. *Interface*

Menu “*Interface*” berkaitan pada menu *NBOND* yang terdapat pada menu “*General*”. Jika *NBOND* = 1, maka menu “*Interface*” menjadi *default* dan tidak dapat dibuka. Sedangkan jika *NBOND* = 2, maka menu “*Interface*” akan muncul seperti pada Gambar 3.29 berikut ini.



Gambar 3.29 Tampilan Layar Menu *Interface*

6. *Modulli*

Menu “*Modulli*” memiliki jumlah periode yang sama dengan jumlah *NPY* yang terdapat pada menu “*General*”. Maksimal *period* yang dapat diinput adalah

12, dengan nilai E adalah modulus elastisitas tiap lapisan. Tampilan menu “Modulli” dan *modulli for period* dapat dilihat pada Gambar 3.30 dan Gambar 3.31 berikut ini.

Gambar 3.30 Tampilan Layar Menu *Modulli*

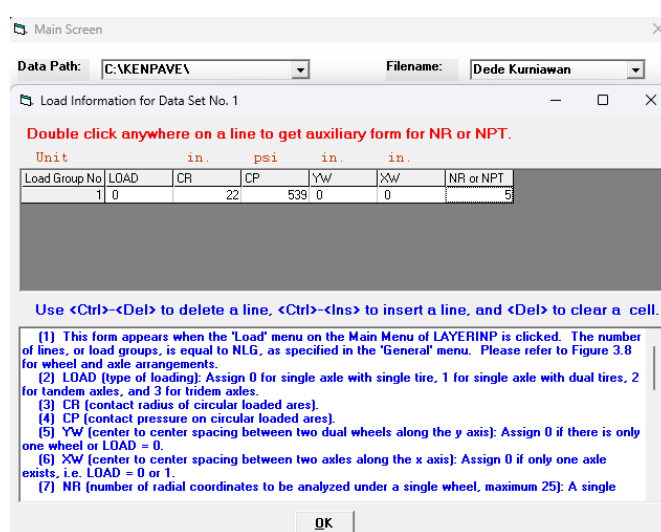
Layer No.	E
1	2000000
2	1400000
3	2600000
4	350000
5	30000

Gambar 3.31 Tampilan Layar Menu *Period*

7. Load

Menu “Load” merupakan jumlah unit yang sama dengan pada menu “General”. Pada kolom tabel terdapat beberapa variabel diantaranya *Load*, *CR*, *CP*, *YW*, *XW*, dan *NR or NPT Load*. Pada kolom *Load* nilai (0) untuk sumbu roda tunggal, nilai (1) untuk sumbu tunggal roda ganda, nilai (2) untuk sumbu

tandem, dan nilai (3) untuk sumbu triple. Kolom *CR* adalah radius untuk kontak pembebanan. Kolom *CP* adalah nilai beban yakni 550 Kpa (Samad, 2011). Kolom *YW* adalah jarak antar roda arah y, sedangkan *XW* arah x. *NR* adalah jumlah koordinat radial yang dianalisis dibawah satu roda, sedangkan *NPT* adalah jumlah titik koordinat x dan y yang dianalisis berdasarkan pada beberapa roda. Tampilan menu “Load” dapat dilihat pada Gambar 3.32 berikut ini.



Gambar 3.32 Tampilan Layar Menu Load

3.4.2 Jenis Kerusakan

Pemindahan respon struktural pada perkerasan terjadi setelah pemberian beban oleh lalu lintas. Beban ini memiliki potensi untuk menyebabkan kerusakan, kerusakan tersebut dapat diprediksi dengan mengetahui tingkat kerusakan yang mungkin terjadi pada perkerasan jalan. Huang (2012) dalam bukunya mengatakan terdapat tiga kategori kerusakan utama yang dapat dianalisis menggunakan bantuan *software KENPAVE*, yaitu *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation*. Menurut *Asphalt Institute* (1982) terdapat persamaan untuk mengetahui dan menganalisis umur perkerasan yang dapat dilihat pada Persamaan 3.8, 3.9, dan 3.10 berikut ini.

1. *Fatigue cracking* (retak leleh)

Analisis *fatigue cracking* digunakan untuk menentukan nilai pengulangan beban sesuai dengan regangan tarik dibawah lapisan permukaan yang dapat dirumuskan menggunakan Persamaan 3.8 berikut ini:

$$N_f = 0,0796 (\varepsilon_t)^{-3,921} [E]^{-0,854} \quad (3.8)$$

dengan:

N_f : Jumlah nilai beban pengulangan yang diizinkan untuk mengontrol *fatigue cracking* (ESAL)

ε_t : *Tensile strain* di lokasi tinjauan kritis yang dihitung berdasarkan respon model struktur atau regangan tarik pada bagian bawah lapis permukaan (cm)

E : Modulus elastisitas pada lapisan permukaan (kPa)

2. *Rutting* (retak alur)

Analisis *rutting* digunakan untuk menentukan nilai pengulangan beban sesuai dengan regangan tekan vertikal di atas lapisan dasar yang dapat dirumuskan menggunakan Persamaan 3.9 berikut ini:

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

dengan:

N_r : Jumlah nilai beban pengulangan yang diizinkan untuk mengontrol *rutting* (ESAL)

ε_c : Regangan tekan vertikal di atas lapisan dasar (cm)

3. *Permanent deformation* (deformasi permanen)

Analisis *permanent deformation* digunakan untuk mendapatkan nilai pengulangan beban sesuai dengan regangan tekan vertikal dibawah lapisan pondasi bawah yang dapat dirumuskan menggunakan Persamaan 3.10 berikut ini:

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

dengan:

N_d : Jumlah nilai beban pengulangan yang diizinkan untuk mengontrol *permanent deformation* (ESAL)

ε_c : Regangan tekan vertikal dibawah lapisan pondasi bawah (cm)

3.5 Desain Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga 2017

Desain perkerasan dilakukan menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 yang dikeluarkan oleh Pemerintah Indonesia melewati Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. Manual tersebut berisikan tentang ketentuan teknis pelaksanaan pekerjaan desain perkerasan jalan dan rehabilitasi perkerasan. Dalam penentuan desain perkerasan digunakan beberapa parameter sebagai acuan perhitungan seperti umur rencana, faktor laju pertumbuhan lalu lintas, faktor pengali pertumbuhan lalu lintas, dan beban lalu lintas.

3.5.1 Umur Rencana Jalan

Umur rencana jalan adalah jangka waktu atau periode yang telah ditetapkan untuk penggunaan jalan sesuai dengan rencana perencanaan sampai dengan dibutuhkan rehabilitasi atau perbaikan. Pada Manual Bina Marga 2017 umur rencana telah ditetapkan dengan mempertimbangkan analisis *discounted lifecycle cost* terendah. Ketentuan umur rencana berdasarkan Bina Marga 2017 dapat dilihat pada Tabel 3.29 berikut ini.

Tabel 3.29 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Pondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti underpass, jembatan, jalan perkotaan, terowongan.	

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Bina Marga Revisi Juni 2017)

Lanjutan Tabel 3.29 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan Lentur	<i>Cement Treated Based (CTB)</i>	40
Perkerasan Kaku	Lapis pondasi atas, lapis beton semen, pondasi jalan, dan lapis pondasi bawah.	
Jalan Tanpa Penutup	Semua elemen (termasuk pondasi jalan)	Minimum 10

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Bina Marga Revisi Juni 2017)

3.5.2 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas mengacu pada jumlah kendaraan yang lewat pada suatu titik pengamatan di jalan dalam periode waktu tertentu, biasanya diukur dalam jumlah kendaraan per jam. Data volume lalu lintas yang digunakan dapat berupa lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) dan lalu lintas harian (LHR). Data tersebut dapat digunakan untuk menentukan desain perkerasan dan menentukan kebutuhan pemeliharaan.

3.5.3 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

Faktor pertumbuhan lalu lintas merupakan nilai yang menggambarkan perkiraan peningkatan volume lalu lintas dalam jangka waktu tertentu, biasanya dinyatakan sebagai persentase kenaikan volume lalu lintas dari tahun ke tahun. Nilai faktor pertumbuhan lalu lintas telah tersedia pada Manual Bina Marga 2017 untuk tahun 2015-2035, tetapi pada penelitian ini dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan 3.11 untuk mendapatkan nilai faktor pertumbuhan lalu lintas yang lebih akurat berdasarkan perbandingan data LHR yang diperoleh dari tahun ke tahun.

$$i = \left(\frac{LHR_T}{LHR_O} \right)^{\frac{1}{n-1}} - 1 \quad (3.11)$$

dengan:

i : Faktor laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

LHR_T : LHR akhir umur rencana (kend/hari)

LHR_O : LHR awal umur rencana (kend/hari)

n : Umur rencana (tahun)

Adapun untuk menghitung nilai faktor pengali pertumbuhan lalu lintas (R) terdapat pada Persamaan 3.12 yang diperoleh dari Manual Bina Marga 2017.

$$R = \frac{(1+0,01 i)^{UR}-1}{0,01 i} \quad (3.12)$$

dengan:

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

i : Faktor laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR : Umur Rencana (tahun)

3.5.4 Faktor Distribusi Lajur

Lajur rencana merupakan jalur lalu lintas pada suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga seperti bus dan truk yang paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana diukur menggunakan kumulatif beban gandar standar (*ESA*) yang mempertimbangkan faktor distribusi arah (*DD*) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (*DL*). Pada umumnya faktor distribusi arah (*DD*) digunakan nilai 0,50 pada jalan untuk dua arah kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaganya cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu.

Pada Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 nilai faktor distribusi lajur (*DL*) telah ditetapkan berdasarkan jumlah lajur setiap arah. Faktor distribusi lajur (*DL*) dapat dilihat pada Tabel 3.30 berikut ini.

Tabel 3.30 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur Setiap Arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Bina Marga Revisi Juni 2017)

Lanjutan Tabel 3.30 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur Setiap Arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
3	60
4	50

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Bina Marga Revisi Juni 2017)

3.5.5 Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor, VDF*)

Faktor ekuivalen beban (*VDF*) digunakan untuk mengkonversi beban lalu lintas menjadi beban standar (*ESA*) dalam desain perkerasan. Menurut Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017, perhitungan beban lalu lintas dapat dilakukan dengan cara survei langsung menggunakan studi jembatan timbang statis atau dengan menggunakan data *Weight in Motion (WIM)* regional yang dikeluarkan oleh Ditjen Bina Marga.

Jika tidak memungkinkan untuk melakukan survei beban gandar oleh perencana dan data survei beban gandar sebelumnya tidak tersedia, maka nilai *VDF* yang tercantum pada Tabel 3.31 dan Tabel 3.32 dapat digunakan untuk menghitung *ESA*. Pada tabel tersebut menunjukkan nilai *VDF* regional masing-masing jenis kendaraan niaga yang dihasilkan dari data studi *WIM* oleh Dirjen Bina Marga pada tahun 2012-2013, tetapi data tersebut perlu diperbarui secara berkala sekurang-kurangnya 5 tahun. Nilai *VDF* masing-masing jenis kendaraan pada Tabel 3.31 dan Tabel 3.32 dapat digunakan apabila survei lalu lintas telah dapat mengidentifikasi jenis dan muatan kendaraan niaga. Periode beban aktual diperoleh menggunakan nilai *VDF* beban nyata, sedangkan periode beban normal (terkendali) diperoleh menggunakan muatan sumbu terberat 12 ton.

Tabel 3.31 Nilai VDF Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga

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

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Bina Marga Revisi Juni 2017)

Tabel 3.32 Nilai VDF Masing-Masing Kendaraan Niaga

Jenis kendaraan		Uraian	Konfigurasi sumbu	Muatan yang diangkut	Kelompok sumbu	Distribusi tipikal (%)		Faktor Ekvivalen Beban (VDF)	
Klasifikasi lama	Alternatif					Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF 4	VDF 5
1	1	Sepeda motor	1.1	Muatan yang diangkut	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	3,8	5,5	1,6	1,7
6b2.1	8.1	Truk 2 - sumbu berat	1.2	Muatan umum	2			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: Manual Desain Perkerasan Bina Marga Revisi Juni 2017)

3.5.6 Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (*CESAL*) adalah jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan menggunakan Persamaan 3.13 dibawah ini.

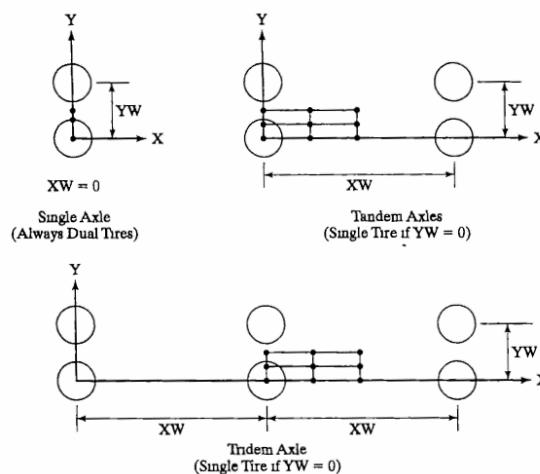
$$ESA = (\sum LHR_{\text{tiap jenis kendaraan}} \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (3.13)$$

dengan:

- ESA* : lintasan sumbu standar ekivalen (*Equivalent Standard Axle*)
LHR : lintas harian rerata tiap jenis kendaraan (kendaraan/hari)
VDF : Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) untuk tiap jenis kendaraan niaga, lihat pada Tabel 3.31
DD : Faktor distribusi arah
DL : Faktor distribusi lajur, lihat pada Tabel 3.30
R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas, lihat pada Persamaan 3.12

3.5.7 Detail Beban Sumbu Roda

Data detail beban sumbu roda merupakan data yang dibutuhkan untuk menghitung beban lalu lintas rencana. Adapun detail beban sumbu roda, yaitu beban sumbu, jari-jari bidang kontak, tekanan roda untuk satu ban, dan jarak antar sumbu roda. Data detail sumbu roda dapat dilihat pada Gambar 3.33 berikut ini.



Gambar 3.33 Plan View of Multiple Wheels

(Sumber: Huang, 2012)

3.5.8 Desain Perkerasan

Terdapat beberapa jenis variasi perkerasan dalam mendesain perkerasan jalan yang dipertimbangkan berdasarkan volume lalu lintas, kondisi pondasi jalan, dan umur rencana. Pemilihan alternatif desain pada Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 didasarkan pada *discounted lifecycle cost* terendah dan melihat nilai $CESA_4$ yang diperoleh. Ketentuan dalam pemilihan jenis perkerasan dapat dilihat pada Tabel 3.33.

Tabel 3.33 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 – 4	> 4 – 10	> 10 – 30	> 30 -200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan $CBR \geq 2,5\%$)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC-WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal ≥ 100 mm dengan lapis pondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis pondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Pondasi <i>Soil Cement</i>	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Bina Marga Revisi Juni 2017)

Catatan:

Tingkat kesulitan:

1. Kontraktor kecil – medium
2. Kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai
3. Membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus – dibutuhkan kontraktor spesialis Burda

Setelah menentukan jenis perkerasan yang akan digunakan maka tebal perkerasan dapat ditentukan berdasarkan nilai $CES A_5$ yang diperoleh. Desain tebal perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 3.34, sedangkan pada Tabel 3.35 menjelaskan tebal lapis pondasi agregat kelas A yang dapat disesuaikan dengan nilai CBR .

Tabel 3.34 Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir

Struktur Perkerasan									
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Solusi yang dipilih					Lihat catatan 2				
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana ($10^6 ESA_5$)	< 2	> 2 - 4	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
Ketebalan Lapis Perkerasan (mm)									
<i>AC - WC</i>	40	40	40	40	40	40	40	40	40
<i>AC - BC</i>	60	60	60	60	60	60	60	60	60
<i>AC Base</i>	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Bina Marga Revisi Juni 2017)

Tabel 3.35 Penyesuaian Tebal Lapis Pondasi Agregat A Untuk Tanah Dasar $CBR \geq 7\%$

	Struktur Perkerasan								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Solusi yang dipilih					Lihat catatan 2				
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana ($10^6 ESA_5$)	< 2	> 2 - 4	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
Tebal LPA A (mm) Penyesuaian Terhadap Bagan Desain 3B (Tabel 3.33)									
<i>Subgrade CBR $\geq 5,5 - 7$</i>	400	300	300	300	300	300	300	300	300
<i>Subgrade CBR > 7 - 10</i>	330	220	215	210	205	200	200	200	200
<i>Subgrade CBR ≥ 10</i>	260	150	150	150	150	150	150	150	150
<i>Subgrade CBR ≥ 15</i>	200	150	150	150	150	150	150	150	150

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Bina Marga Revisi Juni 2017)

3.6 Pemeliharaan dan Perbaikan Jalan

Shahin (2005) menyatakan dalam bukunya bahwa pemeliharaan dan perbaikan dapat dibagi menjadi 3 kategori yaitu *localized preventive*, *global preventive*, dan *major maintenance*. Dibawah ini penjabaran kategori tersebut beserta metode pemeliharaan dan perbaikan yang termasuk kedalamnya.

3.6.1 *Localized Preventive* (Pencegahan Lokal)

Localized preventive adalah upaya pemeliharaan yang bertujuan untuk memperlambat penurunan nilai kondisi jalan. Metode pada pemeliharaan dan perbaikan yang dilakukan antara lain:

1. *Crack Sealing*

Crack Sealing merupakan pemeliharaan perkerasan jalan dengan mengisi retakan dan sambungan pada slab beton (*PCC*). Teknik ini bertujuan untuk menutup retakan supaya air tidak meresap ke dalam perkerasan. Metode ini termasuk upaya pencegahan yang murah dan efektif untuk digunakan sebagai pencegahan ketika jalan memiliki kondisi yang baik. Berikut ini contoh pemeliharaan dengan metode *crack sealing* pada permukaan perkerasan yang mengalami kerusakan pada Gambar 3.34.



Gambar 3.34 *Crack Sealing*

(sumber: <https://asphaltservicesinc.com/services/crack-sealing/>)

(akses: 31/10/2023 pukul 15.15)

2. *Full-Depth Patching*

Full-depth patching merupakan pemeliharaan jalan dengan cara mengganti lapis permukaan aspal menggunakan lapisan baru. Tujuan dari perbaikan metode ini yaitu dapat mengembalikan kondisi perkerasan jalan baik struktural maupun fungsional akibat kerusakan jalan yang terjadi. Berikut ini contoh pemeliharaan dengan metode *crack sealing* pada permukaan perkerasan yang mengalami kerusakan pada Gambar 3.35.



Gambar 3.35 *Full-depth patching*

(sumber: <https://blackhawkpaving.com/>)

(akses: 31/10/2023 pukul 15.20)

3.6.2 *Global Preventive* (Pencegahan Global)

Global preventive merupakan pemeliharaan dan perbaikan jalan dengan kondisi perkerasan telah mengalami kerusakan. Hal yang perlu dilakukan untuk mencegah kerusakan menjadi semakin parah dan memperlambat terjadinya kerusakan, yaitu dengan metode-metode berikut ini:

1. *Fog Seal*

Shahin (2005) menyatakan teknologi *fog seal* cocok digunakan pada perkerasan yang memiliki kondisi yang masih bagus dan kerusakannya sebatas retak rambut dan *stripping* (pengausan). Metode pemeliharaan ini yaitu dengan cara menyemprotkan aspal emulsi cair pada permukaan perkerasan aspal yang mengalami kerusakan. Manfaat dari menggunakan metode ini diantaranya sebagai berikut:

- a. Membuat permukaan aspal tahan terhadap gerusan dan kedap air.

- b. Mencegah terjadinya penurunan umur rencana perkerasan secara cepat.
- c. Permukaan aspal terlapis sehingga mencegah pelepasan butiran agregat (*raveling*).
- d. Memperbaiki retak halus dengan mengisi retak pada perkerasan.

Berikut ini contoh pemeliharaan dengan metode *fog seal* pada permukaan perkerasan yang mengalami kerusakan pada Gambar 3.36.



Gambar 3.36 Fog Seal

(sumber: <https://walkerconstruction.ca/services/fog-seal>)

(akses: 31/10/2023 pukul 15.22)

2. *Slurry Seal*

Shahin (2005) menyatakan *slurry seal* merupakan campuran dingin dari aspal emulsi, agregat bergradasi baik, air, dan *mineral filter*. Metode perbaikan ini dilakukan dengan cara menghamparkan dan memadatkan permukaan perkerasan yang mengalami kerusakan. Beberapa manfaat dari perbaikan dengan metode *slurry seal* antara lain:

- a. Membantu mengurangi kerusakan akibat dari oksidasi.
- b. Membuat aspal memiliki kekesatan dan kekasaran pada permukaannya.
- c. Memperbaiki permukaan agar air tidak dapat masuk ke dalam perkerasan.
- d. Melapisi permukaan perkerasan, sehingga tidak terjadi pelepasan butiran (*raveling*).
- e. Menutup retak pada permukaan perkerasan.

Berikut ini contoh pemeliharaan dengan metode *slurry seal* pada permukaan perkerasan yang mengalami kerusakan pada Gambar 3.37.



Gambar 3.37 Slurry Seal

(Sumber: <https://harddrives-asphalt.com/maintenance-repair/slurry-seal/>)

(akses: 31/10/2023 pukul 15.24)

3. *Microsurfacing*

Microsurfacing memiliki metode pekerjaan yang sama seperti *slurry seal*. Perbedaan dengan metode *slurry seal* yaitu pada cara pengerasannya. *Microsurfacing* mengganti aspal emulsi dengan aspal emulsi yang dikombinasikan dengan *polymer*. Beberapa manfaat dari perbaikan dengan metode *microsurfacing* antara lain:

- a. Membantu mengurangi kerusakan akibat dari oksidasi.
- b. Membuat aspal memiliki kekesatan dan kekasaran pada permukaannya.
- c. Memperbaiki permukaan agar air tidak dapat masuk ke dalam perkerasan.
- d. Melapisi permukaan perkerasan, sehingga tidak terjadi pelepasan butiran (*raveling*).
- e. Menutup retak pada permukaan perkerasan.
- f. Membantu agar dapat bertahan terhadap abrasi

Berikut ini contoh pemeliharaan dengan metode *microsurfacing* pada permukaan perkerasan yang mengalami kerusakan pada Gambar 3.38.



Gambar 3.38 Crack Sealing

(Sumber: <https://dpw.lacounty.gov/gmed/lacroads/TreatmentMicrosurfacing.aspx>)
(akses: 31/10/2023 pukul 15.26)

4. *Chip Seal*

Chip seal adalah perbaikan permukaan jalan dengan melapisi perkerasan aspal dengan aspal cair atau aspal emulsi, serta pelapisan agregat yang dipadatkan. Pelapisan dengan metode ini digunakan untuk mengatasi kerusakan minor pada kerusakan jalan seperti pelepasan butir (*raveling*), retak-retak (*crack*), permukaan perkerasan aspal yang licin atau agregat yang sudah aus. Perawatan dengan metode ini tidak cocok digunakan untuk menangani kerusakan *rutting* (rusak alur) dan *depression* (ambblas). Beberapa manfaat dari menggunakan metode *chip seal* antara lain:

- a. Membuat permukaan bertekstur, sehingga perkerasan memiliki kekesatan dan tahanan gelincir (*skin resistance*).
- b. Mencegah masuknya air pada permukaan perkerasan yang mengalami keretakan.
- c. Memperbaiki permukaan perkerasan agar tidak terjadi pelepasan butiran (*raveling*).

Contoh pemeliharaan dengan metode *chip seal* pada permukaan perkerasan yang mengalami kerusakan pada Gambar 3.39 berikut ini.



Gambar 3.39 Chip Seal

(Sumber: https://www.hjnews.com/allaccess/logan-begins-chip-sealing-roads/article_85857b2a-9075-51e2-abba-f9b496933176.html)
(akses: 31/10/2023 pukul 15.28)

5. Lapis Tipis Beton Aspal (LTBA)

Lapis tipis beton aspal adalah lapisan tambahan yaitu dengan cara *mill and fill* dengan ketebalan lapisan tambahan 30 mm. Metode ini cocok digunakan pada perkerasan aspal dengan kondisi yang baik dan bertujuan untuk memperbaiki kerusakan yang terjadi seperti pelepasan butiran (*raveling*), retak (*crack*), dan alur (*rutting*). Gradasi yang digunakan pada campuran aspal panas ini yaitu maksimum 4,75 mm dan 9,5 mm. Adapun manfaat dari metode ini antara lain:

- a. Dapat didaur ulang dan mudah dalam pemeliharaannya.
- b. Dapat menahan beban lalu lintas yang besar serta memiliki tegangan geser yang tinggi.
- c. Permukaan perkerasan halus serta kedap terhadap air.
- d. Perbaikan jangka panjang dan *life cycle cost* rendah.

Berikut contoh pemeliharaan dengan metode lapis tipis beton aspal (LTBA) pada Gambar 3.40.



Gambar 3.40 Lapis Tipis Beton Aspal (LTBA)

(Sumber: <http://elearning.litbang.pu.go.id/teknologi/lapis-tipis-beton-aspal-ltba-thin-hot-mix-asphalt-thma>)

(akses: 31/10/2023 pukul 15.30)

3.6.3 *Major Maintenance* (Pemeliharaan Utama)

Perbaikan *major maintenance* akan digunakan untuk memperbaiki atau meningkatkan perkerasan baik secara struktural maupun fungsional. Perbaikan ini biasanya dilakukan untuk menangani perkerasan yang mengalami penurunan dan perkerasan yang mengalami perubahan dalam beban lalu lintas. Berikut ini beberapa metode perbaikan *major maintenance*.

1. *Cold Recycling*

Cold recycling merupakan upaya perbaikan dan pemeliharaan jalan yang dilakukan dengan cara merehabilitasi perkerasan menggunakan aspal yang direklamasi dan diolah tanpa menggunakan panas. Campuran aspal terdiri dari *Recycling Asphalt Pavement (RAP)*, agregat, dan aspal. Metode ini akan dilakukan jika perkerasan mengalami kerusakan yang sangat parah, biasanya dilakukan pada *base course*. Berikut ini contoh pekerjaan *cold recycling* pada Gambar 3.41 dibawah ini.



Gambar 3.41 Cold Recycling

(Sumber: <https://www.worldhighways.com/wh5/products/cold-recycling-foamed-bitumen-innovative-technique>)

(akses: 31/10/2023 pukul 15.32)

2. *Hot Recycling*

Hot recycling sebenarnya hampir sama dengan *cold recycling*, namun terdapat perbedaan pada campuran aspal baru yaitu pada campuran *hot recycling* ditambahkan *hot mix*. Contoh pekerjaan *hot recycling* pada Gambar 3.42 berikut ini.



Gambar 3.42 Hot Recycling

(Sumber: <https://www.wirtgen-group.com/en-de/applications/road-construction/road-rehabilitation/hot-recycling/>)

(akses: 31/10/2023 pukul 15.34)

3. *Hot In-Place Recycling*

Hot in-place recycling merupakan perbaikan permukaan aspal yang dilakukan dengan memanfaatkan panas dari inframerah. Tujuan dari metode ini adalah

untuk menjaga ketahanan pada perkerasan jalan, menguatkan daya ikat, dan memperlambat terjadinya retak. Pekerjaan ini dilakukan secara langsung di lokasi kerusakan. Metode ini dilakukan melalui 3 tahap yaitu menghilangkan bagian perkerasan yang rusak, menambah bahan tambahan pada *Recycling Asphalt Pavement (RAP)*, menghamparkan dan memadatkan campuran baru. Dapat juga dilanjutkan dengan *overlay* jika masih diperlukan. Berikut ini Gambar 3.43 yang menunjukkan pekerjaan *hot in-place recycling*.



Gambar 3.43 Hot In-Place Recycling

(Sumber: <https://informedinfrastructure.com/36026/hot-in-place-asphalt-recycling-yields-benefits-for-road-rehabilitation/>)

(akses: 31/10/2023 pukul 15.36)

4. *Cold In-Place Recycling*

Cold in-place recycling adalah teknik peremajaan permukaan perkerasan yang hampir sama dengan teknik *hot in-place recycling* baik dari segi tujuan maupun tahapannya. Perbedaan dari kedua teknik ini adalah *cold in-place recycling* tidak menggunakan panas dalam pengerjaannya. Berikut ini gambar pekerjaan perbaikan *cold in-place recycling* pada Gambar 3.44.



Gambar 3.44 Cold In-Place Recycling

(Sumber: https://www.researchgate.net/figure/Cold-In-Place-Recycling-using-Cold-Recycling-Train_fig8_267268309)
(akses: 31/10/2023 pukul 15.38)

5. *Asphalt Cement Overlay*

Asphalt cement overlay merupakan perbaikan yang dilakukan dengan melapisi ulang perkerasan dengan campuran *Asphalt Cement (AC)*. Proses ini bertujuan untuk memperbaiki dan meningkatkan kapasitas struktural dan fungsional dari perkerasan. Teknik ini cocok digunakan pada perkerasan dengan dasar yang masih baik. Berikut ini gambar pekerjaan perbaikan *asphalt cement overlay* pada Gambar 3.45.



Gambar 3.45 Ac Overlay

(Sumber: <https://limitlesspavingandconcrete.com/asphalt-overlay-cost-commercial/>)
(akses: 31/10/2023 pukul 15.40)

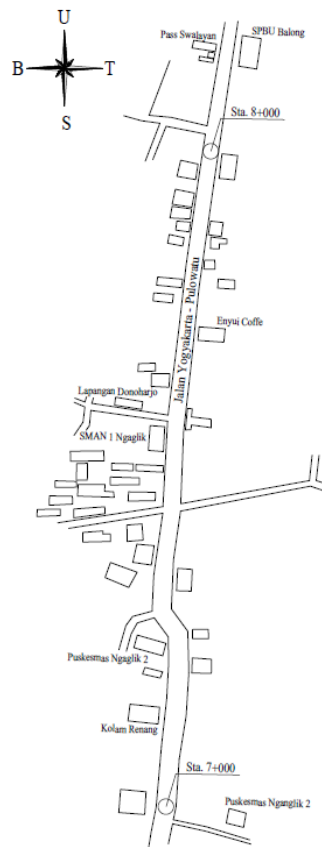
3.6.4 *Reconstruction* (Rekonstruksi)

Rekonstruksi merupakan pergantian seluruh struktur perkerasan eksisting dengan struktur perkerasan baru yang sama atau lebih tinggi kualitas mutunya. Rekonstruksi digunakan apabila kondisi perkerasan jalan sudah sangat buruk sehingga diperlukan perbaikan secara menyeluruh fungsional maupun strukturalnya. Metode rekonstruksi membutuhkan biaya yang besar karena pekerjaan dilaksanakan seperti membuat jalan baru.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

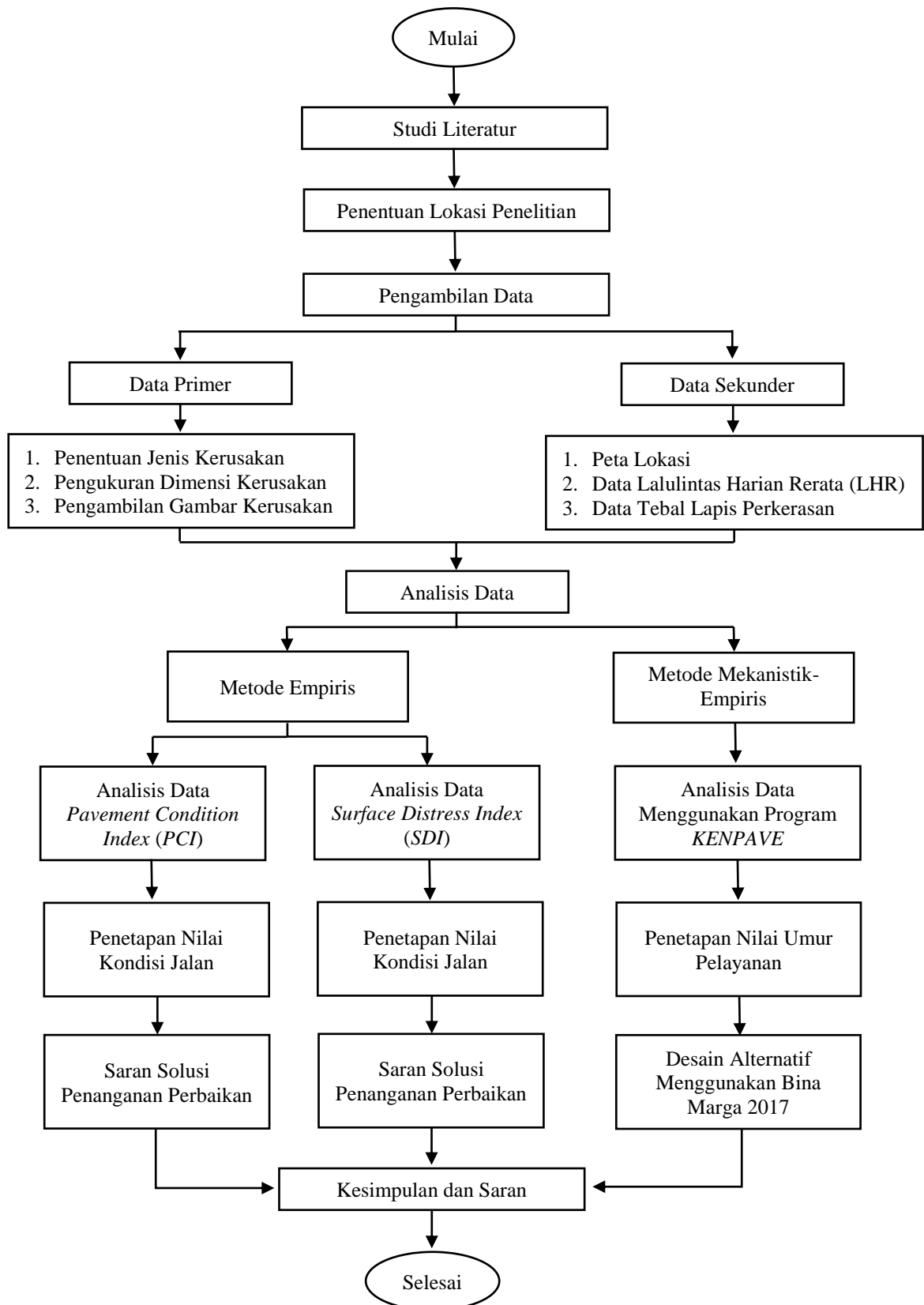
Lokasi penelitian ini dilakukan disepanjang ruas Jalan Yogyakarta - Pulowatu pada Sta. 7+000 – 8+000, Kabupaten Sleman, Yogyakarta dengan panjang jalan yang ditinjau 1 km. Lokasi jalan tersebut termasuk pada jalan provinsi yang menjadi jalan alternatif menuju Kota Yogyakarta. Lokasi penelitian pada ruas jalan ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian

4.2 Alir Penelitian

Alir penelitian digunakan untuk mempermudah dalam penyusunan tugas akhir yang dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian

4.3 Alat dan Bahan Penelitian

Pada survei perkerasan secara visual dilakukan dengan bantuan alat-alat sebagai berikut:

1. Alat tulis
2. Roll meter
3. Pita ukur
4. Kamera/*Handphone*
5. Formulir Survei

4.4 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini digunakan data sekunder dan data primer untuk menganalisis perkerasan. Data primer dalam penelitian ini didapat dari survei di lapangan secara langsung, sedangkan data sekunder didapat dari instansi terkait.

4.4.1 Data Primer

Data primer diperoleh dari survei visual di lapangan dengan menggunakan metode *Pavement Condition Index (PCI)* dan *Surface Distress Index (SDI)*. Adapun data primer yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain:

1. Jenis kerusakan jalan
2. Dimensi kerusakan jalan
3. Gambar kerusakan jalan

4.4.2 Data Sekunder

Data sekunder pada penelitian ini didapat dari Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral (PUPR) Daerah Istimewa Yogyakarta. Adapun data yang diperlukan antara lain:

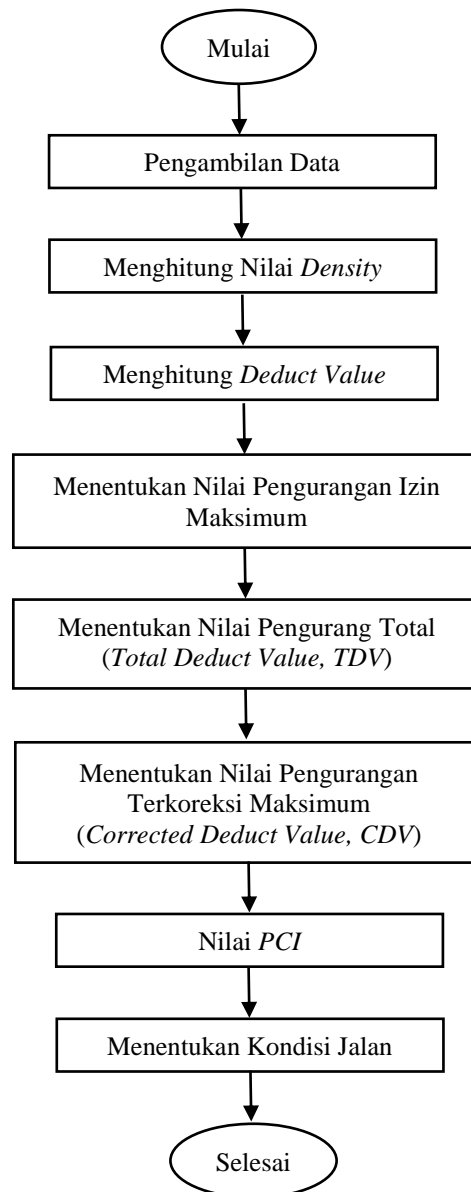
1. Peta lokasi
2. Lalu lintas harian rata-rata (LHR)
3. Data Tebal Lapis Perkerasan

4.5 Metode Analisis Data

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan beberapa metode analisis diantaranya adalah sebagai berikut:

4.5.1 Metode *Pavement Condition Index (PCI)*

Pada analisis data menggunakan *PCI* terdapat langkah-langkah yang dibutuhkan untuk memperoleh nilai kondisi perkerasan jalan. Langkah-langkah tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut ini.



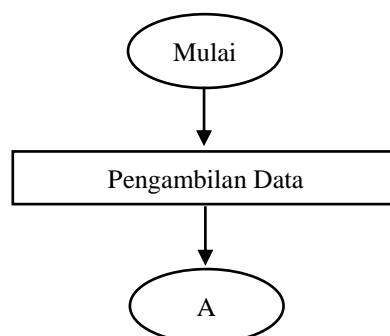
Gambar 4.3 Bagan Alir Metode *PCI*

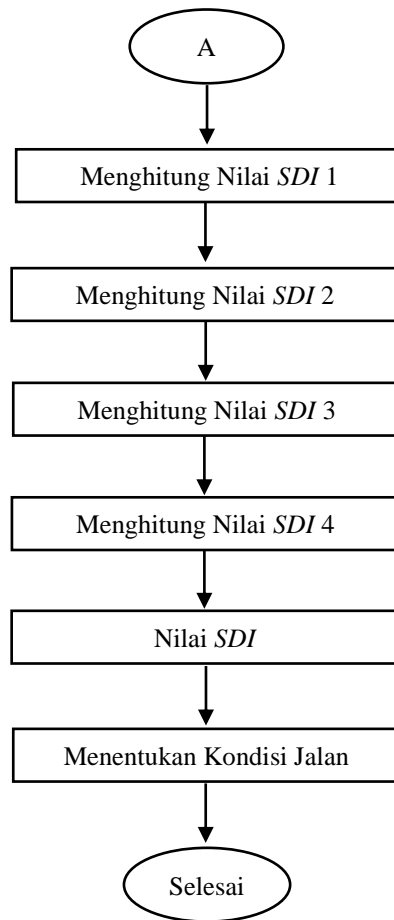
Berdasarkan bagan alir di atas, berikut ini penjelasan langkah-langkah yang dilakukan menurut metode *PCI*:

1. Pengambilan data lapangan dengan menentukan dimensi kerusakan menurut jenis kerusakan serta menentukan tingkat keparahan kerusakan jalan *Low (L)*, *Medium (M)*, dan *High (H)*.
2. Setelah semua data kerusakan jalan didapatkan, selanjutnya menghitung nilai *density* menggunakan Persamaan 3.1 atau Persamaan 3.2.
3. Kemudian dari *density* yang diperoleh maka *deduct value* dapat diketahui dengan menggunakan grafik hubungan antara *density* dengan *deduct value* dari tiap jenis kerusakan.
4. Menentukan jumlah pengurangan izin maksimum (m) menggunakan Persamaan 3.3.
5. Kemudian menghitung nilai pengurang total (*Total Deduct Value, TDV*) dengan menjumlahkan nilai *deduct value*.
6. Menentukan nilai pengurangan terkoreksi maksimum (*Corrected Deduct Value, CDV*) yang ditentukan berdasarkan kurva koreksi untuk perkerasan lentur pada Gambar 3.21.
7. Nilai *PCI* setiap unit sampel dapat ditentukan menggunakan Persamaan 3.4.
8. Kemudian menentukan nilai kondisi jalan keseluruhan berdasarkan skala penilaian *PCI* pada Gambar 3.22.

4.5.2 Metode *Surface Distress Index (SDI)*

Pada analisis data menggunakan *SDI* terdapat langkah-langkah yang diperlukan untuk memperoleh nilai kondisi perkerasan berdasarkan metode *SDI*. Langkah-langkah tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut ini.





Gambar 4.4 Bagan Alir Metode SDI

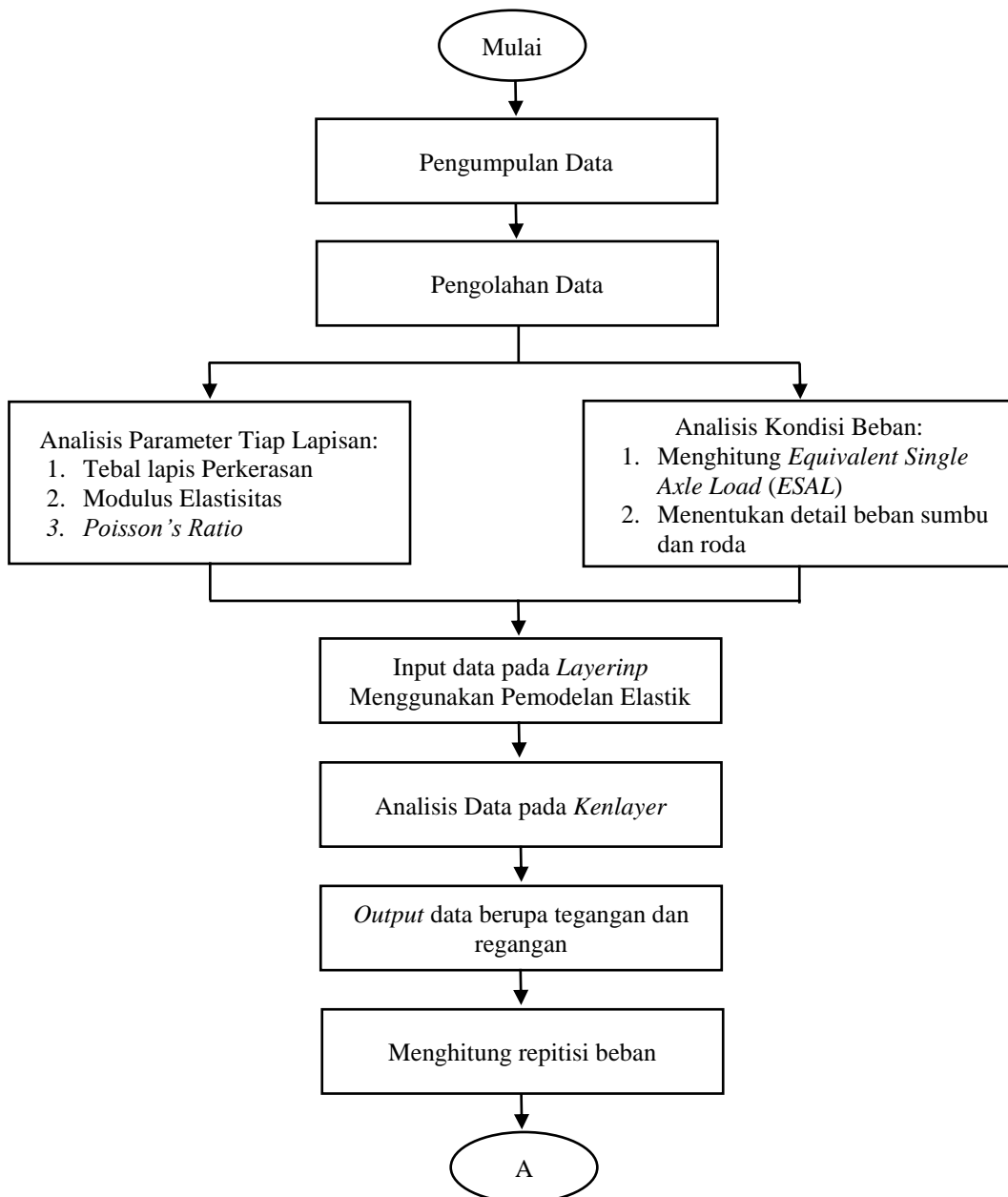
Berdasarkan bagan alir di atas, berikut ini penjelasan langkah-langkah yang dilakukan menurut metode *SDI*:

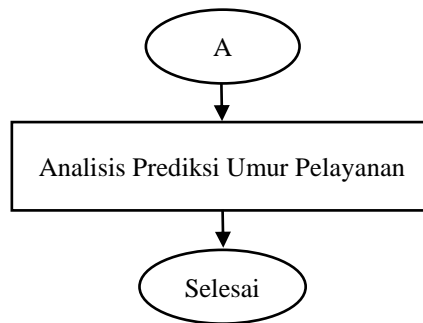
1. Pengambilan data lapangan dengan menentukan persentase luas area retak (%), jumlah lubang tiap bagian (m), rerata kedalaman alur (cm), dan rerata lebar retak (mm).
2. Nilai *SDI* 1 didapat dengan mencari nilai persentase luas retak pada Persamaan 3.6, kemudian mengecek nilai persentase tersebut pada Tabel 3.20.
3. Nilai *SDI* 2 dapat ditentukan dengan mengecek lebar retakan rata-rata pada Tabel 3.21.
4. Nilai *SDI* 3 dapat ditentukan dengan mengetahui jumlah lubang per km, kemudian dicek pada Tabel 3.22.
5. Nilai *SDI* 4 dapat ditentukan dengan mengetahui kedalaman bekas roda, kemudian dicek pada Tabel 3.23.

6. Kemudian nilai *SDI* akhir dapat diperoleh berdasarkan pada nilai *SDI* 4
7. Menentukan nilai kondisi jalan berdasarkan pada Tabel 3.24.

4.5.3 Analisis Menggunakan Program *KENPAVE*

Pada analisis menggunakan *software KENPAVE* diperlukan langkah - langkah yang diperlukan untuk memperoleh hasil analisis kerusakan yang terjadi. Langkah - langkah tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.5 dibawah ini.





Gambar 4.5 Bagan Alir Menggunakan *Software KENPAVE*

Berdasarkan bagan alir di atas, berikut ini penjelasan langkah-langkah dalam analisis menggunakan *software KENPAVE*:

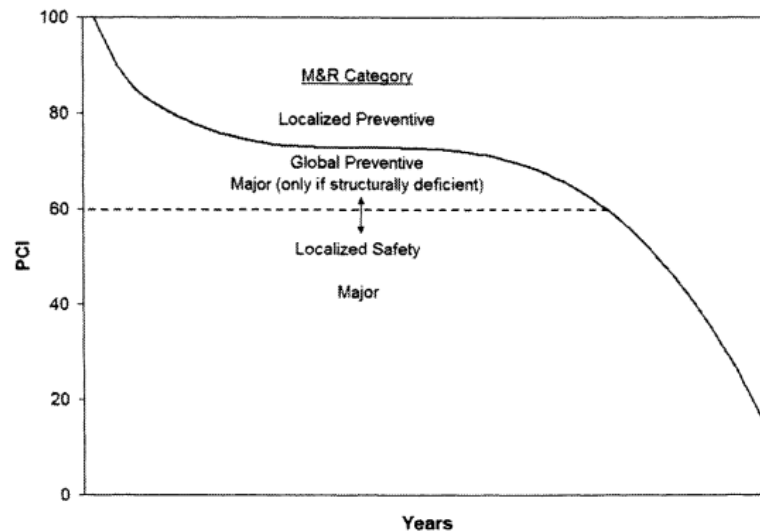
1. Menentukan parameter pada tiap lapisan perkerasan, seperti:
 - a. Tebal lapis perkerasan
 - b. Nilai modulus elastisitas
 - c. Nilai *poisson's ratio*
2. Melakukan input data pada sub-program *Layerinp* berdasarkan parameter yang telah diperoleh.
3. Melakukan run analisis data pada sub-program *Kenlayer*, kemudian diperoleh *output* data berupa tegangan dan regangan.
4. Melakukan perhitungan repetisi beban gandar maksimum pada kerusakan *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation*.
5. Menganalisis prediksi umur pelayanan perkerasan jalan.

4.5.4 Metode Perbaikan dan Pemeliharaan

Pada penelitian ini terdapat dua metode yang digunakan untuk menentukan perbaikan dan pemeliharaan jalan, yaitu metode berdasarkan nilai dari *PCI* dan berdasarkan metode Bina Marga.

1. Perbaikan dan Pemeliharaan metode *PCI*

Metode perbaikan menurut *Pavement Condition Index (PCI)* dapat diketahui melalui hasil dari nilai *PCI* keseluruhan. Kemudian ditentukan upaya perbaikan dan pemeliharaan jalan berdasarkan grafik hubungan antara nilai *PCI* dengan kategori *Maintenance and Rehabilitation (M&R)*. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.6 dibawah ini.



Gambar 4.6 Grafik Hubungan *Maintenance and Rehabilitation (M&R)* Metode PCI

(Sumber: Shahin, 2005)

2. Perbaikan dan Pemeliharaan Berdasarkan Nilai *SDI*

Dalam menentukan perbaikan berdasarkan nilai *SDI* digunakan jenis perbaikan yang tercantum pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia No. 13/PRT/M/2011. Berdasarkan peraturan tersebut maka jenis perbaikan dapat ditentukan jenis penanganan perbaikan jalan berdasarkan nilai *SDI* yang diperoleh. Penanganan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Penentuan Program Penanganan Jalan

Kategori Kerusakan	Program Penanganan
Baik	Pemeliharaan Rutin
Sedang	Pemeliharaan Berkala
Rusak Ringan	Rehabilitasi (perbaikan dan/atau perkuatan)
Rusak Berat	Rehabilitasi (perkuatan atau penggantian)
Runtuh	Penggantian atau Penanganan Besar

Penanganan besar adalah mengembalikan kondisi sesuai umur rencana terhadap setiap kerusakan berat atau parah, akibat menurunnya kondisi pada suatu bagian tertentu struktur bangunan pelengkap jalan.

(Sumber: Republik Indonesia (2011))

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

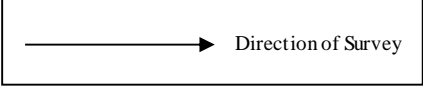
5.1 Pembagian Unit Sampel

Penelitian ini dilakukan pada ruas Jalan Yogyakarta – Pulowatu, titik survei dimulai dari sta. 7+000 yaitu SDN Brengosan II sampai dengan sta. 8+000 yaitu SPBU Balong Pertamina menurut peta pada tahun 2023. Pada ruas jalan tersebut panjang jalan yang ditinjau adalah 1000 m dengan lebar 7 m. Metode *PCI* mensyaratkan luas area $225 \pm 90 \text{ m}^2$ untuk setiap unit sampel, sehingga diperoleh 20 unit sampel *PCI*. Pada metode *SDI* mempunyai ketentuan panjang tiap unit sampel adalah 100 m, sehingga didapatkan 10 unit sampel *SDI*.

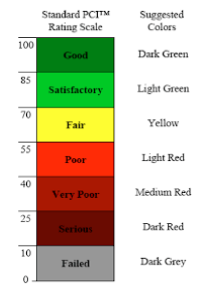
5.2 Perhitungan Nilai *Pavement Condition Index (PCI)*

Dalam metode *Pavement Condition Index (PCI)* terdapat 20 sampel unit data yang akan dianalisis. Pada pembahasan ini akan diambil satu sampel unit sebagai contoh perhitungan nilai *PCI*. Sampel unit yang digunakan yaitu unit 5A dengan luas area 350 m^2 . Berikut ini hasil survei dengan metode *PCI* pada sampel unit 5A yang dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Formulir Survei Sampel Unit 5A

ANALISIS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)												
DENSITY AND DEDUCT VALUE												
ASPHALT SURFACED ROADS PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT										SKETCH :		
BRANCH : Jalan Yogyakarta - Pu		SECTION : A			SAMPLE UNIT : 5A					7 m 		
SURVEYED BY : DK, HR, DKK		DATE : 12 Desember 2023			SAMPLE AREA : 350							
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
3H	12.00									12.00	3.43	16.00
9M	13.30									13.30	3.80	9.00
10L	5.04									5.04	1.44	3.00
10M	15.02									15.02	4.29	20.00
10H	3.40	3.63	5.14							12.17	3.48	36.00
11L	18.06	4.64	2.19	3.30	2.46	0.98	1.09			32.71	9.35	15.00
11M	4.21	14.22	4.46	5.88	5.15	1.34	10.56	3.91	1.86	51.59	14.74	36.00
11H	6.18	6.12	6.00	6.94	0.80					26.03	7.44	44.00
12	5.07	45.15	12.73	15.12	40.74					118.81	33.95	8.00
										Maksimum =		44.00

Lanjutan Tabel 5.1 Formulir Survei Sampel Unit 5A

Jumlah Pengurangan Izin											
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$		=	6.1429	-	6						
m		=	0.1429								
Deduct Value	44.00	36.00	36.00	20.0	16.00	15.00	1.29				
Perhitungan CDV dan Nilai PCI											
Iterasi	Deduct Values							TDV	q	CDV	 <p>Standard PCI™ Rating Scale</p> <p>Suggested Colors</p> <p>100 Good Dark Green</p> <p>85 Satisfactory Light Green</p> <p>70 Fair Yellow</p> <p>55 Poor Light Red</p> <p>40 Very Poor Medium Red</p> <p>25 Serious Dark Red</p> <p>10 Failed Dark Grey</p> <p>0</p>
1	44.00	36.00	36.00	20.00	16.00	15.00	1.29	168.29	6	79.43	
2	44.00	36.00	36.00	20.00	16.00	2.00	1.29	155.29	5	78.16	
3	44.00	36.00	36.00	20.00	2.00	2.00	1.29	141.29	4	78.14	
4	44.00	36.00	36.00	2.00	2.00	2.00	1.29	123.29	3	74.81	
5	44.00	36.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.29	89.29	2	62.87	
6	44.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.29	55.29	1	55.29	
Max CDV								79.43			
PCI = 100 - Max CDV								20.57			
Rating								Serious			

5.2.1 Distress Density dan Deduct Value

Berdasarkan hasil survei menunjukkan adanya beberapa jenis kerusakan pada sampel unit 5A antara lain *block cracking*, *lane/shoulder drop off*, *longitudinal and transverse cracking*, *patching and utility cut patching*, dan *polished aggregate*. Pada setiap jenis kerusakan akan dihitung nilai *density* dan *deduct value* berdasarkan grafik pada setiap jenis kerusakan.

1. *Block Cracking*

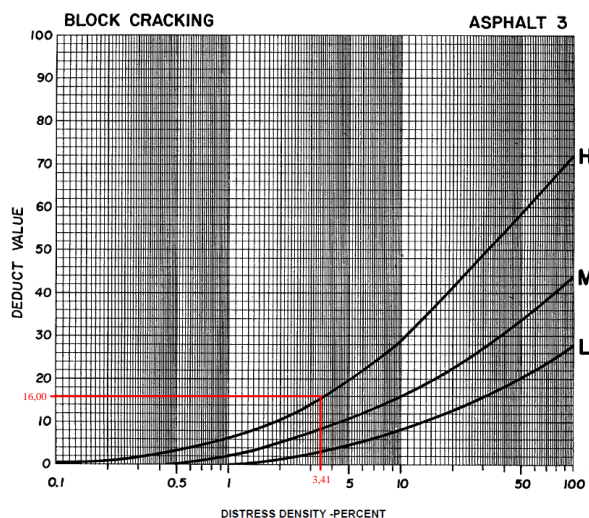
Berdasarkan hasil survei, tingkat kerusakan *block cracking* pada segmen 5A adalah *high* dengan total kerusakan sebesar 12,00 m², maka dapat diperoleh nilai *density* menggunakan Persamaan 3.1 berikut ini:

$$Density (\%) = \frac{A_d}{A_s} \times 100$$

$$Density (\%) = \frac{12,00}{350} \times 100$$

$$Density (\%) = 3,41\%$$

Setelah diperoleh nilai *density*, maka dapat diketahui nilai *deduct value* menggunakan grafik hubungan *density* dengan *deduct value* pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Grafik Hubungan *Density* dengan *Deduct Value* pada Kerusakan *Block Cracking*

Berdasarkan grafik hubungan *density* dengan *deduct value* didapatkan nilai *deduct value* pada kerusakan *block cracking* dengan tingkat kerusakan *high* yaitu 16,00.

2. Lane/Shoulder Drop Off

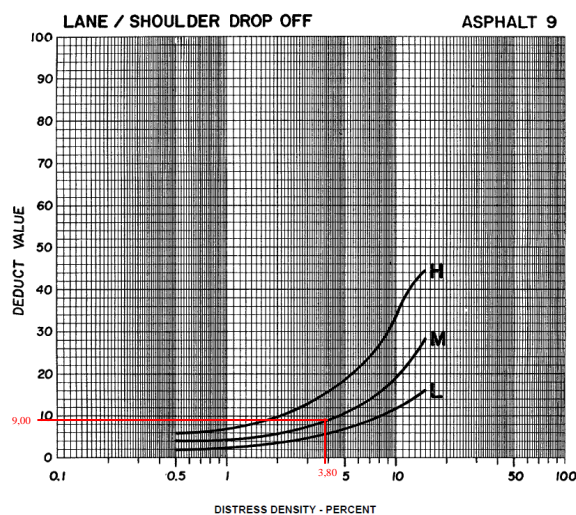
Berdasarkan hasil survei, tingkat kerusakan *lane/shoulder drop off* pada segmen 5A adalah *medium* dengan total panjang kerusakan sebesar 13,30 m, maka dapat diperoleh nilai *density* menggunakan Persamaan 3.2 berikut ini:

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

$$Density (\%) = \frac{13,30}{350} \times 100$$

$$Density (\%) = 3,80\%$$

Setelah diperoleh nilai *density*, maka dapat diketahui nilai *deduct value* menggunakan grafik hubungan *density* dengan *deduct value* pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Grafik Hubungan *Density* dengan *Deduct Value* pada Kerusakan *Lane/Shoulder Drop Off*

Berdasarkan grafik hubungan *density* dengan *deduct value* didapatkan nilai *deduct value* pada kerusakan *lane/shoulder drop off* dengan tingkat kerusakan *medium* yaitu 9,00.

3. *Longitudinal and Transverse Cracking*

Berdasarkan survei yang dilakukan pada segmen 5A terdapat kerusakan *longitudinal and transverse cracking* yang memiliki tingkat kerusakan yang berbeda yaitu *low*, *medium*, dan *high*.

a. *Low*

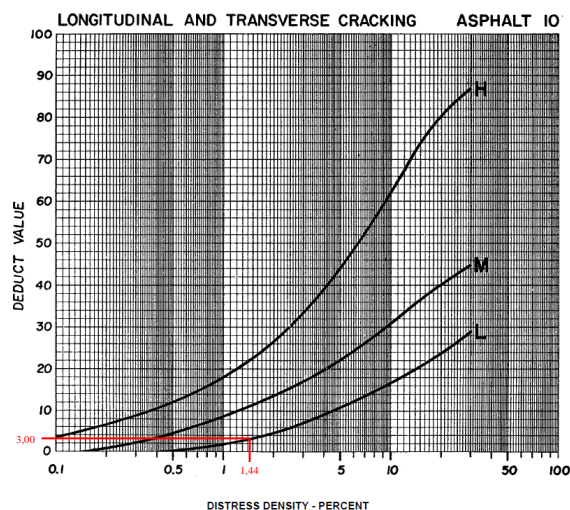
Pada tingkat kerusakan *low* dengan total panjang kerusakan sebesar 5,04 m, maka dapat diperoleh nilai *density* menggunakan Persamaan 3.2 berikut ini:

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

$$\text{Density (\%)} = \frac{5,04}{350} \times 100$$

$$\text{Density (\%)} = 1,44\%$$

Setelah diperoleh nilai *density*, maka dapat diketahui nilai *deduct value* menggunakan grafik hubungan *density* dengan *deduct value* pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Grafik Hubungan *Density* dengan *Deduct Value* pada Kerusakan *Longitudinal and Transverse Cracking (Low)*

Berdasarkan grafik hubungan *density* dengan *deduct value* didapatkan nilai *deduct value* pada kerusakan *longitudinal and transverse cracking* dengan tingkat kerusakan *low* yaitu 3,00.

b. *Medium*

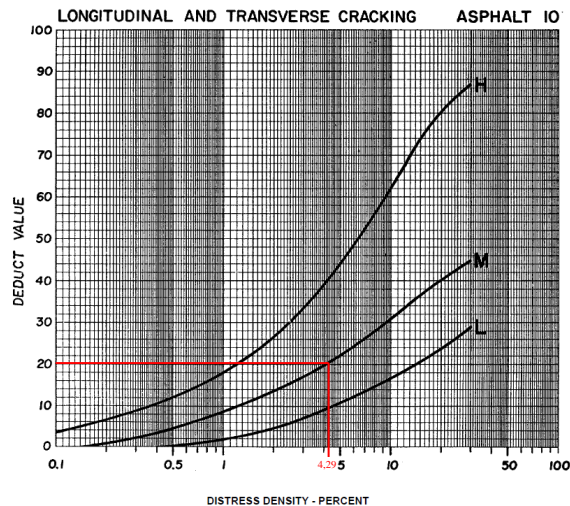
Pada tingkat kerusakan *medium* dengan total panjang kerusakan sebesar 15,02 m, maka dapat diperoleh nilai *density* menggunakan Persamaan 3.2 berikut ini:

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

$$Density (\%) = \frac{15,02}{350} \times 100$$

$$Density (\%) = 4,29\%$$

Setelah diperoleh nilai *density*, maka dapat diketahui nilai *deduct value* menggunakan grafik hubungan *density* dengan *deduct value* pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Grafik Hubungan *Density* dengan *Deduct Value* pada Kerusakan *Longitudinal and Transverse Cracking (Medium)*

Berdasarkan grafik hubungan *density* dengan *deduct value* didapatkan nilai *deduct value* pada kerusakan *longitudinal and transverse cracking* dengan tingkat kerusakan *medium* yaitu 20,00.

c. *High*

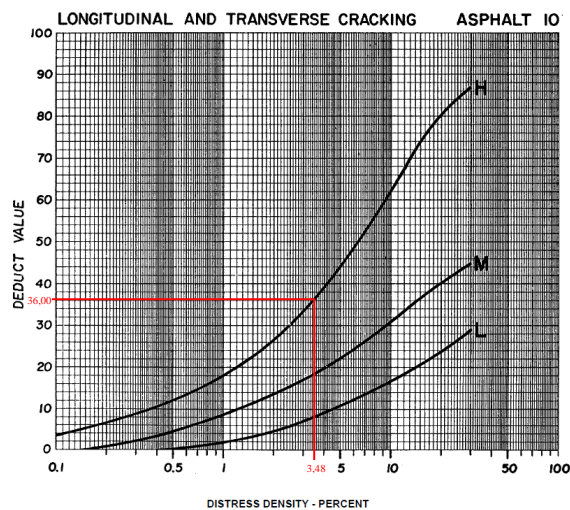
Pada tingkat kerusakan *low* dengan total panjang kerusakan sebesar 12,17 m, maka dapat diperoleh nilai *density* menggunakan Persamaan 3.2 berikut ini:

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

$$\text{Density (\%)} = \frac{12,17}{350} \times 100$$

$$\text{Density (\%)} = 3,48\%$$

Setelah diperoleh nilai *density*, maka dapat diketahui nilai *deduct value* menggunakan grafik hubungan *density* dengan *deduct value* pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Grafik Hubungan *Density* dengan *Deduct Value* pada Kerusakan *Longitudinal and Transverse Cracking (High)*

Berdasarkan grafik hubungan *density* dengan *deduct value* didapatkan nilai *deduct value* pada kerusakan *longitudinal and transverse cracking* dengan tingkat kerusakan *high* yaitu 36,00.

4. *Patching and Utility Cut Patching*

Berdasarkan survei yang dilakukan pada segmen 5A terdapat kerusakan *patching and utility cut patching* yang memiliki tingkat kerusakan yang berbeda yaitu *low*, *medium*, dan *high*.

a. *Low*

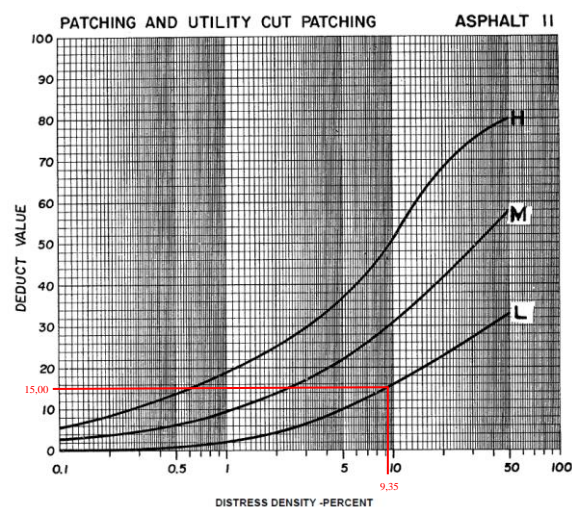
Pada tingkat kerusakan *low* dengan total kerusakan sebesar 32,71 m², maka dapat diperoleh nilai *density* menggunakan Persamaan 3.1 berikut ini:

$$Density (\%) = \frac{A_d}{A_s} \times 100$$

$$Density (\%) = \frac{32,71}{350} \times 100$$

$$Density (\%) = 9,35\%$$

Setelah diperoleh nilai *density*, maka dapat diketahui nilai *deduct value* menggunakan grafik hubungan *density* dengan *deduct value* pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Grafik Hubungan *Density* dengan *Deduct Value* pada Kerusakan *Patching and Utility Cut Patching (Low)*

Berdasarkan grafik hubungan *density* dengan *deduct value* didapatkan nilai *deduct value* pada kerusakan *patching and utility cut patching* dengan tingkat kerusakan *low* yaitu 15,00.

b. *Medium*

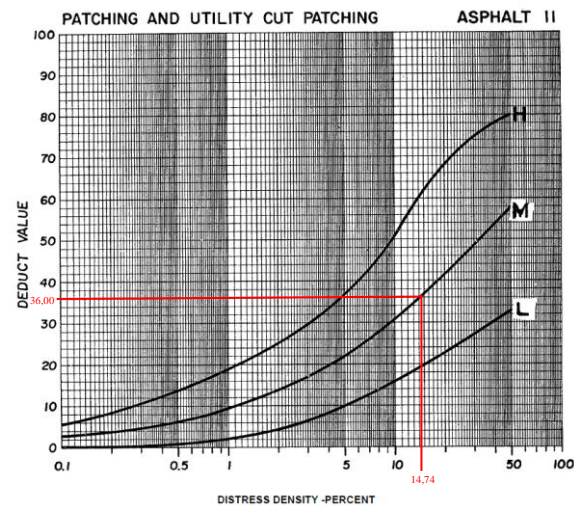
Pada tingkat kerusakan *medium* dengan total kerusakan sebesar 51,59 m², maka dapat diperoleh nilai *density* menggunakan Persamaan 3.1 berikut ini:

$$Density (\%) = \frac{A_d}{A_s} \times 100$$

$$Density (\%) = \frac{51,59}{350} \times 100$$

$$Density (\%) = 14,74\%$$

Setelah diperoleh nilai *density*, maka dapat diketahui nilai *deduct value* menggunakan grafik hubungan *density* dengan *deduct value* pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Grafik Hubungan *Density* dengan *Deduct Value* pada Kerusakan *Patching and Utility Cut Patching (Medium)*

Berdasarkan grafik hubungan *density* dengan *deduct value* didapatkan nilai *deduct value* pada kerusakan *patching and utility cut patching* dengan tingkat kerusakan *medium* yaitu 36,00.

c. *High*

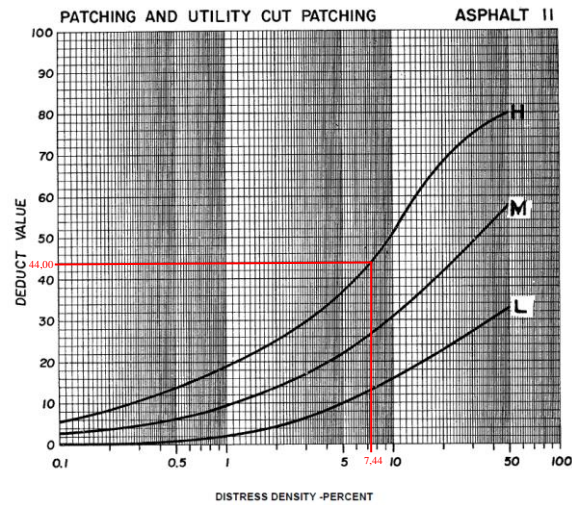
Pada tingkat kerusakan *high* dengan total kerusakan sebesar 26,03 m², maka dapat diperoleh nilai *density* menggunakan Persamaan 3.1 berikut ini:

$$Density (\%) = \frac{A_d}{A_s} \times 100$$

$$Density (\%) = \frac{26,03}{350} \times 100$$

$$Density (\%) = 7,44\%$$

Setelah diperoleh nilai *density*, maka dapat diketahui nilai *deduct value* menggunakan grafik hubungan *density* dengan *deduct value* pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Grafik Hubungan *Density* dengan *Deduct Value* pada Kerusakan *Patching and Utility Cut Patching (High)*

Berdasarkan grafik hubungan *density* dengan *deduct value* didapatkan nilai *deduct value* pada kerusakan *patching and utility cut patching* dengan tingkat kerusakan *high* yaitu 44,00.

5. *Polished Aggregate*

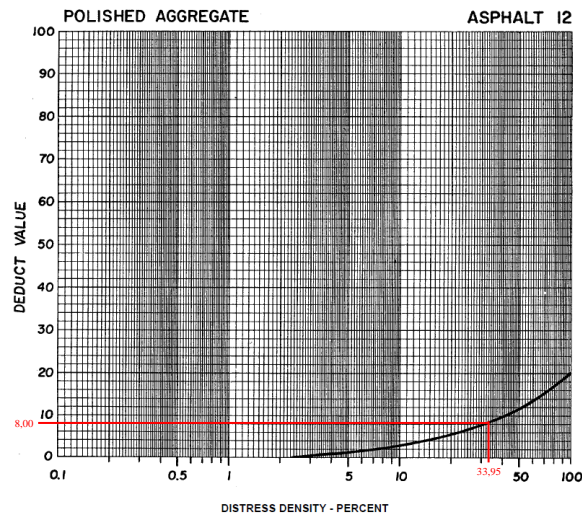
Berdasarkan hasil survei, terdapat kerusakan *polished aggregate* pada segmen 5A dengan total kerusakan sebesar 118,81 m², maka dapat diperoleh nilai *density* menggunakan Persamaan 3.1 berikut ini:

$$Density (\%) = \frac{A_d}{A_s} \times 100$$

$$Density (\%) = \frac{118,81}{350} \times 100$$

$$Density (\%) = 33,95\%$$

Setelah diperoleh nilai *density*, maka dapat diketahui nilai *deduct value* menggunakan grafik hubungan *density* dengan *deduct value* pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Grafik Hubungan *Density* dengan *Deduct Value* pada Kerusakan *Polished Aggregate*

Berdasarkan grafik hubungan *density* dengan *deduct value* didapatkan nilai *deduct value* pada kerusakan *polished aggregate* yaitu 8,00.

5.2.2 Jumlah Pengurang Ijin Maksimum

Terdapat 9 nilai *deduct value* dari sampel 5A yang telah diurutkan dari nilai terbesar yaitu 44,00; 36,00; 36,00; 20,00; 16,00; 15,00; 9,00; 8,00; 3,00. Berdasarkan dari jenis jalan yang disurvei yaitu jalan menggunakan perkerasan, sehingga *deduct value* yang akan digunakan adalah nilai yang lebih besar dari 2. Pada sampel 5A semua *deduct value* memiliki nilai lebih dari 2 dengan *deduct value* tertinggi (*MaxDV*) adalah 44,00. Kemudian untuk menentukan jumlah nilai *deduct value* yang akan digunakan perlu dihitung jumlah pengurangan ijin maksimum (*m*) menggunakan Persamaan 3.3 berikut ini:

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

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

$$m = 6,1429$$

Nilai ijin maksimum diperoleh 6,1429 yang artinya 6 data dapat digunakan dengan nilai penuhnya dan ditambah 0,1429 bagian dari nilai penuhnya. sehingga

data yang digunakan adalah 7 data *deduct value* dari nilai yang terbesar yaitu 44,00; 36,00; 36,00; 20,00; 16,00; 15,00; $(0,1429 \times 9,00 = 1,29)$.

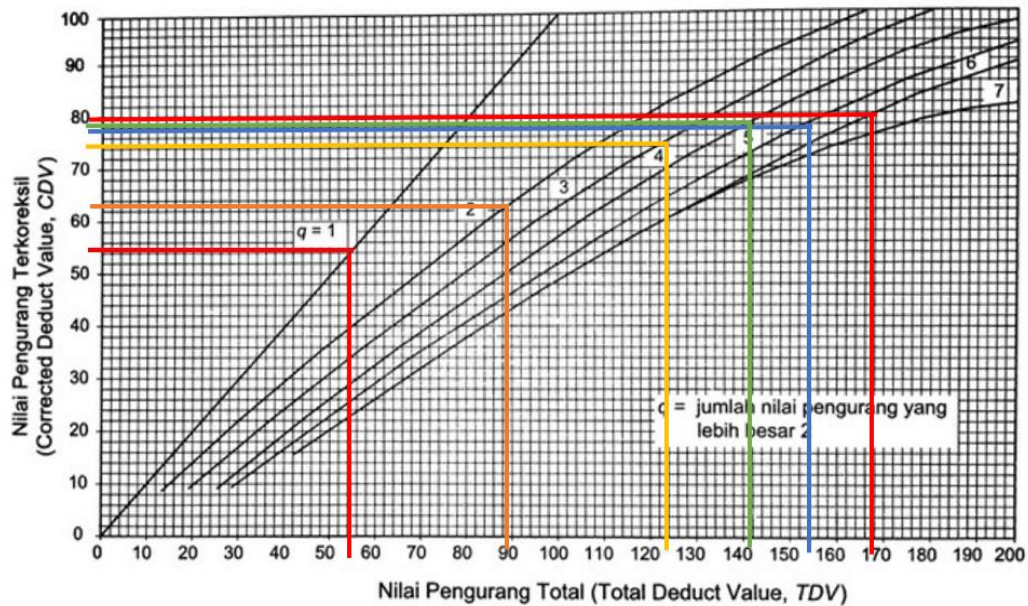
5.2.3 Total Deduct Value (TDV)

Total Deduct Value (TDV) didapatkan dengan menjumlahkan data *deduct value* yang telah dipilih sesuai dengan nilai pengurangan ijin maksimum yang diterapkan. Terdapat 7 nilai *deduct value* yang digunakan yaitu 44,00; 36,00; 36,00; 20,00; 16,00; 15,00; 1,29. Kemudian dilakukan iterasi sampai mendapatkan $q = 1$ yaitu saat $TDV = CDV$ dengan cara mengurangi nilai-nilai *deduct value* yang nilainya lebih dari 2 diubah menjadi 2. Nilai m adalah 6,1429 sehingga q yang digunakan yaitu 6. Penjumlahan *TDV* dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 44+36+36+20+16+15+1,29 &= 168,29 \quad (q=6) \\
 44+36+36+20+16+2+1,29 &= 155,29 \quad (q=5) \\
 44+36+36+20+2+2+1,29 &= 141,29 \quad (q=4) \\
 44+36+36+2+2+2+1,29 &= 123,29 \quad (q=3) \\
 44+36+2+2+2+2+1,29 &= 89,29 \quad (q=2) \\
 44+2+2+2+2+2+1,29 &= 55,29 \quad (q=1)
 \end{aligned}$$

5.2.4 Corrected Deduct Value (CDV)

Hasil perhitungan *TDV* digunakan untuk menentukan nilai *CDV*. Nilai *CDV* dapat diketahui menggunakan grafik hubungan antara *TDV* dengan *CDV* yang dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut ini:



Gambar 5.10 Grafik Hubungan *Total Deduct Value* dengan *Corrected Deduct Value* Segmen 5A

Dari grafik di atas dapat diketahui nilai *CDV* maksimum pada kerusakan di segmen 5A yaitu 79,43. Hitungan *TDV* dan *CDV* pada sampel unit 5A dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5.2 Perhitungan *TDV* dan *CDV* pada Segmen 5A

Iterasi	<i>Deduct Value</i>							<i>TDV</i>	q	<i>CDV</i>
1	44,00	36,00	36,00	20,00	16,00	15,00	1,29	168,29	6	79,43
2	44,00	36,00	36,00	20,00	16,00	2,00	1,29	155,29	5	78,16
3	44,00	36,00	36,00	20,00	2,00	2,00	1,29	141,29	4	78,14
4	44,00	36,00	36,00	2,00	2,00	2,00	1,29	123,29	3	74,81
5	44,00	36,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,29	89,29	2	62,87
6	44,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,29	55,29	1	55,29

5.2.5 Nilai *PCI* Unit Sampel 5A

Nilai *PCI* diperoleh dari nilai *CDV* tertinggi yaitu 79,43 pada saat $q = 6$. Kemudian nilai *PCI* dapat dihitung dengan mengurangi nilai 100 dengan *CDV* maksimum. Perhitungan nilai *PCI* dapat dilihat pada Persamaan 3.4 berikut ini:

$$PCI_s = 100 - CDV$$

$$PCI_s = 100 - 79,43$$

$$PCI_s = 20,57$$

Dari perhitungan di atas diperoleh nilai *PCI* pada unit sampel 5A adalah 20,57, berdasarkan Gambar 5.11 kondisi jalan pada unit sampel 5A termasuk pada kondisi *serious* dengan rentang nilai diantara 10-25.



Gambar 5.11 Skala Penilaian Metode *PCI* pada sampel Unit 5A

5.2.6 Pembahasan Analisis *PCI*

Untuk memperoleh nilai *PCI* keseluruhan maka nilai *PCI* pada masing-masing unit sampel harus diketahui. Nilai *PCI* pada unit sampel lainnya dapat diperoleh dengan mengikuti alur perhitungan seperti contoh pada sampel 5A. Adapun hasil rekapitulasi perhitungan *PCI* pada setiap unit sampel dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5.3 Nilai PCI dan Kondisi Jalan

Sampel Unit	Nilai PCI	Kondisi
1A	40,41	<i>Poor</i>
2A	21,64	<i>Serious</i>
3A	14,59	<i>Serious</i>
4A	24,60	<i>Serious</i>
5A	20,57	<i>Serious</i>
6A	33,37	<i>Very Poor</i>
7A	37,99	<i>Very Poor</i>
8A	12,10	<i>Serious</i>
9A	34,46	<i>Very Poor</i>
10A	27,88	<i>Very Poor</i>
11A	60,28	<i>Fair</i>
12A	51,62	<i>Poor</i>
13A	54,27	<i>Poor</i>
14A	28,00	<i>Very Poor</i>
15A	37,90	<i>Very Poor</i>
16A	19,49	<i>Serious</i>
17A	32,00	<i>Very Poor</i>
18A	38,17	<i>Very Poor</i>
19A	40,14	<i>Poor</i>
20A	4,14	<i>Failed</i>
Total Nilai PCI	633,60	

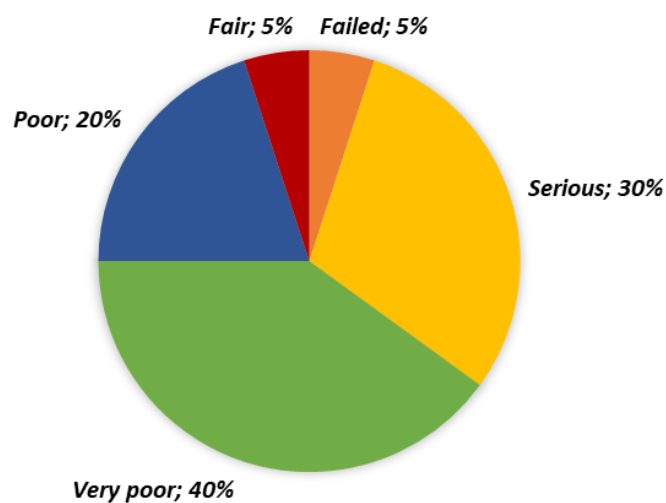
Setelah nilai *PCI* pada masing-masing unit sampel telah diketahui, maka nilai *PCI* keseluruhan dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.5 berikut ini.

$$PCI_k = \sum \frac{PCI_s}{N}$$

$$PCI_k = \frac{633,60}{20}$$

$$PCI_k = 31,68 \text{ (very poor)}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat diketahui bahwa nilai *PCI* keseluruhan pada Ruas Jalan Yogyakarta – Pulowatu adalah 31,68 yang termasuk dalam kondisi *very poor*. Kondisi jalan terburuk terdapat pada segmen 20A dengan kondisi *failed*, sedangkan kondisi jalan terbaik terdapat pada segmen 11A dengan kondisi *fair*. Adapun persentase kondisi nilai *PCI* dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut ini.



Gambar 5.12 Diagram Persentase Kondisi Nilai *PCI*

Berdasarkan Gambar 5.12, dapat diketahui persentase kondisi kerusakan yang paling tinggi adalah kondisi *very poor* dengan persentase sebesar 40%. Kemudian diikuti oleh kondisi *serious* dengan persentase sebesar 30 % dan kondisi *poor* dengan persentase sebesar 20%. Setelah itu, kondisi kerusakan paling rendah terdapat pada kondisi *fair* dan *failed* dengan persentase masing-masing sebesar 5%.

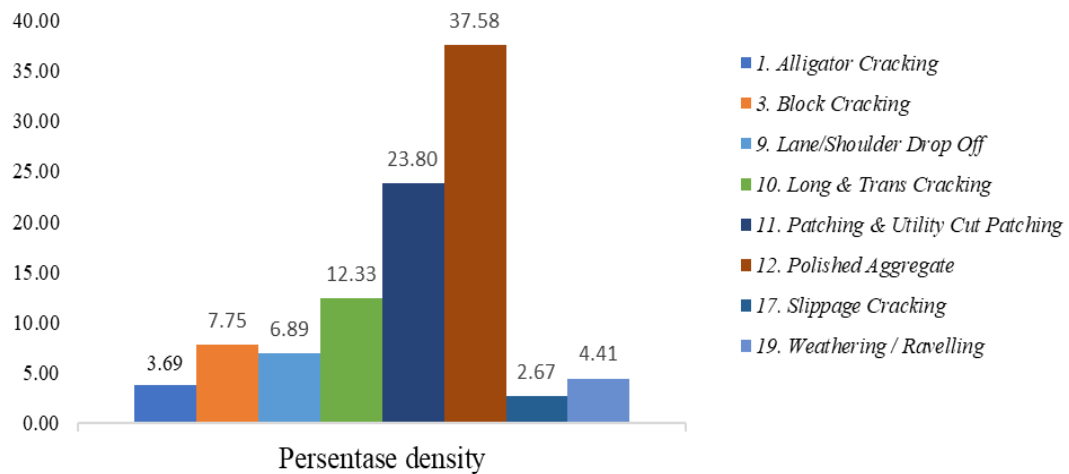
Berdasarkan analisis yang telah dilakukan menggunakan *PCI*, Jalan Yogyakarta – Pulowatu teridentifikasi mengalami beberapa jenis kerusakan diantaranya *alligator cracking* (retak kulit buaya), *block cracking* (retak balok), *bumps and sags* (benjol dan turun), *depression* (amblas), *lane/shoulder drop off* (jalur/bahu turun), *longitudinal and transverse cracking* (retak memanjang/melintang), *patching and utility cut patching* (tambalan), *polished aggregate* (agregat licin), *potholes* (lubang), *rutting* (alur), *slippage cracking* (retak geser), *swell* (pembengkakan), dan *weathering and raveling* (pelepasan butir). Jenis kerusakan paling dominan dapat diketahui dengan menjumlahkan nilai *density* dari

setiap jenis kerusakan yang terjadi. Berdasarkan hasil rekapan nilai *density*, kerusakan paling dominan yang terjadi adalah kerusakan *polished aggregate* dengan persentase sebesar 37,58%. Kemudian diikuti oleh kerusakan *patching and utility cut patching* dengan persentase sebesar 23,80% dan kerusakan *longitudinal and transverse cracking* dengan persentase sebesar 12,33%. Adapun rekapitulasi perhitungan nilai *density* dari kerusakan lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Perhitungan Nilai *Density*

Kode Kerusakan	Jenis Kerusakan	Total <i>Density</i>	Persentase <i>Density</i> (%)
1	<i>Alligator Cracking</i>	41,26	3,69
3	<i>Block Cracking</i>	86,67	7,75
4	<i>Bumps and Sags</i>	2,03	0,18
6	<i>Depression</i>	0,94	0,08
9	<i>Lane/Shoulder Drop Off</i>	77,05	6,89
10	<i>Longitudinal & Transverse Cracking</i>	137,91	12,33
11	<i>Patching & Utility Cut Patching</i>	266,06	23,80
12	<i>Polished Aggregate</i>	420,16	37,58
13	<i>Potholes</i>	2,14	0,19
15	<i>Rutting</i>	4,47	0,40
17	<i>Slippage Cracking</i>	29,82	2,67
18	<i>Swell</i>	0,23	0,02
19	<i>Weathering/Raveling</i>	49,34	4,41

Adapun diagram rekapitulasi persentase nilai *density* telah tersajikan pada Gambar 5.13 berikut ini.



Gambar 5.13 Diagram Persentase Nilai *Density*

Berdasarkan diagram di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa kerusakan paling dominan yang terjadi pada Ruas Jalan Yogyakarta – Pulowatu adalah *polished aggregate* (agregat licin), *patching and utility cut patching* (tambalan), dan *longitudinal and transverse cracking* (retak memanjang atau melintang). Kerusakan *longitudinal and trasverse cracking* termasuk dalam kategori kerusakan *crack* yang kemungkinan penyebabnya oleh *deformation*, *fatigue life*, dan pelaksanaan konstruksi yang buruk yang menyebabkan keterbatasan kemampuan penyebaran beban. Sedangkan *polished aggregate* dan *patching and utility cut patching* termasuk dalam kategori kerusakan *surface defect* yang berkaitan dengan kerusakan pada permukaan perkerasan yang biasanya tidak mengindikasikan kerusakan pada lapis struktur perkerasan tetapi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap *serviceability* dan *skid resistance*.

Kerusakan *polished aggregate* merupakan kerusakan yang terjadi ketika permukaan agregat pada lapisan permukaan perkerasan menjadi halus dan licin akibat dari gesekan kendaraan yang terus-menerus. Kerusakan ini sering terjadi pada jalan yang memiliki tingkat lalu lintas yang tinggi, terutama pada tikungan dan area berhenti. Hal ini yang mengakibatkan penurunan daya cengkeram (*skid resistance*) pada permukaan jalan. Kerusakan ini dapat mengganggu kenyamanan berkendara dan meningkatkan resiko kecelakaan. Hal yang serupa juga terdapat pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Adly, dkk (2021) yang mengatakan bahwa kerusakan dominan yang terjadi pada Ruas Jalan Triwidadi, Pajangan,

Bantul adalah polished aggregate dengan persentase sebesar 18,02%. Penelitian lain juga dilakukan Rizky dan Nurul (2024) pada Ruas Jalan Tanah Tinggi – Jati Perumnas Kota Ternate.

Kerusakan *patching and utility cut patching* merupakan kerusakan yang diakibatkan oleh pengaspalan ulang atau tambalan pada lapisan permukaan perkerasan. Pengaspalan ulang ini bertujuan untuk mengembalikan perkerasan yang rusak dengan material baru untuk memperbaiki lapisan perkerasan yang ada. Tetapi tambalan yang dilakukan memberikan ketidakrataan pada lapisan permukaan jalan sehingga dianggap sebagai kerusakan. Pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Santosa, dkk (2021) mengatakan bahwa salah satu jenis kerusakan dominan yang terjadi pada Jalan Ahmad Yani Kecamatan Kapas Kabupaten Bojonegoro adalah *patching* (tambalan) dengan persentase sebesar 29,20% dari total kerusakan yang ada. Penelitian yang sama juga telah dilakukan oleh Setiaputri, dkk (2021) yang dilakukan pada Jalan S. Parman, Jakarta Barat dan memperoleh kerusakan dominan berupa *patching* dengan persentase sebesar 72,8%.

Kerusakan *longitudinal and transverse cracking* merupakan kerusakan yang disebabkan oleh retak sambungan, ikatan yang lemah antar lajur perkerasan, pengerasan aspal yang kurang baik, perubahan volume *subgrade*, dan adanya perbedaan *settlement* antara bagian galian dan timbunan. Penelitian dengan hasil serupa telah dilakukan oleh Biriansyah dan Dardak (2022) pada ruas Jalan Pasteur – Dr Djundjunan, Jawa Barat dan Adly, dkk (2020) pada Ruas Jalan Triwidadi, Pajangan, Bantul. Pada kedua penelitian tersebut mengatakan bahwa ruas jalan yang ditinjau mengalami kerusakan dominan berupa *longitudinal and transverse cracking*.

Adapun sebaran kerusakan yang terjadi pada tiap unit sampel dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Sebaran Kerusakan pada PCI

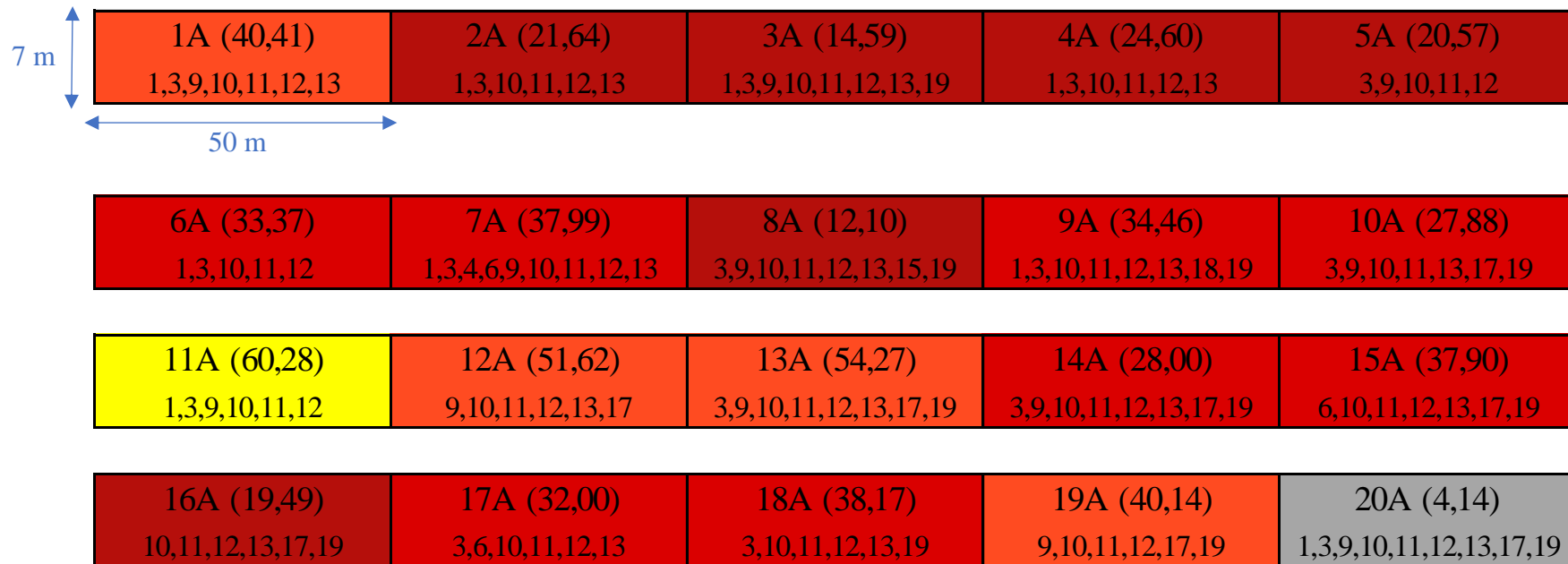
Sampel Unit	Jenis Kerusakan	
1A	1. Alligator Cracking (M) 3. Block Cracking (L,M) 9. Lane/Shoulder Drop Off (L) 10. Long & Trans Cracking (L,M)	11. Patching & Utility Cut Patching (L,M) 12. Polished Aggregate 13. Potholes (M)
2A	1. Alligator Cracking (M) 3. Block Cracking (M,H) 10. Long & Trans Cracking (M)	11. Patching & Utility Cut Patching (M,H) 12. Polished Aggregate 13. Potholes (M)
3A	1. Alligator Cracking (M) 3. Block Cracking (M) 9. Lane/Shoulder Drop Off (L) 10. Long & Trans Cracking (H)	11. Patching & Utility Cut Patching (M,H) 12. Polished Aggregate 13. Potholes (M) 19. Weathering/Raveling (M)
4A	1. Alligator Cracking (M) 3. Block Cracking (M) 10. Long & Trans Cracking (L,M,H)	11. Patching & Utility Cut Patching (M,H) 12. Polished Aggregate 13. Potholes (L)
5A	3. Block Cracking (H) 9. Lane/Shoulder Drop Off (M) 10. Long & Trans Cracking (L,M,H)	11. Patching & Utility Cut Patching (L,M,H) 12. Polished Aggregate
6A	1. Alligator Cracking (M) 3. Block Cracking (L,H) 10. Long & Trans Cracking (L,M)	11. Patching & Utility Cut Patching (M,H) 12. Polished Aggregate
7A	1. Alligator Cracking (M) 3. Block Cracking (L) 4. Bumps and Sags (L) 6. Depression (L) 9. Lane/Shoulder Drop Off (M)	10. Long & Trans Cracking (L,M) 11. Patching & Utility Cut Patching (L,M) 12. Polished Aggregate 13. Potholes (L)
8A	3. Block Cracking (H) 9. Lane/Shoulder Drop Off (M) 10. Long & Trans Cracking (L,M) 11. Patching & Utility Cut Patching (L,M)	12. Polished Aggregate 13. Potholes (L) 15. Rutting (M,H) 19. Weathering/Raveling (M)
9A	1. Alligator Cracking (M) 3. Block Cracking (M) 10. Long & Trans Cracking (L,M) 11. Patching & Utility Cut Patching (L,M)	12. Polished Aggregate 13. Potholes (M) 18. Swell (L) 19. Weathering/Raveling (M)
10 A	3. Block Cracking (L) 9. Lane/Shoulder Drop Off (M) 10. Long & Trans Cracking (M,H) 11. Patching & Utility Cut Patching (L,M)	13. Potholes (L,M) 17. Slippage Cracking (L) 19. Weathering/Raveling (M)

Lanjutan Tabel 5.5 Rekapitulasi Sebaran Kerusakan pada PCI

11A	1. Alligator Cracking (M) 3. Block Cracking (M) 9. Lane/Shoulder Drop Off (L,M)	10. Long & Trans Cracking (L,M) 11. Patching & Utility Cut Patching (M) 12. Polished Aggregate
12A	9. Lane/Shoulder Drop Off (M) 10. Long & Trans Cracking (L) 11. Patching & Utility Cut Patching (M)	12. Polished Aggregate 13. Potholes (M) 17. Slippage Cracking (M)
13A	3. Block Cracking (L,H) 9. Lane/Shoulder Drop Off (M) 10. Long & Trans Cracking (L,M) 11. Patching & Utility Cut Patching (M)	12. Polished Aggregate 13. Potholes (M) 17. Slippage Cracking (L) 19. Weathering/Raveling (H)
14A	3. Block Cracking (M) 9. Lane/Shoulder Drop Off (L) 10. Long & Trans Cracking (M) 11. Patching & Utility Cut Patching (L,M)	12. Polished Aggregate 13. Potholes (M) 17. Slippage Cracking (L) 19. Weathering/Raveling (M)
15A	6. Depression (L) 10. Long & Trans Cracking (L,M) 11. Patching & Utility Cut Patching (L,M,H)	12. Polished Aggregate 13. Potholes (M) 17. Slippage Cracking (L) 19. Weathering/Raveling (M)
16A	10. Long & Trans Cracking (M) 11. Patching & Utility Cut Patching (L,M) 12. Polished Aggregate	13. Potholes (L,M) 17. Slippage Cracking (M) 19. Weathering/Raveling (L)
17A	3. Block Cracking (L) 6. Depression (L,M) 10. Long & Trans Cracking (L,M)	11. Patching & Utility Cut Patching (L,M) 12. Polished Aggregate 13. Potholes (M)
18A	3. Block Cracking (L) 10. Long & Trans Cracking (L,M) 11. Patching & Utility Cut Patching (L,M,H)	12. Polished Aggregate 13. Potholes (M) 19. Weathering/Raveling (M,H)
19A	9. Lane/Shoulder Drop Off (M) 10. Long & Trans Cracking (L,M) 11. Patching & Utility Cut Patching (L,M,H)	12. Polished Aggregate 17. Slippage Cracking (M) 19. Weathering/Raveling (M)
20A	1. Alligator Cracking (M,H) 3. Block Cracking (H) 9. Lane/Shoulder Drop Off (L) 10. Long & Trans Cracking (L,M) 11. Patching & Utility Cut Patching (M,H)	12. Polished Aggregate 13. Potholes (M) 17. Slippage Cracking (M) 19. Weathering/Raveling (M)

Gambar 5.14 merupakan diagram pembagian sampel unit keseluruhan yang dilengkapi dengan kode tiap unit sampel, nilai *PCI* tiap unit sampel, warna yang sesuai dengan kondisi jalan, dan kode jenis kerusakan yang terjadi pada tiap unit sampel.

1. Panjang jalan = 1000 m
2. Lebar jalan = 7 m
3. Panjang tiap sampel unit = 50 m
4. Jumlah sampel = 20



Gambar 5.14 Diagram Sebaran Kerusakan pada *PCI*

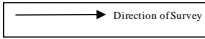
Gambar 5.15 dibawah ini merupakan gambar pembagian unit sampel yang dilengkapi dengan warna kondisi jalan dan kerusakan paling dominan yang terjadi pada tiap unit sampel.



Gambar 5.15 Kondisi Jalan dan Kerusakan Dominan pada Tiap Unit Sampel

5.3 Perhitungan Nilai *Surface Distress Index* (SDI)

Pada metode *Surface Distress Index* (SDI) didapatkan 10 unit sampel data dengan luas area 700 m². Berikut ini contoh perhitungan menggunakan metode SDI pada unit sampel 4A dalam Gambar 5.16.

ANALISIS SURFACE DISTRESS INDEX (SDI)							
Branch : Jalan Jangkang - Koroulon						Sketch : 100	
Surveyed By : DK, HR, DKK			Date : 12 Desember 2023		Sample Unit : 4A		7 
					Sample Area : 700		
Presentase Luas Retak (%)		Lebar Retak (mm)		Jumlah Lubang (jml/km)		Kedalaman Bekas Roda (cm)	
31.81		5.92		110		0.45	
SDI 1 =	40	SDI 2 =	80	SDI 3 =	305	SDI 4 =	307.5
Nilai SDI = 307.5							
Nilai Kondisi = RUSAK BERAT							

Gambar 5.16 Perhitungan *Surface Distress Index* (SDI)

5.3.1 Presentase Luas Retak

Pada unit sampel 4A diperoleh total luas retak yaitu 222,66 m². Kemudian dapat dihitung presentase luas retak menggunakan Persamaan 3.6 dengan panjang jalan tiap unit sampel 100 m dan lebar jalan 7 m.

$$\% \text{Retak} = \frac{A}{P \times B} \times 100\%$$

$$\% \text{Retak} = \frac{222,66}{100 \times 7} \times 100\%$$

$$\% \text{Retak} = 31,81\%$$

Tabel 5.6 Penilaian SDI 1 pada Unit Sampel 4A

Persentase	Nilai SDI 1
<i>None</i>	0
< 10 %	5
10 – 30 %	20
> 30 %	40

Diperoleh nilai presentase luas retak sebesar 31,81%, berdasarkan Tabel 5.6 maka nilai tersebut termasuk kategori > 30% sehingga didapatkan nilai SDI 1 adalah 40.

5.3.2 Lebar Retak

Pada perhitungan parameter ini dicari nilai lebar retak rata-rata sepanjang unit sampel. Pada unit sampel 4A diperoleh lebar retak rata-rata sebesar 5,92 mm. Berdasarkan Tabel 5.7 maka dapat diperoleh nilai *SDI 2* untuk unit sampel 4A.

Tabel 5.7 Penilaian *SDI 2* pada Unit Sampel 4A

Lebar	Nilai <i>SDI 2</i>
<i>None</i>	<i>SDI 1</i>
<i>Fine, < 1</i>	<i>SDI 1</i>
<i>Medium, 1 - 3</i>	<i>SDI 1</i>
<i>Wide, > 3</i>	<i>SDI 1 x 2</i>

Berdasarkan Tabel 5.7 dengan lebar retak rata-rata sebesar 5,92 mm dan nilai *SDI 1* adalah 40, maka lebar retak termasuk *wide*. Sehingga nilai *SDI 2* dapat diperoleh menggunakan perhitungan dibawah ini:

$$SDI\ 2 = SDI\ 1 \times 2$$

$$SDI\ 2 = 40 \times 2$$

$$SDI\ 2 = 80$$

Dari perhitungan di atas diperoleh nilai *SDI 2* adalah 80.

5.3.3 Jumlah Lubang (*Potholes*)

Nilai *SDI 3* didapatkan dengan melihat jumlah lubang (*potholes*) yang terjadi sepanjang unit sampel. Pada unit sampel 4A terdapat 11 buah lubang. Kemudian untuk menghitung *SDI 3* perlu dikalikan 10 terlebih dahulu untuk jumlah lubang dengan panjang jalan 100 m sehingga diperoleh nilai 110.

Tabel 5.8 Penilaian *SDI 3* pada Unit Sampel 4A

Jumlah	Nilai <i>SDI 3</i>
<i>None</i>	<i>SDI 2</i>
< 10 per km	<i>SDI 2 + 15</i>
10 – 50 per km	<i>SDI 2 + 75</i>
> 50 per km	<i>SDI 2 + 225</i>

Berdasarkan Tabel 5.8 dengan jumlah lubang sebanyak 110 dan nilai *SDI 2* adalah 80, maka jumlah lubang termasuk dalam kategori > 50 per km. Sehingga nilai *SDI 3* dapat diperoleh menggunakan perhitungan dibawah ini:

$$SDI\ 3 = SDI\ 2 + 225$$

$$SDI\ 3 = 80 + 225$$

$$SDI\ 3 = 305$$

Dari perhitungan di atas diperoleh nilai *SDI 3* adalah 305.

5.3.4 Kedalaman Bekas Roda (*Rutting*)

Nilai *SDI 4* diperoleh dengan melihat kedalaman bekas roda maksimal yang terjadi pada unit sampel. Pada unit sampel 4A ditemukan kedalaman bekas roda sebesar 0,45 cm.

Tabel 5.9 Penilaian *SDI 4* pada Unit Sampel 4A

Kedalaman	Nilai <i>SDI 4</i>
<i>None</i>	<i>SDI 3</i>
< 1 cm	$SDI\ 3 + (5 \times 0,5)$
1 – 3 cm	$SDI\ 3 + (5 \times 2)$
> 3 cm	$SDI\ 3 + 20$

Berdasarkan Tabel 5.9 dengan kedalaman 0,45 dan nilai *SDI 3* adalah 305, maka kedalaman bekas roda termasuk dalam kategori < 1 cm. Sehingga nilai *SDI 4* dapat diperoleh menggunakan perhitungan dibawah ini:

$$SDI\ 4 = SDI\ 3 + (5 \times 0,5)$$

$$SDI\ 4 = 305 + (5 \times 0,5)$$

$$SDI\ 4 = 307,5$$

Dari perhitungan di atas diperoleh nilai *SDI 3* adalah 307,5.

5.3.5 Nilai *SDI* Unit Sampel 4A

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode *SDI* pada unit sampel 4A, diperoleh nilai akhir *SDI* sebesar 307,5. Menurut Tabel 3.24 maka nilai tersebut termasuk dalam kondisi rusak berat.

5.3.6 Pembahasan Analisis *SDI*

Untuk mendapatkan nilai *SDI* keseluruhan maka nilai *SDI* pada masing-masing unit sampel harus diketahui. Nilai *SDI* pada unit sampel lainnya dapat diperoleh dengan mengikuti alur perhitungan *SDI* seperti contoh pada unit sampel 4A. Adapun hasil rekapitulasi perhitungan *SDI* pada unit sampel lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5.10 Nilai *SDI* dan Kondisi Jalan

Unit Sampel	Nilai <i>SDI</i>	Kondisi
1A	305	Rusak Berat
2A	265	Rusak Berat
3A	155	Rusak Berat
4A	307,5	Rusak Berat
5A	305	Rusak Berat
6A	305	Rusak Berat
7A	305	Rusak Berat
8A	305	Rusak Berat
9A	305	Rusak Berat
10A	115	Rusak Ringan
Total Nilai <i>SDI</i>	2672,5	

Setelah nilai *PCI* pada masing-masing unit sampel telah diketahui, maka nilai *PCI* keseluruhan dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.5 berikut ini.

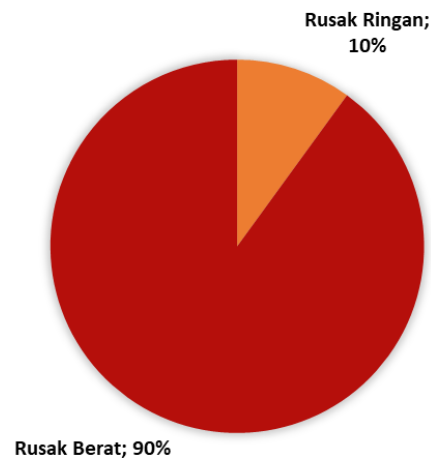
$$SDI_k = \sum \frac{SDI_s}{N}$$

$$SDI_k = \frac{2672,5}{10}$$

$$SDI_k = 267,25 \text{ (rusak berat)}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat diketahui bahwa nilai *SDI* keseluruhan pada Ruas Jalan Yogyakarta – Pulowatu adalah sebesar 267,25 yang termasuk dalam kondisi rusak berat. Kondisi jalan terbaik terdapat pada segmen 10A dengan

kondisi rusak ringan dengan persentase 10%, sedangkan pada segmen lainnya teridentifikasi mengalami rusak berat dengan persentase 90%. Adapun diagram persentase kondisi nilai *SDI* dapat dilihat pada Gambar 5.17 berikut ini.



Gambar 5.17 Diagram Persentase Kondisi Nilai *SDI*

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan menggunakan *SDI*, Jalan Yogyakarta – Pulowatu teridentifikasi mengalami kerusakan *cracking* (retakan), *potholes* (lubang), dan *rutting* (kedalaman bekas roda).

Tabel 5.11 Rekapitulasi Sebaran Kerusakan pada *SDI*

Sampel Unit	Persentase Luas Retak (%)	Lebar Retak (mm)	Jumlah Lubang	Kedalaman Bekas Roda (cm)
1A	34,09	11,00	6	-
2A	25,23	10,07	6	-
3A	38,41	13,33	4	-
4A	31,81	5,92	11	0,45
5A	33,94	4,04	9	-
6A	36,09	5,76	7	-
7A	38,04	4,10	10	-
8A	30,89	4,30	12	-
9A	32,15	5,29	6	-
10A	29,59	5,71	3	-

5.4 Perbandingan Hasil Metode Empiris

Berdasarkan hasil pada penelitian ini yang telah dilakukan, maka dapat dilihat pada Tabel 5.12 perbandingan hasil dari metode *PCI* dan *SDI*.

Tabel 5.12 Perbandingan Nilai dan Kondisi Metode *PCI* dan *SDI*

<i>Section</i>	Metode			
	<i>PCI</i>		<i>SDI</i>	
	Nilai	Kondisi	Nilai	Kondisi
Rata – rata Nilai Kerusakan	31,68	<i>Very Poor</i>	267,25	Rusak Berat

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan menggunakan metode *Pavement Condition Index (PCI)* diperoleh nilai *PCI* keseluruhan pada penelitian ini sebesar 31,68 dan termasuk dalam kategori *very poor*. Penelitian dengan metode *PCI* juga pernah dilakukan oleh Batua dan Rosyad (2023) dan Sandyna, dkk (2022) pada ruas jalan yang berbeda. Batua dan Rosyad (2023) melakukan penelitian pada ruas Jalan Betung – Sekayu dan mendapatkan nilai *PCI* keseluruhan sebesar 30 dan termasuk dalam kategori *very poor*. Pada metode yang sama, Sandyna, dkk (2022) juga telah melakukan penelitian pada ruas Jalan As-Shofa Pekanbaru. Dalam penelitiannya, Sandyna, dkk (2022) menyimpulkan bahwa Jalan As-Shofa memperoleh nilai *PCI* sebesar 32,7 dan termasuk dalam kategori *very poor*.

Berdasarkan Tabel 5.12, dapat disimpulkan bahwa nilai *Surface Distress Index (SDI)* didapatkan nilai sebesar 267,25 yang termasuk dalam kategori rusak berat. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Irhamuddin, dkk (2023) pada beberapa ruas jalan. Penelitian tersebut dilakukan pada ruas Jalan Cot Peurudi – Blang Sapek, Jalan Leung Baro – Suak Bilie, Jalan Suka Makmue – Kuta Padang, dan Jalan Suka Makmue – Alue Kambuk yang terletak pada Kabupaten Nagan Raya, Provinsi Aceh. Irhamuddin, dkk (2023) menyimpulkan bahwa keempat ruas jalan tersebut termasuk dalam kategori rusak berat berdasarkan metode *SDI*. Penelitian lain juga pernah dilakukan oleh Rahman, dkk (2021) yang melakukan penelitian pada ruas Jalan Kebun Baru – Pulau Sangkar. Dalam

penelitiannya Rahman, dkk (2021) menyimpulkan bahwa ruas jalan tersebut memperoleh nilai rata-rata *SDI* sebesar 163,17 dan juga termasuk kategori rusak berat.

Penelitian lain telah dilakukan oleh Arbianysah dan Suparma (2022) menggunakan metode *PCI* dan *SDI* pada ruas jalan yang sama yaitu Jalan Yogyakarta – Pulowatu. Pada penelitiannya Arbianysah dan Suparma (2022) mengatakan bahwa nilai kondisi jalan dengan metode *PCI section A* diperoleh nilai sebesar 47,08 (*poor*) dan *section B* sebesar 62,77 (*fair*), sedangkan dengan metode *SDI* pada *section A* diperoleh sebesar 123,75 (rusak ringan) dan *section B* sebesar 54,58 (sedang). Berdasarkan perbandingan hasil antara penelitian ini dan penelitian Arbianysah dan Suparma (2022) maka dapat disimpulkan bahwa kualitas jalan yang ditinjau mengalami penurunan kondisi pelayanan yang cukup besar.

Dari kedua metode analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai *PCI* yang diperoleh selaras terhadap nilai *SDI*. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Yusuf dan Suparma (2016) yang mengatakan bahwa nilai *SDI* yang diperoleh tidak memiliki perbedaan yang besar dibandingkan dengan metode *PCI*. Walaupun nilai *PCI* dan *SDI* masing-masing dapat memberikan gambaran kondisi jalan tetapi kedua metode tersebut memiliki perbedaan dalam menganalisis kerusakan. Penelitian lebih lanjut telah dilakukan oleh Nur, dkk (2019) yang menganalisis hubungan antara *PCI* dan *SDI*. Dalam penelitiannya dikatakan bahwa metode *PCI* dan *SDI* memiliki kesamaan dalam menentukan kondisi suatu jalan tetapi memiliki perbedaan yang cukup signifikan dalam menganalisis kerusakan. Pada kasus menilai kerusakan lubang, metode *PCI* mempertimbangkan pengaruh tingkat keparahan kerusakan dengan mengukur diameter dan kedalaman jalan berlubang, sedangkan pada metode *SDI* hanya menghitung jumlah lubang. Perbandingan dari kedua metode tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut ini.

Tabel 5.13 Perbandingan Metode *PCI* dan *SDI*

Metode	
<i>PCI</i>	<i>SDI</i>
Penilaian kerusakan berdasarkan pada 19 kerusakan	Penilaian kerusakan berdasarkan pada retak, lebar retak, lubang, dan <i>rutting</i>
Penilaian secara visual	Penilaian secara visual
Data yang didapatkan lebih akurat karena lebih mendetail	Data yang didapatkan kurang akurat, dikarenakan beberapa kerusakan tidak dinilai
Survei pengambilan data dibutuhkan waktu yang lebih lama	Survei pengambilan data dibutuhkan waktu yang lebih cepat dari <i>PCI</i>
Survei membutuhkan lebih dari 2 orang	Survei membutuhkan lebih dari 2 orang
Survei kerusakan bersifat subjektif bergantung pada penilaian pribadi	Survei kerusakan bersifat subjektif bergantung pada penilaian pribadi
Terdapat faktor penentu nilai kerusakan, sehingga kondisi jalan dapat langsung diketahui	Terdapat faktor penentu nilai kerusakan, sehingga kondisi jalan dapat langsung diketahui

Berdasarkan tabel di atas, metode *PCI* merupakan metode paling spesifik untuk menentukan nilai kondisi suatu jalan daripada metode *SDI*, hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Hermawan dan Tajudin (2021) dalam penelitiannya pada ruas Jalan Jatisari, Karawang. Menurut Hermawan dan Tajudin (2021) faktor lain yang mempengaruhi tingkat akurasi metode *PCI* dan *SDI* adalah banyaknya jenis kerusakan yang dijadikan acuan penilaian, dimana jenis kerusakan pada metode *PCI* terdapat 19 jenis kerusakan sedangkan pada metode *SDI* hanya terdapat 4 jenis kerusakan. Sandyna, dkk (2022) juga menyatakan bahwa metode *PCI* memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode *SDI* jika ditinjau dari teknik penelitian di lapangan. Sehingga metode *PCI* lebih disarankan untuk digunakan dalam menentukan tingkat kerusakan jalan serta menentukan metode pemeliharaan dan perbaikan secara berkala.

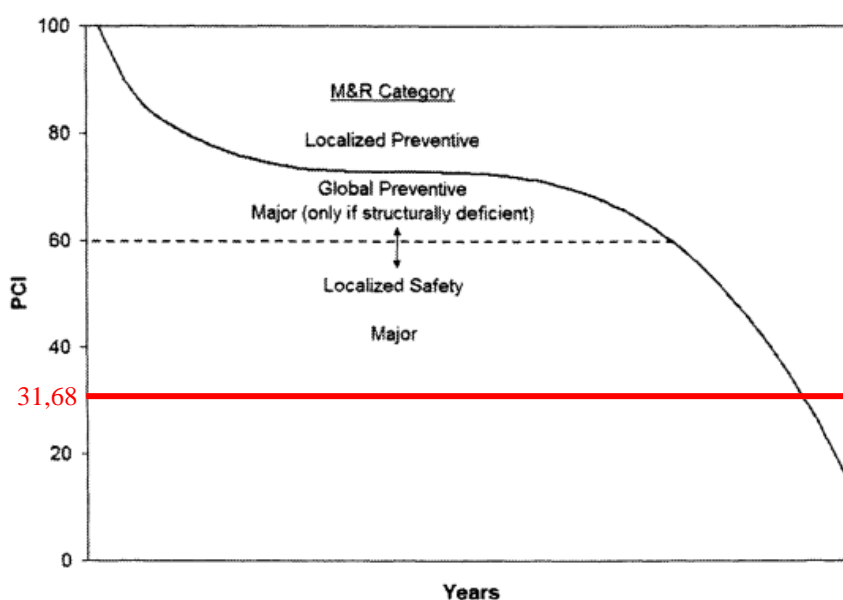
5.5 Metode Pemeliharaan dan Perbaikan Jalan

Metode pemeliharaan dan perbaikan jalan menjadi aspek penting dalam menjaga infrastruktur jalan. Dalam penelitian ini akan digunakan 2 jenis metode pemeliharaan yang berdasarkan dengan nilai *PCI* dan *SDI*. Hasil dari nilai *PCI* akan ditentukan perbaikannya menurut grafik *M&R*, sedangkan pemeliharaan dan

perbaikan berdasarkan nilai *SDI* ditentukan oleh Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia No. 13/PRT/M/2011.

5.5.1 Pemeliharaan dan Perbaikan Jalan Berdasarkan Nilai *PCI*

Berdasarkan pada analisis dan perhitungan kondisi perkerasan jalan menurut metode *PCI* diperoleh nilai sebesar 31,68 (*very poor*). Untuk menentukan pemeliharaan dan perbaikan yang dibutuhkan maka perlu dilihat melalui grafik pada Gambar 5.18 yang merupakan grafik hubungan antara nilai *PCI* dengan kategori *Maintenance and Rehabilitation (M&R)*.



Gambar 5.18 Grafik Kategori *M&R* Metode *PCI*

(Sumber: Shahin, 2005)

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.16, dengan nilai *PCI* sebesar 31,68 didapatkan hasil penentuan pemeliharaan dan perbaikan untuk kondisi jalan yang ditinjau adalah *Major Maintenance* (pemeliharaan utama). Adapun perbaikan yang perlu dilakukan berupa:

1. *Asphalt cement overlay*
2. *Hot in-place recycling*
3. *Reconstruction*

5.5.2 Pemeliharaan dan Perbaikan Jalan Berdasarkan Nilai *SDI*

Berdasarkan analisis dan perhitungan pada metode *SDI* (*Surface Distress Index*) didapatkan nilai sebesar 267,25 (rusak berat). Untuk menentukan program penanganan yang dibutuhkan maka perlu dilihat pada Tabel 5.12 dibawah ini yang merupakan tabel program penanganan kondisi jalan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia No. 13/PRT/M/2011 yang berdasarkan Nilai *SDI*. Program penanganan meliputi penanganan pekerjaan pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, rehabilitasi, dan rekonstruksi.

Tabel 5.14 Kondisi Jalan Berdasarkan Nilai *SDI*

Nilai <i>SDI</i>	Kategori Kerusakan	Program Penanganan
< 50	Baik	Pemeliharaan Rutin
50 – 100	Sedang	Pemeliharaan Berkala
100 – 150	Rusak Ringan	Rehabilitasi (perbaikan dan/atau perkuatan)
> 150	Rusak Berat	Rehabilitasi (perkuatan atau penggantian)

Berdasarkan pada Tabel 5.14 didapatkan program penanganan dengan kondisi kerusakan rusak berat yaitu rehabilitasi (perkuatan dan/atau penggantian) perkerasan jalan. Rehabilitasi jalan yang disarankan adalah pelapisan ulang bagian perkerasan jalan atau *overlay*.

5.6 Analisis Program *KENPAVE*

Pada analisis menggunakan bantuan *software KENPAVE* dibutuhkan data sekunder seperti data lalu lintas harian (LHR), data tebal perkerasan eksisting, dan data pertumbuhan lalu lintas. Data sekunder tersebut diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral (PUPR) Provinsi Yogyakarta dan Dinas Perhubungan Provinsi Yogyakarta. Berikut ini penjabaran data tersebut dan analisis kerusakan menggunakan program *KENPAVE*.

5.6.1 Data Lalu Lintas Harian (LHR)

Data lalu lintas harian rerata (LHR) pada jalan Yogyakarta – Pulowatu merupakan data LHR yang dilakukan selama 24 jam oleh Dinas PUPR Provinsi Yogyakarta tahun anggaran 2022. Jalan Yogyakarta – Pulowatu adalah jalan provinsi Yogyakarta yang memiliki lebar jalan 7 meter dan memiliki 2 lajur dengan 2 arah. Berikut ini data lalu lintas harian rerata (LHR) Jalan Yogyakarta – Pulowatu berdasarkan golongan kendaraan yang diperoleh dari Dinas PUPR Provinsi Yogyakarta tahun 2022.

Tabel 5.15 Data Lalu Lintas Harian Rerata Jalan Yogyakarta - Pulowatu

No	Jenis Kendaraan	LHR 2022 (Unit)
1	Sepeda Motor	85770
2	Sedan dan Jeep	22776
3	Pick-up	82
4	Micro Truck	2630
5	Bus Kecil	38
6	Bus Besar	21
7	Truk 2 Sumbu (4 roda)	641
8	Truk 2 Sumbu (6 roda)	0
9	Truk 3 Sumbu	89
10	Trailer 4 Sumbu dan Truk Gandengan	0
11	Truk Semi Trailer	16
12	Kendaraan Tidak Bermotor	349

(Sumber: Dinas PUPR Provinsi DIY, 2022)

5.6.2 Data Tebal Perkerasan Eksisting

Data tebal perkerasan eksisting pada jalan Yogyakarta – Pulowatu diperoleh dari Dinas PUPR Provinsi Yogyakarta. Berdasarkan dari data tersebut tebal perkerasan eksisting Jalan Yogyakarta -Pulowatu adalah sebagai berikut.

Tabel 5.16 Data Tebal Perkerasan Eksisting Jalan Yogyakarta - Pulowatu

No	Jenis Perkerasan	Tebal Perkerasan (cm)
1	AC – WC (<i>Asphalt Concrete – Wearing Course</i>)	4
2	AC – BC (<i>Asphalt Concrete – Binder Course</i>)	6
3	LPA (Lapis Pondasi Agregat Kelas A)	60

(Sumber: Dinas PUPR Provinsi DIY, 2022)

5.6.3 Analisis Perkerasan Lentur Eksisting Menggunakan Program *KENPAVE*

Dari data tebal perkerasan eksisting yang telah diperoleh dari Dinas PUPR Provinsi Yogyakarta dapat langsung dianalisis menggunakan bantuan *software KENPAVE* untuk mengetahui nilai kerusakan yang terjadi pada Jalan Yogyakarta – Pulowatu. Pada Pembahasan ini dilakukan analisis perkerasan lentur dengan pemodelan elastik linier.

1. Data Input

Data input merupakan ringkasan dari data yang telah diperoleh agar mempermudah dalam memasukkan data pada program *KENPAVE*. Data-data tersebut adalah sebagai berikut.

a. Modulus Elastisitas (E)

Data parameter modulus elastisitas (E) yang digunakan pada lapisan eksisting adalah nilai yang telah direduksi sebesar 68 % yang mana nilai reduksi tersebut didapatkan berdasarkan nilai *PCI* yang diperoleh pada penelitian ini. Sehingga analisis struktur perkerasan yang dilakukan dengan metode mekanistik-empiris berdasarkan pada kondisi jalan saat ini. Modulus elastisitas dari setiap lapisan perkerasan dapat dilihat pada Tabel 5.17 dibawah ini.

Tabel 5.17 Data Input Parameter Modulus Elastisitas

Lapis Perkerasan	Modulus Elastisitas Awal, E (Kpa)	Modulus Elastisitas Setelah Direduksi, E (Kpa)
<i>AC – WC</i>	1.100.000	352.000
<i>AC – BC</i>	1.200.000	384.000
LPA Kelas A	250.000	112.000
<i>Subgrade</i>	150.000	48.000

b. *Poisson's Ratio*

Parameter input *poisson's ratio* yang digunakan pada lapisan perkerasan eksisting merupakan nilai yang telah di reduksi sebesar 68 %. Nilai reduksi tersebut didapatkan dari nilai *PCI* yang diperoleh pada penelitian ini sebesar 31,68. Adapun nilai *poisson's ratio* dari setiap lapisan dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut ini.

Tabel 5.18 Data Input Parameter *Poisson's Ratio*

Lapis Perkerasan	<i>Poisson's Ratio</i> Awal	<i>Poisson's Ratio</i> Setelah Direduksi
<i>AC – WC</i>	0,35	0,112
<i>AC – BC</i>	0,35	0,112
LPA Kelas A	0,4	0,128
<i>Subgrade</i>	0,45	0,144

c. Detail Beban Sumbu Roda

Berdasarkan Gambar 3.33 terdapat tiga jenis sumbu beban roda, pada penelitian ini digunakan jenis sumbu tunggal beroda ganda (*single axle with dual tires*). Kemudian dari jenis tersebut perlu dispesifikasikan lagi menurut sumbu standar yang digunakan oleh Bina Marga 2017. Adapun detail lebih lanjut dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut ini.

Tabel 5.19 Data Input Detail Beban Sumbu Roda

Parameter	Nilai	Detail Beban
<i>Load</i>	1	Sumbu tunggal beroda ganda (<i>single axle with dual tires</i>)
<i>CR</i>	11 cm	Jari-Jari Bidang Kontak
<i>CP</i>	550 Kpa	Tekanan Roda untuk Satu Roda Ban
<i>YW</i>	33 cm	Jarak Antar Sumbu Roda Ganda
<i>XW</i>	0	Sumbu tunggal sehingga tidak perlu dispesifikasikan
<i>NR or NPT</i>	3	Jumlah titik dalam koordinat X dan Y yang akan dianalisis

2. Program *KENPAVE*

Pada pembahasan ini akan dilakukan analisis perkerasan lentur eksisting menggunakan program *KENPAVE* dengan beberapa langkah-langkah yang akan dilakukan untuk memperoleh hasil tegangan dan regangan dari perkerasan yang dianalisis. Berikut ini langkah-langkah dalam analisis pada *software KENPAVE*.

a. Input *General*

Langkah pertama adalah membuat file baru dengan klik menu "*File*" dan klik "*New*". Setelah membuat *file* baru, kemudian masukkan data ke menu "*General*" seperti yang dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut ini.

Tabel 5.20 Input Data pada Menu *General*

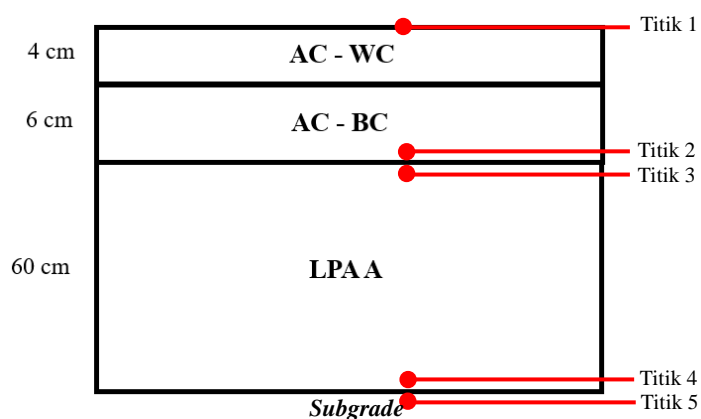
<i>Title</i>	<i>Trial</i>	Keterangan
<i>MATL</i>	1	Lapis Perkerasan adalah Linier Elastik
<i>NDAMA</i>	0	Tidak terdapat analisis kerusakan diawal
<i>NPY</i>	1	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>NLG</i>	1	Mengikuti <i>KENPAVE</i>

Lanjutan Tabel 5.20 Input Data pada Menu *General*

<i>Title</i>	<i>Trial</i>	Keterangan
<i>DEL</i>	0,001	Akurasi Analisis
<i>NL</i>	4	Jumlah Lapis Perkerasan (<i>AC-WC</i> , <i>AC-BC</i> , <i>LPA A</i> , dan <i>Subgrade</i>)
<i>NZ</i>	5	Jumlah titik tinjauan kerusakan
<i>ICL</i>	80	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>NSTD</i>	9	Hasil analisis untuk perpindahan vertikal, nilai tegangan, dan nilai regangan
<i>NBOND</i>	1	Semua lapisan perkerasan saling terikat
<i>NLBT</i>	0	
<i>NLTC</i>	0	
<i>NUNIT</i>	1	Unit satuan Standar Internasional

b. Input *Zcoord*

Data yang dimasukkan pada menu “*Zcoord*” merupakan jumlah titik berdasarkan letak titik dimana kerusakan akan ditinjau. Pada penelitian ini akan dilakukan 5 tinjauan titik yang dapat dilihat pada Gambar 5.19 dan Tabel 5.20 berikut ini.



Gambar 5.19 Tinjauan Kedalaman Titik Kerusakan

Dari Gambar 5.19 dapat dilihat bahwa terdapat 5 titik tinjauan kerusakan beserta kedalamannya. Pada penelitian ini akan digunakan akurasi ketelitian antar lapisan sebesar 0,005 cm, sehingga didapatkan ketelitian titik tinjau seperti yang terdapat pada Tabel 5.21 berikut ini.

Tabel 5.21 Input Data pada Menu *Zcoord*

No.	Kedalaman (cm)	Keterangan
1	0,000	Permukaan Lapis Perkerasan Lentur
2	9,995	Dasar Lapis Perkerasan Lentur
3	10,005	Permukaan Lapis Pondasi
4	69,995	Dasar Lapis Pondasi
5	70,005	<i>Subgrade</i>

c. Input *Layer*

Pada menu "*Layer*" input data berupa tebal perkerasan dan *poisson's ratio* dari setiap lapisan perkerasan. Data tebal perkerasan telah dijabarkan pada Tabel 5.16 dan nilai *poisson's ratio* yang digunakan adalah nilai yang telah direduksi seperti yang tercantum pada Tabel 5.18. Data input pada menu "*Layer*" dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut ini.

Tabel 5.22 Input Data pada Menu *Layer*

No <i>Layer</i>	Tebal (cm)	<i>Poisson's ratio</i>	Keterangan
1	4	0,112	<i>AC-WC</i>
2	6	0,112	<i>AC-BC</i>
3	60	0,128	LPA A
4	∞	0,144	<i>Subgrade</i>

d. Input *Modulli*

Data yang dimasukkan pada menu "*Modulli*" merupakan parameter perkerasan berupa modulus elastisitas dari setiap lapis perkerasan. Nilai modulus elastisitas yang digunakan adalah nilai yang telah direduksi

seperti yang telah dicantumkan pada Tabel 5.17. Berikut ini tabel input data pada menu “*Modulli*” yang dapat dilihat pada Tabel 5.23.

Tabel 5.23 Input Data pada Menu *Modulli*

No	Modulus elastisitas (KPa)
1	352.000
2	384.000
3	112.000
4	48.000

e. Input *Load*

Pada menu “*Load*” data yang dimasukkan berupa data detail beban gandar yang diterima oleh lapis perkerasan seperti dimensi sumbu kendaraan, tekanan ban dan jarak ban pada roda ganda. Data tersebut telah dijabarkan pada pada Tabel 5.18, adapun input data pada menu “*Load*” *KENPAVE* dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut ini.

Tabel 5.24 Input Data pada Menu *Load*

No	<i>Load</i>	<i>CR</i>	<i>CP</i>	<i>YW</i>	<i>XW</i>	<i>NR or NPT</i>
1	1	11	550	33	0	3

Karena nilai *NPT* yang dimasukkan adalah 3, maka terdapat pengurangan pada beban dengan tinjauan yang berbeda. Data yang dibutuhkan adalah koordinat X dan Y berdasarkan tinjauan jenis roda. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.25 berikut ini.

Tabel 5.25 Input Data Koordinat *NPT*

X	Y
0	0
0	10
0	16,5

3. Hasil Analisis

Hasil dari analisis program *KENPAVE* berupa *output* analisis tegangan dan regangan yang terjadi pada perkerasan yang ditinjau. Beban yang diberikan pada analisis ini berupa beban roda gandar tunggal (*single axle load*). Pada Tabel 5.26 didapatkan hasil analisis program *KENPAVE* dengan menggunakan pemodelan elastik linear.

Tabel 5.26 Hasil Analisis Perkerasan Lentur Eksisting

No	Koordinat Vertikal	Regangan Vertikal	Regangan Horizontal
1	0	550	579,350
		$1,303 \times 10^{-3}$	$1,015 \times 10^{-3}$
	9,995	303,714	-143,194
		$8,850 \times 10^{-4}$	$-5,159 \times 10^{-4}$
	10,005	303,481	-10,231
		$2,744 \times 10^{-4}$	$-5,166 \times 10^{-4}$
	69,995	21,737	-12,659
		$2,257 \times 10^{-4}$	$-1,491 \times 10^{-4}$
	70,005	21,732	-3,687
		$4,755 \times 10^{-4}$	$-1,491 \times 10^{-4}$
2	0	550	559,090
		$1,286 \times 10^{-3}$	$6,733 \times 10^{-4}$
	9,995	209,249	44,566
		$5,672 \times 10^{-4}$	$-4,425 \times 10^{-4}$
	10,005	209,153	24,333
		$1,841 \times 10^{-3}$	$-4,432 \times 10^{-4}$
	69,995	23,110	-13,986
		$2,409 \times 10^{-4}$	$-1,563 \times 10^{-4}$
	70,005	23,104	-3,783
		$5,065 \times 10^{-4}$	$-1,563 \times 10^{-4}$

Lanjutan Tabel 5.26 Hasil Analisis Perkerasan Lentur Eksisting

No	Koordinat Vertikal	Regangan Vertikal	Regangan Horizontal
3	0	0	-2,029
		$-7,309 \times 10^{-5}$	$-5,905 \times 10^{-4}$
	9,995	142,568	142,568
		$3,433 \times 10^{-4}$	$-3,695 \times 10^{-4}$
	10,005	142,603	73,375
		$1,205 \times 10^{-3}$	$-3,702 \times 10^{-4}$
	69,995	23,369	-14,239
		$2,438 \times 10^{-4}$	$-1,576 \times 10^{-5}$
	70,005	23,364	-3,800
		$5,124 \times 10^{-4}$	$-1,576 \times 10^{-4}$

4. Rekapitulasi Regangan dan Tegangan Maksimum

Pada Tabel 5.25 dapat diketahui tegangan dan regangan yang dialami oleh perkerasan berdasarkan analisis menggunakan program *KENPAVE*. Tegangan dan regangan yang terdapat pada tabel tersebut sesuai dengan setiap kedalaman yang ditinjau. Kemudian dari tabel tersebut dapat diperoleh pula tegangan dan regangan maksimum yang terjadi. Berikut ini Tabel 5.27 yang merupakan rekapitulasi nilai tegangan dan regangan maksimum dari setiap titik tinjauan.

Tabel 5.27 Rekapitulasi Regangan Maksimum

No	Regangan Horizontal Kedalaman 9,995	Regangan Vertikal Kedalaman 9,995	Regangan Horizontal Kedalaman 70,005
1	$5,159 \times 10^{-4}$	$8,850 \times 10^{-4}$	$4,755 \times 10^{-4}$
2	$4,425 \times 10^{-4}$	$5,672 \times 10^{-4}$	$5,065 \times 10^{-4}$
3	$3,695 \times 10^{-4}$	$3,433 \times 10^{-4}$	$5,124 \times 10^{-4}$
Max	$5,159 \times 10^{-4}$	$8,850 \times 10^{-4}$	$5,124 \times 10^{-4}$

5. Analisis Kerusakan

Dari Tabel 5.27 dapat dilihat bahwa kedalaman yang digunakan adalah 9,995 cm dan 70,005 cm hal tersebut dikarenakan pada analisis kerusakan *fatigue cracking* dan *rutting* digunakan regangan horizontal dan regangan vertikal yang berada pada bagian bawah lapis permukaan, sedangkan pada kerusakan *permanent deformation* digunakan regangan horizontal yang berada dibawah lapisan pondasi bawah. Setelah mendapatkan nilai regangan maksimum, maka dapat dilanjutkan dengan menganalisis kerusakan *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation*. Analisis ini dilakukan dengan cara menghitung nilai N_f (jumlah nilai beban pengulangan ijin untuk mengontrol kerusakan *fatigue cracking*), N_r (jumlah nilai beban pengulangan ijin untuk mengontrol kerusakan *rutting*), dan N_d (jumlah nilai beban pengulangan ijin untuk mengontrol kerusakan *permanent deformation*). Berikut ini perhitungan kerusakan-kerusakan tersebut berdasarkan pada Persamaan 3.8, Persamaan 3.9, dan Persamaan 3.10.

a. Nilai *Fatigue cracking* (N_f)

Perhitungan jumlah nilai beban pengulangan yang diijinkan untuk mengontrol kerusakan *fatigue cracking* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.8 berikut ini.

$$N_f = 0,0796 (\epsilon_t)^{-3,921} [E]^{-0,854}$$

$$N_f = 0,0796 (5,159 \times 10^{-4})^{-3,921} [384.000]^{-0,854}$$

$$N_f = 10.517.797 \text{ ESAL}$$

b. Nilai *Rutting* (N_r)

Perhitungan jumlah nilai beban pengulangan yang diijinkan untuk mengontrol kerusakan *rutting* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.9 berikut ini.

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

$$N_r = 1,365 \times 10^{-9} \times (8,850 \times 10^{-4})^{-4,47}$$

$$N_r = 63.631 \text{ ESAL}$$

c. Nilai *Permanent deformation* (N_d)

Perhitungan jumlah nilai beban pengulangan yang diijinkan untuk mengontrol kerusakan *permanent deformation* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.10 berikut ini.

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

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} \times (5,124 \times 10^{-4})^{-4,47}$$

$$N_d = 734.874 \text{ ESAL}$$

6. Kontrol Prediksi Umur Pelayanan Jalan

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat diketahui bahwa perkerasan mengalami kerusakan *fatigue cracking* ketika dilalui beban gandar sebesar 20.600.465 ESAL, mengalami kerusakan *rutting* ketika dilalui beban gandar sebesar 1.254.579 ESAL, dan kerusakan *permanent deformation* ketika dilalui beban gandar sebesar 87.229.031 ESAL. Berdasarkan besaran beban gandar yang diketahui tersebut maka dapat dihitung prediksi umur pelayanan Jalan Yogyakarta – Pulowatu terhadap kerusakan yang terjadi. Pada pembahasan ini akan dilakukan contoh perhitungan untuk kerusakan *permanent deformation* menggunakan Persamaan 3.11 berikut ini.

$$ESA_r = [(\sum LHR_{\text{tiap jenis kendaraan}} \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R]$$

$$ESA_r = [(\sum LHR_{\text{tiap jenis kendaraan}} \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01i}]$$

$$\begin{aligned} 734.874 &= \left[(38 \times 0,2) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01(12,41\%))^{UR}-1}{0,01 \times 12,41\%} \right] + \\ &\left[(21 \times 1,0) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01(12,41\%))^{UR}-1}{0,01 \times 12,41\%} \right] + \\ &\left[(641 \times 0,2) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01(12,41\%))^{UR}-1}{0,01 \times 12,41\%} \right] + \\ &\left[(89 \times 62,2) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01(12,41\%))^{UR}-1}{0,01 \times 12,41\%} \right] + \\ &\left[(16 \times 24,0) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01(12,41\%))^{UR}-1}{0,01 \times 12,41\%} \right] \end{aligned}$$

$$UR = 1 \text{ Tahun}$$

Berdasarkan perhitungan kontrol prediksi umur pelayanan pada kerusakan *permanent deformation* di atas dapat diketahui umur pelayanan yang menunjukkan lama Jalan Yogyakarta – Pulowatu dapat menahan beban gandar maksimum sampai kerusakan *permanent deformation* terjadi. Kemudian untuk mengetahui umur pelayanan untuk kerusakan *fatigue cracking* dan *rutting* dapat dilakukan perhitungan yang sama. Rekapitulasi beban gandar dan umur pelayanan dari kerusakan-kerusakan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut ini.

Tabel 5.28 Rekapitulasi Beban Gandar dan Umur Pelayanan

Jenis Kerusakan	Beban Gandar Maksimum (ESAL)	Umur Pelayanan (Tahun)
<i>Fatigue cracking</i>	10.517.797	7
<i>Rutting</i>	63.631	1
<i>Permanent deformation</i>	734.874	1

Berdasarkan Tabel 5.28 dapat dilihat bahwa Jalan Yogyakarta – Pulowatu belum mampu menahan beban maksimum dari semua kerusakan. Selain itu, dapat dilihat juga bahwa kerusakan yang akan terjadi terlebih dahulu adalah kerusakan *rutting* dengan beban gandar maksimum 63.631 ESAL dan umur pelayanan 1 tahun, kemudian diikuti dengan kerusakan *permanent deformation* dengan beban gandar maksimum sebesar 734.874 ESAL dan umur pelayanan 1 tahun, dan *fatigue cracking* dengan beban gandar maksimum 10.517.797 ESAL dan umur pelayanan selama 7 tahun. Sehingga dapat dikatakan bahwa tebal perkerasan lentur eksisting belum mampu menahan beban kendaraan sampai dengan umur rencana (20 tahun). Oleh karena itu pada penelitian ini akan diberikan solusi alternatif desain tebal perkerasan menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 Revisi Juni 2017.

5.6.4 Desain Perkerasan Lentur Alternatif Menggunakan Bina Marga 2017

Berdasarkan analisis perkerasan eksisting menggunakan data tebal perkerasan Jalan Yogyakarta - Pulowatu, maka perlu dilakukan alternatif tebal perkerasan agar jalan dapat menahan beban sampai dengan umur yang direncanakan. Dalam mendesain perkerasan alternatif menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 Revisi Juni 2017 diperlukan beberapa tahapan pengerjaan. Berikut ini tahapan desain alternatif tersebut.

1. Umur Rencana Jalan

Berdasarkan Tabel 3.26 untuk perancangan perkerasan lentur dengan lapisan aspal telah ditentukan menggunakan umur rencana selama 20 tahun.

2. Nilai Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

Nilai faktor laju pertumbuhan lalu lintas diperoleh dari Persamaan 3.11 menggunakan perbandingan data LHR dari tahun sebelumnya. Pada Tabel 5.29 berikut ini menunjukkan data LHR dari tahun 2019-2022.

Tabel 5.29 Rekapitulasi Data LHR

Tahun	LHR (Kend/hari)
2019	45173
2020	72625
2021	44811
2022	112412

(Sumber: Dinas PUPR Provinsi DIY, 2022)

Berdasarkan LHR di atas, maka dapat diperoleh nilai faktor pertumbuhan lalu lintas dengan menggunakan Persamaan 3.11. Perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas pada tahun 2020-2022 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 i &= \left(\frac{LHR_T}{LHR_O} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \\
 &= \left(\frac{112412}{72625} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \\
 &= 0,2441 \\
 &= 24,41 \%
 \end{aligned}$$

Adapun perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas pada tahun 2019-2021 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} i &= \left(\frac{LHR_T}{LHR_O} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \\ &= \left(\frac{44811}{45173} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \\ &= 0,004 \\ &= 0,40 \% \end{aligned}$$

Setelah diperoleh faktor pertumbuhan lalu lintas dari masing-masing tahun, faktor pertumbuhan lalu lintas rata-rata dapat diketahui melalui perhitungan dibawah ini.

$$\begin{aligned} i &= \frac{24,41 \% + 0,40 \%}{2} \\ i &= 12,41 \% \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, dapat diketahui nilai faktor pertumbuhan lalu lintas adalah sebesar 12,41 %.

3. Nilai Faktor Pengali Pertumbuhan Lalu Lintas (R)

Nilai faktor pengali pertumbuhan lalu lintas (R) dibagi menjadi dua yaitu aktual dan normal. Nilai R dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.12 dengan nilai UR pada R aktual adalah 2 tahun, sedangkan pada R normal adalah 18 tahun.

$$\begin{aligned} R_{\text{normal}} &= \frac{(1+0,01 i)^{UR}-1}{0,01 i} \\ &= \frac{(1+0,01 \times 12,41\%)^{20}-1}{0,01 \times 12,41\%} \\ &= 20,23749 \end{aligned}$$

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

Pada Jalan Yogyakarta – Pulowatu sistem yang digunakan adalah sistem jalan dua arah, umumnya faktor distribusi arah (DD) digunakan 0,50. Berdasarkan

pada Tabel 3.30 untuk faktor distribusi lajur (DL) diambil nilai 100% karena jumlah lajur per arah adalah 1.

5. Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor, VDF*)

Berdasarkan pada Manual Desain Perkerasan Jalan Lentur Nomor 04/SE/Db/2017 nilai karakteristik *VDF* telah ditetapkan berdasarkan jenis-jenis kendaraan niaga yang dikelompokkan berdasarkan wilayah. Faktor ekuivalen beban (*VDF*) dibedakan menjadi VDF_4 dan VDF_5 yang mempunyai nilai faktor masing-masing, sehingga dapat dilihat perbedaan hasil beban sumbu standar kumulatif atau *CESA* (*Cumulative Equivalent Single Axle Load*) dari masing-masing *VDF*. Untuk $CESA_4$ akan digunakan untuk menentukan pemilihan jenis perkerasan, sedangkan $CESA_5$ akan digunakan untuk menentukan tebal perkerasan lentur. Adapun detail nilai VDF_4 dan VDF_5 dapat dilihat pada Tabel 5.30 berikut ini.

Tabel 5.30 Nilai VDF_4 dan VDF_5

Kode	Jenis Kendaraan	VDF_4	VDF_5
2, 3, 4	Sepeda Motor, Angkutan Umum, Mobil Penumpang, Pick Up, dll	0	0
5a	Bus Kecil dan Besar Golongan 5a	0,30	0,20
5b	Bus Kecil dan Bus Besar Golongan 5b	1,00	1,00
6a	Truk 2 Sumbu Golongan 6a	0,3	0,2
6b	Truk 2 Sumbu Golongan 6b	7,30	11,20
7a	Truk 3 Sumbu Golongan 7a	28,90	62,20
7b	Trailer 2 Sumbu, Trailer Penarik 2 Sumbu	36,90	90,40
7c	Truk Semi Trailer	13,60	24,00

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Bina Marga Revisi Juni 2017)

6. Menghitung *CESA* (*Cumulative Equivalent Single Axle Load*)

Dari data-data yang telah dijabarkan di atas maka dapat dihitung beban sumbu standar kumulatif atau *CESA* yang merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas pada perkerasan berdasarkan umur rencana yaitu 20 tahun. Adapun untuk contoh perhitungan digunakan contoh perhitungan pada jenis kendaraan golongan 5a berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{ESA}_{4 \text{ normal}} &= (\sum \text{LHR}_{\text{tiap jenis kendaraan}} \times \text{VDF}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \\ &= (38 \times 0,30) \times 365 \times 0,5 \times 100\% \times 20,23749 \\ &= 42104 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ESA}_{5 \text{ normal}} &= (\sum \text{LHR}_{\text{tiap jenis kendaraan}} \times \text{VDF}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \\ &= (38 \times 0,20) \times 365 \times 0,5 \times 100\% \times 20,23749 \\ &= 28069 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Adapun rekapan perhitungan jenis golongan lainnya dan hasil beban sumbu standar kumulatif (*CESA*) dapat dilihat pada Tabel 5.31 berikut ini.

Tabel 5.31 Prediksi Jumlah Beban Gandar Selama Umur Rencana

Kode	LHR (2022)	VDF_4	VDF_5	ESA_4	ESA_5
2, 3, 4	111258	0	0	0	0
5a	38	0.3	0.2	42104	28069
5b	21	1.00	1.00	77560	77560
6a	641	0.55	0.50	710230	473487
6b	0	4.00	5.10	0	0
7a1	89	4.70	6.40	9499647	20445607
7b1	0	9.40	13.00	0	0
7c1	16	7.40	9.70	803671	1418244
<i>CESA</i>				11.133.213	22.442.967

Berdasarkan Tabel 5.30, maka dapat dilihat hasil beban sumbu standar kumulatif (*CESA*) adalah sebagai berikut.

$$CESA_4 = 11.133.213 \text{ ESAL}$$

$$CESA_5 = 22.442.967 \text{ ESAL}$$

7. Menentukan Tipe Perkerasan

Berdasarkan nilai $CESA_4$ yang diperoleh sebesar 11.133.213 ESAL kemudian disinkronkan dengan Tabel 3.33, maka jenis perkerasan yang didapatkan adalah AC (*Asphalt Cement*) dengan tebal ≥ 100 mm dengan lapis pondasi berbutir. Persyaratan pembangunan menggunakan kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai. Aspal modifikasi direkomendasikan untuk digunakan adalah lapisan aus (*wearing course*) untuk memperpanjang umur pelayanan.

8. Menentukan Tebal Perkerasan

Berdasarkan nilai $CESA_5$ yang diperoleh sebesar 22.442.967 ESAL dan acuan desain pada Tabel 3.34 maka tebal lapisan perkerasan alternatif yang digunakan adalah aspal dengan lapis pondasi berbutir yang tercantum pada bagan desain – 3B dengan kriteria FFF6. Adapun tebal lapisan pada masing-masing jenis perkerasan adalah sebagai berikut.

Tabel 5.32 Data Tebal Perkerasan Alternatif

No	Jenis Perkerasan	Tebal Perkerasan (cm)
1	AC – WC (<i>Asphalt Concrete – Wearing Course</i>)	4
2	AC – BC (<i>Asphalt Concrete – Binder Course</i>)	6
3	AC – Base	16
4	LPA (Lapis Pondasi Agregat) Kelas A	30

Dari data tebal perkerasan alternatif pada Tabel 5.32 dapat dilihat bahwa terdapat penambahan lapisan pada jenis perkerasan AC-Base jika dibandingkan dengan perkerasan eksisting Jalan Yogyakarta – Pulowatu.

5.6.5 Analisis Perkerasan Lentur Alternatif Menggunakan Program *KENPAVE*

Data tebal perkerasan alternatif yang telah didapatkan dari Bina Marga 2017 berdasarkan data LHR tahun 2022 pada Jalan Yogyakarta – Pulowatu dapat langsung diolah menggunakan program *KENPAVE*. Pada Pembahasan ini dilakukan analisis perkerasan lentur dengan pemodelan elastik linier.

1. Data Input

Data input merupakan ringkasan dari data yang telah diperoleh agar mempermudah dalam memasukkan data pada program *KENPAVE*. Data-data tersebut adalah sebagai berikut.

a. Parameter Lapis Perkerasan

Data parameter lapis perkerasan merupakan nilai bahan dan tebal perkerasan dari setiap struktur lapisan perkerasan. Berikut ini Tabel 5.33 yang menunjukkan nilai – nilai tersebut.

Tabel 5.33 Data Input Parameter Lapis Perkerasan Alternatif

Lapis Perkerasan	Modulus Elastis, E (Kpa)	<i>Poisson's ratio</i>	Tebal Perkerasan (cm)
<i>AC – WC</i>	1.100.000	0,35	4
<i>AC – BC</i>	1.200.000	0,35	6
<i>AC – Base</i>	1.600.000	0,35	16
LPA Kelas A	350.000	0,40	30
<i>Subgrade</i>	150.000	0,45	-

(Sumber: Huang, 2012)

b. Detail Beban Sumbu Roda

Berdasarkan Gambar 3.33 terdapat tiga jenis sumbu beban roda, pada penelitian ini digunakan jenis sumbu tunggal beroda ganda (*single axle with dual tires*). Kemudian dari jenis tersebut perlu dispesifikasikan lagi menurut sumbu standar yang digunakan oleh Bina Marga. Adapun detail lebih lanjut dapat dilihat pada Tabel 5.34 berikut ini.

Tabel 5.34 Data Input Detail Beban Sumbu Roda

Parameter	Nilai	Detail Beban
<i>Load</i>	1	Sumbu tunggal beroda ganda (<i>single axle with dual tires</i>)
<i>CR</i>	11 cm	Jari-Jari Bidang Kontak
<i>CP</i>	550 Kpa	Tekanan Roda untuk Satu Roda Ban
<i>YW</i>	33 cm	Jarak Antar Sumbu Roda Ganda
<i>XW</i>	0	Sumbu tunggal sehingga tidak perlu dispesifikasikan
<i>NR or NPT</i>	3	Jumlah titik dalam koordinat X dan Y yang akan dianalisis

2. Program *KENPAVE*

Pada pembahasan ini akan dilakukan analisis perkerasan lentur eksisting menggunakan program *KENPAVE* dengan beberapa langkah-langkah yang akan dilakukan untuk memperoleh hasil tegangan dan regangan dari perkerasan yang dianalisis. Berikut ini langkah-langkah dalam analisis pada *software KENPAVE*.

a. Input *General*

Langkah pertama adalah membuat file baru dengan klik menu "*File*" dan klik "*New*". Setelah membuat file baru, kemudian masukkan data ke menu "*General*" seperti yang dapat dilihat pada Tabel 5.35 berikut ini.

Tabel 5.35 Input Data pada Menu *General*

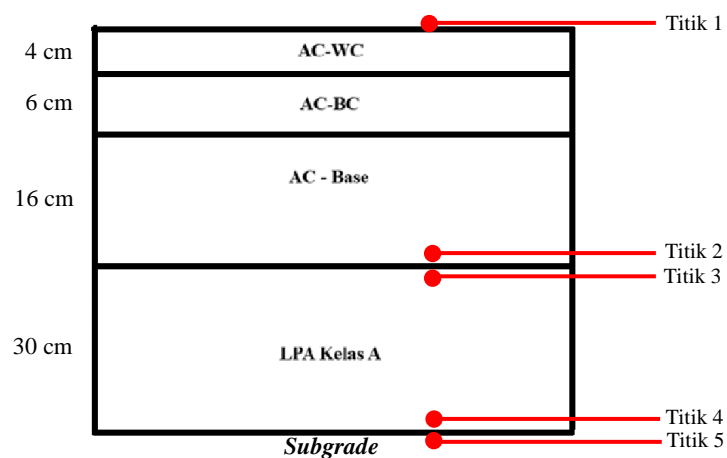
<i>Title</i>	<i>Trial</i>	Keterangan
<i>MATL</i>	1	Lapis Perkerasan adalah Linier Elastik
<i>NDAMA</i>	0	Tidak terdapat analisis kerusakan diawal
<i>NPY</i>	1	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>NLG</i>	1	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>DEL</i>	0,001	Akurasi Analisis

Lanjutan Tabel 5.35 Input Data pada Menu *General*

<i>Title</i>	<i>Trial</i>	Keterangan
<i>NL</i>	5	Jumlah Lapis Perkerasan (<i>AC-WC</i> , <i>AC-BC</i> , <i>AC-Base</i> , LPA A, dan <i>Subgrade</i>)
<i>NZ</i>	5	Jumlah titik tinjauan kerusakan
<i>ICL</i>	80	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>NSTD</i>	9	Hasil analisis untuk perpindahan vertikal, nilai tegangan, dan nilai regangan
<i>NBOND</i>	1	Semua lapisan perkerasan saling terikat
<i>NLBT</i>	0	
<i>NLTC</i>	0	
<i>NUNIT</i>	1	Unit satuan Standar Internasional

b. Input *Zcoord*

Data yang dimasukkan pada menu “*Zcoord*” merupakan jumlah titik berdasarkan letak titik dimana kerusakan akan ditinjau. Pada penelitian ini akan dilakukan 5 tinjauan titik yang dapat dilihat pada Gambar 5.20 berikut ini.



Gambar 5.20 Tinjauan Kedalaman Titik Kerusakan

Dari Gambar 5.20 dapat dilihat bahwa terdapat 5 titik tinjauan kerusakan beserta kedalamannya. Pada penelitian ini akan digunakan akurasi ketelitian antar lapisan sebesar 0,005 cm, sehingga didapatkan ketelitian titik tinjau seperti yang terdapat pada Tabel 5.36 berikut ini.

Tabel 5.36 Input Data pada Menu *Zcoord*

No.	Kedalaman (cm)	Keterangan
1	0,000	Permukaan Lapis Perkerasan Lentur
2	25,995	Dasar Lapis Perkerasan Lentur
3	26,005	Permukaan Lapis Pondasi
4	55,995	Dasar Lapis Pondasi
5	56,005	<i>Subgrade</i>

c. Input *Layer*

Pada menu "*Layer*" input data berupa tebal perkerasan dan *Poisson's ratio* dari setiap lapisan perkerasan. Data tebal perkerasan dan nilai *Poisson's ratio* telah dicantumkan pada Tabel 5.33. Data input pada menu "*Layer*" dapat dilihat pada Tabel 5.37 berikut ini.

Tabel 5.37 Input Data pada Menu *Layer*

No <i>Layer</i>	Tebal (cm)	<i>Poisson's ratio</i>	Keterangan
1	4	0,35	<i>AC-WC</i>
2	6	0,35	<i>AC-BC</i>
3	16	0,35	<i>AC-Base</i>
4	30	0,40	LPA A
5	∞	0,45	<i>Subgrade</i>

d. Input *Modulli*

Data yang dimasukkan pada menu "*Modulli*" merupakan parameter perkerasan berupa modulus elastisitas dari setiap lapis perkerasan. Nilai modulus yang digunakan telah dicantumkan pada Tabel 5.33. Berikut ini tabel input data pada menu "*Modulli*" yang dapat dilihat pada Tabel 5.38.

Tabel 5.38 Input Data pada Menu *Modulli*

No	Modulus elastisitas (KPa)
1	1.100.000
2	1.200.000
3	1.600.000
4	350.000
5	150.000

e. Input *Load*

Pada menu “*Load*” data yang dimasukkan berupa data detail beban gandar yang diterima oleh lapis perkerasan seperti dimensi sumbu kendaraan, tekanan ban dan jarak ban pada roda ganda. Data tersebut telah dijabarkan pada pada Tabel 5.34, adapun input data pada menu “*Load*” dapat dilihat pada Tabel 5.39 berikut ini.

Tabel 5.39 Input Data pada Menu *Load*

No	<i>Load</i>	<i>CR</i>	<i>CP</i>	<i>YW</i>	<i>XW</i>	<i>NR or NPT</i>
1	1	11	550	33	0	3

Karena nilai *NPT* yang dimasukkan adalah 3, maka terdapat pengulangan pada beban dengan tinjauan yang berbeda. Data yang dibutuhkan adalah koordinat X dan Y berdasarkan tinjauan jenis roda. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.40 berikut ini.

Tabel 5.40 Input Data Koordinat *NPT*

X	Y
0	0
0	10
0	16,5

3. Hasil Analisis

Hasil dari analisis program *KENPAVE* berupa *output* analisis tegangan dan regangan yang terjadi pada perkerasan yang ditinjau. Beban yang diberikan pada analisis ini berupa beban roda gandar tunggal (*single axle load*). Pada Tabel 5.41 didapatkan hasil analisis program *KENPAVE* dengan menggunakan pemodelan elastik linear.

Tabel 5.41 Hasil Analisis Perkerasan Lentur Alternatif

No	Koordinat Vertikal	Regangan Vertikal	Regangan Horizontal	
1	0	550	538,101	
		$1,662 \times 10^{-4}$	$1,149 \times 10^{-4}$	
	25,995	81,916	-153,525	
		$1,287 \times 10^{-4}$	$-1,106 \times 10^{-4}$	
	26,005	81,875	4,599	
		$2,291 \times 10^{-4}$	$-1,107 \times 10^{-4}$	
	55,995	26,008	-21,518	
		$1,278 \times 10^{-4}$	$-7,875 \times 10^{-5}$	
	56,005	26,002	2,443	
		$1,600 \times 10^{-4}$	$-7,875 \times 10^{-5}$	
	2	0	550	556,410
			$1,480 \times 10^{-4}$	$1,377 \times 10^{-4}$
25,995		81,545	-130,765	
		$1,241 \times 10^{-4}$	$-1,165 \times 10^{-4}$	
26,005		81,513	11,921	
		$2,231 \times 10^{-4}$	$-1,165 \times 10^{-4}$	
55,995		27,683	-23,900	
		$1,376 \times 10^{-4}$	$-8,260 \times 10^{-5}$	
56,005		27,677	2,660	
		$1,723 \times 10^{-4}$	$-8,260 \times 10^{-5}$	

Lanjutan Tabel 5.41 Hasil Analisis Perkerasan Lentur Alternatif

No	Koordinat Vertikal	Regangan Vertikal	Regangan Horizontal
3	0	0	44,433
		$-7,073 \times 10^{-5}$	$-1,371 \times 10^{-5}$
	25,995	79,457	-116,663
		$1,188 \times 10^{-4}$	$-1,166 \times 10^{-4}$
	26,005	79,431	14,070
		$2,148 \times 10^{-4}$	$-1,167 \times 10^{-4}$
	55,995	27,992	-24,334
		$1,394 \times 10^{-4}$	$-8,332 \times 10^{-5}$
	56,005	27,985	2,705
		$1,745 \times 10^{-4}$	$-8,332 \times 10^{-5}$

4. Rekapitulasi Tegangan dan Regangan Maksimum

Pada Tabel 5.41 dapat diketahui tegangan dan regangan yang dialami oleh perkerasan berdasarkan analisis menggunakan program *KENPAVE*. Tegangan dan regangan yang terdapat pada tabel tersebut sesuai dengan setiap kedalaman yang ditinjau. Kemudian dari tabel tersebut dapat diperoleh pula tegangan dan regangan maksimum yang terjadi. Berikut ini Tabel 5.42 yang merupakan rekapitulasi nilai tegangan dan regangan maksimum dari setiap titik tinjauan.

Tabel 5.42 Rekapitulasi Regangan Maksimum

No	Regangan Horizontal Kedalaman 25,995	Regangan Vertikal Kedalaman 25,995	Regangan Horizontal Kedalaman 56,005
1	$1,106 \times 10^{-4}$	$1,287 \times 10^{-4}$	$1,600 \times 10^{-4}$
2	$1,165 \times 10^{-4}$	$1,241 \times 10^{-4}$	$1,723 \times 10^{-4}$
3	$1,166 \times 10^{-4}$	$1,188 \times 10^{-4}$	$1,745 \times 10^{-4}$
Max	$1,166 \times 10^{-4}$	$1,287 \times 10^{-4}$	$1,745 \times 10^{-4}$

5. Analisis Kerusakan

Dari Tabel 5.42 dapat dilihat bahwa kedalaman yang digunakan adalah 25,995 cm dan 56,005 cm hal tersebut dikarenakan pada analisis kerusakan *fatigue cracking* dan *rutting* digunakan regangan horizontal dan regangan vertikal yang berada pada bagian bawah lapis permukaan, sedangkan pada kerusakan *permanent deformation* digunakan regangan horizontal yang berada dibawah lapisan pondasi bawah. Setelah mendapatkan nilai regangan maksimum, maka dapat dilanjutkan dengan menganalisis kerusakan *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation*. Analisis ini dilakukan dengan cara menghitung nilai N_f (jumlah nilai beban pengulangan ijin untuk mengontrol kerusakan *fatigue cracking*), N_r (jumlah nilai beban pengulangan ijin untuk mengontrol kerusakan *rutting*), dan N_d (jumlah nilai beban pengulangan ijin untuk mengontrol kerusakan *permanent deformation*). Berikut ini perhitungan kerusakan-kerusakan tersebut berdasarkan pada Persamaan 3.8, Persamaan 3.9, dan Persamaan 3.10.

a. Nilai *Fatigue cracking* (N_f)

Perhitungan jumlah nilai beban pengulangan yang diijinkan untuk mengontrol kerusakan *fatigue cracking* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.8 berikut ini.

$$N_f = 0,0796 (\epsilon_t)^{-3,921} [E]^{-0,854}$$

$$N_f = 0,0796 (1,166 \times 10^{-4})^{-3,921} [1.200.000]^{-0,854}$$

$$N_f = 1.354.463.379 \text{ ESAL}$$

b. Nilai *Rutting* (N_r)

Perhitungan jumlah nilai beban pengulangan yang diijinkan untuk mengontrol kerusakan *rutting* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.9 berikut ini.

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

$$N_r = 1,365 \times 10^{-9} \times (1,287 \times 10^{-4})^{-4,47}$$

$$N_r = 356.902.423 \text{ ESAL}$$

c. Nilai *Permanent deformation* (N_d)

Perhitungan jumlah nilai beban pengulangan yang diijinkan untuk mengontrol kerusakan *permanent deformation* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.10 berikut ini.

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

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} \times (1,745 \times 10^{-4})^{-4,47}$$

$$N_d = 91.330.220 \text{ ESAL}$$

6. Kontrol Prediksi Umur Pelayanan Jalan

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat diketahui bahwa perkerasan mengalami kerusakan *fatigue cracking* ketika dilalui beban gandar sebesar 719.798.504 ESAL, mengalami kerusakan *rutting* ketika dilalui beban gandar sebesar 226.205.679 ESAL, dan kerusakan *permanent deformation* ketika dilalui beban gandar sebesar 76.208.014 ESAL. Berdasarkan besaran beban gandar yang diketahui tersebut maka dapat dihitung prediksi umur pelayanan Jalan Yogyakarta – Pulowatu terhadap kerusakan yang terjadi. Pada pembahasan ini akan dilakukan contoh perhitungan untuk kerusakan *rutting* menggunakan Persamaan 3.11 berikut ini.

$$ESA_r = [(\sum LHR_{\text{tiap jenis kendaraan}} \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R]$$

$$ESA_r = [(\sum LHR_{\text{tiap jenis kendaraan}} \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01i}]$$

$$\begin{aligned} 356.902.423 = & \left[(38 \times 0,2) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01(12,41\%))^{UR}-1}{0,01 \times 25\%} \right] + \\ & \left[(21 \times 1,0) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01(12,41\%))^{UR}-1}{0,01 \times 12,41\%} \right] + \\ & \left[(641 \times 0,2) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01(12,41\%))^{UR}-1}{0,01 \times 12,41\%} \right] + \\ & \left[(89 \times 62,2) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01(12,41\%))^{UR}-1}{0,01 \times 12,41\%} \right] + \\ & \left[(16 \times 24,0) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01(12,41\%))^{UR}-1}{0,01 \times 12,41\%} \right] \end{aligned}$$

$$UR = 32 \text{ Tahun}$$

Berdasarkan perhitungan kontrol prediksi umur pelayanan diatas dapat diketahui bahwa umur pelayanan untuk kerusakan rutting diperoleh selama 32 tahun. Kemudian untuk mengetahui umur pelayanan untuk kerusakan *fatigue cracking* dan *permanent deformation* dapat dilakukan perhitungan yang sama. Rekapitulasi beban gandar dan umur pelayanan dari kerusakan-kerusakan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.43 berikut ini.

Tabel 5.43 Rekapitulasi Beban Gandar dan Umur Pelayanan

Jenis Kerusakan	Beban Gandar Maksimum (ESAL)	Umur Pelayanan (Tahun)
<i>Fatigue cracking</i>	1.354.463.379	43
<i>Rutting</i>	356.902.423	32
<i>Permanent deformation</i>	91.330.220	21

Berdasarkan Tabel 5.43 dapat dilihat bahwa perkerasan alternatif yang disarankan untuk Jalan Yogyakarta – Pulowatu telah mampu menahan beban maksimum dari kerusakan *fatigue cracking*, *rutting* dan *permanent deformation*. Selain itu, dapat dilihat juga bahwa kerusakan yang akan terjadi terlebih dahulu adalah kerusakan *permanent deformation* dengan beban gandar maksimum 91.330.220 ESAL dan umur pelayanan 21 tahun, kemudian diikuti kerusakan *rutting* dengan umur pelayanan 32 tahun, dan kerusakan *fatigue cracking* selama 43 tahun. Faktor pertumbuhan lalu lintas menjadi parameter yang penting dalam mendesain perkerasan karena kendaraan yang melintasi jalan dapat meningkat dengan cepat seiring meningkatnya kebutuhan perekonomian di masyarakat. Oleh karena itu dalam mendesain tebal perkerasan perlu dilakukan berulang kali untuk mendapatkan alternatif terbaik.

5.7 Perbandingan Hasil Metode Mekanistik-Empiris

Setelah dilakukan analisis desain perkerasan lentur eksisting pada Jalan Yogyakarta – Pulowatu menggunakan metode mekanistik-empiris, diperoleh beberapa hasil sebagai berikut.

5.7.1 Perbandingan Desain Perkerasan Lentur Eksisting dan Alternatif

Desain struktur perkerasan lentur eksisting dan alternatif Jalan Yogyakarta – Pulowatu dilakukan menggunakan metode mekanistik-empiris dengan Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017. Adapun perbandingan dari kedua struktur perkerasan tersebut dapat dilihat dibawah ini.

1. Desain Struktur Perkerasan Lentur Eksisting

Menurut data yang didapatkan dari Dinas PUPR Provinsi Yogyakarta, tebal perkerasan eksisting yang digunakan pada Jalan Yogyakarta – Pulowatu adalah sebagai berikut.

<i>AC-WC</i>	= 4 cm
<i>AC-BC</i>	= 6 cm
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	= 60 cm

2. Desain Struktur Perkerasan Lentur Alternatif

Pada struktur perkerasan lentur alternatif didesain berdasarkan data LHR Jalan Yogyakarta – Pulowatu yang kemudian dianalisis menggunakan Bina Marga 2017. Berdasarkan metode Bina Marga 2017 diperoleh nilai $CESA_4$ sebesar 11.133.213 ESAL dan $CESA_5$ sebesar 22.442.967 ESAL. Jenis perkerasan yang digunakan adalah *AC (Asphalt Cement)* dengan tebal ≥ 100 mm dengan lapis pondasi berbutir. Persyaratan pembangunan menggunakan kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai. Berdasarkan $CESA_5$ sebesar 22.442.967 ESAL didapatkan tebal perkerasan lentur alternatif sebagai berikut ini.

<i>AC-WC</i>	= 4 cm
<i>AC-BC</i>	= 6 cm
<i>AC-Base</i>	= 16 cm
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	= 30 cm

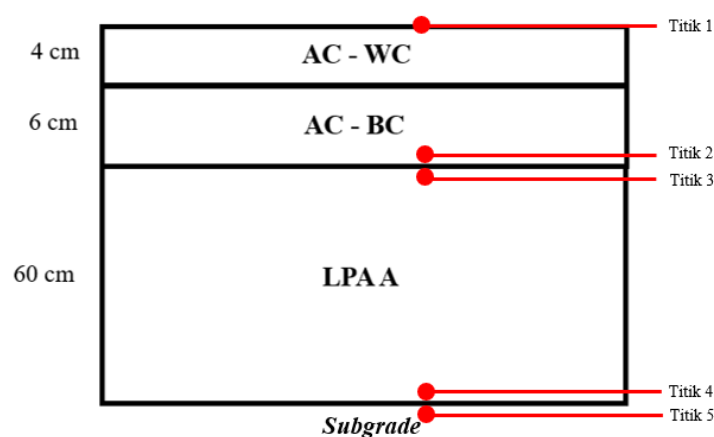
5.7.2 Nilai Tegangan dan Regangan Perkerasan Lentur Eksisting dan Alternatif

Program *KENPAVE* didesain untuk membantu pengguna dalam mengetahui tingkat kerusakan perkerasan yang akan terjadi dengan mempertimbangkan karakteristik fisik perkerasan seperti modulus elastisitas, *poisson's ratio*, faktor beban kendaraan, dan ketebalan perkerasan. Karakteristik perkerasan ini kemudian

digunakan untuk menghitung respons perkerasan dengan hasil berupa tegangan dan regangan dari tiap lapisannya. Hal ini sejalan dengan apa yang dikatakan oleh Huang (2012) bahwa metode mekanistik-empiris didasari pada data masukan ke *software KENPAVE* seperti beban sumbu kendaraan dan parameter input lapisan perkerasan. Data-data seperti tebal perkerasan, nilai modulus elastisitas, dan *poisson's ratio* sangat berpengaruh pada hasil *output* dari program *KENPAVE*. Tegangan dan regangan yang dihasilkan ini menjadi parameter penting untuk mengevaluasi kemampuan perkerasan dalam menahan beban yang melewatinya. Adapun nilai tegangan dan regangan dari perkerasan lentur eksisting dan alternatif pada Jalan Yogyakarta – Pulowatu dapat dilihat pada poin dibawah ini.

1. Nilai Tegangan dan Regangan Perkerasan Lentur Eksisting

Dalam mengetahui nilai tegangan dan regangan terdapat perbedaan yang bergantung pada tiap jenis kerusakan. Pada perkerasan lentur eksisting kerusakan *fatigue cracking* dibaca pada *tangential stress* dengan kedalaman 9,995, kerusakan *rutting* dibaca pada *vertical stress* dengan kedalaman 9,995 yaitu pada titik 2, dan kerusakan *permanent deformation* dibaca pada *vertical stress* dengan kedalaman 70,005 yaitu pada titik 5. Gambar 5.21 berikut ini adalah gambar detail titik tinjauan.



Gambar 5.21 Tinjauan Kedalaman Titik Kerusakan Perkerasan Lentur Eksisting

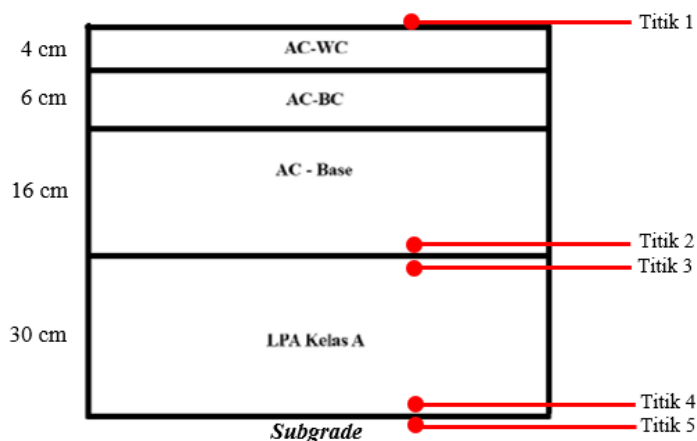
Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada perkerasan lentur eksisting menggunakan pemodelan elastik linear, respon tegangan regangan untuk kerusakan *fatigue cracking* pada kedalaman 9,995 adalah sebesar $5,159 \times 10^{-4}$ Kpa dengan beban gandar maksimum yang dapat ditahan sebesar 10.517.797 ESAL, respon tegangan regangan pada kerusakan *rutting* pada kedalaman 9,995 adalah sebesar $8,850 \times 10^{-4}$ Kpa dengan dengan beban gandar maksimum sebesar 63.631 ESAL, dan respon tegangan regangan pada kerusakan *permanent deformation* pada kedalaman 70,005 adalah sebesar $5,124 \times 10^{-4}$ Kpa dengan beban gandar maksimum sebesar 734.874 ESAL. Rekapitulasi hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.44 dibawah ini.

Tabel 5.44 Rekapitulasi Regangan dan Beban Gandar Maksimum Perkerasan Lentur Eksisting

Jenis Kerusakan	Regangan Maksimum	Beban Gandar Maksimum (ESAL)
<i>Fatigue cracking</i>	$5,159 \times 10^{-4}$	10.517.797
<i>Rutting</i>	$8,850 \times 10^{-4}$	63.631
<i>Permanent deformation</i>	$5,124 \times 10^{-4}$	734.874

2. Nilai Tegangan dan Regangan Perkerasan Lentur Alternatif

Dalam mengetahui nilai tegangan dan regangan terdapat perbedaan yang bergantung pada tiap jenis kerusakan. Pada perkerasan lentur alternatif kerusakan *fatigue cracking* dibaca pada *tangential stress* dengan kedalaman 25,995, kerusakan *rutting* dibaca pada *vertical stress* dengan kedalaman 25,995 yaitu pada titik 2, dan kerusakan *permanent deformation* dibaca pada *vertical stress* dengan kedalaman 56,005 yaitu pada titik 5. Gambar 5.22 berikut ini adalah gambar detail titik tinjauan.



Gambar 5.22 Tinjauan Kedalaman Titik Kerusakan Perkerasan Lentur Alternatif

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada perkerasan lentur alternatif dengan pemodelan elastik linear, respon tegangan regangan untuk kerusakan *fatigue cracking* pada kedalaman 25,995 adalah sebesar $1,166 \times 10^{-4}$ Kpa dengan beban gandar maksimum yang dapat ditahan sebesar 1.354.463.379 ESAL, respon tegangan regangan pada kerusakan *rutting* pada kedalaman 25,995 adalah sebesar $1,287 \times 10^{-4}$ Kpa dengan dengan beban gandar maksimum sebesar 356.902.423 ESAL, dan respon tegangan regangan pada kerusakan *permanent deformation* pada kedalaman 56,005 adalah sebesar $1,745 \times 10^{-4}$ Kpa dengan beban gandar maksimum sebesar 91.330.220 ESAL. Rekapitulasi hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.45 dibawah ini.

Tabel 5.45 Rekapitulasi Regangan dan Beban Gandar Maksimum Perkerasan Lentur Alternatif

Jenis Kerusakan	Regangan Maksimum	Beban Gandar Maksimum (ESAL)
<i>Fatigue cracking</i>	$1,166 \times 10^{-4}$	1.354.463.379
<i>Rutting</i>	$1,287 \times 10^{-4}$	356.902.423
<i>Permanent deformation</i>	$1,745 \times 10^{-4}$	91.330.220

5.7.3 Perbandingan Prediksi Umur Pelayanan Perkerasan Lentur Eksisting dan Alternatif.

Setelah memperoleh nilai beban gandar maksimum, maka umur pelayanan sebelum terjadinya kerusakan dapat diprediksi. Dalam menghitung umur pelayanan maka perlu dilakukan dengan mengolah data-data yang diperoleh dari Bina Marga 2017 yaitu LHR, *VDF*, faktor distribusi lajur, faktor distribusi arah, dan nilai faktor pertumbuhan lalu lintas. Perhitungan umur pelayanan dapat diperoleh menggunakan persamaan 3.11.

Berdasarkan hasil analisis perkerasan lentur eksisting diperoleh beban gandar maksimum pada kerusakan *rutting* sebesar 63.631 ESAL dengan umur pelayanan selama 1 tahun, kerusakan *permanent deformation* sebesar 734.874 ESAL dengan umur pelayanan selama 1 tahun, dan kerusakan *fatigue cracking* sebesar 10.517.797 ESAL dengan umur pelayanan selama 7 tahun. Rekapitulasi perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.46 dibawah ini.

Tabel 5.46 Rekapitulasi Beban Gandar dan Umur Pelayanan Perkerasan Eksisting

Jenis Kerusakan	Beban Gandar Maksimum (ESAL)	Umur Pelayanan (Tahun)
<i>Fatigue cracking</i>	10.517.797	7
<i>Rutting</i>	63.631	1
<i>Permanent deformation</i>	734.874	1

Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa tebal lapisan pada perkerasan eksisting belum mampu menahan beban kendaraan sampai dengan umur pelayanan yang direncanakan. Hal ini selaras dengan penelitian yang telah dilakukan dengan pemodelan elastik linear pada perkerasan eksisting oleh Suwanda dan Kushari (2019) pada ruas Jalan Tempel – Pakem dan Hakim dan Kushari (2019) pada ruas Jalan Pakem – Prambanan. Keduanya menyatakan bahwa perkerasan eksisting pada kedua jalan tersebut tidak mampu menahan umur rencana selama 20 tahun.

Perkerasan eksisting yang belum mampu menahan beban kendaraan tersebut dapat disebabkan oleh tebal lapisan aspal yang belum memadai untuk menahan

beban kendaraan yang melaluinya. Pada struktur perkerasan eksisting ditemukan bahwa tidak terdapat lapisan pondasi aspal (*asphalt base*). Lapisan pondasi aspal yang berada di bawah lapisan aus memiliki peranan penting dalam mendistribusikan beban ke lapisan dibawahnya. Sehingga dengan adanya lapisan pondasi aspal, struktur perkerasan jalan menjadi lebih kuat dan tahan terhadap kerusakan deformasi serta kerusakan lain akibat dari beban lalu lintas.

Berdasarkan Tabel 5.46 dapat dilihat bahwa prediksi urutan kerusakan yang akan terjadi pada perkerasan eksisting adalah *rutting*, *permanent deformation*, dan *fatigue cracking*. Jenis kerusakan yang terjadi pertama adalah *rutting* dengan prediksi umur pelayanan 1 tahun. Setelah itu kerusakan *permanent deformation* dengan umur pelayanan selama 1 tahun. kemudian kerusakan *fatigue cracking* selama 7 tahun. Hasil ini sejalan dengan penelitian Pambudi dan Fauziah (2021) yang dilakukan pada perkerasan eksisting ruas Jalan Simpang Pundu – Tumbang Samba menggunakan pemodelan elastik linear. Hasil penelitian Pambudi dan Fauziah (2021) mengatakan bahwa pada ruas jalan tersebut terjadi kerusakan berurutan yaitu *rutting*, *permanent deformation*, dan *fatigue cracking*. Penelitian lain juga telah dilakukan oleh Utami dan Fauziah (2022) menggunakan pemodelan elastik pada perkerasan eksisting. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa pada ruas Jalan Bts. Kab Kampar – Bts. Kota Bangkinang kerusakan *rutting* menjadi kerusakan pertama yang terjadi.

Berdasarkan Tabel 5.46 juga dapat dilihat bahwa kerusakan *fatigue cracking* sebagai kerusakan terakhir yang terjadi pada perkerasan eksisting. Hasil ini selaras dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Hadi dan Fauziah (2022) menggunakan pemodelan elastik. Pada penelitiannya Hadi dan Fauziah (2022) mengatakan bahwa prediksi kerusakan terakhir yang terjadi adalah *fatigue cracking*. Penelitian lain yang menyatakan bahwa jenis kerusakan *fatigue cracking* sebagai prediksi kerusakan paling akhir juga dikatakan oleh Suwanda dan Kushari (2019) pada eksisting ruas Jalan Tempel – Pakem.

Pada analisis yang telah dilakukan pada perkerasan eksisting dapat disimpulkan bahwa tebal perkerasan tersebut belum mampu menahan beban kendaraan yang melewati Jalan Yogyakarta – Pulowatu. Oleh karena itu, perlu

adanya analisis lebih lanjut untuk memperoleh desain tebal perkerasan yang paling optimal. Pada penelitian ini diberikan desain alternatif yang menjadi solusi dari perkerasan eksisting tersebut.

Berdasarkan hasil analisis pada perkerasan lentur alternatif diperoleh beban gandar maksimum pada kerusakan *permanent deformation* sebesar 91.330.220 ESAL dengan umur pelayanan selama 21 tahun, kerusakan *rutting* sebesar 356.902.423 ESAL dengan umur pelayanan selama 32 tahun, dan kerusakan *fatigue cracking* sebesar 1.354.463.379 ESAL dengan umur pelayanan selama 43 tahun. Rekapitulasi perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.47 dibawah ini.

Tabel 5.47 Rekapitulasi Beban Gandar dan Umur Pelayanan Perkerasan Alternatif

Jenis Kerusakan	Beban Gandar Maksimum (ESAL)	Umur Pelayanan (Tahun)
<i>Fatigue cracking</i>	1.354.463.379	43
<i>Rutting</i>	356.902.423	32
<i>Permanent deformation</i>	91.330.220	21

Berdasarkan Tabel 5.47 di atas dapat diketahui bahwa prediksi umur pelayanan desain perkerasan alternatif yang disarankan telah memenuhi syarat umur pelayanan yang direncanakan. Hal ini terlihat dari prediksi umur pelayanan pada kerusakan *fatigue cracking*, *rutting* dan *permanent deformation* telah memenuhi umur rencana yaitu 20 tahun. Oleh karena itu, desain tebal perkerasan alternatif yang disarankan dapat direkomendasikan untuk digunakan.

Berdasarkan Tabel 5.47 juga dapat disimpulkan bahwa prediksi urutan kerusakan yang akan terjadi pada perkerasan alternatif adalah *permanent deformation*, *rutting*, dan *fatigue cracking*. Jenis kerusakan yang terjadi pertama adalah *permanent deformation* dengan prediksi umur pelayanan 21 tahun. Setelah itu kerusakan *rutting* dengan umur pelayanan selama 32 tahun. Kemudian kerusakan *fatigue cracking* selama 43 tahun. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hadi dan Fauziah (2022) dengan analisis menggunakan pemodelan elastik. Hadi dan Fauziah (2022) mengatakan bahwa campuran *superpave* ataupun

AC-WC memiliki prediksi kerusakan awal berupa *permanent deformation* dan prediksi kerusakan akhir berupa *fatigue cracking*. Prediksi kerusakan awal dan akhir ini juga selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Suwanda dan Kushari (2019) pada ruas Jalan Tempel – Pakem, Yulianto dan Fauziah (2019) pada ruas Jalan Purworejo – Jogja, Widodo, dkk (2018) pada ruas Jalan Magelang – Yogyakarta dan Pambudi dan Fauziah (2021) pada ruas Jalan Simpang Pundu – Tumbang Samba.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis dan pembahasan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai dan kondisi perkerasan pada Ruas Jalan Yogyakarta – Pulowatu menurut *PCI* diperoleh nilai sebesar 31,68 dan termasuk dalam kondisi *very poor*. Adapun penanganan yang disarankan berupa *major maintenance* dengan metode perbaikan berupa *asphalt cement overlay*, *hot in-place recycling*, dan *reconstruction*.
2. Nilai dan kondisi perkerasan menurut *SDI* diperoleh nilai sebesar 267,25 yang termasuk dalam kondisi rusak berat. Adapun penanganan yang disarankan berupa rehabilitasi (perkuatan/penggantian) dengan cara pelapisan ulang bagian perkerasan jalan atau *overlay*.
3. Berdasarkan analisis menggunakan metode mekanistik-empiris didapatkan prediksi umur pelayanan pada perkerasan eksisting untuk kerusakan *fatigue cracking* selama 7 tahun, kerusakan *rutting* selama 1 tahun, dan kerusakan *permanent deformation* selama 1 tahun. Berdasarkan dari desain perkerasan eksisting maka dapat disimpulkan bahwa perkerasan tersebut tidak mencapai umur rencana dan disarankan untuk melakukan redesain dengan menambahkan lapisan *AC-Base*. Berdasarkan nilai $CESA_5$ sebesar 22.442.967 ESAL, maka digunakan bagan desain 3B pada kriteria FFF6 untuk menjadi desain alternatif yang disarankan. Adapun prediksi umur pelayanan pada perkerasan alternatif untuk kerusakan *fatigue cracking* selama 43 tahun, kerusakan *rutting* selama 32 tahun, dan kerusakan *permanent deformation* selama 21 tahun.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh pada penelitian ini, berikut beberapa saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Pelaksanaan survei visual menggunakan metode empiris yaitu metode *PCI* dan *SDI* harus dilakukan dengan teliti terutama pada pengukuran dimensi setiap kerusakan dan tingkat kerusakan yang terjadi, karena hal ini akan berpengaruh pada hasil akhir. Pemilihan waktu survei juga berpengaruh untuk mengurangi kesalahan surveyor, karena lalu lintas yang padat dapat mengganggu pengukuran.
2. Pembagian unit sampel pada *PCI* dan *SDI* disarankan untuk membagi unit sampel berdasarkan arah lajur, sehingga dapat diketahui kerusakan dominan yang terjadi berasal dari arah lajur yang mana.
3. Untuk penanganan pemeliharaan dan perbaikan perlu dilakukan perhitungan perbandingan biaya agar instansi terkait mendapatkan referensi atau masukan dalam pengambilan keputusan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adly, E., Rahmawati, A., Setiawan, D., Dewi, S., & Widodo, W. (2021). Functional Damage Assessment Visually on the Road Using Pavement Condition Index (PCI). In *4th International Conference on Sustainable Innovation 2020–Technology, Engineering and Agriculture (ICoSITEA 2020)* (pp. 67-73). Atlantis Press.
- Arbiansyah, & Suparma, L.B. (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-D6433-07. (2008). *Standards Practice for Roads and Parking Lots Pavements Condition Index Surveys*. USA: ASTM International
- Ayuningtyas, K.N.S., & Subagio, B.S., 2019. Responses of Flexible Pavement Structure to Variation of Load Type, Material Characteristics, and Service Life using Kenlayer Program. *Jurnal Teoretis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 26(2).
- Batua, P.A.H., & Rosyad, F. (2023). Analisis Kerusakan Jalan Dengan Metode PCI (Pavement Condition Index) Pada Ruas Jalan Betung – Sekayu KM 77 – KM 82. In *Bina Darma Conference on Engineering Science (BDCES) (Vol. 3, No. 2, pp. 802-812)*.
- Biriansyah, M.A., & Dardak, A.H. (2022). Analisis Kondisi Kerusakan Permukaan Jalan Pada Perkerasan Lentur Dengan Metode Pci (Pavement Condition Index). *Jurnal Artesis*, 2(1), pp.26-31.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. *Survei Kondisi Jalan Untuk Pemeliharaan Rutin* No. 001-01/M/BM/2011. Jakarta
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2011). *Panduan Survai Kondisi Jalan*. No. SMD-03/RCS. Jakarta
- Hadi, M.A. (2023). Identifikasi Kerentanan Kinerja Perkerasan Jalan Terhadap Aktivitas Overload Kendaraan Menggunakan Program KENPAVE. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), pp. 95-104
- Hadi, M.A., & Fauziah, M. (2020). Sensitivitas Kinerja Struktur Campuran Superpave Terhadap Pengaruh Variasi Tipe Bahan Ikat dan Kecepatan Kendaraan. In *Civil Engineering, Environmental, Disaster and Risk Management Symposium*.

- Hadi, M.A., & Fauziah, M. (2022). Studi komparasi prediksi umur pelayanan antara campuran Superpave dan AC-WC menggunakan permodelan viskoelastik dan elastik. *Teknisia*, 27(2), pp.71-82.
- Hakim, I.N., & Kushari, B. (2019). Kaji Ulang Desain Tebal Perkerasan Lentur Pada Ruas Jalan Pakem-Prambanan Untuk Mengantisipasi Peningkatan Status Jalan. *Konferensi Nasional Inovasi Lingkungan Terbangun*, 1-8. Yogyakarta
- Hardiyatmo, H.C. (2007). *Pemeliharaan Jalan Raya (Perkerasan – Drainase – Longsor)*. Penerbit Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. (2015). *Pemeliharaan Jalan Raya (Perkerasan – Drainase – Longsor) Edisi Kedua*. Penerbit Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hermawan, B.Y., & Suparma, L.B. (2016). Evaluasi Kinerja Lapis Perkerasan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI) Dan Surface Distress Index (SDI) (Studi Kasus: Jl. Kaliurang Simpang Mirota Sampai Simpang Magister Management UGM). *Yogyakarta: UGM press*.
- Huang, Y. H. (2012). *Pavement Analysis and Design Second Edition*. United States of America: Pearson Education, Inc.
- Irhamuddin, I., Firzan, F., & Rahman, A. (2023). Penilaian Kondisi Jalan Menggunakan Metode SDI (Surface Distress Index) Dan Pendataan Dalam GIS (Geographic Information System) Di Kabupaten Nagan Raya. *Jurnal Ilmiah Teknik Unida*, 4(1), pp. 79-86
- Revisi MDP 2017, T. P. (2017). *Manual Perkerasan Jalan (Revisi Juni 2017)*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Niranda, P.P., & Kushari, B., 2019. Evaluasi Kondisi Perkerasan Lentur Menggunakan Metode *Pavement Condition Index (PCI)* Untuk Menentukan Kebutuhan Perbaikan Perkerasan (Studi Kasus: Jalan Watusingar Sta 5+000 sampai 6+000). *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Nur, W., Subagio, B. S., & Hariyadi, E. S. (2019). Relationship between the Pavement Condition Index (PCI), Present Serviceability Index (PSI), and Surface Distress Index on Soekarno Hatta Road, Bandung. *Institut Teknologi Bandung*, 26(2), 111-120.
- Nurumi, K. L., & Kushari, B., 2020. Evaluasi Kondisi Perkerasan Jalan Kaliurang KM 13 - KM 14 Berdasarkan Nilai *PCI* serta Perencanaan Penanganannya. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Pambudi, R.A., & Fauziah, M. (2021). Evaluasi Perancangan Struktur Perkerasan Dengan Metode Bina Marga 2017 Dan Program KENPAVE Menggunakan Pendekatan Elastik Dan Viskoelastik (Studi Kasus: Jalan Simpang Pundu –

- Tumbang Samba). *Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat* (pp. 304-314). Yogyakarta.
- Pasha, E., Sebayang, N., & Ma'ruf, A. (2022). Analisis Kerusakan Jalan Dengan Menggunakan Metode PCI (Pavement Condition Index), SDI (Surface Distress Index) dan IRI (International Roughness Index) (Studi Kasus Jl. Widuri Sukorejo, Kota Blitar). *Student Journal GELAGAR*, 4(2), pp.153-162.
- Rahman N.F., Rintawati, D., & Sari, C. (2021). Evaluasi Kondisi Perkerasan Jalan Menggunakan Metode Surface Distress Index (SDI) (Studi Kasus: Ruas Jalan Kebun Baru – Pulau Sangkar, Kabupaten Kerinci). In *Prosiding Seminar Intelektual Muda* (Vol. 3, No. 1).
- Rizky, K.S., & Nurul, I. (2024). Road Surface Identification, Roads (Tanah Tinggi–Jati Perumnas) Ternate City Using The PCI Method. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1294, No. 1, p. 012031). IOP Publishing.
- Peraturan Pemerintah Pekerjaan Umum Republik Indonesia. (2011). *Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan*. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Sandyna A.N., Elfichra, A., Aqilla, A., Novaldi, K., & Adiman, E.Y. (2022). Analisis Perbandingan Tingkat Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Lentur Dengan Metode PCI dan Metode SDI (Studi Kasus: Jalan As-Shofa Pekanbaru). *Journal of Infrastructure and Civil Engineering*, 2(2), pp.95-105.
- Santosa, R., Sujatmiko, B., & Krisna, F.A. (2021). Analisis Kerusakan Jalan Menggunakan Metode PCI Dan Metode Bina Marga (Studi Kasus Jalan Ahmad Yani Kecamatan Kapas Kabupaten Bojonegoro). *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 4(02), pp.104-111.
- Setiaputri, H.A., Isradi, M., Rifai, A.I., Mufhidin, A., & Prasetijo, J. (2021). Analysis of Urban Road Damage with Pavement Condition Index (PCI) And Surface Distress Index (SDI) Methods. *World Journal of Innovation And Technology*, 2(2), pp.82-91.
- Shahin, M.Y., 2005. *Pavement management for airports, roads, and parking lots*. New York: Springer.
- 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.
- Sodiq, R.A., & Fauziah, M. (2021). Evaluasi Kondisi Perkerasan Dengan Metode Pavements Condition Index (PCI) Dan Nilai Sisa Dengan Metode Mekanistik-

- Empirik Pada Jalan Gito-Gati. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Tajudin, A.N. (2021). Evaluasi Kerusakan Perkerasan Lentur Dengan Metode PCI Dan SDI (Studi Kasus: Jalan Jatisari, Karawang). *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, pp.845-854
- 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+000 – Sta. 14+000). *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Yulianto, D., & Fauziah, M. (2019). Analisis Nilai Sisa Perkerasan Lentur Akibat Beban Berlebih Kendaraan (Overloading) dengan Metode Empirik dan Metode Mekanistik – Empirik dengan Program KENPAVE pada Ruas Jalan Purworejo - Jogja. *Konferensi Nasional Inovasi Lingkungan Terbangun (ILT) Ke - 5*.
- Widodo, A.D. (2018). Evaluasi Kondisi Perkerasan Dan Prediksi Sisa Umur Perkerasan Lentur Dengan Metode Pavement Condition Index, Bina Marga, Dan Metode Mekanistik-Empirik Dengan Program KENPAVE. *Master's Thesis*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Survei dan Perhitungan Metode PCI

Lampiran 1. 1 Hasil survey PCI unit sampel 1A

ANALISIS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)												
DENSITY AND DEDUCT VALUE												
ASPHALT SURFACED ROADS PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR								SKETCH :				
SAMPLE UNIT								50 m				
BRANCH : Jalan Yogyakarta - Pulowatu		SECTION : A		SAMPLE UNIT : 1A		7 m		Direction of Survey				
SURVEYED BY : DK, HR, DKK		DATE : 12 Desember 2023		SAMPLE AREA : 350								
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	4.41	14.09						18.50	5.29	40.00		
3L	10.44	4.23						14.67	4.19	4.00		
3M	2.41	11.99						14.39	4.11	10.00		
9L	3.63							3.63	1.04	2.00		
10L	4.80	2.50						7.30	2.09	4.50		
10M	10.16							10.16	2.90	16.00		
11L	3.41	7.42						10.83	3.09	6.50		
11M	5.65	3.18						8.83	2.52	16.00		
12	33.67							33.67	9.62	3.00		
13M	0.22	0.02						0.24	0.069	26.00		
									Maksimum =	40.00		
Jumlah Pengurangan Izin												
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$		$m = 6.51020$		$- 6$								
		$m = 0.51020$										
Deduct Value =		40.00	26.00	16.00	16.00	10.00	6.50	2.296				
Perhitungan CDV dan Nilai PCI												
Iterasi	Deduct Values							TDV	q	CDV	Standard PCI™ Rating Scale	Suggested Color
1	40.00	26.00	16.00	16.00	10.00	6.50	2.30	116.80	7	56.87	Dark Green	Dark Green
2	40.00	26.00	16.00	16.00	10.00	6.50	2.00	116.50	6	56.92	Light Green	Light Green
3	40.00	26.00	16.00	16.00	10.00	2.00	2.00	112.00	5	58.11	Yellow	Yellow
4	40.00	26.00	16.00	16.00	2.00	2.00	2.00	104.00	4	59.59	Light Red	Light Red
5	40.00	26.00	16.00	2.00	2.00	2.00	2.00	90.00	3	56.47	Medium Red	Medium Red
6	40.00	26.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	76.00	2	54.60	Dark Red	Dark Red
7	40.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	52.00	1	52.00	Dark Grey	Dark Grey
Max CDV								59.59				
PCI = 100 - Max CDV								40.41				
Rating								Poor				

Lampiran 1. 2 Hasil survey PCI unit sampel 2A

ANALISIS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)												
DENSITY AND DEDUCT VALUE												
ASPHALT SURFACED ROADS PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR								SKETCH :				
SAMPLE UNIT								50 m				
BRANCH : Jalan Yogyakarta - Pulowatu		SECTION : A		SAMPLE UNIT : 2A		7 m		Direction of Survey				
SURVEYED BY : DK, HR, DKK		DATE : 12 Desember 2023		SAMPLE AREA : 350								
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	0.20	3.54	2.25					5.99	1.71	26.50		
3M	12.80	2.11						14.91	4.26	10.00		
3H	4.24	3.80	2.55					10.59	3.02	14.00		
10M	1.38	6.00	11.75	0.84	12.26	1.67	5.47	39.37	11.25	32.00		
11M	8.27	3.52	1.46	0.24	5.76	0.19	0.17	1.50	21.11	6.03	24.00	
11H	0.50	1.22	1.10	8.75	6.23	3.63			21.42	6.12	40.00	
12	63.28	5.76							69.04	19.73	5.50	
13M	0.21	0.05							0.25	0.07	27.00	
									Maksimum =	40.00		
Jumlah Pengurangan Izin												
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$		$m = 6.51020$		$- 6$								
		$m = 0.51$										
Deduct Value =		40.00	32.00	27.00	26.50	24.00	14.00	5.10				
Perhitungan CDV dan Nilai PCI												
Iterasi	Deduct Values							TDV	q	CDV	Standard PCI™ Rating Scale	Suggested Color
1	40.00	32.00	27.00	26.50	24.00	14.00	5.10	168.60	7	76.23	Dark Green	Dark Green
2	40.00	32.00	27.00	26.50	24.00	14.00	2.00	165.50	6	78.36	Light Green	Light Green
3	40.00	32.00	27.00	26.50	24.00	2.00	2.00	153.50	5	77.41	Yellow	Yellow
4	40.00	32.00	27.00	26.50	2.00	2.00	2.00	131.50	4	73.63	Light Red	Light Red
5	40.00	32.00	27.00	2.00	2.00	2.00	2.00	107.00	3	66.15	Medium Red	Medium Red
6	40.00	32.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	82.00	2	58.40	Dark Red	Dark Red
7	40.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	52.00	1	52.00	Dark Grey	Dark Grey
Max CDV								78.36				
PCI = 100 - Max CDV								21.64				
Rating								Serious				

Lampiran 1. 3 Hasil survey PCI unit sampel 3A

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 Yogyakarta - Pulowatu			SECTION : A			SAMPLE UNIT : 3A									
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 12 Desember 2023			SAMPLE AREA : 350									
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	11.71	8.50	1.88						22.08	6.31	41.00				
3M	6.30	6.65							12.96	3.70	9.00				
9L	14.79	4.65							19.44	5.55	8.00				
10H	2.87	3.36	1.85	1.36					9.44	2.70	32.00				
11M	11.98	2.73	0.14	12.27					27.12	7.75	27.00				
11H	8.58	15.36	8.53	4.90	4.22	0.29	0.28	0.26	42.41	12.12	56.00				
12	43.68								43.68	12.48	4.00				
13M	0.07								0.07	0.02	10.00				
19M	0.50								0.50	0.14	4.50				
									Maksimum =		56.00				
Jumlah Pengurangan Izin															
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$			m = 5.04082			-			5						
			m = 0.04082												
Deduct Value =		56.00	41.00	32.00	27.00	10.00	0.37								
Perhitungan CDV dan Nilai PCI															
Iterasi	Deduct Values						TDV	q	CDV	Standard PCI TM Energy Field			Suggested Colors		
1	56.00	41.00	32.00	27.00	10.00	0.37	166.37	5	82.68	100	Dark Green	100	Dark Green	100	Dark Green
2	56.00	41.00	32.00	27.00	2.00	0.37	158.37	4	85.41	95	Light Green	95	Light Green	95	Light Green
3	56.00	41.00	32.00	2.00	2.00	0.37	133.37	3	79.86	90	Yellow	90	Yellow	90	Yellow
4	56.00	41.00	2.00	2.00	2.00	0.37	103.37	2	71.06	85	Light Red	85	Light Red	85	Light Red
5	56.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.37	64.37	1	64.37	80	Medium Red	80	Medium Red	80	Medium Red
Max CDV							85.41								
PCI = 100 - Max CDV							14.59								
Rating							Serious								

Lampiran 1. 4 Hasil survey PCI unit sampel 4A

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 Yogyakarta - Pulowatu			SECTION : A			SAMPLE UNIT : 4A										
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 12 Desember 2023			SAMPLE AREA : 350										
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	8.96	1.16							10.11	2.89	32.00					
3M	0.94	1.94							2.88	0.82	1.50					
10L	6.92	2.10							9.02	2.58	6.00					
10M	2.84	2.68	6.00						11.52	3.29	18.00					
10H	2.41	0.94	6.06						9.41	2.69	31.00					
11M	0.91	2.33	4.66	1.29	4.52	5.52			19.23	5.49	22.00					
11H	12.42	0.83	1.61	3.81					18.67	5.34	38.00					
12	45.01								45.01	12.86	4.00					
13L	0.04	0.13	0.06						0.23	0.06	15.00					
									Maksimum =		38.00					
Jumlah Pengurangan Izin																
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$			m = 6.69388			-			6							
			m = 0.69388													
Deduct Value =		38.00	32.00	31.00	22.00	18.00	15.00	4.16								
Perhitungan CDV dan Nilai PCI																
Iterasi	Deduct Values						TDV	q	CDV	Standard PCI TM Energy Field			Suggested Colors			
1	38.00	32.00	31.00	22.00	18.00	15.00	4.16	160.16	7	73.64	100	Dark Green	100	Dark Green	100	Dark Green
2	38.00	32.00	31.00	22.00	18.00	15.00	2.00	158.00	6	75.40	95	Light Green	95	Light Green	95	Light Green
3	38.00	32.00	31.00	22.00	18.00	2.00	2.00	145.00	5	73.74	90	Yellow	90	Yellow	90	Yellow
4	38.00	32.00	31.00	22.00	2.00	2.00	2.00	129.00	4	72.44	85	Light Red	85	Light Red	85	Light Red
5	38.00	32.00	31.00	2.00	2.00	2.00	2.00	109.00	3	67.25	80	Medium Red	80	Medium Red	80	Medium Red
6	38.00	32.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	80.00	2	57.14	75	Dark Red	75	Dark Red	75	Dark Red
7	38.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	50.00	1	50.00	70	Dark Grey	70	Dark Grey	70	Dark Grey
Max CDV							75.40									
PCI = 100 - Max CDV							24.60									
Rating							Serious									

Lampiran 1. 5 Hasil survey PCI unit sampel 5A

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 Yogyakarta - Pulowatu			SECTION : A			SAMPLE UNIT : 5A												
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 12 Desember 2023			SAMPLE AREA : 350												
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					
3H	12.00											12.00	3.43	16.00				
9M	13.30											13.30	3.80	9.00				
10L	5.04											5.04	1.44	3.00				
10M	15.02											15.02	4.29	20.00				
10H	3.40	3.63	5.14									12.17	3.48	36.00				
11L	18.06	4.64	2.19	3.30	2.46	0.98	1.09					32.71	9.35	15.00				
11M	4.21	14.22	4.46	5.88	5.15	1.34	10.56	3.91	1.86			51.59	14.74	36.00				
11H	6.18	6.12	6.00	6.94	0.80							26.03	7.44	44.00				
12	5.07	45.15	12.73	15.12	40.74							118.81	33.95	8.00				
											Maksimum =		44.00					
Jumlah Pengurangan Izin																		
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$			m = 6.1429			-			6									
			m = 0.1429															
Deduct Value =	44.00	36.00	36.00	20.0	16.00	15.00	1.29											
Perhitungan CDV dan Nilai PCI																		
Iterasi	Deduct Values							TDV	q	CDV	Standard PCI* Rating Index		Suggested Color					
1	44.00	36.00	36.00	20.00	16.00	15.00	1.29	168.29	6	79.43	100	Dark Green	Dark Green					
2	44.00	36.00	36.00	20.00	16.00	2.00	1.29	155.29	5	78.16	95	Light Green	Light Green					
3	44.00	36.00	36.00	20.00	2.00	2.00	1.29	141.29	4	78.14	90	Yellow	Yellow					
4	44.00	36.00	36.00	2.00	2.00	2.00	1.29	123.29	3	74.81	85	Light Red	Light Red					
5	44.00	36.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.29	89.29	2	62.87	80	Medium Red	Medium Red					
6	44.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.29	55.29	1	55.29	75	Dark Red	Dark Red					
Max CDV								79.43										
PCI = 100 - Max CDV								20.57										
Rating								Serious										

Lampiran 1. 6 Hasil survey PCI unit sampel 6A

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 Yogyakarta - Pulowatu			SECTION : A			SAMPLE UNIT : 6A												
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 12 Desember 2023			SAMPLE AREA : 350												
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	8.28											8.28	2.37	30.00				
3L	4.46	13.03										17.49	5.00	5.00				
3H	1.77											1.77	0.51	3.00				
10L	6.90	3.95	3.40									14.25	4.07	9.00				
10M	2.39	3.28	6.21									11.88	3.39	18.00				
11M	3.80	4.34	7.13	1.56	1.71	52.62						71.17	20.33	42.00				
11H	1.93	3.20										5.13	1.46	22.00				
12	42.35	9.79										52.14	14.90	4.00				
											Maksimum =		42.00					
Jumlah Pengurangan Izin																		
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$			m = 6.32653			-			6									
			m = 0.32653															
Deduct Value =	42.00	30.00	22.00	18.00	9.00	5.00	1.31											
Perhitungan CDV dan Nilai PCI																		
Iterasi	Deduct Values							TDV	q	CDV	Standard PCI* Rating Index		Suggested Color					
1	42.00	30.00	22.00	18.00	9.00	5.00	1.31	127.31	6	62.07	100	Dark Green	Dark Green					
2	42.00	30.00	22.00	18.00	9.00	2.00	1.31	124.31	5	64.20	95	Light Green	Light Green					
3	42.00	30.00	22.00	18.00	2.00	2.00	1.31	117.31	4	66.63	90	Yellow	Yellow					
4	42.00	30.00	22.00	2.00	2.00	2.00	1.31	101.31	3	62.98	85	Light Red	Light Red					
5	42.00	30.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.31	81.31	2	57.97	80	Medium Red	Medium Red					
6	42.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.31	53.31	1	53.31	75	Dark Red	Dark Red					
Max CDV								66.63										
PCI = 100 - Max CDV								33.37										
Rating								Very Poor										

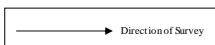

Lampiran 1. 7 Hasil survey PCI unit sampel 7A

ANALISIS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)																		
DENSITY AND DEDUCT VALUE																		
ASPHALT SURFACED ROADS PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR											SKETCH :							
SAMPLE UNIT											50 m							
BRANCH : Jalan Yogyakarta - Pulowatu			SECTION : A			SAMPLE UNIT : 7A			7 m			Direction of Survey						
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 12 Desember 2023			SAMPLE AREA : 350												
1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving									17. Slippage Cracking						
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	18. Swell									19. Weathering / Ravelling						
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes																
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing																
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting																
DISTRESS SEVERTY	QUANTITY										TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE					
1M	7.98										7.98	2.28	30.00					
3L	2.00										2.00	0.57	0.00					
4L	7.12										7.12	2.03	12.00					
6L	1.93										1.93	0.55	4.00					
9M	11.70										11.70	3.34	8.00					
10L	2.34	0.72	1.42								4.48	1.28	3.00					
10M	1.34	6.36	0.83	3.14	2.61	7.50	3.62	2.32			27.72	7.92	27.50					
11L	0.46	1.56	1.23	6.72	5.64						15.62	4.46	9.00					
11M	6.47	16.80	5.90	9.55							38.72	11.06	32.00					
12	14.78	31.32	49.14	14.21							109.46	31.27	8.00					
13L	0.06										0.06	0.02	2.50					
											Maksimum =		32.00					
Jumlah Pengurangan Izin																		
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$																		
$m = \frac{7.24490}{0.24490} = 29.58$																		
$m = 7$																		
Deduct Value = 32.00 30.00 27.50 12.00 9.00 8.00 8.00 0.980																		
Perhitungan CDV dan Nilai PCI																		
Iterasi	Deduct Values								TDV	q	CDV	Standard PCI** Range 1-100	Suggested Color					
1	32.00	30.00	27.50	12.00	9.00	8.00	8.00	0.98	127.48	7	61.54	100	Dark Green					
2	32.00	30.00	27.50	12.00	9.00	8.00	2.00	0.98	121.48	6	59.32	95	Dark Green					
3	32.00	30.00	27.50	12.00	9.00	2.00	2.00	0.98	115.48	5	59.86	90	Light Green					
4	32.00	30.00	27.50	12.00	2.00	2.00	2.00	0.98	108.48	4	62.01	85	Yellow					
5	32.00	30.00	27.50	2.00	2.00	2.00	2.00	0.98	98.48	3	61.38	80	Light Red					
6	32.00	30.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.98	72.98	2	52.64	75	Medium Red					
7	32.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.98	44.98	1	44.98	70	Dark Red					
Max CDV										62.01								
PCI = 100 - Max CDV										37.99								
Rating										Very Poor								



Lampiran 1. 8 Hasil survey PCI unit sampel 8A

ANALISIS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)																	
DENSITY AND DEDUCT VALUE																	
ASPHALT SURFACED ROADS PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR											SKETCH :						
SAMPLE UNIT											50 m						
BRANCH : Jalan Yogyakarta - Pulowatu			SECTION : A			SAMPLE UNIT : 8A			7 m			Direction of Survey					
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 12 Desember 2023			SAMPLE AREA : 350											
1. Alligator Cracking	6. Depression	11. Patching & Utility Cut Patching	16. Shoving								17. Slippage Cracking						
2. Bleeding	7. Edge Cracking	12. Polished Aggregate	18. Swell								19. Weathering / Ravelling						
3. Block Cracking	8. Joint Reflection Cracking	13. Potholes															
4. Bumps and Sags	9. Lane/Shoulder Drop Off	14. Railroad Crossing															
5. Corrugation	10. Long & Trans Cracking	15. Rutting															
DISTRESS SEVERTY	QUANTITY										TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE				
3H	15.77	9.09	0.95	2.50							28.30	8.09	26.00				
9M	10.03	7.53									17.56	5.02	11.00				
10L	1.68	1.82									3.50	1.00	2.00				
10M	6.27	2.93	6.26								15.46	4.42	21.00				
11L	8.37	13.14	0.97	4.09	11.73	14.66	24.40	1.33			78.69	22.48	24.00				
11M	7.08	20.45	8.17	7.32	17.55	26.18					86.75	24.79	44.00				
12	175.00	29.23									204.23	58.35	13.50				
13L	0.07	0.05	0.22	0.54							0.88	0.252	34.00				
15M	7.26										7.26	2.07	25.00				
15H	8.40										8.40	2.40	37.00				
19M	6.18										6.18	1.77	9.50				
											Maksimum =		44.00				
Jumlah Pengurangan Izin																	
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$																	
$m = \frac{6.14286}{0.14286} = 43$																	
$m = 6$																	
Deduct Value = 44.00 37.00 34.00 26.00 25.00 24.00 3.00																	
Perhitungan CDV dan Nilai PCI																	
Iterasi	Deduct Values								TDV	q	CDV	Standard PCI** Range 1-100	Suggested Color				
1	44.00	37.00	34.00	26.00	25.00	24.00	3.00		193.00	7	82.48	100	Dark Green				
2	44.00	37.00	34.00	26.00	25.00	24.00	2.00		192.00	6	87.90	95	Dark Green				
3	44.00	37.00	34.00	26.00	25.00	2.00	2.00		170.00	5	84.11	90	Light Green				
4	44.00	37.00	34.00	26.00	2.00	2.00	2.00		147.00	4	80.66	85	Yellow				
5	44.00	37.00	34.00	2.00	2.00	2.00	2.00		123.00	3	74.66	80	Light Red				
6	44.00	37.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		91.00	2	63.90	75	Medium Red				
7	44.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		56.00	1	56.00	70	Dark Red				
Max CDV										87.90							
PCI = 100 - Max CDV										12.10							
Rating										Serious							

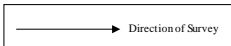
Lampiran 1. 9 Hasil survey PCI unit sampel 9A

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 Yogyakarta - Pulowatu			SECTION : A			SAMPLE UNIT : 9A			7 m 			
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 12 Desember 2023			SAMPLE AREA : 350						
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	6.33	14.71								21.05	6.01	40.50
3M	13.09	11.13								24.22	6.92	13.00
10L	2.51	2.40	3.83	6.66	1.66	2.46	1.54	1.48	3.64	26.18	7.48	14.00
10M	5.73	3.50								9.23	2.64	16.00
11L	19.48									19.48	5.57	10.50
11M	14.60	16.05								30.65	8.76	28.50
12	11.23	26.95								38.18	10.91	11.50
13M	0.16									0.16	0.045	20.00
18L	0.79									0.79	0.23	2.00
19M	1.60	7.57	2.15							11.32	3.24	11.00
										Maksimum =		40.50
Jumlah Pengurangan Izin												
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$												
$m = \frac{6.46429}{0.46429} = 13.92$												
$m = 6$												
Deduct Value = 40.5 28.50 20.00 16.00 14.00 13.00 5.339												
Perhitungan CDV dan Nilai PCI												
Iterasi	Deduct Values							TDV	q	CDV		
1	40.50	28.50	20.00	16.00	14.00	13.00	5.34	137.34	7	65.54		
2	40.50	28.50	20.00	16.00	14.00	13.00	2.00	134.00	6	65.14		
3	40.50	28.50	20.00	16.00	14.00	2.00	2.00	123.00	5	63.57		
4	40.50	28.50	20.00	16.00	2.00	2.00	2.00	111.00	4	63.35		
5	40.50	28.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	97.00	3	60.54		
6	40.50	28.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	79.00	2	56.51		
7	40.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	52.50	1	52.50		
Max CDV										65.54		
PCI = 100 - Max CDV										34.46		
Rating										Very Poor		

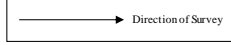
Lampiran 1. 10 Hasil survey PCI unit sampel 10A

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 Yogyakarta - Pulowatu			SECTION : A			SAMPLE UNIT : 10A			7 m 			
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 12 Desember 2023			SAMPLE AREA : 350						
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
3L	12.93									12.93	3.69	3.50
9M	14.53	16.83								31.36	8.96	17.00
10M	3.65	1.10	4.72	6.02	8.62	7.90	1.35			33.36	9.53	30.00
10H	4.53									4.53	1.29	20.00
11L	19.53									19.53	5.58	10.50
11M	6.10	1.37								7.48	2.14	14.00
13L	0.15									0.15	0.043	12.00
13M	0.30									0.30	0.086	31.00
17L	42.11	1.80	6.48							50.39	14.40	31.50
19M	5.42									5.42	1.55	9.00
										Maksimum =		31.50
Jumlah Pengurangan Izin												
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$												
$m = \frac{7.29082}{0.29082} = 25.07$												
$m = 7$												
Deduct Value = 31.5 31 30.00 20.00 17.00 14.00 12.00												
Perhitungan CDV dan Nilai PCI												
Iterasi	Deduct Values							TDV	q	CDV		
1	31.50	31.00	30.00	20.00	17.00	14.00	12.00	155.50	7	72.12		
2	31.50	31.00	30.00	20.00	17.00	14.00	2.00	145.50	6	70.20		
3	31.50	31.00	30.00	20.00	17.00	2.00	2.00	133.50	5	68.54		
4	31.50	31.00	30.00	2.00	2.00	2.00	2.00	118.50	4	67.24		
5	31.50	31.00	30.00	2.00	2.00	2.00	2.00	100.50	3	62.53		
6	31.50	31.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	72.50	2	52.33		
7	31.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	43.50	1	43.50		
Max CDV										72.12		
PCI = 100 - Max CDV										27.88		
Rating										Very Poor		

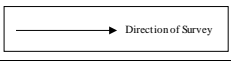

Lampiran 1. 11 Hasil survey PCI unit sampel 11A

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 Yogyakarta - Pulowatu			SECTION : A		SAMPLE UNIT : 11A			7 m 				
SURVEYED BY : DK, HR, DKK		DATE : 12 Desember 2023			SAMPLE AREA : 350							
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	0.85							0.85	0.24	10.00		
3M	6.12							6.12	1.75	4.50		
9L	23.00							23.00	6.57	8.00		
9M	8.90	3.70	7.50	12.64				32.74	9.35	18.00		
10L	2.35	1.74						4.09	1.17	2.00		
10M	7.20	3.13	6.86	4.99	1.85			24.03	6.87	26.00		
11M	0.88							0.88	0.25	4.00		
12	17.19	26.57	71.75	18.41				133.91	38.26	9.50		
								Maksimum =		26.00		
Jumlah Pengurangan Izin												
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$												
$m = \frac{7.79592}{0.79592} - 7$												
$m = 0.79592$												
Deduct Value = 26.00 18.00 10.00 9.50 8.00 4.50 4.00												
Perhitungan CDV dan Nilai PCI												
Iterasi	Deduct Values							TDV	q	CDV	Standard PCPW Rating Scale	Suggested Colors
1	26.00	18.00	10.00	9.50	8.00	4.50	4.00	80.00	7	38.08	100	Dark Green
2	26.00	18.00	10.00	9.50	8.00	4.50	2.00	78.00	6	36.60	95	Light Green
3	26.00	18.00	10.00	9.50	8.00	2.00	2.00	75.50	5	38.24	90	Yellow
4	26.00	18.00	10.00	9.50	2.00	2.00	2.00	69.50	4	39.16	85	Light Red
5	26.00	18.00	10.00	2.00	2.00	2.00	2.00	62.00	3	39.06	80	Medium Red
6	26.00	18.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	54.00	2	39.72	75	Dark Red
7	26.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	38.00	1	38.00	70	Dark Grey
Max CDV								39.72				
PCI = 100 - Max CDV								60.28				
Rating								Fair				

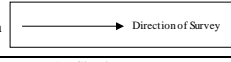

Lampiran 1. 12 Hasil survey PCI unit sampel 12A

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 Yogyakarta - Pulowatu			SECTION : A		SAMPLE UNIT : 12A			7 m 				
SURVEYED BY : DK, HR, DKK		DATE : 12 Desember 2023			SAMPLE AREA : 350							
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		
9M	14.53	12.70						27.23	7.78	15.00		
10L	3.67	4.16	3.85	3.93	3.65			19.26	5.50	12.00		
11M	3.03	7.60	0.94	6.57	1.04			19.18	5.48	23.00		
12	28.18	21.25						49.43	14.12	4.00		
13M	0.08							0.08	0.022	11.50		
17M	8.95	5.99						14.94	4.27	30.00		
								Maksimum =		30.00		
Jumlah Pengurangan Izin												
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$												
$m = \frac{7.42857}{0.42857} - 7$												
$m = 0.42857$												
Deduct Value = 30.00 23.00 15.00 12.00 11.50 4.00												
Perhitungan CDV dan Nilai PCI												
Iterasi	Deduct Values							TDV	q	CDV	Standard PCPW Rating Scale	Suggested Colors
1	30.00	23.00	15.00	12.00	11.50	4.00		95.50	6	46.21	100	Dark Green
2	30.00	23.00	15.00	12.00	11.50	2.00		93.50	5	48.38	95	Light Green
3	30.00	23.00	15.00	12.00	2.00	2.00		84.00	4	48.13	90	Yellow
4	30.00	23.00	15.00	2.00	2.00	2.00		74.00	3	46.74	85	Light Red
5	30.00	23.00	2.00	2.00	2.00	2.00		61.00	2	44.61	80	Medium Red
6	30.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		40.00	1	40.00	75	Dark Grey
Max CDV								48.38				
PCI = 100 - Max CDV								51.62				
Rating								Poor				

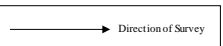

Lampiran 1. 13 Hasil survey PCI unit sampel 13A

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 Yogyakarta - Pulowatu			SECTION : A			SAMPLE UNIT : 13A			7 m 			
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 12 Desember 2023			SAMPLE AREA : 350						
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	
3L	1.54	4.61							6.15	1.76	1.00	
3H	3.18								3.18	0.91	2.00	
9M	28.00	8.15							36.15	10.33	20.00	
10L	3.32	2.78	2.22						8.32	2.38	6.00	
10M	4.62	2.97							7.59	2.17	14.00	
11M	2.93	1.58	6.49	0.38					11.37	3.25	18.00	
12	37.80	19.88	27.65						85.33	24.38	6.00	
13M	0.02	0.09							0.10	0.029	8.00	
17L	2.21	1.43							3.63	1.04	4.00	
19H	3.14	4.15							7.28	2.08	21.00	
									Maksimum =		21.00	
Jumlah Pengurangan Izin												
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$			m = 8.25510			-			8.			
			m = 0.25510									
Deduct Value =			21.00	20.00	18.00	14.00	8.00	6.00	6.00	1.02		
Perhitungan CDV dan Nilai PCI												
Iterasi	Deduct Values								TDV	q	CDV	
1	21.00	20.00	18.00	14.00	8.00	6.00	6.00	1.02	94.02	7	45.73	
2	21.00	20.00	18.00	14.00	8.00	6.00	2.00	1.02	90.02	6	43.27	
3	21.00	20.00	18.00	14.00	8.00	2.00	2.00	1.02	86.02	5	44.25	
4	21.00	20.00	18.00	14.00	2.00	2.00	2.00	1.02	80.02	4	45.72	
5	21.00	20.00	18.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.02	68.02	3	42.96	
6	21.00	20.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.02	52.02	2	38.31	
7	21.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.02	34.02	1	34.02	
Max CDV											45.73	
PCI = 100 - Max CDV											54.27	
Rating											Poor	

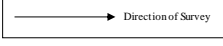

Lampiran 1. 14 Hasil survey PCI unit sampel 14A

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 Yogyakarta - Pulowatu			SECTION : A			SAMPLE UNIT : 14A			7 m 			
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 12 Desember 2023			SAMPLE AREA : 350						
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	6.72	2.36							9.07	2.59	6.50	
9L	25.83								25.83	7.38	9.00	
10M	3.33	2.85							6.18	1.77	12.50	
11L	4.56	1.13	2.12						7.80	2.23	5.00	
11M	0.74	1.72	1.27	11.65	1.88				17.26	4.93	22.00	
12	28.42	5.04	32.13	28.88					94.47	26.99	7.00	
13M	0.47	0.74	0.04	0.07					1.31	0.38	64.00	
17L	6.28								6.28	1.80	8.00	
19M	28.81								28.81	8.23	16.00	
									Maksimum =		64.00	
Jumlah Pengurangan Izin												
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$			m = 4.30612			-			4.			
			m = 0.30612									
Deduct Value =			64.00	22.00	16.00	12.50	2.76					
Perhitungan CDV dan Nilai PCI												
Iterasi	Deduct Values								TDV	q	CDV	
1	64.00	22.00	16.00	12.50	2.76				117.26	5	60.75	
2	64.00	22.00	16.00	12.50	2.00				116.50	4	66.22	
3	64.00	22.00	16.00	2.00	2.00				106.00	3	65.60	
4	64.00	22.00	2.00	2.00	2.00				92.00	2	64.50	
5	64.00	2.00	2.00	2.00	2.00				72.00	1	72.00	
Max CDV											72.00	
PCI = 100 - Max CDV											28.00	
Rating											Very Poor	


Lampiran 1. 15 Hasil survey PCI unit sampel 15A

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 Yogyakarta - Pulowatu			SECTION : A		SAMPLE UNIT : 15A			7 m 			
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 12 Desember 2023		SAMPLE AREA : 350						
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	
6L	0.21							0.21	0.06	4.00	
10L	1.73	0.96	2.12					4.81	1.37	3.00	
10M	2.88	3.54	5.45					11.87	3.39	18.00	
11L	4.30							4.30	1.23	2.50	
11M	0.48	3.68	3.59	2.61	3.70	15.41		29.46	8.42	28.00	
11H	7.63	0.60	1.08					9.31	2.66	28.00	
12	39.90	25.03	10.75					75.67	21.62	6.00	
13M	0.05	0.07	0.04					0.16	0.046	20.00	
17L	5.07							5.07	1.45	6.00	
19M	3.70	15.41	7.90	1.20	23.94	4.59		56.74	16.21	22.00	
								Maksimum =		28.00	
Jumlah Pengurangan Izin											
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$											
$m = \frac{7.61224}{0.61224} = 12.43$											
Deduct Value = 28.00 28.00 22.00 20.00 18.00 6.00 6.00											
Perhitungan CDV dan Nilai PCI											
Iterasi	Deduct Values							TDV	q	CDV	
1	28.00	28.00	22.00	20.00	18.00	6.00	6.00	128.00	7	61.76	
2	28.00	28.00	22.00	20.00	18.00	6.00	2.00	124.00	6	60.52	
3	28.00	28.00	22.00	20.00	18.00	2.00	2.00	120.00	5	62.10	
4	28.00	28.00	22.00	20.00	2.00	2.00	2.00	104.00	4	59.59	
5	28.00	28.00	22.00	2.00	2.00	2.00	2.00	86.00	3	54.09	
6	28.00	28.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	66.00	2	48.02	
7	28.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	40.00	1	40.00	
Max CDV							62.10				
PCI = 100 - Max CDV							37.90				
Rating							Very Poor				

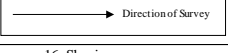
Lampiran 1. 16 Hasil survey PCI unit sampel 16A

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 Yogyakarta - Pulowatu			SECTION : A		SAMPLE UNIT : 16A			7 m 			
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 12 Desember 2023		SAMPLE AREA : 350						
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	
10M	7.23	4.34	1.49	3.85				16.91	4.83	22.00	
11L	1.08	9.74						10.81	3.09	6.50	
11M	7.83	2.40	1.05	1.13	1.56	2.40	54.25	70.62	20.18	42.00	
12	32.41							32.41	9.26	3.00	
13L	0.05	0.34	0.13	0.10	0.28			0.91	0.259	34.00	
13M	0.17	0.26						0.44	0.125	38.00	
17M	3.75	2.54	1.83	1.44				9.57	2.74	22.00	
19L	3.00							3.00	0.86	2.00	
								Maksimum =		42.00	
Jumlah Pengurangan Izin											
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$											
$m = \frac{6.32653}{0.32653} = 19.37$											
Deduct Value = 42.00 38.00 34.00 22.00 22.00 6.50 0.98											
Perhitungan CDV dan Nilai PCI											
Iterasi	Deduct Values							TDV	q	CDV	
1	42.00	38.00	34.00	22.00	22.00	6.50	0.98	165.48	6	78.35	
2	42.00	38.00	34.00	22.00	22.00	2.00	0.98	160.98	5	80.51	
3	42.00	38.00	34.00	22.00	2.00	2.00	0.98	140.98	4	78.00	
4	42.00	38.00	34.00	2.00	2.00	2.00	0.98	120.98	3	73.62	
5	42.00	38.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.98	88.98	2	62.69	
6	42.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.98	52.98	1	52.98	
Max CDV							80.51				
PCI = 100 - Max CDV							19.49				
Rating							Serious				

Lampiran 1. 17 Hasil survey PCI unit sampel 17A

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 Yogyakarta - Pulowatu			SECTION : A			SAMPLE UNIT : 17A				7 m 				
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 12 Desember 2023			SAMPLE AREA : 350								
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			
3L	11.70	1.13							12.83	3.67	3.50			
6L	0.59								0.59	0.17	4.00			
6M	0.56								0.56	0.16	8.00			
10L	3.87	2.25							6.12	1.75	4.00			
10M	5.72	5.12	5.36	4.65					20.85	5.96	24.00			
11L	1.60								1.60	0.46	1.00			
11M	1.06	1.55	2.06	1.42	0.39	1.78	2.14		10.39	2.97	6.00			
12	55.30								55.30	15.80	4.00			
13M	0.33	0.66	0.16						1.16	0.33	60.00			
										Maksimum =		60.00		
Jumlah Pengurangan Izin														
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$														
$m = \frac{4.67347}{0.67347} = 4$														
Deduct Value = 60.00 24.00 8.00 6.00 2.69														
Perhitungan CDV dan Nilai PCI														
Iterasi	Deduct Values						TDV	q	CDV	Standard PCPI Rating Scale	Suggested Color			
1	60.00	24.00	8.00	6.00	2.69			52.25	100	Good	Dark Green			
2	60.00	24.00	8.00	6.00	2.00			57.38	95	Very Good	Light Green			
3	60.00	24.00	8.00	2.00	2.00			59.96	90	Fair	Yellow			
4	60.00	24.00	2.00	2.00	2.00			63.30	85	Poor	Light Red			
5	60.00	2.00	2.00	2.00	2.00			68.00	80	Very Poor	Medium Red			
Max CDV							68.00							
PCI = 100 - Max CDV							32.00							
Rating							Very Poor							

Lampiran 1. 18 Hasil survey PCI unit sampel 18A

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 Yogyakarta - Pulowatu			SECTION : A			SAMPLE UNIT : 18A				7 m 				
SURVEYED BY : DK, HR, DKK			DATE : 12 Desember 2023			SAMPLE AREA : 350								
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			
3L	3.08								3.08	0.88	0.00			
10L	2.31	2.00	1.43	3.58					9.32	2.66	6.00			
10M	6.72	4.38	2.95						14.05	4.01	20.00			
11L	5.73	1.17							6.91	1.97	4.00			
11M	1.59	6.56	2.95	1.20	1.54	0.56			14.39	4.11	20.00			
11H	0.26	1.02							1.28	0.36	12.00			
12	43.68	29.58							73.26	20.93	6.00			
13M	0.43								0.43	0.12	38.00			
19M	2.03	0.56	20.12						22.70	6.49	14.00			
19H	6.42								6.42	1.83	20.00			
										Maksimum =		38.00		
Jumlah Pengurangan Izin														
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$														
$m = \frac{6.69388}{0.69388} = 6$														
Deduct Value = 38.00 20.00 20.00 20.00 14.00 12.00 4.16														
Perhitungan CDV dan Nilai PCI														
Iterasi	Deduct Values						TDV	q	CDV	Standard PCPI Rating Scale	Suggested Color			
1	38.00	20.00	20.00	20.00	14.00	12.00	4.16		128.16	7	61.83			
2	38.00	20.00	20.00	20.00	14.00	12.00	2.00		126.00	6	61.46			
3	38.00	20.00	20.00	20.00	14.00	2.00	2.00		116.00	5	60.12			
4	38.00	20.00	20.00	20.00	2.00	2.00	2.00		104.00	4	59.59			
5	38.00	20.00	20.00	2.00	2.00	2.00	2.00		86.00	3	54.09			
6	38.00	20.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		68.00	2	49.36			
7	38.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		50.00	1	50.00			
Max CDV							61.83							
PCI = 100 - Max CDV							38.17							
Rating							Very Poor							

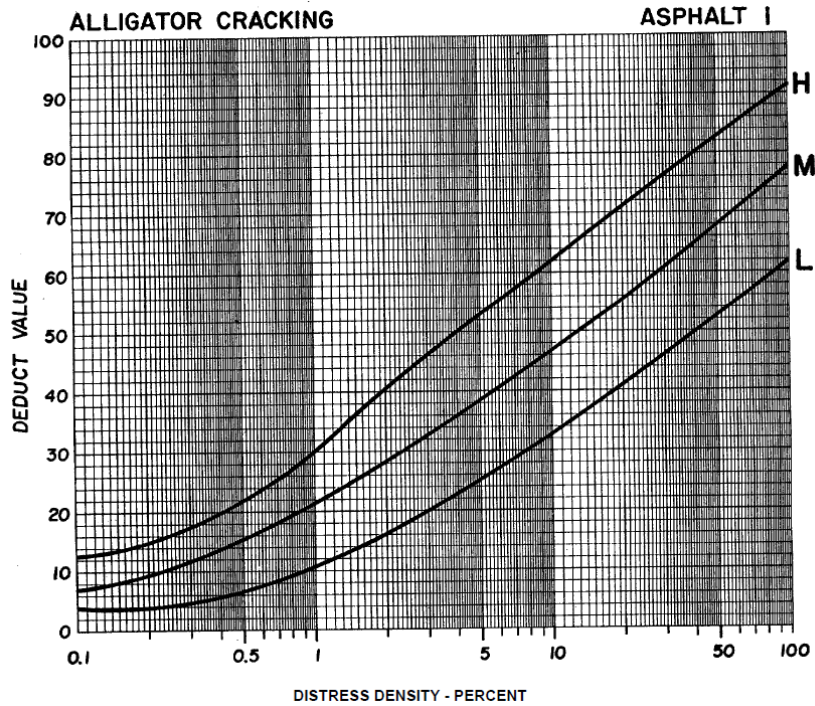
Lampiran 1. 19 Hasil survey PCI unit sampel 19A

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 Yogyakarta - Pulowatu		SECTION : A		SAMPLE UNIT : 19A							
SURVEYED BY : DK, HR, DKK		DATE : 12 Desember 2023		SAMPLE AREA : 350							
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	
9M	3.37	12.80						16.17	4.62	10.00	
10L	0.60	3.71	3.75					8.06	2.30	5.50	
10M	3.64	2.63						6.27	1.79	12.50	
11L	0.42	1.42	1.29					3.12	0.89	2.00	
11M	6.43	2.37	5.35	0.34				14.49	4.14	20.00	
11H	18.97	1.93						20.90	5.97	40.00	
12	21.55							21.55	6.16	2.00	
17M	10.25	2.06						12.31	3.52	26.00	
19M	3.36							3.36	0.96	8.00	
								Maksimum =		40.00	
Jumlah Pengurangan Izin											
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$		m = 6.51020		-		6					
		m = 0.51020									
Deduct Value =		40.00	26.00	20.00	12.50	10.00	8.00	2.81			
Perhitungan CDV dan Nilai PCI											
Iterasi	Deduct Values							TDV	q	CDV	
1	40.00	26.00	20.00	12.50	10.00	8.00	2.81	119.31	7	58.00	
2	40.00	26.00	20.00	12.50	10.00	8.00	2.00	118.50	6	57.89	
3	40.00	26.00	20.00	12.50	10.00	2.00	2.00	112.50	5	58.36	
4	40.00	26.00	20.00	12.50	2.00	2.00	2.00	104.50	4	59.86	
5	40.00	26.00	20.00	2.00	2.00	2.00	2.00	94.00	3	58.81	
6	40.00	26.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	76.00	2	54.60	
7	40.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	52.00	1	52.00	
Max CDV								59.86			
PCI = 100 - Max CDV								40.14			
Rating								Poor			

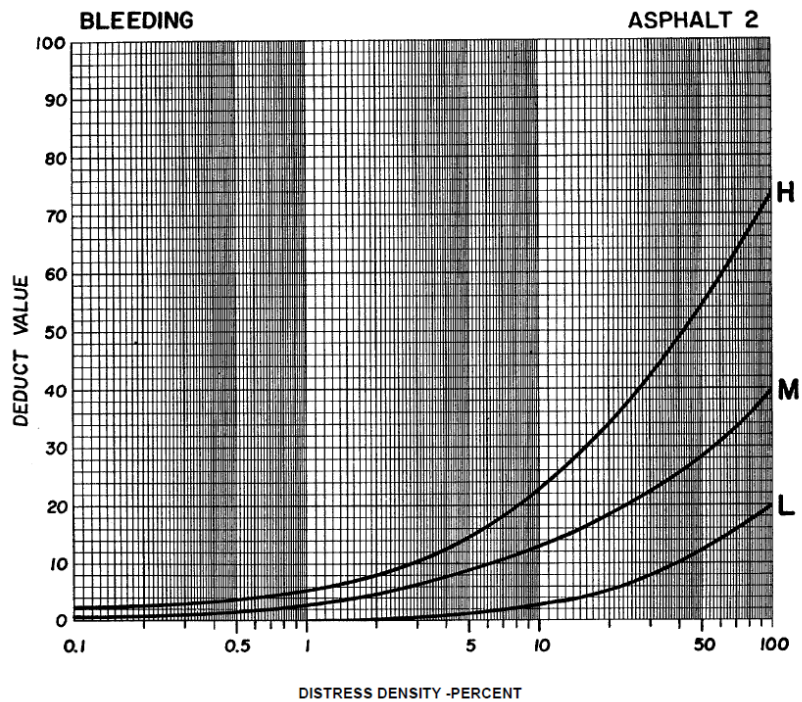
Lampiran 1. 20 Hasil survey PCI unit sampel 20A

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 Yogyakarta - Pulowatu		SECTION : A		SAMPLE UNIT : 20A							
SURVEYED BY : DK, HR, DKK		DATE : 12 Desember 2023		SAMPLE AREA : 350							
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	37.29							37.29	10.65	47.00	
1H	7.72	2.83	1.73					12.28	3.51	48.00	
3H	10.30	10.85						21.15	6.04	22.00	
9L	11.56							11.56	3.30	5.00	
10L	1.64	0.93	2.68	2.52				7.77	2.22	5.00	
10M	5.93	3.23	7.68	11.31				28.15	8.04	28.00	
11M	1.74	2.50	2.92	0.91				8.07	2.31	15.00	
11H	3.72	1.64	7.33	0.96	1.06	0.61	0.61	15.93	4.55	35.00	
12	13.38	12.47						25.84	7.38	2.00	
13M	0.08	0.48						0.56	0.16	43.00	
17M	2.15							2.15	0.61	8.00	
19M	7.81	1.94	0.96	1.69	3.45	5.09		20.94	5.98	14.00	
								Maksimum =		48.00	
Jumlah Pengurangan Izin											
$m = 1 + (9/98)(100-HDV) \leq 10$		m = 5.77551		-		5		3			
		m = 0.77551									
Deduct Value =		48.00	47.00	43.00	35.00	28.00	17.06				
Perhitungan CDV dan Nilai PCI											
Iterasi	Deduct Values							TDV	q	CDV	
1	48.00	47.00	43.00	35.00	28.00	17.06	218.06	6	95.86		
2	48.00	47.00	43.00	35.00	28.00	2.00	203.00	5	95.84		
3	48.00	47.00	43.00	35.00	2.00	2.00	177.00	4	92.47		
4	48.00	47.00	43.00	2.00	2.00	2.00	144.00	3	84.94		
5	48.00	47.00	2.00	2.00	2.00	2.00	103.00	2	70.85		
6	48.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	58.00	1	58.00		
Max CDV								95.86			
PCI = 100 - Max CDV								4.14			
Rating								Failed			

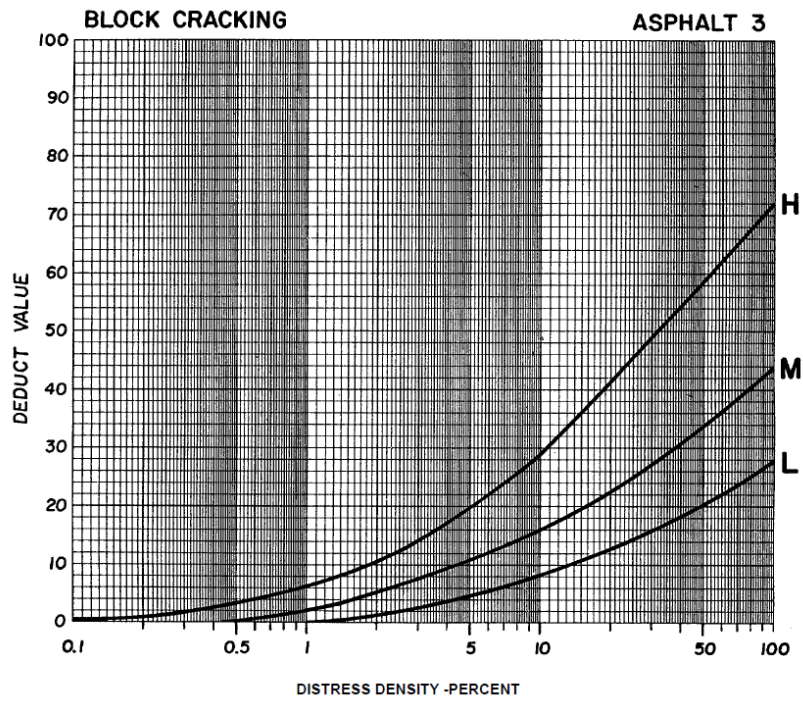
Lampiran 2 Grafik Hubungan *Distress Density* dan *Deduct Value*



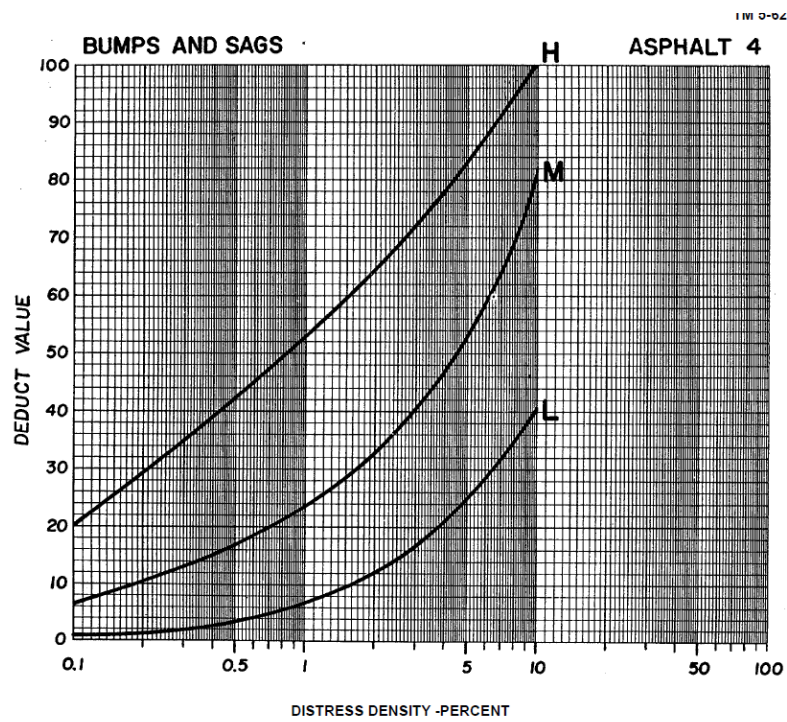
Gambar 1 *Alligator Cracking*



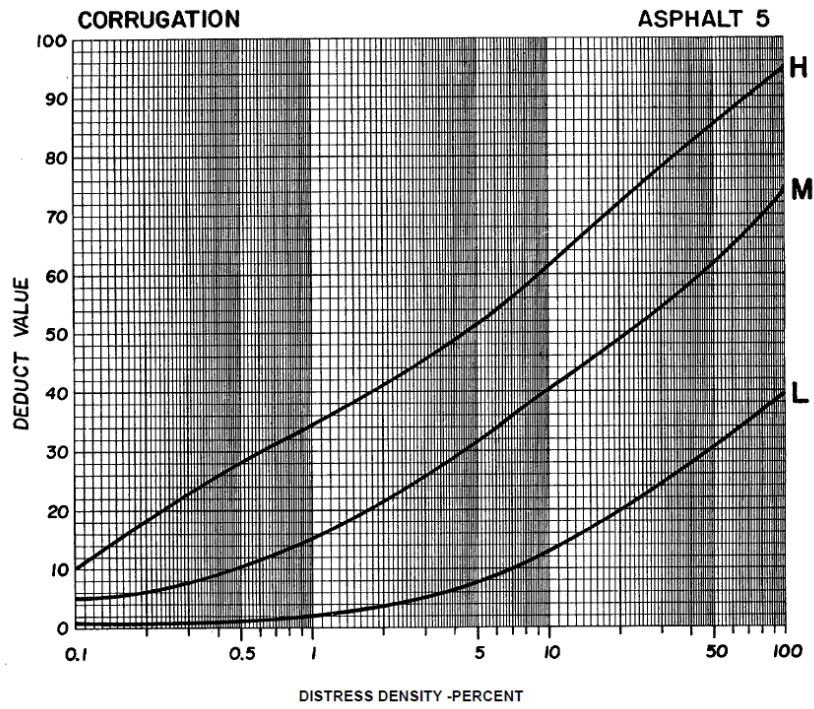
Gambar 2 *Bleeding*



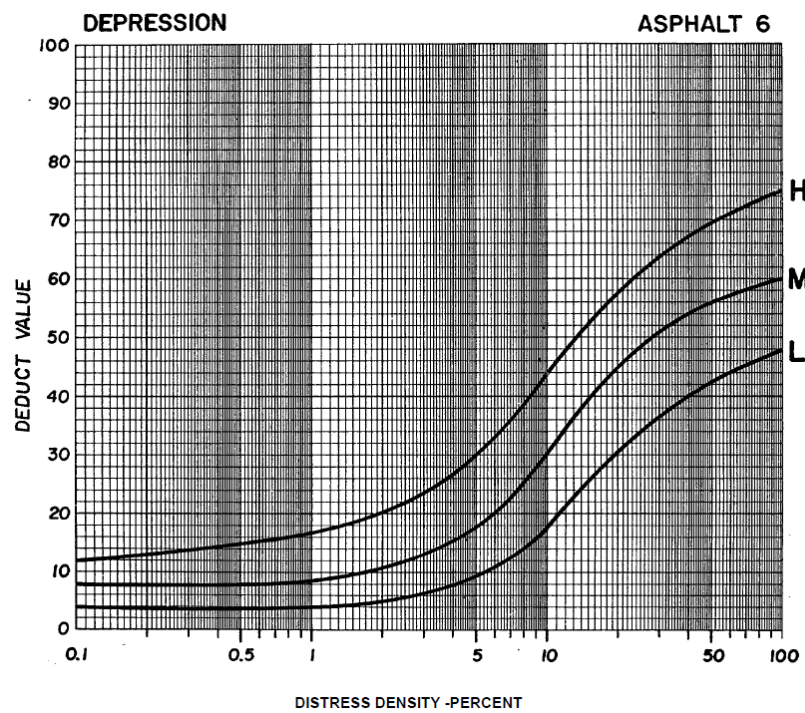
Gambar 3 Block Cracking



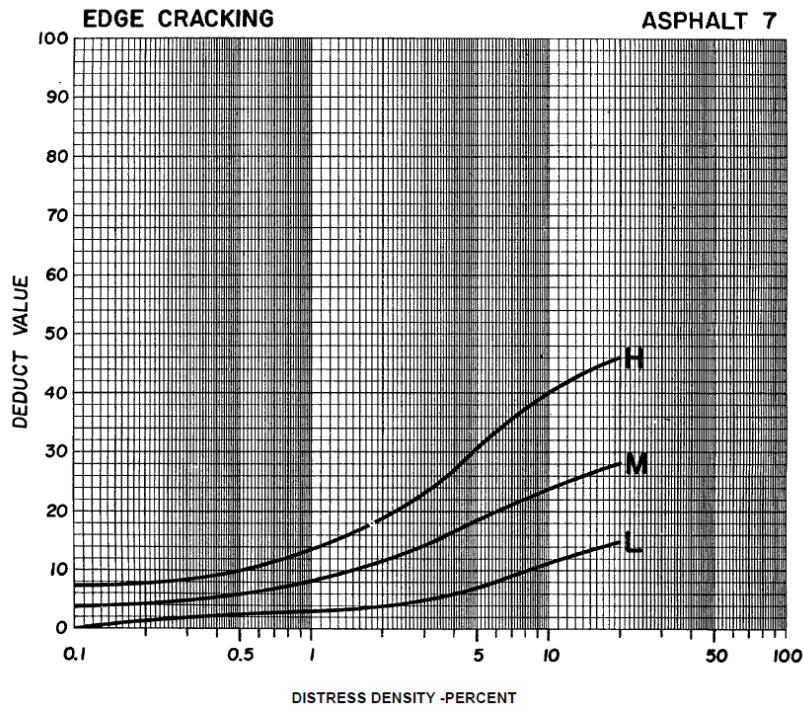
Gambar 4 Bumps and Sags



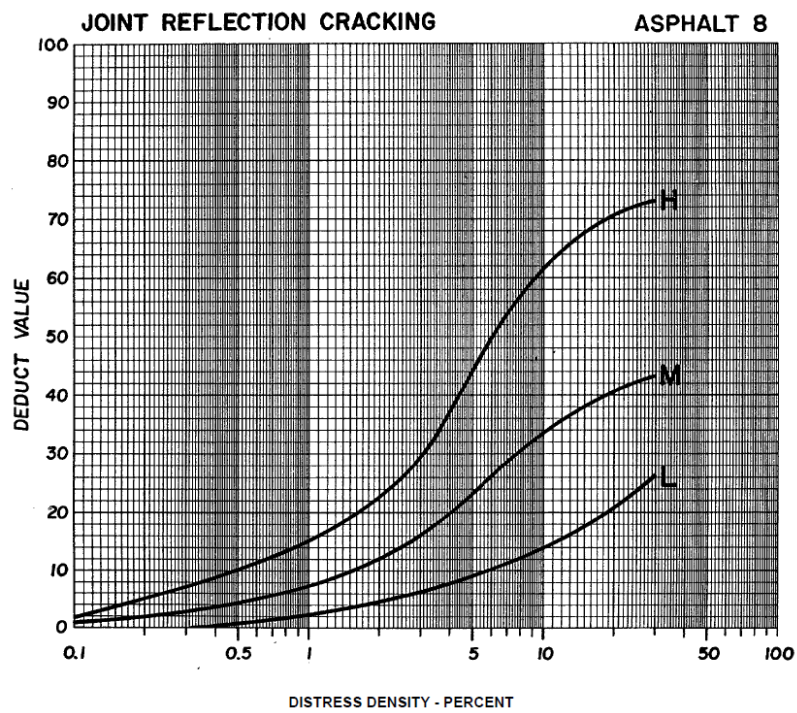
Gambar 5 *Corrugation*



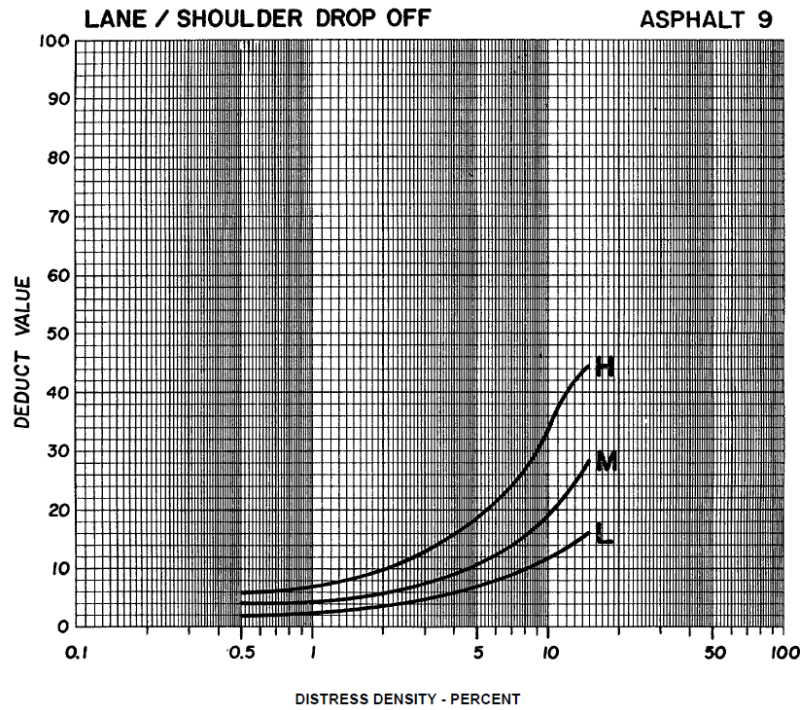
Gambar 6 *Depression*



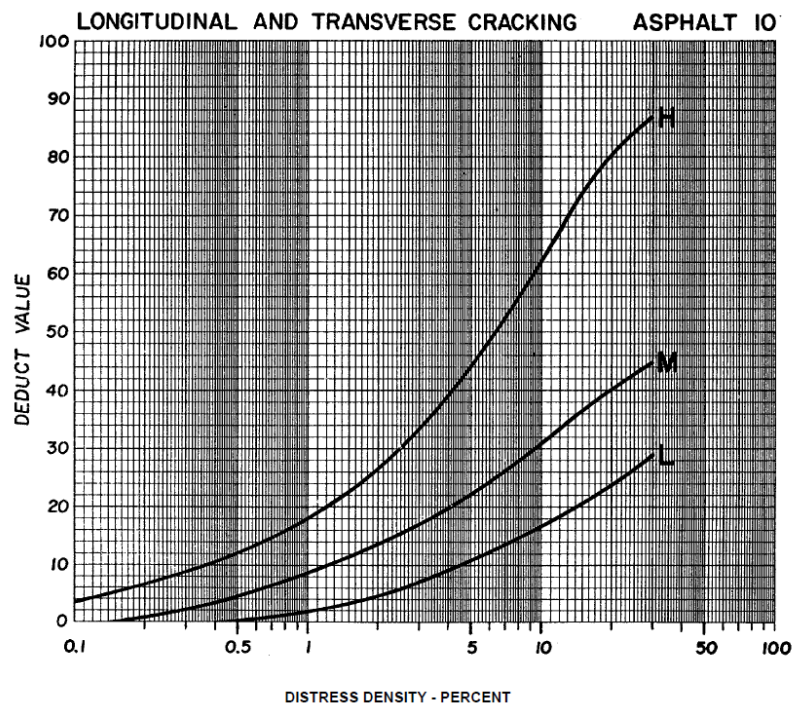
Gambar 7 Edge Cracking



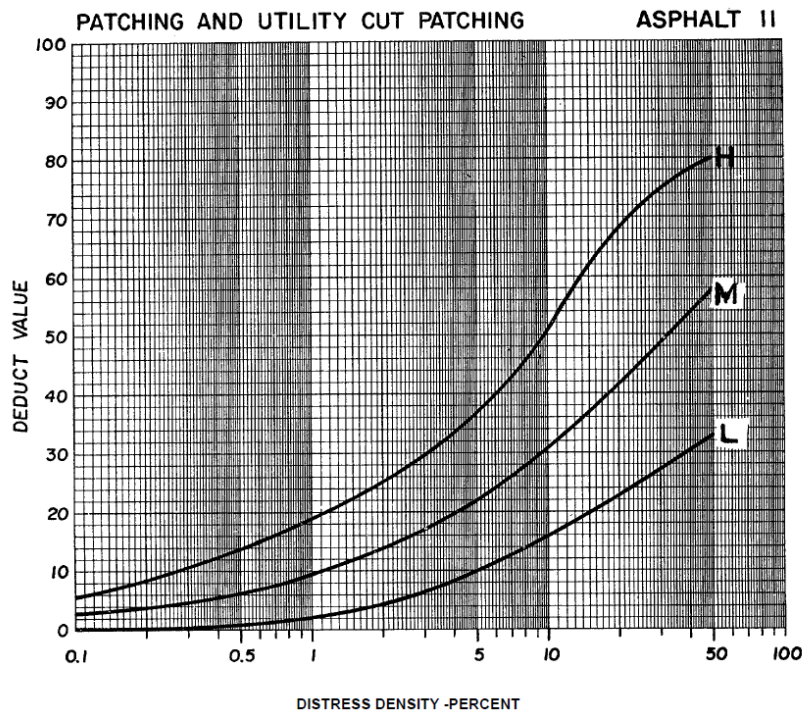
Gambar 8 Joint Reflection Cracking



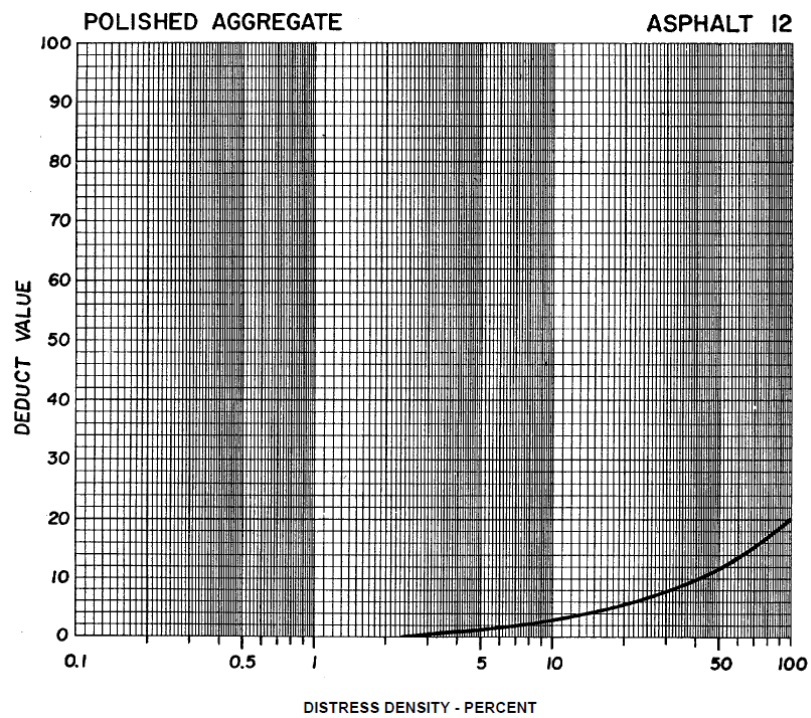
Gambar 9 Lane/Shoulder Drop Off



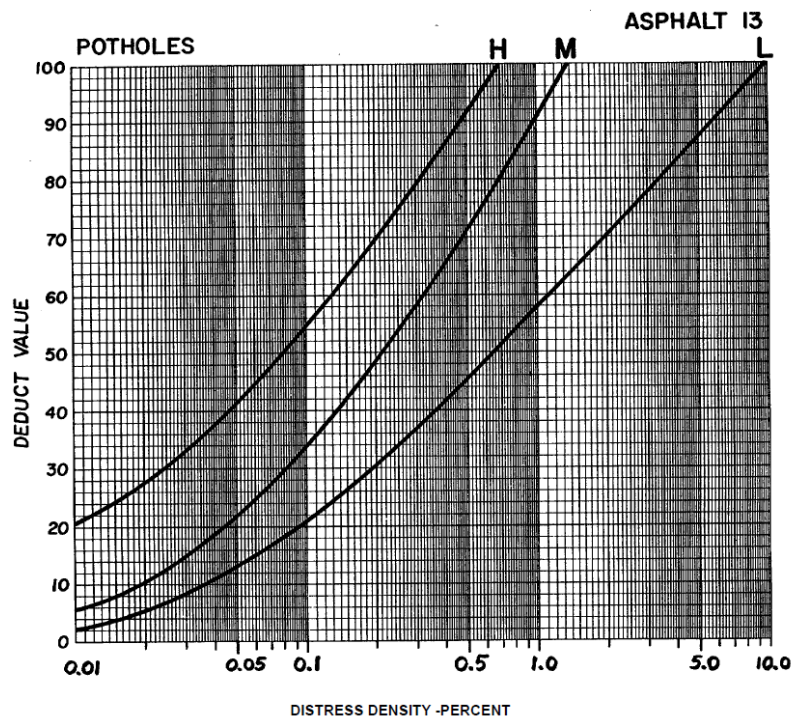
Gambar 10 Longitudinal and Transverse Cracking



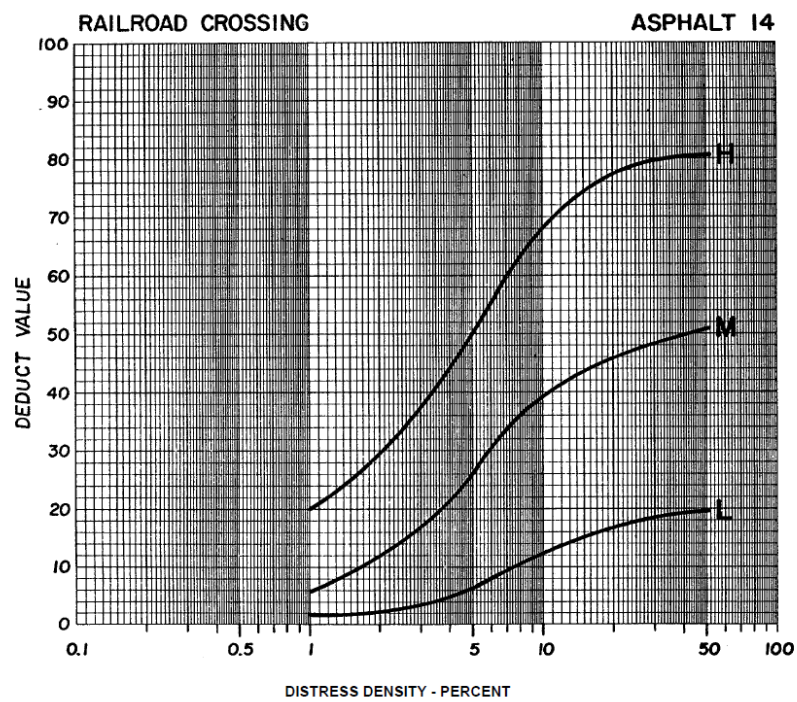
Gambar 11 Patching and Utility Patching



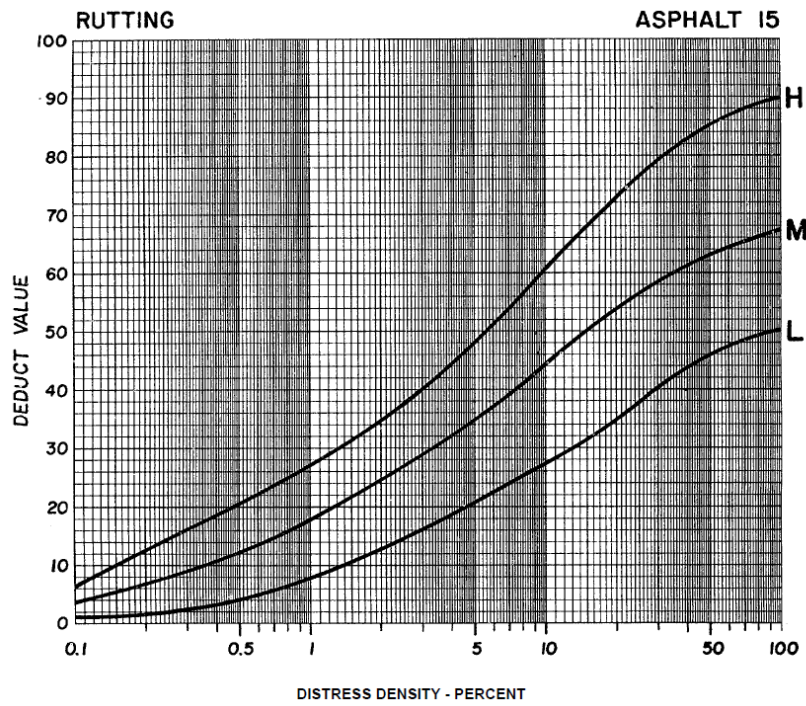
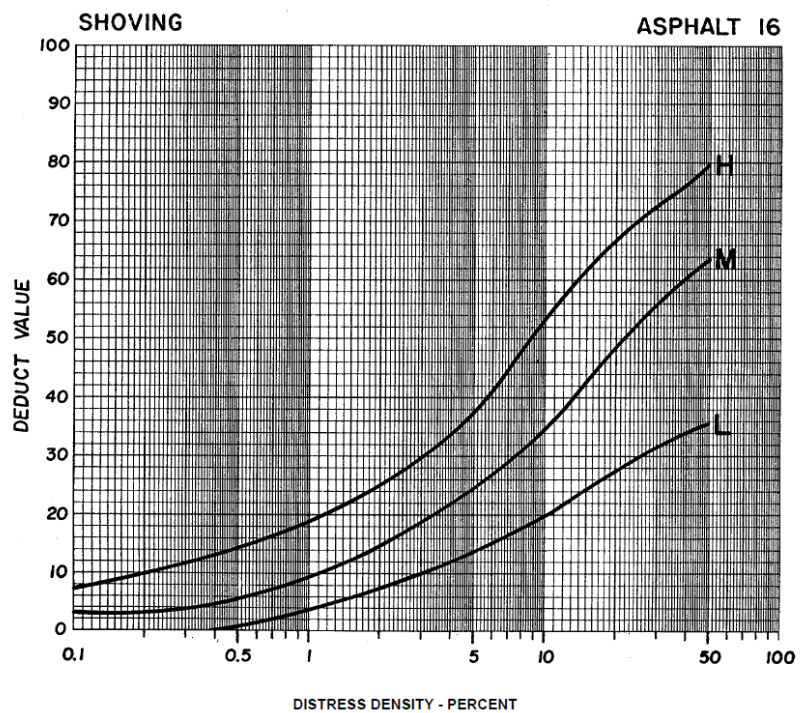
Gambar 12 Polished Aggregate

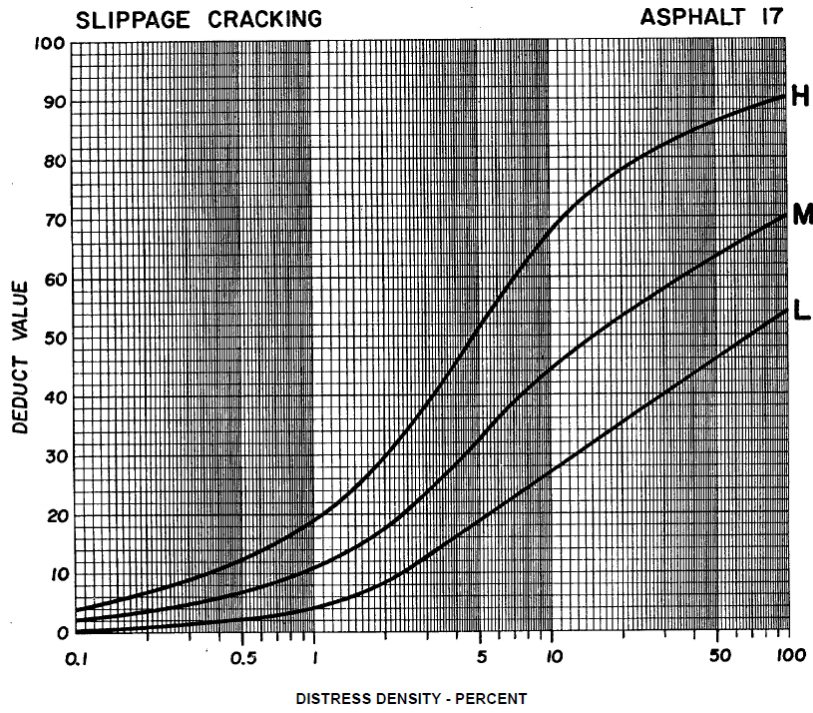


Gambar 13 Potholes

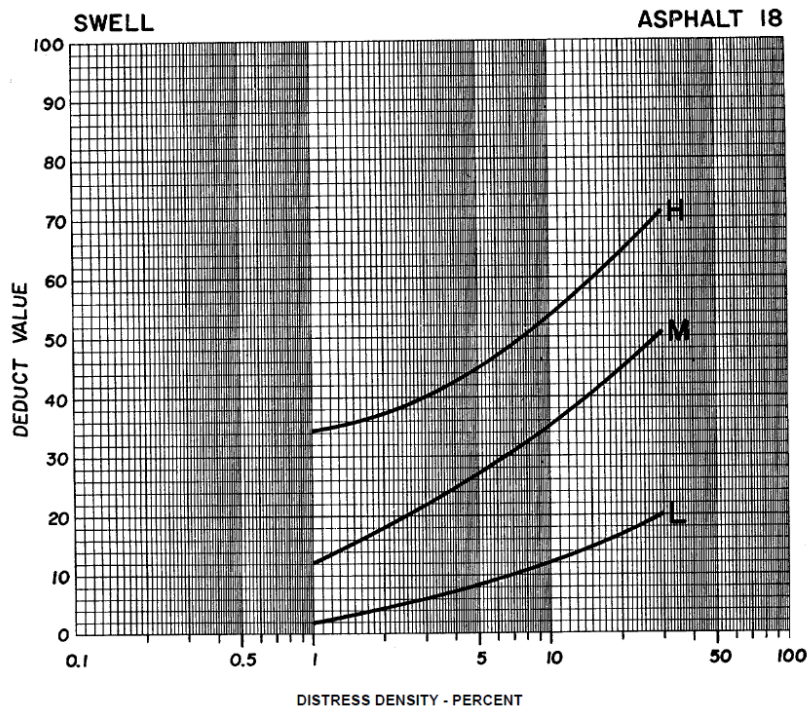


Gambar 14 Railroad Crossing

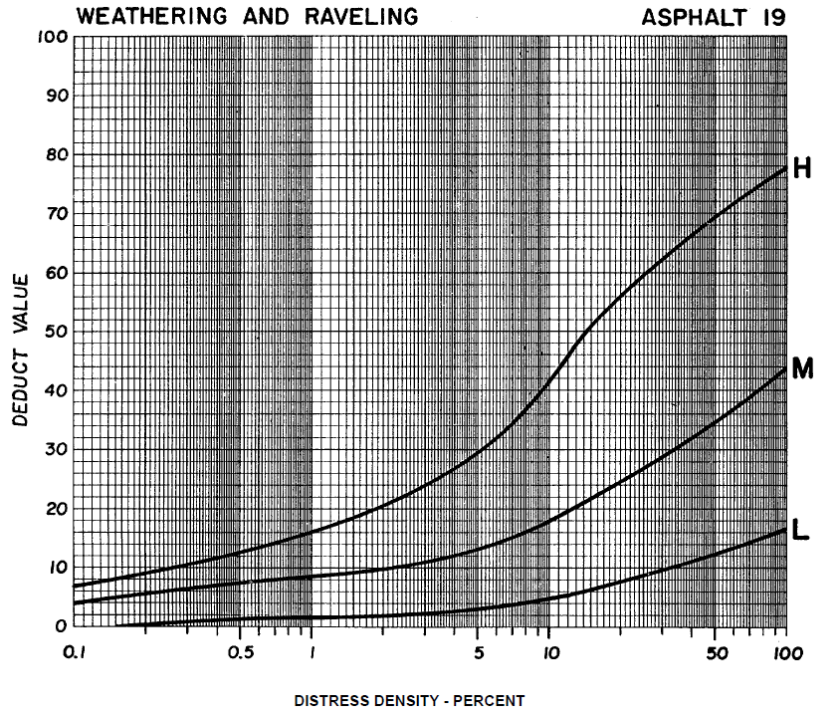
Gambar 15 *Rutting*Gambar 16 *Shoving*



Gambar 17 Slippage Cracking



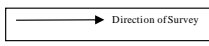
Gambar 18 Swell



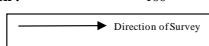
Gambar 19 *Weathering and Ravelling*

Lampiran 3 Hasil Survei dan Perhitungan Metode SDI

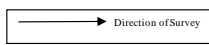
Lampiran 3. 1 Hasil survey PCI unit sampel 1A

ANALISIS SURFACE DISTRESS INDEX (SDI)											
Branch : Jalan Jangkang - Koroulon Surveyed By : DK, HR, DKK						Sevtion : A Date : 12 Desember 2023		Sample Unit : 1A Sample Area : 700		Sketch : 100 7 	
Presentase Luas Retak (%)		Lebar Retak (mm)		Jumlah Lubang (jml/km)		Kedalaman Bekas Roda (cm)					
34.09		11.00		60		0					
SDI 1 =	40	SDI 2 =	80	SDI 3 =	305	SDI 4 =	305				
Nilai SDI = 305		Nilai Kondisi = RUSAK BERAT									

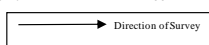
Lampiran 3. 2 Hasil survey PCI unit sampel 2A

ANALISIS SURFACE DISTRESS INDEX (SDI)											
Branch : Jalan Jangkang - Koroulon Surveyed By : DK, HR, DKK						Sevtion : A Date : 12 Desember 2023		Sample Unit : 2A Sample Area : 700		Sketch : 100 7 	
Presentase Luas Retak (%)		Lebar Retak (mm)		Jumlah Lubang (jml/km)		Kedalaman Bekas Roda (cm)					
25.23		10.07		60		0					
SDI 1 =	20	SDI 2 =	40	SDI 3 =	265	SDI 4 =	265				
Nilai SDI = 265		Nilai Kondisi = RUSAK BERAT									

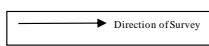
Lampiran 3. 3 Hasil survey PCI unit sampel 3A

ANALISIS SURFACE DISTRESS INDEX (SDI)											
Branch : Jalan Jangkang - Koroulon Surveyed By : DK, HR, DKK						Sevtion : A Date : 12 Desember 2023		Sample Unit : 3A Sample Area : 700		Sketch : 100 7 	
Presentase Luas Retak (%)		Lebar Retak (mm)		Jumlah Lubang (jml/km)		Kedalaman Bekas Roda (cm)					
38.41		13.33		40		0					
SDI 1 =	40	SDI 2 =	80	SDI 3 =	155	SDI 4 =	155				
Nilai SDI = 155		Nilai Kondisi = RUSAK BERAT									

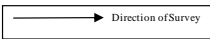
Lampiran 3. 4 Hasil survey PCI unit sampel 4A

ANALISIS SURFACE DISTRESS INDEX (SDI)											
Branch : Jalan Jangkang - Koroulon Surveyed By : DK, HR, DKK						Sevtion : A Date : 12 Desember 2023		Sample Unit : 4A Sample Area : 700		Sketch : 100 7 	
Presentase Luas Retak (%)		Lebar Retak (mm)		Jumlah Lubang (jml/km)		Kedalaman Bekas Roda (cm)					
31.81		5.92		110		0.45					
SDI 1 =	40	SDI 2 =	80	SDI 3 =	305	SDI 4 =	307.5				
Nilai SDI = 307.5		Nilai Kondisi = RUSAK BERAT									

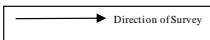
Lampiran 3. 5 Hasil survey PCI unit sampel 5A

ANALISIS SURFACE DISTRESS INDEX (SDI)											
Branch : Jalan Jangkang - Koroulon Surveyed By : DK, HR, DKK						Sevtion : A Date : 12 Desember 2023		Sample Unit : 5A Sample Area : 700		Sketch : 100 7 	
Presentase Luas Retak (%)		Lebar Retak (mm)		Jumlah Lubang (jml/km)		Kedalaman Bekas Roda (cm)					
33.94		4.04		90		0					
SDI 1 =	40	SDI 2 =	80	SDI 3 =	305	SDI 4 =	305				
Nilai SDI = 305		Nilai Kondisi = RUSAK BERAT									

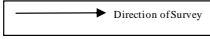
Lampiran 3. 6 Hasil survey PCI unit sampel 6A

ANALISIS SURFACE DISTRESS INDEX (SDI)								
Branch : Jalan Jangkang - Koroulon Surveyed By : DK, HR, DKK						Sevtion : A Date : 12 Desember 2023	Sample Unit : 6A Sample Area : 700	Sketch : 100 7 
Presentase Luas Retak (%)		Lebar Retak (mm)		Jumlah Lubang (jml/km)		Kedalaman Bekas Roda (cm)		
36.09		5.76		70		0		
SDI 1 =	40	SDI 2 =	80	SDI 3 =	305	SDI 4 =	305	
Nilai SDI = 305 Nilai Kondisi = RUSAK BERAT								


Lampiran 3. 7 Hasil survey PCI unit sampel 7A

ANALISIS SURFACE DISTRESS INDEX (SDI)								
Branch : Jalan Jangkang - Koroulon Surveyed By : DK, HR, DKK						Sevtion : A Date : 12 Desember 2023	Sample Unit : 7A Sample Area : 700	Sketch : 100 7 
Presentase Luas Retak (%)		Lebar Retak (mm)		Jumlah Lubang (jml/km)		Kedalaman Bekas Roda (cm)		
38.04		4.10		100		0		
SDI 1 =	40	SDI 2 =	80	SDI 3 =	305	SDI 4 =	305	
Nilai SDI = 305 Nilai Kondisi = RUSAK BERAT								

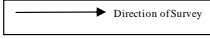
Lampiran 3. 8 Hasil survey PCI unit sampel 8A

ANALISIS SURFACE DISTRESS INDEX (SDI)								
Branch : Jalan Jangkang - Koroulon Surveyed By : DK, HR, DKK						Sevtion : A Date : 12 Desember 2023	Sample Unit : 8A Sample Area : 700	Sketch : 100 7 
Presentase Luas Retak (%)		Lebar Retak (mm)		Jumlah Lubang (jml/km)		Kedalaman Bekas Roda (cm)		
30.89		4.30		120		0		
SDI 1 =	40	SDI 2 =	80	SDI 3 =	305	SDI 4 =	305	
Nilai SDI = 305 Nilai Kondisi = RUSAK BERAT								

Lampiran 3. 9 Hasil survey PCI unit sampel 9A

ANALISIS SURFACE DISTRESS INDEX (SDI)								
Branch : Jalan Jangkang - Koroulon Surveyed By : DK, HR, DKK						Sevtion : A Date : 12 Desember 2023	Sample Unit : 9A Sample Area : 700	Sketch : 100 7 
Presentase Luas Retak (%)		Lebar Retak (mm)		Jumlah Lubang (jml/km)		Kedalaman Bekas Roda (cm)		
32.15		5.29		60		0		
SDI 1 =	40	SDI 2 =	80	SDI 3 =	305	SDI 4 =	305	
Nilai SDI = 305 Nilai Kondisi = RUSAK BERAT								

Lampiran 3. 10 Hasil survey PCI unit sampel 10A

ANALISIS SURFACE DISTRESS INDEX (SDI)								
Branch : Jalan Jangkang - Koroulon Surveyed By : DK, HR, DKK						Sevtion : A Date : 12 Desember 2023	Sample Unit : 10A Sample Area : 700	Sketch : 100 7 
Presentase Luas Retak (%)		Lebar Retak (mm)		Jumlah Lubang (jml/km)		Kedalaman Bekas Roda (cm)		
29.59		5.71		30		0		
SDI 1 =	20	SDI 2 =	40	SDI 3 =	115	SDI 4 =	115	
Nilai SDI = 115 Nilai Kondisi = RUSAK RINGAN								

Lampiran 4 Dokumentasi



Gambar 1 Pengukuran Kerusakan *Pothles*



Gambar 2 Kerusakan *Polished Aggregate*



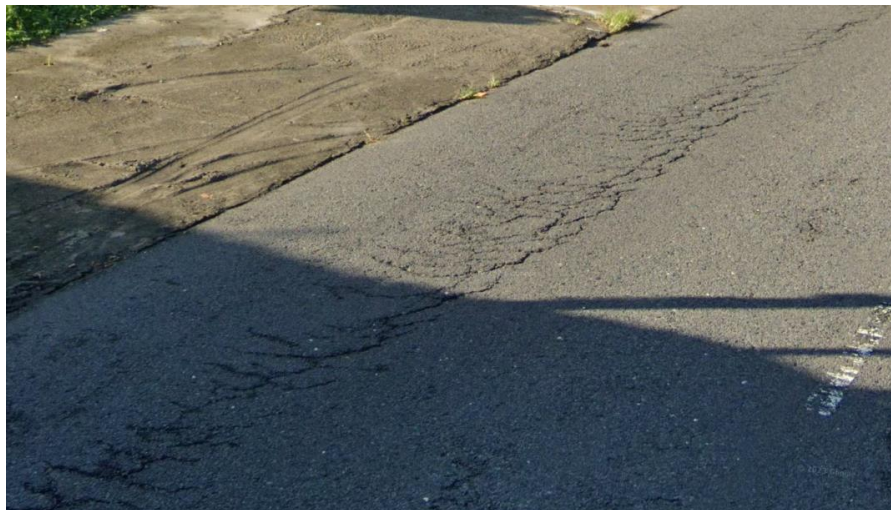
Gambar 3 Kerusakan *Longitudinal and Transverse Cracking*



Gambar 4 Kerusakan *Patching and Utility Patching*



Gambar 5 Kerusakan *Alligator Cracking*



Gambar 6 Kerusakan *Slippage Cracking*



Gambar 7 Kerusakan *Block Cracking*

Lampiran 5 Output Program *KENPAVE* Pada Lapisan Eksisting

INPUT FILE NAME -C:\KENPAVE\TUGAS AKHIR\Revisi\Eksisting reduksi
68% 2.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -Eksisting reduksi 68% 2

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM
NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED
NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1
NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1
TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = 0
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 60
POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0,112 0,112 0,128 0,144
VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE: 0 9,995 10,005 69,995
70,005
ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 3,520E+05 2
3,840E+05
3 1,120E+05 4 4,800E+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 10,000
3 0,000 16,500

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

POINT INTERMEDIATE	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP. (STRAIN)	VERTICAL PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	VERTICAL PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MAJOR P. STRESS STRESS	MINOR STRESS
1	0,00000	0,10089	550,000	589,804	488,385	579,350
	(STRAIN)		1,303E-03	1,336E-03	1,015E-03	1,015E-03
1	9,99500	0,08959	303,714	304,266	-180,062	-143,194
	(STRAIN)		8,850E-04	8,866E-04	-5,159E-04	-5,159E-04
1	10,00500	0,08957	303,481	304,269	-20,226	-10,231
	(STRAIN)		2,744E-03	2,751E-03	-5,166E-04	-5,166E-04
1	69,99500	0,04268	21,737	22,174	-15,487	-12,659
	(STRAIN)		2,257E-04	2,301E-04	-1,491E-04	-1,491E-04
1	70,00500	0,04267	21,732	22,322	-4,476	-3,687
	(STRAIN)		4,755E-04	4,895E-04	-1,491E-04	-1,491E-04
2	0,00000	0,09532	550,000	585,239	365,171	559,090
	(STRAIN)		1,286E-03	1,369E-03	6,733E-04	6,733E-04
2	9,99500	0,08732	209,249	227,649	-139,421	44,566
	(STRAIN)		5,672E-04	6,205E-04	-4,425E-04	-4,425E-04
2	10,00500	0,08731	209,153	225,400	-17,671	24,333
	(STRAIN)		1,841E-03	2,005E-03	-4,432E-04	-4,432E-04
2	69,99500	0,04364	23,110	23,179	-16,326	-13,986
	(STRAIN)		2,409E-04	2,416E-04	-1,563E-04	-1,563E-04
2	70,00500	0,04364	23,104	23,200	-4,705	-3,783
	(STRAIN)		5,065E-04	5,088E-04	-1,563E-04	-1,563E-04
3	0,00000	0,08558	0,000	377,387	-165,804	-2,029
	(STRAIN)		-7,309E-05	1,126E-03	-5,905E-04	-5,905E-04
3	9,99500	0,08449	142,568	199,401	-103,590	142,568
	(STRAIN)		3,433E-04	5,079E-04	-3,695E-04	-3,695E-04
3	10,00500	0,08448	142,603	142,603	-13,818	73,375
	(STRAIN)		1,205E-03	1,205E-03	-3,702E-04	-3,702E-04
3	69,99500	0,04384	23,369	23,369	-16,486	-14,239
	(STRAIN)		2,438E-04	2,438E-04	-1,576E-04	-1,576E-04
3	70,00500	0,04383	23,364	23,364	-4,749	-3,800
	(STRAIN)		5,124E-04	5,124E-04	-1,576E-04	-1,576E-04

Lampiran 6 *Output* Program *KENPAVE* Pada Lapisan Alternatif

INPUT FILE NAME -C:\KENPAVE\TUGAS AKHIR\Revisi\Alternatif 1.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -Alternatif 1

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM

NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED

NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1

NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1

TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = 0

NUMBER OF LAYERS (NL)----- = 5

NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)----- = 5

LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80

COMPUTING CODE (NSTD)----- = 9

SYSTEM OF UNITS (NUNIT)----- = 1

Length and displacement in cm, stress and modulus in kPa
unit weight in kN/m³, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4 6 16 30

POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0,35 0,35 0,35 0,4 0,45

VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE: 0 25,995 26,005 55,995
56,005

ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 1,100E+06 2
1,200E+06

3 1,600E+06 4 3,500E+05 5 1,500E+05

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 10,000
3 0,000 16,500

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

POINT INTERMEDIATE	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP. (STRAIN)	VERTICAL PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MAJOR P. STRESS P. STRAIN	MINOR STRESS	
1	0,00000	0,02507	550,000	548,560	506,718	538,101
	(STRAIN)		1,662E-04	1,662E-04	1,149E-04	1,149E-04
1	25,99500	0,02033	81,916	82,806	-201,762	-153,525
	(STRAIN)		1,287E-04	1,295E-04	-1,106E-04	-1,106E-04
1	26,00500	0,02032	81,875	84,580	-3,062	4,599
	(STRAIN)		2,291E-04	2,399E-04	-1,107E-04	-1,107E-04
1	55,99500	0,01576	26,008	26,360	-25,624	-21,518
	(STRAIN)		1,278E-04	1,292E-04	-7,875E-05	-7,875E-05
1	56,00500	0,01575	26,002	26,711	1,307	2,443
	(STRAIN)		1,600E-04	1,668E-04	-7,875E-05	-7,875E-05
2	0,00000	0,02404	550,000	576,206	547,812	556,410
	(STRAIN)		1,480E-04	1,725E-04	1,376E-04	1,377E-04
2	25,99500	0,02100	81,545	81,566	-203,572	-130,765
	(STRAIN)		1,241E-04	1,241E-04	-1,165E-04	-1,165E-04
2	26,00500	0,02100	81,513	81,579	-3,378	11,921
	(STRAIN)		2,231E-04	2,233E-04	-1,165E-04	-1,165E-04
2	55,99500	0,01618	27,683	27,738	-27,374	-23,900
	(STRAIN)		1,376E-04	1,379E-04	-8,260E-05	-8,260E-05
2	56,00500	0,01618	27,677	27,790	1,313	2,660
	(STRAIN)		1,723E-04	1,733E-04	-8,260E-05	-8,260E-05
3	0,00000	0,02167	0,000	172,062	-2,029	44,433
	(STRAIN)		-7,073E-05	1,429E-04	-7,073E-05	-1,371E-05
3	25,99500	0,02108	79,457	79,457	-199,614	-116,663
	(STRAIN)		1,188E-04	1,188E-04	-1,166E-04	-1,166E-04
3	26,00500	0,02108	79,431	79,431	-3,430	14,070
	(STRAIN)		2,148E-04	2,148E-04	-1,167E-04	-1,167E-04
3	55,99500	0,01626	27,992	27,992	-27,700	-24,334
	(STRAIN)		1,394E-04	1,394E-04	-8,332E-05	-8,332E-05
3	56,00500	0,01626	27,985	27,985	1,312	2,705
	(STRAIN)		1,745E-04	1,745E-04	-8,332E-05	-8,332E-05