TUGAS AKHIR

ANALISIS TINGKAT KERUSAKAN PERKERASAN LENTUR MENGUNAKAN METODE PCI DAN MEKANISTIK – EMPIRIK PADA JALAN BOJA - DARUPONO Sta. 10+200 – Sta. 11+500

(*ANALYSIS OF THE LEVEL OF FLEXIBLE PAVEMENT DAMAGE USING PCI AND MECHANISTIC - EMPIRICAL METHODS ON THE BOJA - DARUPONO ROAD Sta. 10+200 – Sta. 11+500*)

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

Muhammad Rifqi Ramadhani
19511188

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

TUGAS AKHIR

ANALISIS TINGKAT KERUSAKAN PERKERASAN LENTUR MENGUNAKAN METODE PCI DAN MEKANISTIK – EMPIRIK PADA JALAN BOJA - DARUPONO Sta. 10+200 – Sta. 11+500

(ANALYSIS OF THE LEVEL OF FLEXIBLE PAVEMENT DAMAGE USING PCI AND MECHANISTIC - EMPIRICAL METHODS ON THE BOJA - DARUPONO ROAD Sta. 10+200 – Sta. 11+500)

Disusun oleh

Muhammad Rifqi Ramadhani

19511188

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan

untuk memperoleh drajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 29 Oktober 2024

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Prayogo Afang Pravitno, S.T., M.Sc.	**Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc.**	**Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.**
NIK : 205111303	**NIK : 145110101**	**NIK : 215111307**

Mengesahkan,

Ketua Progam Studi Teknik Sipil

20/11/2024

Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T.,Ph.D. (Eng)., IPM.

NIK : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesunguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat penyelesaian progam Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian bagian terrtentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas dan sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya tulis ilmiah. Apabila dikemudian 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, 21 Oktober 2024



Penulis

Muhammad Rifqi Ramadhani

19511188

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Analisis Tingkat Kerusakan Perkerasan Lentur Mengunakan Metode PCI dan Mekanistik – Empirik pada Jalan Boja - Darupono Sta. 10+200 – Sta. 11+500. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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

1. Bapak Prayogo Afang Prayitno, S.T., M. SC. Selaku Dosen Pembimbing yang sudah memberikan bimbingan, kritik dan saran selama proses penyusunan Tugas Akhir,
2. Ibu Dr. Eng. Faizul Chasanah,S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji I,
3. Bapak Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II,
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T.,Ph.D. (Eng)., IPM. selaku Ketua Program Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
5. Orang tua penulis, Bapak Achmadun dan Ibu Endang Puji Lestari yang selalu memberi doa, semangat, serta dukungan sehingga Tugas Akhir ini terselesaikan,
6. Saudara kandung penulis, Angga Eko Wibowo S.T. dan Ardian Dwi Hindarto A.Md. yang telah memberi dukungan dan doa sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
7. Semua teman teman penulis, yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
8. Semua pihak terkait yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

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

Yogyakarta, 21 Oktober 2024

Penulis,

Muhammad Rifqi Ramadhani

19511188

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

LEMBAR PENGESAHAN ii

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Error! Bookmark not defined.

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI vi

DAFTAR TABEL ix

DAFTAR GAMBAR xii

DAFTAR LAMPIRAN xiv

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xv

ABSTRAK xvii

ABSTRACT xviii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Tujuan Penelitian 3

1.4 Batasan Penelitian 4

1.5 Manfaat Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6

2.1 Analisis Kinerja Perkerasan Lentur Dengan Metode PCI (*Pavement Condition Index*) 6

2.2 Analisis Sisa Umur Perkerasan Jalan Dengan Metode Mekanistik -Empirik 7

BAB III LANDASAN TEORI 12

3.1 Perkerasan Lentur 12

3.2 Evaluasi Kondisi Kerusakan Perkerasan Lentur 13

3.3 Jenis Kerusakan Jalan pada Perkerasan Lentur 14
3.3.1 Deformasi (*Deformation*) 14
3.3.2 Retak (*Crack*) 17
3.3.3 Kerusakan Tekstur Permukaan (*Disintegration*) 21
3.3.4 Tambalan dan Tambalan Galian Utilitas (*Patching and Utility Cut Patching*) 24
3.4 Metode PCI (*Pavement Condition Index*) 25
3.5 Analisis Tebal *Overlay* Dengan Metode Bina Marga 1987 30
3.5.1 Menentukan Indeks Tebal Perkerasan (ITP) 31
3.5.2 Perencanaan Tebal Lapis *Overlay* 41
3.6 Metode Mekanistik – Empiris 43
3.6.1 Progam *KENPAVE* 44
3.6.2 Progam *KENLAYER* 45
3.6.3 Pemodelan Lapis Perkerasan Jalan 51
3.6.4 Analisis Kerusakan Perkerasan 53
3.7 Metode Bina Marga 2017 54
3.8 Sisa Umur Rencana 61
BAB IV METODE PENELITIAN 63
4.1 Lokasi Penelitian 63
4.2 Data Penelitian 64
4.3 Alat-Alat 64
4.4 Metode Analisis 65
4.4.1 Metode *Pavement Condition Index* (PCI) 65
4.4.2 Metode Mekanistik Empirik Program *KENPAVE* 65
4.4.3 Metode Bina Marga 2017 66
4.4.4 Metode Bina Marga 1987 66
4.5 Bagan Alir Penelitian 67
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 70
5.1 Hasil Pengumpulan Data 70
5.1.1 Kondisi Ruas Jalan Boja Darupono 70
5.1.2 Data Pengamatan Lapangan 71

5.1.3 Data Lalu Lintas 71
5.1.4 Data CBR 72
5.2 Kondisi Perkerasan Berdasarkan Metode *Pavement Condition Index* (PCI) 73
5.2.1 Hasil Pengamatan Metode *Pavement Condition Index* (PCI) 73
5.2.2 Perhitungan dengan Metode *Pavement Condition Index* (PCI) 74
5.2.3 Rekapitulasi Perhitungan dengan Metode *Pavement Condition Index* (PCI) 81
5.2.4 Pembahasan 84
5.3 Nilai Tebal Overlay Menggunakan Metode Bina Marga 1987 85
5.3.1 Perhitungan Lapis Tambahan Perkerasan (*Overlay*) 85
5.3.2 Pembahasan 91
5.4 Analisis Nilai Tegangan dan Regangan Berdasarkan Metode *KENPAVE* 92
5.4.1 Analisis Mengunakan Progam *KENPAVE* 92
5.4.2 Hasil Program *KENPAVE* Menggunakan *KENLAYER* 99
5.4.3 Pembahasan 101
5.5 Analisis Umur Sisa Perkerasan (*Remaining life*) 102
5.5.1 Prediksi LHR pada Tahun 2024 102
5.5.2 Nilai Lintas Ekivalen 104
5.5.3 Perhitungan Nilai W18 105
5.5.4 Analisis Umur Sisa Perkerasan (*Remaining Life*) 106
5.5.5 Pembahasan 107
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 108
6.1 KESIMPULAN 108
6.2 SARAN 109
DAFTAR PUSTAKA 111
LAMPIRAN 113

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu	10
Tabel 3.1	Tingkat Kerusakan Rutting (*Channeling*)	15
Tabel 3.2	Tingkat Kerusakan Keriting (*Corrugation*)	15
Tabel 3.3	Tingkat Kerusakan Sungkur (*Shoving*)	16
Tabel 3.4	Tingkat Kerusakan Amblas (*Grade Depressions*)	16
Tabel 3.5	Tingkat Kerusakan Mengembang	17
Tabel 3.6	Tingkat Kerusakan Benjol dan Turun (*Bump and Sags*)	17
Tabel 3.7	Tingkat Kerusakan *Longitudinal & Transfersal Cracks*	18
Tabel 3.8	Tingkat Kerusakan Retak Blok	19
Tabel 3.9	Tingkat Kerusakan Retak Kulit Buaya (*Aligator Cracks*)	20
Tabel 3.10	Tingkat Kerusakan Retak Slip (*Slippage Cracks*)	20
Tabel 3.11	Tingkat Kerusakan Retak Pinggir (*Edge Cracks*)	21
Tabel 3.12	Tingkat Kerusakan Pelepasan Butiran (*Raveling*)	22
Tabel 3.13	Tingkat Kerusakan Pelepasan Kegemukan (*Bleeding*)	23
Tabel 3.14	Tingkat Kerusakan Agregat Licin (*Polished Aggregate*)	23
Tabel 3.15	Tingkat Kerusakan Agregat Licin (*Polished Aggregate*)	24
Tabel 3.16	Tingkat Kerusakan Pelepasan Kegemukan (*Bleeding*)	25
Tabel 3.17	*Rating Pavement Condition Index*	29
Tabel 3.18	Koefisien Distribusi Arah Kendaraan	32
Tabel 3.19	Angka Ekivalen Beban Sumbu Kendaraan	32
Tabel 3.20	Nilai Faktor Regional	35
Tabel 3.21	Nilai Indeks Permukaan Awal (IPo)	35
Tabel 3.22	Nilai Indeks Permukaan Akhir (IPt)	36
Tabel 3.23	Koefisien Kekuatan Relatif (A)	41
Tabel 3.24	Tebal Minimum Lapis Perkerasan	42
Tabel 3.25	Batas Minimum Tebal Lapis Pondasi	42
Tabel 3.26	Nilai Modulus Elastisitas Berdasarkan Jenis Bahan Perkerasan	51

Tabel 3.27	Karakteristik Modulus Bahan Pengikat untuk Pengembangan Bagan Desain dan Analisis Mekanistik	52
Tabel 3.28	Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (*i*) (%)	56
Tabel 3.29	Faktor Distribusi Jalan	57
Tabel 3.30	Nilai VDF Standar	59
Tabel 3.31	Nilai VDF Masing-Masing Kendaraan Niaga	60
Tabel 5.1	Kondisi Ruas Jalan Boja - Darupono	70
Tabel 5.2	Data Volume Lalu Lintas Harian Tahun 2021	72
Tabel 5.3	Data CBR	72
Tabel 5.4	Jenis Kerusakan Jalan Lentur	73
Tabel 5.5	Data Pengamatan dengan Metode PCI Pada Segmen 1	74
Tabel 5.6	Tipe Kerusakan Agregat Licin	74
Tabel 5.7	Tipe Kerusakan Lubang	75
Tabel 5.8	Tipe Kerusaka Amblas	76
Tabel 5.9	Tipe Kerusakan Agregat Lepas	78
Tabel 5.10	Tipe Kerusakan Retak Kulit Buaya	79
Tabel 5.11	Nilai Pengurangan Total	80
Tabel 5.12	Rekapitulasi Perhitungan dengan Metode PCI	81
Tabel 5.13	Presentase *Rating* Berdasarkan Nilai PCI	82
Tabel 5.14	Jenis Kerusakan yang Teridentifikasi	83
Tabel 5.15	Koefisien Distribusi Arah Kendaraan	86
Tabel 5.16	Hasil Perhitungan Lintas Ekivalen	87
Tabel 5.17	Faktor Regional (FR)	88
Tabel 5.18	Nilai IPo terhadap Jenis Lapis Permukaan	89
Tabel 5.19	Indeks Permukaan Akhir (IPt)	89
Tabel 5.20	Data Lapis Perkerasan Kondisi Eksisting	92
Tabel 5.21	Data Lapis Perkerasan Kondisi *Overlay*	92
Tabel 5.22	Data *Input* Menu *General*	94
Tabel 5.23	Titik Tinjau pada Menu *Zcoord*	95
Tabel 5.24	Nilai *Vertical Strain* dan *Horizontal Strain* pada Kondisi *Eksisting*	99

Tabel 5.25	Nilai *Vertical Strain* dan *Horizontal Strain* pada Kondisi *Overlay*	100
Tabel 5.26	Analisis Beban Lalulintas pada Kondisi *Overlay*	101
Tabel 5.27	Data Pertumbuhan Kendaraan	103
Tabel 5.28	LHR Prediksi pada Tahun 2024	103
Tabel 5.29	Lintas Ekivalen Tahun 2024	104
Tabel 5.30	Rekapitulasi Lintas Ekivalen Tahun 2024 - 2034	105
Tabel 5.31	Rekapitulasi Perhitungan Nilai W18	106
Tabel 5.32	Rekapitulasi Perhitungan *Remaining Life*	106

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Kerusakan Arus Jalan Boja – Darupono Sta. 10+200	2
Gambar 1.2	Kerusakan Retak Kulit Buaya Jalan Boja – Darupono Sta. 10 +300	3
Gambar 3.1	Susunan Lapis Perkerasan Lentur	12
Gambar 3.2	Kerusakan Deformasi	14
Gambar 3.3	Kerusakan Retak	18
Gambar 34	Kerusakan Tekstur Permukaan	22
Gambar 3.5	Hubungan Nilai PCI Dan Kondisi Perkerasan Lentur	25
Gambar 3.6	Kurva Nilai Pengurangan (*Deduct Value*) untuk Retak Kulit Buaya *Aligator Cracks*	27
Gambar 3.7	Kurva Nilai Pengurang Terkoreksi (CDV)	28
Gambar 3.8	Nilai Kondisi Sebagai Indikator Tipe Pemeliharaan	30
Gambar 3. 9	Korelasi Antara DDT dan CBR	34
Gambar 3.10	Nomogram 1 untuk IPt = 2,5 dan IPo ≥ 4	36
Gambar 3.11	Nomogram 2 untuk IPt =2,5 dan IPo= 3,9 – 3.5	37
Gambar 3.12	Nomogram 3 untuk IPt = 2 dan IPo ≥ 4	37
Gambar 3.13	Nomogram 4 untuk ITp = 2 dan IPo = 3,9 – 3,5	38
Gambar 3.14	Nomogram 5 untuk IPt = 1,5 dan IPo = 3,9 – 3,5	38
Gambar 3. 15	Nomogram 6 untuk ITp = 1,5 dan IPo = 3,4 – 3,0	39
Gambar 3.16	Nomogram 7 untuk IPt = 1,5 dan IPo 2,9 – 2,5	39
Gambar 3.17	Nomogram 8 Untuk Ipt = 1 dan IPo = 2,9 – 2,5	40
Gambar 3.18	Nomogram 9 untuk ITp = 1 dan IPo = ≤ 2,4	40
Gambar 3.19	Tampilan Awal Progam *KENPAVE*	45
Gambar 3.20	Tampilan Layar *LAYERINP*	46
Gambar 3.21	Tampilan Menu *General*	47
Gambar 3.22	Tampilan *Zcoord*	48
Gambar 3.23	Tampilan Menu *Layer*	48
Gambar 3.24	Tampilan Menu *Interface*	49

Gambar 3.25	Tampilan Menu *Moduli*	49
Gambar 3.26	Tampilan *Period* 1	50
Gambar 3.27	Tampilan Menu *Load*	50
Gambar 3.28	Sumbu Standar Ekivalen di Indonesia	53
Gambar 4.1	Lokasi Penelitian	63
Gambar 4.2	Bagan Alir Penelitian	68
Gambar 5.1	Struktur Lapis Perkerasan Ruas Jalan Boja – Darupono	71
Gambar 5.2	Penomoran Segmen	71
Gambar 5.3	Grafik *Deduct Value* Kerusakan Agrgat Licin	75
Gambar 5.4	Grafik *Deduct Value* Kerusakan Lubang	76
Gambar 5.5	Grafik *Deduct Value* Kerusakan Amblas	77
Gambar 5.6	Grafik *Deduct Value* Kerusakan Agrgat Lepas	78
Gambar 5.7	Grafik *Deduct Value* Kerusakan Retak Kulit Buaya	79
Gambar 5.8	Kurva Hubungan TDV dengan CDV	80
Gambar 5.9	Diagram *Persentase Rating* Nilai PCI	82
Gambar 5.10	Diagram Nilai *Density*	84
Gambar 5.11	Penilaian Korelasi antara DDT dan CBR	88
Gambar 5.12	Nomogram ITP Perkerasan	90
Gambar 5.13	Struktur Lapis Perkerasan setelah *Overlay* Metode Bina Marga 1987	91
Gambar 5.14	Menu Utama Progam *KENPAVE*	93
Gambar 5.15	Tampilan Menu *LAYERNIP*	93
Gambar 5.16	Data Input pada Menu *General*	95
Gambar 5.17	Data *Input* pada Menu *Zcoord*	96
Gambar 5.18	Data *Input* pada Menu *Layer*	96
Gambar 5.19	Data *Input* pada Menu *Moduli*	97
Gambar 5.20	Data *Input* pada Menu *Load*	98
Gambar 5.21	Data *Input* pada Menu *NPT*	98
Gambar 5.22	Grafik Nilai Umur Sisa Perkerasan	107

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Nilai LHR pada Ruas Jalan Boja Darupono Tahun 2021 114
Lampiran 2 Data CBR Design Ruas Jalan Boja Darupono 115
Lampiran 3 Data Pertumbuhan Kendaraan Bermotor Kabupaten Kendal 116
Lampiran 4 Output Program *Kenpave* Pada Lapis *Existing* 117
Lampiran 5 Output Program *Kenpave* Pada Lapis *Overlay* 118
Lampiran 6 Hasil Analisis dan Perhitungan PCI Seluruh Segmen 119
Lampiran 7 Contoh Contoh Kerusakan dengan Metode PCI 132
Lampiran 8 Dokumentasi Pengumpulan Data 133

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

AC-WC = *Asphalt Concrete-Wearing Course*
AC-BC = *Asphalt Concrete-Binder Course*
CBR = *California Bearing Ratio*
CESA = *Cumulative Equivalent Standard Axle*
Cm = sentimeter
CP = *Contact Pressure*
CR = *Contact Radius*
d = Jarak antar roda ganda
DD = Faktor distribusi arah
DL = Faktor distribusi lajur
E = Modulus Elastisitas
ESAL = *Equivalent Standard Axle Load*
i = Faktor pertumbuhan lalu lintas (%)
kg = kilogram
kPa = kilopascal
LEA = Lintas Ekivalen Akhir
LEP = Lintas Ekivalen Permulaan
LER = Lintas Ekivalen Rencana
LET = Lintas Ekivalen Tengah
LHR = Lalu Lintas Harian Rerata
LHRT = Lalu Lintas Harian Rerata Tahunan
LPA = Lapis Pondasi Agregat A
LPB = Lapis Pondasi Agregat B
MDJP = Manual Desain Perkerasan Jalan
m = meter
Nd = Nilai Repetisi Beban *Permanent Deformation*
Nf = Nilai Repetisi Beban *Fatigue Cracking*
Nr = Nilai Repetisi *Beban Rutting*

PCI	= *Pavement Condition Index*
R	= Faktor Pengali Pertumbuhan Lalu Lintas
UR	= Umur Rencana
VDF	= *Vehicle Damager Factor*
ε	= Regangan
σ	= Tegangan
μ	= *Poisson Ratio*

ABSTRAK

Jalan Boja - Darupono memiliki panjang 12,85 km yang berada di wilayah Kabupaten Kendal. Semakin bertambahnya volume lalu lintas di Kabupaten Kendal, yang dapat dilihat dari presentase laju pertumbuhan penduduk pertahun sebesar 1,2% dan kepadatan penduduk 1016 per km^2, sehingga dapat menyebabkan perkerasan jalan mengalami kerusakan alur, retak, dan lubang-lubang pada badan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kerusakan pada permukaan jalan dan perbaikannya, serta mengetahui tebal lapis *overlay* dan mengetahui nilai tegangan regangan untuk mendapatkan sisa umur layan pada perkerasan jalan tersebut.

Data yang digunakan dalam penelitian pada ruas Jalan Boja Darupono Sta. 10+200 – Sta. 11+500 yaitu data primer dan sekunder, data primer berupa data yang diambil langsung dilapangan berupa pengukuran luas dan jenis kerusakan dengan metode PCI. Sedangkan data sekunder diperoleh dari DPUPR Kabupaten Kendal berupa data perkerasan jalan, data LHR dan data CBR tanah. Penelitian dilakukan dengan metode PCI, Bina Marga 1987, Bina Marga 2017 dan Mekanistik Empirik dengan progam *KENPAVE*.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai PCI sebesar 48,692 masuk dalam kondisi jalan sedang (*fair*). Perhitungan *overlay* menggunakan metode Bina Marga 1987 maka di dapatkan tebal minimum lapis tambahan (*overlay*) sebesar 13 cm. Progam *KENPAVE* digunakan untuk mendaatkan nilai tegangan regangan, sehingga didapatkan beban repitisi pada kondisi perkerasan jalan eksisting sebesar 292831,6939 ESAL sampai terjadinya *fatigue cracking*, 564189,1287 ESAL sampai terjadinya *rutting*, dan 1046040,596 ESAL sampai terjadinya *deformation*. Pada kondisi perkerasan jalan *overlay* didapatkan beban repetisi sebesar 82473737,82 ESAL sampai terjadinya *fatigue cracking*, 4707863,254 ESAL sampai terjadinya *rutting*, dan 7973182915,1572 ESAL sampai terjadinya *deformation*. Dapat dilihat dengan penambahan *overlay* pada perkerasan jalan beban repitisi dapat meningkat sehingga umur rencana perkerasan jalan dapat terpenuhi. Hasil analisis metode Bina Marga 2017 diperoleh nilai sisa umur untuk perkerasan lapis *overlay* pada tahun ke-2 (2025) adalah 82,06%.

Kata Kunci: Bina Marga 2017, Bina Marga 1987, *KENPAVE*, Nilai Sisa Umur, *PCI*

ABSTRACT

Boja - Darupono road has a length of 12,85 km in Kendal Regency. The increasing volume of traffic in Kendal Regency, which can be seen from the percentage of annual population growth rate of 1.2% and population density of 1016 per km^2, can cause road pavement to experience damage to grooves, cracks, and holes in the road body. This study aims to determine the level of damage to the road surface and its repair, as well as to determine the thickness of the overlay layer and determine the stress strain value to get the remaining service life of the pavement.

The data used in the research on the Boja Darupono Road Sta. 10+200 - Sta. 11+500, namely primary and secondary data, primary data in the form of data taken directly in the field in the form of measuring the area and type of damage with the PCI method. While secondary data obtained from DPUPR Kendal Regency in the form of pavement data, LHR data and soil CBR data. The research was conducted using PCI, Bina Marga 1987, Bina Marga 2017 and Empirical Mechanistic methods with the KENPAVE program.

Based on the research that has been done, the PCI value of 48,692 is included in the fair road condition. Calculation of overlays using the Bina Marga 1987 method, the minimum thickness of the overlay is 13 cm. The KENPAVE program is used to obtain the stress strain value, so that the repetition load on the existing pavement conditions is 292831,6939 ESAL until fatigue cracking occurs, 564189,1287 ESAL until rutting occurs, and 1046040,596 ESAL until deformation occurs. In the condition of the overlay pavement, the repetition load is obtained at 82473737,82 ESAL until fatigue cracking occurs, 4707863,254 ESAL until rutting occurs, and 7973182915,1572 ESAL until deformation occurs. It can be seen that with the addition of overlays on the pavement, the repetition load can increase so that the planned life of the pavement can be fulfilled. The results of the 2017 Bina Marga method analysis obtained the remaining life value for the overlay pavement in year 2 (2025) is 82,06%.

Keywords: Bina Marga 2017, Bina Marga 1987, KENPAVE, Remaining Life, PCI

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan akses yang sangat penting bagi masyarakat, dikarenakan jalan merupakan salah satu akses penghubung dari suatu daerah ke daerah yang lain. Selain itu jalan juga menjadi salah satu faktor yang penting untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi suatu daerah. Seiring dengan perkembangan ekonomi suatu daerah, maka volume kendaraan di daerah tersebut akan semakin banyak. Kondisi ini dapat menyebabkan volume kendaraan yang meningkat dapat melebihi volume kendaraan yang sudah diperhitungkan. Hal ini dapat menjadikan penurunan kualitas suatu perkerasan pada jalan.

Kerusakan jalan pada umumnya disebabkan oleh iklim suatu daerah, kondisi tanah dasar yang belum stabil, sistem drainase yang buruk, material konstruksi yang digunakan tidak memenuhi standar, proses pelaksanaan pekerjaan yang tidak baik, volume lalu lintas yang semakin meningkat, beban lalu lintas yang berulang-ulang dan lain sebagainya. Dari penglihatan secara visual kerusakan jalan yang sering terjadi antara lain retak retak pada permukaan jalan, lubang pada permukaan jalan, gelombang pada permukaan jalan dan tambalan jalan. Akibat dari kerusakan jalan yang terjadi banyak dampak negatif, seperti tidak berfungsinya bagian jalan sebagaimana seharusnya, ketidak nyamanan pengguna jalan dalam berlalu lintas, dan keamanan pengguna jalan maupun masyarakat sekitar.

Jalan Boja - Darupono memiliki panjang 12,85 km yang menjadi salah satu jalan Kabupaten di wilayah Kabupaten Kendal dan merupakan salah satu jalan yang menghubungkan Kecamatan Boja dan Kecamatan Kaliwungu. Tata guna lahan pada Jalan Boja - Darupono belum tertata dengan rapi belum terdapat bahu jalan pada setiap ruas jalan, dan sistem drainase pada jalan tersebut cukup buruk sehinga mengakibatkan banyak genangan air pada ruas jalan ketika musim hujan. Selain itu Jalan Boja - Darupono merupakan akses utama yang menghubungkan Kecamatan Boja dan Kecamatan Kaliwungu, dan juga merupakan salah satu jalan alternatif

yang menghubungkan jalur pantura dan jalur tengah. Dikarenakan semakin bertambahnya volume lalu lintas yang ada di Kabupaten Kendal, yang dapat dilihat dari presentase laju pertumbuhan penduduk pertahun sebesar 1,2% dan kepadatan penduduk 1016 per km^2 yang di dapat dari BPS Kabupaten Kendal, sehingga dapat menyebabkan perkerasan jalan mengalami kerusakan alur, retak, dan lubang lubang pada badan jalan.

Berdasarkan survei yang telah penulis lakukan pada Jalan Boja - Darupono maka perlu dilakukan evaluasi atau analisis dengan menggunakan metode visual atau dengan metode analisis secara struktural sehingga dapat diketahui tingkat kerusakan yang terjadi dan bagaimana cara penanganannya. Metode yang digunakan untuk mengetahui kondisi permukaan jalan pada penelitian terdahulu salah satunya dengan mengunakan metode PCI (*Pavement Condition Index*). Nilai tegangan regangan didapatkan mengunakan Metode Mekanistik Empirik dengan mengunakan progam *KENPAVE*, sub progam *KENLAYER*. Nilai sisa umur rencana didapatkan mengunakan metode Bina Marga 2017.

Hal ini yang menjadi perhatian penulis untuk meneliti dan menganalisis kerusakan tersebut untuk dijadikan bahan tugas akhir. Berikut ini kerusakan yang terjadi pada Jalan Boja – Darupono dapat dilihat pada Gambar 1.1, Gambar 1.2.



Gambar 1. 1 Kerusakan Arus Jalan Boja – Darupono Sta. 10+200



Gambar 1. 2 Kerusakan Retak Kulit Buaya Jalan Boja – Darupono Sta. 10 +300

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjabaran latar belakang di atas, maka peneliti merumuskan masalah sebagai berikut.

1. Apasaja jenis kerusakan yang terjadi pada permukaan perkerasan lentur yang ada pada ruas Jalan Boja - Darupono?
2. Bagaimana kualitas kondisi perkerasan yang ada pada ruas Jalan Boja - Darupono berdasarkan metode PCI (*Pavement Condition Index*) ?
3. Mengetahui berapa tebal lapis *overlay* yang dibutuhkan mengunakan metode Bina Marga 1987.
4. Mengetahui nilai tegangan regangan perkerasan jalan dengan metode mekanistik empirik dengan progam *KENPAVE*.
5. Mengetahui nilai sisa umur layan perkerasan mengunakan metode Bina Marga 2017.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dilakukan pada ruas Jalan Boja – Darupono antara lain:

1. Mengetahui macam macam jenis kerusakan yang terjadi pada ruas Jalan Boja Darupono.
2. Mengevaluasi kualitas kondisi perkerasan lentur yang ada pada ruas Jalan Boja - Darupono.
3. Menentukan tebal lapisan *overlay* mengunakan metode Bina Marga 1987.

4. Mengetahui nilai tegangan regangan perkerasan jalan dengan metode mekanistik empirik.
5. Menganalisis nilai sisa umur layan perkerasan mengunakan metode Bina Marga 2017.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan masalah perlu diberikan dalam penelitian ini, sehingga hasil yang diperoleh dapat sesuai dengan tujuan, serta pembahasan tidak meluas kemana mana. Berikut ini adalah batasan-batasan dalam penelitian:

1. Lokasi penelitian dilakukan pada perkerasan lentur pada ruas Jalan Boja - Darupono Sta. 10+200 – Sta. 11+500.
2. Kerusakan yang ditinjau hanya pada permukaan jalan,
3. Penilaian kondisi permukaan perkerasan lentur menurut metode PCI (*Pavement Condition Index*) dengan standar FAA (*Federal Aviation Administration*) 1982.
4. Pembagian segmen yang ditinjau per 100 meter sepanjang 1,3 km pada perkerasan permukaan lentur jalan.
5. Data yang digunakan untuk analisis nilai sisa umur perkerasan, nilai tebal perkerasan, nilai tegangan dan nilai regangan merupakan data skunder yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Kawasan Pemukiman Kabupaten Kendal.
6. Untuk perhitungan tebal lapis overlay mengunakan metode dari Dirjen Bina Marga 1987.
7. Nilai tegangan dan regangan diperoleh dengan melakukan analisis menggunakan Program *KENPAVE*.
8. Analisis dengan Metode Bina Marga 2017 untuk menentukan sisa umur rencana.
9. Parameter yang telah di sediakan menurut ketentuan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan Bina Marga 1987.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian evaluasi tingkat kerusakan perkerasan lentur pada ruas Jalan Boja - Darupono sebagai berikut.

1. Mengetahui jenis jenis kerusakan yang terjadi pada ruas Jalan Boja darupono.
2. Mengetahui tingkat kelayakan dari kondisi Jalan Boja – Darupono.
3. Mengantisipasi terjadinya kerusakan berkelanjutan.
4. Mengetahui penanganan perbaikan dan tebal lapis tambahan permukaan (*overlay*)
5. Mengetahui sisa umur rencana pada Jalan Boja - Darupono.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Kinerja Perkerasan Lentur Dengan Metode PCI (*Pavement Condition Index*)

Dalam penelitian ini terdapat perbedan terhadap penelitian terdahulu. Analisis kerusakan perkerasan lentur jalan telah diteliti Assrullah (2019) yang berjudul "*Evaluasi Kondisi Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI) Pada Ruas Jalan Sako Baru Kecamatan Sako Palembang*" Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas perkerasan berdasarkan nilai PCI dan macam macam kerusakan jalan yang terjadi.. Hasil Penelitian diperoleh nilai kinerja perkerasan jalan secara visual yang diyatakan dengan nilai *Pavement Condition Index* (PCI) pada ruas jalan Sako Baru Kecamatan Sako Palembang adalah sedang (*fair*) dengan kerusakan maksimum yang dicapai adalah 18 dengan kategori *very poor* dan tertinggi 79 dengan kategori *very good*. Terdapat 7 macam kerusakan jalan yang terjadi pada ruas jalan Sako Baru, diantaranya adalah *alligator cracking* sebesar 2,591%, *depressions* sebesar 0,267%, *edge cracking* sebesar 0,019%, *shoulder drop off* sebesar 0,017%, *patching & utillity cut patch* sebesar 1,346%, *potholes* sebesar 0,189%, dan *weathering/ravelling* sebesar 0,377%.

Penelitian yang dilakukan Rachman dan Sari (2020) yang berjudul "*Analisis Kerusakan Jalan Dengan Menggunakan Metode PCI Dan Strategi Penanganannya (Studi Kasus Jalan Nasional Srijaya Raya Palembang Km 8+149 Sd Km9+149)*" yang bertujuan untuk mengetahui kondisi, jenis dan tingkat kerusakan perkerasan pada ruas Jalan Nasional Srijaya Raya Palembang Km 8+149 Sd Km9+149 berdasarkan metode *Pavement Condition Index* (PCI), sehingga mendapatkan alternatif solusi penanganan pemeliharaan jalan tersebut beserta biaya yang diperlukan. Hasil penelitian kondisi perkerasan jalan pada Jalan Nasional Srijaya Raya Palembang Km 8+149 Sd Km9+149 dengan nilai PCI rerata sebesar 61 dengan kondisi baik, dan Jumlah anggaran biaya yang diperlukan untuk menangani

kerusakan jalan tersebut dengan pemeliharaan rutin sebesar Rp. 86.212.428,- atau dibulatkan Rp. 86.213.000,-.

Penelitian yang dilakukan Fatikasari (2021) yang berjudul "*Analisa Tingkat Kerusakan Jalan Menggunakan Metode PCI Untuk Mengevaluasi Kondisi Jalan di Raya Cangkring, Kecamatan Krembung, Kabupaten Sidoarjo*" dengan tujuan mengetahui Nilai PCI dan penanganan perbaikan pada ruas Jalan Raya Cangkring, Kecamatan Krembung, Kabupaten Sidoarjo. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai PCI sebesar 18,4 sehingga jalan tersebut termasuk dalam kondisi gagal (*failed*). Sehingga perbaikan yang harus dilakukan menurut metode *Asphalt Institute* perlu dilakukan rekonstruksi perkerasan jalan.

2.2 Analisis Sisa Umur Perkerasan Jalan Dengan Metode Mekanistik - Empirik

Analisis sisa umur perkerasan jalan telah dilakukanan penelitian oleh Sodiq (2021) yang berjudul "*Evaluasi Kondisi Perkerasan dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) dan Nilai Sisa dengan Metode Mekanistik-Empirik pada Jalan Gito Gati*" dengan tujuan mengetahui nilai kondisi perkerasan Jalan Gito-Gati dengan metode *Pavement Condition Index* (PCI), mengetahui nilai tegangan dan nilai regangan pada perkerasan existing dan perkerasan tambahan (*overlay*) dengan program KENPAVE, dan mengetahuni nilai sisa umur rencana dengan menggunakan metode Bina Marga 2017 dan program KENPAVE. Hasil penelitian didapatkan nilai kondisi pada perkerasan lentur pada ruas Jalan Gito Gati tergolong pada kondisi baik (*good*) dengan nilai PCI sebesar 57,23 dengan nilai tertinggi sebesar 89 pada kondisi sempurna dan nilai terendah sebesar 21 pada kondisi sangat buruk. Sehingga memerlukan tebal lapis tambahan (*overlay*) sebesar 4 cm untuk lapis AC-WC dan 6 cm untuk lapis AC-BC. Dan didapatkan nilai tegangan dan regangan berdasarkan lapis perkerasan eksisting untuk kerusakan *fatigue cracking* sebesar 0,0006128 dengan nilai repitisi beban 2.083.479 ESAL, regangan penyebab kerusakan *rutting* sebesar 0,0002276 dengan nilai repitisi beban 26.216.376 ESAL dan regangan kerusakan *permanent deformation* sebesar 0,0001378 dengan nilai repitisi beban 246.995.277 ESAL. Nilai tegangan dan regangan berdasarkan lapis

tambahan diperoleh untuk kerusakan *fatigue cracking* sebesar 0,00007786 dengan nilai repitisi beban 6.792.383.291 ESAL, regangan penyebab kerusakan *rutting* sebesar 0,0001297 dengan nilai repitisi beban 323.810.523 ESAL dan regangan kerusakan *permanent deformation* sebesar 0,0001117 dengan nilai repitisi beban 631.444.184 ESAL. Dan didapatkan nilai sisa umur rencana hingga tahun ke-6, sedangkan untuk analisis berdasarkan perkerasan *overlay* dapat mengakomodasi beban hingga tahun ke-20. Sedangkan berdasarkan metode Bina Marga diperoleh nilai sisa umur untuk perkerasan lapis eksisting pada tahun ke-3 (2020) adalah 89,02%, sedangkan untuk perkerasan lapis overlay pada tahun ke-2 (2020) adalah 92,80%.

Penelitian yang dilakukan Kurniawan dan Hadi (2024) yang berjudul "*Kolaborasi Metode Empiris dan Mekanistik-Empiris Guna Identifikasi dan Evaluasi Kinerja Perkerasan Jalan"* dengan tujuan Mengetahui kondisi perkerasan jalan berdasarkan kerusakan jalan dan alternatif perbaikannya, mengetahui respon regangan-tegangan yang terjadi akibat beban lalulintas dan memprediksi sisa umur/masa layanan yang tersedia dari Ruas Jalan Yogyakarta-Pulowatu pada Sta. 7+000 – 8+000, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Dari hasil penelitian yang dilakuakan di dapatkan nilai PCI 31,68 dan tergolong kondisi *(very poor)*, dan saran perbaikan yang harus dilakukan *major maintenance* dengan metode perbaikan *asphalt cement overlay, hot in-plave recycling*, dan *reconstruction*. Sedangkan didapatkan nilai SDI sebesar 267,25 (rusak berat) dengan saran perbaikannya dengan rehabilitasi jalan dan pelapisan ulang jalan (*overlay*). Pada metode mekanistik empirik memasuki umur ke 1 perkerasan jalan eksisting sudah mengalami kerusakan *Nr dan Nd*, dan ketika memasuki umur ke 7 dari umur rencana perkerasan jalan mengalami kerusakan *Nf*. Sehinggan diperlukan lapisan tambahan (*overlay*) digunakan desain 3B pada kriteria FFF6 sebagai desain alternatif yang disarankan. Sehingga umur pelayanan dari perkerasan alternatif pada kerusakan *Nf* selama 38 tahun, kerusakan *Nr* selama 28 tahun, dan *Nd* selama 20 tahun

Penelitian yang dilakukan Dwiputra, dkk (2021) yang berjudul "*Prediksi Sisa Umur Perkerasan Lentur Dengan Metode Mekanistik-Empirik Ruas Jalan*

Prof. Dr. Wirjono Prodjodikoro, Yogyakarta" dengan tujaun penelitian untuk mendapat nilai repetisi beban retak lelah (Nf), repetisi beban retak alur (Nd) dan nilai repetisi beban rencana (Nr). Dan didapatkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai repetisi beban sebagai berikut, nilai Nf untuk kerusakan *fatigue craking* sebesar 147.165.814 ESAL sehingga mampu bertahan sampai tahun ke-36, nilai Nd untuk kerusakan rutting sebesar 38.286.385 ESAL sehingga perkerasan jalan mampu bertahan sampai tahun ke-17 dan nilai Nd untuk kerusakan deformation sebesar 13.444.693 ESAL sehingga perkerasan jalan mampu bertahan sampai tahun ke-8.

Berikut adalah rekapitulasi persamaan dan perbedaan penelitian berdasarkan tinjauan dengan penelitian terdahulu yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Lokasi Penelitian	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian
Assrullah (2019)	Evaluasi Kondisi Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI) Pada Ruas Jalan Sako Baru Kecamatan Sako Palembang	PCI (*Pavement Condition Index*)	Ruas Jalan Sako Baru Kecamatan Sako Palembang	Sama sama mengunakan metode PCI (*Pavement Condition Index*) untuk mengetahui tingkat kerusakan dan jenis jenis kerusakan.	- Lokasi Penelitian - Penambahan metode dalam penelitian
Rachman dan Sari (2020)	Analisis Kerusakan Jalan Dengan Menggunakan Metode PCI Dan Strategi Penanganannya (Studi Kasus Jalan Nasional Srijaya Raya Palembang Km 8+149 Sd Km9+149)	*Pavement Condition Index* (PCI)	Jalan Nasional Srijaya Raya Palembang Km 8+149 Sd Km9+149	Sama sama mengunakan metode PCI (*Pavement Condition Index*) untuk mengetahui tingkat kerusakan dan cara penangananya.	- Lokasi Penelitian - Penambahan metode dalam penelitian
Fatikasari (2021)	Analisa Tingkat Kerusakan Jalan Menggunakan Metode PCI Untuk Mengevaluasi Kondisi Jalan di Raya Cangkring, Kecamatan Krembung, Kabupaten Sidoarjo	*Pavement Condition Index* (PCI)	Jalan Raya Cangkring, Kecamatan Krembung, Kabupaten Sidoarjo	Sama sama mengunakan metode PCI (*Pavement Condition Index*) untuk mengetahui tingkat kerusakan dan cara penangananya.	- Lokasi Penelitian - Penambahan metode dalam penelitian

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Lokasi Penelitian	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian
Sodiq (2021)	Evaluasi Kondisi Perkerasan dengan Metode *Pavement Condition Index* (PCI) dan Nilai Sisa dengan Metode *Mekanistik-Empirik* pada Jalan Gito Gati	*Pavement Condition Index* (PCI), Bina Marga 2017, dan Program KENPAVE	Jalan Gito Gati, Sleman	Metode yang digunakan sama	Lokasi penelitian
Kurniawan dan Hadi (2024)	Kolaborasi Metode Empiris dan Mekanistik-Empiris Guna Identifikasi dan Evaluasi Kinerja Perkerasan Jalan	Metode *Pavement Condition Index*, Metode SDI dan Metode *Mekanistik – Empirik*	Jalan Yogyakarta-Pulowatu pada Sta. 7+000 – 8+000, Kabupaten Sleman, Yogyakarta	Metode penelitian yang digunakan sama	Lokasi penelitian Penambahan Metode Penelitian
Dwiputra, dkk (2021)	Prediksi Sisa Umur Perkerasan Lentur Dengan Metode Mekanistik-Empirik Ruas Jalan Prof. Dr. Wirjono Prodjodikoro, Yogyakarta	Metode Bina Marga dan Metode *Mekanistik – Empirik*	Ruas Jalan Prof. Dr. Wirjono Prodjodikoro, Yogyakarta	Metode penelitian yang digunakan sama	Penambahan metode penelitian
Peneliti (2024)	Analisis Tingkat Kerusakan Perkerasan Lentur Mengunakan Metode PCI dan Mekanistik – Empirik pada Jalan Boja - Darupono Sta. 10+200 – Sta. 11+500	Metode *Pavement Condition Index*, Bina Marga dan Metode *Mekanistik – Empirik*	Jalan Boja-Darupono Sta. 10+200 – Sta. 11+500		

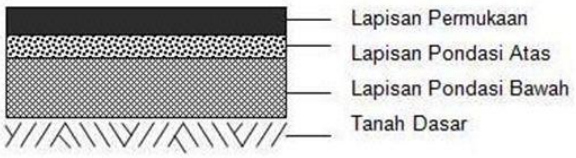
Sumber : Assrullah (2019), Rachman dan Sari (2020), Fatikasari (2020), Sodiq (2021), Kurniawan dan Hadi (2024), Dwiputra, dkk (2021)

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Lentur

Perkerasan jalan merupakan struktur yang diletakkan pada tanah dasar, yang memisahkan antara ban kendaraan dengan tanah dasar yang berada di bawahnya, Hardiyatmo (2015). Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) sering digunakan di Indonesia dikarenakan perilakunya yang ikut lentur (*terdefleksi*) ketika menerima beban lalu lintas. Perkerasan lentur menggunakan bahan ikat aspal yang bersifat *viskoelastis* dan memiliki *fleksibilitas* dibandingkan bahan ikat semen.

Menurut Hardiyatmo (2015) perkerasan lentur terdiri dari tiga lapisan utama, yaitu lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi (*base course*), lapis pondasi bawah (*subbase course*). Berikut ini susunan elemen perkerasan lentur dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1 Susunan Lapis Perkerasan Lentur

(Sumber: Hardiyatmo, 2015)

Menurut Sukirman (1999) fungsi lapisan perkerasan, khususnya pada perkerasan lentur, adalah sebagai berikut.

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)
    a. Menyediakan permukaan yang rata dan tidak licin,
    b. Menunjang dan menyebarkan beban vertikal dan horizontal,
    c. Lapisan kedap air untuk perlindungan beban jalan, dan
    d. Lapisan aus yang berfungsi untuk melindungi perkerasan dari pengaruh air, memberikan permukaan yang halus dan kesat.

2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)
    a. Merupakan lapisan pendukung untuk lapis permukaan,
    b. Sebagai penahan beban horizontal dan vertical, dan
    c. Sebagai lapisan pondasi bagi lapis pondasi bawah.
3. Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)
    a. Untuk mendistribusikan beban roda,
    b. Sebagai lapisan resapan,
    c. Sebagai lapisan yang mencegah masuknya tanah dasar ke dalam lapisan pondasi, dan
    d. Sebagai lapisan pertama pada pembuatan struktur perkerasan jalan.
4. Tanah Dasar (*Subgrade*)

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

3.2 Evaluasi Kondisi Kerusakan Perkerasan Lentur

Evaluasi kondisi perkerasan jalan baik secara geometri maupun struktural merupakan salah satu tahap awal yang penting dalam perencanaan progam perbaikan serta pemeliharaan suatu perkerasan karana akan menentukan manfaat yang didapatkan dari melakukan perbaikan jalan. Kegiatan evaluasi kondisi perkerasan jalan dapat bermanfaat untuk membagikan informasi inventaris secara berkelanjutan, sehingga masalah-masalah dapat terdeteksi, dan dapat menentukan langkah-langkah perbaikan yang memadai secara efisien serta efektif.

Sehingga dapat memastikan apakah kondisi perkerasan pada saat sekarang ataupun dimasa datang, perkerasan masih dalam keadaan baik maupun tidak , maka kondisi permukaan, kemampuan struktur serta *geometri* butuh dievaluasi. Apabila pertimbangan dibuat untuk perbaikan suatu perkerasan, sehingga dapat dilakaukan perbaikan yang sangat ekonomis dapat dirancang dan setelah itu dapat dilaksanakan. Kegiatan evaluasi dapat dilakukan dengan *inspeksi* lapangan yang diikuti dengan pengambilan foto untuk pencatatan serta *inventaris* kondisi permukaan. Kemampuan struktural perkerasan dapat dievaluasi dengan

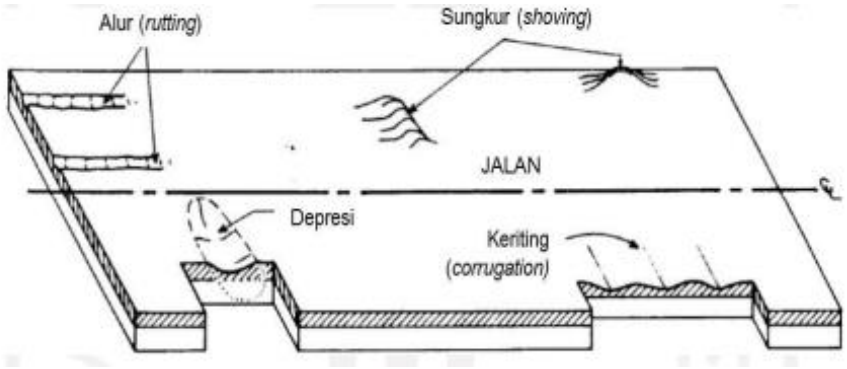
mempelajari kondisi permukaan serta komponen perkerasan. Evaluasi kondisi perkerasan adalah kumpulan dari berbagai tipe kerusakan, tingkat keparahan kerusakan, lokasi kerusakan dan luas penyebaran kerusakan.

3.3 Jenis Kerusakan Jalan pada Perkerasan Lentur

Kerusakan perkerasan jalan dapat dilihat dari kerusakan fungsional dan struktural. Penyebab kerusakan fungsional adalah kerusakan yang terjadi pada permukaan jalan yang dapat mengakibatkan gangguan pada fungsi jalan. Sedangkan kerusakan struktural adalah kerusakan yang terjadi pada struktur jalan, pada sebagian atau seluruh badan jalan yang dapat mengakibatkan perkerasan jalan tidak mampu lagi menahan beban lalu lintas di atasnya. Menurut Shahin (1994) jenis-jenis kerusakan jalan pada perkerasan lentur dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

3.3.1 Deformasi (*Deformation*)

Deformasi yaitu berubahnya bentuk permukaan jalan akibat tanah dasar yang lemah, pemadatan yang tidak memadai pada lapisan pondasi, sehingga terjadi peningkatan pemadatan akibat beban lalu lintas. Berikut ini merupakan macam macam deformasi yang dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kerusakan Deformasi

(Sumber: Hardiyatmo, 2015)

1. Rutting (*Channeling*)

   Alur (*Ruts*), yang terjadi pada lintasan roda sejajar dengan as jalan. Alur dapat menjadi tempat menggenangnya air hujan yang jatuh di atas permukaan jalan, mengurangi tingkat kenyamanan, dan akhirnya dapat timbul retakan pada

permukaan jalan. Berikut ini parameter nilai kerusakan alur dan metode perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3. 1 Tingkat Kerusakan Rutting (*Channeling*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk Perbaikan
L	Kedalaman alur rata-rata ¼-½ in (6-13 mm)	Tidak perlu perbaikan, pelapisan tambahan
M	Kedalaman alur rata-rata ½-1 in (13-25,5 mm)	Penambalan dangkal, sebagian atau seluruh kedalaman, pelapisan tambahan
H	Kedalaman alur rata-rata > 1 in (>25,4 mm)	Penambalan dangkal, sebagian atau seluruh kedalaman, pelapisan tambahan

Sumber: Shahin (1994)

2. Keriting (*Corrugation*)

   Keriting (*Corrugation)*, alur yang terjadi di bagian melintang jalan. Hal ini disebabkan oleh penurunan stabilitas campuran yang disebabkan oleh kandungan aspal yang berlebihan, penggunaan agregat halus dan agregat bulat yang berlebihan, dan permeabilitas permukaan yang tinggi. dan permukaan penetrasi yang tinggi. Berikut ini parameter nilai kerusakan keriting dan metode perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Tingkat Kerusakan Keriting (*Corrugation*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk Perbaikan
L	Keriting mengakibatkan kenyamanan kendaraan sedikit terganggu	Belum perlu diperbaiki
M	Keriting mengakibatkan kenyamanan kendaraan terganggu	Rekonstruksi
H	Keriting mengakibatkan kenyamanan kendaraan sangat terganggu	Rekonstruksi

Sumber: Shahin (1994)

3. Sungkur (*Shoving*)

   Sungkur (*Shoving*), deformasi plastis yang terjadi secara lokal, tempat kendaraan sering berhenti, tanjakan terjal dan belokan tajam . Kerusakan dapat terjadi, dengan/tanpa retakan. Berikut ini parameter nilai kerusakan sungkur dan metode perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Tingkat Kerusakan Sungkur (*Shoving*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk Perbaikan
L	Mengakibatkan kenyamanan kendaraan sedikit terganggu	Belum perlu diperbaiki, lapisan tambahan
M	Mengakibatkan kenyamanan kendaraan terganggu	Penambalan parsial atau di seluruh kedalaman
H	Mengakibatkan kenyamanan kendaraan sangat terganggu	Penambalan parsial atau di seluruh kedalaman

Sumber: Shahin (1994)

4. Amblas (*Grade Depressions*)

   Amblas (*Grade Depressions*), terjadi secara setempat, dengan atau pun tanpa retakan. Amblas dapat dideteksi melalui adanya air yang menggenang. Genangan air ini merembes ke dalam lapisan perkerasan dan menyebabkan terjadinya lubang. Penyebab amblas adalah penurunan permukaan jalan karena kelebihan beban kendaraan , penerapan yang buruk atau penurunan permukaan jalan. Berikut ini parameter nilai kerusakan amblas dan metode perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Tingkat Kerusakan Amblas (*Grade Depressions*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk Perbaikan
L	Kedalaman maksimum amblas ½-1 in	Belum perlu diperbaiki
M	Kedalaman maksimum amblas 1-2 in (12-51 mm)	Penambalan dangkal, parsial atau seluruh kedalaman
H	Kedalaman maksimum amblas >2 in (51mm)	Penambalan dangkal, parsial atau seluruh kedalaman

Sumber: Shahin (1994)

5. Mengembang (*Swell*)

   Mengembang merupakan suatu gerakan ke atas lokal dari perkerasan akibat pengembang (atau pembekuan air) dari tanah dasar atau dari bagian struktur perkerasan. Perkerasan yang naik akibat tanah dasar yang mengembang dapat mengakibatkan retaknya permukaan aspal. Berikut ini parameter nilai kerusakan mengembang dan metode perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut ini.

Tabel 3.5 Tingkat Kerusakan Mengembang

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk Perbaikan
L	Pengembangan mengakibatkan sedikit ketidaknyamanan pada kenyamanan berkendara. Kerusakan ini tidak mudah dilihat, namun dapat dideteksi dengan mengemudi secara cepat. Gerakan ke atas terjadi saat ada pengembangan	Belum perlu diperbaiki
M	Pengembangan mengakibatkan kenyamanan kendaraan terganggu	Belum perlu diperbaiki
H	Pengembangan mengakibatkan kenyamanan kendaraan terganggu	Rekonstruksi

Sumber: Shahin (1994)

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

   Benjol merupakan gerakan atau perpindahan ke atas, bersifat lokal dan kecil, dari permukaan perkerasan aspal, Penurunan adalah pergerakan yang terlihat dari permukaan perkerasan aspal di bawah jalan. Berikut ini parameter nilai kerusakan benjol dan turun dan metode perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut ini.

Tabel 3.6 Tingkat Kerusakan Benjol dan Turun (*Bump and Sags*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk Perbaikan
L	Benjol dan melengkung mengakibatkan sedikit gangguan kenyamanan berkendara	Belum perlu diperbaiki
M	Benjol dan melengkung agak banyak mengganggguan kenyamanan kendaraan	Cold mill; penambalan dangkal, parsial atau di seluruh kedalaman
H	Benjol dan melengkung menyebabkan banyak gangguan kenyamanan kendaraan	Cold mill; penambalan dangkal, parsial atau di seluruh kedalaman; lapisan tambahan

Sumber: Shahin (1994)

3.3.2 Retak (*Crack*)

Retak (*Crack*) memiliki berbagai bentuk yang diakibatkan beberapa faktor dan melibatkan berbagai mekanisme yang kompleks. Retak yang terjadi di dalam perkerasan lentur dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut.



Gambar 3.3 Kerusakan Retak

(Sumber: Hardiyatmo, 2015)

1. Retak Memanjang (*Longitudinal Cracks*)

   Retak memanjang adalah retak yang terbentuk memanjang pada perkerasan, yang dapat terjadi pada baris tunggal atau paralel.

2. Retak Melintang (*Transverse Cracks*)

   Retak melintang adalah retak tunggal atau retak yang tidak terhubung dengan retak lain pada suatu perkerasan jalan. Retak melintang terjadi karena adanya penyusutan bahan pengikat pada lapisan pondasi dan tanah dasar, serta kegagalan struktural pada lapisan pondasi. Berikut ini parameter nilai kerusakan retak memanjang dan melintang dan metode perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut ini.

Tabel 3.7 Tingkat Kerusakan *Longitudinal & Transfersal Cracks*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk Perbaikan
L	Salah satu dari kondisi berikut ini akan terjadi:: 1. Retak yang tidak terisi, lebar < 3/8 inci (10 mm) 2. Retak terisi, lebar sembarang (pengisi kondisi baik)	Belum perlu diperbaiki; pengisi retakan (seal cracks) > 1/8 in
M	Salah satu dari kondisi berikut ini akan terjadi:: 1. Retak yang tidak terisi, lebar < 3/8 inci (10 mm) 2. Retak yang tidak terisi, sembarang lebar 3 in (76 mm) dikelilingi retak acak ringan\ 3. Retak terisi, sembarang lebar yang dikelilingi retak acak ringan.	Penutupan retakan
H	Salah satu dari kondisi berikut ini akan terjadi:: 1. Sembarang retak terisi atau tak terisi dikelilingi dengan retak acak,kerusakan sedang atau tinggi 2. Retak yang tidak terisi, lebih dari 3 in (76 mm) 3. Retak sembarang lebar dengan beberapa inci di sekitar retakan pecah.	Penutupan retakan, penambalan kedalaman parsial

Sumber: Shahin (1994)

3. Retak Diagonal (*Diagonal Cracks*)

   Retak diagonal adalah retakan yang tidak terhubung satu sama lain dan memiliki arah diagonal pada perkerasan. Retak ini dapat terjadi karena perbedaan penurunan antara timbunan atau galian..

4. Retak Berkelok-kelok (*Meandering*)

   Retak berkelok-kelok adalah retakan yang tidak terhubung, yang memiliki pola tidak beraturan dan arahnya bervariasi. Retak ini disebabkan oleh akar tanaman, dan pelunakan tanah di tepi perkerasan atau penurunan tanah di antara tanggul, galian, atau struktur.

5. Retak Blok (*Block Cracks*)

   Retak blok adalah retak yang membentuk blok-blok besar yang saling berhubungan, dengan luas antar blok 0,2-3 meter dan dapat membentuk sudut atau patahan yang tajam. Retak ini terjadi akibat perubahan volume atau penyusutan campuran aspal yang memiliki kadar agregat halus yang tinggi terhadap aspal penetrasi rendah maupun agregat penyerap. Berikut parameter nilai kerusakan retak blok dan cara perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Tingkat Kerusakan Retak Blok

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk Perbaikan
L	Blok didefinisikan oleh retakan dengan kerusakan rendah.	Penutupan retak (seal cracks) bila retak melebihi 3 mm
M	Blok didefinisikan oleh retakan kerusakan sedang.	Penutupan retak (seal cracks) mengembalikan permukaan; dikasarkan dengan pemanas dan lapis tambahan
H	Blok didefinisikan oleh retakan kerusakan tinggi.	Penutupan retak (seal cracks) mengembalikan permukaan; dikasarkan dengan pemanas dan lapis tambahan

Sumber: Shahin (1994)

6. Retak Kulit Buaya (*Aligator Cracks*)

   Retak kulit buaya merupakan retak yang memiliki lebar celah lebih besar atau sama dengan 3 mm. Saling merangkai membentuk serangkaian kotak-kotak kecil yang menyerupai kulit buaya. Retak ini disebabkan oleh bahan perkerasan yang kurang baik, pelapukan permukaan, tanah dasar atau bagian perkerasan di

bawah lapis permukaan kurang stabil, atau bahan lapis pondasi dalam keadaan jenuh air (air tanah naik). Berikut ini parameter nilai kerusakan retak kulit buaya dan metode untuk perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Tingkat Kerusakan Retak Kulit Buaya (*Aligator Cracks*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk Perbaikan
L	Kondisi halus, retak halus yang memanjang sejajar satu sama lain, dengan atau tanpa bersinggungan satu sama lain. Retakan tidak mengalami kehancuran	Belum perlu diperbaiki, penutup permukaan, lapisan tambahan (overlay)
M	Retak kulit buaya ringan terus berlanjut menjadi pola atau rangkaian retakan yang diikuti dengan pengelupasan ringan.	Penambalan parsial atau di seluruh kedalaman, lapisan tambahan dan rekonstruksi
H	Jaringan dan pola retakan terus berkembang, sehingga retakan dapat dengan mudah diidentifikasi dan dapat terjadi pengelupasan pada bagian tepinya. Beberapa retakan mengalami goyangan akibat lalu lintas,	Penambalan parsial atau di seluruh kedalaman, lapisan tambahan dan rekonstruksi

Sumber: Shahin (1994)

7. Retak Slip (*Slippage Cracks*)

   Retak slip atau retak bulan sabit, disebabkan oleh kurang baiknya ikatan antara lapis permukaan dan lapis di bawahnya. Berikut ini parameter nilai kerusakan retak slip dan metode perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.10 berikut ini.

Tabel 3. 10 Tingkat Kerusakan Retak Slip (*Slippage Cracks*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk Perbaikan
L	Lebar retak rata-rata <3/8 in. (10mm)	Belum perlu diperbaiki, penambalan parsial
M	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: 1. Lebar retak rata-rata 3/8-1,5 in. (10-38 mm) 2. Area di sekitar retakan pecah, kedalam pecahan-pecahan terikat	Penambalan parsial
H	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: 1. Retak tak terisi, lebar > 1/2 in. (>38 mm), 2. Area di sekitar retakan pecah, ke dalam pecahan-pecahan mudah terbongkar	Penambalan parsial

Sumber: Shahin (1994)

8. Retak Reflektif Sambungan (*Joint Reflective Crack*)

   Retak Reflektif Sambungan yaitu retakan memanjang, melintang, diagonal, atau berbentuk kotak. Retak ini terjadi pada lapisan ulang (*overlay)* yang merupakan cerminan dari pola retak di bawahnya. Retak refleksi disebabkan oleh retakan pada lapisan perkerasan lama yang mungkin tidak diperbaiki dengan baik sebelum pekerjaan pelapisan ulang (*overlay*) dilakukan..

9. Retak Pinggir (*Edge Crack*)

   Retak pinggir (*edge crack*), retakan memanjang, baik dengan maupun tanpa cabang yang menjalar ke bahu jalan dan terletak di dekat bahu jalan. Retakan ini disebabkan oleh dukungan lateral yang buruk, drainase yang buruk, penyusutan tanah, atau penurunan tanah di bawahnya. Berikut ini parameter nilai kerusakan retak pinggir dan metode perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.11 berikut ini.

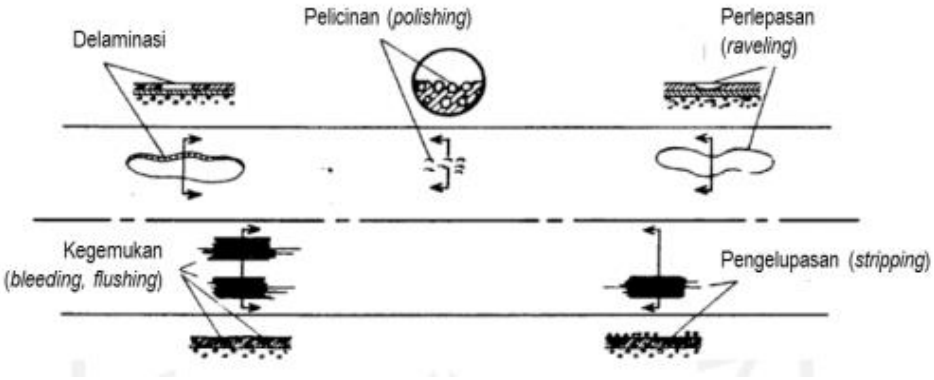
Tabel 3.11 Tingkat Kerusakan Retak Pinggir (*Edge Cracks*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk Perbaikan
L	Retak sedikit sampai sedang dengan tanpa pecahan atau butiran lepas.	Belum perlu diperbaiki
M	Retak sedang dengan beberapa pecahan dan butiran lepas.	Penutup retak; penambalan parsial
H	Banyak pecahan atau butiran lepas di sepanjang tepi perkerasan	Penambalan parsial

Sumber: Shahin (1994)

3.3.3 Kerusakan Tekstur Permukaan (*Disintegration*)

Disintegration merupakan kerusakan yang terjadi pada permukaan jalan yang mengalami hilangnya material perkerasan secara bertahap.. Kerusakan *disintegration* dapat dibedakan menjadi beberapa jenis dapat dilihat pada Gambar 3.4 sebagai berikut.



Gambar 34 Kerusakan Tekstur Permukaan

(Sumber: Hardiyatmo, 2015)

1. Pelepasan Butiran (*Raveling*)

   Pelepasan butiran merupakan pelepasan partikel agregat secara terus menerus, mulai dari permukaan perkerasan sampai ke bawah atau dari tepi ke dalam. Berikut ini parameter nilai kerusakan pelepasan butiran dan metode perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.12 berikut ini.

Tabel 3.12 Tingkat Kerusakan Pelepasan Butiran (*Raveling*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk Perbaikan
L	Agregat atau pengikat mulai lepas. Di beberapa tempat, permukaannya berlubang. Jika ada tumpahan oli, maka akan terlihat, tetapi permukaannya keras, tidak dapat ditembus oleh koin.	Belum perlu diperbaiki, penutup permukaan, perawatan permukaan
M	Agregat atau pengikatnya terlepas. Tekstur permukaannya sedikit kasar dan berlubang-lubang. Jika ada tumpahan oli, permukaannya lunak, dan dapat ditembus oleh koin logam.	Belum perlu diperbaiki, perawatan permukaan, lapisan tambahan
H	Aggregat atau pengikat telah banyak lepas. Tekstur permukaan sangat kasar dan mengakibatkan banyak lobang. Diameter luasan lubang <4 in (10 mm) dan kedalaman ½ in (13 mm). Luas lubang lebih besar dari ukuran ini, dihitung sebagai kerusakan lubang (photoles). Jika ada tumpaham oli permukaannya lunak, pengikat aspal telah hilang ikatannya sehingga aggregat menjadi longgar	Penutup permukaan, lapisan tambahan, recycle, rekonstruksi

Sumber: Shahin (1994)

2. Kegemukan (*Bleeding*)

   Bleeding adalah kondisi dimana aspal berpindah ke atas permukaan jalan. Penyebab *bleeding* pada jalan adalah kelebihan aspal pada campuran bisa dari salah mix design atau saat produksinya, kelebihan takaran pada penyemprotan chip seal, rendahnya kadar pori pada campuran. Berikut ini parameter nilai kerusakan kegemukan dan metode perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.13 berikut ini.

Tabel 3.13 Tingkat Kerusakan Pelepasan Kegemukan (*Bleeding*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk Perbaikan
L	Kegemukan terjadi hanya pada derajat rendah dan nampak hanya beberapa hari dalam setahun. Aspal tidak melekat pada sepatu atau roda kendaraan.	Belum perlu diperbaiki
M	Kegemukan telah mengakibatkan aspal melekat pada roda kendaraan paling tidak beberapa minggu dalam setahun.	Tambahkan pasir/aggregat dan padatkan
H	Kegemukan telah begitu nyata dan banyak aspal melekat pada roda kendaraan paling tidak lebih dari beberapa minggu dalam setahun.	Tambahkan pasir/aggregat dan padatkan

Sumber: Shahin (1994)

3. Agregat Licin (*Polished Aggregate*)

   Agregat licin adalah licinnya permukaan bagian atas perkerasan, akibat ausnya agregat di permukaan. Penyebab kerusakan agregat licin adalah pengerusan lalu lintas yang berulang, umur perkerasan yang menyebabkan butiran bersudut menjadi licin. Berikut ini parameter nilai kerusakan agrgat licin dan metode perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.14 berikut ini.

Tabel 3.14 Tingkat Kerusakan Agregat Licin (*Polished Aggregate*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk Perbaikan
	Tidak ada definisi derajat kerusakan. Tetapi, derajat kelicinan harus Nampak signifikan, sebelum dilibatkan dalam survei kondisi dan dinilai sebagai kerusakan.	Belum perlu diperbaiki; perawatan permukaan, mill dan lapisan tambahan

Sumber: Shahin (1994)

4. Lubang (*Potholes*)

Lubang adalah lekukkan permukaan perkerasan akibat hilangnya lapisan aus dan material lapis pondasi (*base*). Penyebab terjadinya lubang pada jalan adalah kegagalan konstrksi jalan, jalan yang tergenang, drainase yang buruk dan kesalahanpada saat perencanaan. Berikut ini parameter nilai kerusakan lubang dan metode perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.15 berikut ini.

Tabel 3.15 Tingkat Kerusakan Agregat Licin (*Polished Aggregate*)

Kedalaman Maks Lubang (inc)	Diameter Lubang Rerata (inc)		
	4-8	8-18	18-30
½ -1	L	L	M
1-2	L	M	H
>2	M	M	H

Sumber: Shahin (1994)

dengan:

L (*Low*) = Belum perlu diperbaiki, penambalan parsial atau di seluruh kedalaman,

M (*Medium*) = Penambalan parsial atau di seluruh kedalaman, dan

H (*High*) = Penambalan di seluruh kedalaman.

3.3.4 Tambalan dan Tambalan Galian Utilitas (*Patching and Utility Cut Patching*)

Tambalan (*patch*) merupakan sesuatu yang menutupi bagian jalan yang rusak.. Tambalan dapat dianggap kerusakan apabila kenyamanan kendaraan (kerusakan fungsional) atau jika terjadi kerusakan pada struktur jalan. Kerusakan pada tambalan dapat terjadi akibat permukaan tambalan yang tidak rata dibandingkan dengan permukaan jalan sebelumnya, hal ini mungkin disebabkan oleh kurangnya kompresi pada saat penambalan. Parameter nilai kerusakan tambalan dan metode perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.16 berikut.

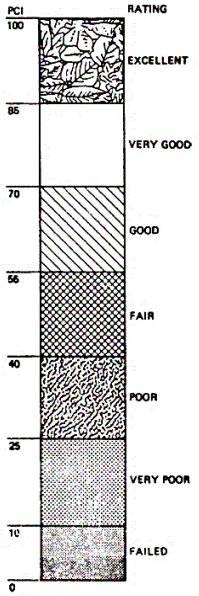
Tabel 3.16 Tingkat Kerusakan Pelepasan Kegemukan (*Bleeding*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk Perbaikan
L	Tambalan dalam kondisi baik dan memuaskan. Kenyamanan kendaraan dinilai terganggu sedikit atau lebih baik	Belum perlu diperbaiki
M	Tambalan sedikit rusak dan atau kenyamanan kendaraan agak terganggu	Belum perlu diperbaiki, tambalan dibongkar
H	Tambalan sangat rusak dan atau kenyamanan kendaraan sangat terganggu	Tambalan dibongkar

Sumber: Shahin (1994)

3.4 Metode PCI (*Pavement Condition Index*)

Metode PCI (*Pavement Condition Index*) merupakan suatu metode untuk mengetahui kondisi permukaan perkerasan dan hasil pengukurannya dari sudut pandang fungsi kegunaan yang merepresentasikan kondisi dan kerusakan permukaan perkerasan. PCI adalah indeks numerik yang nilai berkisar 0 hingga 100. Nilai 0 menunjukkan kondisi perkerasan rusak dan nilai 100 menunjukkan kondisi perkerasan masih baik. Gambar 3.5 menunjukkan hubungan antara nilai PCI dengan perkerasan lentur.



Gambar 3.5 Hubungan Nilai PCI Dan Kondisi Perkerasan Lentur

(Sumber: Hardiyatmo, 2007)

Dalam metode PCI teridentifikasi 3 faktor utama yaitu tipe kerusakan, tingkat keparahan kerusakan, dan jumlah atau kerapatan kerusakan. Berikut ini adalah istilah istilah perlindunagan dalam metode PCI.

1. Kerapatan (*Density*)

   Kerapatan (*density*) merupakan presentase luasan atau panjang total dari suatu jenis kerusakan terhadap luas atau panjang total setiap segmen yang telah diukur. Dengan demikian kerapatan kerusakan dapat dinyatakan pada Persamaan 3.1 dan 3.2 sebagai berikut.

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

   Atau

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

   dengan,

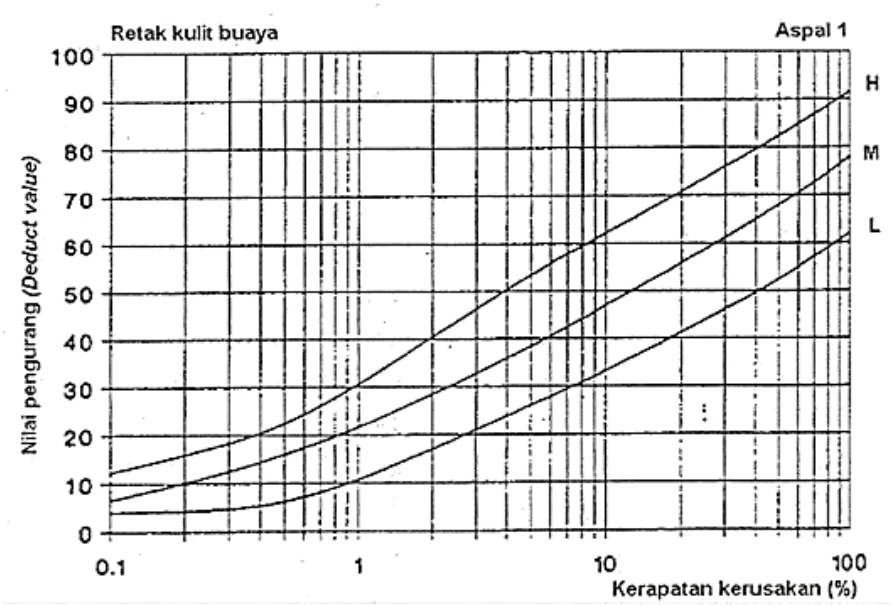
   A_d = Luas total dari suatu jenis kerusakan (m^2)

   L_d = Panjang total jenis perkerasan untuk tiap tingkat kerapatan (m)

   A_s = Luas total segmen (m^2)

2. Nilai Pengurang, *Deduct Value* (DV)

   Nilai pengurang, *deduct value* (DV) merupakan suatu nilai pengurangan setiap jenis kerusakan yang diperoleh dari kurva antara hubungan kerapatan (*density*) dan tingkat keparahan (*severity level*). Nilai DV dapat dilihat pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut ini.



Gambar 3.6 Kurva Nilai Pengurangan (*Deduct Value*) untuk Retak Kulit Buaya *Aligator Cracks*

(Sumber: Shahin, 1994)

3. Nilai Pengurangan Ijin Maksimum (m)

   Nilai pengurangan ijin maksimum yang diperbolehkan digunakan untuk menentukan jumlah data *deduct value* yang dapat digunakan dan mempengaruhi penentuan nilai q. Nilai pengurangan ijin maksimum yang diperbolehkan dapat dihitung mengunakan Persamaan 3.3 dan 3.4 sebagai berikut.

   Untuk perkerasan permukaan jalan

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

   Untuk perkerasan lapangan terbang

$$m_i = 1 + \left(\frac{9}{95}\right)(100 - HDV_i) \quad (3.4)$$

   dengan,

   m_i = nilai pengurangan ijin maksiummu untuk sampel

HDV_i = *deduct value* tertinggi untuk sampel

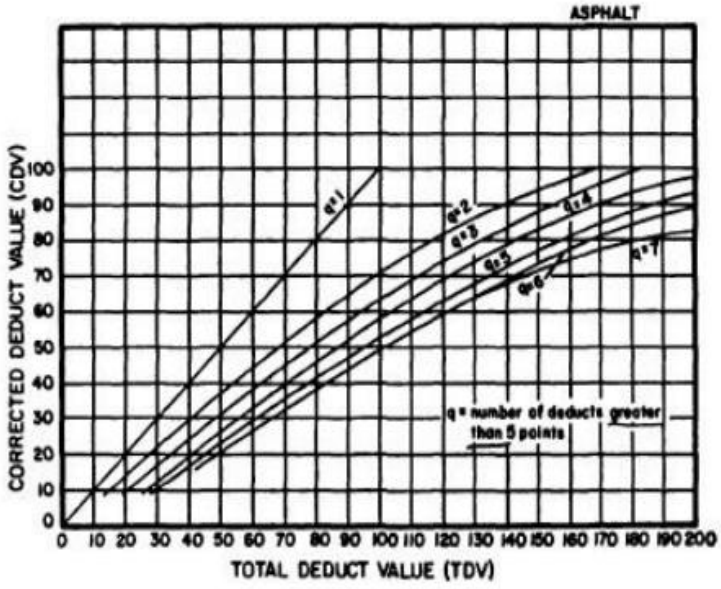
Dari perhitungan yang telah dilakukan apabila nilai m yang didapatkan lebih besar daripada nilai *deduct value* , maka seluruh nilai *deduct value* digunakan dalam hitungan selanjutnya. Dan apabila nilai m lebih kecil dari nilai *deduct value* maka nilai *deduct value* yang digunakan sejumlah m.

4. Nilai Pengurang Total, *Total Deduct Value* (TDF)

   Nilai pengurang total, *total deduct value* (TDF) merupakan jumlah total dari pengurangan *deduct value* dari masing masing sample. Nilai *deduct value* yang digunakan harus memenuhi nilai pengurangan ijin maksimum yang telah ditentukan.

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

   Nilai pengurang terkoreksi, *corrected deduct value* (CDV) merupaka nilai yang diperoleh dari kurva hubungan antara nilai pengurangan total (TDV) dan nilai pengurangan (DV) dangan memilih kurva yang sesuai. Apabila nilai CDV yang diperoleh lebih kecil dari nilai pengurangan tertinggi, *highest deduct value* (HDV), maka nilai CDV yang digunakan adalah nilai penguranagan individual yang tertinggi. Nilai CDV dapat dicari mengunakan grafik pada Gambar 3.7 berikut ini.



Gambar 3.7 Kurva Nilai Pengurang Terkoreksi (CDV)

(Sumber: Shahin, 1994)

6. Nilai *Pavement Condition Index* (PCI)

   Setelah nilai CDV diperoleh maka dapat dilakukan perhitungan nilai PCI untuk setiap unit sample dengan mengunakan Persamaan 3.5 sebagai berikut.

$$PCI_s = 100 - \text{CDV} \tag{3.5}$$

   dengan,

   PCI_s = nilai PCI untuk setiap unit sampel

   CDV = nilai CDV dari setiap unit sampel

   Dan untuk nilai PCI secara keseluruhan pada ruas jalan tertentu dapat dihitung mengunakn Persamaan 3.6 sebagai berikut.

$$PCI_f = \Sigma \frac{PCI_S}{N} \tag{3.6}$$

   dengan,

   PCI_f = nilai PCI rata rata dari seluruh area penelitian

   PCI_s = nilai PCI untuk setiap unit sampel

   N = jumlah unit sampel

7. Rating

   Nilai PCI yang diperoleh digunakan untuk melakukan penilaian kondisi perkerasan. Yang mengacu pada kondisi perkerasan yang disaran kan oleh Shahin (1994). Untuk menentukan kondisi perkerasan dapat dilihat pada Tabel 3.17 sebagai berikut.

Tabel 3.17 ***Rating Pavement Condition Index***

Nilai PCI	***Rating***
0-10	Gagal (*failed*)
11-25	Sangat buruk (*very poor*)
26-40	Buruk (*poor*)
41-55	Sedang (*fair*)
56-70	Baik (*good*)

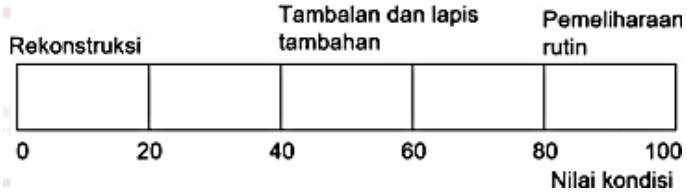
Lanjutan Tabel 3.17 *Rating Pavement Condition Index*

Nilai PCI	*Rating*
71-85	Sangat baik (*very good*)
86-100	Sempurna (*excellent*)

Sumber: Shahin (1994)

8. Penanganan Perbaikan

Berdasarkan Nilai PCI yang memberikan hasil nilai kerusakan jalan, maka diperlukan penanganan perbaikan yang harus dilakukan dimana nilai kondisi antara 80 hingga 100 hanya dibutuhkan operasi pemeliharaan normal, apabila nilai kondisi di bawah 80 maka diperlukan pelapisan tambahan (*Overlay*). Dan jika didapatkan nilai kondisi di bawah 30 maka dibutuhkan pembangunan kembali (*rekonstruksi*). Nilai kondisi perkerasan sebagai indikator tipe pemeliharaan dapat dilihat pada Gambar 3.8 berikut ini.



Gambar 3.8 Nilai Kondisi Sebagai Indikator Tipe Pemeliharaan

(Sumber: Shahin, 1994)

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

3.5 Analisis Tebal *Overlay* Dengan Metode Bina Marga 1987

Untuk perhitungan pelapisan tambahan (*overlay*), kondisi perkerasan jalan lama (*exisiting pavement*) dapat di nilai kondisi perkererasan tersebut sesuai daftar berikut.

1. Lapisan Permukaan:
   a. Umumnya tidak retak, hanya sedikit deformasi pada jalur roda 90-100%

b.	Rerlihat retak halus, sedikit deformasi pada jalur roda namun masih tetap stabil	70-90%
c.	Retak sedang, beberapa deformasi pada jalur roda, pada dasarnya masih menunjukan kestabilan	50-70%
d.	Retak banyak, demikian juga deformasi pada jalur roda, meunjukan gejala ketidakstabilan	30-50%

2. Lapisan Pondasi :

a.	Pondasi Aspal Beton atau Penetrasi,umumnya tidak retak	90-100%
	Terlihat retak halus, namun masih tetap stabil.	70-90%
	Retak sedang, pada dasarnya masih menujukkan kestabilan	50-70%
b.	Stabilisasi tanah dengan semen atau kapur. Indek plastisitas (*Plasticity Index* = PI) ≤ 10.	70-100%
c.	Pondasi Macadam atau Batu Pecah. Indek Plastisitas (*Plasticity Index* = PI) ≤ 6.	80 – 100%

3. Lapis Pondasi Bawah :

a.	Indek plastisitas (*Plasticity Index* = PI) ≤ 6	90 – 100%
b.	Indek plastisitas (*Plasticity Index* = PI) > 6	70 – 90 %

Ada faktor yang memepengaruhi perhitungan tebal lapis perkerasan lentur jalan menurut pedoman perencanaan baik untuk jalan baru maupun jalan lama dengan metode analisa komponen no. 01/PD/B/1987, Dirjen Bina Marga.

3.5.1 Menentukan Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Berikut ini parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan penambahan perkerasan lentur jalan.

1. Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

   Berikut ini merupakan tabel koefisien distribusi kendaraan (C) sesuai dengan petunjuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan Metode Analisis Komponen (SKBI – 2.3.26.1987), dapat dilihat pada Tabel 3.18.

Tabel 3. 18 Koefisien Distribusi Arah Kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan*		Kendaraan Berat**	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1 lajur	1.00	1.00	1.00	1.00
2 lajur	0.60	0.50	0.70	0.50
3 lajur	0.40	0.40	0.50	0.475
4 lajur	-	0.30	-	0.45
5 lajur	-	0.25	-	0.425
6 lajur	-	0.20	-	0.40

Sumber : Bina Marga (1987)

2. Angka Ekivalen Sumbu Kendaraan (E)

Angka ekivalen (E) dari suatu beban sumbu kendaraan adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkan kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal kendaraan seberat 8,16 ton (18.000 lb). Angka ekivaelen (E) masing – masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) yang ditentukan oleh Dirjen Bina Marga 1987 dapat dilihat pada Tabel 3.19 dibawah ini.

Tabel 3. 19 Angka Ekivalen Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1.000	2.205	0,0002	-
2.000	4.409	0,0036	0,0003
3.000	6.614	0,0183	0,0016
4.000	8.818	0,0577	0,0050
5.000	11.023	0,1410	0,0121
6.000	13.228	0,2923	0,0251
7.000	15.432	0,5415	0,0466
8.000	17.637	0,9238	0,0794
8.160	18.000	1,000	0,0860
9.000	19.841	1,4798	0,1273
10.000	22.046	2,2555	0,1940
11.000	24.351	3,3022	0,2840
12.000	26.455	4,6770	0,4022
13.000	28.660	6,4419	0,5540
14.000	30.864	8,6647	0,7452
15.000	33.069	11,4184	0,9820
16.000	35.376	14,7815	1,2712

Sumber : Bina Marga (1987)

3. Lintas Ekivalen

a. Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)

Dapat dihitung dengan Persamaan 3.7 berikut.

$$LEP = \Sigma\ LHRj \times Cj \times Ej \quad (3.7)$$

dengan,

Cj = koefisien distribusi arah

j = masing masing jenis kendaraan

b. Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

Dapat dihitung dengan Persamaan 3.8 berikut.

$$LEA = \Sigma\ LHRj\ (1+i)^{UR} \times Cj \times Ej \quad (3.8)$$

dengan,

i = tingkat pertumbuhan lalu lintas (%)

j = masing masing jenis kendaraan

UR = umur rencana

c. Lintas Ekivalen Tengah (LET)

Dapat dihitung dengan Persamaan 3.9 berikut.

$$LET = \frac{LEP+LEA}{2} \quad (3.9)$$

d. Lintas Ekivalen Rencana (LER)

Dapat dihitung dengan Persamaan 3.10 berikut.

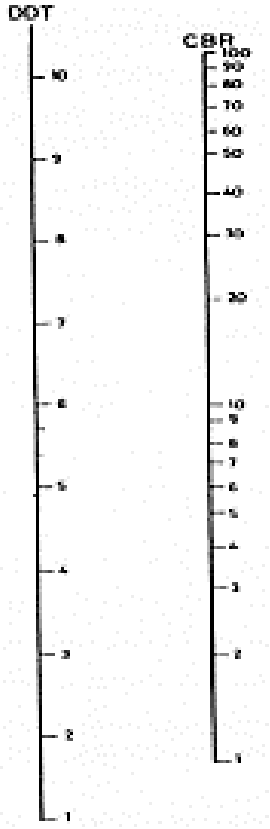
$$LER = LET \times FP \quad (3.10)$$

dengan,

FP = faktor penyesuaian (UR/10)

4. Daya Dukung Tanah Dasar (DDT)

   Dari nilai CBR segmen yang diperoleh, didapatkan nilai DDT dari grafik korelasi DDT dan CBR, dimana grafik DDT berskala linier dan grafik CBR berskala logaritma. Hubungan tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.9 sebagai berikut.



Gambar 3. 9 Korelasi antara DDT dan CBR

(Sumber : Bina Marga, 1987)

5. Faktor Regional

   Faktor regional meliputi kondisi lapangan seperti permeabilitas tanah, fasilitas drainase, bentuk *alinyemen*, prosentase kendaraan berat dengan MST ≥ 13 ton dan kendaraan yang berhenti, dan iklim pada daerah tersebut. Untuk kondisi tanah pada daerah rawa-rawa ataupun daerah terendam, nilai FR yang diperoleh ditambahkan 1. Nilai faktor regional (FR) dapat dilihat pada Tabel 3.20 berikut ini.

Tabel 3. 20 Nilai Faktor Regional

	Kelandaian I (< 6 %)		Kelandaian II (6-10%)		Kelandaian III (> 10 %)	
	% Kendaraan Berat					
	30%	30%	30%	30%	30%	30%
Iklim I < 900 mm / th	0,5	1-1,5	1	1,5-2	1,5	2-2,5
Iklim II > 900 mm / th	1,5	2,0-2,5	2,0	5,5-3	2,5	3-3,5

Sumber : Bina Marga (1987)

6. Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan merupakan nilai kehalusan dan kekokohan permukaan yang berkaitan terhadap tingkat pelayanan terhadap lalu lintas yang akan datang. Nilai indeks permukaan awal (IPo) didapatkan berdasarkan jenis lapisan permukaan, sementara nilai indeks permukaan akhir (IPt) didapatkan berdasarkan nilai LER. Nilai IPo dari setiap jenis lapisan permukaan dapat dilihat pada Tabel 3.21 di bawah ini. Sedangkan IPt didapatkan berdasarkan Tabel 3.22.

Tabel 3. 21 Nilai Indeks Permukaan Awal (IPo)

Jenis Lapis Permukaan	Ipo	Roughness (mm/km)
Laston	≥ 4 3,9–3,5	≤ 1000 <1000
Lasbutag	3,9-3,5 3,4–3,0	≤ 2000 >2000
HRA	3,9-3,5 3,4–3,0	≤ 2000 >2000
Burda	3,9-3,5	≤ 2000
Burtu	3,4-3,0	≤ 2000
Lapen	3,4-3,0 2,9-2,5	≤ 3000 >3000
Latasbum	2,9-2,5	
Buras	2,9-2,5	
Latasir	2,9-2,6	
Jalan Tanah	≤ 2,4	
Jalan Kerikil	≤ 2,5	

Sumber : Bina Marga (1987)

Tabel 3. 22 Nilai Indeks Permukaan Akhir (IPt)

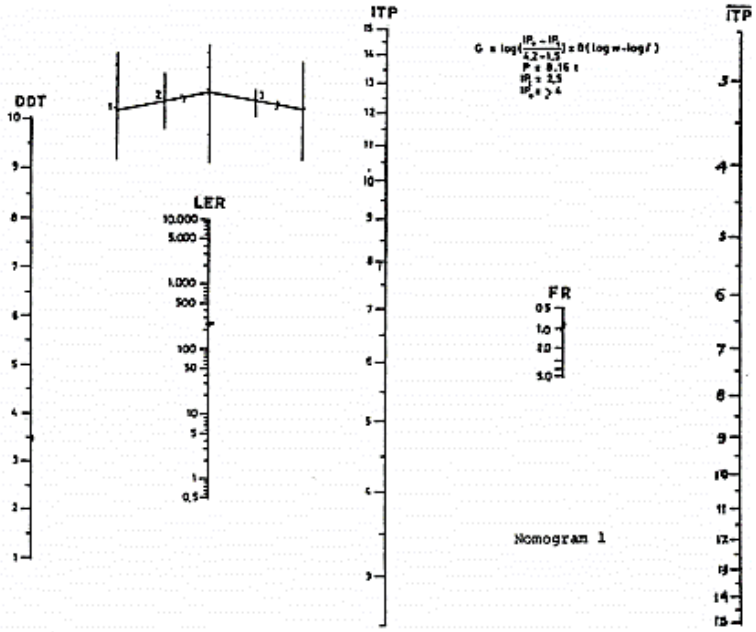
LER	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
<10	1,0-1,5	1,5	1,5-2,0	-
10-100	1,5	2,5-2,0	2,0	-
100-1000	1,5- 2,0	2,0	2,0-2,5	-
>1000	-	2,0-2,5	2,5	2,5

Sumber : Bina Marga (1987)

Nilai IPt yang kurang dari 1,0 menunjukkan permukaan jalan mengalami kerusakan berat sehingga berdampak pada lalu lintas kendaraan. Nilai IPt sebesar 1,5 memungkinkan kelayakan jalan paling rendah. Tingkat pelayanan jalan terendah masih sangat stabil yang dinyatakan dengan nilai IPt sebesar 2,0 sebaliknya nilai IPt sebesar 2,5 menunjukkan permukaan jalan masih baik dan cukup stabil.

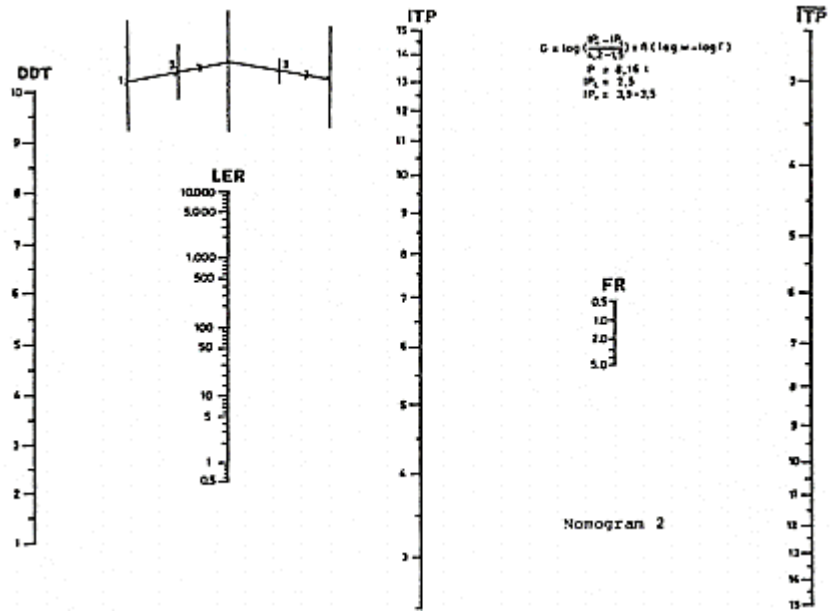
7. Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Nilai indeks tebal perkerasan didapatkan dari nomogram menggunakan nilai-nilai yang telah diketahui sebelumnya, yaitu nilai LER selama umur rencana, nilai DDT, dan FR yang telah diperoleh. Berikut ini adalah gambar grafik nomogram untuk beberapa nilai IPt dan IPo.



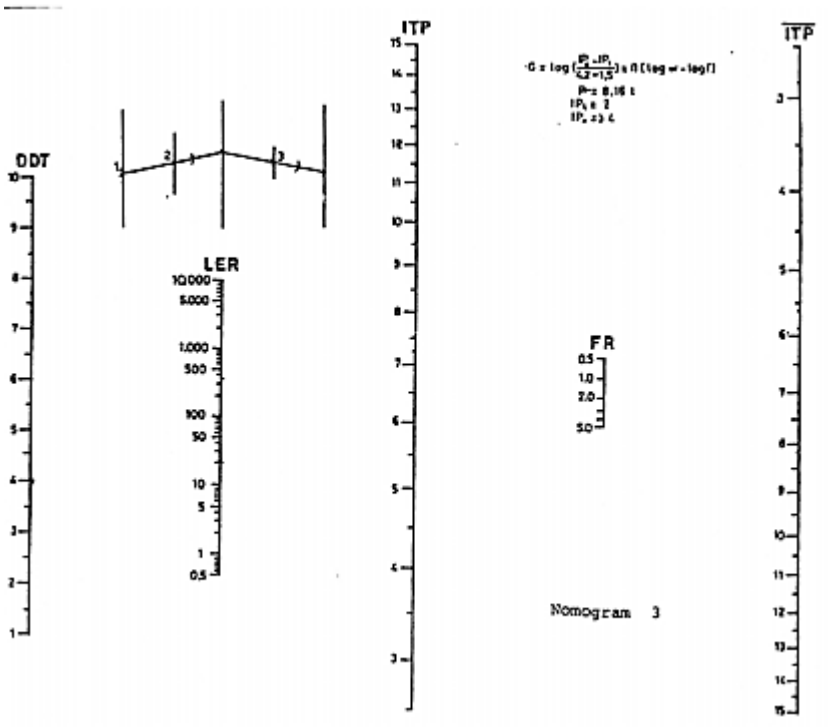
Gambar 3. 10 Nomogram 1 untuk IPt = 2,5 dan IPo ≥ 4

(Sumber : Bina Marga, 1987)



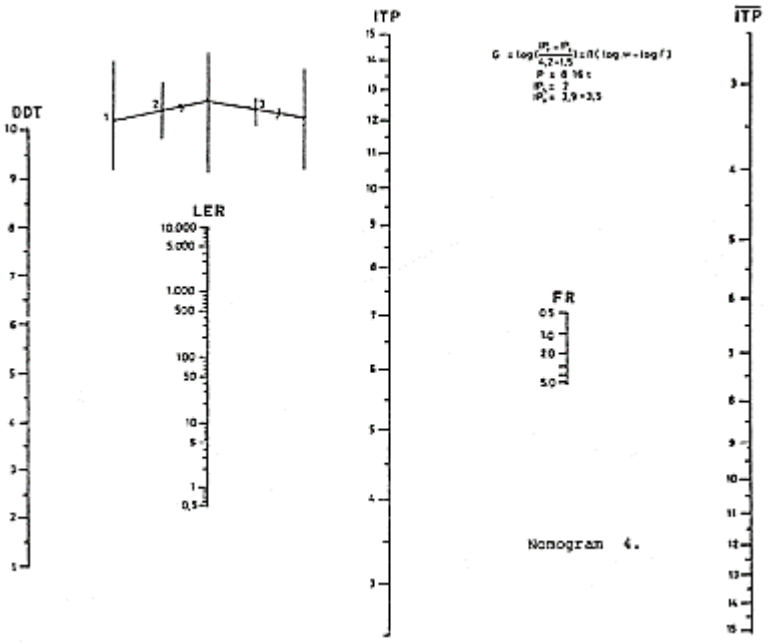
Gambar 3. 11 Nomogram 2 untuk IPt =2,5 dan IPo= 3,9 – 3.5

(Sumber : Bina Marga, 1987)



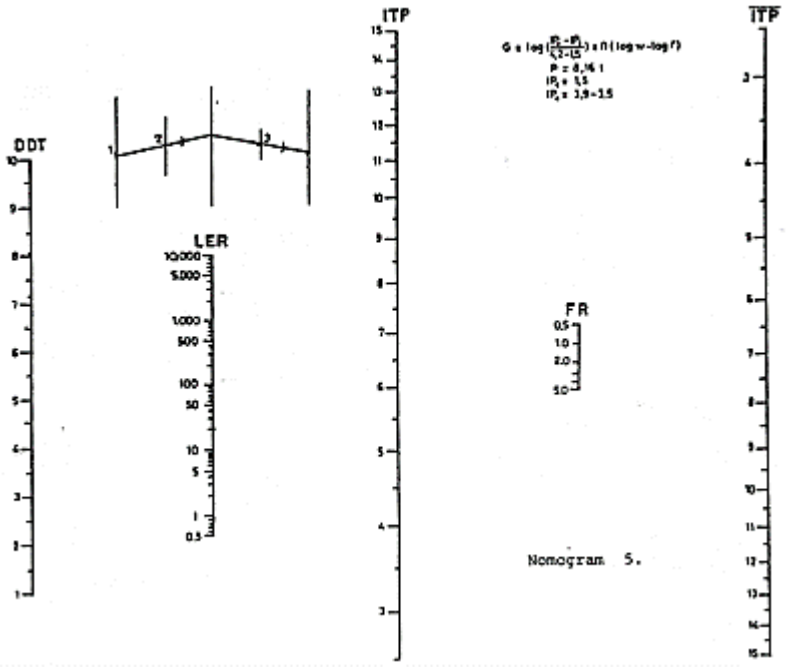
Gambar 3. 12 Nomogram 3 untuk IPt = 2 dan IPo ≥ 4

(Sumber : Bina Marga, 1987)



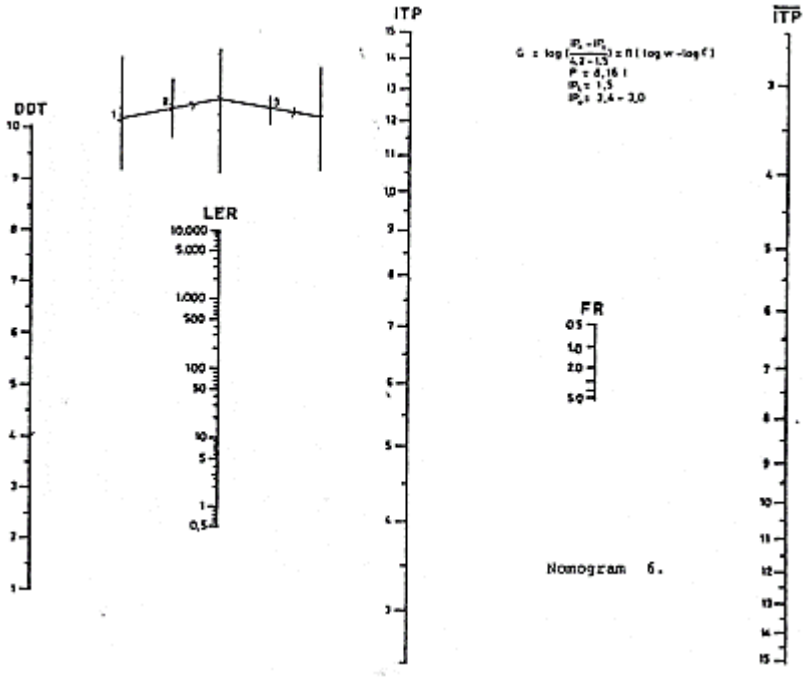
Gambar 3. 13 Nomogram 4 untuk ITp = 2 dan IPo = 3,9 – 3,5

(Sumber : Bina Marga, 1987)



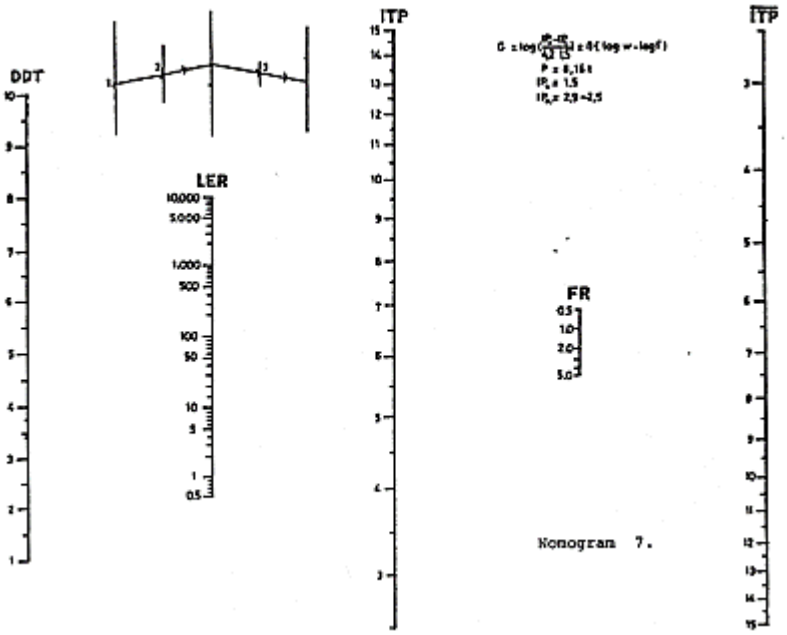
Gambar 3. 14 Nomogram 5 untuk IPt = 1,5 dan IPo = 3,9 – 3,5

(Sumber : Bina Marga, 1987)



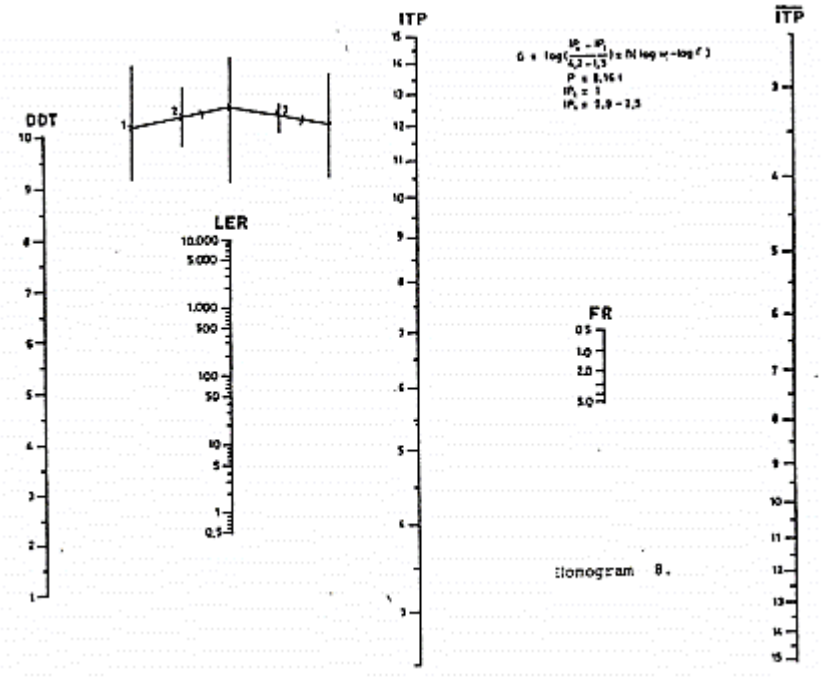
Gambar 3. 15 Nomogram 6 untuk ITp = 1,5 dan IPo = 3,4 – 3,0

(Sumber : Bina Marga, 1987)



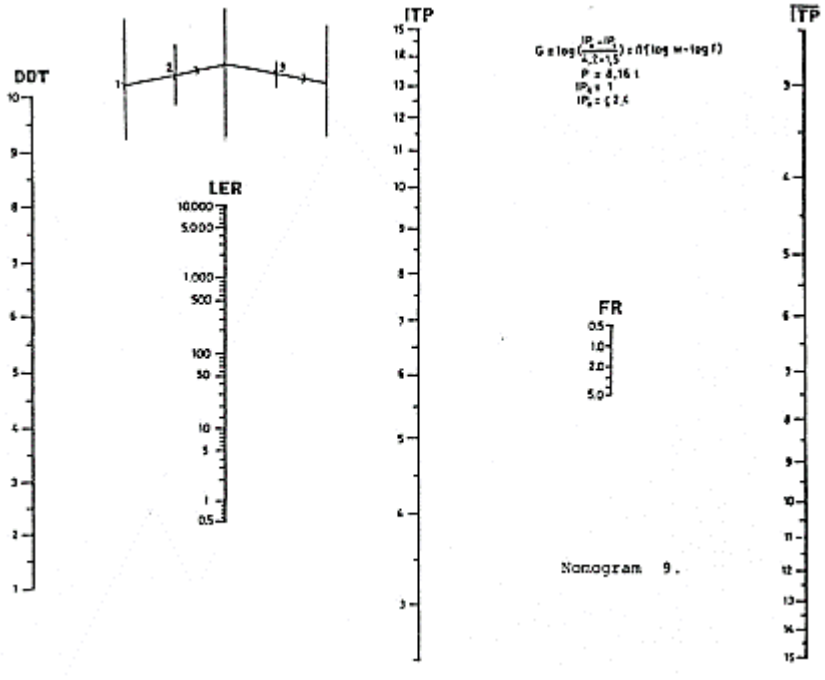
Gambar 3. 16 Nomogram 7 untuk IPt = 1,5 dan IPo 2,9 – 2,5

(Sumber : Bina Marga, 1987)



Gambar 3. 17 Nomogram 8 Untuk Ipt = 1 dan IPo = 2,9 – 2,5

(Sumber : Bina Marga, 1987)



Gambar 3. 18 Nomogram 9 untuk ITp = 1 dan IPo = ≤ 2,4

(Sumber : Bina Marga, 1987)

3.5.2 Perencanaan Tebal Lapis *Overlay*

1. Koefisien Kekuatan Relatif Bahan (a)

   Koefisien kekuatan relatif bahan-bahan yang digunakan sebagai lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah disajikan dalam Tabel 3.23 berikut.

Tabel 3. 23 Koefisien Kekuatan Relatif (A)

Koefisien kekuatan relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS(kg)	Kt(kg/cm)	CBR(%)	
0,40	-	-	744	-	-	
0,35	-	-	590	-	-	Laston
0,35	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	Lasbutag
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	590	-	-	Laston atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu Pecah (kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun (kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun (kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun (kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah /lempung kepasiran

Sumber : Bina Marga (1987)

2. Tebal Minimum Lapis Tambahan Perkerasan (*Overlay*)

   Tebal minimum lapis perkerasan ditentukan dengan tabel batas minimum lapis permukaan dan lapis pondasi dari Dirjen Bina Marga 1987 yang dapat di lihat pada tabel di bawah ini. Sedangkan tabel minimum lapis pondasi bawah untuk setiap nilai ITP ditentukan sebesar 10 cm.

Tabel 3. 24 Tebal Minimum Lapis Perkerasan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung (Buras/ Burtu/ Burda)
3,00 - 6,70	5	Laston / Aspal Macadam / HRA /Lasbutag / Laston
6,71 - 7,49	7,5	Lapen / Aspal Macadam / HRA / Lasbutag / Laston
7,50 - 9,99	7,5	Lasbutag / laston
>10,00	10	Laston

Sumber : Bina Marga (1987)

Tabel 3. 25 Batas Minimum Tebal Lapis Pondasi

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen,stabilisasi tanah dengan kapur
3,00 - 7,49	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen,stabilisasi tanah dengan kapur
7,50 - 9,99	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen,stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam
10,00 - 12,14	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen,stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas
>12,25	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen,stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas

Sumber : Bina Marga (1987)

Dari parameter-parameter tersebut, diperoleh nilai ITP dan nilai koefisien kekuatan relatif untuk setiap bahan perkerasan. Ketebalan setiap bahan perkerasan untuk tiap lapis permukaan, lapis pondasi atas, dan lapis pondasi bawah dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.11 berikut.

$$ITP = a1 \cdot D1 + a2 \cdot D2 + a3 \cdot D3 \qquad (3.11)$$

dengan,

a1,a2,a3 = koefisien kekuatan relatif bahan untuk masing-masing lapisan perkerasan

D1,D2,D3= tebal masing-masing lapis perkerasan

3.6 Metode Mekanistik – Empiris

Metode mekanistik – empiris merupakan metode mengunakan pendekatan kombinasi. Metode ini didasarkan pada mekanika material yang memerlukan informasi semacam beban roda, respon perkerasan tegangan dan regangan. Nilai respon perkerasan digunakan untuk memprediksi tekanan uji laboratorium serta kinerja lapangan. Perlunya dilakukan pengamatan kinerja perkerasan karena teori belom terbukti untuk desain perkerasan secara realistis (Huang, 2004).

Keuntungan dari pendekatan metode mekanistik-empiris adalah dapat secara akurat menggambarkan karakteristik material *in-situ* (tanah dasar serta struktur perkerasan). Hal ini biasanya dilakukan dengan menggunakan alat portabel seperti *FWD* untuk mengukur lendutan lapangan di bawah kondisi aktual struktur perkerasan jalan "*back calculation*" dan untuk memperkirakan sisa umur perkerasan jalan. Hal ini bertujuan mendapatkan desain yang lebih realistis pada kondisi alami..

Metode empiris adalah metode yang dikembangkan berdasarkan pengalaman penelitian pada jalan yang dibuat secara khusus untuk penelitian atau pada jalan yang sudah ada. Pada pendekatan empiris didasarkan pada percobaan maupun penelitian. Sedangkan metode mekanistik merupakan metode untuk mengembangkan kaidah-kaidah teoritis mengenai karakteristik material perkerasan jalan yang dilengkapi dengan perhitungan eksak dari respon struktur perkerasan jalan terhadap sumbu kendaraan dengan mengasumsikan perkerasan jalan sebagai *multi layer elastic structure* untuk perkerasan lentur dan *beam on elastic foundation* untuk perkerasan kaku.

Perkerasan lentur adalah sistem berlapis dengan material yang bertambah baik dan tidak dapat diwakili oleh massa yang homogen. Dengan adanya komputer, teori ini dapat digunakan pada *multi-layered system* dengan berapa banyak lapisan

(Huang, 1967). Beberapa asumsi yang digunakan untuk menghitung respon struktural *multi-layered system* (Huang, 2004).

1. Masing-masing lapisan perkerasan memiliki sifat homogen dan isotropis.
2. Bahan perkerasan setiap lapisan memiliki batasan berat dan ketebalan serta lebar setiap lapisan dianggap tidak terbatas.
3. Pada lapisan permukaan yang terkena luasan penampang beban (*interface*) diterapkan tekanan seragam.

Pada pemodelan perkerasan lentur terdapat karakteristik material yang digunakan diantaranya, sebagai berikut.

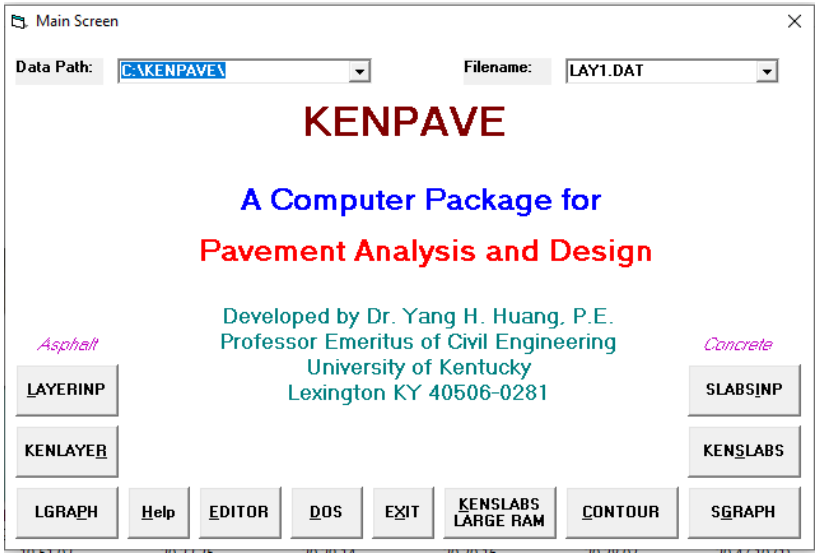
1. *Viskoelastik layer*, digunakan untuk menganalisa lapisan aspal yang menerapkan sifat *viskoelastik* sehingga waktu pembebanan mempengaruhi perilaku aspal. Solusi dari lapisan *viskoelastik* ini diperoleh dengan prinsip korespondensi *elastis - viskoelastik* dengan menggunakan *laplace transform* untuk mengeliminasi variabel waktu. (Huang, 2004).
2. *Linier Elastis layer*, pemodelan lapisan *linier elastis* dapat menghitung tegangan, regangan, dan lendutan pada struktur perkerasan yang telah dibebani. Untuk lapisan *linier elastis*, model ini mengasumsikan bahwa setiap lapisan struktur perkerasan bersifat *homogen, isotropis*, dan *elastis linier* (Huang, 2004).

3.6.1 Progam *KENPAVE*

Progam *KENPAVE* merupakan *software* desain perencanaan perkerasan yang dikembangkan oleh Dr.Yang Huang, P.E *Professor Emeritus of Civil Engineering University of Kentucky*. *Software KENPAVE* ditulis dengan mengunakan bahasa pemrograman *Visual Basic* dan dapat dijalankan dengan *windows* versi 95 atau versi diatasnya.

Progam *KENPAVE* terdiri dari empat progam yang ada didalamnya yaitu *LAYERINP, KENLAYER, SLABINP* dan *KENSLAB*. Untuk menganalisis perkerasan lentur berdasarkan pada teori sistem lapis banyak dapat mengunakan progam *LAYERINP* dan *KENLAYER*, untuk menganalisis perkerasan kaku berdasarkan metode elemen hingga dapat mengunakan progam *SLABINP* dan

KENSLAB. Tampilan awal dari progam *KENPAVE* dapat dilihat dalam Gambar 3.19 berikut.

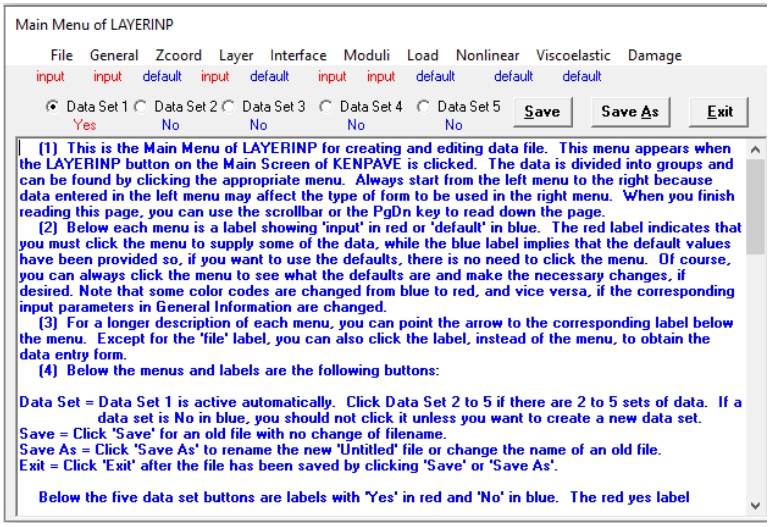


Gambar 3. 19 Tampilan Awal Progam *KENPAVE*

Penelitian ini mengunakan progam *KENPAVE* pada bagian progam *KENLAYER* yaitu progam analisis perkerasan lentur yang menghitung sistem banyak lapis (*multi layers*). Progam *KENLAYER* ini dapat berfungsi untuk menghitung nilai tegangan, regangan serta lendutan terhadap permukaan perkerasan yang diakibatkan adanya beban tertentu.

3.6.2 Progam *KENLAYER*

Progam *KENLAYER* dapat diaplikasikan pada setiap lapis yang memiliki perilaku berbeda, seperti *linier, non linier* ataupun *viskoelastis* dan pada perkerasan yang tidak memiliki sambungan dan perkerasan kaku. Selain itu progam *KENLAYER* dapat diapilikasikan pada empat jenis sumbu roda yaitu sumbu roda tunggal, sumbu roda ganda, sumbu tandem dan sumbu tripel. Progam *KENLAYAER* dapat dijalankan setelah dilakukan pengisian data data yang ada pada bagian *LAYERINP*, data data yang diperlukan adalah modulus elastisitas, *poisson's ration*, tebal lapis perkerasan dan kondisi medan. Tampilan awal dari progam *LAYERINP* dapapa dilihat pada Gambar 3.20 berikut ini.



Gambar 3.20 Tampilan Layar *LAYERINP*

Dari tampilan *LAYERINP* terdapat beberapa menu yang sudah *default* sehingga tidak diperlukan untuk input data. Berikut ini adalah penjelasan menu menu yang ada pada tampilan layar *LAYERINP*.

1. *File*

   Menu *file* berfungsi untuk mennentukan *file* yang diinput, terdapat menu *New* dan *Old*, dimana menu *New* berfungsi untuk membuat *file* baru, sedangkan menu *Old* berfungsi untuk membuka *file* yang sudah ada.

2. *General*

   Menu general berfungsi menampilkan berbagai informasi umun suatu perkerasan yang telah dilakukan analisis. Pada tampilan menu *general* terdapat data data yang harus diinput. Berikut ini adalah menu menu yang harus diinput pada menu *general*.

   a. *Title* merupakan judul dari analisis yang sedang dilakukan.

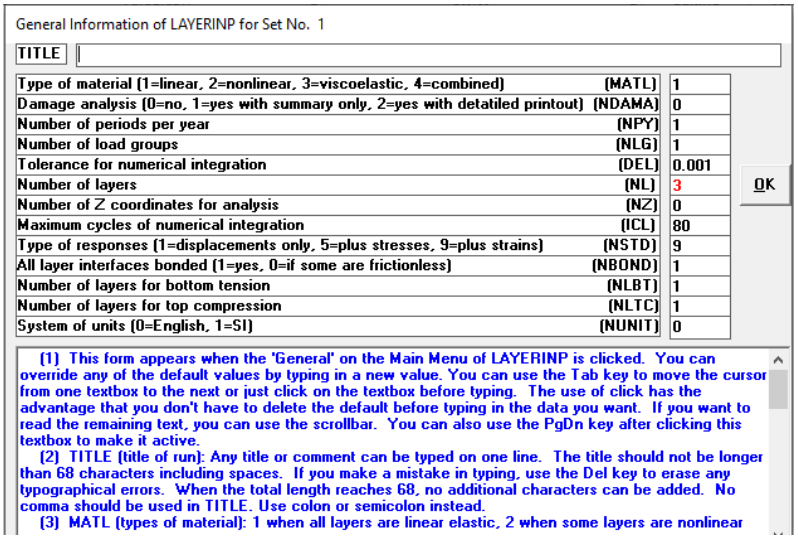
   b. MATL merupakan tipe dari material yang digunakan, terdapat beberapa pilihan (1) jika seluruh lapisan merupakan *linear elastis*, (2) jika lapisan merupakan *non linear elastis*, (3) jika lapisan merupakan *viskoelastis*, (4) jika lapisan merupakan lapisan campuran dari *linear elastis*, *non linear elastis* dan *viskoelastis*.

   c. NDAMA merupakan analisis kerusakan, terdapat beberapa pilihan (0) jika tidak ada kerusakan pada analisis, (1) jika terdapat kerusakan analisis, dan

terdapat hasil *print out*, (2) jika terdapat kerusakan analisis, dan terdapat hasil *print out* lebih detail.

d. DEL merupakan akurasi hasil, standar akurasi yang digunakan 0,001.
e. NL merupakan jumlah layer atau lapisan, maksimum 19 lapisan.
f. NZ merupakan letak koordinat arah Z yang akan dianalisis, jika NDMA yang dipilih 1 atau 2 maka maka NZ yang digunkan 0 dikarenakan progam akan menganalisa dikoordinat yang mengalami analisa keruasakan.
g. NSTD terdapat beberapa pilihan (1) untuk *vertical displacement*, (5) untuk *vertical displacement* dan nilai tegangan , (9) untuk *vertical displacement*, nilai tegangan dan nilai regangan.
h. NBOND terdapat beberapa pilihan (1) jika antara semua lapisan saling berhubungan atau terkait, (2) jika tiap antar lapisan tidak terkait atau gaya geser diabaikan.
i. NUNIT merupakan satuan yang digunakan dalam analisis, terdapat beberapa pilihan (0) untuk stuan English, (1) untuk satuan SI.

Tampilan menu general dapat dilihat pada Gambar 3.21 berikut ini.

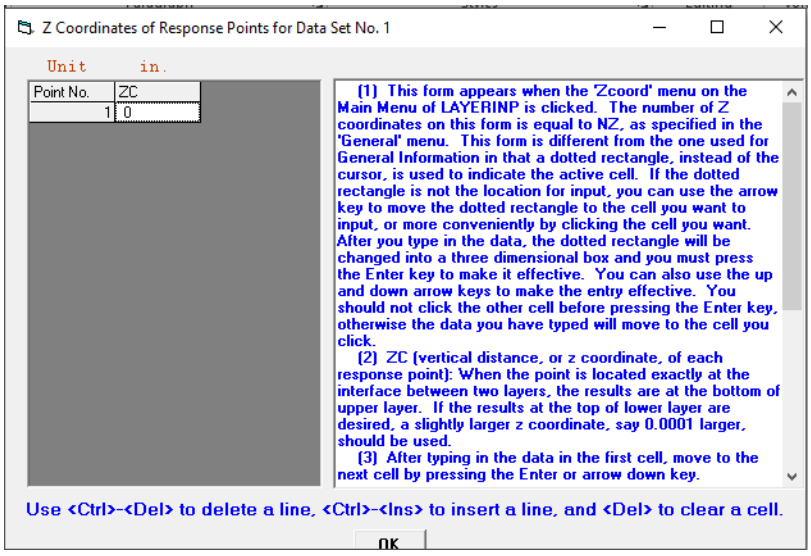


Gambar 3.21 Tampilan Menu *General*

3. *Zcoord*

Zcoord merupakan Z *coordinates* yaitu jumlah poin yang terdapat pada menu *zcoord* akan sama jumlahnya dengan NZ yang ada pada menu *general*. ZC

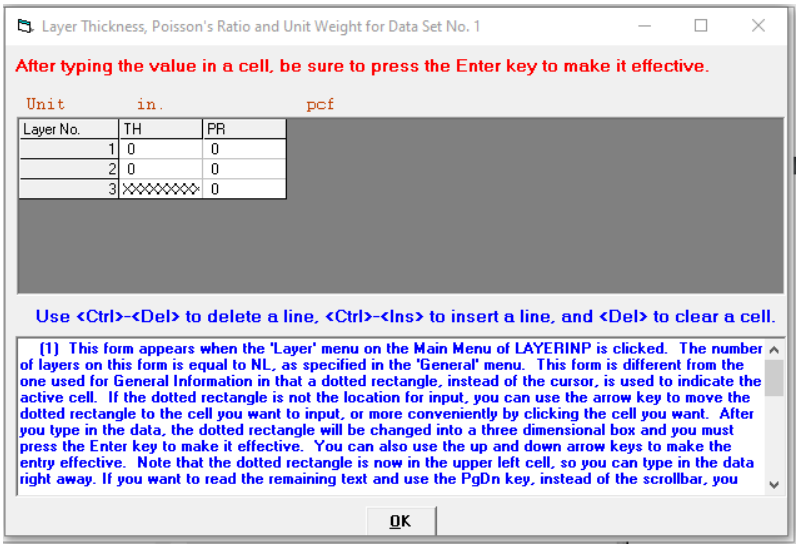
merupakan jarak *vertikal* dimana jarak tersebut akan dianalisi oleh progam. Tampilan *zcoord* dapat dilihat dalam Gambar 3.22 berikut ini.



Gambar 3.22 Tampilan *Zcoord*

4. *Layer*

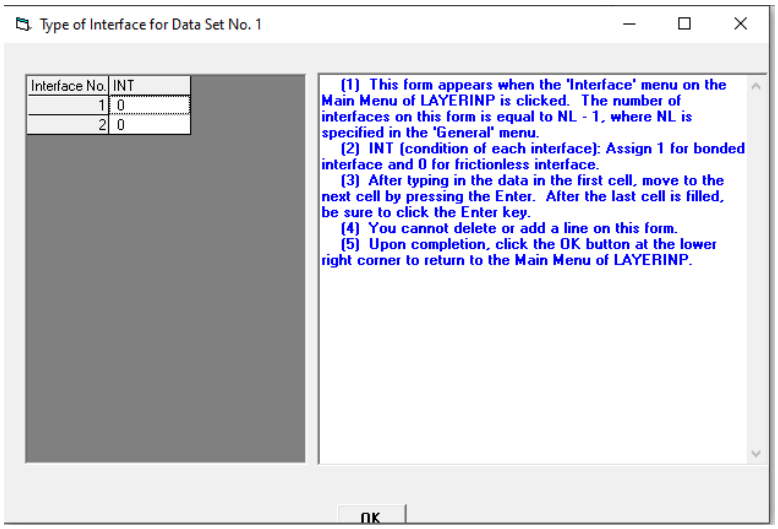
Pada menu *layer* terdapat 3 kolom yaitu kolom nomer *layer*, kolom TH (*thickness of each layer*) yaitu tebal tiap *layer* atu lapis, kolom PR (*poisson's ratio of each layer*). Tamilan menu *layer* dapat dilihat pada Gambar 3.23 berikut ini.



Gambar 3. 23 Tampilan Menu *Layer*

5. *Interface*

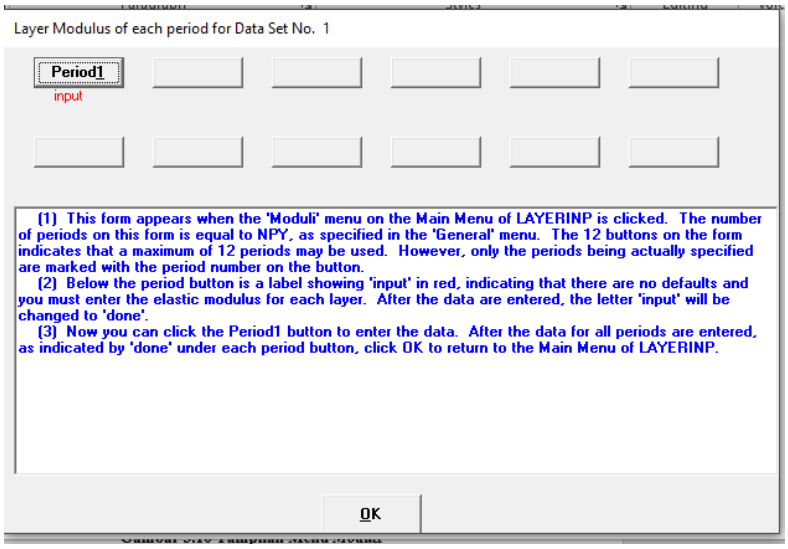
Menu *interface* berkaitan dengan NBOND yang berada pada menu *general*. Apabila NBOND (1) maka tampilan pada menu *interface default*. Sedangkan jika NBOND (2) maka tampilan pada menu *interface* seperti Gambar 3.24 berikut.



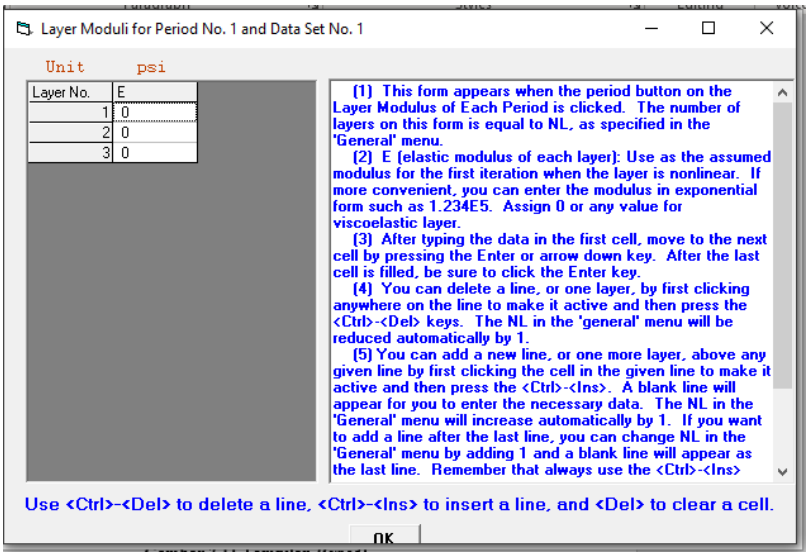
Gambar 3. 24 Tampilan Menu *Interface*

6. *Moduli*

Menu *moduli* memiliki jumlah periode sama dengan NPY yang berada pada menu *general*. Tampilan menu *moduli* dan *period* 1 dapat dilihat pada Gambar 3.25 dan Gambar 3.26 berikut ini.



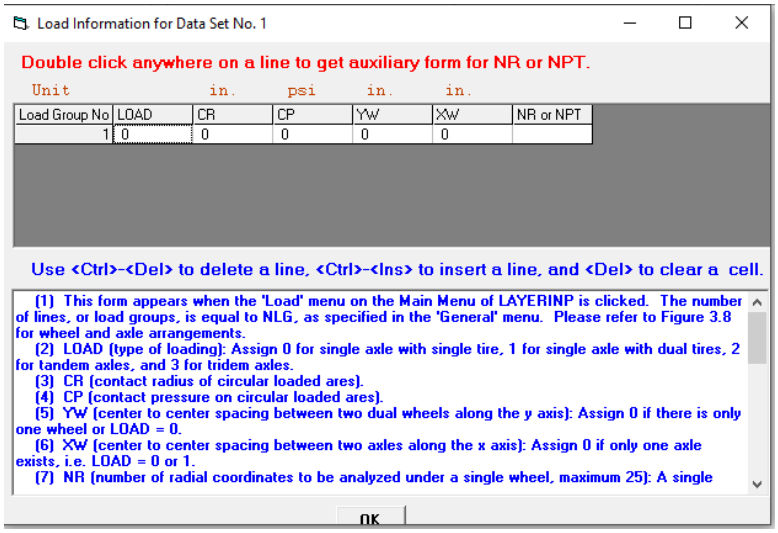
Gambar 3. 25 Tampilan Menu *Moduli*



Gambar 3. 26 Tampilan *Period* 1

7. *Load*

Menu *load* memiliki jumlah unit yang sama dengan jumlah NLG yang berada pada menu *general*. Terdapat beberapa kolom pada menu *load* Kolom CR menunjukkan jari-jari kotak pembebanan, kolom CP menunjukkan nilai beban, kolom YW dan XW menunjukkan jarak antar roda pada arah y dan arah x, NR atau NPT menunjukkan titik koordinat tegangan-regangan yang akan ditinjau. Tampilan menu load bisa dilihat dalam Gambar 3.27 di bawah.



Gambar 3.27 Tampilan Menu *Load*

8. *Nonlinier, Viscoelastic, Damage*

   Merupakan parameter laian yang ada pada menu *LAYERINP* dengan nilai yang didapatkan mengikuti dengan nilai yang sudah diinput sebelumnya.

3.6.3 Pemodelan Lapis Perkerasan Jalan

Pada permodelan lapis perkerasan jalan mengunakan progam *KENPAVE* maka diperlukan data yang berhubungan dengan perencanaan tebal perkerasan metode mekanistik sistem lapis banyak. Berikut ini merupakan data data yang dibutuhkan pada pemodelan lapis perkerasan.

1. Parameter setiap lapis
   a. Modulus elastisitas

      Modulus elastisitas merupakan perbandingan antara nilai tegangan dan regangan suatu benda. Nilai modulus elastisitas bisa dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.12.

$$E = \frac{\tau}{\varepsilon} \tag{3.12}$$

      dengan,

      E = Modulus elastisitas (kPa atau Psi)

      τ = Tegangan (kPa)

      ε = Regangan

      Nilai modulus elastisitas menurut Huang (2004) dapat dilihat pada Tabel 3.26 berikut ini.

Tabel 3.26 Nilai Modulus Elastisitas Berdasarkan Jenis Bahan Perkerasan

Jenis Bahan /Material	Modulus Elastisitas	
	Psi	kPa
Cement Treated Granular Base	$1x10^6 - 2x10^6$	$7x10^6 - 14x10^6$
Campuran agregat semen	$5x10^5 - 1x10^6$	$35x10^5 - 7x10^6$
Asphalt Treated Base	$7x10^4 - 45x10^4$	$49x10^4 - 3x10^6$
Aspal beton	$2x10^4 - 2x10^6$	$14x10^4 - 14x10^6$
Campuran distabilisasi bitumen	$4x10^4 - 3x10^5$	$28x10^4 - 21x10^5$
Campuran distabilisasi kapur	$2x10^4 - 7x10^4$	$14x10^4 - 49x10^4$
Material berbutir tidak terikat	$15x10^3 - 45x10^3$	$105x10^3 - 315x10^3$
Berbutir halus/material tanah dasar	$3x10^3 - 4x10^4$	$21x10^4 - 28x10^4$

Sumber: Huang (2004)

b. *Poisson's Ratio*

Poisson's Ratio merupakan angka perbandingan regangan horizontal dan regangan vertikal yang disebabakan beban sumbu sejajar dan regangan aksial. Berikut ini adalah karakteristik nilai modulus bahan pengikat (*bounded materials*) dan tanah dasar berdasarkan Manual Desain Bina Marga 2017 dapat dilihat pada Tabel 3.27.

Tabel 3.27 Karakteristik Modulus Bahan Pengikat untuk Pengembangan Bagan Desain dan Analisis Mekanistik

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

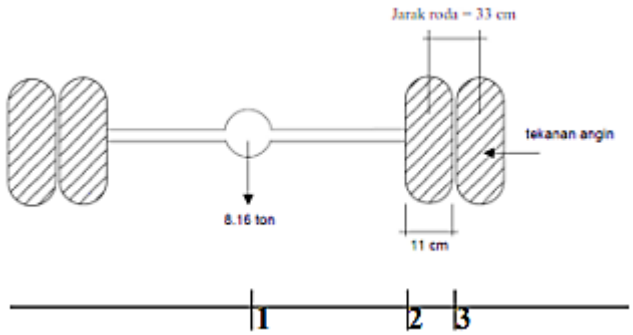
Sumber: Bina Marga (2017)

2. Ketebalan setiap lapis perkerasan

   Ketebalan pada tiap lapis perkerasan dibutuhkan pada teori elastis lapis banyak yang berguna sebagai input dalam mengunakan progam.

3. Kondisi beban

   Kondisi beban terdiri dari beben roda P (kN/Ibs), data tekanan ban q (kPa/Psi), data jarak antar roda d (cm/inch), dan data data jari jari bidang kotak a (cm/inch). Berikut ini data kondisi beban menurut Sukirman (1993) dapat dilihat pada Gambar 3.28.



Gambar 3. 28 Sumbu Standar Ekivalen di Indonesia

(Sumber : Sukirman, 1993)

a. Beban kendaraan sumbu standar yaitu 18.000 pon (8,16 ton).
b. Tekanan roda satu ban yaitu 0,55 Mpa = 5,5 Kg/Cm^2
c. Jari-jari bidang kontak yaitu 110 mm atau 11 cm.
d. Jarak antara masing-masing roda ganda yaitu 33cm.

3.6.4 Analisis Kerusakan Perkerasan

Analisis kerusakan perkerasan lentur jalan yang akan di bahas pada penelitian ini adalah *fatigue cracking*, *rutting*, dan *deformation.* Dalam analisis perhitungan menggunakan metode *mekanistik-empirik* akan mendapatkan hasil yaitu berupa nilai tegangan dan regangan perkerasan lentur. Sehingga nilai-nilai tersebut dapat dipergunakan untuk memprediksikan kerusakan perkerasan jalan lentur.

1. *Fatigue cracking*

   Persamaan yang digunakan untuk kerusakan *fatigue cracking* (retak leleh) pada perkerasan lentur jalan yang berfungsi untuk mengetahui jumlah keseluruhan repitisi beban berdasarkan regangan tarik yang berada dibawah lapis permukaan. Persamaan tersebut dapat dilihat pada Persamaan 3.13 berikut ini.

$$Nf = 0{,}0796\ (\varepsilon t)^{-3{,}921} |E|^{-0{,}854} \qquad (3.13)$$

   dengan,

   Nf = jumlah nilai beban pengulanagan yang diijinkan untuk mengontrol fatigue cracking

εt = tensile strain dilokasi tinjauan kritis yang dihitung berdasarkan respon model, struktur atau regangan tarik pada bagian bawah lapis permukaan

$|E|$ = modulus elastis pada lapisan permukaan atau lapisan HMA

2. *Rutting*

Persamaan yang digunakan untuk kerusakan *rutting* (retak alur) pada perkerasan lentur jalan yang berfungsi untuk mengetahui jumlah beban berdasarkan regangan tekan dibawah lapis pondasi bawah. Persamaan tersebut dapat dilihat padaPpersamaan 3.14 berikut ini.

$$Nr = 1{,}365\ x\ 10^{-9}(\varepsilon c)^{-4{,}47} \quad (3.14)$$

dengan,

Nr = jumlah nilai repitisi beban yang diijinkan untuk mengontrol *rutting*

εc = regangan tekan vertikal dibawah lapisan pondasi bawah

3. *Permanenet Deformation*

Persamaan yang digunakan untuk kerusakan *permanent deformation* pada perkerasan lentur jalan yang berfungsi untuk mengetahui jumlah beban repitisi perkerasan lentur pada kerusakan. Persamaan tersebut dapat dilihat pada Persamaan 3.15 berikut ini.

$$Nd = 1{,}365\ x\ 10^{-9}(\varepsilon c)^{-4{,}47} \quad (3.15)$$

dengan,

Nd = jumlah nilai repitisi beban yang diijinkan untuk mengontrol *deformation*

εc = regangan tekan vertikal diatas lapisan dasar

3.7 Metode Bina Marga 2017

Buku Manual Desain Perkerasan Jalan yang di terbitkan Bina Marga tahun 2017 berisi tentang analisis lalu lintas untuk perkerasan lama, rehabilitasi, kondisi perkerasan eksisting, drainase perkerasan eksisting, pemilihan struktur perkerasan, desain tebal *overlay*, desain ketebalan pengupasan dan pelapisan ulang, desain

rekonstruksi perkerasan, masalah pelaksanaan dan kinerja perkerasan. Penilaian Bina Marga hanya memberikan penilaian pada kondisi sekarang saat survey dilakukan. Survei kondisi adalah survei yang dimaksudkan untuk menentukan kondisi perkerasan pada waktu tertentu. Informasi yang diperoleh akan digunakan untuk menetapkan macam studi, penilaian prioritas, dan program pemeliharaan. Survei kondisi sangat berguna untuk persiapan analisis struktural secara detail, dan untuk rehabilitasi. Jika area secara baik direferensikan dalam stasiun, maka area yang membutuhkan pengumpulan data yang lebih intensif dapat didefinisikan (Hardiyatmo, 2007).

Pada penelitian ini metode Bina Marga tahun 2017 di gunakan untuk menentukan nilai sisa umur rencana. Adapun beberapa parameter yang digunakan untuk perhitungannya sebagai berikut.

1. Lalu Lintas

   Lalu lintas sangat diperlukan untuk mendesain perkerasan jalan baru maupun perbaikan jalan. Analisis lalu lintas pada ruas jalan yang ditinjau harus memerhatikan beberapa faktor seperti volume lalu lintas dan beban lalu lintas yang berada pada ruas jalan tersebut.

   a. Analisis volume lalu lintas

      Berdasarkan Manual Perkerasan Jalan 2017 (Bina Marga 2017), volume lalu lintas berfungsi untuk menghitung beban lalu lintas rencana yang terjadi pada perkerasan selama umur rencana. Analisis volume lalu lintas dilakukan pada jam sibuk dan lalulintas harian yang di rata rata tahunan (LHRT) mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Volume lalu lintas pada suatu jalan pada umumnya bertambah dari tahun ke tahun, karena hal itu diperlukan estimasi untuk mendapatkan volume lalu lintas yang sesuai dengan umur perencanaannya dengan menggunakan persamaan eksponen. Persamaan dapat dilihat pada Persamaan 3.16.

$$\text{LHRT} = LHRO\ (1+i)^n \tag{3.16}$$

dengan,

LHRT = LHR akhir umur rencana,

LHRo = LHR awal tahun umur rencana,

n = umur rencana (tahun), dan

i = angka pertumbuan

b. Data lalu lintas

Data lalu lintas meliputi semua jenis kendaraan, jenis kendaraan penumpang dan kendaraan ringan sampai sedang memiliki beban gandar yang sangat kecil sehinga berpotensi tidak menimbulkan kerusakan pada ruas jalan. Pada penelitian ini hanya kendaraan niaga dengan jumlah roda enam atau lebih yang perlu di perhitungkan dalan analisis.

c. Faktor pertumbuhan lalu lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas minimum tahun 2015 hingga tahun 2035 tersedian pada Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 yang dapat dilihat pada Tabel 3.28 berikut ini.

Tabel 3.28 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (*i*) (%)

	Jawa	Sumatra	Kalimantan	Rata rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,85	5,14	4,75
Kolektor rurai	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber: Bina Marga (2017)

Untuk menghitung faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*) pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana tersedia pada Persamaan 3.17:

$$R = \frac{(1+(0{,}001\ x\ i))^{UR}-1}{0{,}01\ x\ i} \qquad (3.17)$$

dengan,

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif,

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

UR = umur rencana (tahun).

2. Faktor Lajur Rencana

   Lajur rencana merupakan jalur lalu lintas pada suatu ruas jalan yang mengakomodasi lalu lintas kendaraan besar (bus dan truk). Beban lalu lintas pada lajur rencana ditunjukkan dalam ekivalen sumbu standar kumulatif (ESA) dengan memperhatikan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi panjang kendaraan niaga (DL). Faktor distribusi jalan dapat dilihat pada Tabel 3.29 berikut.

Tabel 3.29 Faktor Distribusi Jalan

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

Sumber: Bina Marga (2017)

3. Perkiraan Faktor Ekivalen Beban (VDF)

   Dalam desain perkerasaan, beban lalu lintas dikonversikan ke beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*). Analisis struktur perkerasan ini dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana. Survei beban gandar perlu dilakukan apabila ingin melakukan perhitungan beban lalu lintas yang akurat, tetapi apabila pada survei beban gandar tidak mungkin dilakukan oleh perencana dan pada data survei beban gandar beban sebelumnya tidak tersedia maka nilai VDF dapat dilihat pada Tabel 3.30 dan Tabel 3.31 dapat digunakan untuk menghitung ESAL.

   Untuk menentukan nilai VDF 4 dan VDF 5 tergantung pada model kerusakan (*deteriotion model*) dan pendekatan desain yang digunakan. Nilai VDF 4 digunakan pada desain perkerasan lentur berdasarkan Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T-01-2002-B. Sedangkan nilai VDF 5 digunakan untuk desain perkerasan lentur (kaitannya dengan faktor kelelehan aspal beton dalam desain pendekatan Mekanistik Empiris) temasuk perencanaan tebal

overlay berdasarkan grafik lengkung lendutan (*curvature curve*) untuk kriteria retak lelah (*fatigue*). Terdapat periode beban aktual untuk perencanaan hingga tahun 2020 menggunakan nilai VDF beban nyata, sedangkan periode beban normal (terkendali) dapat menggunakan VDF dengan muatan sumbu terberat 12 ton. Hal ini sesuai dengan kajian yang dilakukan oleh Muammar,dkk (2021).

Tabel 3.30 Nilai VDF Standar

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

Sumber: Bina Marga (2017)

Tabel 3.31 Nilai VDF Masing-Masing Kendaraan Niaga

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi sumbu	Muatan - muatan yang diangkut	Kelompok sumbu	Distribusi Tipikal		Faktor ekivalen beban (*VDF*) (ESAL/kendaraan)	
Klasifikasi lama	Alternatif					Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	*VDF* pangkat 4	*VDF* pangkat 5
1	1	Sepeda motor	1.1		2	30,4			
2,3,4	2,3,4	Sedan/angkot/pickup/station wagon	1.1		2	51,7	74,3		
5a	5a	Bus kecil	1.2		2	3,5	5,00	0,3	0,2
5b	5b	Bus besar	1.2		2	0,1	0,2	1,0	1,0
6a.1	6.1	Truk 2 sumbu - cargo ringan	1.1	Muatan umum	2	4,6	6,60	0,3	0,2
6a.2	6.2	Truk 2 sumbu - ringan	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2			0,8	0,8
6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu - cargo sedang	1.2	Muatan umum	2	-	-	0,7	0,7
6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu - sedang	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2			1,6	1,7
6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu - berat	1.2	Muatan umum	2	3,8	5,50	0,9	0,8
6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu - berat	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2			7,3	11,2

Sumber: Bina Marga (2017)

4. Beban Sumbu Standar Kumulatif (CESAL)

   Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESAL) adalah jumlah kumulatif dari beban sumbu lalu lintas pada lajur desain selama umur rencana, yang dapat ditentukan dengan Persamaan 3.18. Dengan Menggunakan VDF masing-masing kendaraan niaga.

   $$ESA = (\sum LHR \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (3.18)$$

   dengan,

   ESA = kumulatif lintasan sumbu standar ekivalenn (*equivalent standard axle*) pada tahun pertama,

   LHR = lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan perhari),

   VDF = faktor ekivalen beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga,

   DD = faktor distribusi arah,

   DL = faktor distribusi lajur,

   CESAL = kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana

   R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

3.8 Sisa Umur Rencana

Remaining life atau sisa umur rencana adalah penyusutan dari umur rencana yang terjadi karena adanya faktor beban kendaraan yang melintas. Masa layan jalan seharusnya habis sesuai dengan umur rencana yang sudah ditentukan sebelumnya, akan tetapi kendaraan yang melintas pada ruas jalan tersebut terkadang membawa beban yang melebihi dari beban yang seharusnya. Oleh sebab itu maka diperlukan perhitungan agar dapat diketahui seberapa jauh atau seberapa cepat masa layan jalan tersebut habis. Untuk perhitungan nilai sisa umur rencana ini dilakukan pada kondisi perkerasan eksisting dan *overlay*. Perhitungan untuk nilai sisa umur rencana (*remaining life*) dapat menggunakan Persamaan 3.19.

$$RL = 100\left[1 - \left(\frac{NP}{N1,5}\right)\right] \quad (3.19)$$

dengan,

RL = Remaining life,

Np = ∑kumulatif W_n pertahun,

$N_{1,5}$ = kumulatif W_n tahun terakhir umur rencana.

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Jalan Boja - Darupono yang merupakan jalur penghubung antar Kecamatan Boja dan Kecamatan Kaliwunggu, yang memiliki panjang jalan sejauh 12,85 Km. Lokasi penelitian pada Jalan Boja – Darupono Sta. 10+200 – Sta. 11+500 sejauh 1,3 Km dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian

(Sumber: Google Maps, 2024)

4.2 Data Penelitian

1. Data primer didapatkan dengan melakukan survei secara langsung di lapangan. Data primer digunakan untuk melakukan metode PCI yang berfungsi untuk mengetahui kondisi perkerasan. Metode pengumpulan data primer yaitu sebagai berikut.
   a. Pengukuran luas dan jenis kerusakan dengan metode PCI
   b. Pengambilan gambar pada lokasi yang dievaluasi kerusakannya
2. Data sekunder didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (DPUPR) Kab. Kendal, data sekunder digunakan untuk menghitung tebal tambahan (*overlay*) , menghitung nilai tegangan dan nilai regangan, dan untuk menghitung nilai sisa umur perkerasan *(remaining life*). Adapun data data yang digunakan sebagai berikut:
   a. Data Perkerasan Jalan ,
   b. Data LHR , dan
   c. Data CBR tanah.

4.3 Alat-Alat

Untuk pengambilan data yang dilakukan dengan pengujian langsung dilapangan dengan metode PCI maka diperlukan alat alat sebagai berikut.

1. Alat tulis dan formulir survei
2. Meteran
3. Penggaris
4. Buku manual mengenai identifikasi kerusakan jalan
5. Kamera sebagai alat dokumentasi.

Pada saat melakukan analisis data, adapun peralatan yang dibutuhkan sebagai berikut.

1. Alat tulis
2. Kalkulator
3. Laptop.

4.4 Metode Analisis

Pada penelitian ini metode metode analisis yang digunakan ,sebagai berikut.

4.4.1 Metode *Pavement Condition Index* (PCI)

Berikut ini merupakan langkah langkah yang harus dilakukan untuk mengetahui kondisi perkerasaan pada jalan dengan mengunakan metode PCI.

1. Melakukan survei lokasi
2. Melakuukan koordinasi survei sesuai ketentuan yang tertera pada Lampiran 7
3. Melakukan pengumpulan data dengan cara melakukan pengujian langsung dilapangan.
   a. Pengukuran luas dan jenis kerusakan dengan metode PCI
   b. Pengambilan gambar pada lokasi yang dievaluasi
4. Melakukan analisis perhitungan dengan metode PCI. Adapun perhitungan yang harus dilakukan sebagi berikut.
   a. Menghitung *Density*
   b. Menghitung *TDV*
   c. Menghitung *CDV*
   d. Menghitung nilai PCI
5. Menganalisis tingkat dan jenis kerusakan
6. Selesai

4.4.2 Metode Mekanistik Empirik Program *KENPAVE*

Berikut ini merupakan langkah langkah untuk mengetahui analisis beban lalu lintas dari nilai tegangan dan regangan yang diperoleh dengan menggunakan program KENPAVE.

1. Pengumpulan data sekunder
2. Melakukan analisis data dengan cara berikut ini
   a. Mengetahui data karakteristik pada material lapis eksisting dan lapis tambahan, dengan mengetahui nilai modulus elastisitas dan nilai passion ratio pada tiap lapisannya.
   b. Mengetahui tebal tiap lapis struktur perkerasan pada lapis eksisting dan lapis tambahan (*overlay*).

c. Melakukan permodelan struktur dengan program KENPAVE dengan sub program KENLAYER.
d. Melakukan input data pada menu KENPAVE.
e. Menentukan hasil output dari running program KENLAYER yang digunakan untuk mengetahui nilai repitisi dan umur sisa yang menyebabkan kegagalan pada perkerasan.

3. Melakukan perhitungan tegangan dan regangan kondisi *eksisting* dan kondisi *overlay.*
4. Melakukan perhitugan repitisi beban.
5. Melakukan analisa sisa umur rencana
6. Selesai

4.4.3 Metode Bina Marga 2017

Berikut ini merupakan langkah langkah untuk mengetahui umur sisa perkerasan (*Remaining Life)* yang diperoleh dengan menggunakan metode Bina Marga 2017.

1. Pengumpulan data skunder
2. Melakukan analisis data dengan cara berikut ini
   a. Mengetahui data LHR jalan
   b. Mengetahui faktor lajur rencana
   c. Memperkirakan faktor ekivalen beban (VDF)
3. Analisi perhitungan dengan mengunakan metode Bina Marga 2017
   a. Volume lalulintas
   b. Faktor pertumbuhan lalu lintas
   c. Beban sumbu standar kumulatif (CESAL)
4. Penentuan umur sisa perkerasan (*Remaining Life)*
5. Selesai

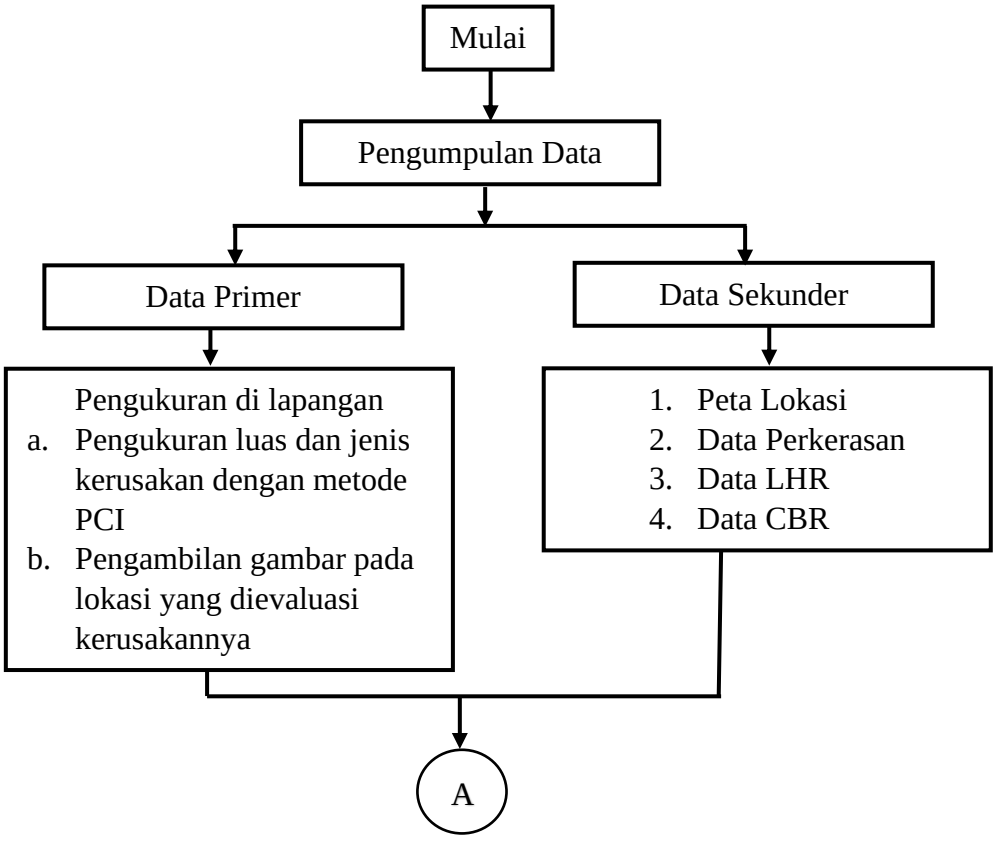
4.4.4 Metode Bina Marga 1987

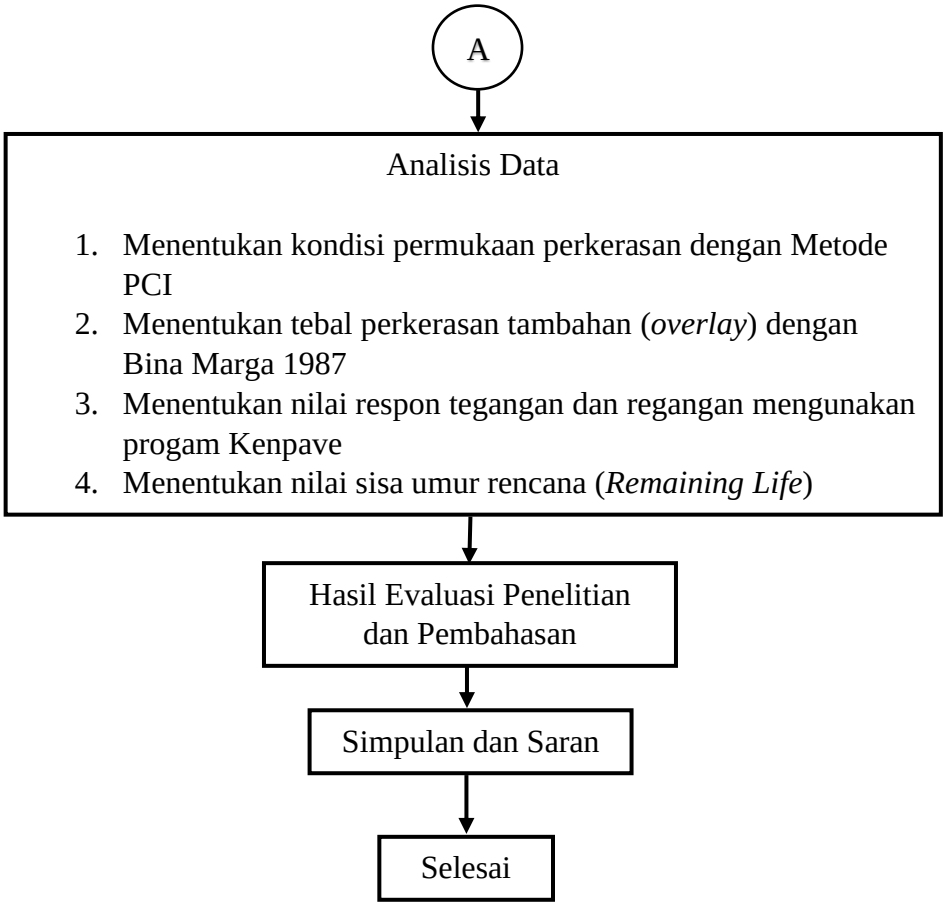
Berikut ini merupakan langkah langkah untuk mengetahui tebal overlay yang diperoleh dengan menggunakan metode Bina Marga 1987.

1. Pengumpulan data skunder
2. Melakukan analisis data dengan cara berikut ini
   d. Mengetahui data LHR jalan
   e. Mengetahui data CBR jalan
   f. Menentukan umur rencana (UR)
   g. Menentukan faktor pertumbuhan lalu lintas (i %)
3. Analisi perhitungan dengan mengunakan metode Bina Marga 1987
   d. Menentukan daya dukung tanah dasar (DDT)
   e. Perhitungan lintas ekivalen
   f. Menentukan indeks permukan (IP)
   g. Menentukan indeks tebal perkerasan (ITP)
4. Penentuan tebal overlay dengan koefisien kekuatan relatif (a) dan tebal minimum (D)

4.5 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir pada Gambar 4.2 menunjukan proses penelitian yang dilakukan pada penelitian ini.





Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian

Berikut ini merupakan langkah langkah yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini.

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

   Data primer didapatkan dengan melakukan survei secara langsung dilapangan. Data primer digunakan untuk melakukan metode PCI yang berfungsi untuk mengetahui kondisi perkerasan, Data sekunder didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (DPUPR) Kab. Kendal, data sekunder digunakan untuk menghitung tebal tambahan (*overlay*) , menghitung nilai tegangan dan nilai regangan, dan untuk menghitung nilai sisa umur perkerasan *(remaining life*). Adapun data data yang digunakan sebagai berikut:

   d. Data Perkerasan Jalan ,

   e. Data LHR , dan

f. Data CBR Tanah.

3. Melakukan analisis data yang sudah di peroleh dengan menggunakan metode PCI untuk mengetahui kondisi perkerasan pada jalan.
4. Melakukan analisis data dengan metode Bina Marga 1987 untuk menentukan tebal perkerasan tambahan (*overlay*).
5. Melakukan analisis data yang sudah diperoleh dengan Program KENPAVE untuk memperoleh besarnya nilai tegangan dan regangan pada perkerasan existing dan perkerasan overlay.
6. Melakukan analisis data yang sudah diperoleh untuk memperoleh nilai sisa umur rencana (*remaining life*).
7. Melakukan pembahasan hasil penelitian yang sudah dilakukan.
8. Memberikan kesimpulan dan saran.
9. Selesai

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengumpulan Data

Berdasarkan data yang didapatkan dari penilitian ini berupa data primer serta data sekunder. Data primer yang didapatkan dari penelitian ini berupa jenis kerusakan serta tipe kerusakan pada ruas Jalan Boja-Darupono. Data sekunder yang diperoleh berupa peta lokasi jalan pada lokasi penelitian, data perkerasan, nilai LHR pada tahun 2021 dan nilai CBR pada ruas Jalan Boja-Darupono.

5.1.1 Kondisi Ruas Jalan Boja Darupono

Kondisi ruas jalan Boja-Darupono di tahun 2024 dapat kita lihat pada Tabel 5.1 di bawah ini.

Tabel 5. 1 Kondisi Ruas Jalan Boja - Darupono

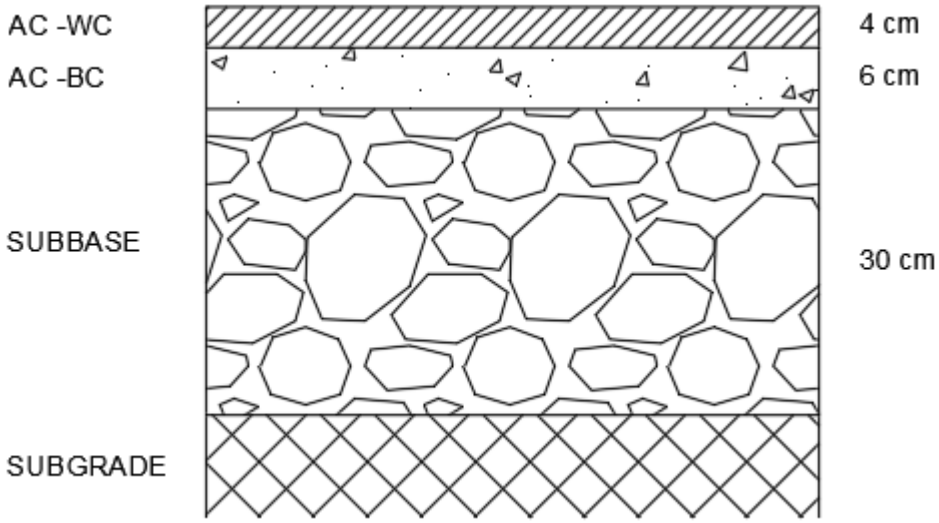
Status Jalan	Jalan Kabupaten
Tipe Perkerasan	Perkerasan Lentur
Panjang Jalan (yang di teliti)	1,3 Km
Lebar Jalan	6 m

Sumber : Dinas PUPR Kabupaten Kendal (2023)

Adapun tebal struktur perkerasan pada ruas Jalan Boja – Darupono yaitu,

a. Lapis *AC - WC* (laston) : 4 cm
b. Lapis *AC - Base* (laston) : 6 cm
c. *Subbase* (batu pecah) : 30 cm

Berikut ini gambaran struktur perkerasan pada ruas Jalan Boja – Darupono dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut ini.



Gambar 5. 1 Struktur Lapis Perkerasan Ruas Jalan Boja – Darupono

(Sumber : Dinas PUPR Kabupaten Kendal, 2023)

5.1.2 Data Pengamatan Lapangan

Observasi lapangan dilakukan secara visual dengan membuat segmen kerusakan perkerasan seluas 600 m^2 (panjang 100 meter × lebar 6 meter = 600m^2), sesuai dengan ketentuan dari FAA 1982, dengan syarat konsistensi pada luas segmen yang ditinjau. Setelah menetapkan jenis kerusakan kemudian menandai setiap segmen pengamatan, seperti terlihat pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5. 2 Penomoran Segmen

5.1.3 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas pada ruas Jalan Boja – Darupono merupakan data sekunder yang diperoleh dari Dinas PUPR Kabupaten Kendal. Tabel data Lalu lintas harian pada ruas jalan Boja - Darupono seperti terlihat pada Tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5. 2 Data Volume Lalu Lintas Harian Tahun 2021

Golongan	Jenis Kendaran	LHR Th 2021 (Smp/Thn)
1	Sepeda Motor	3243
2	Mobil	1054.5
3	Opelet, Pick-Up-Opelet, Suburban,Combi, Mini Bus	304,92
4	Pick-Up, Micro Truk dan Mobil Hantran	205,7
5a	Bus Kecil	393,25
5b	Bus Besar	242
6a	Truk Ringan 2 Sumbu	299,48
6b	Truk Sedang 2 Sumbu	305,53
7a	Truk 3 Sumbu	72,6
7b	Truk Gandeng	0
7c	Truk Semi Trailer	0

Sumber : Dinas PUPR Kabupaten Kendal (2021)

5.1.4 Data CBR

Data CBR diperoleh dari Dinas PUPR Kabupaten Kendal, merupakan salah satu data sekunder yang diperlukan dalam perhitungan tebal lapis tambahan (*overlay*), Berikut ini merupakan data CBR pada ruas Jalan Boja-Darupono pada tahun 2023 yang dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 3 Data CBR

No	Ruas jalan	Jumlah data	Nilai CBR Rata Rata Terkoreksi (%)	Standart Devisiasi	CBR Design	Keterangan
1	Boja - Darupono	11	6.18	1.6	6	Tidak Memerlukan perbaikan Tanah Dasar

Sumber : Dinas PUPR Kabupaten Kendal (2023)

5.2 Kondisi Perkerasan Berdasarkan Metode *Pavement Condition Index* (PCI)

Nilai kondisi permukaan perkerasan diperoleh dari survei kondisi permukaan perkerasan lentur jalan dengan menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI) pada setiap segmen yang telah dilakukan sebelumnya.

5.2.1 Hasil Pengamatan Metode *Pavement Condition Index* (PCI)

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, ditemukan berbagai kerusakan permukaan perkerasan lentur sejauh 1,3 Km. Tipe Tipe kerusakan pada metode PCI dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5. 4 Jenis Kerusakan Jalan Lentur

Kodefikasi	Jenis Kerusakan	Kodefikasi	Jenis Kerusakan
1	Retak Kulit Buaya (m^2)	10	Sungkur (m^2)
2	Kegemukan (m^2)	11	Tambalan (m^2)
3	Retak Blok (m^2)	12	Agregat Licin (m^2)
4	Benjol dan Turun (m^2)	13	Retak Sambung (m^2)
5	Keriting (m^2)	14	Bahu Jalan Turun (m^2)
6	Amblas (m^2)	15	Retak Memanjang Melintang (m^2)
7	Retak Pinggir (m^2)	16	Retak Slip (m^2)
8	Lubang (m^2)	17	Mengembang Jembul (m^2)
9	Alur (m^2)	18	Pelapukan dan Butiran Lepas (m^2)

Untuk menentukan luas perkerasan dilakukan penelitian langsung kelapangan dengan mengukur satuan panjang dikali lebar dari sebuah kerusakan pada permukaan jalan. Dan untuk mengetahui kualitas kerusakan pada masing masing kerusakan jalan dapat dilihat pada Tabel 3.1 sampai Tabel 3.16. Berikut ini merupakan data hasil pengamatan dengan metode *Pavement Condition Index* (PCI) pada segmen 1 yang dapat dilihat pada Tabel 5.5. Untuk segmen segmen selanjutnya cara pengamatan yang dilakukan sama seperti pada segmen 1.

Tabel 5. 5 Data Pengamatan dengan Metode PCI Pada Segmen 1

Tipe, Luas, dan Kualitas kerusakan					
Tipe Kerusakan	12	8	6	18	1
Luas Kerusakan (m^2)	5,6	0,24	4,05	47,5	5,32
	0,72		9,38		4,68
	7,14		5,16		12,15
	4,95		5,76		4,32
	1,35				
Kualitas Kerusakan	Total Severity				
L	19,76		24,35		26,47
M		0,24		47,5	
H					

5.2.2 Perhitungan dengan Metode *Pavement Condition Index* (PCI)

Berdasarkan data yang sudah diperoleh dari pengamatan yang sudah dilakukan, tahap selanjutnya dilakukan analisis perhitungan untuk mendapatkan nilai PCI pada setiap segmen. Berikut ini merupakan contoh perhitungan pada segmen 1 ruas Jalan Boja - Darupono.

1. Menghitung Nilai *Density* dan *Deduct Value*
   a. Jenis kerusakan agregat licin (*Polished Agregat*)

      Luas untuk jenis kerusakan agregat licin dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5. 6 Tipe Kerusakan Agregat Licin

Jenis Kerusakan	***Severity Level***	***Total Severity* Ad (m^2)**	**Luas 1 Segmen As (m^2)**	***Density* (%)**
12	L	37,108	600	6,185

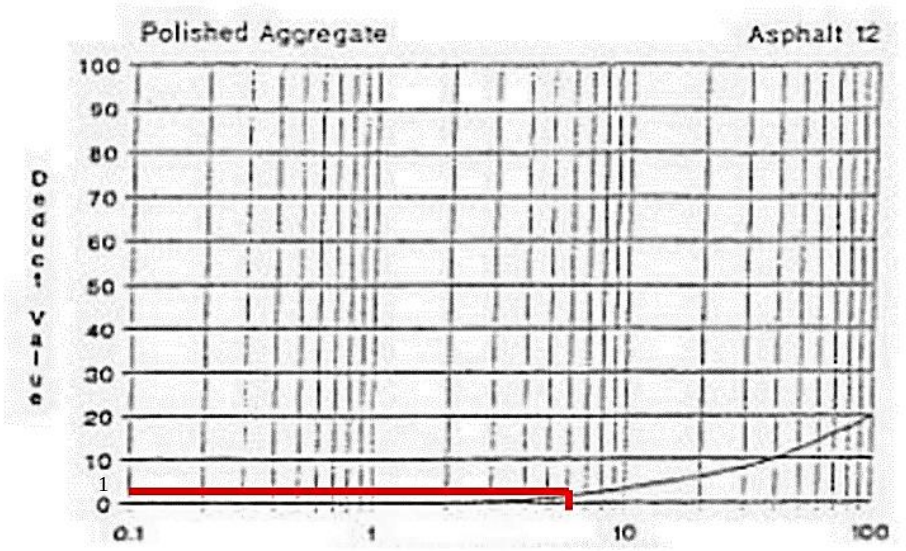
Mencari nilai untuk kerapatan (*Density*) untuk jenis kerusakan agregat licin pada tingkat kerusakan (L).

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

$= \frac{37,108}{600}$ x 100 %

= 6,185 %

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai *density* sebesar 6.185%. Setelah mendapatkan nilai *density* kemudian dimasukan kedalam grafik *deduct value* untuk memperoleh nilai pengurangan (*Deduct Value*) dapat dilihat dalam Gambar 5.3 berikut ini.



Gambar 5. 3 Grafik *Deduct Value* Kerusakan Agrgat Licin

Berdasarkan Gambar 5.3, nilai *deduct value* jenis kerusakan agregat licin pada segmen satu sebesar 1.

b. Jenis kerusakan lubang (*Pathhole*)

Luas untuk jenis kerusakan lubang dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut ini.

Tabel 5. 7 Tipe Kerusakan Lubang

Jenis Kerusakan	***Severity Level***	***Total Severity* Ad (m^2)**	**Luas 1 Segmen As (m^2)**	***Density* (%)**
8	M	0,24	600	0,04

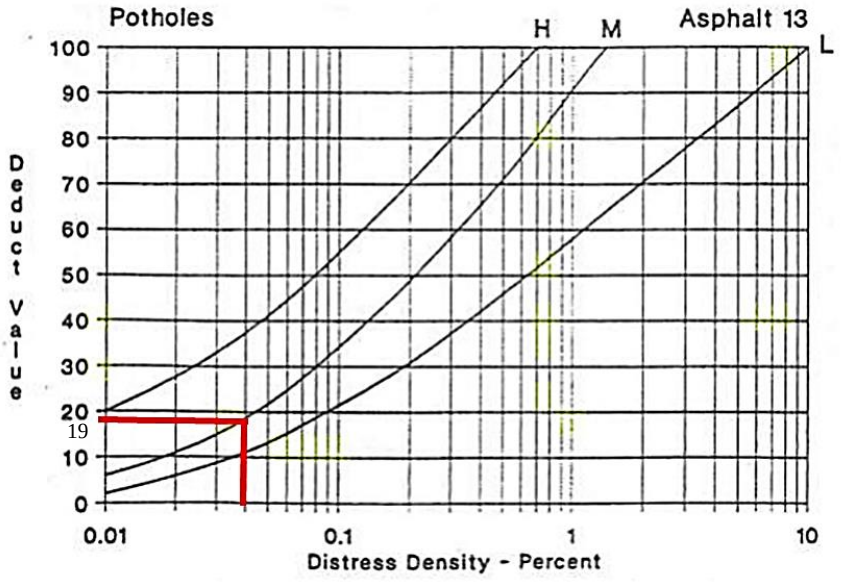
Untuk mendapatkan nilai kerapatan (*Density*) pada jenis kerusakan lubang pada tingkat kerusakan (M).

Density $= \frac{Ad}{As}$ x 100 %

$= \frac{0.24}{600}$ x 100 %

= 0,04 %

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai *density* sebesar 0.04%. Setelah mendapatkan nilai *density* kemudian dimasukan kedalam grafik *deduct value* untuk memperoleh nilai pengurangan (*Deduct Value*) dapat dilihat dalam Gambar 5.4 berikut ini



Gambar 5. 4 Grafik *Deduct Value* Kerusakan Lubang

Berdasarkan Gambar 5.4, didapatkan nilai *deduct value* jenis kerusakan lubang pada segmen satu sebesar 19.

c. Jenis kerusakan amblas (*Depression*)

Luas untuk jenis kerusakan amblas dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut ini.

Tabel 5. 8 Tipe Kerusaka Amblas

Jenis Kerusakan	***Severity Level***	***Total Severity* Ad (m^2)**	**Luas 1 Segmen As (m^2)**	***Density* (%)**
6	L	24,35	600	4,058

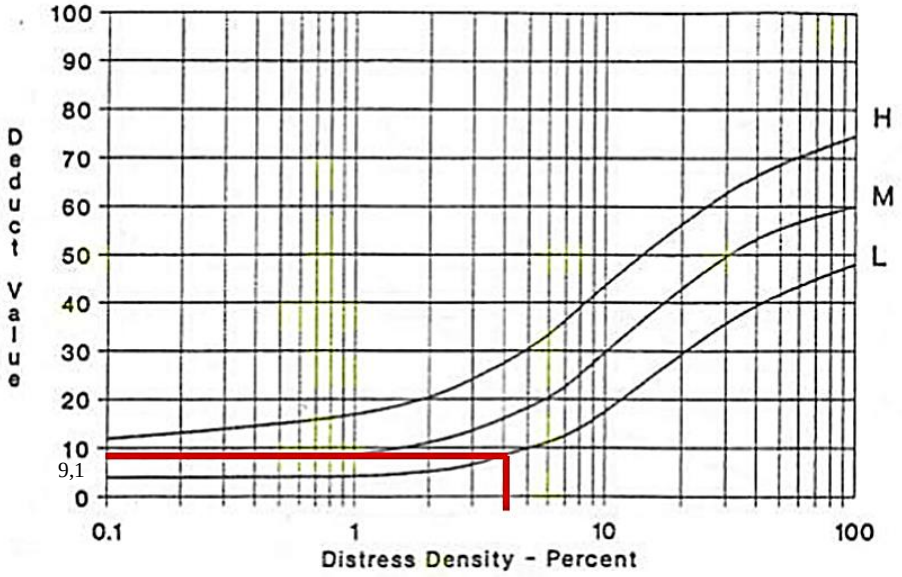
Mencari nilai untuk kerapatan (*Density*) untuk jenis kerusakan amblas pada tingkat kerusakan (L).

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

$= \frac{24{,}35}{600}$ x 100 %

= 4,058 %

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai *density* sebesar 4,058%. Setelah mendapatkan nilai *density* kemudian dimasukan kedalam grafik *deduct value* untuk memperoleh nilai pengurangan (*Deduct Value*) dapat dilihat dalam Gambar 5.5 berikut ini



Gambar 5. 5 Grafik *Deduct Value* Kerusakan Amblas

Berdasarkan pada Gambar 5.5, nilai *deduct value* jenis kerusakan amblas pada segmen satu sebesar 9,1.

d. Jenis kerusakan butiran agregat lepas (*Weathering / Raveling*)

Luas untuk jenis kerusakan agregat lepas dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut ini.

Tabel 5. 9 Tipe Kerusakan Agregat Lepas

Jenis Kerusakan	***Severity Level***	***Total Severity* Ad (m^2)**	**Luas 1 Segmen As (m^2)**	***Density* (%)**
18	M	47,5	600	7,917

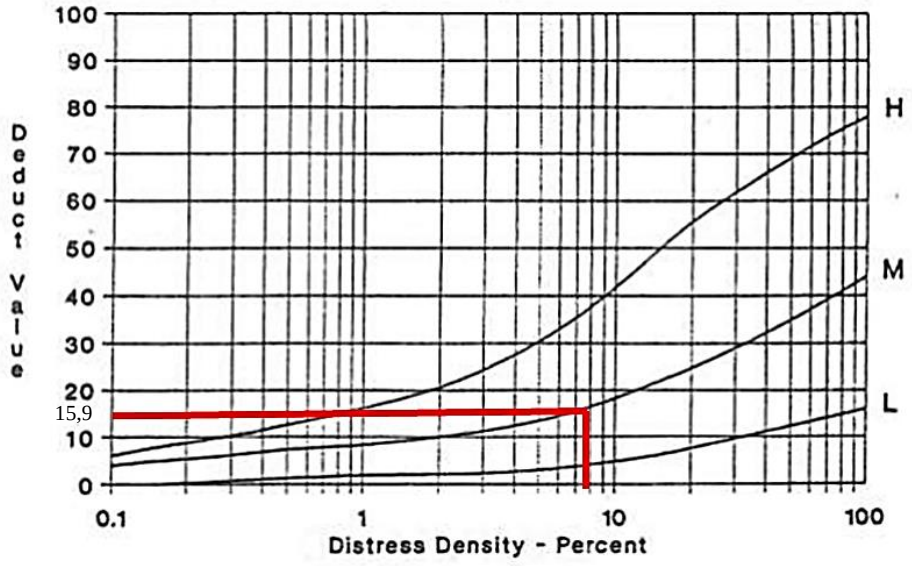
Mencari nilai untuk kerapatan (*Density*) untuk jenis kerusakan agregat lepas pada tingkat kerusakan (L).

Density $= \frac{Ad}{As}$ x 100 %

$= \frac{47,5}{600}$ x 100 %

= 7,917 %

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai *density* sebesar 7,917%. Setelah mendapatkan nilai *density* kemudian dimasukan kedalam grafik *deduct value* untuk memperoleh nilai pengurangan (*Deduct Value*) dapat dilihat dalam Gambar 5.6 berikut ini



Gambar 5. 6 Grafik *Deduct Value* Kerusakan Agrgat Lepas

Berdasarkan Gambar 5.6, nilai *deduct value* jenis kerusakan agregat lepas pada segmen satu sebesar 15,9.

e. Jenis Kerusakan Retak Kulit Buaya (*Alligator Crack*)

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan didapatkan luas untuk jenis kerusakan retak kulit buaya dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5. 10 Tipe Kerusakan Retak Kulit Buaya

Jenis Kerusakan	***Severity Level***	***Total Severity* Ad (m^2)**	**Luas 1 Segmen As (m^2)**	***Density* (%)**
1	L	26,47	600	4,412

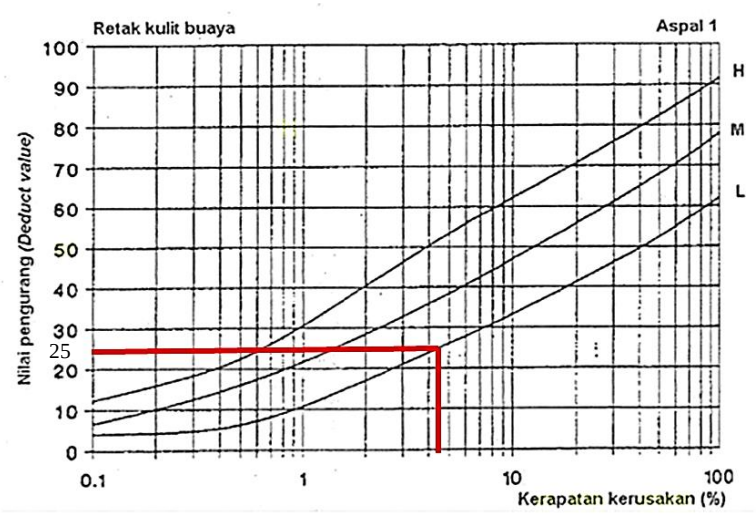
Mencari nilai untuk kerapatan (*Density*) untuk jenis kerusakan retak kulit buaya pada tingkat kerusakan (L).

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

$= \frac{26,47}{600}$ x 100 %

= 4,412 %

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai *density* sebesar 4,412%. Setelah mendapatkan nilai *density* kemudian dimasukan kedalam grafik *deduct value* untuk memperoleh nilai pengurangan (*Deduct Value*) dapat dilihat dalam Gambar 5.7 berikut ini



Gambar 5. 7 Grafik *Deduct Value* Kerusakan Retak Kulit Buaya

Berdasarkan pada Gambar 5.7, diperoleh nilai *deduct value* jenis kerusakan retak kulit buaya pada segmen satu sebesar 25.

2. Nilai Pengurang Total (Total *Deduct Value*)

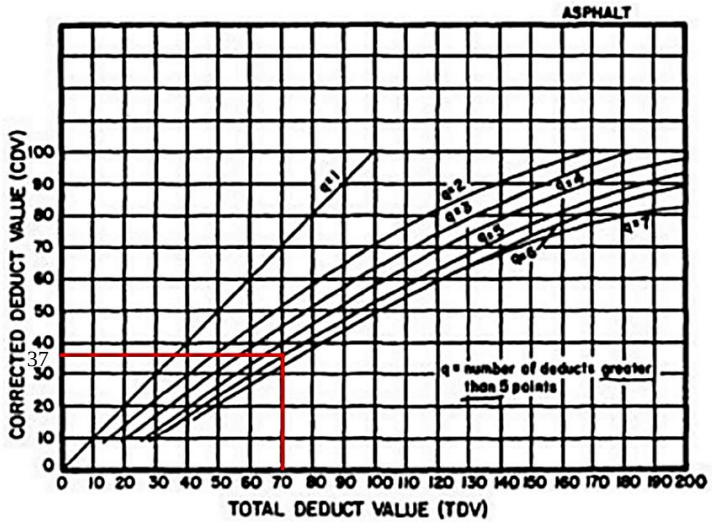
   Nilai pengurang total (Total *Deduct Value*) merupakan jumlah total dari nilai pengurang (*Deduct Value*) di setiap segmen. Nilai pengurang total ditunjukan pada Tabel 5.11 berikut ini.

Tabel 5. 11 Nilai Pengurangan Total

Jenis Kerusakan	***Severity Level***	***Deduct Value***
12	L	1
8	M	19
6	L	9,1
18	M	15,9
1	L	25
Total Deduct Value (TDV)		70

3. Nilai pengurang terkoreksi (*Corrected Deduct Value*)

   Nilai pengurang terkoreksi (*Corrected Deduct Value*) merupakan nilai yang dapat diperoleh dari kurva hubungan antara nilai pengurang total (*Total Deduct Value*) dengan nilai pengurang terkoreksi (*Corrected Deduct Value*). Berikut ini merupakan kurva pengurang terkoreksi yang dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5. 8 Kurva Hubungan TDV dengan CDV

Berdasarkan kurva hubungan di atas, diperoleh nilai CDV (*Corrected Deduct Value*) sebesar 37.

4. Menghitung nilai *Pavement Condition Index* (PCI)

   Setelah diperoleh nilai CDV (*Corrected Deduct Value*), sehingga nilai PCI untuk segmen satu dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.5 berikut ini.

   PCI = 100 – CDV

   = 100 – 37

   = 63

   Berdasarkan perhitungan nilai PCI diatas, maka didapatkan nilai PCI pada segmen satu sebesar 63 dengan *rating* baik sesuai dengan Tabel 3.17.

5.2.3 Rekapitulasi Perhitungan dengan Metode *Pavement Condition Index* (PCI)

Untuk perhitungan pada segmen yang lain dapat menggunakan analisis perhitungan seperti pada perhitungan pada segmen 1 dan *rating* nilai PCI dapat dilihat pada Tabel 3.17. Rekapitulasi perhitungan nilai PCI pada ruas Jalan Boja-Darupono Km 10+200 – 11+500 dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5. 12 Rekapitulasi Perhitungan dengan Metode PCI

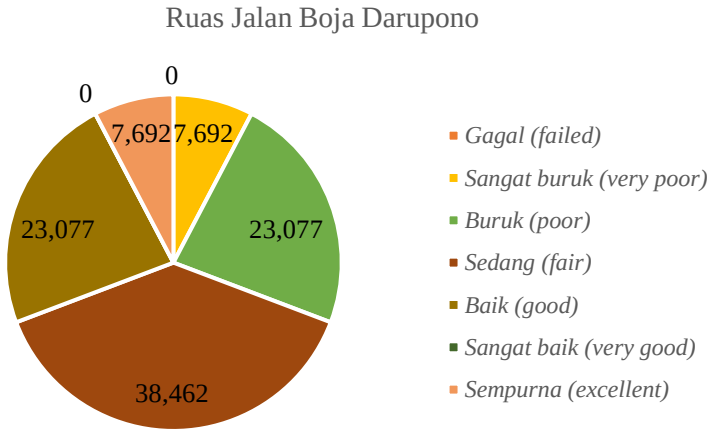
No	Segmen	PCI	*Rating*
1	1	63	Baik
2	2	61	Baik
3	3	41	Sedang
4	4	32	Buruk
5	5	30	Buruk
6	6	45	Sedang
7	7	42	Sedang
8	8	35	Buruk
9	9	21	Sangat Buruk
10	10	51	Sedang
11	11	89	Sempurna
12	12	55	Sedang
13	13	68	Baik

Berikut ini merupakan persentase *rating* berdasarkan nilai PCI yang sudah di dapatkan pada Jalan Boja-Darupono Km 10+200 – 11+500 dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5. 13 *Presentase Rating* Berdasarkan Nilai PCI

Rating	Jumlah Segmen	Presentase (%)
Gagal (*failed*)	0	0
Sangat buruk (*very poor*)	1	7,692
Buruk (*poor*)	3	23,077
Sedang (*fair*)	5	38,462
Baik (*good*)	3	23,077
Sangat baik (*very good*)	0	0
Sempurna (*excellent*)	1	7,692
Jumlah Total	13	100

Adapun diagram persentase kategori nilai PCI pada Ruas Jalan Boja Darupono dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut ini.



Gambar 5. 9 Diagram *Persentase Rating* Nilai PCI

Berdasarkan perhitungan nilai *density* yang telah dilakukan, sehingga dapat diketahui jenis kerusakan yang dominan terjadi pada Jalan Boja-Darupono Km 10+200 – 11+500 adalah jenis kerusakan retak kulit buaya (*alligator cracking*) dengan nilai rerata *density* 2,60% dan jenis kerusakan pelapukan dan butiran lepas

(*Weathering / Raveling)* dengan nilai rerata *density* 2,56%. Berikut ini merupakan jenis kerusakan yang teridentifikasi dan nilai *density* pada Jalan Boja-Darupono Km 10+200 – 11+500 ditunjukan pada Tabel 5.14.

Tabel 5. 14 Jenis Kerusakan yang Teridentifikasi

Segmen	**Jenis Kerusakan Yang Teridentifikasi dan Nilai *Density* (%)**								
	1	**4**	**6**	**7**	**8**	**12**	**14**	**15**	**18**
1	4,41		4,06		0,04	6,18			7,92
2	5,84		1,79		0,08	5,94			
3	4,75		1,72		0,58			2,73	4,20
4	0,97		0,93		0,23			4,18	1,76
5	6,25				0,36	2,29		3,97	
6	1,37		0,70		0,56	3,87		0,97	
7	0,68		0,52		0,13		2,89		
8	0,45		2,05		0,53		0,69		4,35
9	2,36	3,00			0,36		1,60		4,51
10	4,35		2,64		0,14				3,78
11	0,40			1,07			0,69		2,81
12	1,03		6,48		0,15		0,46		2,78
13	0,91		6,62		0,04		0,78		1,14
Total Density (%)	33,77	3,00	27,49	1,07	3,18	18,28	7,11	11,85	33,23
Rata Rata Density (%)	2,60	0,23	2,11	0,08	0,24	1,41	0,55	0,91	2,56

dengan:

1 : Retak kulit buaya (*Alligator Cracking*)

4 : Benjol dan turun (*Bump And Sags*)

6 : Amblas (*Depression*)

7 : Retak pinggir (*Edge Cracking*)

8 : Lubang (*Pothole*)

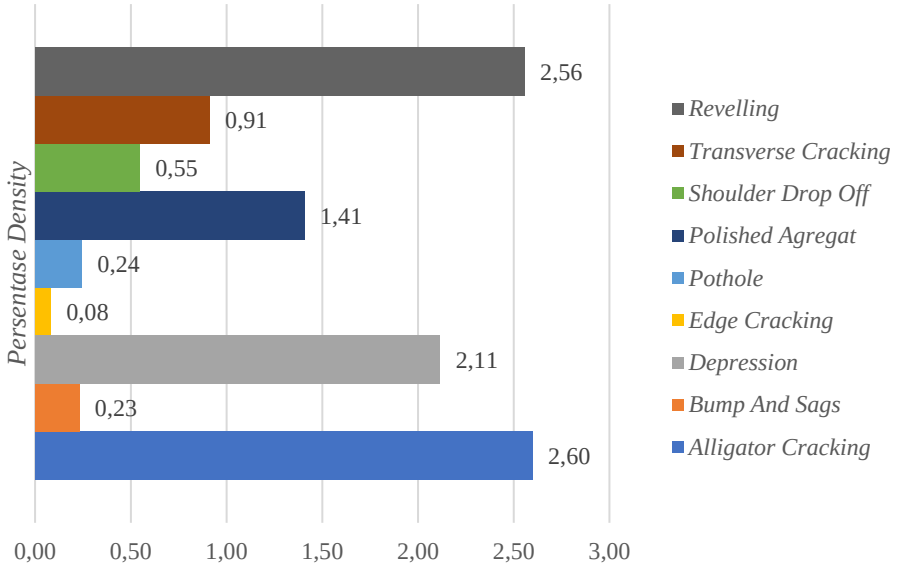
12 : Agregat licin (*Polished Agregat*)

14 : Bahu jalan turun (*Lane/ Shoulder Drop Off*)

15 : Retak memanjang/melintang (*Longitudinal / Transverse Cracking*)

18 : Pelepasan butir agregat (*Weathering/Revelling*)

Adapun diagram rekapitulasi kerusakan berdasarkan nilai density dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5. 10 Diagram Nilai *Density*

5.2.4 Pembahasan

Berdasarkan survei dan analisis yang telah dilakukan pada ruas Jalan Boja-Darupono Km 10+200 – 11+500 teridentifikasi jenis jenis kerusakan antara lain retak kulit buaya (*alligator cracking*), benjol dan turun (*bump and sags*), amblas (*depression*), retak pinggir (*edge cracking*), lubang (*pothole*), agregat licin (*polished agregat*), bahu jalan turun (*lane/ shoulder drop off*), retak memanjang/melintang (*longitudinal / transverse cracking*), elepasan butir agregat (*weathering/revelling*).

Kerusakan yang dominan terjadi pada Jalan Boja-Darupono Km 10+200 – 11+500 adalah jenis kerusakan retak kulit buaya (*alligator cracking*) dengan nilai rerata *density* 2,60% dan jenis kerusakan pelapukan dan butiran lepas (*Weathering / Raveling)* dengan nilai rerata *density* 2,56%. Dan didapatkan nilai PCI tertinggi

terjadi pada segmen 11 sebesar 89 sehingga termasuk dalam keadaan jalan sempurna (*excellent*), dan didapatkan nilai PCI terendah terjadi pada segmen 9 dengan nilai PCI sebesar 21 sehingga termasuk dalam keadaan jalan sangat buruk (*very poor*).

Secara keseluruhan berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada ruas Jalan Boja-Darupono Km 10+200 – 11+500, didapatkan nilai rerata PCI 48,692 sehingga masuk dalam keadaan jalan sedang (*fair*).Sehingga penanganan perbaikan sesuai pada Gambar 3.8 yang harus dilakukan yaitu penambahan lapisan (*overlay*), supaya kondisi jalan tidak bertambah parah.

Kerusakan yang terjadi pada ruas Jalan Boja-Darupono Km 10+200 – 11+500 dikarenakan jalan tersebut menjadi salah satu jalan alternatif Kendal Magelang dan merupakan jalan utama penghubung Kecamatan Kaliwungu dan Kecamatan Boja, sehingga beban kendaraan yang melintasi ruas jalan tersebut melebihi batas beban seharusnya.

5.3 Nilai Tebal Overlay Menggunakan Metode Bina Marga 1987

Berikut ini langkah langkah menentukan nilai tebal *overlay* minimum mengunakan metode Bina Marga 1987, dikarenakan untuk mengunakan metode Bina Marga terbaru data data yang dibutuhkan tidak ada, sehingga disesuaikan dengan kondisi dilapangan yaitu mengunakan metode Bina Marga 1987.

5.3.1 Perhitungan Lapis Tambahan Perkerasan (*Overlay*)

1. Koefisien distribusi kendaraan (C)

   Pada ruas jalan Boja Darupono terdapat 1 lajur dua arah sehingga koefisien distribusi arah kendaraan pada jalan Boja Darupono sebesar 1,00, yang dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut ini.

Tabel 5. 15 Koefisien Distribusi Arah Kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan*		Kendaraan Berat**	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1 lajur	1.00	1.00	1.00	1.00
2 lajur	0.60	0.50	0.70	0.50
3 lajur	0.40	0.40	0.50	0.475
4 lajur	-	0.30	-	0.45
5 lajur	-	0.25	-	0.425
6 lajur	-	0.20	-	0.40

Sumber : Bina Marga (1987)

2. Angka ekivalen sumbu kendaraan (E)

   Angka ekivalen berdasarkan Bina Marga 1987 dapat dilihat pada Tabel 3.19.

3. Lintas ekivalen

   Dari data yang sudah di peroleh yaitu.

   UR = 10 Tahun

   i = 3,5 %

   FP = 1

   Maka dilakukan perhitungan sesuai dengan persamaan 3.7, 3.8, 3.9, dan 3.10, seperti di bawah ini.

   LEP = Σ LHRj x Cj x Ej

   = 3730,774 x 1 x 0,0005

   = 1,865

   LEA = Σ LHRj $(1+i)^{UR}$ x Cj x Ej

   = 3730,774 x $(1+3{,}5\%)^{10}$ x 1 x 0,0005

   = 2,631

   LET = $\frac{\text{LEP+LEA}}{2}$

   = $\frac{1{,}865+2{,}631}{2}$

   = 2,248

   LER = LET X FP

   = 2,248 x 1

   = 2,246

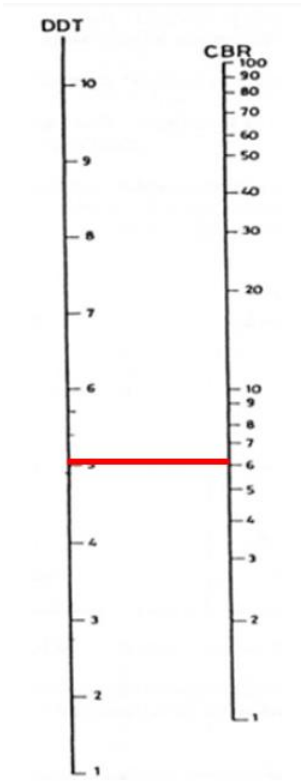
Sehingga diperoleh hasil dari perhitungan lintas ekivalen seperti yang tertera pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5. 16 Hasil Perhitungan Lintas Ekivalen

No	Jenis Kendaraan	Koefisien Distribusi (C)	Lintas Ekivalen			
			LEP	LEA	LET	LER
1	Mobil	1	1,865	2,631	2,248	2,248
2	Opelet, Pick-Up-Opelet, Suburban,Combi, Mini Bus	1	196,402	277,044	236,723	236,723
3	Pick-Up, Micro Truk dan Mobil Hantran	1	76,260	107,572	91,916	91,916
4	Bus Kecil	1	51,445	72,569	62,007	62,007
5	Bus Besar	1	135,991	191,829	163,910	163,910
6	Truk Ringan 2 Sumbu	1	60,524	85,375	72,949	72,949
7	Truk Sedang 2 Sumbu	1	831,475	1172,878	1002,176	1002,176
8	Truk 3 Sumbu	1	963,629	1359,294	1161,462	1161,462
9	Truk Gandeng	1	326,420	460,447	393,434	393,434
10	Truk Semi Trailer	1	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah			2644,011	3729,639	3186,825	3186,825

4. Daya dukung tanah dasar (DDT)

   Nilai daya dukung tanah (DDT) terhadap tebal lapisan perkerasan dihitung dengan nomogram korelasi CBR dan DDT. Adapun yang telah di peroleh dari Dinas PUPR Kabupaten Kendal sebesar 6% sehingga di dapatkan nilai DDT sebesar 5 (lima). Seperti pada Gambar 5.11 berikut ini.



Gambar 5. 11 Penilaian Korelasi antara DDT dan CBR

(Sumber : Bina Marga, 1987)

5. Faktor regional

Berdasarkan data yang sudah diperoleh pada ruas Jalan Boja Daruponi tergolong kelandaian II (6 – 10%), memiliki iklim <900 mm/th dan kendaraan berat yang melalui ≤ 30%, sehingga di dapatkan nilai faktor regional sebesar 1,0 seperti pada Tabel 5.17 berikut.

Tabel 5. 17 Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I (<6%)		Kelandaian II (6 - 10%)		Kelandaian III (> 10%)	
	% Kedaraan Berat		% Kedaraan Berat		% Kedaraan Berat	
	≤ 30%	≤ 30%	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%
Iklim I < 900 mm/th	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklim I > 900 mm/th	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,5 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

Sumber : Bina Marga (1987)

6. Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan awal (Ipo) di tentukan dari jenis lapis permukaan yang digunakan, pada ruas jalan Boja Darupono lapis permukaan yang digunakan adalah laston sehingga nilai Ipo yang diperoleh sebesar 4,00, seperti pada Tabel 5.18 di bawah ini.

Tabel 5. 18 Nilai IPo terhadap Jenis Lapis Permukaan

Jenis Lapis Permukaan	Ipo	Roughness (mm/km)
Laston	≥ 4 3,9–3,5	≤ 1000 <1000
Lasbutag	3,9-3,5 3,4–3,0	≤ 2000 >2000
HRA	3,9-3,5 3,4–3,0	≤ 2000 >2000
Burda	3,9-3,5	≤ 2000
Burtu	3,4-3,0	≤ 2000
Lapen	3,4-3,0 2,9-2,5	≤ 3000 >3000
Latasbum	2,9-2,5	
Buras	2,9-2,5	
Latasir	2,9-2,6	
Jalan Tanah	≤ 2,4	
Jalan Kerikil	≤ 2,5	

Sumber : Bina Marga (1987)

Sedangkan dari nilai LER yang telah diperoleh pada Tabel 5.17 maka dapat ditentukan nilai indeks permukaan akhir (IPt) sebesar 2,0, seperti pada Tabel 5.19 berikut ini.

Tabel 5. 19 Indeks Permukaan Akhir (IPt)

LER	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
<10	1,0-1,5	1,5	1,5-2,0	-
10-100	1,5	2,5-2,0	2,0	-
100-1000	1,5- 2,0	2,0	2,0-2,5	-
>1000	-	2,0-2,5	2,5	2,5

Sumber : Bina Marga (1987)

7. Indeks tebal perkerasan (ITP)

   Nilai indeks tebal perkerasan (ITP) dapat di dapatkan berdasarkan data data di bawah ini.

   LER = 3186,825

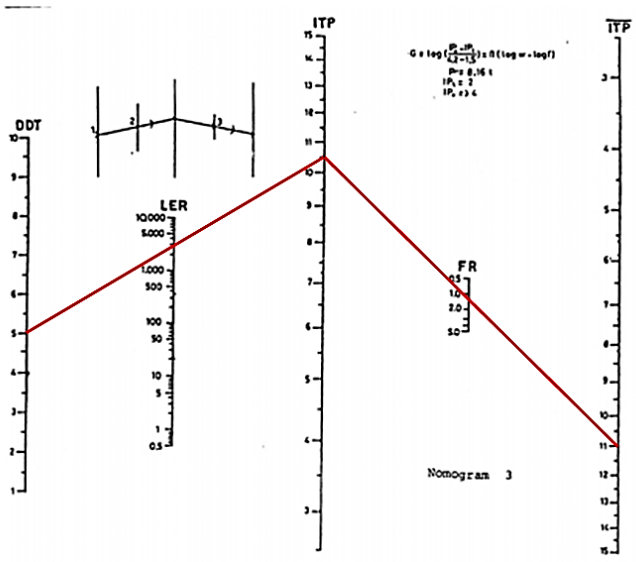
   FR = 1,5

   DDT = 5,0

   IPo = 4,0

   IPt = 2,0

   Berikut ini merupakan nomogram ITP perkerasan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 5.12.



Gambar 5. 12 Nomogram ITP Perkerasan

   Berdasarkan pada Gambar 5.12 maka di dapatkan nilai ITP pada ruas jalan Boja Darupono sebesar 11.

8. Tebal minimum penambahan lapis perkerasan (*overlay*)

   Nilai a1 (koefisien kekuatan relatif) diperoleh dari tabel 3.23. Dari data yang sudah diperoleh maka dapat dilakukan perhitungan penambahan lapis perkerassan (*overlay*) seprti di bawah ini.

   Lapis Permukaan = 50% x 4 x 0,4 = 0,8

   Lapis Pondasi Atas = 90% x 6 x 0,28 = 1,512

   Lapis Pondasi Bawah = 100% x 30 x 0,12 = 3,6

a1 (koefisien kekuatan relatif) = 0,40 (*laston*)

∑ITP = 5,912

Sehingga minimim tebal lapis perkerasan sampai umur rencana 10 tahun adalah.

ΔITP = ITP_{2022} − ITP

= 11 – 5,912

= 5,088

ΔITP = a1 x D1

D1 = $\frac{\Delta ITP}{a1}$

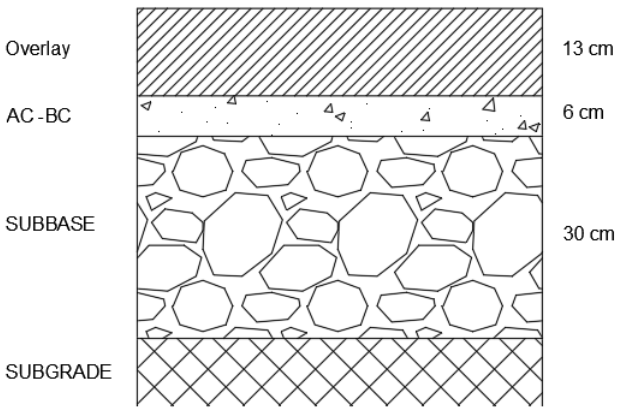
= $\frac{5,088}{0,4}$

= 12,72 ≈ 13 cm

5.3.2 Pembahasan

Dari analisis dan perhitungan yang telah dilakukan maka di dapatkan tebal minimum lapis tambahan (*overlay*) sebesar 13 cm. Sehingga dapat dilihat susunan tebal struktur lapis perkerasan dengan penambahan overlay pada ruas jalan Boja Darupono dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut ini.

a. Lapis *AC – WC (Overlay)* : 13 cm (laston)
b. Lapis *AC - Base* : 6 cm (laston)
c. *Subbase* : 30 cm (batu pecah)



Gambar 5. 13 Struktur Lapis Perkerasan setelah *Overlay* Metode Bina Marga 1987

5.4 Analisis Nilai Tegangan dan Regangan Berdasarkan Metode *KENPAVE*

Data yang digunakan untuk mengevaluasi perkerasan pada ruas jalan Boja – Darupono, yaitu nilai tebal perkerasan yang di peroleh dari Dinas PUPR Kabupaten Kendal. Dan nilai *modulus elastis* dan nilai *passion's ratio* diperoleh dari Manual Bina Marga 2017. Berikut ini adalah data untuk mengevaluasi perkerasan jalan saat kondisi eksisting dapat dilihat pada Tabel 5.20.

Tabel 5. 20 Data Lapis Perkerasan Kondisi Eksisting

Lapis Perkerasan	***Modulus Elastis* E (Kpa)**	***Passion's Ratio* ų**	**Tebal Perkerasan (cm)**
AC - WC	535612	0,194768	4
AC – Base	779072	0,194768	6
Subbase	243.46	0,097384	30
Subgrade	30091.656	0,170422	-

Berikut ini adalah data data untuk mengevaluasi perkerasan jalan saat kondisi *overlay* dapat dilihat pada Tabel 5.22.

Tabel 5. 21 Data Lapis Perkerasan Kondisi *Overlay*

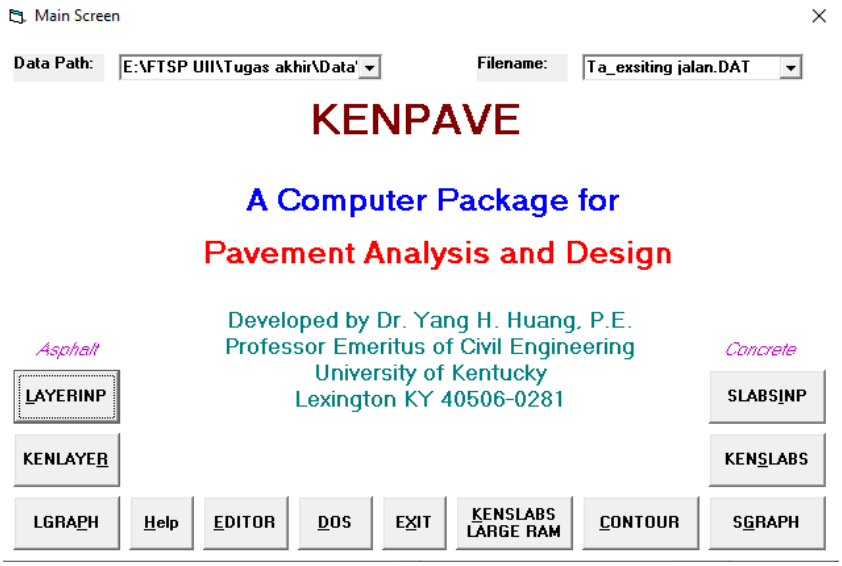
Lapis Perkerasan	***Modulus Elastis* E (Kpa)**	***Passion's Ratio* ų**	**Tebal Perkerasan (cm)**
AC - WC	1100000	0,4	13
AC – Base	1600000	0,4	6
Subbase	500	0,2	30
Subgrade	61800	0,35	-

5.4.1 Analisis Mengunakan Progam *KENPAVE*

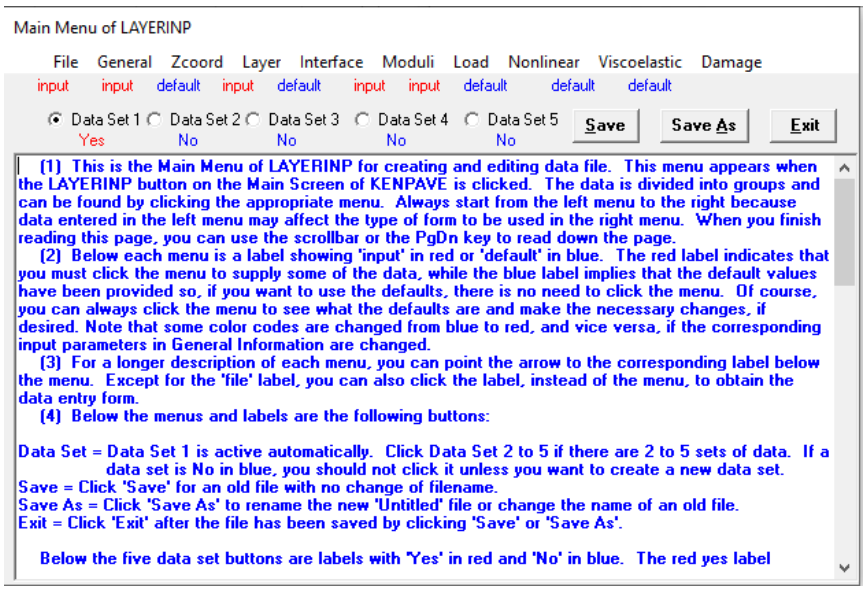
Berikut ini merupakan langkah langkah analisis tegangan regangan pada Jalan Boja Darupono mengunakan progam *KENPAVE* pada kondisi eksisting.

1. *Layernip*

Untuk memulai input data, buka progam *KENPAVE* kemudian klik menu pada bagian *LAYERNIP* seperti pada Gambar 5.14 dan Gambar 5.15 berikut ini.



Gambar 5. 14 Menu Utama Progam *KENPAVE*



Gambar 5. 15 Tampilan Menu *LAYERNIP*

Untuk melakukan input data klik pada menu *file* kemudian pilih *new*.

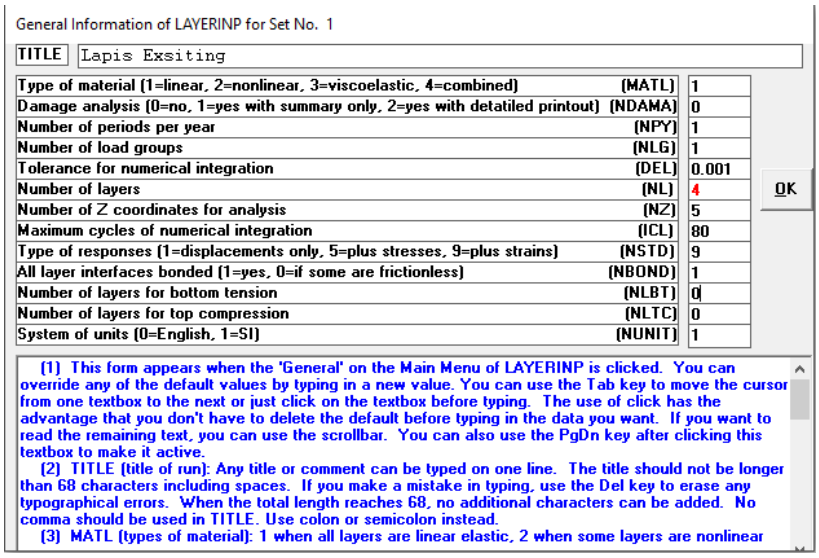
2. *General*

Pada menu *General* lakukan input data sesuai kondisi jalan yang ingin dianalisis, berikut ini nilai nilai yang diinput terdapat dalam Tabel 5.22.

Tabel 5. 22 Data *Input* Menu *General*

Istilah	Nilai	Keterangan
Title	Eksisting	Diisi sesuai dengan judul yang diinginkan
MATL	1	Lapisan perkerasan yang dianalisis adalah linier
NDAMA	0	Tidak ada analisis kerusakan
NPY	1	Mengikuti *KENPAVE*
NLG	1	Mengikuti *KENPAVE*
DEL	0.001	Standar akurasi
NL	4	Jumlah lapisan perkerasan *Hot Mix Asphalt* (HMA), *subbase* (CTB), lapis aggregat A, *subgrade*
NZ	5	Jumlah titik kerusakan yang dianalisis pada arah z
ICL	80	Mengikuti *KENPAVE*
NSDT	9	*Output* berupa *vertical displacement*, tegangan dan regangan
NBONT	1	Semua lapisan saling terikat
NLBT	0	
NLCT	0	
NUNIT	1	Satuan yang digunakan adalah Standar Internasional (SI)

Berikut ini merupakan tampilan menu *General* pada progam *KENPAVE* yang dapat dilihat pada Gambar 5.16.



Gambar 5. 16 Data Input pada Menu *General*

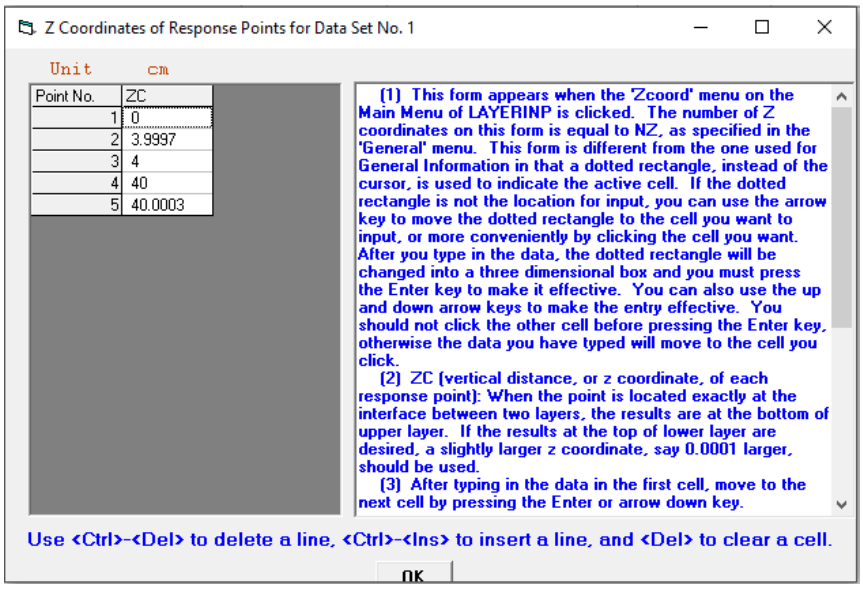
3. *Zcoord*

   Jumlah titik pada menu *Zcoord* merupakan jumlah titik kerusakan yang dianalisis pada arah Z. Titik yang ditinjau pada analisis kali ini ada 5 dapat dilihat pada Tabel 5.23.

Tabel 5. 23 Titik Tinjau pada Menu *Zcoord*

No	Kedalaman (cm)	Keterangan
1	0.0000	Lapis Permukaan
2	3,9997	Titik tinjau 1 atau titik letak untuk kerusakan *fatigue cracking* (retak lelah)
3	4,000	Dasar Lapis Pondasi
4	40,000	Dasar Subgrade
5	40,0003	Titik tinjau 2 atau titik letak kerusakan *deformation*

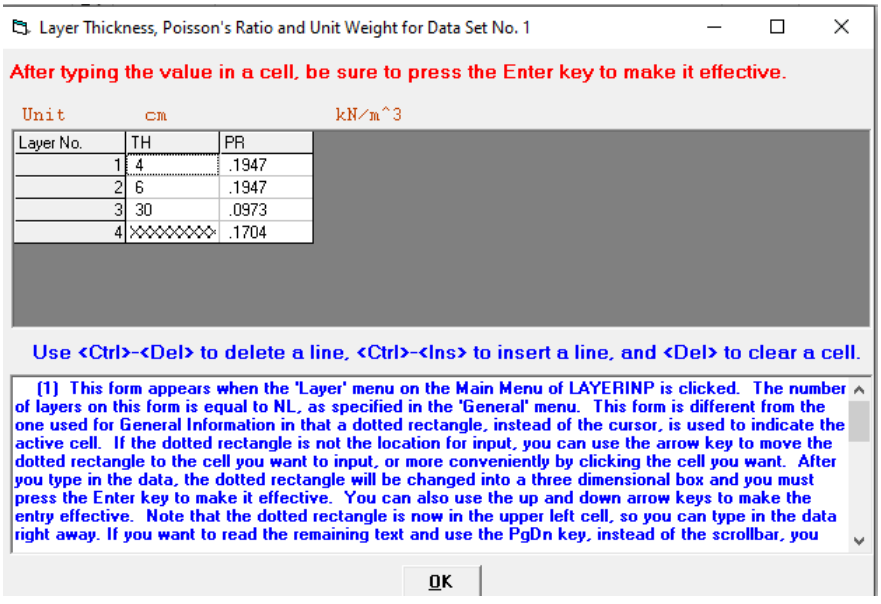
Berikut ini merupakan tampilan pada menu *Zcoord* dapat dilihat dalam Gambar 5.17.



Gambar 5. 17 Data *Input* pada Menu *Zcoord*

4. *Layer*

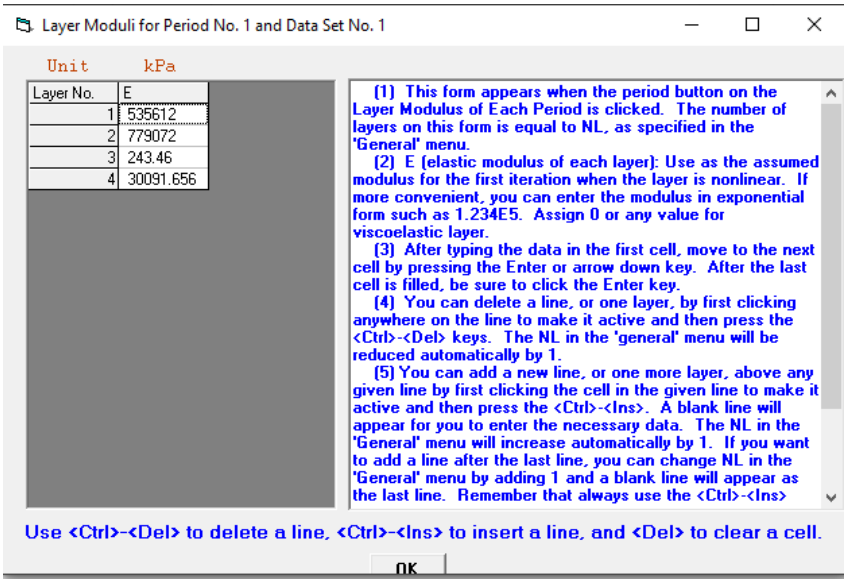
Dalam menu *Layer* parameter yang dapat diinput adalah tebal perkerasan dan nilai *Poisson Ratio*. Tebal perkerasan didapatkan dari hasil desain yang sudah ada, dan nilai *Poisson Ratio* di dapatkan dari Manual Bina Marga 2017 dapat dilihat dalam Tabel 5.20. Berikut ini tampilan pada menu *Layer* dapat dilihat dalam Gambar 5.18.



Gambar 5. 18 Data *Input* pada Menu *Layer*

5. *Moduli*

Pada menu *Moduli* parameter yang diinput adalah nilai *modulus elastis* pada masing masing perkerasan. Nilai *modulus elastis* diapatkan dari Manual Desain Perkerasan Jalan tahun 2017 yang dapat dilihat pada Tabel 5.20. Berikut ini tampilan menu *Moduli* dapat dilihat dalam Gambar 5.19.



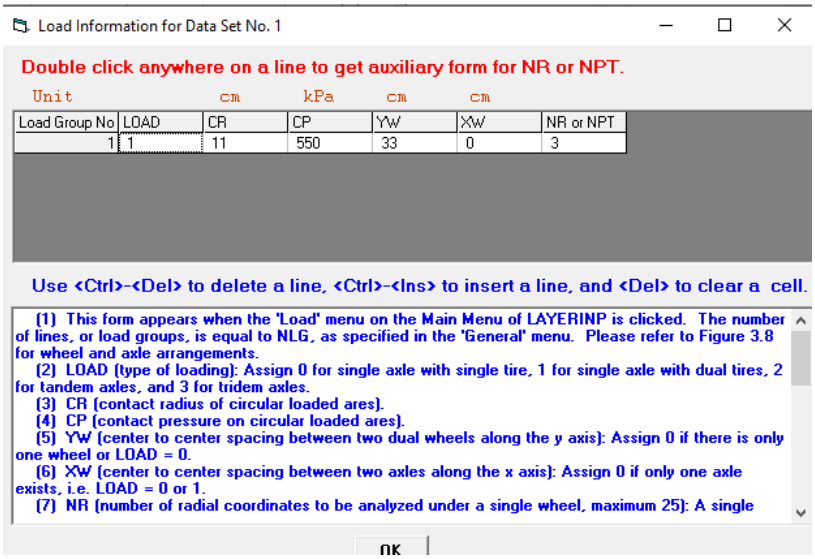
Gambar 5. 19 Data *Input* pada Menu *Moduli*

6. *Load*

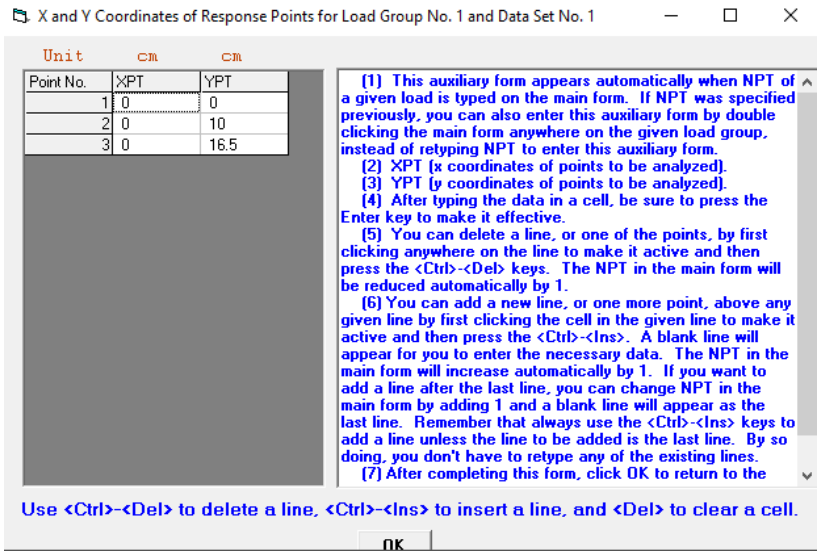
Pada menu *Load* diperlukan data kondisi beban, kondisi beban dapat dilihat pada Gambar 3.28. Berikut ini *input* data pada menu *Load*.

a. *Load* : 1 (*single axle load*), menggunakan beban sumbu standar sebesar 8,16 ton.
b. *CR* : 11 cm (berdasarkan pada nilai jarak antar ban)
c. *CP* : 550 kPa (berdasarkan pada nilai tekanan ban)
d. *YW* : 33 cm (jarak antar roda pada arah Y)
e. *XW* : 0 cm (jarak antar roda pada arah X)
f. *NPT* : 3

Pada nilai *NPT* 3 dikarenakan terdapat 3 pengulangan pada beban dengan tinjauan yang berbeda. Berikut ini tampilan pada menu *Load* dapat dilihat dalam Gambar 5.20 dan Gambar 5.21.



Gambar 5. 20 Data *Input* pada Menu *Load*



Gambar 5. 21 Data *Input* pada Menu *NPT*

Setelah menyelesaikan input data, simpan data dan kembali ke menu utama program *KENPAVE*. Kemudian pilih menu *KENLAYER* agar data dijalankan (*run*)

sehingga mendapatkan nilai tegangan dan regangan. Selanjutnya pilih menu editor yang ada pada tampilan awal program, kemudian buka nama file untuk melihat hasilnya.

5.4.2 Hasil Program *KENPAVE* Menggunakan *KENLAYER*

Output dari hasil analisis dengan sub progam *KENLAYER* yaitu nilai tegangan dan regangan pada perkerasan jalan lentur. Output repetisi beban pada setiap ketebalan lapisan perkerasan lentur dalam kondisi *eksisting* dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut.

Tabel 5. 24 Nilai *Vertical Strain* dan *Horizontal Strain* pada Kondisi *Eksisting*

Kondisi *Eksisting* Jalan			
No. Koordinat	*Vertical Strain* pada kedalaman 3,9997 cm	*Horizontal Strain* pada kedalaman 3,9997 cm	*Vertical Strain* pada kedalaman 40,0003 cm
1	0,0001168	0,0009424	0,0004498
2	0,0000923	0,0008536	0,0004646
3	0,0005372	0,0008468	0,0004679
Nilai Maksimum	0,0005372	0,0009424	0,0004679

Berdasarkan data pada Tabel 5.24, didapatkan nilai regangan tarik atau nilai *horizontal principal strain* di bawah lapisan permukaan atau HMA sebesar 0,0009424 untuk analisis *fatigue cracking*. Kemudian diperoleh nilai regangan tekan di bawah pondasi bawah atau nilai *vertical strain* sebesar 0,0005372 untuk analisis *rutting* dan nilai *vertical strain* sebesar 0,0004679 untuk analisis *deformation*.

Setelah nilai tegangan dan regangan diperoleh, kemudian dilakukan analisis untuk kerusakan *fatigue craking, rutting* dan *permanent deformation*. Analisis ini digunakan untuk mementukan jumlah repitisi beban dengan menggunakan Persamaan 3.13 sampai dengan Persamaan 3.15. Berikut ini merupakan perhitungan fungsi transfer (*transfer function*) untuk nilai Nf, Nr dan Nd.

1. Jumlah repitisi beban berdasarkan kerusakan *fatigue craking*

Nf $= 0{,}0796\ (\varepsilon t)^{-3{,}921} |E|^{-0{,}854}$

$= 0{,}0796\ (0{,}0009424)^{-3{,}921} |1600000|^{-0{,}854}$

= 292831,6939 ESAL

2. Jumlah repitisi beban berdasarkan kerusakan *rutting*

Nr = $1{,}365\ x\ 10^{-9}(\varepsilon c)^{-4{,}47}$

= $1{,}365\ x\ 10^{-9}(0{,}0005372)^{-4{,}47}$

= 564189,1287 ESAL

3. Jumlah repitisi beban berdasarkan kerusakan permanent deformation

Nd = $1{,}365\ x\ 10^{-9}(\varepsilon c)^{-4{,}47}$

= $1{,}365\ x\ 10^{-9}(0{,}0004679)^{-4{,}47}$

= 1046040,596 ESAL

Berikut ini merupakan output dari analisis program *KENLAYER* untuk lapis perkerasan tambahan (*overlay*) dapat dilihat dalam Tabel 5.25.

Tabel 5. 25 Nilai *Vertical Strain* dan *Horizontal Strain* pada Kondisi *Overlay*

KONDISI SETELAH OVERLAY			
No. Koordinat	Vertical Strain pada kedalaman 12,9997 cm	Horizontal Strain pada kedalaman 12,9997 cm	Vertical Strain pada kedalaman 49,0003 cm
1	0,0003342	0,0002224	0,00006211
2	0,0002809	0,0002236	0,00006334
3	0,0002391	0,000219	0,00006282
Nilai Maksimum	0,0003342	0,0002236	0,00006334

Berdasarkan data pada Tabel 5.26, didapatkan nilai regangan tarik atau nilai *horizontal principal strain* di bawah lapisan permukaan atau HMA sebesar 0,0002236 untuk analisis *fatigue cracking*. Kemudian diperoleh nilai regangan tekan di bawah pondasi bawah atau nilai *vertical strain* sebesar 0,0003342 untuk analisis *rutting* dan nilai *vertical strain* sebesar 0,00006334 untuk analisis *deformation*.

Setelah nilai tegangan dan regangan pada kondisi *overlay* diperoleh, kemudian dilakukan analisis untuk kerusakan *fatigue craking*, *rutting* dan *permanent deformation*. Analisis ini digunakan untuk mementukan jumlah repitisi beban dengan menggunakan Persamaan 3.13 sampai dengan Persamaan 3.15. Berikut ini merupakan perhitungan fungsi transfer (*transfer function*) untuk nilai Nf, Nr dan Nd.

1. Jumlah repitisi beban berdasarkan kerusakan *fatigue craking*

   Nf = $0{,}0796\ (\varepsilon t)^{-3{,}921}|E|^{-0{,}854}$

   = $0{,}0796\ (0{,}0002236\ )^{-3{,}921}|1600000|^{-0{,}854}$

   = 82473737,82 ESAL

2. Jumlah repitisi beban berdasarkan kerusakan *rutting*

   Nr = $1{,}365\ x\ 10^{-9}(\varepsilon c)^{-4{,}47}$

   = $1{,}365\ x\ 10^{-9}(0{,}0003342)^{-4{,}47}$

   = 4707863,254 ESAL

3. Jumlah repitisi beban berdasarkan kerusakan *permanent deformation*

   Nd = $1{,}365\ x\ 10^{-9}(\varepsilon c)^{-4{,}47}$

   = $1{,}365\ x\ 10^{-9}(0{,}00006334)^{-4{,}47}$

   = 7973182915,1572 ESAL

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

Tabel 5. 26 Analisis Beban Lalu Lintas pada Kondisi *Overlay*

Tahun Ke	CESA 4	N1,5			Sisa Umur Layan (%)		
		Fatique	*Rutting*	*Deformation*	*Fatique*	*Rutting*	*Deformation*
1	18072,431	82473737,823	4707863,254	7973182915,157	99,62	99,62	100,00
2	34922,069				99,96	99,26	100,00
3	52372,396				99,94	98,89	100,00
4	70444,827				99,91	98,50	100,00
5	89161,540				99,89	98,11	100,00
6	108545,504				99,87	97,69	100,00
7	128620,507				99,84	97,27	100,00
8	149411,183				99,82	96,83	100,00
9	170943,047				99,79	96,37	100,00
10	193242,522				99,77	95,90	100,00

5.4.3 Pembahasan

Metode mekanistik-empirik adalah metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk memperoleh nilai tegangan dan nilai regangan pada ruas Jalan

Boja Darupono, selain itu untuk memperoleh nilai sisa umur pada ruas Jalan Boja Darupono dengan menggunakan data perkerasan lapis eksisting dan data pekerasan lapis *overlay*. Pada penelitian ini menggunakan jenis pemodelan *LAYERINP* dan KENLAYER karena jenis lapisan yang telah diteliti adalah lapis perkerasan lentur. Nilai tegangan dan regangan menjadi parameter penting yang digunakan untuk melihat sejauh mana perkerasan dapat menahan beban yang bekerja di atasnya.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada perkerasan jalan eksisting mampu menampung beban repetisi sebesar 292831,6939 ESAL sampai terjadinya kerusakan *fatigue cracking*, 564189,1287 ESAL sampai terjadinya kerusakan *rutting*, dan 1046040,596 ESAL sampai terjadinya kerusakan *deformation*.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada perkerasan jalan *overlay* mampu menampung beban repetisi sebesar 82473737,82 ESAL sampai terjadinya kerusakan *fatigue cracking*, 4707863,254ESAL sampai terjadinya kerusakan *rutting*, dan 7973182915,1572 ESAL sampai terjadinya kerusakan *deformation*. Dapat dilihat dengan penambahan *overlay* pada perkerasan jalan beban repitisi dapat meningkat sehingga umur rencana perkerasan jalan dapat terpenuhi.

5.5 Analisis Umur Sisa Perkerasan (*Remaining life*)

Masa layan suatu perkerasan seharusnya habis sesuai dengan umur rencana yang sudah direncanakan, tetapi tidak bisa dipungkiri bahwa kendaraan yang melintas terkadang membawa beban yang melebihi dari ambang batas. Berikut ini adalah analisis dari umur sisa perkerasan (*remaining life*).

5.5.1 Prediksi LHR pada Tahun 2024

Berikut ini merupakan contoh perhitungan prediksi LHR pada tahun 2024. Dikarenakan penambahan lapis *overlay* akan dilaksanakan pada tahun 2024.

1. Menentukan Laju Pertumbuhan

   Berikut ini adalah data pertumbuhan kendaraan di Kabupaten Kendal dapat dilihat pada Tabel 5.27.

Tabel 5. 27 Data Pertumbuhan Kendaraan

Jenis Kendaraan	Tahun 2020	Tahun 2021
Mobil Penumpang	26207	28197
Bus	888	899
Truk	13141	13582
Sepeda Motor	480569	496698
Jumlah	520805	539376

Sumber : BPS Kabupaten Kendal (2021)

Berikut ini contoh perhitungan laju pertumbuhan lalu lintas di Kabupaten Kendal.

i $= \left(\sqrt[n]{\frac{LHRn}{LHRo}}\right) - 1\ x\ 100\%$

$= \left(\sqrt[1]{\frac{539376}{520805}}\right) - 1\ x\ 100\%$

= 3,57 %

2. Prediksi LHR Golongan 5b Pada Tahun 2024

Untuk nilai LHR Tahun 2021 pada ruasJalan Boja Darupono didapatkan dari Dinas PUPR Kabupaten Kendal yang tertera pada Tabel 5.2. Berikut ini contoh perhitungan LHRT pada tahun 2024

LHRT $= LHRO\ (1 + i)^n$

$= 242(1 + 3{,}57)^4$

= 278,399 Smp/hari

Berdasarkan perhitungan diatas maka didapatkan hasil prediksi LHR pada tahun 2024 yang dapat dilihat dalam Tabel 5.28 berikut ini.

Tabel 5. 28 LHR Prediksi pada Tahun 2024

No	Golongan	LHR (smp/hari)
1	5b	278,399
2	6a	344,524
3	6b	351,484
4	7a	83,520
5	7b	0,000
6	7c	0,000

5.5.2 Nilai Lintas Ekivalen

Berikut ini merupakan contoh perhitungan lintas ekivalen berdasarkan data LHR 2024 dengan metode Bina Marga 2017.

1. Golongan 5b

   Lintas ekivalen golongan 5b = jumlah kendaraan golongan 5b/tahun x VDF
   = 278,399 x 1
   = 278,399 ESAL/hari

2. Golongan 6a

   Lintas ekivalen golongan 6a = jumlah kendaraan golongan 6a/tahun x VDF
   = 344,524 x 0.5
   = 172,262 ESAL/hari

3. Total Lintas Ekivalen = lintas ekivalen gol.5a + lintas ekivalen gol. 5b + lintas ekivalen gol.6a + lintas ekivalen gol.7a + lintas ekivalen gol. 7b + lintas ekivalen gol. 7c
   = 0 + 278,399 + 172,262 + 1792,57 + 534,525 + 0+0
   = 2777,757 ESAL/hari

Hasil perhitungan Lintas Ekivalen pada tahun 2024 dapat dilihat pada Tabel 5.29 berikut ini.

Tabel 5. 29 Lintas Ekivalen Tahun 2024

No	Golongan	VDF 4	LHR (smp/hari)	Lintas Ekivalen (ESAL/hari)
1	5b	1	278,399	278,3988
2	6a	0,5	344,524	172,2622
3	6b	5,1	351,484	1792,57
4	7a	6,4	83,520	534,5258
5	7b	13	0,000	0
6	7c	9,7	0,000	0
Total Lintas Ekivalen				5349,084

Nilai ekivalen pada tahun selanjutnya diperoleh dengan menggunakan perhitungan yang sama seperti perhitungan sebelumnya dengan umur rencana 10 tahun, terhitung dari tahun 2024-2034. Nilai lintas ekivalen pada tahun selanjutnya dapat dilihat dalam Tabel 5.30 berikut ini.

Tabel 5. 30 Rekapitulasi Lintas Ekivalen Tahun 2024 - 2034

Tahun	Lintas Ekivalen (ESAL/hari)
2024	2777,757
2025	2589,812
2026	2682,138
2027	2777,757
2028	2876,784
2029	2979,341
2030	3085,554
2031	3195,554
2032	3309,476
2033	3427,459

5.5.3 Perhitungan Nilai W_{18}

Perhitungan nilai W_{18} pada kondisi lapis perkerasan menggunakan Persamaan 3.18 dengan data yang diperlukan yaitu jumlah LHR, nilai VDF, nilai DD, nilai DL dan nilai faktor pertumbuhan lalu lintas (i). Nilai DD digunakan 0,5 karena pada ruas Jalan Boja Darupono memiliki jalur 2 arah, sedangkan untuk nilai DL digunakan 1 karena jumlah lajur setiap arah adalah 1. Nilai untuk faktor pertumbuhan lalu lintas mengunakan nilai 3.57% yang diperoleh dari perhitungan eksponen. Sehingga untuk perhitungan nilai W_{18} sebagai berikut.

1. Nilai W_{18} Tahun 2024

   W_{18} = Lintas Ekivalen x 365 x DD x DL x i

   = (2777,757) x 365 x 0,5 x 1 x 3,57%

   = 18072,431 ESAL

2. Nilai W_{18} Tahun 2025

   W_{18} = Lintas Ekivalen x 365 x DD x DL x i

   = (2589,812) x 365 x 0,5 x 1 x 3,57%

   = 16849,637 ESAL

Hasil dari perhitungan nilai W_{18} berdasarkan metode Bina Marga 2017 dapat dilihat dalam Tabel 5.31 berikut.

Tabel 5. 31 Rekapitulasi Perhitungan Nilai W_{18}

Tahun	Lintas Ekivalen	W_{18}	$\sum W_{18}$
	(ESAL/hari)	ESAL	ESAL
2024	2777,757	18072,431	18072,431
2025	2589,812	16849,637	34922,069
2026	2682,138	17450,327	52372,396
2027	2777,757	18072,431	70444,827
2028	2876,784	18716,713	89161,540
2029	2979,341	19383,964	108545,504
2030	3085,554	20075,003	128620,507
2031	3195,554	20790,676	149411,183
2032	3309,476	21531,864	170943,047
2033	3427,459	22299,475	193242,522

5.5.4 Analisis Umur Sisa Perkerasan (*Remaining Life*)

Perhitungan nilai umur sisa perkerasan (*remaining life*) menggunakan Persamaan 3.19. Berikut ini contoh perhitungan *remaining life* pada tahun 2024.

Np = $\sum W_{18}$ tahun 2024 = 18072,431 ESAL

$N_{1,5}$ = $\sum W_{18}$ tahun 2034 = 193242,522 ESAL

RL = $100\left[1-\left(\frac{NP}{N1,5}\right)\right]$

= $100\left[1-\left(\frac{18072,431}{193242,522}\right)\right]$

= 90,65 %

Hasil perhitungan *remaining life* pada tahun tahun berikutnya dapat dilihat dalam Tabel 5.32 berikut.

Tabel 5. 32 Rekapitulasi Perhitungan *Remaining Life*

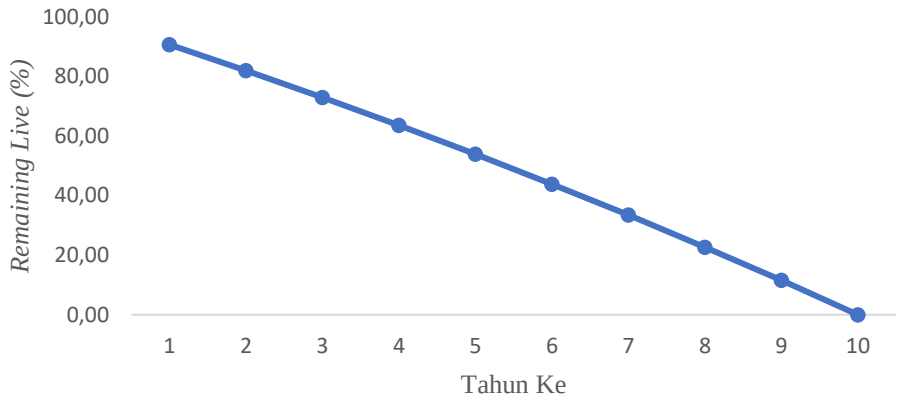
Tahun	Lintas Ekivalen	W18	∑W18	*Remaining Life*
	(ESAL/hari)	ESAL	ESAL	%
2024	2777,757	18072,431	18072,431	90,65
2025	2589,812	16849,637	34922,069	81,93
2026	2682,138	17450,327	52372,396	72,90
2027	2777,757	18072,431	70444,827	63,55
2028	2876,784	18716,713	89161,540	53,86
2029	2979,341	19383,964	108545,504	43,83
2030	3085,554	20075,003	128620,507	33,44

Lanjutan Tabel 5.32 Rekapitulasi Perhitungan *Remaining Life*

Tahun	Lintas Ekivalen (ESAL/hari)	W18 ESAL	∑W18 ESAL	*Remaining Life* %
2031	3195,554	20790,676	149411,183	22,68
2032	3309,476	21531,864	170943,047	11,54
2033	3427,459	22299,475	193242,522	0,00

5.5.5 Pembahasan

Berdasarkan Tabel 5.31 diperoleh grafik persentase *remaining life* pada kondisi perkerasan ruas Jalan Boja Darupono berdasarkan data LHR 2024. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.22.



Gambar 5. 22 Grafik Nilai Umur Sisa Perkerasan

Banyak faktor yang menjadi penyebab kerusakan jalan sehingga membuat sisa umur layan pada perkerasan sulit diprediks. Dan setiap perkerasan tentunya memiliki umur layannya masing-masing. Berdasarkan Gambar 5.20 dapat dilihat bahwa nilai sisa umur perkerasan pada ruas Jalan Boja Darupono pada lapis perkerasan tambahan (*overlay*) pada tahun ke-2 (2025) adalah 81,93%. Pada tahun ke-10 (2033) nilai sisa umur perkerasan adalah 0% yang artinya perkerasan mampu menahan beban selama umur rencana perkerasan. Hasil penelitian ini sejalan dengan kajian yang telah dilakukan oleh Shodiq (2021) yang menyimpulkan bahwa kondisi jalan dari tahun ke tahun mengalami penurunan akibat adanya beban repitisi kendaraan yang secara berulang ulang.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan dan analisis yang telah dilakukan, hasil yang diperoleh dari penelitian evaluasi kondisi perkerasan dengan metode *Pavements Condition Index* (PCI) dan nilai sisa umur rencana dengan metode mekanistik-empirik pada Jalan Boja Darupono Sta. 10+200 – Sta. 11+500 dapat disumipulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengamatan pada ruas Jalan Boja Darupono Sta. 10+200 – Sta. 11+500 yang telah dilakukan terdapat 9 jenis kerusakan, diantaranya adalah retak kulit buaya (*alligator cracking*), benjol dan turun (*bump and sags*), amblas (*depression*), retak pinggir (*edge cracking*), lubang (*pothole*), agregat licin (*polished agregat*), bahu jalan turun (*lane/ shoulder drop off*), retak memanjang/melintang (*longitudinal / transverse cracking*), pelepasan butir agregat (*weathering/revelling*). Kerusakan yang dominan terjadi pada Jalan Boja-Darupono Km 10+200 – 11+500 adalah jenis kerusakan retak kulit buaya (*alligator cracking*) dengan nilai rerata *density* 2,60% dan jenis kerusakan pelapukan dan butiran lepas (*weathering / raveling)* dengan nilai rerata *density* 2,56%.
2. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai PCI tertinggi terjadi pada segmen 11 sebesar 89 sehingga termasuk dalam kondisi jalan sempurna (*excellent*), dan didapatkan nilai PCI terendah terjadi pada segmen 9 dengan nilai PCI sebesar 21 sehingga termasuk dalam kondisi jalan sangat buruk (*very poor*). Secara keseluruhan nilai kondisi pada perkerasan lentur ruas Boja Darupono Sta. 10+200 – Sta. 11+500 didapatkan nilai rerata PCI 48,692 sehingga masuk dalam kondisi jalan sedang (*fair*).
3. Dari analisis dan perhitungan yang telah dilakukan dengan metode Bina Marga 1987 maka di dapatkan tebal minimum lapis tambahan (*overlay*) sebesar 13 cm.

4. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada kondisi perkerasan jalan eksisting mampu menampung beban repetisi sebesar 292831,6939 ESAL sampai terjadinya kerusakan *fatigue cracking*, 564189,1287 ESAL sampai terjadinya kerusakan *rutting*, dan 1046040,596 ESAL sampai terjadinya kerusakan *deformation*. Sedangkan pada kondisi perkerasan jalan *overlay* mampu menampung beban repetisi sebesar 82473737,82 ESAL sampai terjadinya kerusakan *fatigue cracking*, 4707863,254 ESAL sampai terjadinya kerusakan *rutting*, dan 7973182915,1572 ESAL sampai terjadinya kerusakan *deformation*. Dapat dilihat dengan penambahan overlay pada perkerasan jalan beban repitisi dapat meningkat sehingga umur rencana perkerasan jalan dapat terpenuhi.
5. Berdasarkan analisis metode Bina Marga 2017 diperoleh nilai sisa umur untuk perkerasan lapis *overlay* pada tahun ke-2 (2025) adalah 82,06%. Pada tahun ke-10 (2033) nilai sisa umur perkerasan adalah 0% yang artinya perkerasan mampu menahan beban selama umur rencana perkerasan.

6.2 SARAN

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan di lapangan dan analisis yang telah dilakukan oleh peneliti, terdapat beberapa saran yang dapat disampaikan sebagai berikut:

1. Pelaksaan survei kondisi jalan dengan mengunakan metode PCI harus dilakukan dengan cermat dan teliti terutama dalam menghitung dimensi dan menentukan jenis kerusakan pada permukaan jalan, hal ini bertujuan untuk mengurangi tingkat kesalahan dalam perhitungan yang disebabkan oleh kurang telitinya surveyor (*human error*) karena berpengaruh pada pembahasan, pelaksanaan survei sebaiknya dilakukan saat jam lalu lintas longar untuk meminimalisir terjadinya kesalahan dalam pengukuran.
2. Penelitian lebih lanjut diperlukan mengenai pilihan perbaikan yang lebih efisien dan efektif di antara berbagai jenis perawatan yang tersedia.

3. Terkait dengan perkerasan lentur, sebaiknya material yang digunakan berkualitas baik dan memenuhi kriteria di Indonesia, sehingga daya tahan perkerasan sesuai dengan desain perkerasan.

DAFTAR PUSTAKA

Asrullah. 2019. Evaluasi Kondisi Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Metode *Pavement Condition Index* (PCI) Pada Ruas Jalan Sako Baru Kecamatan Sako Palembang. *Jurnal Teknik Sipil UNPAL*, Vol 9, No 2, Nopember 2019 ISSN.2089-2942.

Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Tengah. 2024. *Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Kendaraan di Provinsi jawa Tengah (2020-2021)*. bps.go.id. (diakses pada tanggal 28 Agustus 2024).

Department Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, Juni, 2017, Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017, Jakarta.

Departement Pekerjaan Umum Direktoral Jenderal Bina Marga, Peraturan Pemerintah Republikk Indonesia Nomor 26 Tahun 1987 Tentang Jalan.

Dwiputra,A.Y., Utomo, S.H.T., dan Mulyono, A.T. 2021. Prediksi Sisa Umur Perkerasan Lentur dengan Metode Mekanistik – Empirik Ruas Jalan Prof. DR. Wirjono Prodjodikoro. Yogyakarta. *Jurnal Transportasi*. Vol. 21 No. 3:173-186.

FAA, 1982. *Guidelines and Procedures for Maintenance of Airport Pavement*, US department of Transportation, Washinton DC.

Fatikasari, A. D. 2021. Analisa Tingkat Kerusakan Jalan Menggunakan Metode PCI Untuk Mengevaluasi Kondisi Jalan di Raya Cangkring, Kecamatan Krembung, Kabupaten Sidoarjo. *AGREGAT*, Vol. 6, No. 2, November 2021 ISSN : 2541 – 0318.

Google Maps. 2024. *Jalan Boja Darupono pada Google Maps.* Tersedia pada : https://www.google.co.id/maps. Diakses pada tanggal 12 Januari 2024.

Hardiyatmo, H. C. 2007. *Pemeliharaan Jalan Raya*, Penerbit Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Hardiyatmo, H.C. 2015. *Pemeliharaan Jalan Raya*, Penerbit Gajah Mada Press, Yogyakarta.

Huang, Y. H. 2004. *Pavement Analysis and Design*, 2nd ed. Pearson Education. Upper Saddle River. New Jersey. United States of America.

Huang, Y.H, 1967, *Evaluation of the Integral by the Discrete Ordinary Method*. Pearson Education. United States of America.

Kurniawan, D. dan Hadi, M. A. 2024. Kolaborasi Metode Empiris dan Mekanistik-Empiris Guna Identifikasi dan Evaluasi Kinerja Perkerasan Jalan. *Jurnal Teknik Sipil,* Vol 14, No 02, September 2024 P-ISSN 2088-0561, E-ISSN 2502-1680.

Muammar, R., Iqbal. dan Firdasari. 2021. Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Tamiang *By Pass. Jurnal Media Teknik Sipil Samudra* Vol 2, No 2, Oktober 2021 E-ISSN : 2775-443X, P-ISSN : 2775-4421.

Rachman, D. N. dan Sari, P. I. 2020. Analisis Kerusakan Jalan Dengan Menggunakan Metode Pci Dan Strategi Penanganannya (Studi Kasus Jalan Nasional Srijaya Raya Palembang Km 8+149 Sd Km9+149). Jurnal Teknik Sipil UNPAL Vol.10, No.1, Mei 2020. ISSN. 2089-2942 E-ISSN. 2686-6676.

Sukirman, S. 1999. *Pekerjaan Lentur Jalan Raya*. Erlangga. Bandung.

Shahin, M.Y. 1994. *Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lost, Chapman dan Hall*, New York.

Sodiq, R. A. 2021. Evaluasi Kondisi Perkerasan dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) dan Nilai Sisa dengan Metode Mekanistik-Empirik pada Jalan Gito Gati. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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 Progam Kenpave. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

LAMPIRAN

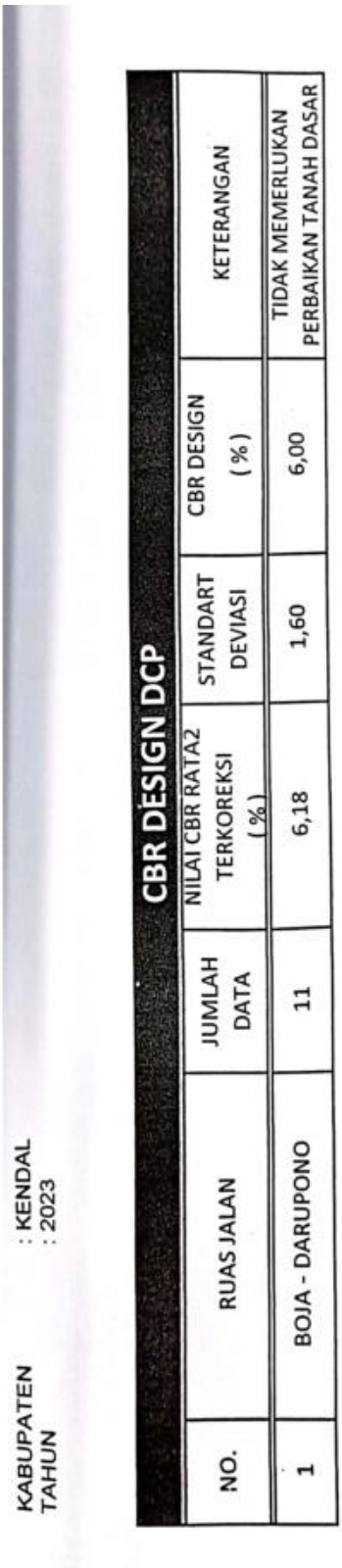
Lampiran 1 Nilai LHR pada Ruas Jalan Boja Darupono Tahun 2021

Kapasitas LHRT Jaringan Jalan Kabupaten Kendal (smp/hari)

No	No Ruas	Nama	Volume LHR Perjenis Kendaraan berdasarkan Klasifikasi Bina Marga											Percentase Jenis Kendaraan				LHR
			1	2	3	4	5A	5B	6A	6B	7A	7B	7C	8	MC	LV	HV	UM	
		(107297) JALAN BOJA - DARUPONO. Th 2021	3242.95	1054.52	304.92	205.7	393.25	242	299.475	305.525	72.6	0	0	186.34					2877.99

KETERANGAN :
1. Sepeda Motor, Seluter dan Kendaraan Roda Tiga
2. Sedan, Jeep dan Station Wagon
3. Opelet, Pick-Up-Opelet, Suburban,Combi dan Mini Bus
4. Pick-Up, Micro Truk dan Mobil Hantran
5a. Bus Kecil
5b. Bus Besar
6a. Truk Ringan 2 Sumbu
6b. Truk Sedang 2 Sumbu
7a. Truk 3 Sumbu
7b. Truk Gandengan
7c. Truk Semi Trailer
8. Kendaraan Tidak Bermotor

Lampiran 2 Data CBR Design Ruas Jalan Boja Darupono



KABUPATEN : KENDAL
TAHUN : 2023

CBR DESIGN DCP

NO.	RUAS JALAN	JUMLAH DATA	NILAI CBR RATA2 TERKOREKSI (%)	STANDART DEVIASI	CBR DESIGN (%)	KETERANGAN
1	BOJA - DARUPONO	11	6,18	1,60	6,00	TIDAK MEMERLUKAN PERBAIKAN TANAH DASAR

Lampiran 3 Data Pertumbuhan Kendaraan Bermotor Kabupaten Kendal

Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Kendaraan di Provinsi Jawa Tengah (Unit)

	Mobil Penumpang		Bus		Truk		Sepeda Motor		Jumlah	
Kabupaten / Kota	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
PROVINSI JAWA TENGAH	1309343	1711112	37785	44160	580411	647811	16214173	17917660	18141696	20320743
Kabupaten Cilacap	44767	54540	793	2591	20762	24520	752008	806833	818330	888484
Kabupaten Banyumas	60915	65248	1721	1755	25160	23215	693638	739001	781434	829219
Kabupaten Purbalingga	23347	25817	397	586	12106	12680	361588	382763	397438	421846
Kabupaten Banjarnegara	20088	21515	648	688	13587	13890	320372	328457	354695	364550
Kabupaten Kebumen	25038	28642	1224	1737	14191	15986	494111	520274	534564	566639
Kabupaten Purworejo	21659	23351	776	801	8573	8891	297285	307142	328293	340185
Kabupaten Wonosobo	20135	21197	983	1010	14224	15261	265486	275842	300828	313310
Kabupaten Magelang	43327	47422	1010	1043	17643	18948	454980	472549	516960	539962
Kabupaten Boyolali	38230	44488	1719	1757	17217	17603	469412	475999	526578	539847
Kabupaten Klaten	55235	59153	1278	1303	22415	23263	710411	733881	789339	817600
Kabupaten Sukoharjo	52543	55857	683	702	12856	13378	526087	541604	592169	611541
Kabupaten Wonogiri	36156	61949	1982	3257	14780	24929	377099	599815	430017	689950
Kabupaten Karanganyar	51584	72446	1567	1724	16947	17634	466935	530619	537033	622423
Kabupaten Sragen	39874	43934	1055	954	19039	19372	524354	554873	584322	619133
Kabupaten Grobogan	25710	28239	1363	1448	14814	15798	570575	594458	612462	639943
Kabupaten Blora	19151	20249	676	982	10307	10591	369753	489637	399887	521459
Kabupaten Rembang	13301	18371	1086	1849	8997	12057	257103	277395	280487	309672
Kabupaten Pati	45035	57694	1322	1362	25568	25636	614722	633573	686647	718265
Kabupaten Kudus	35942	38097	1225	1247	18731	19152	480262	495750	536160	554246
Kabupaten Jepara	34586	37418	1263	1358	23700	24574	597237	618289	656786	681639
Kabupaten Demak	25018	27025	1045	1077	15857	16101	522943	536842	564863	581045
Kabupaten Semarang	43204	36363	1872	1998	19531	24839	474110	496605	538717	559805
Kabupaten Temanggung	27065	28636	906	980	15839	16889	255366	270735	299176	317240
Kabupaten Kendal	26207	28197	888	899	13141	13582	480569	496698	520805	539376
Kabupaten Batang	18082	19455	521	546	11257	11835	319972	332822	349832	364658
Kabupaten Pekalongan	21303	23361	416	432	7724	7704	386291	393793	415734	425290
Kabupaten Pemalang	25436	27225	782	825	12058	12095	521992	543623	560268	583768
Kabupaten Tegal	28295	30008	451	475	14812	15263	589296	611839	632854	657585
Kabupaten Brebes	18706	22458	665	1435	9989	14541	383749	759753	413109	798187
Kota Magelang	19151	23128	676	992	10307	15300	369753	653872	399887	693292
Kota Surakarta	71120	287764	1802	1300	23457	46197	465626	509927	562005	845188
Kota Salatiga	19701	23381	471	300	5733	5014	120507	63276	146412	91971
Kota Semarang	231164	281971	3059	3539	76570	78037	1382434	1512234	1693227	1875781
Kota Pekalongan	15436	12810	614	407	6534	7094	175182	201732	197766	222043
Kota Tegal	12832	13703	846	801	5985	5942	162965	155155	182612	175601

Lampiran 4 Output Program *Kenpave* Pada Lapis *Existing*

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE P. STRESS (HORIZONTAL P. STRAIN)
1	0.00000	0.95404	550.000	2945.680	162.758	2777.131
	(STRAIN)		-1.933E-03	1.609E-03	-1.933E-03	1.394E-03
1	3.99970	0.97043	388.666	1108.226	366.558	1018.828
	(STRAIN)		-4.121E-04	5.037E-04	-4.402E-04	3.618E-04
1	4.00000	0.97043	388.645	1108.028	366.530	1018.660
	(STRAIN)		-4.120E-04	5.036E-04	-4.401E-04	3.617E-04
1	40.00000	0.03573	15.550	15.589	3.852	3.890
	(STRAIN)		2.799E-02	2.808E-02	-8.815E-05	3.459E-06
1	40.00030	0.03573	15.550	15.618	8.757	8.790
	(STRAIN)		1.519E-04	1.533E-04	3.474E-06	3.458E-06
2	0.00000	0.98746	550.000	3254.644	184.224	3031.804
	(STRAIN)		-2.119E-03	1.789E-03	-2.119E-03	1.506E-03
2	3.99970	0.99980	257.651	1033.171	204.469	964.890
	(STRAIN)		-4.730E-04	5.140E-04	-5.407E-04	3.594E-04
2	4.00000	0.99980	257.633	1032.975	204.437	964.739
	(STRAIN)		-4.729E-04	5.139E-04	-5.406E-04	3.594E-04
2	40.00000	0.03620	16.020	16.027	4.001	4.007
	(STRAIN)		2.883E-02	2.885E-02	-1.091E-05	2.970E-06
2	40.00030	0.03620	16.020	16.031	8.952	9.022
	(STRAIN)		1.574E-04	1.576E-04	2.966E-06	2.970E-06
3	0.00000	0.99456	0.000	3306.972	188.192	3087.325
	(STRAIN)		-2.154E-03	1.815E-03	-2.154E-03	1.536E-03
3	3.99970	1.00465	-4.482	912.267	-4.482	814.599
	(STRAIN)		-6.320E-04	5.347E-04	-6.320E-04	4.104E-04
3	4.00000	1.00465	-4.481	912.076	-4.481	814.434
	(STRAIN)		-6.319E-04	5.346E-04	-6.319E-04	4.104E-04
3	40.00000	0.03628	16.125	16.125	4.033	4.033
	(STRAIN)		2.902E-02	2.902E-02	3.688E-06	2.861E-06
3	40.00030	0.03628	16.125	16.125	8.995	9.072
	(STRAIN)		1.586E-04	1.586E-04	2.853E-06	2.858E-06

Lampiran 5 Output Program *Kenpave* Pada Lapis *Overlay*

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE P. STRESS (HORIZONTAL P. STRAIN)
1	0.00000	0.40799	550.000	1146.120	153.633	1115.011
	(STRAIN)		-6.826E-04	5.806E-04	-6.826E-04	5.410E-04
1	12.99970	0.41543	159.775	171.503	-277.582	-253.781
	(STRAIN)		3.342E-04	3.491E-04	-2.224E-04	-2.224E-04
1	13.00000	0.41543	159.763	171.490	-277.616	-253.811
	(STRAIN)		3.342E-04	3.491E-04	-2.224E-04	-2.224E-04
1	49.00000	0.02339	6.745	6.751	1.683	1.690
	(STRAIN)		1.214E-02	1.215E-02	-9.798E-06	5.240E-06
1	49.00030	0.02339	6.745	6.758	4.141	4.150
	(STRAIN)		6.211E-05	6.239E-05	5.232E-06	5.240E-06
2	0.00000	0.41628	550.000	1241.507	166.229	1197.726
	(STRAIN)		-7.359E-04	6.327E-04	-7.359E-04	5.769E-04
2	12.99970	0.42194	81.059	88.181	-315.362	-261.638
	(STRAIN)		2.809E-04	2.900E-04	-2.236E-04	-2.236E-04
2	13.00000	0.42194	81.052	88.174	-315.397	-261.673
	(STRAIN)		2.809E-04	2.900E-04	-2.236E-04	-2.236E-04
2	49.00000	0.02352	6.850	6.851	1.715	1.716
	(STRAIN)		1.233E-02	1.233E-02	2.930E-06	5.133E-06
2	49.00030	0.02352	6.850	6.852	4.185	4.200
	(STRAIN)		6.334E-05	6.338E-05	5.125E-06	5.133E-06
3	0.00000	0.40929	0.000	1095.195	104.747	1064.274
	(STRAIN)		-6.900E-04	5.705E-04	-6.900E-04	5.312E-04
3	12.99970	0.41847	30.299	30.299	-329.651	-252.204
	(STRAIN)		2.391E-04	2.391E-04	-2.190E-04	-2.190E-04
3	13.00000	0.41847	30.297	30.297	-329.687	-252.242
	(STRAIN)		2.392E-04	2.392E-04	-2.190E-04	-2.190E-04
3	49.00000	0.02353	6.791	6.791	1.700	1.702
	(STRAIN)		1.222E-02	1.222E-02	3.842E-06	5.076E-06
3	49.00030	0.02353	6.791	6.791	4.148	4.164
	(STRAIN)		6.282E-05	6.282E-05	5.073E-06	5.076E-06

Lampiran 6 Hasil Analisis dan Perhitungan PCI Seluruh Segmen

Formulir Survei Kondisi Perkerasan Jalan					
Jalan : Boja- Darupono Km 10,2 -Km 11,5			Unit Segmen : 1		
Disurvei Oleh : Rifqi Dan Tim			Stasiun :10+200 - 10+300		
Tanggal : 27-28 Januari 2024			Luas area : 800 m^2		
Jenis Kerusakan Jalan					
1. Retak Kulit Buaya (m^2)			10. Sungkur (m^2)		
2. Kegemukan (m^2)			11. Tambalan (m^2)		
3. Retak Blok (m^2)			12. Agregat Licin (m^2)		
4. Benjol dan Turun (m^2)			13. Retak Sambung (m^2)		
5. Keriting (m^2)			14. Bahu Jalan Turun (m^2)		
6. Amblas (m^2)			15. Retak Memanjang Melintang (m^2)		
7. Retak Pinggir (m^2)			16. Retak Slip (m^2)		
8. Lubang (m^2)			17. Mengembang Jembul (m^2)		
9. Alur (m^2)			18. Pelapukan dan Butiran Lepas (m^2)		
Tipe Kerusakan	12	8	6	18	1
Luas Kerusakan (m^2)	6.72	0.24	4.05	47.5	5.32
	5.51		9.38		4.68
	7.14		5.16		12.15
	6.75		5.76		4.32
	10.988				
Total Severity					
L	37.108		24.35		26.47
M		0.24		47.5	
H					

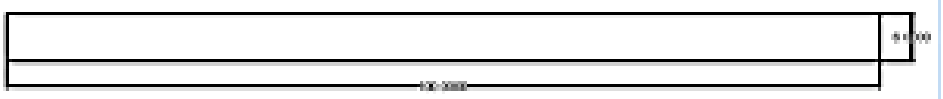
PERHITUNGAN PCI				
Jenis Kerusakan	Severity Level	Density (%)	Deduct Value	PCI = 100- CDV
12	L	6.185	1	63
8	M	0.040	19	
6	L	4.058	9.1	
18	M	7.917	15.9	
1	L	4.412	25	
Total Deduct Value (TDV)			70	Rating
Correct Deduct Value (CDV)			37	BAIK

SEKETSA :

Formulir Survei Kondisi Perkerasan Jalan					
Jalan : Boja- Darupono Km 10,2 -Km 11,5			Unit Segmen : 2		
Disurvei Oleh : Rifqi Dan Tim			Stasiun :10+300 - 10+400		
Tanggal : 27-28 Januari 2024			Luas area : 600 m^2		
Jenis Kerusakan Jalan					
1. Retak Kulit Buaya (m^2)			10. Sungkur (m^2)		
2. Kegemukan (m^2)			11. Tambalan (m^2)		
3. Retak Blok (m^2)			12. Agregat Licin (m^2)		
4. Benjol dan Turun (m^2)			13. Retak Sambung (m^2)		
5. Keriting (m^2)			14. Bahu Jalan Turun (m^2)		
6. Amblas (m^2)			15. Retak Memanjang Melintang (m^2)		
7. Retak Pinggir (m^2)			16. Retak Slip (m^2)		
8. Lubang (m^2)			17. Mengembang Jembul (m^2)		
9. Alur (m^2)			18. Pelapukan dan Butiran Lepas (m^2)		
Tipe Kerusakan	1	12	8	6	
Luas Kerusakan (m^2)	4.05	13.5	0.27	8.82	
	3.64	5.33	0.21	1.89	
	3.54	9.27			
	4.15	7.56			
	8				
	3.12				
	2.05				
	2.96				
	5.39				
	0.15				
Total Severity					
L		35.66	0.48	10.71	
M	35.05				
H					
PERHITUNGAN PCI					
Jenis Kerusakan	Severity Level	Density (%)	Deduct Value	PCI = 100- CDV	
1	H	5.8417	40.5		
12	L	5.9433	1.9		
8	L	0.0800	19.8		
6	L	1.7650	6	61	
Total Deduct Value (TDV)			68.2	Rating	
Correct Deduct Value (CDV)			39	BAIK	

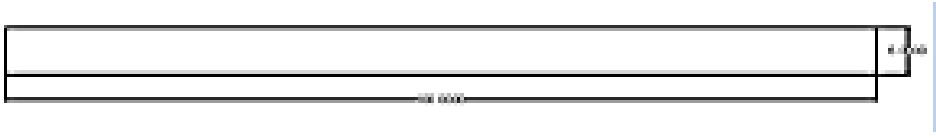
SKETSA :

Formulir Survei Kondisi Perkerasan Jalan					
Jalan : Boja- Darupono Km 10,2 -Km 11,5			Unit Segmen : 3		
Disurvei Oleh : Rifqi Dan Tim			Stasiun :10+400 - 10+500		
Tanggal : 27-28 Januari 2024			Luas area : 800 m^2		
Jenis Kerusakan Jalan					
1. Retak Kulit Buaya (m^2)			10. Sungkur (m^2)		
2. Kegemukan (m^2)			11. Tambalan (m^2)		
3. Retak Blok (m^2)			12. Agregat Licin (m^2)		
4. Benjol dan Turun (m^2)			13. Retak Sambung (m^2)		
5. Keriting (m^2)			14. Bahu Jalan Turun (m^2)		
6. Amblas (m^2)			15. Retak Memanjang Melintang (m^2)		
7. Retak Pinggir (m^2)			16. Retak Slip (m^2)		
8. Lubang (m^2)			17. Mengembang Jembul (m^2)		
9. Alur (m^2)			18. Pelapukan dan Butiran Lepas (m^2)		
Tipe Kerusakan	1	8	18	6	15
Luas Kerusakan (m^2)	7.28	0.48	13.95	5.85	6.8
	5.84	1.08	11.22	4.44	9.6
	3.78	0.075			
	10.26	0.54			
	1.35	0.25			
		0.15			
		0.33			
		0.12			
		0.45			
Total Severity					
L		3.475	25.17	10.29	
M	28.51				16.4
H					
PERHITUNGAN PCI					
Jenis Kerusakan	Severity Level	Density (%)	Deduct Value	PCI = 100- CDV	
1	M	4.7517	38		
8	L	0.5792	48		
18	L	4.1950	3.9		
6	L	1.7150	5.6	41	
15	M	2.7333	16		
0					
0					
Total Deduct Value (TDV)			111.5	Rating	
Correct Deduct Value (CDV)			59	SEDANG	
SKETSA :					



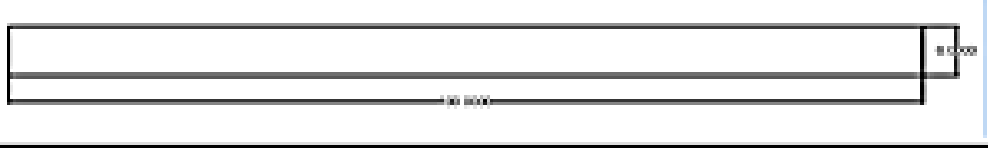
Formulir Survei Kondisi Perkerasan Jalan					
Jalan : Boja- Darupono Km 10,2 -Km 11,5			Unit Segmen : 4		
Disurvei Oleh : Rifqi Dan Tim			Stasiun :10+300 - 10+600		
Tanggal : 27-28 Januari 2024			Luas area : 600 m^2		
Jenis Kerusakan Jalan					
1. Retak Kulit Buaya (m^2)			10. Sungkur (m^2)		
2. Kegemukan (m^2)			11. Tambalan (m^2)		
3. Retak Blok (m^2)			12. Agregat Licin (m^2)		
4. Benjol dan Turun (m^2)			13. Retak Sambung (m^2)		
5. Keriting (m^2)			14. Bahu Jalan Turun (m^2)		
6. Amblas (m^2)			15. Retak Memanjang Melintang (m^2)		
7. Retak Pinggir (m^2)			16. Retak Slip (m^2)		
8. Lubang (m^2)			17. Mengembang Jembul (m^2)		
9. Alur (m^2)			18. Pelapukan dan Butiran Lepas (m^2)		
Tipe Kerusakan	15	8	0	1	18
Luas Kerusakan (m^2)	11.3	0.92	4.2	2.48	10.545
	9.3	0.24	1.38	3.36	
	4.5	0.24			
Total Severity					
L					
M	25.1	1.4	5.58		10.545
H				5.84	
PERHITUNGAN PCI					
Jenis Kerusakan	Severity Level	Density (%)	Deduct Value	PCI = 100- CDV	
15	M	4.1833	20.5		
8	M	0.2333	51		
0	M	0.9267	9		
1	H	0.9733	29.9	32	
18	M	1.7575	14		
0					
0					
Total Deduct Value (TDV)			124.4	Rating	
Correct Deduct Value (CDV)			68	BURUK	

SEKETSA :



Formulir Survei Kondisi Perkerasan Jalan					
Jalan : Baja- Darupono Km 10,2 -Km 11,5			Unit Segmen : 5		
Disurvei Oleh : Rifqi Dan Tim			Stasiun :10+600 - 10+700		
Tanggal : 27-28 Januari 2024			Luas area : 800 m^2		
Jenis Kerusakan Jalan					
1. Retak Kulit Buaya (m^2)			10. Sungkur (m^2)		
2. Kegemukan (m^2)			11. Tambalan (m^2)		
3. Retak Blok (m^2)			12. Agregat Licin (m^2)		
4. Benjol dan Turun (m^2)			13. Retak Sambung (m^2)		
5. Keriting (m^2)			14. Bahu Jalan Turun (m^2)		
6. Amblas (m^2)			15. Retak Memanjang Melintang (m^2)		
7. Retak Pinggir (m^2)			16. Retak Slip (m^2)		
8. Lubang (m^2)			17. Mengembang Jembul (m^2)		
9. Alur (m^2)			18. Pelapukan dan Butiran Lepas (m^2)		
Tipe Kerusakan	8	1	12	15	
Luas Kerusakan (m^2)	0.16	2.94	5.4	4.3	
	0.36	10.95	0.99	3.1	
	0.96	3.9	2.88	3.7	
	0.2	1.44	4.44	4.9	
	0.15	2.64		7.8	
	0.09	5.98			
	0.2	2.1			
	0.06	7.56			
Total Severity					
L	2.18		13.71	23.8	
M					
H		37.505			
PERHITUNGAN PCI					
Jenis Kerusakan	Severity Level	Density (%)	Deduct Value	PCI = 100- CDV	
8	L	0.3633	40.5		
1	H	6.2508	57		
12	L	2.2850	1		
15	L	3.9667	22	30	
Total Deduct Value (TDV)			120.5	Rating	
Correct Deduct Value (CDV)			70	BURUK	
SEKETSA :					

Formulir Survei Kondisi Perkerasan Jalan					
Jalan : Baja- Darupono Km 10,2 -Km 11,5			Unit Segmen : 6		
Disurvei Oleh : Rifqi Dan Tim			Stasiun :10+700 - 10+800		
Tanggal : 27-28 Januari 2024			Luas area : 600 m^2		
Jenis Kerusakan Jalan					
1. Retak Kulit Buaya (m^2)			10. Sungkur (m^2)		
2. Kegemukan (m^2)			11. Tambalan (m^2)		
3. Retak Blok (m^2)			12. Agregat Licin (m^2)		
4. Benjol dan Turun (m^2)			13. Retak Sambung (m^2)		
5. Keriting (m^2)			14. Bahu Jalan Turun (m^2)		
6. Amblas (m^2)			15. Retak Memanjang Melintang (m^2)		
7. Retak Pinggir (m^2)			16. Retak Slip (m^2)		
8. Lubang (m^2)			17. Mengembang Jembul (m^2)		
9. Alur (m^2)			18. Pelapukan dan Butiran Lepas (m^2)		
Tipe Kerusakan	1	15	8	6	12
Luas Kerusakan (m^2)	3.24	3.1	0.12	3	3.51
	3.6	2.7	0.1	0.45	1.1
	1.35		0.04	0.72	7.59
			0.45		9.6
			0.92		1.4
			1.71		
Total Severity					
L		5.8		4.17	23.2
M	8.19		3.34		
H					
PERHITUNGAN PCI					
Jenis Kerusakan	Severity Level	Density (%)	Deduct Value	PCI = 100- CDV	
1	M	1.3650	23	45	
15	L	0.9667	3		
8	M	0.5567	72		
6	L	0.6650	5		
12	L	3.8667	1		
0					
0					
Total Deduct Value (TDV)			104	Rating	
Correct Deduct Value (CDV)			55	SEDANG	
SEKETSA :					



Formulir Survei Kondisi Perkerasan Jalan					
Jalan : Baja- Darupono Km 10,2 -Km 11,5			Unit Segmen : 7		
Disurvei Oleh : Rifqi Dan Tim			Stasiun :10+800 - 10+900		
Tanggal : 27-28 Januari 2024			Luas area : 600 m^2		
Jenis Kerusakan Jalan					
1. Retak Kulit Buaya (m^2)			10. Sungkur (m^2)		
2. Kegemukan (m^2)			11. Tambalan (m^2)		
3. Retak Blok (m^2)			12. Agregat Licin (m^2)		
4. Benjol dan Turun (m^2)			13. Retak Sambung (m^2)		
5. Keriting (m^2)			14. Bahu Jalan Turun (m^2)		
6. Amblas (m^2)			15. Retak Memanjang Melintang (m^2)		
7. Retak Pinggir (m^2)			16. Retak Slip (m^2)		
8. Lubang (m^2)			17. Mengembang Jembul (m^2)		
9. Alur (m^2)			18. Pelapukan dan Butiran Lepas (m^2)		
Tipe Kerusakan	14	1	6	8	
Luas Kerusakan (m^2)	10.35	2.61	0.6	0.16	
	0.74	0.59	0.8	0.12	
	2.79	0.9025	1.08	0.32	
	0.81		0.63	0.15	
	1.083				
	0.75				
	0.8				
Total Severity					
L					
M		4.1025	3.11		
H	17.323			0.75	
PERHITUNGAN PCI					
Jenis Kerusakan	Severity Level	Density (%)	Deduct Value	PCI = 100- CDV	
14	H	2.8872	11		
1	M	0.6838	19		
6	M	0.5183	9		
8	H	0.1250	60	42	
0					
0					
0					
Total Deduct Value (TDV)			99	Rating	
Correct Deduct Value (CDV)			58	SEDANG	

SEKETSA :

Formulir Survei Kondisi Perkerasan Jalan					
Jalan : Baja- Darupono Km 10,2 -Km 11,5			Unit Segmen : 8		
Disurvei Oleh : Rifqi Dan Tim			Stasiun :10+900 - 11+000		
Tanggal : 27-28 Januari 2024			Luas area : 800 m^2		
Jenis Kerusakan Jalan					
1. Retak Kulit Buaya (m^2)			10. Sungkur (m^2)		
2. Kegemukan (m^2)			11. Tambalan (m^2)		
3. Retak Blok (m^2)			12. Agregat Licin (m^2)		
4. Benjol dan Turun (m^2)			13. Retak Sambung (m^2)		
5. Keriting (m^2)			14. Bahu Jalan Turun (m^2)		
6. Amblas (m^2)			15. Retak Memanjang Melintang (m^2)		
7. Retak Pinggir (m^2)			16. Retak Slip (m^2)		
8. Lubang (m^2)			17. Mengembang Jembul (m^2)		
9. Alur (m^2)			18. Pelapukan dan Butiran Lepas (m^2)		
Tipe Kerusakan	8	18	14	1	0
Luas Kerusakan (m^2)	0.88	1.1	2.14	0.45	0.56
	0.35	4.34	1.175	0.6	6.39
	0.48	12.18	0.8505	1.62	3.825
	0.91	8.46			1.55
	0.08				
	0.16				
	0.3				
Total Severity					
L					
M	3.10	20.08			12.325
H			4.1855	2.67	
PERHITUNGAN PCI					
Jenis Kerusakan	Severity Level	Density (%)	Deduct Value	PCI = 100- CDV	
8	M	0.5287	72.5		
18	M	4.3467	11		
14	H	0.6943	8		
1	H	0.4450	21.5	35	
0	M	2.0542	11		
0					
0					
Total Deduct Value (TDV)			124	Rating	
Correct Deduct Value (CDV)			65	BURUK	
SEKETSA :					

Formulir Survei Kondisi Perkerasan Jalan					
Jalan : Baja- Darupono Km 10,2 -Km 11,5			Unit Segmen : 9		
Disurvei Oleh : Rifqi Dan Tim			Stasiun :114000 - 114100		
Tanggal : 27-28 Januari 2024			Luas area : 800 m^2		
Jenis Kerusakan Jalan					
1. Retak Kulit Buaya (m^2)			10. Sungkur (m^2)		
2. Kegemukan (m^2)			11. Tambalan (m^2)		
3. Retak Blok (m^2)			12. Agregat Licin (m^2)		
4. Benjol dan Turun (m^2)			13. Retak Sambung (m^2)		
5. Keriting (m^2)			14. Bahu Jalan Turun (m^2)		
6. Amblas (m^2)			15. Retak Memanjang Melintang (m^2)		
7. Retak Pinggir (m^2)			16. Retak Slip (m^2)		
8. Lubang (m^2)			17. Mengembang Jembul (m^2)		
9. Alur (m^2)			18. Pelapukan dan Butiran Lepas (m^2)		
Tipe Kerusakan	18	14	4	1	8
Luas Kerusakan (m^2)	4.05	0.8	18	2.72	1.65
	5.6	0.588		6.12	0.495
	17.43	0.75		2.976	
		6.66		2.325	
		0.81			
Total Severity					
L					
M	27.08		18	14.141	2.145
H		9.608			
PERHITUNGAN PCI					
Jenis Kerusakan	Severity Level	Density (%)	Deduct Value	PCI = 100- CDV	
18	M	4.5133	12		
14	H	1.6013	9.5		
4	M	3.0000	40		
1	M	2.3568	30	21	
8	M	0.3575	61		
0					
0					
Total Deduct Value (TDV)			152.5	Rating	
Correct Deduct Value (CDV)			79	SANGAT BURUK	

SKETSA :



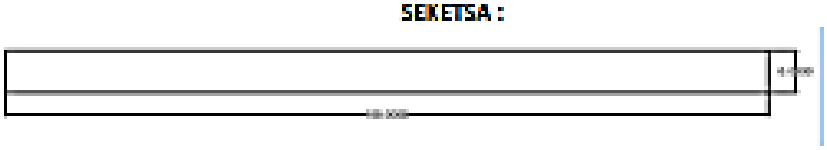
Formulir Survei Kondisi Perkerasan Jalan					
Jalan : Baja- Darupono Km 10,2 -Km 11,5			Unit Segmen : 10		
Disurvei Oleh : Rifqi Dan Tim			Stasiun :11+100 - 11+200		
Tanggal : 27-28 Januari 2024			Luas area : 000 m^2		
Jenis Kerusakan Jalan					
1. Retak Kulit Buaya (m^2)			10. Sungkur (m^2)		
2. Kegemukan (m^2)			11. Tambalan (m^2)		
3. Retak Blok (m^2)			12. Agregat Licin (m^2)		
4. Benjol dan Turun (m^2)			13. Retak Sambung (m^2)		
5. Keriting (m^2)			14. Bahu Jalan Turun (m^2)		
6. Amblas (m^2)			15. Retak Memanjang Melintang (m^2)		
7. Retak Pinggir (m^2)			16. Retak Slip (m^2)		
8. Lubang (m^2)			17. Mengembang Jembul (m^2)		
9. Alur (m^2)			18. Pelapukan dan Butiran Lepas (m^2)		
Tipe Kerusakan	1	6	18	8	
Luas Kerusakan (m^2)	0.45	1.8	3.33	0.16	
	10.53	0.7	3.69	0.06	
	2.07	3.5	0.63	0.2	
	13.065	3.45	7.2	0.18	
		0.38	1.35	0.21	
			0.45		
			0.42		
			1.05		
			4.55		
Total Severity					
L	26.115	15.83	22.67		
M				0.81	0
H					
PERHITUNGAN PCI					
Jenis Kerusakan	**Severity Level**	**Density (%)**	**Deduct Value**	**PCI = 100- CDV**	
1	L	4.3525	26		
6	L	2.6383	12		
18	L	3.7783	4		
8	M	0.1350	39	51	
0					
0					
0					
Total Deduct Value (TDV)			81	**Rating**	
Correct Deduct Value (CDV)			49	SEDANG	

SEKETSA :



Formulir Survei Kondisi Perkerasan Jalan					
Jalan : Boja- Darupono Km 10,2 -Km 11,5			Unit Segmen : 11		
Disurvei Oleh : Rifqi Dan Tim			Stasiun :11+200 - 11+300		
Tanggal : 27-28 Januari 2024			Luas area : 800 m^2		
Jenis Kerusakan Jalan					
1. Retak Kulit Buaya (m^2)			10. Sungkur (m^2)		
2. Kegemukan (m^2)			11. Tambalan (m^2)		
3. Retak Blok (m^2)			12. Agregat Licin (m^2)		
4. Benjal dan Turun (m^2)			13. Retak Sambung (m^2)		
5. Keriting (m^2)			14. Bahu Jalan Turun (m^2)		
6. Amblas (m^2)			15. Retak Memanjang Melintang (m^2)		
7. Retak Pinggir (m^2)			16. Retak Slip (m^2)		
8. Lubang (m^2)			17. Mengembang Jembul (m^2)		
9. Alur (m^2)			18. Pelapukan dan Butiran Lepas (m^2)		
Tipe Kerusakan	7	14	18	1	
Luas Kerusakan (m^2)	6.4	1.55	3.75	2.4	
		2.25	9		
		0.33	3.25		
			0.8		
			0.24		
Total Severity					
L	6.4		16.84		
M				2.4	0
H		4.13			
PERHITUNGAN PCI					
Jenis Kerusakan	Severity Level	Density (%)	Deduct Value	PCI = 100- CDV	
7	L	1.0667	2		
14	H	0.6883	8		
18	L	2.8067	2		
1	M	0.4000	15	89	
0					
0					
0					
Total Deduct Value (TDV)			27	Rating	
Correct Deduct Value (CDV)			11	sempurna	

SKETSA :

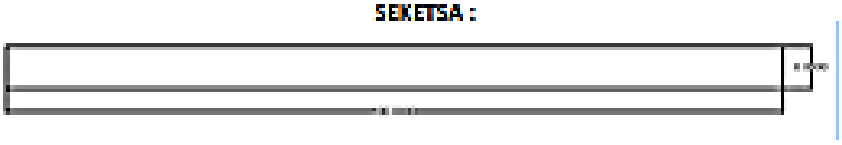


Formulir Survei Kondisi Perkerasan Jalan					
Jalan : Baja- Darupono Km 10,2 -Km 11,5			Unit Segmen : 12		
Disurvei Oleh : Rifqi Dan Tim			Stasiun :11+300 - 11+400		
Tanggal : 27-28 Januari 2024			Luas area : 600 m^2		
Jenis Kerusakan Jalan					
1. Retak Kulit Buaya (m^2)			10. Sungkur (m^2)		
2. Kegemukan (m^2)			11. Tambalan (m^2)		
3. Retak Blok (m^2)			12. Agregat Licin (m^2)		
4. Benjol dan Turun (m^2)			13. Retak Sambung (m^2)		
5. Keriting (m^2)			14. Bahu Jalan Turun (m^2)		
6. Amblas (m^2)			15. Retak Memanjang Melintang (m^2)		
7. Retak Pinggir (m^2)			16. Retak Slip (m^2)		
8. Lubang (m^2)			17. Mengembang Jembul (m^2)		
9. Alur (m^2)			18. Pelapukan dan Butiran Lepas (m^2)		
Tipe Kerusakan	0	18	1	8	14
Luas Kerusakan (m^2)	18.9	0.8	2.43	0.7	0.735
	14.55	3.78	1.44	0.09	2.05
	3.33	5.27	0.45	0.03	
	2.1	0.14	1.88	0.06	
		0.06			
		0.63			
		0			
Total Severity					
L				0.88	
M	38.88	16.68	6.18		
H					2.785

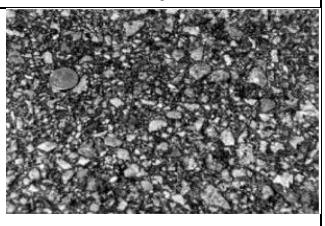
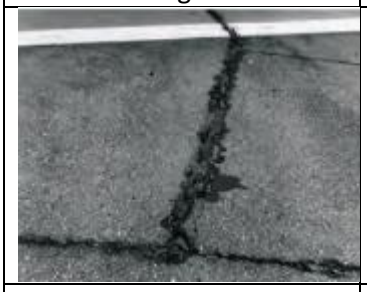
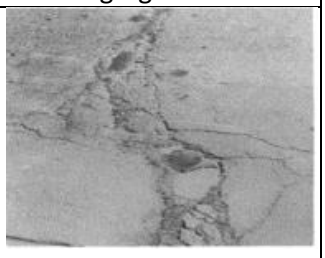
PERHITUNGAN PCI				
Jenis Kerusakan	Severity Level	Density (%)	Deduct Value	PCI = 100- CDV
0	M	6.4800	21	55
18	M	2.7800	11.5	
1	M	1.0300	22	
8	L	0.1467	23	
14	H	0.4642	8	
0				
0				
Total Deduct Value (TDV)			85.5	Rating
Correct Deduct Value (CDV)			45	SEDANG

SEKETSA :

Formulir Survei Kondisi Perkerasan Jalan					
Jalan : Baja- Darupono Km 10,2 -Km 11,5			Unit Segmen : 13		
Disurvei Oleh : Rifqi Dan Tim			Stasiun :114400 - 114500		
Tanggal : 27-28 Januari 2024			Luas area : 600 m^2		
Jenis Kerusakan Jalan					
1. Retak Kulit Buaya (m^2)			10. Sungkur (m^2)		
2. Kegemukan (m^2)			11. Tambalan (m^2)		
3. Retak Blok (m^2)			12. Agregat Licin (m^2)		
4. Benjol dan Turun (m^2)			13. Retak Sambung (m^2)		
5. Keriting (m^2)			14. Bahu Jalan Turun (m^2)		
6. Amblas (m^2)			15. Retak Memanjang Melintang (m^2)		
7. Retak Pinggir (m^2)			16. Retak Slip (m^2)		
8. Lubang (m^2)			17. Mengembang Jembul (m^2)		
9. Alur (m^2)			18. Pelapukan dan Butiran Lepas (m^2)		
Tipe Kerusakan	0	1	14	8	18
Luas Kerusakan (m^2)	4.59	0.285	1.575	0.21	0.2958
	18	0.339	1.6119		3.538
	14.04	0.36	1.482		3.002
	3.1	0.595			
		1.20			
		1.7557			
		0.896			
Total Severity					
L	39.73				
M		5.4307		0.21	6.8358
H			4.0689		
PERHITUNGAN PCI					
Jenis Kerusakan	Severity Level	Density (%)	Deduct Value	PCI = 100- CDV	
0	L	0.0217	12		
1	M	0.9051	20.5		
14	H	0.7782	8		
8	M	0.0350	18	68	
18	M	1.1393	9.5		
0					
0					
Total Deduct Value (TDV)			68	Rating	
Correct Deduct Value (CDV)			32	BAIK	
SKETSA :					



Lampiran 7 Contoh Contoh Kerusakan dengan Metode PCI

		
Retak Kulit Buaya	Kegemukan	Retak Blok
		
Benjol dan turun	Keriting	Amblas
		
Retak Pinggir	Lubang	Alur
		
Sungkur	Tambalan	Agregat licin
		
Retak sambung	Bahu jalan turun	Retak memanjang
		
Retak slip	Mengembang / jembul	butiran lepas

Lampiran 8 Dokumentasi Pengumpulan Data







