

**TESIS**  
**EVALUASI KONDISI PERKERASAN DAN PREDIKSI SISA UMUR**  
**PERKERASAN LENTUR DENGAN METODE *PAVEMENT CONDITION***  
***INDEX*, BINA MARGA *DAN* METODE MEKANISTIK- EMPIRIK DENGAN**  
**PROGRAM KENPAVE**  
**(Studi kasus Ruas Jalan Magelang – Yogyakarta Sta 11±000 – Sta 12±000)**



**Disusun Oleh:**  
**APRIYADI DWI WIDODO**  
**15914035**

**KONSENTRASI PERENCANAAN DAN TEKNIK TRANSPORTASI**  
**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**2018**

**TESIS**  
**EVALUASI KONDISI PERKERASAN DAN PREDIKSI SISA UMUR**  
**PERKERASAN LENTUR DENGAN METODE *PAVEMENT CONDITION***  
***INDEX*, BINA MARGA *DAN* METODE MEKANISTIK- EMPIRIK DENGAN**  
**PROGRAM KENPAVE**  
**(Studi kasus Ruas Jalan Magelang – Yogyakarta Sta 11±000 – Sta 12±000)**



**Diperiksa dan disetujui oleh:**

**Miftahul Fauziah, ST., MT., Ph.D**

Dosen Pembimbing I

**Ir. Bachnas, M.Sc.**

Dosen Pembimbing II

Tanggal: 12 Juli 2018

Tanggal: 9 Juli 2018

**TESIS**  
**EVALUASI KONDISI PERKERASAN DAN PREDIKSI SISA UMUR**  
**PERKERASAN LENTUR DENGAN METODE *PAVEMENT CONDITION***  
***INDEX*, BINA MARGA DAN METODE MEKANISTIK- EMPIRIK DENGAN**  
**PROGRAM KENPAVE**  
**(Studi kasus Ruas Jalan Magelang – Yogyakarta Sta 11±000 – Sta 12±000)**

Disusun Oleh:  
**APRIYADI DWI WIDODO**  
NIM : 15914035

Telah diuji di depan Dewan Penguji  
Pada tanggal 06 JUL 2018

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

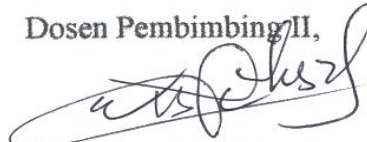
**Susunan Dewan Penguji**

Dosen Pembimbing I,



(Miftahul Fauziah, ST., MT., Ph.D)

Dosen Pembimbing II,



(Ir. Bachnas, M.Sc.)

Dosen Penguji,



(Ir. Subarkah, M.T.)

Yogyakarta, 13 JUL 2018

Universitas Islam Indonesia

Program Pascasarjana Megister Teknik Sipil

Ketua Program,



(Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D., IP.U)

## ABSTRAK

Prasarana jalan yang terbebani oleh volume lalu lintas yang tinggi dan berulang-ulang akan menyebabkan terjadinya penurunan kualitas jalan. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka perlu dilakukan pencegahan dengan pemeliharaan jalan. Pemeliharaan jalan hendaknya dilakukan secara rutin maupun berkala untuk menjaga kriteria perkerasan tetap dalam kondisi baik selama masa layannya sampai umur rencana. Untuk menentukan apakah pada saat sekarang atau masa datang, jalan masih dalam kondisi baik, maka dari itu diketahui berapa besarnya kerusakan kondisi jalan yang terjadi di perkerasan flexibel diruas jalan Magelang - Yogyakarta pada sta 11±000 – sta 12±000 dengan metode *pavement condition index (PCI)*, metode Bina Marga Tahun 2011, serta mengetahui respon regangan – tegangan dan sisa umur/ masa layanan dengan menggunakan metode mekanistik empirik program *KENPAVE*.

Penelitian dilakukan pada ruas jalan Magelang – Yogyakarta sta 11±000 sampai dengan sta 12±000. Metode *Pavement Condition Index (PCI)* dan metode Bina Marga (2011) menggunakan nilai IRI dan nilai SDI untuk mengetahui nilai kondisi jalan dan jenis pemeliharaan yang dibutuhkan. *KENPAVE* digunakan untuk mengetahui respon tegangan-regangan yang terjadi akibat beban lalu lintas sebagai dasar analisis metode *MEPDG (Mechanistic-Empiric Pavement Design Guide)* untuk mengetahui nilai repetisi yang terjadi dan memprediksi kerusakan yang terjadi pada tahun ke-n. Kemudian memprediksi sisa umur rencana/ masa layan yang tersedia.

Hasil penelitian menunjukkan nilai kondisi perkerasan tergolong pada kondisi baik (*good*) dengan nilai *PCI* sebesar 60,6. Jenis kerusakan yang banyak dijumpai adalah *patching* dengan luas area sekitar 44% dari total kerusakan yang ada. Untuk metode Bina Marga 2011 diperoleh nilai *IRI* adalah sebesar 2,841 dan nilai *SDI* sebesar 29,5, dimana nilai kondisi perkerasan jalan masih tergolong baik. Respon tegangan-regangan maksimum pada kedalaman 9,998 cm dengan nilai repetisi yang mampu di akomodasi pada kerusakan *rutting* sebesar 52.590.326 ESAL, *fatigue cracking* sebesar 109.907.262 ESAL dan *deformation* sebesar 20.891.833 ESAL. Sisa prediksi umur layanan akibat *deformation* pada beban standar pada tahun ke-1 sebesar 75,86% dan akan tersisa sebesar 16,08% pada pertengahan tahun ke-4. Akibat *rutting* pada tahun ke-1 sebesar 91,95% dan akan tersisa umur layanan sebesar 7,82% pada pertengahan tahun ke-8 sebelum terjadi *failure* pada tahun ke-8. Analisis prediksi sisa umur layanan perkerasan Bina Marga untuk pekerjaan lapis tambahan (*overlay*) pada tahun 2017 sebesar 6 cm dengan kondisi saat ini sudah mengalami pengurangan umur aspal sebesar 21,69 % atau sisa umur sebesar 78,31 % .

Kata kunci : kondisi kerusakan jalan, *PCI*, Bina Marga 2011, mekanistik empirik, *KENPAVE*

## ABSTRACT

Infrastructure of the road burdened by high traffic volume and will lead to decrease quality of the road. To anticipate to prevented maintenance of the road. Road maintenance should be carried out regular and periodic to keep the pavement criteria in good condition until the age of the plan. To determine the road is still in good condition, it is know how much the condition of the road damage happened on the flexible pavement on the street Magelang – Yogyakarta on Sta 11±000 – Sta 12±000 with pavement condition index (PCI), Bina MArga 2011 methods, as well as to know the strain response the voltage and the remainder of the period by using the empirical mechanical methods of the KENPAVE program.

The reasecrh was conducted on Magelang - Yogyakarta street Sta 11 ± 000 until Sta 12 ± 000. The Pavement Condition Index (PCI) method Bina Marga (2011) using IRI values and SDI values to determine the value of road conditions and the type of maintenance required. KENPAVE is used to determine the stress-strain response occurs to traffic load as the basic of analysis of MEPDG (Mechanistic-Empiric Pavement Design Guide) method analysis to find out the value of repetition and predict the damage occurring in year (n). Then predict the remaining life of the plan / lifetime available.

The results showed that the pavement condition was classified as good (good) with PCI value of 60.6. The most common type of damage is patching with an area of approximately 44% of the total damage. For Bina Marga 2011 method, IRI value is 2,841 and SDI value is 29,5, where the value of pavement condition is still good. Maximum stress-strain response at a depth of 9.998 cm with a value of reptisi capable of accomodation at rutting damage of 52,590,326 ESAL, fatigue cracking of 109,907,262 ESAL and deformation of 20,891,833 ESAL. The remaining service life prediction due to deformation at standard load in the 1st year is 75.86% and will be 16.08% by the middle of the 4th year. As a result of rutting in the 1st year of 91.95% and the remaining service life of 7.82% in the middle of the 8th year before the failure occurred in the 8th year. Preliminary analysis of the remaining service life of pavement of DGH for overlay work in 2017 is 6 cm with the condition now has decreased asphalt life of 21.69% or the remaining age of 78.31%.

**Keywords** : Road damage condition, PCI, Bina Marga 2011, empirical mechanistic, KENPAVE

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan tesis yang saya susun sebagai syarat untuk menyelesaikan program magister di program studi pascasarjana magister teknik sipil, fakultas teknik sipil dan perencanaan, universitas islam indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan tesisi yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah di tulis dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulis karta ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh laporan tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian – bagian tertentu, saya bersedia menerima sangksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 9 July 2018



Apriyadi Dwi Widodo  
15914035

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puja dan puji syukur selalu tercurahkan kehadirat Allah SWT atas pemberian rahmat dan hidayah-Nya. Shalawat serta salam selalu tujukan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita ke jaman yang terang dan kita nanti-nantikan syafaatnya di hari yaumulqiyamah nanti.

Laporan tesis ini disusun sebagai satu wujud nyata untuk memperoleh gelar Magister Perencanaan Teknik Transportasi (S-2). Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar – besarnya kepada :

1. Ibu Miftahul Fauziah, S.T.,M.T.,Ph.D dan Bapak Ir. Bachnas, M.Sc, Selaku Dosen Pembimbing I Dan II, yang telah memberikan bimbingan dan masukan – masukan selama penyusunan Tesis.
2. Bapak Ir. Subarkah , M.T, Selaku Dosen Penguji Tesis
3. Orang tua penulis alm. Bapak wahyudiyana dan mamah Musyawarah yang telah memberikan dukungan terbesar, motivasi, semangat serta do'a yang tidak pernah putus kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tesis ini.
4. Saudara seperkulihan perencanaan dan teknik transportasi Universitas Islam Indonesia angkatan 2015, terima kasih atas dukungan, kerjasam, dan bantuan-bantuan selama masa perkuliahan sampai tesis selesai.
5. Rizka Intan Ramadhani, terima kasih atas monitoring atau memberi pelatihan tentang program *KENPAVE* sampai tesis ini selesai.
6. Saudara seperkulihan teknik sipil UMY angkatan 2010 yang banyak membantu dan memberi masukan selama penulisan tesis ini sampai selesai.

Penyusun menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan oleh karena itu penyusus, mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi perbaikan laporan Tesis dan semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi penyusun khususnya semua pihak yang membutuhkan.

Yogyakarta, 2018

Apriyadi Dwi Widodo  
15914035



## DAFTAR ISI

JUDUL .....	i
PENGESAHAN .....	ii
PERSETUJUAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Tinjauan Umum .....	6
2.2. Perkerasan Lentur (Flexibel Pavement) .....	7
2.3. Evaluasi Perkerasan.....	8
2.4. Kerusakan Pada Ruas Jalan .....	9
2.5. Pemeliharaan Perkerasan .....	10
2.6. Metode Penilaian Kondisi Perkerasan Jalan Pavement Condition Index ( <i>PCI</i> ) .....	10
2.7. Metode Bina Marga 2011 .....	11

2.8. Metode Mekanistik – Empirik .....	12
2.9. Penelitian Terdahulu .....	13
<b>BAB III LANDASAN TEORI.....</b>	<b>15</b>
3. 1. Perkerasan Lentur ( <i>Flexibel Pavement</i> ) .....	15
3.1.1. Lapisan Permukaan ( <i>Surface Course</i> ) .....	16
3.1.2. Lapis Pondasi Atas ( <i>Base Course</i> ).....	16
3.1.3. Lapis Pondasi Bawah <i>Subbase Course</i> ).....	17
3.1.4. Tanah Dasar ( <i>Subgarde</i> ) .....	18
3. 2. Beban Lalu Lintas .....	18
3.2.1. Prosedur Desain .....	18
3.2.2. Lalu Lintas Harian (LHR).....	25
3. 3. Tegangan Regangan Perkerasan Lentur .....	25
3.3.1. Konsep Sistem Lapisan.....	25
3.3.2. Permodelan Lapis Perkerasan Jalan.....	27
3. 4. Karakteristik Material .....	32
3.4.1. Layer Viskoelastis.....	32
3.4.2. Layer Non-Linear Elastis.....	33
3.4.3. Layer Linear Elastis .....	34
3. 5. Metode Analisa <i>Pavement Condition Index (PCI)</i> .....	35
3.5.1. <i>Severity Level</i> (Tingkat Kerusakan).....	35
3.5.2. Jenis – Jenis Kerusakan .....	35
3.5.3. Standar Penilaian .....	46
3. 6. Metode Bina Marga .....	49
3. 7. Analisis Perkerasan Lentur Dengan Metode Mekanistik – Empirik .....	55
3.8.1. Metode Empirik .....	56
3.8.2. Metode Mekanistik .....	57
3. 8. Program <i>KENPAVE</i> .....	58
3.9.1. Program <i>KENLAYER</i> .....	58
3. 9. Analisis Kerusakan Perkerasan .....	59
3.10.1. <i>Fatigue Cracking</i> .....	60
3.10.2. <i>Rutting</i> .....	61
3.10.3. <i>Permanent Deformasi</i> .....	62
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>74</b>
4.1. Lokasi Penelitian .....	74
4.2. Langkah Penelitian .....	74
4.3. Metode <i>Pavement Condition Index (Pci)</i> .....	77

4.4.	Metode Bina Marga 2011 .....	79
4.5.	Metode Mekanistik Empirik Program <i>Kenpave</i> .....	80
4.6.	Alat Penelitian .....	83
4.7.	Waktu Pelaksanaan Survei .....	83
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....		83
5.1.	Hasil Pengumpulan Data .....	83
5.1.1.	Kondisi Ruas Jalan Yogyakarta – Magelang .....	83
5.1.2.	Data Pengamatan Lapangan.....	84
5.1.3.	Data Lalu Lintas.....	84
5.2.	Kondisi Perkerasan Berdasarkan Metode <i>Pavement Condition Index (PCI)</i> .....	86
5.2.1.	Pembahasan Metode <i>Pavement Condition Index (PCI)</i> .....	95
5.3.	Kondisi Perkerasan Berdasarkan Metode Bina Marga 2011.....	103
5.4.	<i>Road Condition Index</i> .....	108
5.5.	Analisi Nilai Sisa Umur Berdasarkan Metode Mekanistik Empirik Dengan Metode <i>KENPAVE</i> .....	109
5.5.1.	Analisis Perkerasan Jalan dengan Metode <i>KENPAVE</i> .....	113
5.5.2.	Nilai Tegangan dan Regangan Menggunakan Metode Mekanistik-Empirik pada Program <i>KENPAVE-KENLAYER</i> .....	124
5.5.3.	Hubungan Jenis Kerusakan dan Replitisi Beban Rencana .....	125
5.5.4.	Analisis Prediksi Sisa Umur Layanan Perkerasan .....	126
5.5.5.	Analisis Prediksi Sisa Umur Layanan Perkerasan Metode Bina Marga .....	128
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....		135
6.1.	Kesimpulan .....	135
6.2.	Saran .....	136
DAFTAR PUSTAKA .....		xiii
LAMPIRAN.....		xv

## DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu	13
Tabel 3.1	Hubungan Antara Fungsi Dan Kelas Jalan Dengan Beban Gandar	21
Tabel 3.2	Konfigurasi Beban Sumbu Kendaraan	22
Tabel 3.3	Kecepatan Rencana Berdasarkan Tipe dan Kelas Jalan	24
Tabel 3.4	Nilai Modulus Elastisitas Tipikal	28
Tabel 3.5	Nilai <i>Poisson Ratio</i>	29
Tabel 3.6	Analisa Struktur Perkerasan	30
Tabel 3.7	Persyaratan Lapis Pondasi Agregat	32
Tabel 3.8	Tingkat Kerusakan Perkerasan indentifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan Kerusakan <i>Aligator Cracking</i>	34
Tabel 3.9	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan Kerusakan <i>Bleeding</i>	35
Tabel 3.10	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan Dan Pilihan Perbaikan Kerusakan <i>Block Cracking</i>	36
Tabel 3.11	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan Kerusakan <i>Corrugation</i>	37
Tabel 3.12	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan Kerusakan <i>Depression</i>	38
Tabel 3.13	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan Kerusakan <i>Joint Reflection Cracking</i>	38

Tabel 3.14	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan an Pilihan Perbaikan Kerusakan <i>Hair Cracking</i>	39
Tabel 3.15	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan Kerusakan <i>Patching</i>	40
Tabel 3.16	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan Dan Pilihan Perbaikan Kerusakan <i>Weathering And Ravelling</i>	41
Tabel 3.17	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan Kerusakan <i>Rutting</i>	42
Tabel 3.18	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan Dan Pilihan Perbaikan Kerusakan <i>Shoving</i>	42
Tabel 3.19	Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan Kerusakan <i>Swell</i>	43
Tabel 3.20	<i>PCI</i> dan Nilai Kondisi	46
Tabel 3.21	Nilai Kondisi Jalan Berdasarkan Hubungan <i>SDI</i> dan <i>IRI</i>	49
Tabel 3.22	Kerusakan dan Opsi Perbaikan Perkerasan Metode Bina Marga	51
Tabel 3.23	Penentuan Ruas Jalan	52
Tabel 3.24	Satuan <i>English</i> dan SI	58
Tabel 3.25	Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaran	66
Tabel 3.26	Koefisien Kekuatan Relatif (A)	68
Tabel 5.1	Volume Lalu Lintas Harian Tahun 2017	80
Tabel 5.2	Tipe Kerusakan <i>Alligator Cracking</i>	82
Tabel 5.3	Tipe Kerusakan <i>Depression</i>	84
Tabel 5.4	Tipe Kerusakan <i>Patching</i>	85

Tabel 5.5	Tipe Kerusakan <i>Raveling and wearthering</i>	86
Tabel 5.6	Tipe Kerusakan <i>Shoving</i>	87
Tabel 5.7	<i>Total Deduct Value</i>	89
Tabel 5.8	Hasil Perhitungan Nilai ( <i>PCI</i> ) dan <i>Rating</i> Setiap Segmen	90
Tabel 5.9	<i>Rating</i> Semua Unit Segmen	92
Tabel 5.10	Kondisi <i>Rating</i> dan Jumlah Segmen Kerusakan	93
Tabel 5.11	Luas Tiap Jenis Kerusakan Jalan	94
Tabel 5.12	Metode Perbaikan pada Kerusakan yang Terjadi	97
Tabel 5.13	Nilai <i>SDI</i>	100
Tabel 5.14	Hasil nilai <i>IRI</i>	101
Tabel 5.15	Hasil Penilaian Kondisi <i>IRI</i> dan <i>SDI</i> pada Metode Bina Marga	102
Tabel 5.16	Strategi Penanganan Metode Bina Marga berdasarkan Nilai <i>IRI</i> dan <i>SDI</i>	103
Tabel 5.17	Kondisi Jalan Secara Visual dan Nilai <i>RCI</i>	104
Tabel 5.18	Hasil Korelasi antara <i>IRI</i> dan <i>RCI</i>	105
Tabel 5.19	Data Lalu Lintas Ruas Jalan Magelang – Yogyakarta	105
Tabel 5.20	Data Lalu Lintas Rata – Rata Ruas Jalan Magelang - Yogyakarta	106
Tabel 5.21	Faktor Distribusi Lajur (DL)	107
Tabel 5.22	Prediksi Jumlah Kendaraan Selama Umur Rencana	108
Tabel 5.23	Rekapitulasi Rencana Jumlah Kendaraan Setiap Tahun	109
Tabel 5.24	Data yang dibutuhkan untuk <i>Input</i> Program <i>KENPAVE</i>	109

Tabel 5.25	<i>Data Input General</i>	111
Tabel 5.26	<i>Data Input Zcoord</i>	112
Tabel 5.27	<i>Input Zcoord</i>	113
Tabel 5.27	Nilai <i>Vertical Strain</i> dan <i>Tangential Strain</i>	118
Tabel 5.28	Analisa Beban Lalu Lintas	119
Tabel 5.29	Hasil Perhitungan Sisa Umur Layanan Perkerasan	128
Tabel 5.30	Data Lalu Lintas Harian Rata – Rata tahun 2017	125
Tabel 5.31	Angka Ekuivalen dari Beban Kendaraan	126
Tabel 5.32	Hasil Perhitungan Lintas Ekuivalen	126
Tabel 5.33	Faktor Regional (FR)	128

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Tensile dan Compressive di Flexibel Pavement</i>	5
Gambar 2.2 Diagram Nilai <i>PCI</i>	10
Gambar 2.3 Respon Sistem Perkerasan Lentur	11
Gambar 2.4 Performa Sistem Perkerasan Lentur	12
Gambar 3.1 Penyebaran Beban Roda Melalui Perkerasan Jalan	15
Gambar 3.2 Susunan Lapisan Konstruksi Perkerasan Lentur	16
Gambar 3.3 Konfigurasi Roda ada Tipikal Kendaraan Semi Trailer	19
Gambar 3.4 Konsep Sistem Elastis Multi Layer	26
Gambar 3.5 Modulus Elastisitas	27
Gambar 3.6 <i>Poisson Ratio</i>	28
Gambar 3.7 Lokasi Tegangan Dan Regangan Kritis Perkerasan Lentur	30
Gambar 3.8 Koreksi Kurva untuk Jalan dengan Perkerasan Aspal dan Tempat Parkir	45
Gambar 3.9 Strategi Penanganan Jalan	47
Gambar 3.10 Cara Perhitungan <i>Surface Distress Index</i>	48
Gambar 3.11 Tampilan Awal Program KENPAVE	55
Gambar 3.12 Tampilan Layar LAYERINP	56
Gambar 3.13 Tampilan <i>Menu General</i>	57
Gambar 3.14 Tampilan Layar <i>Zcoord</i>	58
Gambar 3.15 Tampilan Layar <i>Layer</i>	59
Gambar 3.16 Tampilan Layar <i>Interface</i>	59
Gambar 3.17 Tampilan Layar <i>Moduli</i>	60



Gambar 3.18	Tampilan Menu <i>Moduli</i> pada Periode No. 1	60
Gambar 3.19	Tampilan Layar <i>Load 1</i>	61
Gambar 3.20	Tampilan Layar <i>Load 2</i>	62
Gambar 4.1	Lokasi Penelitian	69
Gambar 4.2	Bagan Alir Penelitian	70
Gambar 4.3	Bagan Alir Metode <i>Pavement Condition Index</i>	73
Gambar 4.4	Bagan Alir Metode Bina Marga 2011	74
Gambar 4.5	Bagan Alir Mekanistik – empirik dengan Program <i>KENPAVE</i>	76
Gambar 5.1	Struktur Lapis Perkerasan Ruas Jalan Yogyakarta – Magelang	79
Gambar 5.2	Penomoran Segmen Penelitian	80
Gambar 5.3	<i>Deduct Value Alligator Cracking</i>	81
Gambar 5.4	<i>Deduct Value Depression</i>	84
Gambar 5.5	<i>Deduct Value Patching</i>	86
Gambar 5.6	<i>Deduct Value Raveling and Weathering</i>	87
Gambar 5.7	<i>Deduct Value Shoving</i>	88
Gambar 5.8	<i>Corrected Deduct Value (CDV) Segmen 1</i>	89
Gambar 5.9	Persentase Kerusakan Nilai Kondisi Jalan	93
Gambar 5.10	Persentase Luasan Jenis Kerusakan Perkerasan Jalan	95
Gambar 5.11	Nilai <i>SDI</i> masing – masing Segmen	100
Gambar 5.12	Nilai <i>IRI</i> masing – masing Segmen	101
Gambar 5.13	Tampilan Menu <i>Layerinp</i>	110
Gambar 5.14	Data <i>Input</i> pada Menu <i>General</i>	112
Gambar 5.15	Letak Titik Tinjauan	113

Gambar 5.16	Data <i>Input</i> pada Menu <i>Zcoord</i>	114
Gambar 5.17	Data <i>Input</i> pada Menu <i>Layer</i>	114
Gambar 5.18	Data <i>Input</i> pada Menu <i>Moduli</i>	115
Gambar 5.19	Data <i>Input</i> pada Menu <i>Load</i>	116
Gambar 5.20	Data <i>Input</i> pada Menu <i>NPT</i>	117
Gambar 5.21	Grafik Repetisi Beban Rencana dan Jenis Kerusakan <i>Deformasi</i>	121
Gambar 5.22	Grafik Prediksi Sisa Umur Layanan	122
Gambar 5.23	Penilaian Nilai DDT	127
Gambar 5.24	Nomogram ITP Perkerasan	129
Gambar 5.25	Lapis Perkerasan Tambahan ( <i>Overlay</i> ) Metode Bina Marga 1987	130

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Penelitian**

Permasalahan utama kerusakan jalan khususnya perkerasan lentur di Indonesia berdasarkan hasil kajian Direktorat Jendral Bina marga (Ditjen Bina marga, 2011) bekerja sama dengan *Indonesia Infrastruktur Initiative* (IndII, 2011) adalah muatan berlebih sebesar 47 %, kualitas pemeliharaan sebesar 20%, faktor desain sebesar 18%, serta kualitas konstruksi sebesar 15%. Perkerasan jalan mempunyai umur rencana tertentu sesuai dengan umur desain yang telah ditetapkan. Umur rencana yang digunakan dalam desain Indonesia adalah 10 tahun untuk perkerasan lentur. Selama masa layanan, pekerasan akan mengalami pembebanan berulang. Ruas jalan dengan arus lalu lintas tinggi tercermin Lalulintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT) yang besar, artinya repetisi beban yang terjadi akan semakin banyak. Kondisi ini perlu diantisipasi dengan langkah-langkah pencegahan, utamanya dengan pemeliharaan jalan.

Pemeliharaan jalan hendaknya dilakukan secara rutin maupun berkala untuk menjaga kinerja perkerasan tetap dalam kondisi baik dan terhindar dari kerusakan dini. Tujuan utama pemeliharaan jalan adalah mempertahankan prasarana yang telah dibangun agar selalu dalam kondisi yang mendekati kondisi semula (kondisi mantap yaitu baik dan sedang) agar mampu memberikan pelayanan yang optimal untuk menunjang kegiatan sosial dan ekonomi wilayah.

Pemeliharaan jalan merupakan kewajiban bagi penyelenggara jalan sebagai tertuang dalam Undang-Undang No. 38 Tahun 2004 tentang jalan. Untuk menyediakan pelayanan bagi pemakai jalan dan kewajiban mengutamakan pemeliharaan jalan. Mengingat pentingnya pemeliharaan Undang-Undang No. 22 Tahun 2009 tentang lalulintas dan Angkutan Jalan juga mengatur mengenai kewajiban penyelenggara jalan bila terjadi kecelakaan akibat kerusakan jalan.

Pada Jalan Nasional Magelang – Yogyakarta sta 11±000 sampai dengan 12±000 menjadi fokus penelitian mengingat jalan ini merupakan jalur utama yang menghubungkan Provinsi DIY dan Provinsi Jawa Tengah. Sehingga arus kendaraan dari arah Magelang baik dari Yogyakarta maupun luar daerah meningkat secara signifikan beberapa tahun terakhir. Hal ini dapat dilihat dari meningkatnya tundaan dan antrian kendaraan di setiap pemberhentian lampu lalu lintas baik di hari libur maupun hari kerja. Oleh sebab itu penting untuk mempertahankan kinerja ruas jalan magelang-yogyakarta secara struktural dan konstruksi, untuk itu penelitian ini dilakukan sehingga dapat mengetahui sisa umur rencana jalan dan penilain kondisi perkerasan jalan itu sendiri serta dengan cara penanganannya.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian dari latar belakang maka menjadi masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Bagaimana nilai kondisi perkerasan serta penangan jalan berdasarkan nilai kondisi di Ruas Jalan Magelang-Yogyakarta pada sta 11±000 – sta 12±000 dengan metode *pavement condition index (PCI)*?
2. Bagaimana nilai kondisi perkerasan jalan berdasarkan kerusakan jalan dan penanganan pada Ruas Jalan Magelang-Yogyakarta pada sta 11±000 – sta 12±000 dengan menggunakan metode Bina Marga 2011?
3. Bagaimana respon tegangan-regangan yang terjadi akibat beban lalu lintas Ruas Jalan Magelang-Yogyakarta pada sta 11±000 – sta 12±000 dengan menggunakan metode mekanistik - empirik program *KENPAE*?
4. Berapa sisa Umur rencana/masa layanan yang tersedia dari Ruas Jalan Magelang-Yogyakarta pada sta 11±000 – sta 12±000 dengan menggunakan metode mekanistik empirik program *KENPAE* dan Bina Marga 1987?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Mengetahui besarnya kerusakan kondisi jalan yang terjadi di perkerasan flexibel serta penanganannya dari nilai kondisi diruas jalan Magelang - Yogyakarta pada sta 11±000 – sta 12±000 dengan metode *pavement condition index (PCI)*.
2. Mengetahui kondisi perkerasan jalan berdasarkan kerusakan jalan dan penanganan pada Ruas Jalan Magelang-Yogyakarta pada sta 11±000 – sta 12±000 dengan menggunakan metode Bina Marga Tahun 2011.
3. Mengetahui respon regangan-tegangan yang terjadi akibat beban lalu lintas di Ruas Jalan Magelang-Yogyakarta pada sta 11±000 – sta 12±000 dengan metode mekanistik empirik program *KENPAVE*.
4. Memprediksi sisa umur/masa layanan yang tersedia dari Ruas Jalan Magelang-Yogyakarta pada sta 11±000 – sta 12±000 dengan menggunakan metode *mekanistik-empirik* dengan program *KENPAVE* dan metode Bina Marga 1987.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai :

1. Manfaat Teoritis
  - a. Mengetahui jenis dan tingkat kerusakan perkerasan serta nilai kinerja berdasarkan nilai di lapangan, serta memprediksi besar kerusakan di tahun ke-n dan sisa umur rencana
  - b. Sebagai bahan pertimbangan dalam penentuan system perkerasan management pemeliharaan perkerasan jalan
  - c. Bahan referensi dan opsi perbaikan yang lebih variatif
2. Manfaat Praktik
  - a. Menambah alternatif pilihan metode baru menghitung sisa umur rencana dengan menggunakan metode mekanistik-empirik.

- b. Memudahkan dalam perencanaan besarnya biaya anggaran tahun selanjutnya untuk pemeliharaan rutin jalan karena sudah bisa diprediksi besarnya kerusakan-kerusakan yang akan terjadi di tahun ke-n.

## 1.5 Batasan masalah

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

1. Lokasi penelitian dilaksanakan pada Ruas Jalan Magelang di kabupaten Sleman, DI Yogyakarta pada sta  $11\pm 000$  – sta  $12\pm 000$
2. Data yang digunakan dalam analisis menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Kantor Satuan Kerja Pelaksanaan Jalan Nasional DIY dan data primer yang didapat di lapangan.
3. Penilaian kondisi kerusakan jalan secara visual dengan menggunakan *Pavement Condition Index (PCI)* yang dikembangkan oleh *U.S. Army Corp Of Engineer*. (Shahin et al., 1976-1984).
4. Metode yang digunakan dalam mengevaluasi kondisi yaitu metode Bina Marga (2011) dengan analisis *IRI* dan *SDI*.
5. Analisis dengan Metode Bina Marga menggunakan data sekunder berupa nilai *IRI* dan *SDI*.
6. Perhitungan respon tegangan dan regangan menggunakan program *KENPAVE*.
7. Parameter yang tidak diketahui (yang tidak sesuai dengan keadaan geografis di Indonesia) menggunakan disimplifikasi dengan memperhatikan kondisi di negara acuan dan di Indonesia.
8. Lalulintas yang diperhitungkan adalah dalam keadaan normal. Beban *Overload* diabaikan.
9. Prediksi kerusakan perkerasan lentur haya *fatigue cracking* dan *rutting* serta *aging* (penuaan aspal) diabaikan.
10. Perhitungan sisa umur menggunakan metode AASHTO 1993

11. Metode Bina Marga menghitung tebal *overlay* pada Ruas Jalan Magelang – Yogyakarta.

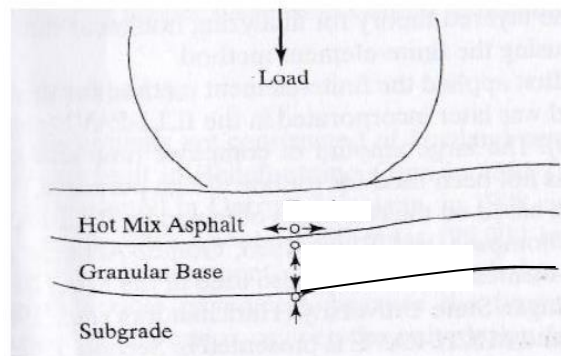
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Tinjauan Umum

Kerkhoven dan Dormon dalam (fadhlan) pertama kali menyarankan penggunaan tekanan vertikal regangan pada permukaan tanah dasar sebagai kriteria kegagalan untuk mengurangi deformasi permanen.

Saal dan Pell (1960) dalam (fadhlan) merekomendasikan penggunaan regangan tarik horizontal pada bagian bawah lapisan aspal untuk meminimalisir terjadinya *fatigue cracking*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Penggunaan kedua konsep diatas untuk mendesain perkerasan pertama kali dipresentasikan di Amerika Serikat oleh Dormon dan Metcalf (1965).



**Gambar 2.1.** *Tensile dan Compressive di Flexibel Pavement*

**Sumber :** Saal dan Pell (1960)

Penggunaan regangan tekan vertikal untuk mengontrol deformasi permanen berdasarkan *strain* plastis yang sebanding dengan *strain* elastis dalam bahan



perkerasan. Dengan adanya pembatasan *strain* elastis yang terjadi pada tanah dasar, *strain* elastis didalam komponen lainnya diatas tanah dasar juga akan terkontrol sehingga besarnya deformasi permanen pada permukaan perkerasan akan ikut terkendali. Kedua kriteria tersebut sudah diterapkan oleh *Shell Petroleum International* (Claussen et al, 1997) dan *Asphalt Institute* (Shook et al, 1982) dalam metode mekanistik-empirik. Keuntungan dari metode mekanistik adalah peningkatan *reliability* dari desain, kemampuan untuk memprediksi jenis kerusakan, dan kelayakan dalam performa dari keterbatasan data lapangan dan laboratorium.

Fernando,et.al (2007) menganalisis perkerasan lentur yang terdiri dari empat lapisan yaitu aspal beton, tanah berbatu, tanah dasar terstabilisasi, dan tanah dasar berupa pasir. Ditemukan bahwa perkerasan dengan nilai modulus AC lebih tinggi diprediksi memiliki performa yang lebih baik. Hasil dari pemadatan dapat membantu menemukan persyaratan *coring* dan penggalian untuk menyelesaikan pekerjaan di lapangan dan uji laboratorium.

Schwartz (2007) menemukan bahwa parameter-parameter berupa rongga udara, kadar aspal efektif, gradasi, jenis pengikat untuk aspal beton, klasifikasi bahan, modulus resilien pada lapis *unbond base* dan *subgrade* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap modulus dinamis. Perkerasan yang memiliki kadar aspal tinggi menunjukkan peningkatan kerusakan jenis *rutting* dan penurunan *fatigue cracking*.

## **2.2. Perkerasan Lentur (*Flexibel Pavement*)**

Perkerasan lentur (*flexibel pavement*), yaitu suatu jenis kerusakan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan mempunyai sifat lentur dimana setelah pembenahan berlangsung perkerasan akan seperti semula. Pada struktur perkerasan lentur, beban lalulintas distribusikan ketanah dasar secara berjenjang dan berlapis (*Layer system*). Dengan sistem ini beban lalulintas didistribusikan dari lapisan atas ke lapisan bawahnya (Sukirman 1992).

Sistem Perkerasan Lentur (SPL) didesain, dibuat dan selanjutnya digunakan untuk menggunakan beban lalulintas dalam jangka waktu yang baik jika memenuhi

semua persyaratan desain. Selanjutnya perkerasan akan mengalami penurunan kualitas, yaitu respon dan performa yang terus berkurang hingga batas akhir waktu pelayanannya (Kosasih, 2003).

### **2.3. Evaluasi Perkerasan**

Dalam perencanaan program perbaikan dan pemeliharaan suatu perkerasan, evaluasi kondisi jalan, baik secara geometrik maupun secara struktural adalah merupakan langkah pertama yang penting. Evaluasi jalan meliputi pertimbangan-pertimbangan geometri dan kondisi kelayakan jalan.

Untuk memprediksi kondisi perkerasan dengan baik, maka suatu sistem untuk identifikasi harus digunakan. Sistem ini merupakan alat bagi personil penilai dalam melakukan penilaian kondisi perkerasan, yaitu sistem penilaian kondisi perkerasan menurut Bina Marga, *Asphalt Institute*, Metode PCI, dsb (hardiyanto, 2009).

### **2.4. Kerusakan Pada Ruas Jalan**

Jenis kerusakan jalan dapat dikelompokkan menjadi 2 macam yaitu menurut Pustlitbang Prasarana Transportasi (2005) adalah sebagai berikut ini.

#### **1. Kerusakan struktural**

Kerusakan struktural adalah kerusakan pada ruas jalan, sebagian atau keseluruhan, yang menyebabkan perkerasan jalan tidak lagi mampu mendukung beban lalu lintas. Untuk itu perlu adanya perkuatan struktur dari perkerasan dengan cara pelapisan ulang (*overlay*) atau perbaikan kembali terhadap lapisan yang ada.

#### **2. Kerusakan fungsional**

Kerusakan fungsional adalah kerusakan pada permukaan jalan yang dapat menyebabkan tergantungnya fungsi jalan tersebut. Kerusakan ini dapat berhubungan atau tidak dengan kerusakan struktural. Pada kerusakan fungsional perkerasan jalan masih mampu menahan beban yang bekerja namun tidak memberikan tingkat kenyamanan dan keamanan seperti yang diinginkan. Untuk itu lapis permukaan perkerasan harus dirawat agar permukaan kembali baik.

Penyebab kerusakan perkerasan lentur, menurut Sukirman (1992), kerusakan yang terjadi pada konstruksi jalan banyak disebabkan oleh meningkatnya beban lalu lintas, air, bahan konstruksi, keadaan iklim kondisi tanah yang tidak stabil dan proses pelaksanaan pekerjaan yang kurang baik. Ada beberapa penyebab yang lain diantaranya adalah kelelahan permukaan perkerasan, pergeseran, pengembangan yang terjadi didalam *subgrade*, *sub base*, serta *base course*.

Menurut Saodang (2004), kerusakan perkerasan dapat didefinisikan sebagai manifestasi akibat terlampauinya batas – batas kemampuan masing – masing elemen perkerasan jalan. Dilihat dari sumber penyebab kerusakan, kerusakan perkerasan dapat di kelompokkan menjadi 2 (dua) kategori, yaitu kerusakan wajar dan kerusakan teknis.

### 3. Kerusakan wajar

Kerusakan wajar adalah kerusakan – kerusakan yang terjadi akibat dilampauinya tegangan kritis tertentu pada lapisan – lapisan perkerasan oleh tegangan – tegangan yang timbul akibat pembebanan yang berulang – ulang. Beban lalu lintas akan mengakibatkan lendutan dan regangan, baik dilapisan perkerasan maupun pada tanah dasarnya, yang bersifat sesaat, yaitu pada saat beban lalu lintas berada di atasnya. Pada keadaan tertentu, regangan sesaat tersebut dapat melampaui regangan batas, sehingga terjadi regangan – regangan yang tetap. Akumulasi dari regangan – regangan tetap ini, selama masa pelayanan akan menimbulkan deformasi dan retakan – retakan pada perkerasan, atau dengan kata lain timbul kerusakan – kerusakan pada perkerasan.

### 4. Kerusakan teknis

Kerusakan teknis adalah kerusakan – kerusakan yang terjadi akibat tegangan – tegangan yang bukan secara langsung bersumber dari repetisi beban lalu lintas, misalnya oleh pemadatan temperature, pemampatan, kondisi tanah dasar, susut muai, kehilangan daya ikat, reaksi – reaksi kimia, longsor dan bencana – bencana lainnya.

## 2.5. Pemeliharaan Perkerasan

*Asphalt Institute MS-17* mengidentifikasi pemeliharaan sebagai pekerjaan rutin untuk menjaga kondisi yang memadai perkerasan agar sedikit mungkin masih dalam tingkat pelayanan yang memadai sedangkan, rehabilitasi didefinisikan tidak lagi mampu memelihara pelayanan lalu lintas yang memadai.

Pekerjaan pemeliharaan perkerasan meliputi hal-hal berikut (Hardiyanto, 2009).

1. Pemeliharaan permukaan perkerasan yang telah ada.
2. Pelapisan tambahan yang kurang dari tebal lapis tambahan (*overlay*) nominal.
3. Penambahan dan perbaikan kerusakan kecil.
4. Pengisi rongga di bawah pelat beton (*undersealing*) dan sebagainya.

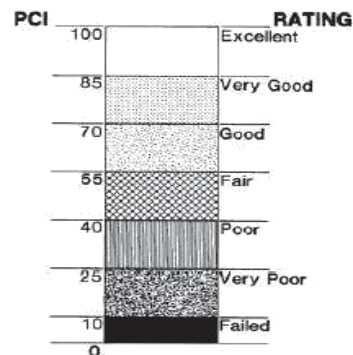
Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (1995), kegiatan pemeliharaan dibagi menjadi 2 kategori yaitu pemeliharaan rutin dan pemeliharaan berkala.

1. Pemeliharaan rutin mencakup pekerjaan-pekerjaan perbaikan kecil dan pekerjaan-pekerjaan rutin, yang umum dilaksanakan pada jangka waktu yang teratur dalam satu tahun, seperti penambalan permukaan, pemotongan rumput, dan termasuk pekerjaan-pekerjaan perbaikan untuk menjaga jalan tetap pada kondisi yang baik.
2. Pemeliharaan berkala merupakan pekerjaan yang mempunyai frekuensi yang terencana lebih dari satu tahun pada salah satu lokasi. Untuk jalan-jalan Kabupaten, pekerjaan ini terdiri dari pembahasan lapis ulang pada jalan-jalan dengan lapis permukaan dari aspal, dan pemberian lapis ulang kerikil pada jalan kerikil, termasuk pekerjaan menyiapkan permukaan.

## 2.6. Metode Penilaian Kondisi Perkerasan Jalan *Pavement Condition Index (PCI)*

*PCI* dikembangkan oleh *U.S Army Corp Of Engineer (Shahin et al., 1976 – 1984)* dipakai untuk mengukur tingkat kerusakan suatu perkerasan bandara, jalan, dan tempat parkir. Nilai *PCI* diperoleh berdasarkan pengukuran yang seksama dan survey secara visual. Nilai *PCI* ini mempunyai rentang 0 sampai 100 dengan kriteria

sempurna (*excellent*), sangat baik (*verygood*), baik (*good*), sedang (*fair*), jelek (*poor*), sangat jelek (*very poor*) dan gagal (*failed*).



**Gambar 2.2.** Diagram Nilai *PCI*

Penilaian kondisi kerusakan perkerasan jalan yang ada merupakan aspek yang paling penting dalam menentukan sebuah proyek perbaikan jalan. Kondisi kerusakan jalan inilah yang akan menentukan satuan nilai manfaat ekonomis yang timbulkan oleh proyek perbaikan jalan tersebut.

Manfaat perbaikan jalan antara lain sebagai berikut.

1. Perbaikan jalan memungkinkan terjadinya pergerakan lalu lintas yang sebelumnya mempunyai nilai keterlambatan yang lebih mahal dari segi biaya dan non biaya.
2. Perbaikan jalan mendukung terjadinya perkembangan yang lebih cepat pada kegiatan ekonomi lokal karena peningkatan kebutuhan bahan pokok.

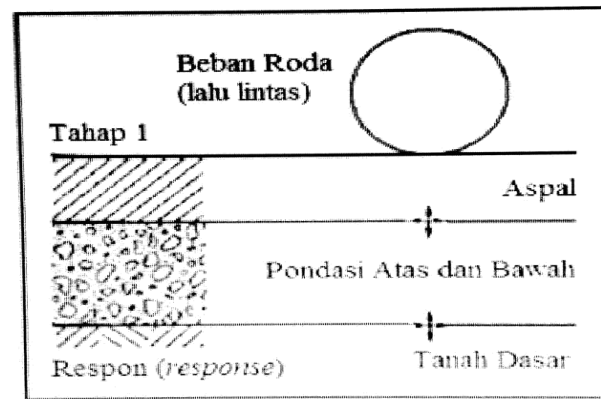
### **2.7. Metode Bina Marga 2011**

Metode Bina Marga yang dimaksud adalah metode yang mengacu pada *Review Manual No. 001/T/Bt/1995* tentang Pemeliharaan Rutin Jalan Nasional dan Provinsi Tahun 2011. Metode Bina Marga 2011 merupakan metode penanganan jalan khususnya pemeliharaan rutin sebagai salah satu bagian dari manajemen pemeliharaan perkerasan rutin sebagai salah satu bagian dari manajemen pemeliharaan perkerasan. Inti dari pemeliharaan perkerasan adalah agar perkerasan tetap terjaga dalam kondisi baik selama layanan yang ditentukan atau saat terlihat indikasi akan terjadinya kerusakan, telah dilakukan antisipasi sejak awal diterapkannya pemeliharaan jalan.

## 2.8. Metode Mekanistik-Empirik

Beban lalulintas yang bekerja pada SPL direspon oleh perkerasan yang melibatkan mampatan tegangan (*compressive stresses*), regangan tensil (*tesile strains*) dan lendutan (*deflection*). Performa perkerasan juga melibatkan fungsi pelayanan dan keadaan struktur SPL. Pengetahuan perilaku perkerasan lalulintas, sentuhan roda, modulus, *rasio poisson*, tegangan, regangan, redaman, suhu dan keadaan lingkungan diperlukan untuk menghitung respon dan performa SPL.

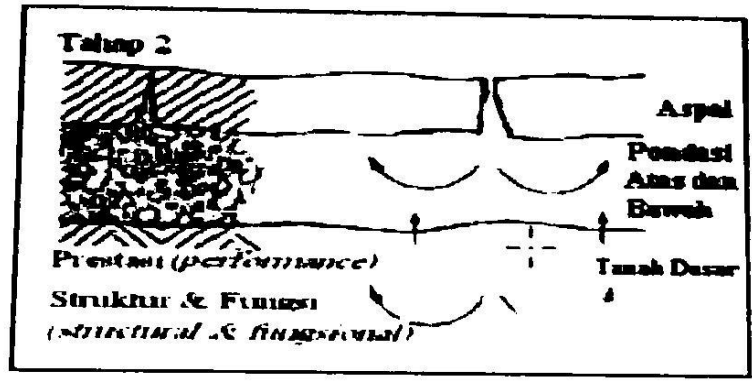
Metode mekanistik-empirik untuk mendesain SPL memerlukan dua tahapan perhitungan. Tahap pertama menghitung repon perkerasan yang berupa tegangan, regangan dan lendutan kritis setiap lapisan SPL dengan menggunakan analisis metode mekanistik yang berdasarkan prinsip-prinsip teori elastis. Seterusnya respon perkerasan di tunjukan pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3.** Respon Sistem Perkerasan Lentur

**Sumber :** Ullidtz (1987)

Tahapan kedua Gambar 2.4 meramal performa keadaan dan fungsi perkerasan dimasa depan. Ini adalah fungsi beban lalulintas dan pengaruh lingkungan yang ada di sekitarnya.



Gambar 2.4. Performa SPL

Sumber : Ullidtz (1987)

Respon perkerasan dipengaruhi oleh beban lalu lintas dinamik yang bergerak, rendaman dan sentuhan roda pada permukaan perkerasan. Bahan perkerasan umumnya anisotropis dan butirannya heterogen yang perilakunya dapat dimodelkan secara *liquidnewtonian* dan *soild hookean* (Ullidtz, 1998).

**Tabel 2.1** Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Fadlan	2013	Evaluasi Tebal Perkerasan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Bina Marga Pt T-01-2002-B dengan Menggunakan Program <i>KENPAVE</i>	Mengevaluasi tebal perkerasan dengan Bina Marga Pt T-01-2002-B dan Program <i>KENPAVE</i>		Bina Marga Pt T - 01-2002-B dan <i>KENPAVE</i>	Semakin tebal lapisan perkerasan semakin besar jumlah repitisi beban
Dinata	2017	Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur dengan Metode Bina Marga 1987, AASHTO 1993 dan Menggunakan Program <i>KENPAVE</i> Pada Jalan Karangmojo-Semin Sta. 0+000 Sampai 4+500	Mengevaluasi tebal perkerasan menggunakan Bina Marga 19987 dan program <i>KENPAVE</i>	Jalan Karangmojo - Semin	Bina Marga 1987, AASHTO 1993 dan <i>KENPAVE</i>	<i>Fatigue cracking</i> 0,000408 dan <i>rutting</i> 0,000138 berdasarkan BM 1987. <i>Fatigue cracking</i> 0,000322 dan <i>rutting</i> 0,00134 untuuk AASHTO 1993
Indra	2016	Analisis Kerusakan Jalan dengan Metode PCI Jalan Yogyakarta- Wonosari Km. 06+000 - Km.	Mengetahui Jenis Kerusakan dan Nilai Kondisi Perkerasan Ruas Jalan Yogyakarta	Jalan Yogyakarta – Wonosari	Metode <i>Pavement Condition Index</i>	Jenis kerusakan yang terjadi terdapat 6 jenis kerusakan dengan nilai indeks <i>PCI</i> adalah 99



		16+000 Pada Proyek Preservasi Rehabilitasi Minor Jalan Yogyakarta-Wonosari-Duwet	- Wonosari Dengan Metode <i>Pavement Condition Index</i>			% dalam kondisi sempurna
Denita rosalina	2013	Sistem Manajemen Pemeliharaan Perkerasan Jalan dengan Metode Manual Pemeliharaan Rutin Jalan Untuk Jalan Nasional dan Jalan Provinsi Tahun 2011 ( <i>Review Manual No.001/T/BT/1995</i> ) Dan Metode <i>Pevement Condition Index</i>	Mengetahui Kondisi serta opsi perbaikan Perkerasan dengan Metode Bina Marga 2011 Dan <i>PCI</i>	Jalan Nasional di Kabupaten Gunung Kidul	Metode <i>Pavement Condition Index</i> dan Metode Bina Marga 2011	Metode Bina marga menghasilkan nilai kondisi yang lebih baik dari pada metode <i>PCI</i> .

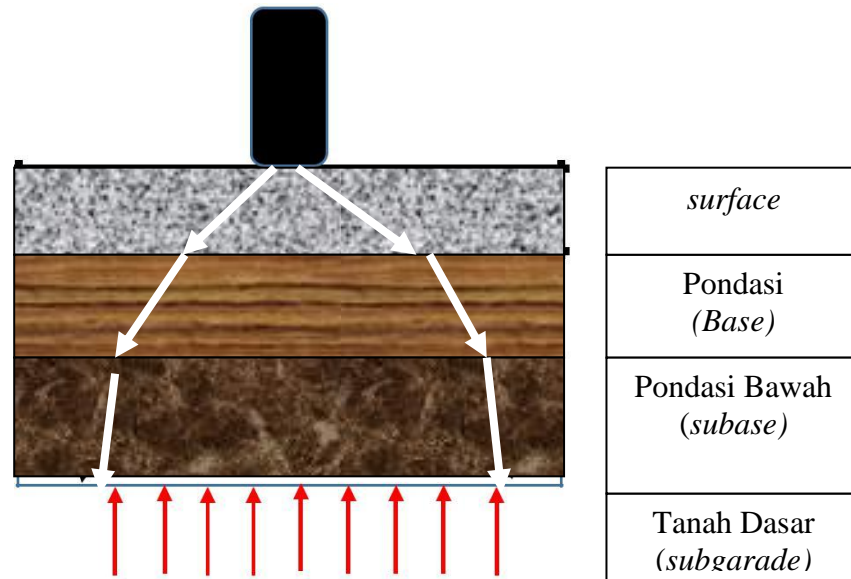


### BAB III

#### LANDASAN TEORI

##### 3.1 Perkerasan lentur (*Flexibel Pavement*)

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakan di atas tanah yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebabkannya ke lapisan dibawahnya. Penyebaran beban roda pada perkerasan lentur ditunjukkan pada Gambar 3.1.

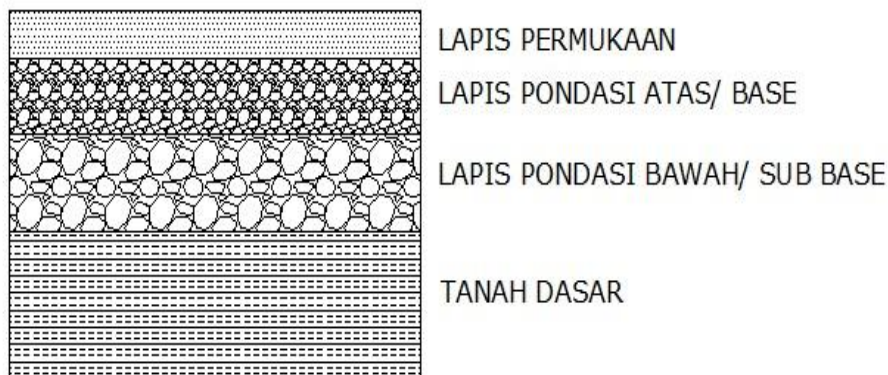


**Gambar 3.1.** Penyebaran Beban Roda Melalui Perkerasan Jalan

(Sumber: Bina Marga, 2012)

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1987) yang dimaksud dengan pekerasan lentur (*flexibel pavement*) adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan dibawahnya.

Susunan perkerasan lentur jalan disajikan pada Gambar 3.2. dengan susunan sebagai berikut ini.



**Gambar 3.2.** Susunan Lapisan Konstruksi Perkerasan Lentur

(Sumber : Bina Marga, 2012)

### 3.1.1 Lapis permukaan (*surface course*)

Lapis permukaan pada perkerasan jenis lentur terdiri dari campuran agregat dengan aspal dalam porsi tertentu sehingga memiliki nilai kekuatan tertentu sebagaimana disyaratkan dalam spesifikasi teknis. Campuran agregat aspal ini umumnya disebut sebagai lapis perkerasan beraspal, yang langsung ditempatkan tepat diatas lapis pondasi.

Fungsi lapis permukaan adalah sebagai bagian konstruksi perkerasan dan sebagai lapisan yang mampu menahan keausan akibat gaya gesek roda kendaraan, mengurangi air permukaan yang akan masuk ke perkerasan, menyediakan lapis permukaan yang kesat, dan menyediakan tingkat kerataan yang seragam guna memenuhi syarat kenyamanan pelayanan.

### 3.1.2 Lapis pondasi atas (*base course*)

Lapis pondasi (*base course*) yang juga disebut lapis pondasi atas adalah lapis yang tepat berada dibawah lapisan permukaan, khususnya perkerasan beraspal. Lapis pondasi merupakan konstruksi utama dari perkerasan lentur. Material lapis pondasi terdiri dari batu pecah, pasir alam dan kerikil pecah, batu pecah hasil pembakaran dari tanur (*slog*), atau kombinasi material – material tersebut. Dalam hal ini peningkatan

kinerja lapis pondasi dapat digunakan bahan penguat atau bahan tambahan, antara lain semen, kapur, aspal. Persyaratan mutu untuk material lapis pondasi atas, khususnya tegangan, plastisitas dan gradasi harus lebih tinggi dari persyaratan untuk *subbase*, menurut SNI 1732-1989-f dan Pt-01-2002-B, macam – macam bahan alam yang mempunyai  $CBR > 50\%$  dan indeks plastisitas (PI)  $\leq 4$  dapat digunakan untuk lapis pondasi.

Lapis pondasi berfungsi antara lain sebagai berikut ini.

1. Bagian perkerasan yang menahan beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan dibawahnya.
2. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah dan perletakan terhadap lapis permukaan.

### **3.1.3 Lapis Pondasi bawah (*subbase course*)**

Lapis pondasi bawah adalah lapis antara tanah dasar dengan lapis pondasi (*base*), yang terdiri dari agregat berbutir dengan tanpa tambahan bahan pengikat (perkuatan). Namun demikian kualitas material *subbase* masih berada dibawah lapis pondasi atas, terutama dalam hal tegangan, plastisitas dan komposisi gradasi. Hal yang perlu diperhatikan adalah bahwa, kualitas *subbase* harus lebih bagus dari tanah dasar, atau mempunyai nilai  $CBR \geq 20\%$  dan  $PI \leq 10\%$ .

Adapun fungsi *subbase* adalah sebagai berikut ini.

1. Mencegah butiran halus dari tanah dasar yang akan masuk ke lapis pondasi, sehingga untuk ini gradasi *subbase* harus berjenis padat (menerus).
2. Mengurangi pengaruh kerusakan akibat kembang susut tanah dasar.
3. Mencegah terjadinya penumpukan air didalam, atau bawah susunan lapis perkerasan, sehingga *subbase* berfungsi sebagai drainase. Khusus untuk hal ini, batasan butiran lolos saringan nomor 8 harus sangat kecil.
4. Menyediakan lantai kerja untuk pemakaian peralatan pada pelaksanaan konstruksi perkerasan.

### 3.1.4 Tanah Dasar (*subgrade*)

Tanah dasar adalah tanah asli atau tanah timbunan biasa sebagai pelapis paling bawah dari susunan lapis perkerasan. Pada umumnya tanah dasar memiliki *CBR* 2% - 6% saja, pada tanah dasar yang selalu terendam air (*CBR* < 2%), antara lain tanah rawa, tanah gambut, perlu ada perbaikan lebih dahulu, biasanya dengan dikupas atau ditambah dengan bahan kimia seperti semen atau kapur sesuai dengan porsi yang disyaratkan, cerucuk (*dolken*) atau bahkan dengan aspal jenis tertentu. Teknologi masa kini yang lebih efektif dan efisien dengan menggunakan *geo-sintetic*, kolom – kolom pasir, dan teknologi lainnya yang berfungsi untuk meningkatkan nilai daya dukung tanah tersebut.

## 3.2 Beban Lalu Lintas

### 3.2.1 Prosedur desain

Beban lalu lintas merupakan faktor penting dalam mendesain perkerasan pertimbangan dalam perhitungan lalu lintas harus meliputi konfigurasi dan besarnya beban serta jumlah pengulangan beban lalu lintas. Terdapat 3 (tiga) metode dalam mempertimbangkan volume dan beban lalu lintas yaitu : *fixed traffic*, *fixed vehicles* dan *variable traffic and vehicle*.

Analisis dengan metode *fixed traffic*, tebal perkerasan dihitung dengan beban roda tunggal sedangkan jumlah pengulangan beban tidak menjadi pertimbangan dalam analisis. Metode ini umumnya digunakan untuk perkerasan lapangan terbang (*airport*) atau pada perkerasan yang dibebani beban yang sangat besar namun frekuensinya rendah.

Metode *fixed vehicle* menghitung ketebalan perkerasan berdasarkan pada jumlah pengulangan beban kendaraan/sumbu standar, biasanya 18 kip (80-KN) *single-axle load*. Beban kendaraan/sumbu yang tidak 18- kip (80-KN) atau terdiri dari tandem/ tridem harus diubah menjadi 18-kip *single axle load* dengan menggunakan *equivalent axle load factor* (EALF).

Penggunaan metode *variable traffic* dan *vehicles* mempertimbangkan volume lalu lintas dan beban kendaraan/gandar secara sendiri-sendiri, sehingga tidak

diperlukan faktor penyesuaian (*equivalen factor*) untuk tiap beban roda. Beban roda /gandar dapat dibagi menjadi beberapa grup/kelompok dan tegangan-regangan lendutan dapat dianalisis secara terpisah untuk keperluan perencanaan. Prosedur ini sangat sesuai untuk desain metode analitis dimana respon dari perkerasan akibat beban yang berbeda dapat dihitung secara manual/komputer.

Lalu lintas dan pembebanan tergantung dari beberapa faktor antara lain : beban gandar (*axle load*), jumlah repetisi beban (*the number of load repetitions*), kontak area ban (*tire-contact areas*), kecepatan kendaraan (*vehicle speed*).

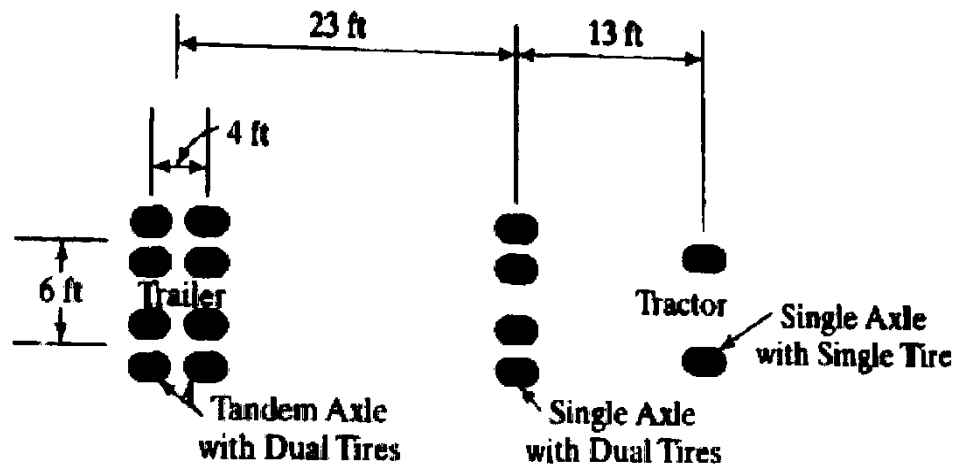
1 Beban gandar (*axle load*)

Beban yang diperhitungkan adalah beban hidup yang berupa beban tekanan sumbu roda kendaraan yang lewat di atasnya. Dengan demikian, beban mati (berat sendiri) konstruksi diabaikan.

2 Jumlah repetisi beban (*the number of load repetitions*)

Kapasitas konstruksi perkerasan jalan dalam besaran sejumlah repetisi (lintasan) beban sumbu roda lalu lintas dalam satuan standar *axle load* yang dikenal dengan satuan EAL (*Equivalent Axle Load*) atau ESAL (*Equivalent Singel Axle Load*). Satuan standar *axle load* adalah yang mempunyai daya rusak konstruksi perkerasan sebesar 1 dan *axle load* yang bernilai 1 tersebut adalah *single axle load* sebesar 18.000 lbs atau 18 kips atau 8.16 ton.

Gambar 3.3. menunjukkan jarak roda pada tipikal kendaraan semi trailer yang terdiri dari sumbu tunggal roda tunggal, sumbu tunggal roda ganda dan sumbu tandem roda ganda. Kendaraan berat dengan sumbu tridem yang terdiri dari satu set sumbu berjumlah tiga buah mungkin terdapat dalam analisis beban lalu lintas. Jarak antar sumbu 23ft dan 13 ft (7 dan 4 m) seharusnya tidak memiliki pengaruh pada perencanaan perkerasan karena roda terpisah jauh sehingga akan efektif pada tegangan dan regangan jika dihitung secara terpisah.



**Gambar 3.3.** Konfigurasi Roda ada Tipikal Kendaraan Semi Trailer

(Sumber : Huang, 2004)

Di Indonesia, muatan sumbu kendaraan diatur dalam surat edaran Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Departemen Perhubungan Nomor: SE/02/AJ.108/DRJD 2008 tanggal 7 Mei 2008 tentang Panduan Batas Maksimum Perhitungan JBI (Jumlah Berat yang diizinkan) dan JBKI (Jumlah Berat Kombinasi yang diizinkan) untuk mobil barang, kendaraan khusus, kendaraan penarik berikut kereta tempelan /kereta gandeng.

Klasifikasi jalan berdasarkan beban ganda maksimum (*maximum axle load*) yang diizinkan lewat adalah seperti yang termuat dalam Peraturan Pemerintah tentang lalu lintas nasional (PPLLN) No. 5 Tahun 1964. Hubungan antara kelas jalan dengan beban gandar maksimum yang di ijinan lewat dapat dilihat pada Tabel 3.1. Kelas jembatan disesuaikan dengan kelas jalan, dan dalam pelaksanaannya kelas jembatan ditetapkan setingkat lebih tinggi dari pada kelas jalannya.



**Tabel 3.1** Hubungan Antara Fungsi dan Kelas Jalan dengan Beban Gandar.

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Ukuran Kendaraan Bermotor	Muatan Sumbu Terberat (Ton)
Kelas I	Jalan Arteri Jalan Kolektor	Lebar $\leq 2.500$ mm Panjang $\leq 18.000$ mm Tinggi $\leq 4.200$ mm	10
Kelas II	Jalan Arteri Jalan Kolektor Jalan Lokal Jalan Lingkungan	Lebar $\leq 2.500$ mm Panjang $\leq 12.000$ mm Tinggi $\leq 4.200$ mm	8
Kelas III	Jalan Arteri Jalan Kolektor Jalan Lokal Jalan Lingkungan	Lebar $\leq 2.500$ mm Panjang $\leq 9.000$ mm Tinggi $\leq 4.200$ mm	8
Kelas Khusus	Jalan Arteri	Lebar $\leq 2.500$ mm Panjang $\leq 18.000$ mm Tinggi $\leq 4.200$ mm	>10



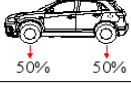
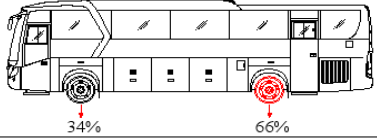
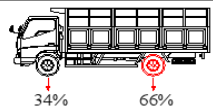
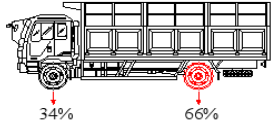
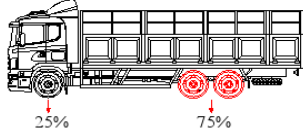
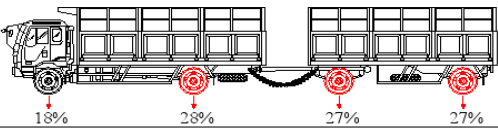
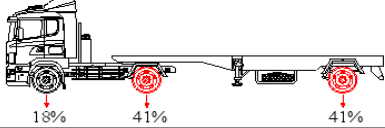
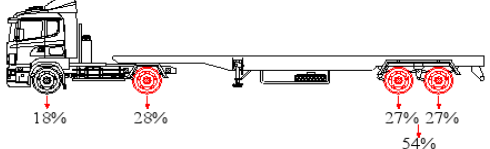
Sumber : Undang – undang No. 22 Tahun 2009 Tentang LLAJ

Konfigurasi beban sumbu pada berbagai jenis kendaraan beserta angka ekuivalen kendaraan dalam keadaan kosong (minimal) dan dalam keadaan bermuatan (maksimal) berdasarkan Manual Perkerasan Jalan dengan Alat *Benkelmen Beam* No. 01/MN/BM/83, dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Konfigurasi sumbu kendaraan didapatkan dari pengamatan langsung di lapangan atau dari data pabrikan kendaraan. Nilai tipikal konfigurasi sumbu kendaraan menurut MEPDG (2012) dapat digunakan apabila tidak terdapat data kendaraan yang spesifik.

- a. Lebar rata-rata sumbu jarak kedua tepi sumbu kendaraan, tipikalnya sebesar 8,5ft;
- b. Spasi roda ganda, jarak antara pusat roda apda roda ganda unruk truk sebesar 12 inchi;
- c. Spasi antar sumbu, ajrak antar sumbu pada satu set sumbu tandem sebesar 51,6 inchi dan pada satu set sumbu tridem dan quad sebesar 49,2 inchi.

**Tabel 3.2. Konfigurasi Beban Sumbu Kendaraan**

KONFIGURASI BEBAN SUMBU						
KONFIGURASI SUMBU DAN TIFE	BERAT KOSONG (TON)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (TON)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (TON)	UE 18 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL MAKSIMUM	 Roda Tunggal pada Ujung Sumbu  Roda Ganda pada Ujung Sumbu
1,1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0005	
1,2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1,2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1,2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1,22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416	
1,2 + 2,2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	3,9083	
1,2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	
1,2-2,2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,1830	

Sumber : Bina Marga (1983)

### 3 Kontak area ban (*tire-contact areas*)

Luasan area kontak antara ban dan perkerasan jalan perlu diketahui terutama dalam perencanaan dengan metode mekanistik sehingga beban sumbu dapat diasumsikan terbagi merata pada area kontak. Luasan area kontak roda bergantung pada tekanan kontak. Pada perencanaan perkerasan, tekanan kontak diasumsikan sama dengan tekanan ban. Beban sumbu roda yang berat biasanya diaplikasikan dengan penggunaan sumbu atau tridem.

$$Ac = \frac{q}{a} \quad (3.1)$$

dengan,

Ac = *the area of contact* (kontak area)

q = *Load* (beban maksimum 1 roda)

a = *tire pressure* (tekanan ban)

Apabila beban roda berupa tendem (*nilai tire*) maka area kontak roda harus dikonversikan menjadi area lingkaran, sehingga rumus dapat dipakai untuk analisis. Radius kontak dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$a = \sqrt{\frac{0,8521Pd}{q\pi} + \frac{S_d}{\pi} \left(\frac{Pd}{0,5227}\right)^{1/2}} \quad (3.2)$$

dengan,

a = radius kontak roda ,

Pd = Beban untuk satu roda,

q = tekanan kontak roda,

Sd = jarak antara 2 (dua) roda

### 4 Kecepatan kendaraan (*vehicle speed*)

Batasan kecepatan bagi jalan-jalan perkotaan haruslah sesuai dengan tipe dan kelas jalan yang bersangkutan. Informasi mengenai kecepatan rencana berdasarkan tipe dan kelas jalan di sajikan pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3.** Kecepatan Rencana Berdasarkan Tipe dan Kelas Jalan

Tipe	Kelas	Kecepatan Rencana (Km/jam)
Tipe I	1	100,80
	2	80,60
Tipe II	1	60
	2	60,50
	3	40,30
	4	30,20

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum (1997)

### 3.2.2 Lalu lintas harian (LHR)

Dalam perencanaan perkerasan lentur biasanya menggunakan metode dengan membagi beban sumbu kendaraan menjadi sejumlah kelompok/grup. Kelompok kendaraan yang diperhitungkan dalam perencanaan sesuai dengan hasil survei volume lalu lintas. Jumlah pengulangan beban dihitung dengan mempertimbangkan Lalu lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT) pada ruas jalan yang akan direncanakan.

Lalu lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT) adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh. LHRT ditanyakan dalam smp/hari/2 arah atau kendaraan/hari/2 arah untuk jalan 2 lajur 2 arah, atau smp/hari/1 arah atau kendaraan/hari/1 arah untuk jalan berlajur banyak dengan median.

$$LHRT = \frac{\text{jumlah lalu lintas dalam 1 tahun}}{365} \quad (3.3)$$

Untuk dapat menghitung LHRT harus tersedia data jumlah kendaraan yang terus menerus selama 1 tahun penuh. Mengingat akan biaya yang diperlukan dan membandingkan dengan ketelitian yang dicapai serta tak semua tempat di Indonesia mempunyai data volume lalu lintas selama 1 tahun, maka untuk kondisi tersebut dapat pula dipergunakan satuan Lalu lintas Harian Rata-Rata (LHR). LHR adalah

hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

$$LHRT = \frac{\text{jumlah volume lalu lintas selama pengamatan}}{\text{lamanya pengamatan}} \quad (3.4)$$

### 3.3 Tegangan dan Regangan Perkerasan Lentur

#### 3.3.1 Konsep sistem lapisan

Anggapan yang digunakan dalam menggambarkan konsep umur dari sistem elastis lapis banyak adalah sebagai berikut (dalam Setyaningsih, 2010).

1. Masing-masing lapisan mempunyai sifat bahan yang homogen, sifat bahan pada titik A sama dengan sifat bahan pada titik B.
2. Masing-masing lapisan mempunyai ketebalan tertentu, kecuali pada lapisan paling bawah dan lapisan lateral mempunyai ketebalan dan arah yang tidak terbatas.
3. Setiap lapisan bersifat isotropik, yaitu masing-masing lapisan memiliki sifat fisik yang sama kesegala arah.
4. Tegangan dipengaruhi oleh sifat bahan yang dimiliki tiap lapisan, yaitu nilai banding *Poisson* ( $\mu$ ) dan modulus elastisitas bahan ( $\epsilon$ ).
5. Pada tiap bidang *interface*, antar lapisan mempunyai ikatan yang kuat.
6. Gaya-gaya lintang terjadi pada lapisan permukaan.

Dari konsep sistem lapisan banyak tersebut, akan menghasilkan respon berupa tegangan-tegangan antara lain sebagai berikut.

1. Tegangan normal ( $\sigma_z$ ,  $\sigma_r$ ,  $\sigma_t$ ) yang bekerja tegak lurus pada bagian permukaan.
2. Tegangan geser ( $\tau_{rt}$ ,  $\tau_{tr}$ ,  $\tau_{rz}$ ,  $\tau_{zr}$ ,  $\tau_{tz}$ ,  $\tau_{zt}$ ) yang berkerja sejajar permukaan. Dalam kondisi keseimbangan statis diperlihatkan bahwa tegangan geser yang bekerja pada tiap permukaan adalah sama besar yaitu  $\tau_{rt}$ ,  $\tau_{tr}$ ,  $\tau_{rz}$ ,  $\tau_{zr}$ ,  $\tau_{tz}$ ,  $\tau_{zt}$ . Dalam kondisi tersebut, maka dapat dikatakan bahwa resultan tegangan geser sama dengan nol. Regangan yang terjadi dirumuskan pada berikut :

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \mu(\sigma_r + \sigma_t)] \quad (3.5)$$

$$\varepsilon_r = \frac{1}{E} [\sigma_r - \mu(\sigma_t + \sigma_z)] \quad (3.6)$$

$$\varepsilon_t = \frac{1}{E} [\sigma_t - \mu(\sigma_z + \sigma_r)] \quad (3.7)$$

dengan,

P = beban terpusat roda

h<sub>n</sub> = kedalaman masing-masing lapisan

E = modulus elastisitas bahan tiap lapisan

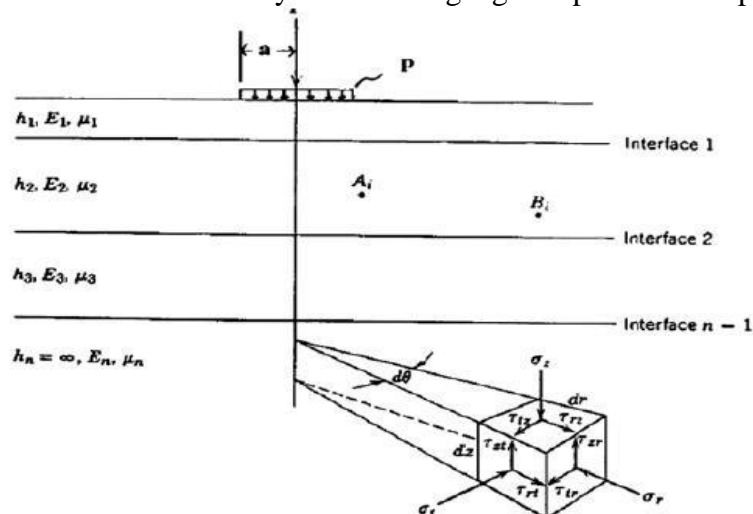
μ = nilai banding poisson tiap lapis

A<sub>i</sub>, B<sub>i</sub> = titik pada lapisan yang ditinjau

σ = tegangan normal

τ = tegangan geser

Dari teori yang digunakan tersebut, sebuah titik dalam setiap lapisan akan memberikan sebanyak 9 buah tegangan seperti terlihat pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4.** Konsep Sistem Elastis Multi Layer

(Sumber : Yoder and Witczak, 1975)

### 3.3.2 Permodelan lapis perkerasan jalan

Sistem lapis banyak atau model elastis dapat menghitung tekanan dan regangan pada suatu titik dalam struktur perkerasan. Model ini berasumsi bahwa setiap lapis perkerasan memiliki sifat-sifat seperti homogen, isotropis dan linier elastik yang berarti akan kembali ke bentuk aslinya ketika beban dipindahkan.

Dalam permodelan lapis perkerasan jalan dengan model lapisan elastis ini diperkirakan data input untuk mengetahui tegangan dan regangan pada struktur perkerasan dan respon terhadap beban. Parameter-parameter yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Parameter setiap lapis

a. Modulus Elastisitas

Hampir semua bahan adalah elastis, artinya dapat kembali ke bentuk aslinya setelah diregangkan atau ditekan. Modulus elastisitas adalah perbandingan antara tegangan dan regangan suatu benda. Modulus elastisitas biasa disebut *Modulus young* dan dilambangkan dengan E.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3.8)$$

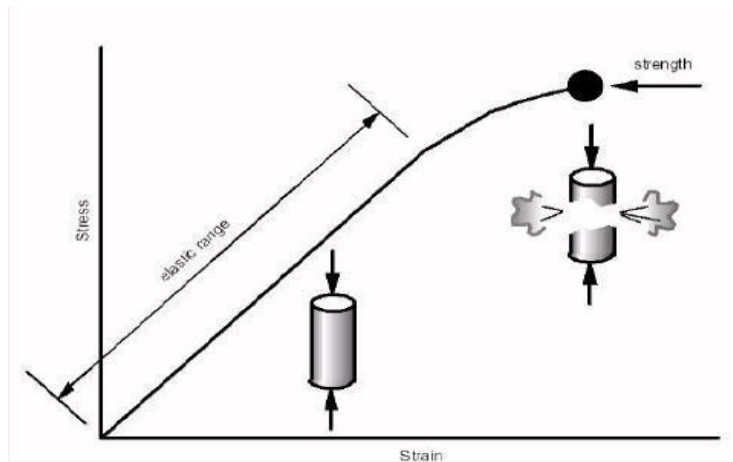
dengan,

E = modulus Elastisitas; Psi atau kPa

$\sigma$  = tegangan ; kPa

$\varepsilon$  = regangan

Modulus elastisitas untuk suatu benda mempunyai batas regangan dan tegangan elastisitasnya. Grafik tegangan dan regangan dapat dilihat pada Gambar 3.5. Batas elastisitas suatu bahan bukan sama dengan kekuatan bahan tersebut menanggung tegangan atau regangan, melainkan suatu ukuran dari seberapa baik suatu bahan kembali ke ukuran dan bentuk aslinya. Sedangkan nilai modulus elastisitas tipikal dari berbagai jenis material disajikan pada Tabel 3.5.



**Gambar 3.5.** Modulus Elastisitas

(Sumber : Shell, 1978)

**Tabel 3.4.** Nilai Modulus Elastisitas Tipikal

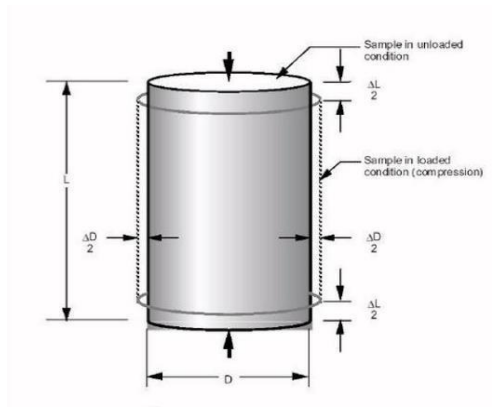
Material	Modulus elastisitas	
	Psi	kPa
<i>Cement treated granular base</i>	1000000 - 2000000	7000000 – 14000000
<i>Cement aggregat mixtures</i>	500000 – 1000000	3500000 – 7000000
<i>Asphalt treated base</i>	70000 – 450000	490000 – 3000000
<i>Asphalt concrete</i>	20000 – 2000000	140000 – 14000000
<i>Bitumious stabilized mixture</i>	40000 - 300000	280000 – 2100000
<i>Unbound granular material</i>	15000 - 45000	105000 – 315000
<i>Fine grained or natural subgrade</i>	3000 - 40000	21000 – 280000

Sumber : Huang (2004)

b. *Poisson Ratio*

Salah satu parameter penting yang digunakan dalam analisis elastis dari sistem perkerasan jalan adalah *poisson ratio* yang merupakan angka perbandingan antara regangan *horizontal (lateral strain)* dan regangan vertikal (*axial strain*) yang disebabkan oleh beban sejajar sumbu dan regangan aksial (Yoder dan Witczak, 1975). Penjelasan terkait respon *poisson ratio* untuk lebih detailnya dapat dilihat pada Gambar 3.6.





**Gambar 3.6. Poisson Ratio**

(Sumber : Shell, 1978)

Perbandingan rasio dapat berubah-ubah pada awalnya 0 sampai sekitar 0,5 (artinya tidak ada volume yang berubah setelah dibebani). Nilai *poisson ratio* disajikan pada Tabel 3.5.

**Tabel 3.5. Nilai Poisson Ratio**

Material	Nilai $\nu$	V Tipikal
<i>Hot mix aspal</i>	0,30 – 0,40	0,35
<i>Portland cement concrete</i>	0,15 - 0,20	0,15
<i>Untreated granular material</i>	0,30 – 0,40	0,35
<i>Cement-treated granular material</i>	0,10 – 0,20	0,15
<i>Cement-treated fine – grained material</i>	0,15 – 0,35	0,25
<i>Lime-stabilized material</i>	0,10 – 0,25	0,20
<i>Lime-flyash mixture</i>	0,10 – 0,15	0,15
<i>Loose sand/ silty sand</i>	0,20 – 0,40	0,30
<i>Dense sand</i>	0,30 – 0,45	0,35
<i>Fine-grained soil</i>	0,3 – 0,50	0,40
<i>Saturated soft clay</i>	0,40 – 0,40	0,45

Sumber : Huang (2004)

2. Ketebalan Setiap lapis perkerasan

Ketebalan setiap lapis perkerasan diperlukan dalam teori elastis lapis banyak. Ketebalan setiap lapis dalam satuan mm atau inch.

3. Kondisi Beban

Data ini terdiri dari data beban roda, P (kN/Lbs), tekanan ban, q (kPa/Psi). Nilai P dipengaruhi oleh barang yang diangkut oleh kendaraan. Selanjutnya ada nilai jari-jari bidang kontak, a (mm/inch) antara roda bus dan permukaan perkerasan yang dianggap berbentuk lingkaran.

$$a = \sqrt{\frac{P}{\pi \times q}} \quad (3.9)$$

dengan,

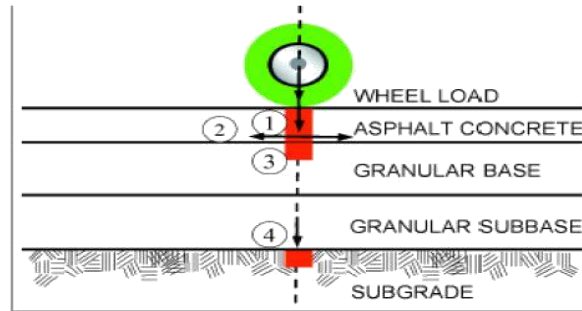
a = jari-jari bidang kontak, p = beban kendaraan, q = tekanan beban

Nilai yang akan dihasilkan dari permodelan lapisan perkerasan dengan sistem lapis banyak adalah nilai tegangan, regangan dan lendutan. Dengan menggunakan program KENPAVE akan mempermudah perhitungan nilai tegan, regangan dan nilai lendutan di berbagai titik pada struktur perkerasan. Namun ada beberapa titik atau lokasi penting yang bisa digunakan dalam analisis perkerasan yang disajikan pada Tabel 3.6. dan ditampilkan pada Gambar 3.8.

**Tabel 3.6.** Analisis Struktur Perkerasan

Lokasi	Respon	Analisis Struktur Perkerasan
Permukaan perkerasan	Defleksi	Digunakan dalam desain lapis tambah
Bawah lapis permukaan	Regangan tarik horizontal	Digunakan retak fatik pada lapis permukaan
Bagian atas tanah dasar/bawah lapis pondasi bawah	Regangan tekanan vertical	Digunakan untuk memprediksi kegagalan <i>rutting</i> yang terjadi

Sumber : *Nasional Cooperatif Highway Research Program (2004)*



**Gambar 3.8.** Lokasi Tegangan Dan Regangan Kritis Perkerasan Lentur

(Sumber : Kamil, 2007)

Dari gambar diatas dapat disimpulkan beberapa hal terkait dengan kerusakan yang akan terjadi akibat adanya tegangan dan regangan antara lain:

1. Regangan tekan diatas permukaan beton aspal menimbulkan *rutting*
2. Regangan tarik dibawah aspal menimbulkan *fatigue cracking*
3. Regangan tekan diatas dasar granular menimbulkan deformasi permanen
4. Regangan tekan diatas tanah dasar menimbulkan deformasi permanen

### 3.4 Karakteristik Material

Karakteristik material merupakan salah satu input penting dalam program KENLAYER. Program utama yang digunakan dalam studi kasus ini antara lain : modulus elastisitas, *poisson ratio* dan tebal lapisan tiap-tiap layer.

#### 3.4.1 Layer viskoelastis

Sifat viskoelastis diterapkan untuk menganalisis layer aspal. Perilaku aspal tergantung pada waktu pembebanan, sehingga teori viskoelastis normal untuk digunakan. Durasi beban adalah 0.1 detik untuk memindahkan beban 40 km/jam. Metode untuk mengkarakterisasi bahan viskoelastis adalah dengan spesifikasi *creep compliances*.

Temperatur yang disarankan untuk *creep compliances* digunakan untuk input pada *LAYERNIP* yang diasumsikan sama dengan desan sebesar 25°C (Ascuro,dkk,

2003). Model yang bisa digunakan untuk 25°C *creep compliances* pada suhu 25°C dikembangkan oleh Huang (1993) dan ditampilkan dengan sebagai berikut:

$$D(t) = \frac{1}{E_0} \left(1 - \frac{t}{T_0}\right) + \sum_{i=1}^n \frac{1}{E_i} \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{T_i}\right)\right] \quad (3.10)$$

$$D(t) = \frac{1}{E} (1 - e^{-0,833t}) \quad (3.11)$$

*Creep compliances* diukur dengan 11 variasi waktu antara lain : 0,001; 0,003; 0,01; 0,03; 0,1; 0,3; 1; 3; 10; 30; dan 100 detik (FHWA, 1978).

### 3.4.2 Layer non-linear elastis

#### 1. Lapis *Subgrade*

Modulus *resilien* ( $M_r$ ) adalah ukuran kekakuan suatu bahan yang merupakan pemikiran Modulus Elastisitas ( $E$ ). Modulus Elastisitas adalah tegangan dibagi dengan regangan menggunakan beban yang dilakukan secara perlahan – lahan. Sedangkan Modulus *resilin* adalah tegangan dibagi dengan regangan untuk beban yang dilakuakn secara cepat sesuai denga alami oleh perkerasan jalan. Metode uji modulus *resilin* sesuai dengan SNI 03-6836 (BSN 2002) di laboratorium dengan cara tarik tak langsung dan pembebanan berulang. Prosedur uji ini meliputi suatu rentang temperatur dan beban.

Modulus elastisitas yang berdasarakan pada regangan yang dapat kembali pada beban berulang disebut modulus *resilient MR* yang dapat dihitung dengan :

$$MR = \frac{\sigma_d}{\epsilon_r} \quad (3.12)$$

Dengan,  $\sigma_d$  adalah tegangan deviator,  $\epsilon_r$  adalah regangan yang dapat kembali.

Tegangan deviator yang terjadi pada tanah dasar selain ditentukan oleh karakteristik struktural bahan perkerasan (termasuk tanah dasar) dan beban kendaraan, juga ditentukan oleh tebal struktur perkerasan lentur. Saling ketergantungan antara lengan deviator dan tebal struktur perkeran lentur pada dasarnya mengharuskan proses desain secara iteratif.

Berbagai tes empirik banyak digunakan untuk mengetahui propertis material pada perencanaan perkerasan. Kebanyakan tes ini memperhitungkan kekuatan dari material dan tidak menggambarkan secara benar modulus *resilient*. Penelitian yang dilakukan oleh Van Til et al, (1972) mencoba untuk menghubungkan modulus resilient dengan parameter tes lainnya untuk menilai kuat dukung tanah atau koefisien lapisan yang digunakan dalam persamaan perencanaan AASHTO. Korelasi ini dapat digunakan sebagai acuan apabila tidak terdapat informasi yang lebih reliabel.

2. Lapisan *Subbase*

Agregat untuk lapisan pondasi harus bebas dari organik dan gumpalan lempung atau bahan – bahan lain yang tidak dikehendaki dan harus memenuhi persyaratan sesuai pada Tabel. 3.7.

**Tabel 3.7.** Persyaratan Lapis Pondasi Agregat

Sifat – sifat	Kelas A	Kelas B	Kelas C
Abrasi dari Agregat Kasar (SNI 03-2417-1990)	Maks 40%	Maks 40%	Maks 40%
Indeks Plastis (SNI-03-1966-1990) dan (SNI-03-1967-1990)	Maks 6	Maks 6	4 – 9
Hasil kali Indeks Plastisitas dengan % lolos saringan no.200	Maks. 25	-	-
Batas cair (SNI 03-1967-1990)	Maks. 25	Maks. 25	Maks. 25
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat (SNI 03-4141-1996)	0%	Maks. 1%	Maks. 1%
<i>CBR</i> (SNI 03-1744-1989)	Min. 90%	Min.65%	Min. 35%
Perbaikan persen lolos #200 dengan persen lolos #40	Maks.2/3	Maks.2/3	Maks.2/3

Sumber : Bina Marga (2006)

### 3.4.3 Layer linear elastis

Permodelan layer secara linear elastis dapat menghitung tegangan, regangan dan defleksi di struktur perkerasan yang permukaannya telah dibebani. Layer linear elastis menganggap bahwa setiap layer struktur perkerasan homogen, isotropis dan elastis secara linear.

### 3.5 Metode Analisa *Pavement Condition Index (PCI)*

*Pavement condition index (PCI)* adalah kualitas dari suatu lapisan permukaan perkerasan yang mengacu pada tingkat kerusakan. *PCI* ini digunakan untuk mengetahui tingkat kerusakan suatu perkerasan khususnya jalan raya untuk dapat dioperasikan penggunaannya.

Penelitian terhadap *PCI* ini awalnya dilakukan pada lapisan perkerasan pelabuhan udara yaitu pada *runway*, *taxiway*, dan *apron*. *PCI* juga digunakan sebagai acuan dalam usaha pemeliharaan lapisan keras.

#### 3.5.1 *Severity level (Tingkat Kerusakan)*

*Severity level* adalah tingkat kerusakan pada tiap-tiap kerusakan yang ada tingkat kerusakan yang digunakan dalam melakukan perhitungan *PCI* menurut FAA ada 3 (tiga) tingkat yaitu *low severity level*, *medium severity level* dan *high severity level*.

Dari 15 jenis kerusakan yang terdaftar dalam penelitian ini ada beberapa jenis kerusakan yang tidak dibedakan atas *severity level* yaitu *bleeding*, *oil spillage*, *polished aggregate*, dan *slippage cracking*.

#### 3.5.2 Jenis-jenis kerusakan

Jenis - jenis kerusakan berdasarkan tingkat kerusakan yang terdapat pada *PCI* yang menjadi acuan dalam penelitian ini, khususnya yang sering terjadi pada perkerasan lentur adalah sebagai berikut ini.

1. *Alligator cracking*

*Alligator cracking* adalah retak yang saling berhubungan dan berbentuk kulit buaya dengan kotak- kotak kecil yang teratur. Tingkat kerusakan perkerasan untuk

hitungan *PCI* dan pemeliharaan perbaikannya kerusakan retak kulit buaya (*alligator crack*) ditunjukkan pada Tabel 3.8.

**Tabel 3.8.** Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Alligator Cracking*.

<b>Tingkat kerusakan</b>	<b>Identifikasi</b>	<b>Pilihan untuk Perbaikan</b>
L	Retak rambut/halus memanjang sejajar satu dengan yang lain, dengan atau tanpa berhubungan satu sama lain. Retakan tidak mengalami gompal*.	Belum perlu diperbaiki : Penutup permukaan lapisan tambahan ( <i>overlay</i> )
M	Jaringan dan pola terus berkembang kedalam pola atau jaringan retakan yang diikuti gumpalan ringan.	Penambalan parsial : Penambalan diseluruh kedalaman, lapisan Tambahan ( <i>overlay</i> ) rekonstruksi.
H	Jaringan dan pola retak telah berlanjut sehingga pecah – pecahan dapat diketahui dengan mudah dan terjadi gompal dipinggir. Beberapa pecahan mengalami <i>rocking</i> akibat lalu lintas	Penambalan parsial : Penambalan diseluruh kedalaman; lapisan tambahan ( <i>overlay</i> ) rekonstruksi
*retak gompal adalah pecahan material disepanjang sisi retakan		

Sumber : Shahin (1994)

## 2. *Bleeding*

*Bleeding* adalah bentuk lapisan tipis pada permukaan jalan yang menimbulkan kilauan seperti kaca. *Bleeding* disebabkan oleh terlalu banyaknya kuantitas dari aspal didalam campuran atau rendahnya kandungan rongga udara. *Bleeding* terjadi pada

waktu cuaca panas, aspal pengisi dari campuran memuai naik keluar perkerasan jalan dan tidak dapat kembali lagi setelah cuaca dingin aspal akan tertumpuk dipermukaan.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan *PCI* dan pemilihan perbaikan kerusakan (*bleeding*) ditunjukkan pada Tabel 3.9.

**Tabel 3.9.** Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Bleeding*.

<b>Tingkat kerusakan</b>	<b>Identifikasi</b>	<b>Pilihan untuk Perbaikan</b>
L	<i>Bleeding</i> terjadi hanya pada derajat rendah, dan kejadiannya nampak terjadi hanya beberapa hari dalam setahun. Aspal tidak melekat pada sepatu atau roda kendaraan	Belum perlu diperbaiki
M	<i>Bleeding</i> telah mengakibatkan aspal melekat pada sepatu atau roda kendaraan, dan kejadiannya paling tidak terjadi dalam beberapa minggu dalam setahun	Tambahkan pasir/agregat dan padatkan
H	<i>Bleeding</i> telah begitu nyata dan banyak aspal melekat pada sepatu dan roda kendaraan, dan kejadiannya paling tidak lebih dari beberapa minggu dalam setahun	Tambahkan pasir/agregat dan padatkan

Sumber : Shahin (1994)

### 3. *Block cracking*

*Blocking cracking* adalah retak yang disebabkan faktor muai susut aspal beton dan siklus perubahan temperatur. Retak ini saling berhubungan dan membagi permukaan perkerasan menjadi beberapa bagian yang berbentuk empat persegi panjang.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan *PCI* dan pemilihan perbaikan kerusakan (*block cracking*) ditunjukkan pada Tabel 3.10.



**Tabel 3.10.** Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan Dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Block Cracking*

<b>Tingkat kerusakan</b>	<b>Identifikasi</b>	<b>Pilihan untuk Perbaikan</b>
L	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan rendah	Penutupan retak ( <i>seal crack</i> ) bila retak melebihi 3 mm (1/8in) ; penutup permukaan
M	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan tinggi	Penutupan retak ( <i>seal crack</i> ) mengembalikan permukaan dikasarkan dengan pemanas dan lapisan tambahan
H	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan tinggi	Penutupan retak ( <i>seal crack</i> ) mengembalikan permukaan dikasarkan dengan pemanas dan lapisan tambahan

Sumber : Shahin (1994)

#### 4. *Corrugation*

*Corrugation* merupakan tipe pergeseran plastik yang berupa gelombang melintang pada permukaan perkerasan. *Corrugation* disebabkan oleh terlalu banyaknya butiran halus pada perkerasan. Kadar air yang berlebihan dan lapisan aspal yang kurang stabil.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan *PCI* dan pemilihan perbaikan kerusakan (*corrugation*) ditunjukkan pada Tabel 3.11.

**Tabel 3.11.** Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Corrugation*

<b>Tingkat Kerusakan</b>	<b>Identifikasi</b>	<b>Pilihan untuk Perbaikan</b>
L	<i>Corrugation</i> terjadi masih kecil dan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tingkat kenyamanan	Belum perlu diperbaiki
M	<i>Corrugation</i> sudah mulai terlihat dan sudah mulai terasa serta sudah memberikan pengaruh terhadap tingkat kenyamanan	Rekonstruksi
H	<i>Corrugation</i> sudah terlihat dengan jelas dan tingkat kenyamanan berkendara sudah sangat berbahaya	Rekonstruksi

Sumber : Shahin (1994)

## 5. *Depression*

*Depression* adalah daerah setempat dimana terjadi penurunan yang berupa retak-retak atau tidak, *depression* ditandai dengan adanya genangan air pada perkerasan dan bahaya bagi lalu lintas yang melewatinya. Hal ini disebabkan oleh:

- a. beban berat pada perkerasan yang melebihi umur rencana,
- b. penurunan lapisan perkerasan terbawah dan
- c. metode perencanaan yang kurang baik.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan *PCI* dan pemilihan perbaikan kerusakan *depression* ditunjukkan pada Tabel 3.12.

**Tabel 3.12.** Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Depression*

<b>Tingkat Kerusakan</b>	<b>Identifikasi</b>	<b>Pilihan untuk Perbaikan</b>
L	Kedalaman maksimal amblas 13 – 25 mm	Belum perlu diperbaiki
M	Kedalaman maksimal amblas 25,4 – 51 mm	Penambalan dangkal; penambalan diseluruh kedalaman
H	Kedalaman maksimal amblas > 51 mm	Penambalan dangkal; penambalan diseluruh kedalaman

Sumber : Shahin (1994)

6. ***Joint reflection cracking***

*Joint reflection cracking* adalah retak yang disebabkan oleh, karena hal – hal berikut:

- a. pergerakan vertikal dan *horizontal* pada bagian *overlay*,
- b. kontraksi lapisan perkerasan akibat perubahan temperatur dan kadar air
- c. pergerakan tanah dasar dan kehilangan air pada *subgrade*.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan *PCI* dan pemilihan perbaikan kerusakan (*depression*) ditunjukkan pada Tabel 3.13.

**Tabel 3.13.** Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Joint Reflection Cracking*

<b>Tingkat Kerusakan</b>	<b>Identifikasi</b>	<b>Pilihan untuk Perbaikan</b>
L	Kondisi retak sedikit mengalami kerontokan partikel atau tidak sama sekali dengan lebar < ¼ inchi	Belum perlu diperbaiki
M	Kondisi retak sedikit mengalami kehilangan material (rontok) dengan lebar retak > ¼ inchi	Rekonstruksi
H	Terjadi kerontokan dan kehilangan partikel agregat pada jalur retak.	Rekonstruksi

Sumber : Shahin (1994)

7. *Longitudinal and Transverse cracking*

*Longitudinal and Transverse Cracking* adalah kerusakan yang disebabkan oleh faktor maui susut pada permukaan perkerasan atau sambungan yang kurang baik. Retak arah *horizontal* juga disebabkan oleh konstruksi sambungan yang kurang baik.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan *PCI* dan pemilihan perbaikan kerusakan (*Longitudinal and Transverse cracking*) ditunjukkan pada Tabel 3.14.

**Tabel 3.14.** Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan an Pilihan Perbaikan Kerusakan *Hair Cracking*

<b>Tingkat Kerusakan</b>	<b>Identifikasi</b>	<b>Pilihan untuk Perbaikan</b>
L	Satu dari kondisi yang terjadi : 1. Retak tak terisi, lebar <math>3/8</math> in, (10 mm), atau 2. Retak terisi sembarang lebar (pengisi kondisi bagus)	Belum perlu diperbaiki : Pengisi retak (seal crack) >1/8 in
M	Satu dari kondisi yang terjadi : 1. Retak tak terisi, lebar <math>3/8</math> -3 in (10 -76 mm) 2. Retak tak terisi, sembarang lebar sampai 3 in (76mm) dikelilingi retak acak ringan 3. Retak terisi, sembarang lebar keliling retak agak acak	Penutupan retakan
H	Satu dari kondisi yang terjadi : Sembarang retak terisi atau tak berisi dikelilingi oleh retak acak, kerusakan sedeng sampai tinggi . Retak tak terisi >3 in (76 mm) . Retak sembarang lebar, dengan beberapa inci disekitar retakan.	Penutup retakan penambalan kedalaman parsial

Sumber : Shahin (1994)

8. *Oil spillage*

*Oil spillage* adalah merupakan tumpahan minyak atau aspal pada tempat tertentu pada saat pengerjaan dan biasanya luasannya sangat kecil. *Oil spillage* tidak dibedakan atas *severity level*.

9. *Patching*

*Patching* adalah perbaikan pada bagian permukaan perkerasan jalan yang bergelombang dengan cara menambal. Bahan yang dipakai untuk tambalan tersebut adalah bahan yang sama dengan bahan pembentukan perkerasan yang lama. Karena penambalan tersebut bersifat monolit maka saat tambalan tersebut akan lepas.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan *PCI* dan pemilihan perbaikan kerusakan (*Patching*) ditunjukkan pada Tabel 3.15.

**Tabel 3.15.** Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Patching*

<b>Tingkat Kerusakan</b>	<b>Identifikasi</b>	<b>Pilihan untuk Perbaikan</b>
L	Kondisi tambalan baik dengan elevasi yang hampir sama dengan lapis perkerasan yang sudah ada (rata).	Belum perlu diperbaiki
M	Kondisi tambalan agak memburuk dan mempengaruhi kualitas perkerasan yang ada.	Rekonstruksi
H	Kondisi tambalan sangat buruk dan perlu perbaikan.	Rekonstruksi

Sumber : Shahin (1994)

10. *Polished Agregat*

*Polished Agregat* adalah pengausan yang disebabkan oleh partikel agregat yang kehilangan aspal dan terkikis oleh roda kendaraan secara terus menerus atau disebabkan oleh air. *Polished agregat* tidak dibedakan atas *severity level*.

11. *Raveling and Weathering*

*Raveling* (pelepasan butiran) disebabkan oleh terlepasnya partikel batuan dan hilangnya bahan pengikat aspal. Bila pelepasan butiran berlanjut maka kehilangan agregat yang lebih besar akan terjadi dan akan kehilangan seperti bergigi.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan *PCI* dan pemilihan perbaikan kerusakan (*weathering and ravelling*) ditunjukkan pada tabel 3.16.

**Tabel 3.16.** Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan Dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Weathering And Ravelling*

<b>Tingkat Kerusakan</b>	<b>Identifikasi</b>	<b>Pilihan untuk Perbaikan</b>
L	Agregat atau bahan pengikat mulai lepas. Dibeberapa tempat, permukaan mulai berlubang. Jika ada tumpahan oli, genangan oli dapat terlihat, tetapi permukaannya keras, tak dapat ditembus mata uang logam	Belum perlu diperbaiki; penutup permukaan; perawatan permukaan.
M*	Agregat atau bahan pengikat telah lepas, tekstur permukaan agak kasar dan berlubang. Jika ada tumpahan oli dipermukaannya lunak, dan dapat ditembus mata uang logam	Penutup permukaan; perawatan permukaan ; lapis tambahan
H*	Agregat atau bahan pengikat telah banyak lepas, tekstur permukaan sangat kasar dan mengakibatkan banyak lubang. Diameternya luasan lubang < 10 mm dan kedalaman 13 mm. jika ada tumpahan oli permukaannya lunak, pengikat aspal telah hilang ikatannya sehingga agregat menjadi longgar.	Perawatan permukaan; lapis tambahan; penambahan diseluruh kedalaman
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bila lokal, yaitu akibat tumpahan oli, maka ditambah secara parsial</li> </ul>		

Sumber : Shahin (1994)

## 12. *Rutting*

*Rutting* merupakan karakteristik yang berbentuk akibat tekanan roda kendaraan pada permukaan perkerasan. Pada beberapa bagian alur ini hanya kelihatan setelah turun hujan diaman air menggenangi alur tersebut. Kerusakan ini disebabkan oleh deformasi permanen dari beberapa lapisan permukaan.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan *PCI* dan pemilihan perbaikan kerusakan (*rutting*) ditunjukkan pada Tabel 3.17.

**Tabel 3.17.** Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Rutting*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi	Pilihan untuk Perbaikan
L	Kedalaman alur rata – rata 6 – 13 mm	Belum perlu diperbaiki : lapis tambahan
M	Kedalaman alur rata – rata 13 – 25,4 mm	Penambahan permukaan atau seluruh kedalaman ; lapis tambahan
H	Kedalaman alur rata – rata > 25,4 mm	Penambahan permukaan atau seluruh kedalaman ; lapis tambahan

Sumber : Shahin (1994)

## 13. *Shoving*

*Shoving* adalah suatu pergeseran plastis yang menghasilkan tonjolan setempat dari permukaan perkerasan. Hal ini disebabkan oleh lapisan aspal yang kurang stabil. Kadar air yang berlebihan dan butiran halus yang terlalu banyak pada campuran perkerasan. Biasanya terjadi pada daerah dimana lalu lintas mulai bergerak dan berhenti dan juga pada daerah yang sering terjadi pengereman dan tikungan tajam.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan *PCI* dan pemilihan perbaikan kerusakan (*shoving*) ditunjukkan pada Tabel 3.18.

**Tabel 3.18.** Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan Dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Shoving*

<b>Tingkat Kerusakan</b>	<b>Identifikasi</b>	<b>Pilihan untuk Perbaikan</b>
L	<i>Shoving</i> menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan	Belum perlu diperbaiki
M	<i>Shoving</i> menyebabkan cukup gangguan kenyamanan berkendaraa	Penambalan permukaan ; penambalan diseluruh kedalaman
H	<i>Shoving</i> menyebabkan gangguan besar kenyamanan berkendara	Penambalan permukaan ; penambalan diseluruh kedalaman

Sumber : Shahin (1994)

14. *Slippage cracking*

*Slippage cracking* adalah retak yang disebabkan oleh pengereman dan putaran roda yang mengakibatkan permukaan perkerasan memiliki kekuatan yang kecil atau tekanan yang lemah antara lapis permukaan dengan lapisan dibawahnya dari struktur perkerasan. *Slippage cracking* tidak dibedakan atas *severity level*.

15. *Swell*

*Swell* adalah kenaikan setempat akibat perpindahan perkerasan sehubungan dengan pengembananagan *subgrade* atau bagian perkerasan. Penyebabnya adalah *expansion* dari lapisan bawah perkerasn atau tanah dasar.

Tingkatan kerusakan perkerasan untuk hitungan *PCI* dan pemilihan perbaikan kerusakan (*swell*) ditunjukkan pada Tabel 3.19.



**Tabel 3.19.** Tingkat Kerusakan Perkerasan Aspal, Identifikasi Kerusakan dan Pilihan Perbaikan Kerusakan *Swell*

Tingkat Kerusakan	Identifikasi	Pilihan untuk Perbaikan
L	Pengembangan menyebabkan sedikit gangguan keamanan kendaraan. Kerusakan ini sulit dilihat, tapi dapat dideteksi dengan keberadaan cepat, gerakan keatas terjadi bila ada pengembangan	Belum perlu diperbaiki
M	Pengembangan menyebabkan cukup gangguan kenyamanan kendaraan	Rekonstruksi
H	Pengembangan menyebabkan gangguan besar pada kenyamanan berkendara	Rekonstruksi

Sumber : Shahin (1994)

### 3.2.3 Standar penilaian

#### 1. Kerapatan (*Density*)

Kerapatan adalah presentase luasan atau panjang total dari suatu jenis kerusakan terhadap luasan atau panjang total bagian jalan yang di ukur, bisa dalam sq.ft atau dalam *feet* atau meter. Dengan demikian, kerapatan kerusakan dapat dinyatakan dengan Persamaan :

$$\text{Kerapatan (density) (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100\% \quad (3.12)$$

Atau

$$\text{Kerapatan (density) (\%)} = \frac{L_d}{A_s} \times 100\% \quad (3.13)$$

dengan,

$A_d$  = luas total dari satu jenis perkerasan untuk setiap tingkat keparahan kerusakan (sq.ft atau *feet* atau meter)

$A_s$  = luas total unit sampel (sq.ft atau *feet* atau meter)

$L_d$  = panjang total jenis kendaraan untuk tiap tingkat keparahan kerusakan.

## 2. Nilai pengurang total (*Total Deduct value, TDV*)

Nilai pengurang total Atau *TDV* adalah nilai pengurangan total dari individual nilai pengurangan (*individu deduct value*) untuk tiap jenis kerusakan dan tingkat kerusakan yang ada pada suatu unit sampel.

*Total deduct value (TDV)* dengan menyusun nilai *DV* dalam nilai menurun. Untuk menentukan jumlah pengurangan izin (*allowable number of deduct*) menggunakan Persamaan :

$$m = 1 + \left(\frac{q}{98}\right) \times (100 - HDVi) \quad (3.14)$$

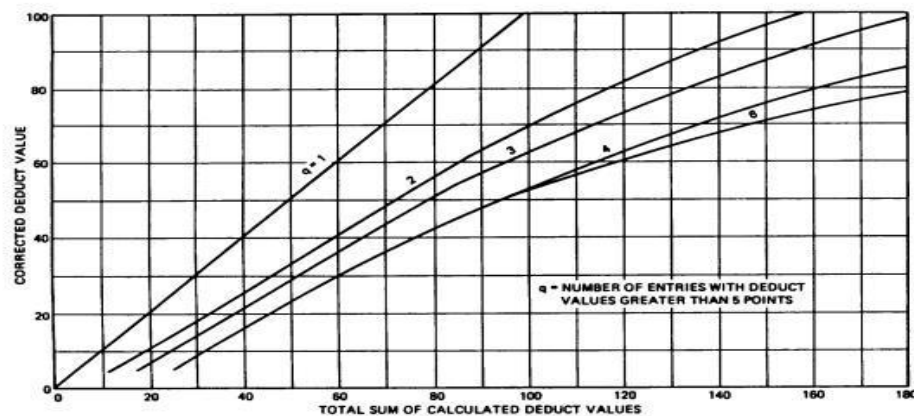
dengan,

$m$  = jumlah pengurangan izin, termasuk pecahan, untuk unit sampel yang ditinjau.

$HDVi$  = Nilai pengurang individual tertinggi (*highest individual deduct value*)

## 3. Nilai pengurang terkoreksi (*Correted Deduct Value, CDV*)

Nilai pengurang terkoreksi atau *CDV* diperoleh dari kurva hubungan antara nilai pengurang total (*TDV*) dan nilai pengurang (*DV*) dengan memilih kurva yang sesuai. Jika nilai *CDV* yang diperoleh lebih kecil dari nilai pengurang tertinggi (*Hight Deduct Value, HVD*), maka *CDV* yang digunakan adalah nilai pengurang individual yang tertinggi.



**Gambar 3.8.** Koreksi Kurva untuk Jalan dengan Perkerasan Aspal dan Tempat Parkir

(Sumber : Shahin, 1994)

#### 4. Nilai PCI

Setelah *CDV* diperoleh, maka *PCI* untuk setiap unit sampel dihitung dengan menggunakan Persamaan :

$$PCI_s = 100 - CDV \quad (3.15)$$

dengan :

$PCI_s$  = *PCI* untuk setiap unit segmen atau unit penelitian

$CDV$  = *CDV* dari setiap unit sampel

Nilai *PCI* perkerasan secara keseluruhan pada ruas jalan tertentu adalah :

$$PCI_f = \sum \frac{PCI_s}{N} \quad (3.16)$$

dengan,

$PCI_f$  = Nilai *PCI* rata – rata dari seluruh area penelitian

$PCI_s$  = Nilai *PCI* untuk setiap unit sampel

$N$  = jumlah unit sampel

#### 5. Rating

Rating adalah index kondisi tingkat keparahan dari perkerasan, yang diperoleh setelah nilai *pavement condition index (PCI)* diketahui. Begitu juga untuk *PCI* rata – rata. Kondisi rating dapat dilihat pada Tabel 3.20.

**Tabel 3.20.** *PCI* dan Nilai Kondisi

Nilai <i>PCI</i>	Kondisi
0 – 10	Gagal ( <i>failed</i> )
11 – 25	Sangat buruk ( <i>very poor</i> )
26 – 40	Buruk ( <i>poor</i> )
41 – 55	Sedang ( <i>fair</i> )
56 – 70	Baik ( <i>good</i> )
71 – 85	Sangat baik ( <i>very good</i> )
86 – 100	Sempurna ( <i>excellent</i> )

Sumber: Shahin (1994)

### **3.6 Metode Bina Marga 2011**

Metode Bina Marga yang dimaksud adalah metode yang mengacu pada *Review Manual No. 001/T/Bt/1995* tentang Pemeliharaan Rutin Jalan Nasional dan Provinsi Tahun 2011.

Menurut Surya (2010) terdapat 3 macam bentuk pemeliharaan jalan berdasarkan tujuan dan waktu pelaksanaan, dengan penjelasan sebagai berikut.

1. Pemeliharaan preventif

Pemeliharaan preventif dilakukan untuk memperbaiki atau memperpanjang umur pelayanan perkerasan. Jenis penanganan ini merupakan strategi pemeliharaan untuk menahan laju kerusakan serta mengurangi kegiatan yang diperlukan pada pemeliharaan rutin.

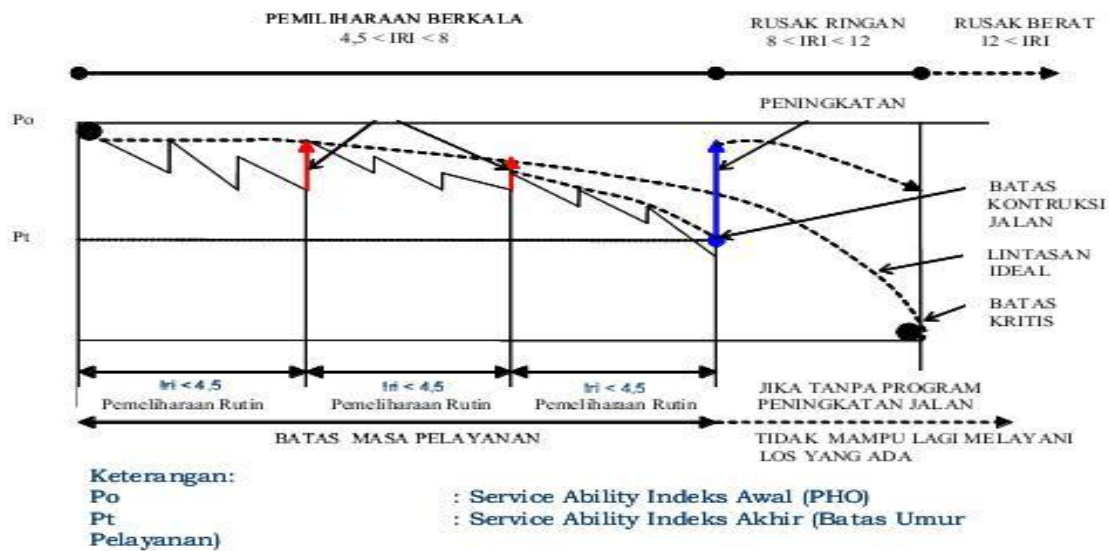
2. Pemeliharaan korektif

Pemeliharaan korektif dilaksanakan setelah terjadinya kerusakan pada perkerasan, seperti keausan, alur atau retak yang cukup lebar. Jenis pemeliharaan ini disebut sebagai pemeliharaan reaktif.

3. Pemeliharaan darurat

Pemeliharaan darurat dilaksanakan dalam keadaan darurat, seperti adanya kerusakan yang parah dan segera membutuhkan koreksi. Pemeliharaan ini sering disebut penanganan sementara sebelum penanganan permanen dilaksanakan.

Indonesia umumnya masih mengaplikasikan pemeliharaan korektif (*reaktif*) yang dikenal dengan pemeliharaan rutin setiap setahun sekali atau pemeliharaan berkala yang idealnya dilaksanakan sekali dalam 5 tahun.



**Gambar 3.9.** Strategi Penanganan Jalan

(Sumber : Bina Marga, 2011)

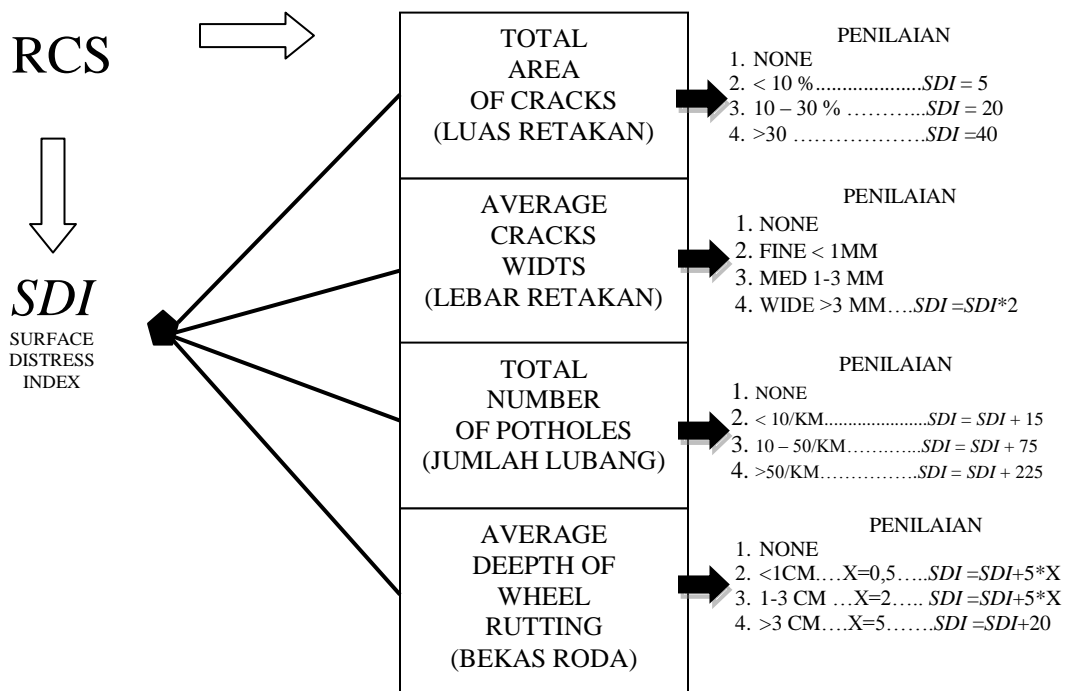
Sesuai dengan strategi dan kebijakan yang tercantum dalam Renstra Bina Marga Tahun 2010 – 2014, terdapat strategi penanganan jalan yang difokuskan pada preservasi jalan yang terdiri dari kegiatan sebagai berikut.

1. Pemeliharaan rutin
2. Pemeliharaan berkala
3. Peningkatan atau rekonstruksi

Menurut Yoder dan Witczak (1975) pemeliharaan jalan meliputi kegiatan penutupan retak, perawatan permukaan, penambalan permukaan, dan *overlay*. Apabila bagian utama perkerasan jalan sudah tidak memenuhi standar maka disarankan pekerjaan lapis ulang.

Penanganan pemeliharaan rutin ditetapkan pada jalan mantap yaitu jalan dengan kondisi baik dan sedang. Pemeliharaan rutin berdasarkan Metode Bina Marga Tahun, diantaranya dari beberapa acuan yaitu.

1. Manual No. 001-01/M/BM/2011 tentang Survei Kondisi Jalan untuk Pemeliharaan rutin,
2. Manual No. 001-02/M/BM/2011 tentang Perbaikan Standar untuk Pemeliharaan Rutin Jalan.
3. Panduan No. SMD-03/RCS tentang Survei Kondisi Jalan, Memuat cara Perhitungan *SDI*, sebagai ditunjukkan oleh Gambar 3.10.



**Gambar 3.10.** Cara Perhitungan *Surface Distress Index*

(Sumber : Bina Marga, 2011)

Dengan, *RCS* = *Road Condition Survei*

Perhitungan *SDI* sebagaimana dijelaskan pada Gambar 3.10 merupakan kombinasi penelitian dari 4 jenis komponen dari 3 kerusakan utama (retak, lubang, alur) yaitu total area retak, rata-rata lebar retak, jumlah lubang, dan rata-rata kedalaman alur. Perhitungan dilakukan secara berurutan dari atas ke bawah sehingga hasil hitungan dari komponen paling atas atau total retak akan mempengaruhi hasil perhitungan kebawah dan begitu seterusnya.

Kategori kondisi jalan di Indonesia ada 4 macam yaitu rusak berat, rusak ringan, sedang dan baik, penilaian kondisi jalan dilakukan dengan menggunakan formulir. Sebelumnya adanya *review* panduan Bina Marga Tahun 2011 ini, penentuan nilai kondisi jalan hanya berdasarkan nilai pada *IRI*, tetapi mulai Tahun 2011 sudah mulai digunakan kombinasi antara nilai *IRI* dan *SDI*, seperti dinyatakan dalam Tabel 3.21.

**Tabel 3.21.** Nilai Kondisi Jalan Berdasarkan Hubungan *SDI* dan *IRI*

<i>IRI</i> (m/km)	<i>SDI</i>			
	<50	50 – 100	100 – 150	>150
<4	Baik	Sedang	Rusak ringan	Rusak Berat
4 – 8	Sedang	Sedang	Rusak ringan	Rusak Berat
8 – 12	Rusak ringan	Rusak ringan	Rusak ringan	Rusak Berat
>12	Rusak Berat	Rusak Berat	Rusak Berat	Rusak Berat

Sumber : Bina Marga (2011)

Perkerasan dengan kondisi baik sesuai dengan Table.3.22 adalah perkerasan dengan nilai *IRI* < 4 m/km dan *SDI* <50. Table 3.22 menunjukkan bahwa meskipun *SDI* <50 tetapi >12, maka perkerasan terapan dinilai mengalami rusak berat. Kombinasi nilai *IRI* dan *SDI* juga dapat digunakan untuk menentukan tipe penanganan jalan. Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, strategi penanganan jalan menurut Bina Marga ada tiga jenis, yaitu pemeliharaan rutin setiap tahun, pemeliharaan berkala yang idealnya dilakukan setiap lima tahun sekali (di Bina Marga umumnya tiga tahun sekali sudah diperlukan pemeliharaan berkala) dan peningkatan atau rekonstruksi.

Pemeliharaan berkala diterapkan pada jalan dengan kondisi rusak ringan. Umumnya pada kondisi jalan yang tidak mengalami kerusakan secara struktural. Pemeliharaan berkala memerlukan survei detail yaitu survei fungsional dan struktural disesuaikan dengan kebutuhan perencanaan *Detail Engineering Design (DED)*. Survei fungsional misalnya *IRI* menggunakan *NAASRA* dan kekesatan (*skid resistance*) dan *Mu meter*. Akan tetapi pengukuran kekesatan belum diaplikasikan di

Indonesia mengingat keterbatasan alat ukur yang tersedia. Survei struktural seperti pengukuran lendutan dengan alat *falling weight Deflectometer (FWD)* atau *bengkelmen beam (BB)*.

*NAASRA* adalah pengukuran ketidakrataan permukaan jalan yang dibuat oleh *NAASRA* (SNI 03-342-1994). Alat ini dipasang pada kendaraan *station wagon* dan dapat diganti dengan kendaraan *Jeep A wheel drive*, atau *pick up* dengan bak tertutup, *NAASRA* perlu dilengkapi dengan alat bantu lainnya, antara lain *Dipstick Floor Profiler* sebagai alat pengukuran jarak tempuh, dua buah beban masing-masing seberat 50 kg dan alatngukur tekanan ban. Kendaraan survei dijalankan dengan kecepatan 30 km/jam untuk mencatat kekasaran permukaan jalan.

Penanganan jalan dengan peningkatan dan rekonstruksi diterapkan pada jalan dengan kondisi rusak berat. Peningkatan umumnya untuk jalan yang mengalami kerusakan struktural. Sama seperti pada penelitian pada pemeliharaan berkala, pada pekerjaan peningkatan perlu didahului dengan survei detail baik fungsional maupun struktural disesuaikan dengan kebutuhan *DED*.

Tipe penanganan berdasarkan *SDI* dan *IRI* sebagaimana telah dijelaskan diatas, ditunjukkan oleh Tabel 3.17. Metode Bina Marga juga memberikan metode perbaikan kerusakan pada perkerasan dan bahu jalan. Frekuensi perbaikan standar diutamakan pada saat sebelum mengalami kerusakan lebih besar. Hal ini didasarkan atas pertimbangan bahwa kerusakan kecil akan meningkat dengan cepat menjadi besar apabila tidak ditangani dengan segera.

Metode perbaikan standar untuk pemeliharaan rutin perkerasan jalan ditunjukkan pada Tabel 3.22.



**Tabel 3.22.** Kerusakan dan Opsi Perbaikan Perkerasan Metode Bina Marga

Nomor	Kerusakan	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1.	<i>Alligator Cracking</i>	X							
2.	<i>Bleeding</i>		X						
3.	<i>Block Cracking</i>	X							
4.	<i>Corugation</i>			X					
5.	<i>Depresiom</i>				X				
6.	<i>Joint Reflection Cracking</i>					X			
7.	<i>Long &amp; trans Cracking</i>	X							
8.	<i>Oil Spillage</i>		X						
9.	<i>Pacthing</i>					X			
10.	<i>Polished Agregat</i>						X		
11.	<i>Raveling &amp; Weathering</i>							X	
12.	<i>Rutting</i>								X
13.	<i>Pothles</i>								X
14.	<i>Shoving</i>	X							
15.	<i>Spillage Cracking</i>	X							
16.	<i>Swell</i>								

Sumber : Bina Marga (2011)

Permen PU No.13 Tahun 2011 tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikam Jalan menjelaskan tentang penentuan program penanganan pemeliharaan jalan untuk jalan perkerasan aspal berdasarkan nilai ketidakraataan permukaan jalan (IRI) dan nilai kondisi jalan (RCI), adapun penentuan ruas jalan dapat di lihat pada Tabel 3.23. sebagai berikut :

**Tabel 3.23.** Penentuan Ruas Jalan

RCI			IRI			Lalu lintas Harian Rata - Rata Tahunan (LHRT) [SMP/Hari]							
						0 – 100	100 - 300	300 - 500	500 - 1.000	1.000 - 2.000	2.000 - 3.000	3.000 - 12.000	> 12.000
7,26	≤RCI<	10	0	≤IRI<	3,5	B	B	B	B	B	B	B	B
6,93	≤RCI<	7,2	3,5	≤IRI<	4	B	B	B	B	B	B	B	B
5,74	≤RCI<	6,87	4	≤IRI<	6	B	B	B	B	B	B	S	S
4,76	≤RCI<	5,69	6	≤IRI<	8	B	B	B	B	S	S	S	RR
3,94	≤RCI<	4,71	8	≤IRI<	10	B	B	S	S	S	S	RR	RB
3,27	≤RCI<	3,91	10	≤IRI<	12	S	S	S	S	RR	RR	RB	RB
2,24	≤RCI<	3,24	12	≤IRI<	16	S	RR	RR	RR	RB	RB	RB	RB
1,54	≤RCI<	2,22	16	≤IRI<	20	RR	RR	RB	RB	RB	RB	RB	RB
0,95	≤RCI<	1,53	20	≤IRI<	25	RR	RB	RB	RB	RB	RB	RB	RB
	≤RCI<	0,94		≤IRI<	25	RB	RB	RB	RB	RB	RB	RB	RB

Sumber : Bina Marga 2011

### 3.7 Analisis Perkerasan Lentur dengan Metode Mekanistik – Empirik

*Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide (MEPDG)* menggunakan data pembebanan lalu lintas, jenis material perkerasan, dan data lingkungan, *failurecriteria, reliability*. Input *flexibel pavement* : kondisi tanah dasar *traffic (ESAL)* faktor regional (diasumsikan 1), koefisien layer material. Metode mekanik-empirik untuk desain perkerasan memerlukan dua tahap perhitungan yaitu sebagai berikut.

1. Menghitung respon perkerasan yang berupa tegangan (*compressive stresses*), regangan (*tensile strain*) dan lendutan kritis (*deflection*) setiap lapisan (layer) dengan menggunakan analisis metode mekanistik yang berdasarakan prinsip-prinsip teori elastis.

2. Memprediksi performa keadaan struktural dan fungsi perkerasan dimasa depan (design life). Indikator performa untuk *flexibel pavement* antara lain *fatigue cracking* dan *rutting*. Fungsi dari performa untuk semua jenis perkerasan adalah tergantung waktu yang berkaitan erat dalam memprediksi *IRI (Internasional Roughness Index)* iklim menjadi faktor utama sebagai penentunya.

Parameter yang penting pada sistem Perkerasan Lentur (SPL) antara lain adalah modulus elastis linier perkerasan ( $E$ ), modulus elastis non linier tanah dasar ( $ES$ ), rasio *Poisson* ( $\mu$ ), tegangan ( $\sigma$ ), regangan ( $\epsilon$ ), lendutan ( $d$ ), nilai struktur kritik (*Critical Structure Value*), dan keadaan lingkungan (*environmental condition*) (Huang, 2004).

Keuntungan dalam penggunaan metode desain perkerasan mekanistik-empirik dibandingkan dengan metode murni empirik adalah sebagai berikut ini.

1. Dapat digunakan untuk rekonstruksi perkerasan eksisting maupun konstruksi perkerasan jalan baru.
2. Dapat mengakomodasi perubahan tipe beban lalu lintas.
3. Karakteristik material dapat disesuaikan dengan material yang akan digunakan (material lokal atau baru).
4. Memberikan prediksi kinerja yang cukup handal.
5. Mengakomodasikan efek lingkungan material perkerasan.

Keuntungan lain dari pendekatan mekanistik-empirik adalah kemampuannya untuk secara akurat menggambarkan karakteristik material *in-situ* (termasuk tanah dasar dan struktur perkerasan). Hal ini biasanya dilakukan dengan menggunakan perangkat portabel (seperti *FWD*) untuk mengukur defleksi lapangan sebenarnya pada struktur perkerasan yang ada (sering disebut "*back calculation*") dan perkiraan umur sisa perkerasan. Hal ini memungkinkan untuk desain yang lebih realistis untuk kondisi yang natural.

### 3.7.1 Metode empirik

Metode empirik dikembangkan berdasarkan pengalaman penelitian dari jalan-jalan yang dibuat khusus untuk penelitian atau jalan yang sudah ada. Setiap Negara mempunyai metode empirik untuk menentukan tebal perkerasan lentur sesuai dengan kondisi negaranya. Indonesia menggunakan metode Bina Marga yang dikeluarkan pada tahun 1987. Metode Bina Marga ini merupakan modifikasi dari metode AASHTO 1972. Modifikasi dilakukan sesuai dengan kondisi alam, lingkungan sifat tanah dan jenis lapis perkerasan.

### 3.7.2 Metode mekanistik

Metode mekanistik adalah suatu metode yang mengembangkan kaidah teoritis dan karakteristik material perkerasan, dilengkapi dengan perhitungan secara eksak terhadap respons struktur perkerasan terhadap beban sumbu kendaraan. Metode mekanistik mengasumsikan perkerasan jalan menjadi suatu struktur “*multi-layer (elastic) structur*” untuk perkerasan lentur dan suatu struktur *beam on elastic foundation*” untuk perkerasan kaku.

Pada metode mekanistik memiliki keuntungan yaitu peningkatan reabilitas dari desain, kemampuan untuk memprediksi jenis kerusakan, dan kemungkinan untuk memperkirakan data dari lapangan dan laboratorium yang kemungkinan untuk memperkirakan data dari lapangan dan laboratorium yang terbatas. Sedangkan kelemahan desain secara mekanistik adalah penentuan karakteristik struktural bahan perkerasan lentur yang memerlukan alat uji yang relatif mahal. Perhitungan metode mekanistik ini umumnya berdasarkan metode sistem lapis banyak. Konsep ini berasumsi bahwa setiap lapis perkerasan memiliki sifat-sifat seperti homogen, isotropis, dan linier elastik yang berarti akan kembali ke bentuk aslinya ketika beban dipindahkan. Dalam permodelan lapis perkerasan jalan dan lapisan elastis ini diperlukan data input untuk mengetahui tegangan dan regangan pada struktur perkerasan dan respon terhadap beban parameter-parameter yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Parameter setiap lapisan

Parameter Lapisan yang dimaksud antara lain adalah sebagai berikut.

- a. Modulus elastisitas
  - b. *Poisson ratio*
2. Ketebalan Setiap Lapisan
  3. Kondisi Beban

### 3.8 Program KENPAVE

Program KENPAVE merupakan software desain perencanaan perkerasan yang dikembangkan oleh Dr. Yang H Huang, P.E Professor Emeritus of Civil Engineering University of Kentucky. Software ini ditulis dalam bahasa pemrograman *Visual Basic* dan dapat dijalankan dengan versi *windows 95* atau di atasnya. Tampilan awal program KENPAVE di tunjukan pada Gambar 3.11.



**Gambar 3.11.** Tampilan Awal Program KENPAVE

(Sumber : Fadhaln, 2010)

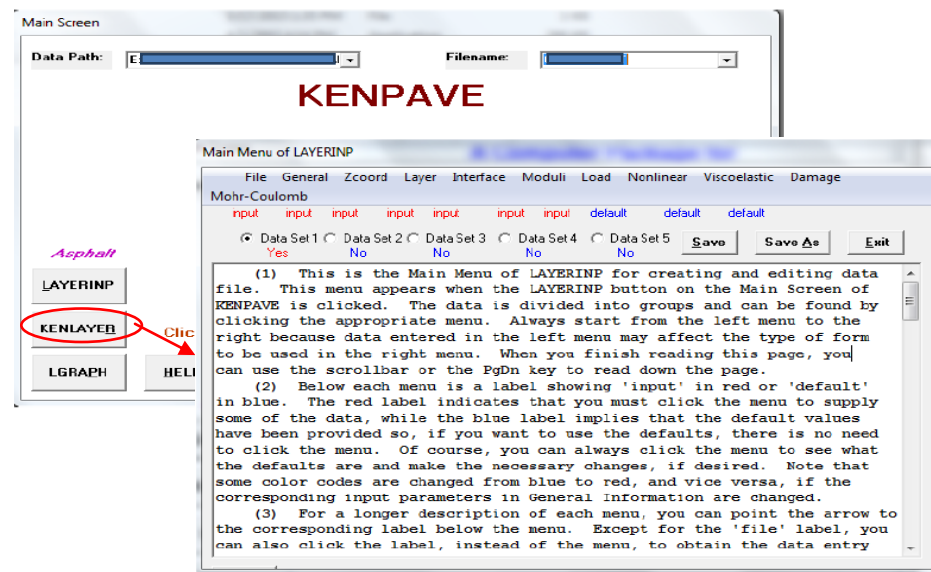
*Software* ini terbagi dalam empat program yaitu LAYERINP, KENLAYER, SLABINP dan KENSLAB. LAYERINO dan KENLAYER merupakan program analisis perkerasan lentur yang berdasarkan pada teori sistem lapis banyak.

Sedangkan SLABINP dan KENSLAB merupakan program analisis untuk perkerasan kaku yang berdasarkan metode elemen hingga.

Penelitian ini menggunakan program KENPAVE bagian KENLAYER yaitu program analisis yang menghitung sistem banyak lapis (*multi layers*) pada perkerasan lentur. Program ini cukup interaktif dan *user friendly*. Program ini bisa digunakan untuk menghitung regangan, tegangan, serta lendutan permukaan perkerasan akibat beban tertentu.

### 3.8.1 Program KENLAYER

Program komputer KENLAYER ini hanya didapat diaplikasikan pada jenis perkerasan lentur tanpa sambungan dan lapisan kaku. Dasar dari program KENLAYER ini adalah teori sistem lapis banyak. KENLAYER dapat diaplikasikan pada perilaku tiap lapis yang berbeda, seperti linier, non linier atau viskoelastis. Dan juga empat jenis sumbu roda yaitu sumbu tunggal roda tunggal, sumbu tunggal roda ganda, sumbu tandem dan sumbu tripel. Tampilan awal program LAYERINP ditunjukkan pada Gambar 3.12.



**Gambar 3.12.** Tampilan Layar LAYERINP

(Sumber : Fadhlán, 2010)

Dari menu – menu yang ada dalam LAYERINP, ada beberapa menu yang *default* (tidak perlu diinput). Berikut ini adalah penjelasan dari menu – menu yang ada di dalam LAYERINP, yaitu :

a. *File*

Menu ini untuk *file* yang akan diinput. *New* untuk file baru dan *Old* untuk file yang sudah ada.

b. *General*

Menu ini memuat informasi umum mengenai perkerasan yang akan dianalisis. Tampilan menu *general* ditunjukkan pada Gambar 3.13.

Parameter	Value
TITLE	perkerasan caroi
Type of material (1=linear, 2=nonlinear, 3=viscoelastic, 4=combined) (MATL)	1
Damage analysis (0=no, 1=yes with summary only, 2=yes with detailed printout) (NDAMA)	0
Number of periods per year (NPY)	1
Number of load groups (NLG)	1
Tolerance for numerical integration (DEL)	0.001
Number of layers (NL)	3
Number of Z coordinates for analysis (NZ)	0
Maximum cycles of numerical integration (ICL)	00
Type of responses (1=displacements only, 5=plus stresses, 9=plus strains) (NSTD)	9
All layer interfaces bonded (1=yes, 0=if some are frictionless) (NBOND)	1
Number of layers for bottom tension (NLBT)	1
Number of layers for top compression (NLTC)	1
System of units (0=English, 1=SI) (NUNIT)	0

(1) This form appears when the 'General' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. To read this textbox more easily with more lines in sight, you may want to resize this form by moving it up and dragging the bottom boundary down. If you want to use the PgDn key to scroll down the page, you must click this textbox first to make it active, as indicated by the blinking cursor. When creating a new file, this form must be entered first because some default values to be used in the other forms vary with the system of units, so they are generated after NUNIT is specified and this form activated. These default values are generated only once, i.e.

**Gambar 3.13.** Tampilan *Menu General*

(Sumber : Fadhlan, 2010)

Dalam *menu general* terdapat *menu* yang harus diinput adalah sebagai berikut.

- 1) *Titel* : Judul dari analisis
- 2) *MATL* : Tipe dari material. (1) jika seluruh lapis merupakan linier elastis, (2) jika lapisan merupakan non linear elastis, (3) jika

lapisan merupakan viskoelastis, (4) jika lapisan merupakan campuran dari ketiga lapisan di atas.

- 3) NDAMA : Analisis kerusakan (0) jika tidak ada kerusakan analisis (1) terdapat kerusakan analisis, ada hasil *print out* (2) terdapat kerusakan analisis, ada hasil *print out* lebih detail.
- 4) DEL : Akurasi hasil. Standar akurasi 0,001.
- 5) NL : Jumlah layer / lapis, maksimum 19 lapisan
- 6) NZ : Letak koordinat arah Z yang akan dianalisa. Jika NDAMA = 1 atau 2, maka NZ = 0 karena program akan menganalisa di koordinat yang mengalami analisa kerusakan
- 7) NSTD : (1) untuk *vertical displacement*, (5) untuk *vertical displacement* dan nilai tegangan (9) untuk *vertical displacement*, nilai tegangan dan nilai regangan.
- 8) NBOND : (1) jika antar semua lapis saling berhubungan / terkait (2) jika tiap antar lapisan tidak terikat atau gaya geser diabaikan.
- 9) NUNIT : Satuan yang di gunakan (0) satuan *English*, (1) satuan SI. Informasi tentang satuan *English* dan SI di sajikan pada tabel 3.24.

**Tabel 3.24.** Satuan *English* dan SI

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

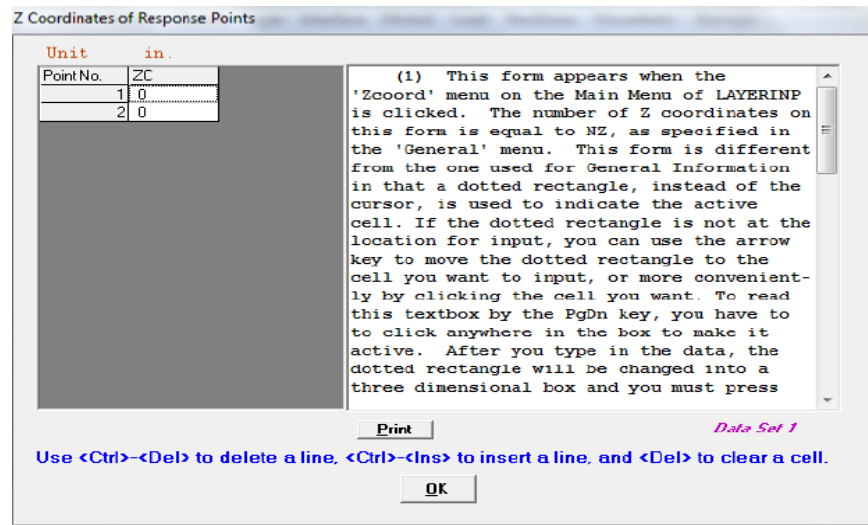
Sumber : Fadhlán (2010)

c. *Zcoord*

Jumlah poin yang ada dalam menu ini sama dengan jumlah NZ pada menu *general*. ZC adalah jarak vertikal atau jarak dalam arah Z dimana jarak tersebut yang akan dianalisa oleh program. Contoh ditampilkan dalam Gambar



3.14, hal ini berarti yang akan di analisa oleh program adalah pada kedalaman 0 inch dan 0 inch.

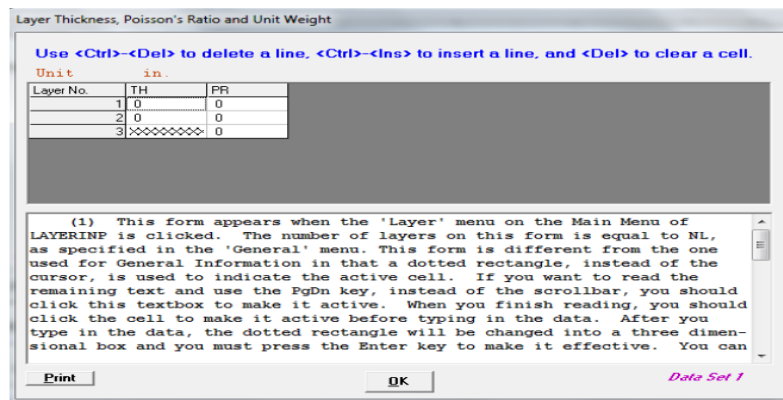


**Gambar 3.14.** Tampilan Layar *Zcoord*

(Sumber : Fadhlan, 2010)

d. *Layer*

TH adalah tebal tiap layer / lapis dan PR adalah *poisson's ratio* tiap layer. Sedangkan untuk lebih jelasnya, contoh ditampilkan pada Gambar 3.15.

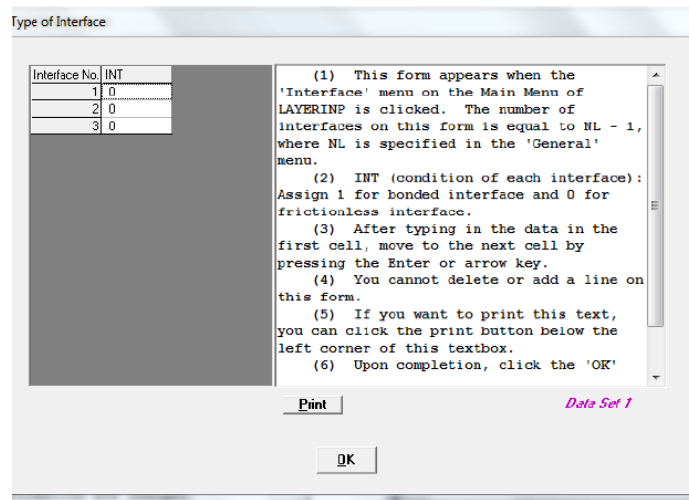


**Gambar 3.15.** Tampilan Layar *Layer*

(Sumber : Fadhlan, 2010)

e. *Interface*

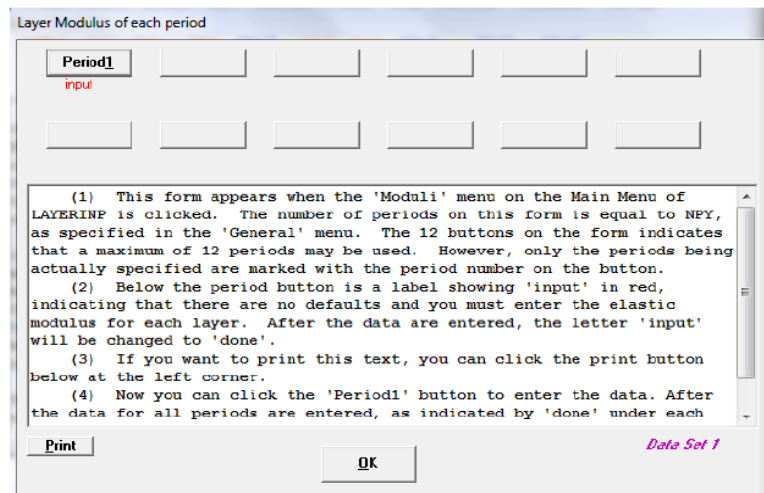
Menu *interface* ini berkaitan dengan NBOND yang ada dalam menu *general*. Jika NBOND =1, maka menu *interface* akan *default*. Jika NBOND = 2, maka menu *interface* akan keluar seperti pada gambar berikut.



**Gambar 3.16.** Tampilan Layar *Interface*

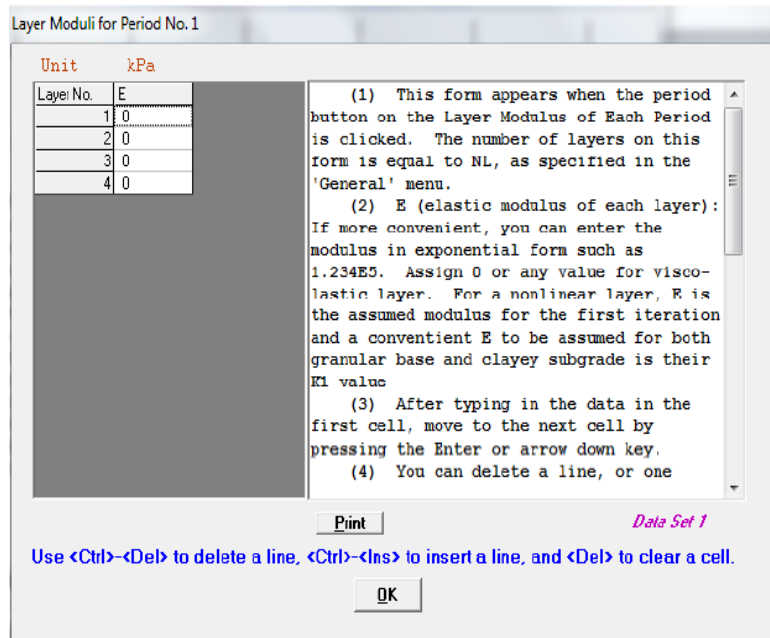
(Sumber : Fadhlan, 2010)

f. *Moduli*



**Gambar 3.17.** Tampilan Layar *Moduli*

(Sumber : Fadhlan, 2010)



**Gambar 3.18.** Tampilan Menu *Moduli* pada Periode No. 1  
(Sumber : Fadhlán, 2010)

Jumlah periode dalam menu ini sama dengan jumlah NPY dalam menu *general*. Maksimum periode dalam menu ini adalah 12. E adalah modulus elastisitas tiap layer. Contoh tampilan pada gambar diatas.

g. *Load*

Jumlah unit yang ada dalam menu ini sama dengan jumlah NLG dalam menu *general*. Untuk kolom *load* (0) untuk sumbu tunggal pada tunggal tunggal, (1) untuk sumbu tunggal roda ganda (2) untuk sumbu tandem (3) untuk sumbu triple. Kolom CR adalah radius kontak pembebanan. Kolom CP adalah nilai beban. Kolom YW dan XW merupakan jarak antar roda arah y dan arah x. Jika kolom *load* = 0, maka kolom YW dan XW = 0. Kolom NR dan NPT

merupakan titik koordinat tegangan-regangan yang ingin ditinjau. Menu *load Information* akan tampil pada Gambar 3.19 dan Gambar 3.20.

Load Information

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

Unit	LOAD	CR	CP	YW	XW	NR or NPT
1	0	0	0	0	0	

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

(1) This form appears when the 'Load' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of lines, or load groups, is equal to NLG, as specified in the 'General' menu. Please refer to Figure 3.8, p. 104, for axle arrangements.

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

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

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

(5) YW (center to center spacing between two dual wheels along the y

Print OK Data Set 1

Gambar 3.19. Tampilan Layar *Load 1*

(Sumber : Fadhlán, 2010)

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

Unit	XPT	YPT
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0

(1) This auxiliary form appears automatically when NPT of a given load is typed on the main form. If NPT was specified previously, you can also enter this auxiliary form by double clicking the main form anywhere on the given load group, instead of retyping NPT, to enter this auxiliary form.

(2) XPT (x coordinates of points to be analyzed).

(3) YPT (y coordinates of points to be analyzed).

(4) After typing the data in a cell, be sure to press the Enter key to make it effective.

(5) You can delete a line, or one of the points, by first clicking anywhere on the line to make it active and then press

Print OK Data Set 1

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

Gambar 3.20. Tampilan Layar *Load 2*

(Sumber : Fadhlán, 2010)

Parameter lain seperti *Nonlinier*, *Viscoelastic*, *Damage*, *Mohr-Coulumb* akan mengikuti nilai dengan sendirinya sesuai dengan input nilai yang diasumsikan sebelum data ini.

### 3.9 Analisis Kerusakan Perkerasan

Analisa kerusakan perkerasan jalan yang akan dibahas adalah *fatigue cracking*, *rutting*, dan *depression*. Kerusakan perkerasan disebabkan oleh beban kendaraan. Pada analisis perhitungan dengan metode mekanistik-empirik hasil yang akan diperoleh berupa nilai tegangan dan regangan pada perkerasan lentur. Nilai tegangan dan regangan tersebut digunakan untuk memprediksi kerusakan pada perkerasan jalan lentur.

Ada beberapa Persamaan untuk memprediksi jumlah repetisi beban, salah satunya adalah Persamaan mode *The Aspalt Institute* (Simanjuntak, 2014)

#### 3.9.1 *Fatigue cracking*

Kerusakan retak lelah meliputi bentuk perkembangan dari retak dibawah beban berulang dan kegagalan ini ditemukan pada saat permukaan perkerasan tertutup oleh retakan dengan presentase yang tinggi. Pembebanan ulang yang terjadi terus menerus dapat menyebabkan material menjadi lelah dan dapat menimbulkan *cracking*, walaupun tegangan yang terjadi masih dibawah batas ultimatenya. Untuk material perkerasan, beban berulang berasal dari lintasan beban (*as*) kendaraan yang terjadi secara terus menerus, dengan intensitas yang berbeda-beda dan bergantung pada jenis kendaraan dan terjadi secara acak.

Persamaan retak lelah perkerasan lentur untuk mengetahui umlah repetisi beban berdasarkan regangan tarik di bawah lapis permukaan adalah sebagai berikut.

$$N_f = 0,0796 (\epsilon t)^{-3,921} | E^* |^{-0,854} \quad (3.21)$$

dengan,

$N_f$  = jumlah nilai beban pengulangan yang diizinkan untuk mengontrol *fatigue cracking*

$\epsilon_t$  = tensile strain di lokasi tinjauan kritis yang dihitung berdasarkan respon model struktur atau regangan tarik pada bagian bawah lapis permukaan (in/in)

$|E^*|$  = modulus elastis pada lapis permukaan atau lapisan *HMA*

### 3.9.2 *Rutting*

*Rutting* atau retak alur pada permukaan perkerasan merupakan akumulasi dari semua deformasi plastis yang terjadi, baik dari lapis beraspal, lapis pondasi, dan lapis tanah asar. Kriteria retak alur merupakan kriteria kedua yang digunakan dalam metode analitis mekanistik, untuk menyatakan keruntuhan struktur perkerasan akibat beban berulang. Nilai *rutting* maksimum harus dibatasi agar tidak membahayakan penganalisa saat melalui lokasi *rutting* tersebut, terutama pada kecepatan tinggi. Deformasi permanen dapat diketahui setiap lapisan dari struktur, membuat retak alur lebih sulit untuk diprediksi dibandingkan retak lelah. Ukuran-ukuran kegagalan yang ada dimaksudkan untuk alur bahwa dapat ditunjukkan kebanyakan pada suatu struktur perkerasan yang lemah. Pada umumnya dinyatakan dengan istilah regangan vertical yang berada di atas dari lapisan tanah dasar.

Persamaan untuk mengetahui jumlah repetisi beban berdasarkan regangan tekan di bawah lapis pondasi bawah adalah sebagai berikut.

$$Nd = 1,365 \times 10^{-9} (\epsilon_c)^{-4,47} \quad (3.22)$$

dengan,

$Nd$  = jumlah nilai repetisi beban yang diizinkan untuk mengontrol *rutting*

$\epsilon_c$  = regangan tekan vertical diatas lapisan dasar

### 3.9.3 *Permanent deformation*

Persamaan yang digunakan untuk mengetahui jumlah beban repetisi perkerasan lentur pada kerusakan *permanent deformation* adalah sebagai berikut.

$$Nd = 1,365 \times 10^{-9} (\epsilon_c)^{-4,47} \quad (3.23)$$

dengan,

$Nd$  = jumlah nilai repetisi beban yang diizinkan untuk mengontrol *rutting*

$\varepsilon_c$  = regangan tekan vertikal diatas lapisan dasar

### 3.12. Analisis Sisa Umur Layanan Perkerasan Jalan AASHTO 1993

Analisis umur layanan merupakan konsep dasar dari kerusakan perkerasan akibat pembebanan berulang yang menyebabkan kelelahan atau *fatigue* dan *permanent deformation*. Untuk menghitung sisa umur layanan harus mencari jumlah lalu lintas aktual perkerasan dan jumlah lalu lintas perkerasan pada akhir umur rencana atau jumlah repetisi beban ijin saat mencapai kondisi runtuh (*failure*) akibat *fatigue* dan rutting yang dinyatakan dalam satuan 18-Kip ESAL. Perbedaan dari jumlah antara nilai - nilai tersebut merupakan nilai sisa umur layanan yang dinyatakan dalam persentase dari jumlah lalu lintas pada saat terjadi kerusakan. AASTHO 1993 merekomendasikan Persamaan untuk mencari sisa umur layanan (*remaining life*) adapun rumusnya ditunjukkan pada rumus 3.24.

$$RL = 100 \left[ 1 - \frac{N_p}{N_{1,5}} \right] \quad (3.24)$$

Dengan :

RL = Remaning Life (%)

NP = Total Traffic to date (CESA<sub>5</sub>)

N<sub>1,5</sub> = Total Traffic to pavement failure (Nf/Nd)

### 3.10 Analisis Sisa Umur Layanan Perkerasan Jalan pada Metode Bina Marga 1987

Beberapa faktor yang memepengaruhi perhitungan tebal lapis perkerasan lentur jalan menurut pedoman perencanaan lapis perkerasan baik untuk jalan baru maupun jalan lama dengan metode analisa komponen no. 01/PD/B/1987, Dirjen Bina Marga. Untuk perhitungan pelapisan tambahan (*overlay*), kondisi perkerasan jalan lama (*exisiting pavement*) di nilai kondisi perkererasan tersebut sesuai daftar berikut.

1. Lapisan permukaan:
 

Umumnya tidak retak, hanya sedikit deformasi pada jalur roda.	90-100%
Terlihat retak halus, sedikit deformasi pada jalur roda namun masih tetap stabil.	70-90%
Retak sedang, beberapa deformasi pada jalur roda, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan.	50-70%
Retak banyak, demikian juga deformasi pada jalur roda, menunjukkan gejala ketidakstabilan.	30-50%
2. Lapisan pondasi
  - a. Pondasi Aspal Beton atau Penetrasi Macadam. 90-100%

Umumnya tidak retak.	
Terlihat retak halus, namun masih tetap stabil.	70-90%
Retak sedang, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan.	50-70%
  - b. Stabilisasi tanah dengan semen atau kapur. 70-100%

Indek plastisitas ( <i>Plasticity Index</i> = PI) $\leq 10$ .	
---	--
  - c. Pondasi Macadam atau Batu Pecah. 80 – 100%

Indek Plastisitas ( <i>Plasticity Index</i> = PI) $\leq 6$ .	
--	--
3. Lapisan pondasi bawah
 

Indek plastisitas ( <i>Plasticity Index</i> = PI) $\leq 6$	90 – 100%
Indek plastisitas ( <i>Plasticity Index</i> = PI) $> 6$	70 – 90 %

### 3.11.1. Angka Ekivalen

Angka ekivalen (E) dari suatu beban sumbu kendaraan adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkan kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban standar sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lb).

Angka ekivaelen (E) masing – masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut daftar pada Tabel 3.25 dibawah ini:



Tabel 3.25 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
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

### 3.11.2. Lintas Ekuivalen Permukaan (LEP)

Lintas ekuivalen permukaan (LEP) adalah jumlah lintas ekuivalen harian rata – rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lb) pada jalur rencana yang diduga terjadi pada pemulaan umur rencana.

Lintas ekuivalen permukaan (LEP) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \quad (3.25)$$

dengan : j = jenis kendaraan

### 3.11.3. Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

Lintas ekivalen akhir (LEA) adalah jumlah lintas ekivalen harian rata – rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 (18.000 lb) pada jalur rencana yang diduga pada akhir umur rencana.

Lintas ekivalen akhir (LEA) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1 + i)^{nr} \times C_j \times E_j \quad (3.26)$$

dengan : j = jenis kendaraan

i = Perkermbangan lalu lintas

### 3.11.4. Lintas Ekivalen Tengah (LET)

Lintas ekivalen tengah (LET) adalah jumlah lintas ekivalen harian rata – rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 (18.000 lb) pada jalur rencana pada jalur rencana pada pertengahan umur rencana.

Lintas ekivalen tengah (LET) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LET = \frac{1}{2} \times (LEP + LEA) \quad (3.27)$$

### 3.11.5. Lintas Ekivalen Rencana (LER)

Lintas ekivalen rencana (LER) adalah suatu besaran yang dipakai dalam nomogram penepatan tebal perkerasan untuk menyatakan jumlah lintas ekivalen sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lb) jalur rencana.

Lintas ekivalen rencana (LER) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LER = LET \times FP \quad (3.28)$$

### 3.11.6. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien ekuatan relatif (a) masing – masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai nilai *marshall test* (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapus ), atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah), atau menggunakan daftar koefisien relatif pada Tabel 3.26 sebagai berikut.

Tabel 3.26 Koefisien Kekuatan Relatif (A)

Koefisien kekuatan relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS(kg)	Kt(kg/cm)	CBR(%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,35	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	Lasbutag
0,31	-	-	590	-	-	
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

### 3.11.7. Sisa Umur Perkerasan

Sisa umur perkerasan adalah selisih nilai perkerasan pada waktu perkerasan direncanakan dengan nilai kondisi saat ini. Sisa umur perkerasan merupakan konsep kerusakan aspal yang diakibatkan oleh beban repetisi kendaraan secara berulang – ulang yang merusak perkerasan jalan dan mengurangi kapasitas beban repetisi dapat ditanggung oleh suatu perkerasan tersebut mengalami keruntuhan (failure).

Pada penelitian ini pada metode Bina Marga untuk menghitung repetisi beban dan sisa umur perkerasan menggunakan Persamaan 3.29.

$$\log N = 9,36 \log(\text{ITP} + 2,54) - 3,9892 + \frac{\log\left(\frac{\text{IPo} - \text{IPt}}{4,2 - 1,5}\right)}{0,4 + \frac{138072}{(\text{ITP} + 2,54)^{5,19}}} + \log\left(\frac{1}{\text{FR}}\right) + 0,372 (\text{DDT} - 3) \quad (3.29)$$

dengan,

N : beban lalu lintas pada umur rencana

ITP : nilai indeks tebal perkerasan

DDT : daya dukung tanah

FR : Faktor Regional

## BAB IV METODE PENELITIAN

### 4.1. Lokasi Penelitian

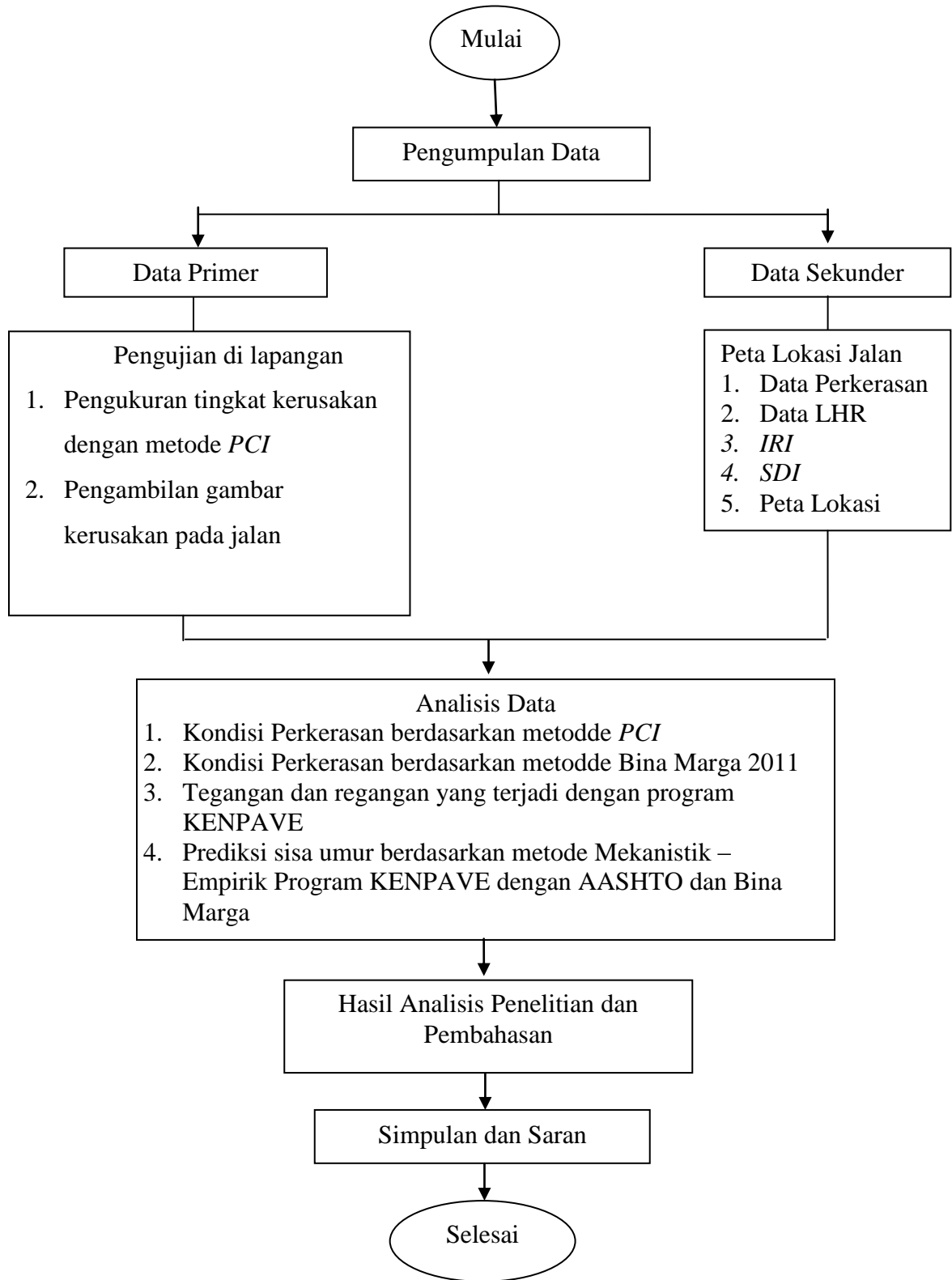
Lokasi penelitian adalah pada Ruas Jalan Magelang (Yogyakarta – Magelang) Kabupaten Sleman, D.I Yogyakarta sepanjang 1.000 m, jalan tersebut merupakan jalan provinsi yang merupakan jalan utama untuk lalu lintas kendaraan yang menuju Magelang maupun Yogyakarta, seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Lokasi Penelitian

### 4.2. Langkah Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan urutan pelaksanaan seperti bagan alir penelitian pada Gambar 4.2 urutan pelaksanaan adalah sebagai berikut.



**Gambar 4.2.** Bagan Alir Penelitian

Dari bagan alir penelitian diatas bahwa, berikut ini adalah langkah yang akan ditempuh selama penelitian sehingga selsai penelitian :

1. Perumusan masalah
2. Pengumpulan data sekunder

Data yang digunakan adalah data sekunder yang dapat dari Satker Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasioanal Provinsi D.I. Yogyakarta untuk mengetahui nilai kondisi perkerasan serta menghitung sisa umur perkerasan yang ada di ruas jalan Magelang-Yogyakarta. Adapun data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

- a. Data lalu lintas
- b. Struktur Perkerasan Jalan
- c. Material yang digunakan

3. Pengumpulan data primer

*Survei Pavement condition index (PCI)*

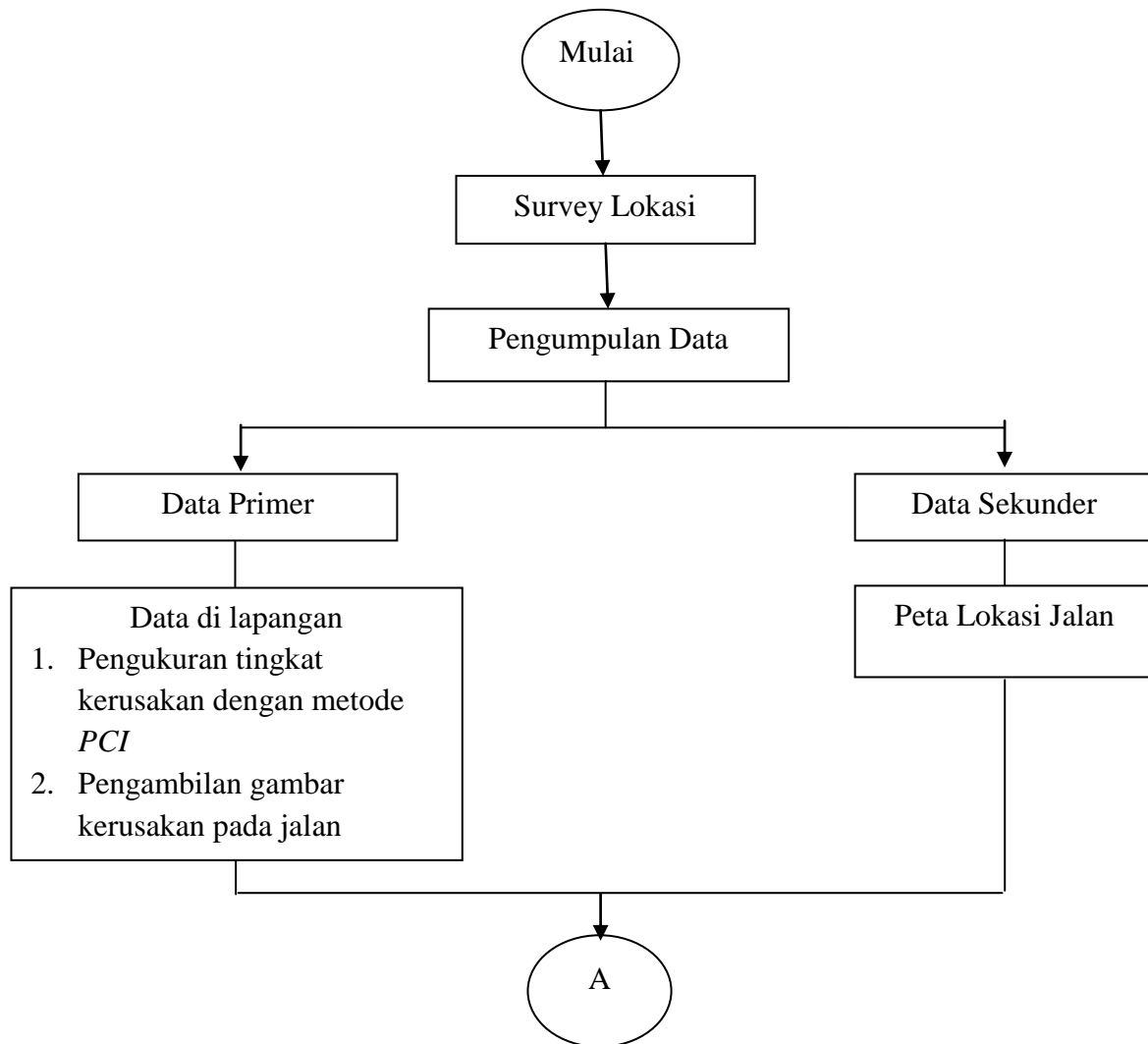
Data primer yang digunakan untuk perhitungan *pavement condition index* adalah pengukuran tingkat kerusakan perkerasan jalan untuk mengukur/mengamati jenis kerusakan jalan dengan tingkat kerusakan serta pengambilan foto

4. Analisis kondisi perkerasan jalan dengan menggunakan metode *pavement condition index*
5. Analisis nilai kondis perkersaan jalan dengan metode Bina Marga menggunakan nilai *IRI* dan *SDI* serta LHR yang melewati ruas jalan yang diteliti.
6. Analisis sisa umur perkerasan di ruas jalan Magelang-Yogyakarta dengan menggunakan metode mekanisrik – empirik dengan program *KENPAVE* dan Bina Marga.
7. Setelah perhitungan selesai, akan didapat nilai kondisi dan sisa umur perkerasan dari ruas Jalan Magelang – Yogtakarta sta 11±000 sampai 12±000.
8. Pembahasan hasil penilitian
9. Penarikan kesimpulan
10. Selesai

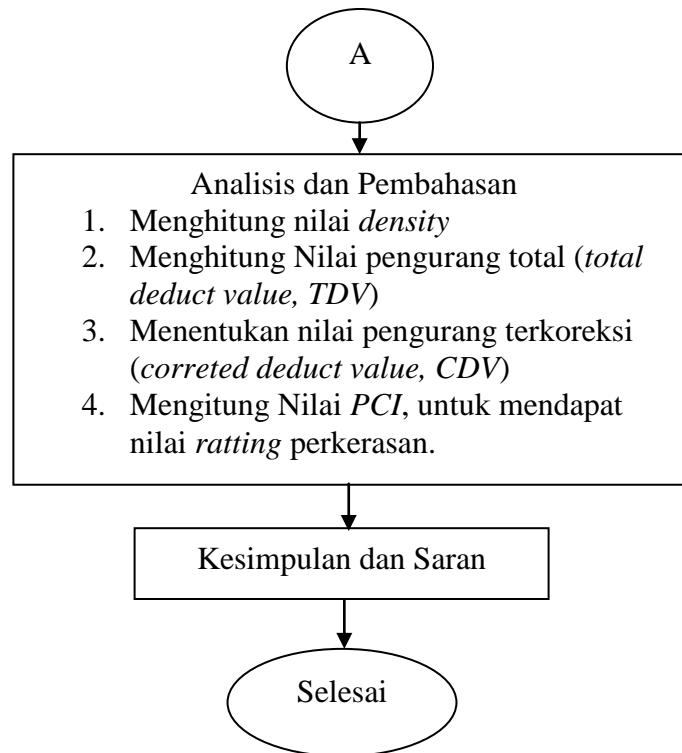
Dari bagan alir di atas bagi lagi menjadi 3 bagan alir dengan masing – masing metode sebagai berikut.

#### 4.3. Metode *Pavement Condition Index (PCI)*

Berikut ini adalah bagan alir untuk penilaian kondisi perkerasan lentur diruas jalan Magelang – Yogyakarta dengan metode *pavement condition index (PCI)*.







**Gambar 4.3.** Bagan Alir Metode *Pavement Condition Index*

Dari bagan alir diatas adapun penjelasan pengerjaan dengan menggunakan metode *pavement condition index (PCI)* yaitu pertama – tama pengambilan data primer yang akan dilakukan pada penelitian ini sesuai dengan jenis pengujian/survei lapangan. Survey lapangan dilakukan dalam rangkaian memenuhi data primer dimana data tersebut akan digunakan dalam menentukan nilai *PCI*, survey dilakukan dengan menggunakan beberapa alat bantu yaitu sebagai berikut.

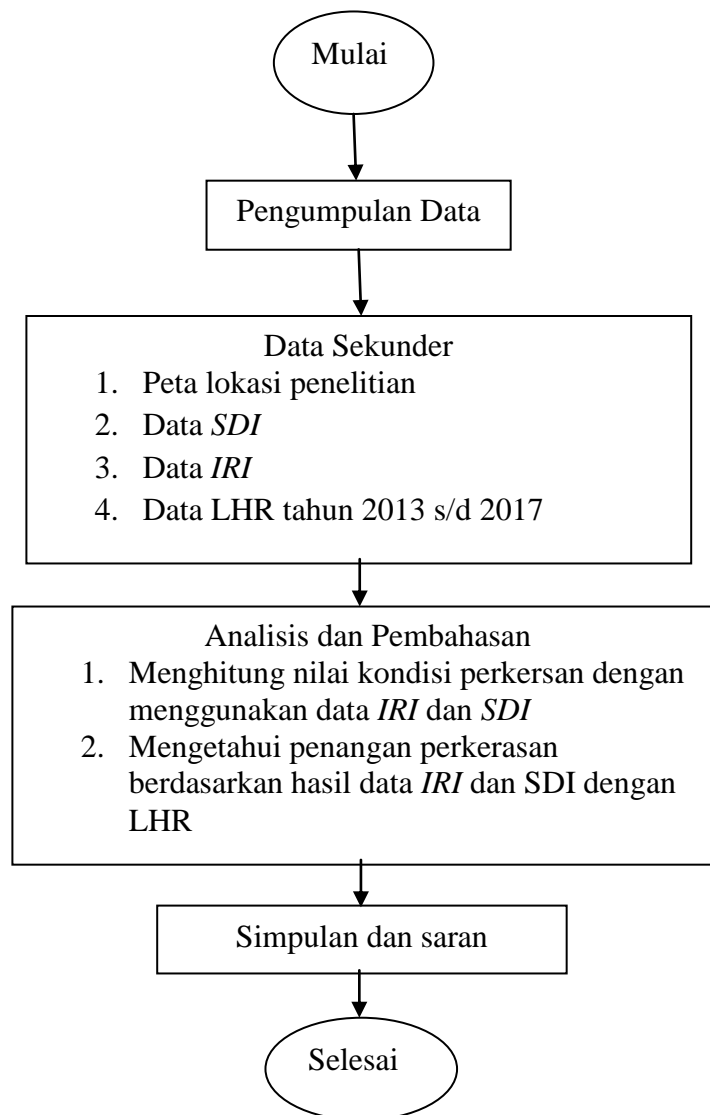
1. Alat tulis dan formulir survey.
2. Kamera sebagai alat dokumentasi.
3. Meteran.

Adapun survey lapangan untuk metode *PCI* yaitu pengukuran kerusakan jalan atau penilaian kerusakan perkerasan jalan yang sering di sebut dengan survey *pavement condition index (PCI)*. Adapun jenis kerusakan yang di survey pada metode *pavement condition index (PCI)* yaitu *alligator cracking, block cracking, corrugation,*

*depression, longitudinal and transverse cracking, raveling and weathering, rutting, shoving, and swell* dengan tingkat kerusakan (*low severity level, medium severity level and high severity level*) dengan ukuran pengamatan 25 m persegi.

#### 4.4. Metode Bina Marga 2011

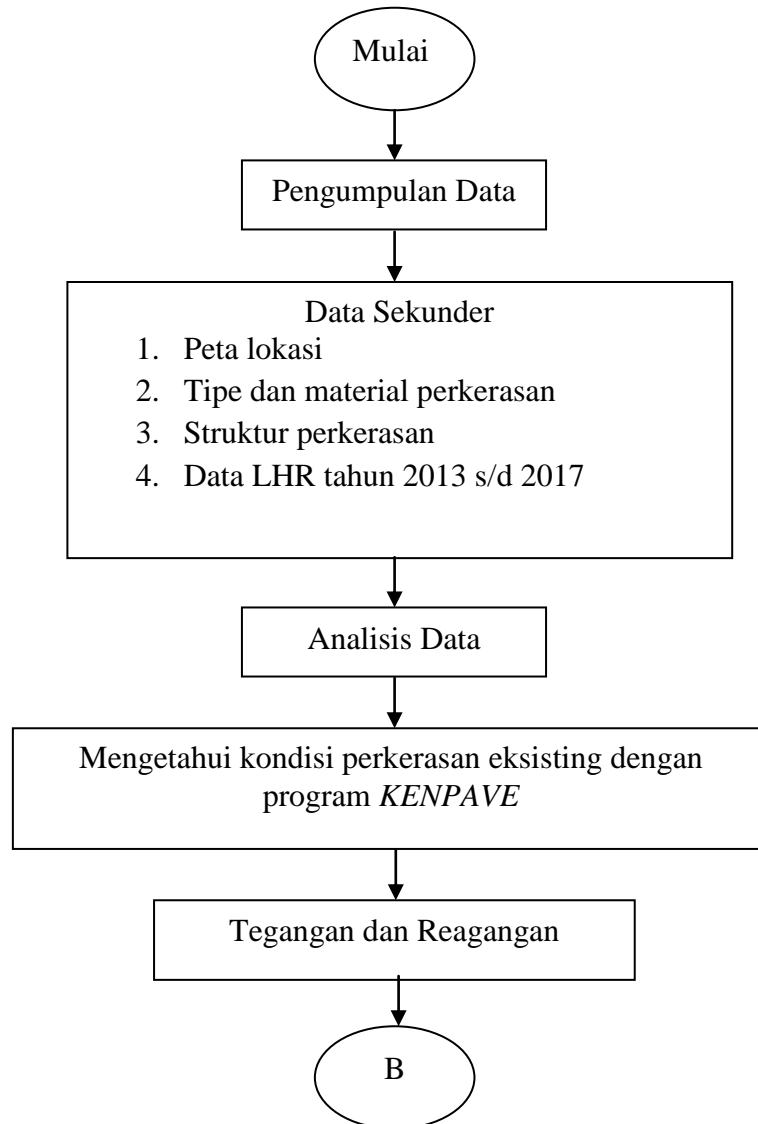
Berikut ini adalah bagan alir untuk penilaian kondisi perkerasan lentur diruas jalan Magelang – Yogyakarta dengan metode Bina Marga 2011.

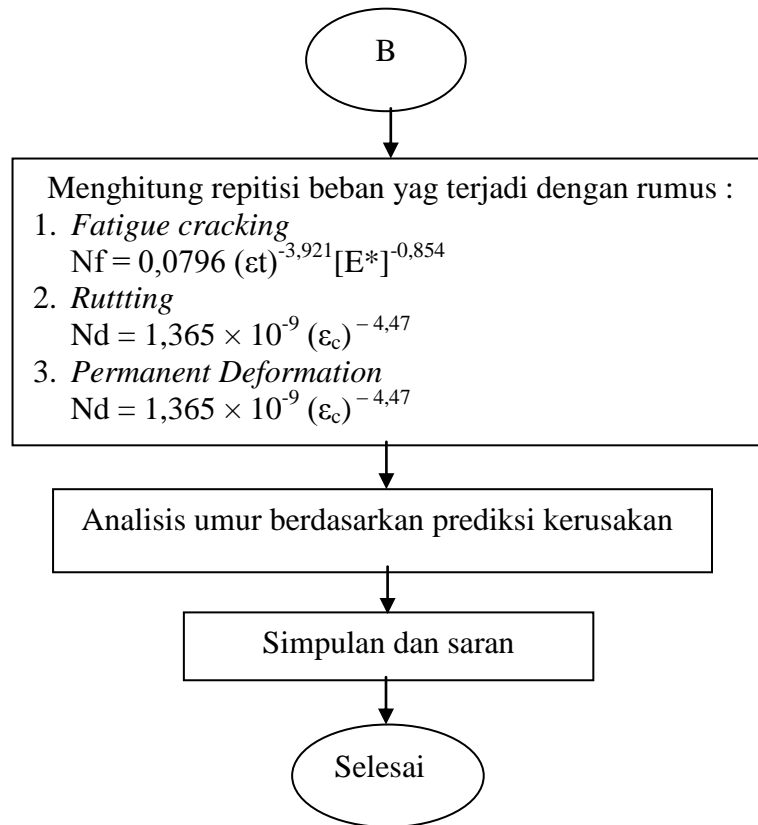


**Gambar 4.4.** Bagan Alir Metode Bina Marga 2011

#### 4.5. Metode Mekanistik Empirik Program *KENPAVE*

Berikut ini adalah bagan alir untuk menghitung tegan regangan dan sisa umur perkerasan ruas Jalan Magelang – Yogyakarta dengan mekanistik-empirik dengan metode *KENPAVE*.





**Gambar 4.4.** Bagan Alir Mekanistik – empirik dengan Program *KENPAVE*

Dari bagan alir diatas adapun penjelasan pengerjaan dengan menggunakan metode mekanistik – empirik dengan program KENVAPE sebagai berikut ini.

1. Pengumpulan data sekunder dalam tesis ini dari Satker Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Daerah Istimewa Yogyakarta berupa data sebagai berikut.
  - a. Peta lokasi
  - b. Data lalu lintas rata – rata harian (LHR) 2013 dan 2017
  - c. Data tipe dan maetrial perkerasan jalan
  - d. Data Struktur perkerasan

## 2. Analisis data

- a. Menentukan data karakteristik material eksisting, dengan mengetahui nilai modulus elastisitas dan nilai *poission ration* pada lapisan *surface* dan tiap lapisannya.
- b. Menghitung lalu lintas rata-rata (LHR) selama umur rencana
- c. Menentukan faktor faktor pertumbuhan lalu lintas dan menghitung prediksi jumlah kendaraan pada umur rencana perkerasan eksisting.
- d. Menentukan nilai – nilai *CESA<sub>4</sub>* untuk umur desain
- e. Menentukan nilai *Traffic Multiplayer* (TM)
- f. Menghitung *CESA<sub>5</sub>*
- g. Menentukan data struktur perkerasan eksisting
- h. Melakukan permodelan struktur perkerasan eksisting dengan program *KENPAVE* dan perkerasan lentur dengan *KENLAYER* untuk beban yang terjadi di lapangan.
- i. Meng-*input* informasi umum tentang struktur perkerasan eksisting, yaitu judul,*file*, tipe material, analisa kerusakan, akurasi hasil analisa, jumlah *layer Z* (kedalaman), tipe respon yang akan dianalisa, jenis ikatan lapisan, satuan yang digunakan.
- j. Meng-*input* jumlah *point* yang akan dianalisa dan jarak vertikal.
- k. Meng-*input* tebal dan nilai *poission ratio* tiap lapis perkerasan
- l. Meng-*input* ikatan antar lapisan
- m. Meng-*input* jumlah periode yang ditinjau dan nilai modulus elastisitas tiap *layer*
- n. Meng-*input* info beban data lalu lintas, yaitu beban roda, radius kontak pembebanan, nilai beban, jarak antar roda Y dan X dan titik koordinat regangan tegangan yang di tinjau.
- o. Menentukan hasil *output deflaksi* dari *running* program *KENLAYER* digunakan untuk mengetahui nilai repetisi yang menyebabkan kegagalan struktur perkerasan eksisting.

- p. Perhitungan sisa umur perkerasan dengan menggunakan metode AASHTO dan Bina Marga.

#### **4.6. Alat Penelitian**

Peralatan yang dipakai untuk mendukung penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Buku manual identifikasi kerusakan jalan.
2. Alat tulis dan formulir survey kerusakan.
3. Kamera sebagai alat pengambilan gambar sampel penelitian.
4. Meteran, penggaris untuk alat bantu mengukur berapa luas kerusakan perkerasan.
5. *Straight-edge* untuk mengukur kedalaman kerusakan.
6. *Clipboard*.
7. Kalkulator

#### **4.7. Waktu Pelaksanaan Survei**

Waktu penelitian ini dilaksanakan pada bulan 20 April 2017

**BAB V**  
**ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

**5.1. HASIL PENGUMPULAN DATA**

Data yang di peroleh dari lapangan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer yang diperoleh berupa tipe kerusakan, tingkat kerusakan jalan, sedangkan data sekunder yang di peroleh berupa peta lokasi penelitian, nilai *IRI*, *SDI*, dan data lalu lintas Harian rata – rata (LHR).

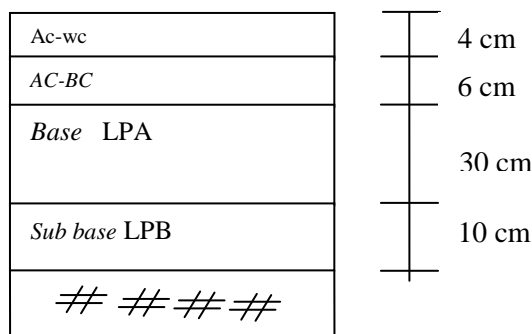
**5.1.1. Kondisi Ruas Jalan Yogyakarta – Magelang**

Kondisi *overlay* tahun 2013 ruas jalan dapat dilihat pada Gambar 5.1 sebagai berikut.

- a. Status jalan : Arteri
- b. Tipe perkerasan : Perkerasan lentur
- c. Panjang jalan (yang diteliti) : 1 km
- d. Lebar jalan : 14,5 m

Adapun struktur perkerasan ruas jalan Yogyakarta – Magelang, seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.1.

- a. Lapis AC - WC : 4 cm
- b. Lapis AC – BC : 6 cm
- c. Lapis LPA : 30 cm
- d. Lapis Pondasi Bawah LPB : 10 cm

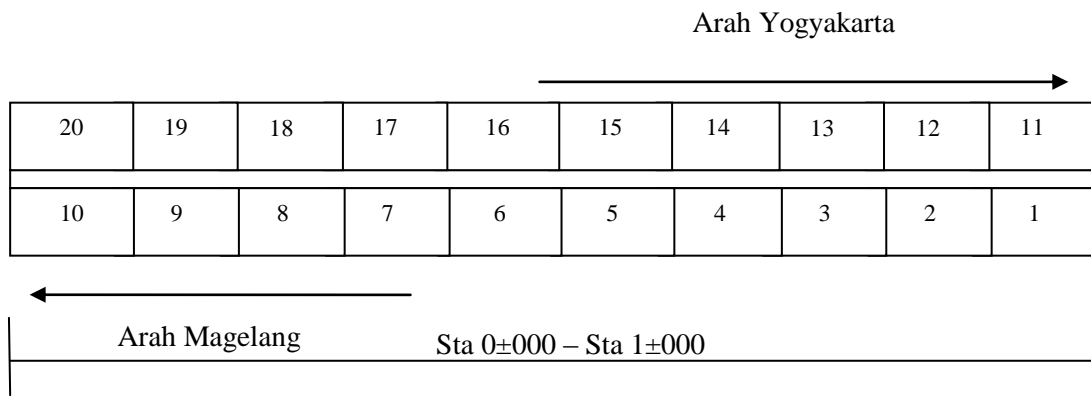


**Gambar 5.1** Struktur Lapis Perkerasan Ruas Jalan Yogyakarta – Magelang

**Sumber :** Perencanaan Dan Pengawasan Jalan Nasional (2017)

### 5.1.2. Data pengamatan Lapangan

Pengamatan dilapangan dilakukan secara visual dengan mengambil segmen kerusakan perkerasan seluas 700 m<sup>2</sup> (panjang 100 meter × lebar 7 meter = 700 m<sup>2</sup>), setelah menentukan jenis kerusakan kemudian memberikan tanda atau station setiap segmen pengamatan, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.2.



**Gambar 5.2** Penomoran Segmen Penelitian

### 5.1.3. Data Lalu Lintas

Data lalulintas ruas jalan Yogyakarta – Magelang adalah data sekunder yang didapat dari Satker P2JN Provinsi D.I Yogyakarta. Tabel data volume lalulintas ruas jalan Yogyakarta – Magelang dapat dilihat pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1** Volume Lalu Lintas Harian Tahun 2017

No	Jenis Kendaraan	LHR Tahun 2013	LHR Tahun 2014	LHR Tahun 2015	LHR Tahun 2016	LHR Tahun 2017
1.	Motor	62.750	41.405	47.819	54.101	60.051
2.	Mobil	12.158	9.719	5.104	11.850	18.082
3.	Angkt. Umum Non Bus/ Angkot Angkudes	5.251	2.895	12.327	5.077	1.034
4.	Pik Up / Vikro Truk /	2.413	3.148	3.062	2.070	2.363



**Tabel 5.1** Volume Lalu Lintas Harian Tahun 2017(lanjutan)

No	Jenis Kendaraan	LHR Tahun 2013	LHR Tahun 2014	LHR Tahun 2015	LHR Tahun 2016	LHR Tahun 2017
	Mobil Antaran (Box)					
5.	Bus Kecil	555	921	1050	873	587
6.	Bus Besar	538	729	1077	897	1050
7.	Truk 2 As (4 Roda)	361	386	531	631	555
8.	Truk 2 As (6 Roda)	1380	2.136	2158	2004	1943
9.	Truk 3 As	198	263	186	192	302
10.	Truk Gandeng	66	22	23	25	49
11.	Truk Trailer 4as, 5as, 6as	110	111	90	51	162
12.	Sepeda, Becak, Andong, Dll	892	185	132	321	389
	<b>Jumlah</b>	<b>86.672</b>	<b>61.920</b>	<b>73.559</b>	<b>78.092</b>	<b>86.567</b>

**Sumber :** Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (2013,2014,2015,2016 dan 2017)

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

### 1. Nilai *Pavement Condition Index (PCI)*

Nilai *PCI* diperoleh dari data survei kondisi permukaan jalan pada setiap unit segmen. Pada prinsipnya prosedur penentuan nilai *PCI* untuk perkerasan di bandara yang di kembangkan oleh *FAA* (1982) sama dengan prosedur yang disarankan oleh *Shahin* (1994). Berikutnya adalah perhitungan untuk mencari

nilai *PCI* pada satu unit segmen menggunakan data hasil survei di lapangan yang pada Tabel 5.1.

## 2. Menghitung *Density* dan *Deduct Value*

Contoh pada segmen 1 STA 0+000 s/d 0+100 dari arah Yogyakarta – Magelang.

### a. Jenis Kerusakan retak kulit buaya (*Alligator Cracking*)

Luas kerusakan retak kulit buaya dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

**Tabel 5.2** Tipe Kerusakan *Alligator Cracking*

Tipe kerusakan	Tingkat Kerusakan	Luas Segmen (As)	Luas Kerusakan (Ad)
1	L	700 m <sup>2</sup>	8,5 m <sup>2</sup>
	M	700 m <sup>2</sup>	13,8 m <sup>2</sup>

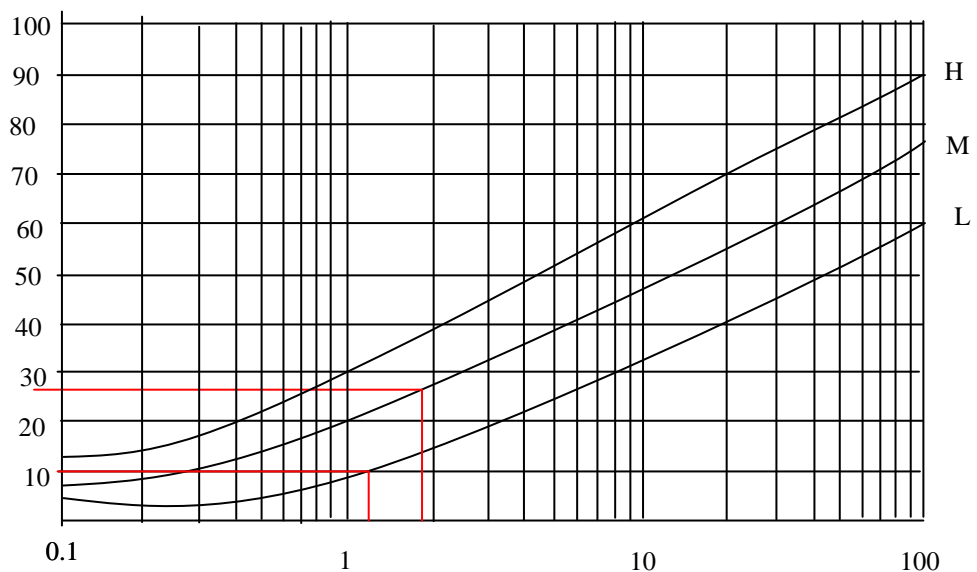
Mencari nilai kerapatan (*density*) untuk tingkat kerusakan (L) :

$$\begin{aligned}
 \text{Density} &= \frac{Ad}{As} \times 100\% \\
 &= \frac{(8,5)}{(700)} \times 100\% \\
 &= 1,214 \%
 \end{aligned}$$

Mencari nilai kerapatan (*density*) untuk tingkat kerusakan (M) :

$$\begin{aligned}
 \text{Density} &= \frac{Ad}{As} \times 100\% \\
 &= \frac{(13,8)}{(700)} \times 100\% \\
 &= 1,971 \%
 \end{aligned}$$

Nilai *density* untuk setiap tingkat kerusakan kemudian dimasukkan ke dalam grafik untuk mendapat nilai pengurang (*Deduct Value*), seperti pada Gambar 5.3 Berikut.



**Gambar 5.3** *Deduct Value Alligator Cracking*

**Sumber :** *Shahin* (1994) dalam *Hardiyatmo* (2007)

Dari Gambar 5.3 berdasarkan nilai *density* diperoleh nilai pengurangan (*deduct value*) sebesar (12) untuk *low severity level* dan (28) untuk *medium severity level*.

b. Jenis kerusakan penurunan (*depression*)

Luas kerusakan penurunan (*depression*) dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

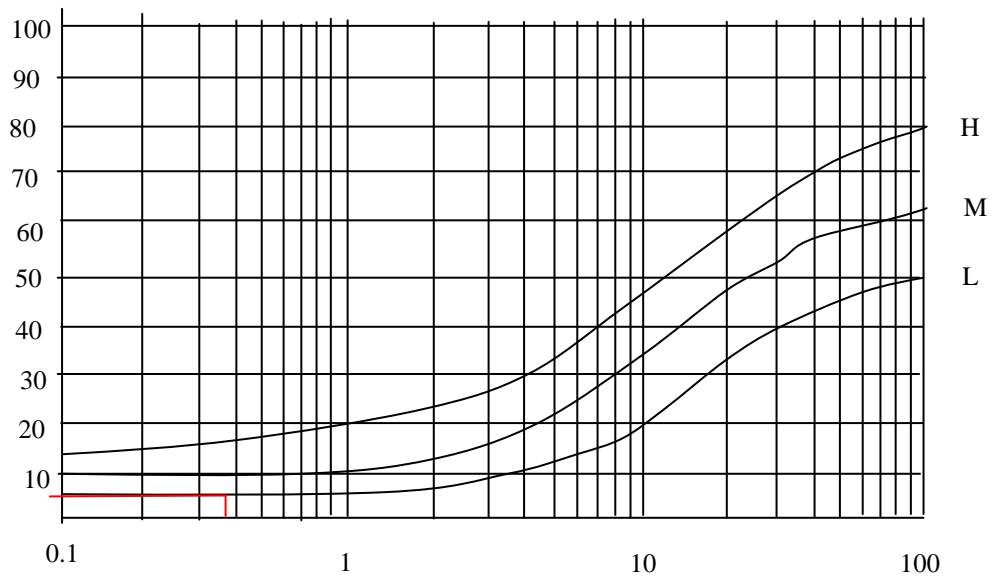
**Tabel 5.3** Tipe Kerusakan *Depression*

Tipe kerusakan	Tingkat Kerusakan	Luas Segmen (As)	Luas Kerusakan (Ad)
5	L	700 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>

Mencari nilai kerapatan (*density*) untuk tingkat kerusakan ( L ) :

$$\begin{aligned}
 \text{Density} &= \frac{Ad}{As} \times 100\% \\
 &= \frac{(2)}{(700)} \times 100\% \\
 &= 0,286 \%
 \end{aligned}$$

Nilai *density* untuk setiap tingkat kerusakan kemudian dimasukkan ke dalam grafik untuk mendapat nilai pengurang (*Deduct Value*), seperti pada Gambar 5.4 Berikut.



**Gambar 5.4** *Deduct Value Depression*

**Sumber :** *Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007)*

Dari Gambar 5.4 berdasarkan nilai *density* diperoleh nilai pengurangan (*deduct value*) sebesar (5) untuk *low severity level*.

c. Jenis Kerusakan Tambalan (*Patching*)

Luas kerusakan tambalan dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

**Tabel 5.4** Tipe Kerusakan *Patching*

Tipe kerusakan	Tingkat Kerusakan	Luas Segmen (As)	Luas Kerusakan (Ad)
9	L	700 m <sup>2</sup>	49,57 m <sup>2</sup>
9	M	700 m <sup>2</sup>	1,5 M <sup>2</sup>

Mencari nilai kerapatan (*density*) untuk tingkat kerusakan ( L ) :

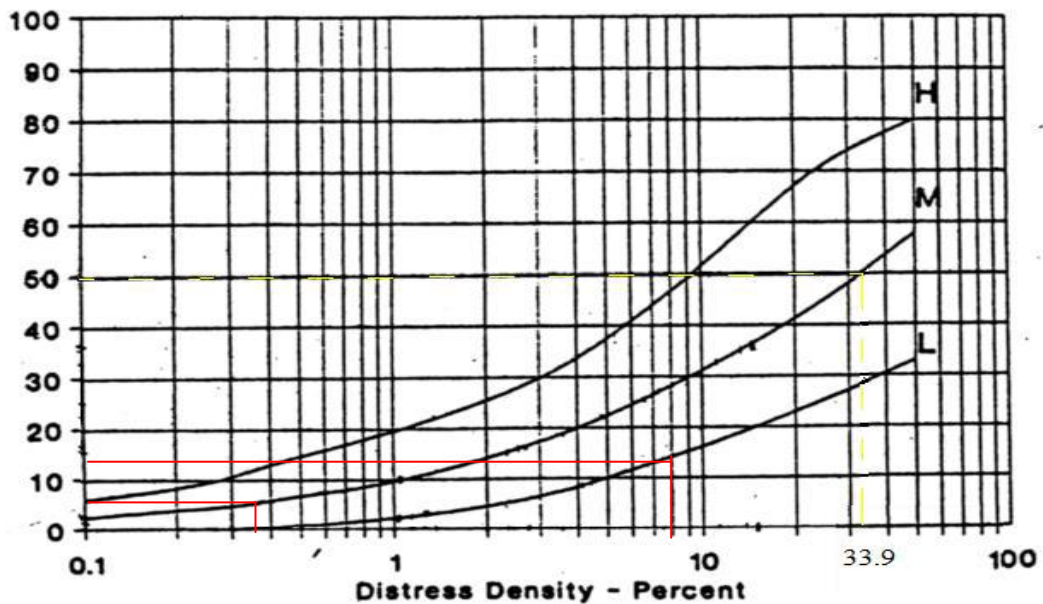
$$\begin{aligned}
 \text{Density} &= \frac{Ad}{As} \times 100\% \\
 &= \frac{(49,57)}{(700)} \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$= 7,081 \%$$

Mencari nilai kerapatan (*density*) untuk tingkat kerusakan (M) :

$$\begin{aligned} \text{Density} &= \frac{Ad}{As} \times 100\% \\ &= \frac{(1,5)}{(700)} \times 100\% \\ &= 0,214 \% \end{aligned}$$

Nilai *density* untuk setiap tingkat kerusakan kemudian dimasukkan ke dalam grafik untuk mendapat nilai pengurang (*Deduct Value*), seperti pada Gambar 5.5 Berikut.



**Gambar 5.5** *Deduct Value Patching*

**Sumber :** *Shahin (1994)* dalam *Hardiyatmo (2007)*

Dari Gambar 5.5 berdasarkan nilai *density* diperoleh nilai pengurangan (*deduct value*) sebesar (13) untuk *low severity level* dan (4) untuk *medium severity level*.

d. Jenis Kerusakan *Raveling and wearthering*

Luas kerusakan tambalan dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

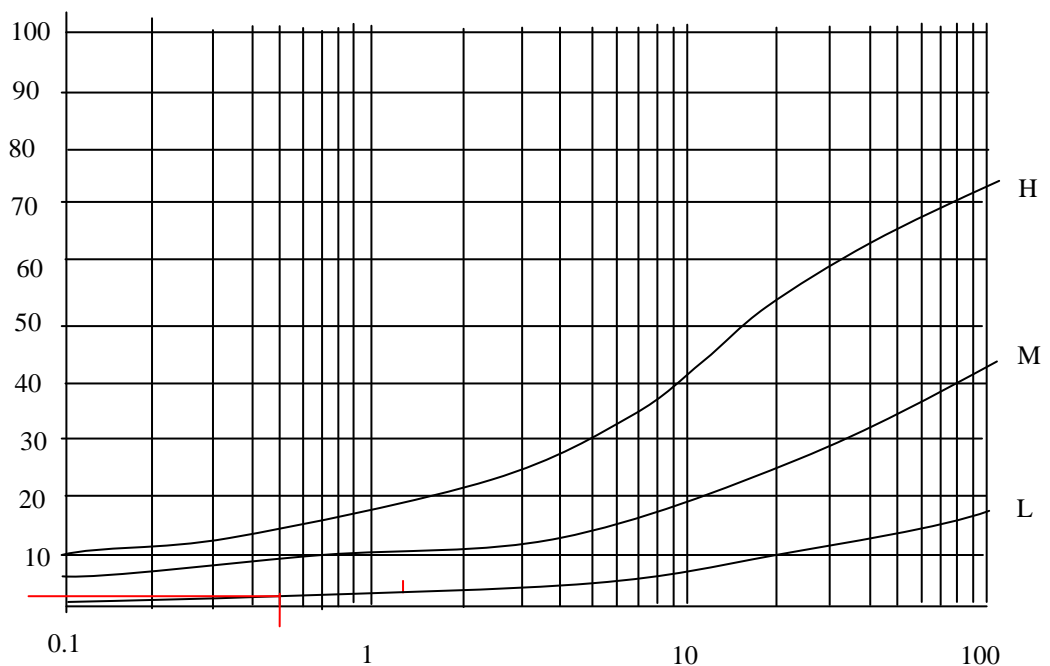
**Tabel 5.5** Tipe Kerusakan *Raveling and wearthering*

Tipe kerusakan	Tingkat Kerusakan	Luas Segmen (As)	Luas Kerusakan (Ad)
11	L	700 m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>

Mencari nilai kerapatan (*density*) untuk tingkat kerusakan ( L ) :

$$\begin{aligned}
 \text{Density} &= \frac{Ad}{As} \times 100\% \\
 &= \frac{(3,5)}{(700)} \times 100\% \\
 &= 0,5 \%
 \end{aligned}$$

Nilai *density* untuk setiap tingkat kerusakan kemudian dimasukkan ke dalam grafik untuk mendapat nilai pengurang (*Deduct Value*), seperti pada Gambar 5.6 Berikut.



**Gambar 5.6** *Deduct Value Raveling and Wearthering*

**Sumber :** *Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007)*

Dari Gambar 5.6 berdasarkan nilai *density* diperoleh nilai pengurangan (*deduct value*) sebesar (2) untuk *low severity level*.

e. Jenis Kerusakan *Shoving*

Luas kerusakan tambalan dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

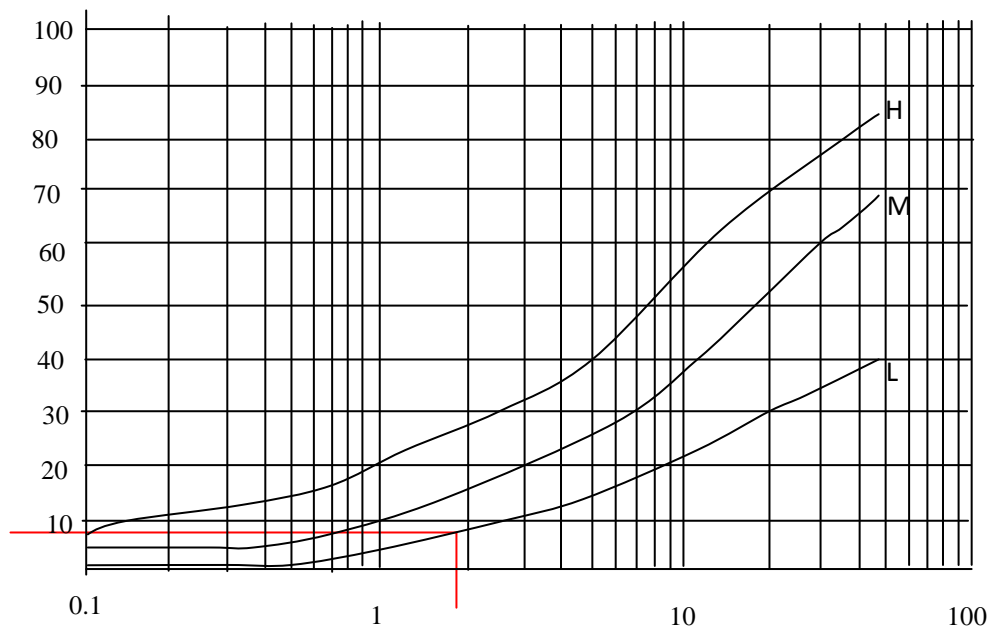
**Tabel 5.6** Tipe Kerusakan *Shoving*

Tipe kerusakan	Tingkat Kerusakan	Luas Segmen (As)	Luas Kerusakan (Ad)
14	L	700 m <sup>2</sup>	13,55 m <sup>2</sup>

Mencari nilai kerapatan (*density*) untuk tingkat kerusakan ( L ) :

$$\begin{aligned}
 \text{Density} &= \frac{Ad}{As} \times 100\% \\
 &= \frac{(13,55)}{(700)} \times 100\% \\
 &= 1,936 \%
 \end{aligned}$$

Nilai *density* untuk setiap tingkat kerusakan kemudian dimasukkan ke dalam grafik untuk mendapat nilai pengurang (*Deduct Value*), seperti pada Gambar 5.7 Berikut.



**Gambar 5.7** *Deduct Value Shoving*

**Sumber :** *Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007)*

Dari Gambar 5.7 berdasarkan nilai *density* diperoleh nilai pengurangan (*deduct value*) sebesar (8) untuk *low severity*.

**3. Nilai pengurangan Total (*Total Deduct Value, TDV*)**

Nilai pengurangan total atau TDV adalah jumlah total dari nilai pengurangan (*deduct value*) pada masing – masing unit segmen. Nilai TDV untuk segmen 1 STA 0+000 s/d 0+100 dari arah Yogyakarta – Magelang dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

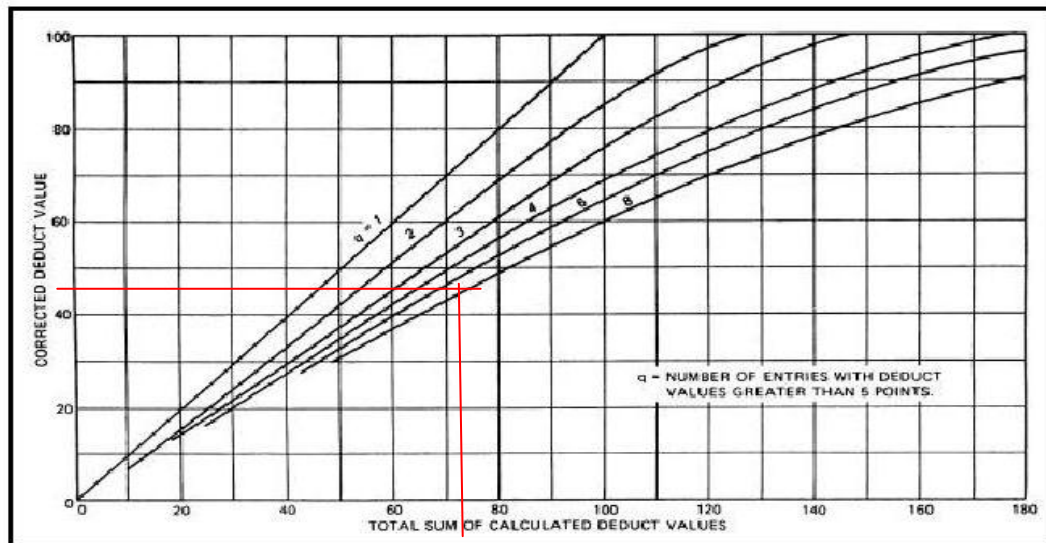
**Tabel 5.7 Total Deduct Value**

<i>Distress Type</i>	<i>Severity Level</i>	<i>Density (%)</i>	<i>Deduct Value</i>
9	L	7,081	13
9	M	0,214	4
5	L	0,286	5
1	L	1,214	12
1	M	1,971	28
11	L	0,500	2
11	L	1,936	8
<b><i>Total Deduct Value (TDV)</i></b>			<b>72</b>

**4. Nilai pengurang terkoreksi (*Corrected Deduct Value, CDV*)**

Nilai pengurangan terkoreksi (*CDV*) diperoleh dari kurva hubungan antara nilai pengurang total (*TDV*) dan nilai pengurangan (*DV*). Dari data nilai masing – masing *deduct value*, yang memiliki nilai lebih besar dari 2 berjumlah 4 angka, maka untuk nilai *CDV* dipakai  $q = 6$ . Pada Gambar 5.8 berikut ini diperoleh nilai *CDV* untuk segmen 1 STA 0+000 s/d 0+100 dari arah Yogyakarta – Magelang adalah 43.





**Gambar 5.8** *Corrected Deduct Value (CDV) Segmen 1*

**Sumber :** *Shahin (1994) dalam Hardiyatmo (2007)*

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

Setelah *CDV* diperoleh, maka nilai *PCI* untuk segmen 1 STA 0+000 s/d 0+025 dari arah Yogyakarta – Magelang dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.3.

$$\begin{aligned}
 PCI &= 100 - CDV \\
 &= 100 - 44 \\
 &= 56
 \end{aligned}$$

Berdasarkan rangking *PCI* pada Tabel 3.13, perkerasan segmen 1 STA 0+000 s/d 0+100 dari arah Yogyakarta – Magelang dalam kondisi Baik (*fair*).

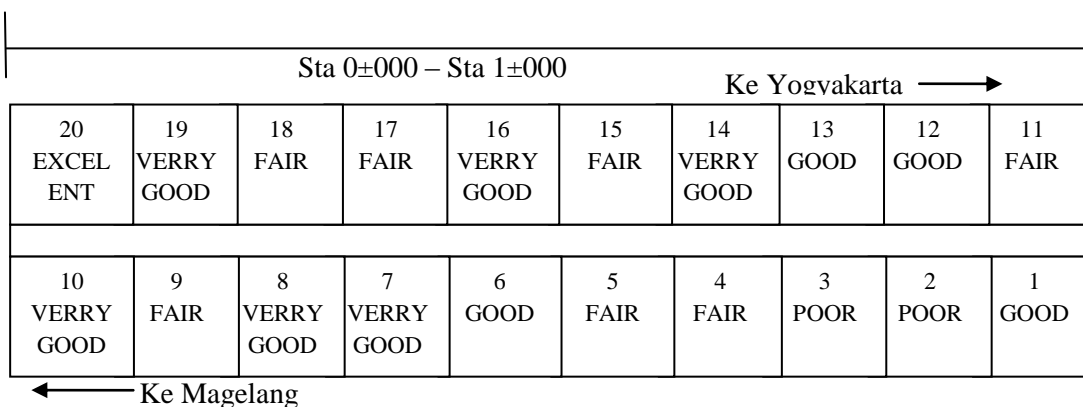
Untuk mendapatkan nilai *PCI* unit segmen yang lain, dilakukan dengan perhitungan yang sama. Berikut Tabel 5.8 adalah hasil perhitungan nilai *pavement condition index (PCI)* untuk setiap unit pada jalan Yogyakarta – Magelang Sta. 11+000 – 12+000.

**Tabel 5.8** Hasil Perhitungan Nilai (*PCI*) dan *Rating* Setiap Segmen

No	Sta (m)	No Segmen	Arah	Nilai <i>PCI</i>	<i>Rating</i>
1	11+000 – 11+100	1	Yogya – Magelang	56	<i>Good</i>
2	11+100 – 11+200	2	Yogya – Magelang	31	<i>Poor</i>

**Tabel 5.8** Hasil Perhitungan Nilai (*PCI*) dan *Rutting* Setiap Segmen(lanjutan)

No	Sta (m)	No Segmen	Arah	Nilai <i>PCI</i>	<i>Ratting</i>
3	11+200 – 11+300	3	Yogya – Magelang	29	<i>Poor</i>
4	11+300 – 11+400	4	Yogya – Magelang	43	<i>Fair</i>
5	11+400 – 11+500	5	Yogya – Magelang	45	<i>Fair</i>
6	11+500 – 11+600	6	Yogya – Magelang	67	<i>Good</i>
7	11+600 – 11+700	7	Yogya – Magelang	78	<i>Very good</i>
8	11+700 – 11+800	8	Yogya – Magelang	74	<i>Very good</i>
9	11+800 – 11+900	9	Yogya – Magelang	55	<i>Fair</i>
10	11+900 – 12+000	10	Yogya – Magelang	76	<i>Very good</i>
11	11+000 – 11+100	11	Magelang – Yogya	46	<i>Fair</i>
12	11+100 – 11+200	12	Magelang – Yogya	65	<i>Good</i>
13	11+200 – 11+300	13	Magelang – Yogya	68	<i>Good</i>
14	11+300 – 11+400	14	Magelang – Yogya	76	<i>Very good</i>
15	11+400 – 11+500	15	Magelang – Yogya	49	<i>Fair</i>
16	11+500 – 11+600	16	Magelang – Yogya	78	<i>Very good</i>
17	11+600 – 11+700	17	Magelang – Yogya	50	<i>Fair</i>
18	11+700 – 11+800	18	Magelang – Yogya	54	<i>Fair</i>
19	11+800 – 11+900	19	Magelang – Yogya	80	<i>Very good</i>
20	11+900 – 12+000	20	Magelang – Yogya	84	<i>Excelent</i>



**Gambar 5.8** *Ratting* Setiap Segmen

### 5.2.1. Pembahasan Metode *Pavement Condition Index (PCI)*

#### 1. Pembahasan Nilai *Pavement Condition Index*

Dari pengamatan dilakukan dilapangan secara visual ruas jalan Yogyakarta – Magelang, Mempunyai nilai total *Pavement Condition Index (PCI)* adalah (5240), maka diperoleh:

$$PCI_{rata-rata} = \frac{\sum PCI_{unit}}{N}$$

$$PCI_{rata-rata} = \frac{1213}{20}$$

$$PCI_{rata-rata} = 60,6$$

Dari hasil nilai *PCI* maka rata – rata ruas jalan Yogyakarta –magelang adalah (60,6) dengan *rating (good)*. Nilai *PCI* setiap segmen dengan *PCI* rata – rata tidak berbeda jauh terhadap kondisi *exesisting* yang ada pada ruas jalan yang dievaluasi. Namun masih ada segmen yang mempunyai nilai *PCI (fair)* dan (*poor*) sehingga sangat diperlukan perhatian dan penanganan untuk perbaikan. Pengelompokan *rating* untuk semua unit segemen dapat ditunjukkan pada Tabel 5.9.

**Tabel 5.9** *Rating* Semua Unit Segmen

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

Setelah mengetahui kondisi kerusakan ruas jalan Yogyakarta – Magelang tersebut, maka direncanakan kegiatan penanganan yang sesuai dengan yang disarankan. Dalam penanganan kerusakan yang terjadi, mengutamakan perbaikan pada unit segmen yang mengalami kerusakan yang lebih parah yaitu pada *rating fair* yaitu pada unit segmen (4,5,9,11,15,17 dan 18) pada *rating poor* pada unit segmen (2 dan 3).

Jenis kerusakan yang paling banyak terjadi adalah *pachting* merupakan perbaikan pada bagian permukaan perkerasan jalan yang bergelombang dengan cara menambal. Bahan yang dipakai untuk tambalan tersebut adalah bahan yang sama dengan bahan pembentukan perkerasan yang lama. Karena penambalan tersebut bersifat monolit maka saat tambalan tersebut akan lepas. Sedangkan jenis kerusakan *aligator cracking* ini disebabkan oleh kelelahan akibat beban lalu lintas yang berulang – ulang seperti pada lintasan roda.

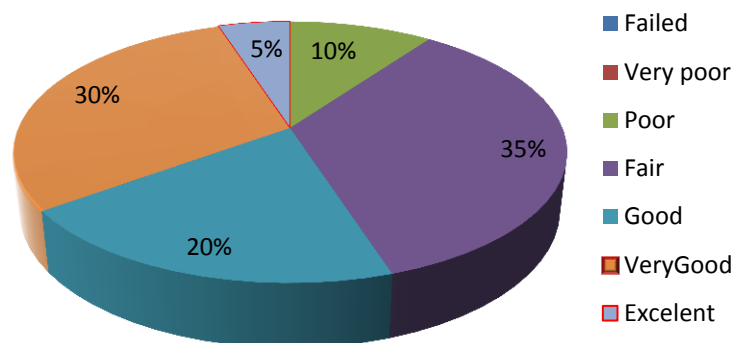
## 2. Jenis dan penyebab kerusakan

Dari hasil pengamatan dilakukan dilapangan, ada 15 jenis kerusakan yang terjadi pada 20 unit segmen yang dilakukan survey, jenis kerusakan adalah *aligator cracking, bleeding, block cracking, corrugation, depression, joint reflection cracking, long & trans cracking, oil spillage, paching, ravelling and weathering, rutting, potholes, shoving, dan slippage cracking.*

Untuk perbaikan dan pemeliharaan kerusakan dapat dikerjakan sesuai yang disarankan. Perbandingan tingkat keparahan kerusakan ruas jalan Yogyakarta – Magelang adalah *excellent* 1 unit segmen, *very good* 6 unit segmen, *good* 4 unit segmen, *fair* 7 unit segmen, dan *poor* 2 unit segmen, persentase dan jumlah kerusakan ditunjukkan dalam Gambar 5.9 dan Tabel 5.10 sebagai berikut.

**Tabel 5.10** Kondisi Rattng dan Jumlah Segmen Kerusakan

No	<i>Rattng</i>	Banyak segmen	Presentase
1.	<i>Excellent</i>	1	5 %
2.	<i>Very Good</i>	9	35 %
3.	<i>Good</i>	5	20 %
4.	<i>Fair</i>	3	30 %
5.	<i>Poor</i>	2	10 %
6.	<i>Very Poor</i>	0	0 %
7	<i>Failed</i>	0	0 %
Jumlah		20	100 %

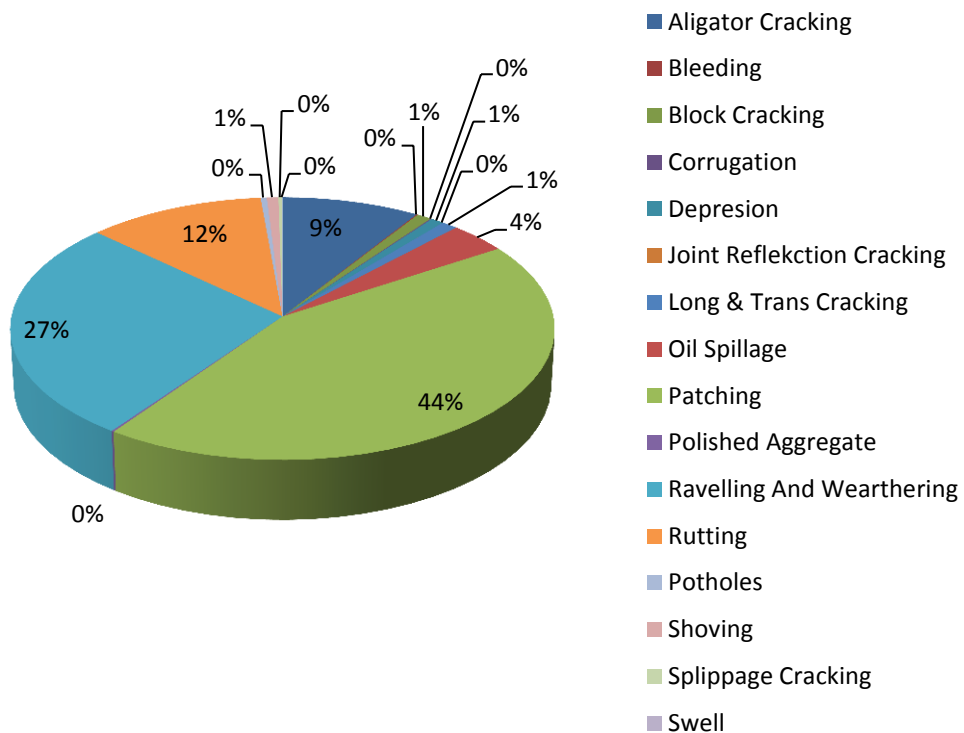


**Gambar 5.9** Persentase Kerusakan Nilai Kondisi Jalan

Kerusakan yang terjadi pada ruas jalan Yogyakarta – Magelang luas seluruhnya adalah (4623.33) m<sup>2</sup> dan adapun jenis kerusakan pada kerusakan lentur pada ruas jalan Yogyakarta – Magelang seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.11 dan persentase jenis kerusakan jalan di tunjukan pada Gambar 5.10.

**Tabel 5.11** Luas Tiap Jenis Kerusakan Jalan

No	Jenis Kerusakn	Luas Kerusakan (m <sup>2</sup> )
1.	<i>Alligator Cracking</i>	414,64
2.	<i>Bleeding</i>	3,75
3.	<i>Block Cracking</i>	44,6
4.	<i>Corrugation</i>	3,7
5.	<i>Depression</i>	39,33
6.	<i>Joint reflection cracking</i>	0,05
7.	<i>Long &amp; Trans Cracking</i>	48,75
8.	<i>Oil spillage</i>	175,5
9.	<i>Patching</i>	2032,4
10.	<i>Polished aggregate</i>	6
11.	<i>Raveling and wearthering</i>	1254,2
12.	<i>Rutting</i>	535,05
13.	<i>Potholes</i>	18,363
14.	<i>Shoving</i>	35
15.	<i>Spillage cracking</i>	12
16.	<i>Swell</i>	0
<b>Total kerusakan</b>		<b>4623,33</b>



**Gambar 5.10** Persentase Luasan Jenis Kerusakan Perkerasan Jalan

Pada jalan Yogyakarta – Magelang kerusakan yang dominan adalah *patching* dengan luas total 2032,4 m<sup>2</sup> atau 44%. *Raveling* dengan luas total 1254,2 m<sup>2</sup> atau 27%. *Rutting* dengan luas total 535,05 m<sup>2</sup> atau 12% dan *alligator cracking* dengan luas total 414,64 m<sup>2</sup> atau 9%. Hal ini disebabkan karena bahan yang digunakan dipakai untuk menambal tidak monolit dengan lapisan semula maka suatu saat tambalan tersebut akan terlepas dan mengakibatkan permukaan menjadi tidak rata yang dapat menghambat pengaliran air, jika disertai retak akan meresapkan air yang dapat mengakibatkan pelepasan butiran pada perkerasan jalan dengan adanya beban berulang seperti banyak truk, bus, dan mobil yang lewat pada jalan Yogyakarta – Magelang semakin menambah tingkat kerusakan perkerasan jalan. Melihat kondisi jalan sebaiknya perlu di lakukan perbaikan pada tingkat perkerasannya agar lebih kuat dan tahan lama sampai akhir umur yang direncanakan. Sehingga kenyamanan dan keselamatan penggunaan jalan dalam mengemudi kendaraannya lebih terjamin.

### 3. Cara Penanganan Kerusakan Perkerasan

Setelah dilakuakn survey dan perhitungan menggunakan metode *Pavement Condition Index (PCI)* untuk setiap kerusakan pad ruas jalan Yogyakarta – Magelang maka dilanjutkan kegiatan perbaikan agar anggaran yang dipakai tepat sasaran dan terhindar dari penggunaan anggaran yang sangat besar serta untuk mencegah kerusakan jalan yang lebih parah. Perbaikan ini diharapkan segera dilakukan pada unit – unit segmen yang memerlukan jalan yang sangat penting untuk jalur lalu lintas menuju kota D.I Yogyakarta dan Magelang.

Maka metode yang digunakan seperti pada Tabel 5.12 yang diharapkan dapat meningkatkan *Severity level*.

**Tabel 5.12** Metode Perbaikan pada Kerusakan yang Terjadi

No.	Jenis Kerusakan	Severity Level	Nomor Segmen	Kode Perbaikan
1.	<i>Alligator Cracking</i>	L,M,H	1,2,3,4,5,6,7,8,13,20	P1
2.	<i>Bleeding</i>	L,M,H	3	P2
3.	<i>Block Cracking</i>	L,M,H	11,13,16	P1
4.	<i>Corugation</i>	L,M,H	2,11,15	P3
5.	<i>Depresiom</i>	L,M,H	1,4,5,7,8,9,10,14,16,20	P4
6.	<i>Joint Reflection Cracking</i>	L,M,H	18	
7.	<i>Long &amp; trans Cracking</i>	L,M,H	2,11,13,15,16	P1
8.	<i>Oil Spillage</i>	L,M,H	3,11	P5
9.	<i>Pacthing</i>	L,M,H	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, 13,14,15,16,17,18,19,20	P5
10.	<i>Polished Agregat</i>	L,M,H	12	P6
11.	<i>Raveling &amp; Weathering</i>	L,M,H	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,13, 14,15,16,17,18,19,20	P7
12.	<i>Rutting</i>	L,M,H	2,3,5,6,7,9,11,12,14,15,20	P8
13.	<i>Pothles</i>	L,M,H	4,9,15,16	P 5

**Tabel 5.12** Metode Perbaikan pada Kerusakan Yang terjadi (lanjutan)

No.	Jenis Kerusakan	Severity Level	Nomor Segmen	Kode Perbaikan
14.	<i>Shoving</i>	L,M,H	1,13,14	P1
15.	<i>Spillage Cracking</i>	L,M,H	2	P1
16.	<i>Swell</i>	L,M,H	-	-

Dari Tabel 5.12 terdapat kode yang merupakan usulan jenis perbaikannya adalah sebagai berikut:

1. P1. Untuk perbaikan jenis kerusakan *alligator cracking, block cracking, long & transversal cracking, shoving, spillage cracking*.

Perbaikan dengan *full depth patching* merupakan solusi terbaik. Jika tingkat kerusakan cukup parah, perawatan secara berkala seperti *slurry seal* dan perawatan permukaan lainnya dapat membantu untuk memperpanjang waktu pemakaian jalan sebelum perbaikan secara permanen atau keseluruhan. *Slurry seal* adalah campuran dari aspal emulsi dengan agregat halus yang dapat digunakan sebagai perawatan permukaan dalam hal pencegahan dan juga perbaikan. Bahan – bahan tersebut dicampur pada suatu mesin yang didesain khusus untuk pencampuran dan penuangan aspal.

Bahan : Aspal emulsi, agregat.

Peralatan : pemadat, linggis getar, alat pemanas aspal, penyemprotan aspal, pembersihan debu, kereta dorong, skop, truk/pik up.

2. P2. Untuk perbaikan kerusakan jenis *bleeding, oil spillage*

Perbaikan dilakukan dengan penaburan agregat halus. Jika *bleeding* membuat perkerasan menjadi silau, perawatan dengan metode *seal coat* adalah satu – satunya perawatan yang dibutuhkan. *Seal coat* adalah aspal tipis yang digunakan untuk perawatan permukaan. *Seal coat* hanya berupa bahan dasar aspal yang tidak dicampur dengan agregat lain seperti batu.

3. P3. Untuk perbaikan jenis kerusakan *corrugation*

Perbaikan dengan *full depth patching* adalah metoda pemindahan material pada daerah yang telah rusak digantikan dengan campuran aspal segar.



Bahan : leburan aspal (BURAS), lapis tipis aspal pasir (LATASIR), Lapis tipis aspal beton flexible (LASTASTON).

Peralatan : Greder, Prime coat, alat pemadat, compresor, dump truk. Skop, alat perata atau finisher, dan alat bantu lainnya.

4. P4. Untuk perbaikan jenis kerusakan *depression*.

Kerusakan jenis ini dapat diperbaiki dengan perawatan permukaan atau *micro surfacing*. Area yang lebih luas diperbaiki dengan *skin patch* atau *full deph patching*. *Micro surfacing* adalah campuran dari hasil modifikasi aspal emulsi dengan agregat dan bahan tambahan lainnya disesuaikan dengan kebutuhan. Teknik pelaksanaannya hampir sama dengan *slurry seal*, yaitu campuran dan tuangan pada permukaan perkerasan.

Bahan : lapis penetrasi makadam (LAPEN). Lapis tipis aspal beton flexible (LASTASTON), lapis aspal beton (LASTON), leburan aspal (BURAS).

Peralatan : alat pemat, dump truk, compresor, pemanas aspal, sekop, sapu garuk dan alat bantu lainnya.

5. P5. Untuk perbaikan jenis kerusakan *patching*.

Perbaikan biasanya menggunakan dua metode, yaitu *full deph patching* dan *surface patching*. *Full deph patching* adalah memindahkan aspal segar baru. *Surface patching* adalah metode perawatan permukaan untuk perbaikan secara berkala, dan biasanya digunakan hanya pada perkerasan dengan ketebalan minimal 10 cm (4in).

6. P6. Untuk perbaikan jenis kerusakan *polished aggregate*.

Menutupi permukaan dengan perawatan anti licin. Dengan pelapis aspal campuran panas, pasir batu, atau *agregat seal coat*. Agregat atau butirsn yang digunakan harus keras, bersudut dan menggunakan material yang tidak licin.

Bahan : lapis tipis aspal pasir (LATASIR), leburan aspal (BURAS) dan leburan aspal satu lapis (BURTU)

7. P7. Untuk perbaikan jenis kerusakan *raveling & weathering*.

Perawatan menggunakan *chip seal* atau *slurry seal*. Perawatam jenis ini digunakan untuk pencegahan namuan juga untuk perbaikan. Pada umumnya perawatan ini digunakan untuk mencegah dan mengantisipasi kondisi

permukaan jalan agar tidak menjadi lebih parah. *Chip seal* adalah perawatan permukaan dengan menuangkan langsung aspal pada permukaan perkerasan lalu disusul dengan agregat dan diaduk. Perawatan jenis ini biasanya lebih murah, gampang ditempatkan dan tahan lama.

Bahan : Aspal emulsi, agregat.

8. P8. Untuk perbaikan jenis kerusakan *ruttin, potholes*

Perbaikan untuk *rutting* tergantung pada tempat dimana terjadi *rutting*, bila terjadi pada permukaan atau *surface* dilakukan perbaikan permanen menggunakan *full deph patching* atau *hot mix asphalt overlay* dengan tingkatan yang disesuaikan. *Hot mix asphalt* adalah campuran aspal berkualitas tinggi dengan agregat yang baik dan aspal semen. Material dicampur pada suhu tingkat tinggi dan harus diletakkan dan dipadatkan sebelum suhunya turun (berkisar 85°C). Campuran ini di desain untuk kekuatan dan ketahanan. Bila *ruttung* terjadi pada *base* atau dasar, maka harus direncanakan ulanh jalan tersebut.

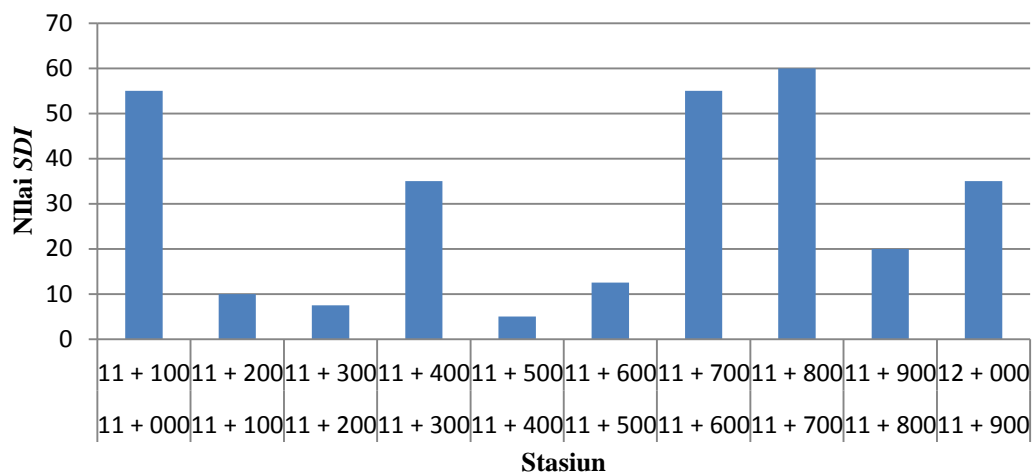
Bahan : LASTON, LATASTON, dan BURAS.

Setelah dilakuakan maka nilai *PCI* secara keseluruhan diharapkan akan meningkat dan seluruh unit segmen mempunyai nilai *PCI* yang hampir sama.

### 5.3. Kondisi Perkerasan Berdasarkan Metode Bina Marga

Analisis dengan Metode Bina Marga didasarkan pada data *SDI* dan *IRI*. Data *SDI* dan *IRI* diperoleh dari hasil survey kondisi per 100 m per Segmen yang di lakukan oleh P2JN. Ada pun data *SDI* dan *IRI* ditunjukan pada Tabel 5.13 dan 5.12 sebagai berikut.

Nilai *SDI* terbesar untuk Metode Bina Marga adalah pada segmen atau pada Sta  $11 \pm 000$  sampai  $11 \pm 100$  seperti dan  $11 \pm 600$  sampai  $11 \pm 800$  dengan kondisi sedan, dapat dilihat pada Gambar 5.11. sedangkan nilai *SDI* yang terendah dengan kondisi Baik terdapat pada segmen atau sta  $11 \pm 100$  sampai  $11 \pm 600$  dan sta  $11 \pm 800$  sampai  $12 \pm 000$ .



**Gambar 5.11** Nilai *SDI* masing – masing Segmen

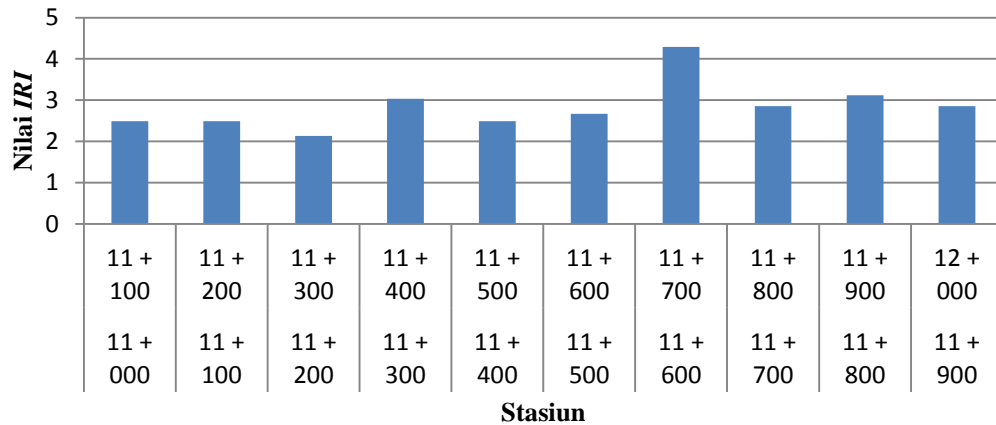
**Tabel 5.13** Nilai *SDI*

No	Sta awal	Sta akhir	Nilai <i>SDI</i>	Kondisi
1.	11+000	11+100	55	Sedang
2.	11+100	11+200	10	Baik
3.	11+200	11+300	7,5	Baik
4.	11+300	11+400	35	Baik
5.	11+400	11+500	5	Baik
6.	11+500	11+600	12,5	Baik
7.	11+600	11+700	55	Sedang
8.	11+700	11+800	60	Sedang
9.	11+800	11+900	20	Baik
10.	11+900	12+000	15	Baik

Sumber : Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (2017)

Nilai *IRI* yang didapat dari P2JN dapat di lihat Pada Tabel 5.14 dan Pada Gambar 5.12. yang menunjukkan nilai *IRI* terbesar pada Sta 11 ± 600 sampai 11 ±

700 dengan nilai 4,29 pada kondisi Sedang, sedangkan nilai *IRI* terendah terdapat pada segmen atau sta 11 ± 200 sampai sta 11 ± 300 dengan nilai *IRI* 2,13 pada kondisi baik.



**Gambar 5.12** Nilai *IRI* masing – masing Segmen

**Tabel 5.14** Hasil nilai *IRI*.

No	Sta awal	Sta akhir	Nilai <i>IRI</i>	Kondisi
1.	11+000	11+100	2,49	Baik
2.	11+100	11+200	2,49	Baik
3.	11+200	11+300	2,13	Baik
4.	11+300	11+400	3,03	Baik
5.	11+400	11+500	2,49	Baik
6.	11+500	11+600	2,67	Baik
7.	11+600	11+700	4,29	Sedang
8.	11+700	11+800	2,85	Baik
9.	11+800	11+900	3,12	Baik
10.	11+900	12+000	2,85	Baik

Sumber : Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (2017)

*IRI* dan *SDI* yang dihasilkan sesuai dengan Gambar 5.11 dan 5.12 selanjutnya di kombinasikan untuk memperoleh rating kondisi yang ditunjukkan pada Tabel 5.15.

**Tabel 5.15** Hasil Penilaian Kondisi *IRI* dan *SDI* pada Metode Bina Marga

No.	Sta Awal	Sta Akhir	Kondisi <i>IRI</i>	Kondisi <i>SDI</i>	Hubungan <i>IRI</i> dan <i>SDI</i>
1.	11+000	11+100	2,49	55	Sedang
2.	11+100	11+200	2,49	10	Baik
3.	11+200	11+300	2,13	7,5	Baik
4.	11+300	11+400	3,03	35	Baik
5.	11+400	11+500	2,49	5	Baik
6.	11+500	11+600	2,67	12,5	Baik
7.	11+600	11+700	4,29	55	Sedang
8.	11+700	11+800	2,85	60	Sedang
9.	11+800	11+900	3,12	20	Baik
10.	11+900	12+000	2,85	15	Baik

Sumber : Pengawasan dan Perencanaan Jalan Nasional (2017)

Analisis dengan Metode Bina Marga menghasilkan kondisi jalan terburuk yaitu kondisi Sedang pada segmen atau sta 11+100 - 11+200 dengan nilai *IRI* 2,49 dan nilai *SDI* 55 dan pada sta 11+600 - 11+700 dengan nilai *IRI* 4,29 dan *SDI* 55 serta pada sta 11+700 - 11+800 dengan nilai *IRI* 2,85 dan nilai *SDI* 55.

Berdasarkan Metode Bina Marga, Semakin Besar *IRI* dan *SDI* maka kondisi jalan semakin buruk. Tabel 5.15. Perkerasan dengan nilai *SDI* < 100 dan *IRI* yang dihasilkan berada pada angka < 4, maka menurut Metode Bina Marga perkerasan masih dalam kondisi sedang yang berarti jalan masih dalam kondisi mantap. *IRI* yang dihasilkan berada pada nilai rata – rata 2,76 apabila nilai *SDI*

dihasilkan > 55, meskipun nilai *IRI* <4 maka kondisi jalan yang dihasilkan adalah sedang.

### 5.3.1. Penanganan Kerusakan Berdasarkan Metode Bina Marga

Setrategi penanganan dengan Metode Bina Marga dapat dilihat Berdasarkan Nilai *SDI* dan *IRI* terdapat pada Tabel 5.16.

**Tabel 5.16** Strategi Penanganan Metode Bina Marga berdasarkan Nilai *IRI* dan *SDI*

No.	Sta Awal	Sta Akhir	Kondisi <i>IRI</i>	Kondisi <i>SDI</i>	LHR 2017	Penanganan
1.	11+000	11+100	2,49	55	78.092	Pemeliharaan Rutin
2.	11+100	11+200	2,49	10	78.092	Pemeliharaan Rutin
3.	11+200	11+300	2,13	7,5	78.092	Pemeliharaan Rutin
4.	11+300	11+400	3,03	35	78.092	Pemeliharaan Rutin
5.	11+400	11+500	2,49	5	78.092	Pemeliharaan Rutin
6.	11+500	11+600	2,67	12,5	78.092	Pemeliharaan Rutin
7.	11+600	11+700	4,29	55	78.092	Pemeliharaan Rutin
8.	11+700	11+800	2,85	60	78.092	Pemeliharaan Rutin
9.	11+800	11+900	3,12	20	78.092	Pemeliharaan Rutin
10.	11+900	12+000	2,85	15	78.092	Pemeliharaan Rutin

Sumber : Pengawasan dan Perencanaan Jalan Nasional (2017)

Dari Nilai *IRI* dan *SDI* yang dihasilkan semua penangan pada Metode Bina Marga adalah Pemeliharaan Rutin yang dilaksanakan setahun sekali. Pemeliharaan rutin diterapkan pada jalan dengan kondisi baik dan sedang, umumnya pada kondisi jalan yang tidak mengalami kerusakan struktural.

#### 5.4. Road Condition Index

*Road Condition Index (RCI)*, disebut juga indeks kondisi jalan, merupakan salah satu kinerja fungsional perkerasan yang di kembangkan oleh *American Association of State Highway Official (AASHO)* pada tahun 1960an. Disamping *Present Serviceability Index* yang digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan jalan yang dapat diestimasi dari parameter kinerja fungsional lainnya seperti ketidakrataan permukaan jalan. Indeks kondisi jalan dapat juga ditentukan dengan pengamatan langsung secara visual di lapangan oleh beberapa orang ahli. Penilaian kondisi permukaan perkerasan terhadap parameter *RCI* dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut :

**Tabel 5.17** Kondisi Jalan secara Visual dan Nilai *RCI*

Nilai <i>RCI</i>	Kondisi Permukaan Jalan Secara visual
8 – 10	Sangat rata dan teratur
7 – 8	Sangat baik, umumnya rata
6 – 7	Baik
5 – 6	Cukup, sedikit sekali atau tidak ada lubang tetapi permukaan jalan tidak rata
4 – 5	Jelek, kadang – kadang ada lubang, permukaan jalan tidak rata
3 – 4	Rusak, bergelombang, banyak lubang
2 – 3	Rusak berat, banyak lubang dan seluruh daerah perkerasan hancur
$\leq 2$	Tidak dapat di kecualikan dengan 4WD jeep

Sumber : Ningyuan et al. (2002)

Terdapat beberapa korelasi antara *RCI* dengan *IRI* yang telah di kembangkan, maka pada penelitian ini menggunakan korelasi antara *IRI* dan *RCI*. Untuk kondisi jalan di Indonesia Sukirman (1999) menyarankan Persamaan korelasi sebagai berikut ini.

$$RCI = 10 * \exp(-0,0501 * IRI^{1,220920}) \quad (5.1)$$

**Tabel 5.18** Hasil Korelasi antara *IRI* dan *RCI*

No	Sta awal	Sta Akhir	<i>IRI</i>	Hasil korelasi <i>RCI</i>
1	11+000	11+100	2,49	5,55
2	11+100	11+200	2,49	5,55
3	11+200	11+300	2,13	6,06
4	11+300	11+400	3,03	4,91
5	11+400	11+500	2,49	5,55
6	11+500	11+600	2,67	5,33
7	11+600	11+700	4,29	3,78
8	11+700	11+800	2,85	5,11
9	11+800	11+900	3,12	4,82
10	11+900	12+000	2,85	5,11

**5.5. Analisis Nilai Sisa Umur Berdasarkan Metode Mekanistik – Empirik dengan Metode *KENPAVE***

**1. Kondisi lalu lintas**

Data lalu lintas pada ruas Jalan Magelang – Yogyakarta adalah data sekunder yang didapat dari laporan Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional D I Yogyakarta Tahun 2017. Adapun data lalu lintas Jalan Magelang – Yogyakarta disajikan dalam Tabel 5.19 berikut.

**Tabel. 5.19.** Data Lalu Lintas Ruas Jalan Magelang – Yogyakarta

No.	Data	Keterangan
1.	Jenis Jalan	Arteri
2.	Umur Rencana (UR)	10 Tahun (2013 – 2022)
3.	Pertumbuhan lalu lintas (i)	5%
4.	Distribusi kendaraan	2 Jalur 4 lajur 2 arah

Sumber : Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional D I Yogyakarta (2017)



## 2. Analisis Lalu Lintas

Data sekunder mengenai distribusi kendaraan dan komposisi lalu lintas dapat di lihat pada Tabel 5.20.

**Tabel 5.20.** Data Lalu Lintas Rata – Rata Ruas Jalan Magelang - Yogyakarta

No	Jenis Kendaraan	Golongan Kendaraan	LHR Tahun 2013	LHR Tahun 2014	LHR Tahun 2015	LHR Tahun 2016	LHR Tahun 2017
1.	Mobil, angkutan umum, <i>pick up</i> , dll	2,3,4	19.822	15.762	20493	18.997	20.490
2.	Bus kecil	5a	555	921	1.050	873	1.050
3.	Bus besar	5b	538	729	1.077	897	1.077
4.	Truk 2 as (4 roda)	6a	361	386	531	631	531
5.	Truk 2 as (6 roda)	6b	1.380	2.136	2.158	2.004	2.345
6.	Truk 3 as	7a	198	263	186	192	356
7.	Truk gandeng	7b	66	22	23	25	23
8.	Truk Trailer 4as, 5as, 6as	7c	110	111	90	51	107
<b>Jumlah</b>			<b>23.030</b>	<b>20.330</b>	<b>25.608</b>	<b>23.670</b>	<b>25.979</b>

Sumber : Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional D I Yogyakarta (2017)

Dari data di atas maka akan didapat nilai sebagai berikut.

### 1. Faktor pertumbuhan lalu lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas dinyatakan dalam persen (%) per tahun. Dengan menggunakan Persamaan 3.13 maka didapatkan nilai pertumbuhan lalu lintas pada umur 10 tahun sebesar 12,58%.

### 2. Rencana jumlah kendaraan dalam periode 10 tahun

- a. Faktor distribusi lajur untuk kendaraan niaga ditetapkan dalam Tabel 5.21. Beban desain pada setiap lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur pada setiap tahun selama umur rencana.

**Tabel 5.21.** Faktor Distribusi Lajur (DL)

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

- b. Jenis kendaraan selalu mempunyai angka ekuivalen atau *VDF (Vehicle Damage Factor)* yang merupakan akumulasi angka ekuivalen dari sumbu depan dan sumbu belakang.
- c. Nilai *Traffic Multiplier (TM)* untuk kondisi pembebanan berlebih di Indonesia adalah sekitar 1,8 – 2. Untuk desain digunakan nilai *TM* 2.
- d. Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA)* merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana yang ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3.14.

Sehingga perhitungan rencana jumlah kendaraan setiap tahunnya dalam periode 10 tahun dapat dilihat pada Tabel 5.22 dan hasil rekapitulasi rencana jumlah kendaraan setiap tahunnya disajikan pada Tabel 5.23 sebagai berikut.

Tabel 5.22. Prediksi Jumlah Kendaraan Selama Umur Rencana

Jenis Kendaraan		<i>VD</i> <i>F</i>	<i>D<sub>t</sub></i>	LHR/h ari	<i>ESA</i>	<i>R</i>	<i>CESA4</i>	<i>CESA5</i>
Gol 1,2,3,4	Mobil penumpang	-	0,8	26.151	-	12,58	-	-
Gol 5a	Bus kecil	0,3	0,8	1.340	321,623	12,58	1.409.425	2.818.851
Gol 5b	Bus Besar	1	0,8	1.375	1.099,64	12,58	4.818.893	9.637.786
Gol 6a.2	Truk 2 gandar sedang	0,8	0,8	678	433,732	12,58	1.900.711	3.801.422
Gol 6bl.2	Truk 2 gandar besar	1,6	0,8	2.993	3.830,89	12,58	16.787.823	33.575.647
Gol 7al	Truk 3 gandar	7,6	0,8	454	2.762,49	12,58	12.105.846	24.211.692
Gol 7b	Truk 3 gandar	36,9	0,8	29	866,544	12,58	3.797.395	7.594.790
Gol 7c	Truk 2 gandar	13,6	0,8	137	1.485,8	12,58	6.511.098	13.022.196
ESA 10 tahun							47.331.192	94.662.384

**Tabel 5.23** Rekapitulasi Rencana Jumlah Kendaraan Setiap Tahun

<b>Tahun</b>	<b>CESA 4</b>	<b>CESA 5</b>
2013	2.522.150	5.044.300
2014	5.418.467	10.836.935
2015	8.060.069	16.120.137
2016	9.999.735	19.999.470
2017	17.067.921	34.135.842
2018	22.060.690	44.121.380
2019	27.727.383	55.454.766
2020	34.145.185	68.290.370
2021	39.733.454	79.466.909
2022	47.331.192	94.662.388

### 5.5.1. Analisis Perkerasan Jalan Dengan Metode Kenpave

Data tebal perkerasan jalan yang diperoleh dari Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional D I Yogyakarta Tahun 2017, maka dapat langsung di olah dengan menggunakan program *KENPAVE* untuk mengetahui kondisi perkerasan jalan.

1. Data yang digunakan untuk mengevaluasi perkerasan jalan pada *KENPAVE*  
Data yang dibutuhkan merupakan nilai bahan dan tebal perkerasan yang memiliki struktur lapis banyak, dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut.

**Tabel 5.24** Data yang dibutuhkan untuk *Input* Program *KENPAVE*

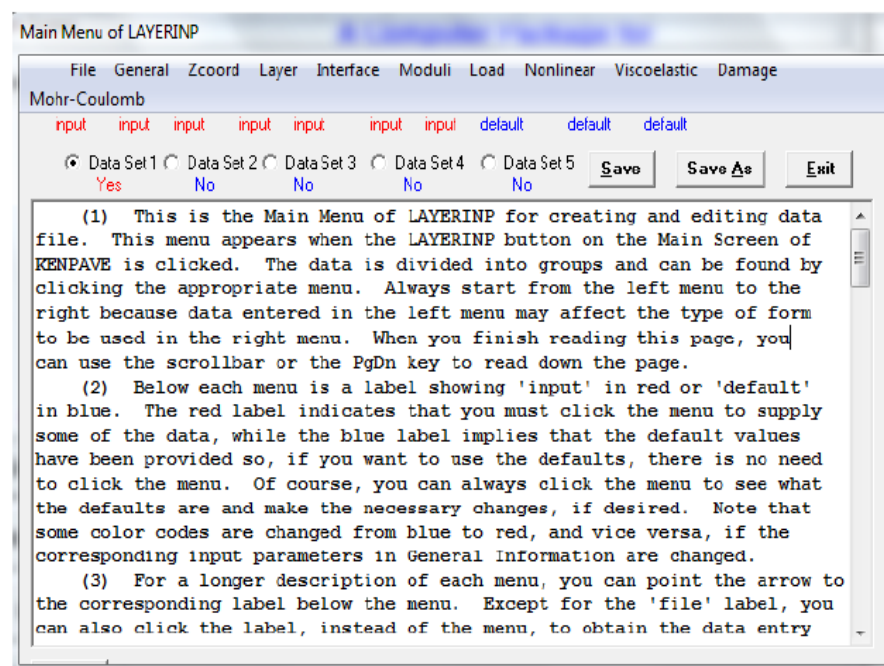
<b>Lapis perkerasan</b>		<b>Modulus elastis, E (Kpa)</b>	<b>Possion ratio, <math>\mu</math></b>	<b>Tebal Perkerasan (cm)</b>
<i>Surface</i>	<i>AC - WC</i>	1.116	0,3745	4
	<i>AC - BC</i>	1.287	0,3876	6
<i>Base</i>		500	0,2	30
<i>Sub base</i>		150	0,35	10
<i>Subgrade</i>		60	0,45	$\infty$

## 2. Analisis dengan program *KENPAVE*

Langkah evaluasi perkerasan jalan dengan program *KENPAVE* khususnya *KENLAYER* untuk perhitungan tegangan dan regangan perkerasan lentur adalah sebagai berikut.

### a. *Layerinp*

Untuk memulai *input* data, klik pada bagian menu *LAYERINP* seperti pada Gambar 5.13



**Gambar 5.13** Tampilan Menu *Layerinp*

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

### b. *General*

Pada *menu general* nilai –nilai yang di *input* dapat di lihat pada Tabel 5.25.

**Tabel 5.25** Data Input General

<b>Istilah</b>	<b>Nilai</b>	<b>Keterangan</b>
<i>Title</i>	Percobaan	Diisi sesuai dengan kelompok beban yang di masukan
<i>MATL</i>	1	Pada analisis lapis perkerasan adalah linier
<i>NDAMA</i>	0	Tidak ada analisis kerusakan
<i>NPY</i>	1	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>NLG</i>	1	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>DEL</i>	0,002	Standar akurasi
<i>NL</i>	5	Jumlah lapisan perkerasan pada analisis adalah 5 ( <i>surface, base, subbase, subgarde</i> )
<i>NZ</i>	7	Jumlah titik kerusakan yang analisis
<i>ICL</i>	80	Mengikuti <i>KENVAPE</i>
<i>NSDT</i>	9	Untuk vertical displasment, nilai tegangan dan regangan
<i>NBONT</i>	1	Semua lapisan saling mengikat
<i>NLBT</i>	0	-
<i>NLTC</i>	0	-
<i>NUNIT</i>	1	Satuan yang di gunakan adalah SI (Standar Internasional)

General Information of LAYERINP

TITLE	kenpave1	
Type of material (1=linear, 2=nonlinear, 3=viscoelastic, 4=combined)	(MATL)	1
Damage analysis (0=no, 1=yes with summary only, 2=yes with detailed printout)	(NDAMA)	0
Number of periods per year	(NPY)	1
Number of load groups	(NLG)	1
Tolerance for numerical integration	(DEL)	0.001
Number of layers	(NL)	5
Number of Z coordinates for analysis	(NZ)	7
Maximum cycles of numerical integration	(ICL)	80
Type of responses (1=displacements only, 5=plus stresses, 9=plus strains)	(NSTD)	9
All layer interfaces bonded (1=yes, 0=if some are frictionless)	(NBOND)	1
Number of layers for bottom tension	(NLBT)	0
Number of layers for top compression	(NLTC)	0
System of units (0=English, 1=SI)	(NUNIT)	1

(1) This form appears when the 'General' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. To read this textbox more easily with more lines in sight, you may want to resize this form by moving it up and dragging the bottom boundary down. If you want to use the PgDn key to scroll down the page, you must click this textbox first to make it active, as indicated by the blinking cursor. When creating a new file, this form must be entered first because some default values to be used in the other forms vary with the system of units, so they are generated after NUNIT is specified and this form activated. These default values are generated only once, i.e.

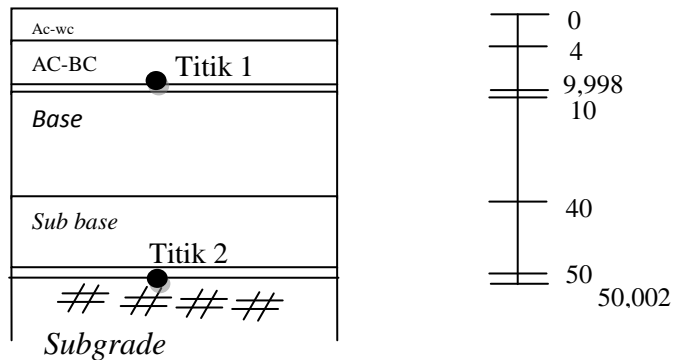
Gambar 5.14 Data Input pada Menu General

c. Zcoord

Jumlah titik yang ada di menu Zcoord sama dengan jumlah NZ pada menu general. Letak titik kerusakan dapat dilihat pada Gambar 5. Dan input Zcoord dapat dilihat pada Tabel 5.26.

Tabel 5.26 Data Input Zcoord

Istilah	Keterangan
Unit	Nomor sesuai dengan jumlah titik yang ingin dianalisis
ZC	Jarak vertical atau jarak Z dimana jarak tersebut akan dianalisis oleh program



**Gambar 5.15** Letak Titik Tinjauan

Titik 1 merupakan titik pada dasar lapisan *surface*, titik tersebut adalah letak kerusakan *fatigue cracking* (retak lelah). sedangkan titik 2 merupakan titik yang terletak di permukaan lapis *subgrade* yang merupakan letak analisis kerusakan *rutting* (alur) dan *deformation*. Kedalaman yang ditinjau kerusakannya dapat dilihat pada Tabel 5.27.

**Tabel 5.27** Input Zcoord

No	Kedalaman	Keterangan
1	0	Permukaan AC-WC
2	4	Permukaan AC-WC
3	9,998	Titik tinjau 1
4	10	Permukaan LPA
5	40	Permukaan LPB
6	50	Permukaan <i>Subgrade</i>
7	50,002	Titik tinjau 2



Z Coordinates of Response Points

Unit cm

Point No.	ZC
1	0
2	4
3	9.998
4	10
5	40
6	50
7	50.002

(1) This form appears when the 'Zcooord' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of Z coordinates on this form is equal to NZ, as specified in the 'General' menu. This form is different from the one used for General Information in that a dotted rectangle, instead of the cursor, is used to indicate the active cell. If the dotted rectangle is not at the location for input, you can use the arrow key to move the dotted rectangle to the cell you want to input, or more conveniently by clicking the cell you want. To read this textbox by the PgDn key, you have to click anywhere in the box to make it active. After you type in the data, the dotted rectangle will be changed into a three dimensional box and you must press

Print Data Set 1

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

OK

Gambar 5.16 Data Input pada Menu Zcooord

d. Layer

Parameter yang dimasukkan dalam menu *layer* adalah tebal perkerasan dan *Poisson's Ratio* dari masing-masing lapisan perkerasan seperti yang terlihat pada Gambar 5.17.

Layer Thickness, Poisson's Ratio and Unit Weight

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

Unit cm

Layer No.	TH	PR
1	4	.3745
2	6	.3876
3	30	.35
4	10	.2
5	XXXXXXXXXX	.45

(1) This form appears when the 'Layer' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of layers on this form is equal to NL, as specified in the 'General' menu. This form is different from the one used for General Information in that a dotted rectangle, instead of the cursor, is used to indicate the active cell. If you want to read the remaining text and use the PgDn key, instead of the scrollbar, you should click this textbox to make it active. When you finish reading, you should click the cell to make it active before typing in the data. After you type in the data, the dotted rectangle will be changed into a three dimensional box and you must press the Enter key to make it effective. You can

Print Data Set 1

OK

Gambar 5.17 Data Input pada Menu Layer

e. *Moduli*

Parameter yang dimasukkan pada menu *moduli* adalah modulus elastisitas masing-masing perkerasan. Nilai modulus elastisitas yang dipakai adalah nilai dari Metode Bina Marga 2011. Untuk lebih detailnya data yang di *input* pada menu *moduli* dapat dilihat pada Gambar 5.18.

Layer No.	E
1	1116000
2	1287000
3	250000
4	200000
5	60000

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

(2) E (elastic modulus of each layer): If more convenient, you can enter the modulus in exponential form such as 1.234E5. Assign 0 or any value for viscoelastic layer. For a nonlinear layer, E is the assumed modulus for the first iteration and a convenient E to be assumed for both granular base and clayey subgrade is their K1 value

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

(4) You can delete a line, or one

Print Data Set 1

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

OK

**Gambar 5.18** Data *Input* pada Menu *Moduli*

f. *Load*

Dalam perhitungan metode mekanistik-empirik dibutuhkan dimensi sumbu kendaraan, tekanan ban, dan jarak ban pada roda ganda. Pada analisis ini nilai beban sumbu roda diambil berdasarkan Gambar.. yang merupakan data kondisi beban berdasarkan data yang digunakan di Indonesia menurut Sukirman (1993) sebagai berikut ini.

1. Beban kendaraan sumbu standar adalah 18.000 pon (8,16 ton)
2. Tekanan roda satu ban adalah 0,55 Mpa = 5,5 kg/cm<sup>2</sup>
3. Jari-jari bidang kontak adalah 110 mm atau 11 cm, dan
4. Jarak antar masing-masing sumbu roda ganda adalah 33 cm

Cara menentukan data *input* pada menu *load* adalah sebagai berikut.

1.  $Load = 1$  (single axle load)

Digunakan beban sumbu standar sebesar 8160 kg.

2.  $CR = 11$  cm (berdasarkan nilai jarak antar ban)
3.  $CP = 550$  kPa (berdasarkan nilai tekanan ban)
4.  $YW = 33$  cm
5.  $XW = 0$  cm
6.  $NPT = 3$

Nilai  $NPT$  adalah 3 karena ada 3 (tiga) pengulangan beban dengan tinjauan berbeda. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada Gambar 5.19.

Load Information

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

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

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

(1) This form appears when the 'Load' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of lines, or load groups, is equal to NLG, as specified in the 'General' menu. Please refer to Figure 3.8, p. 104, for axle arrangements.

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

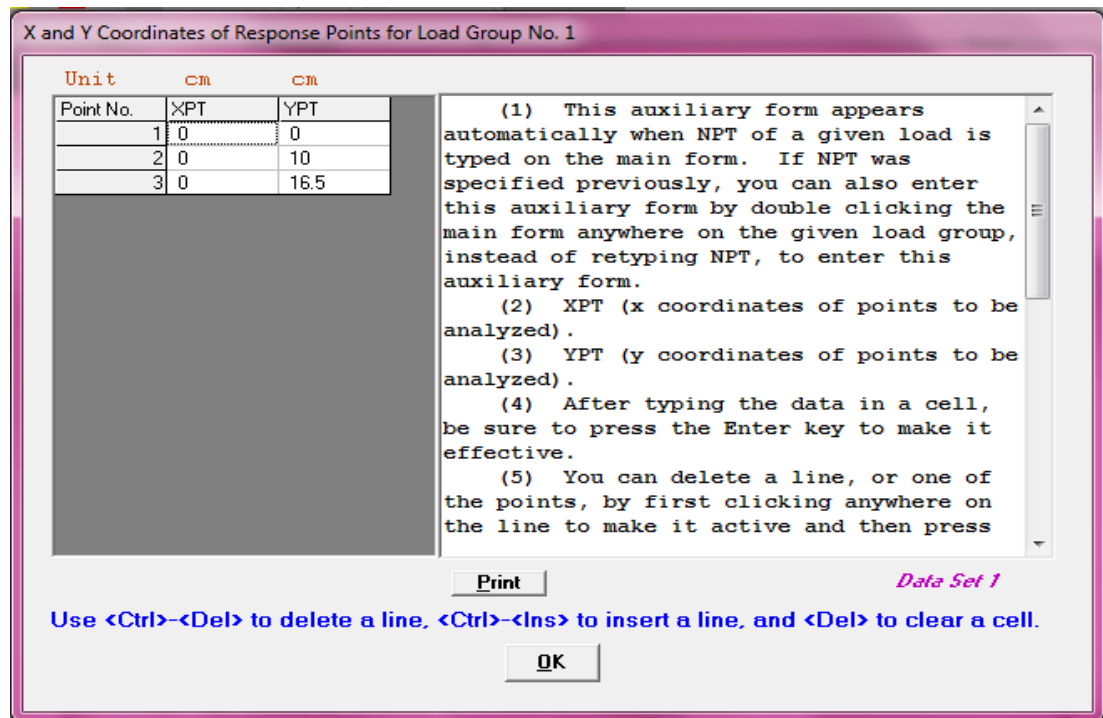
(3) CR (contact radius of circular loaded ares).

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

(5) YW (center to center spacing between two dual wheels along the y

Print OK Data Set 1

Gambar 5.19 Data Input pada Menu Load



**Gambar 5.20** Data Input pada Menu NPT

Setelah selesai mengisi data, lalu data tersebut disimpan dan kembali ke menu utama program *KENPAVE*. Selanjutnya pilih menu *KENLAYER* sehingga data dijalankan dan didapat nilai tegangan dan regangan. Pilih menu *Editor* pada tampilan awal program, buka nama file untuk melihat hasilnya. Hasil analisis dengan menggunakan program *KENPAVE* secara detail dapat dilihat pada Lampiran.

### 3. Hasil analisis *KENLAYER*

*Output* analisis menggunakan *KENLAYER* adalah nilai tegangan dan regangan yang terjadi pada perkerasan lentur jalan. Adapun hasil *output* dari semua pengulangan beban pada setiap tebal lapisan perkerasan dapat dilihat pada Tabel 5.28.

**Tabel 5.28** Nilai *Vertical Strain* dan *Tangential Strain*

<b>Pengulangan beban</b>	<b><i>Tangential strain</i> pada 9,998 cm <math>\epsilon</math></b>	<b><i>Vertical strain</i> pada 9,998 cm <math>\epsilon</math></b>	<b><i>Vertical strain</i> pada 50,002 cm <math>\epsilon</math></b>
1	0,0002179	0,0001504	0,000351
2	0,0001928	0,0001898	0,0002279
3	0,0001576	0,00001719	0,0002436
<b>Maksimum</b>	<b>0,0002179</b>	<b>0,0001898</b>	<b>0,0002426</b>

Dari data tersebut diperoleh nilai regangan tarik atau nilai *horizontal principal strain* di bawah lapis permukaan atau *HMA* sebesar 0,0002179 untuk analisa jenis kerusakan *fatigue cracking*. Untuk regangan tekan di bawah pondasi bawah atau nilai *vertical strain* sebesar 0,0001898 untuk jenis kerusakan *rutting* dan 0,0002426 untuk kerusakan *deformation*.

Hasil tersebut di analisis dengan menggunakan Persamaan 3.. sampai Persamaan 3.. dalam menentukan jumlah repetisi beban dengan menganalisis *fatigue cracking*, *rutting*, dan *deformation*.

Perhitungan nilai  $N_f$  dan  $N_d$

Menghitung nilai  $N_f$  untuk *fatigue cracking* dengan Persamaan 3..

$$N_f = 0,0796 (\epsilon t)^{-3,921} | E^* |^{-0,854}$$

$$N_f = 0,0796 (0,0002179)^{-3,921} | 1287000 |^{-0,854}$$

$$N_f = 109.907.262 \text{ ESAL}$$

Menghitung nilai  $N_d$  untuk *rutting* dengan Persamaan 3.

$$N_d = f_4 (\epsilon_c)^{-f_5}$$

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} (0,0001898)^{-4,477}$$

$$N_d = 62.690.326 \text{ ESAL}$$

Menghitung nilai  $N_d$  untuk *rutting* dengan Persamaan 3.

$$N_d = f_4 (\epsilon_c)^{-f_5}$$

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} (0,0002426)^{-4,477}$$

$$N_d = 20.891.833 \text{ ESAL}$$

Analisa beban lalu lintas yang diperoleh dari hasil evaluasi kondisi perkerasan ruas Jalan Magelang – Yogyakarta dengan program *KENPAVE* dapat dilihat pada Tabel 5.28.

**Tabel 5.28** Analisa Beban Lalu Lintas

<b>Tahun ke</b>	<b>LHR (Nr)</b>	<b>Repetisi beban (ESAL)</b>		<b>Analisa beban lalu lintas</b>
1	6.305.375 ESAL	Nf	109.907.262	Nf > Nr (yes)
	6.305.375 ESAL	Nd <i>rutting</i>	62.690.326	Nd > Nr (yes)
	6.305.375 ESAL	Nd <i>deformation</i>	20.891.833	Nd > Nr (yes)
2	13.572.320 ESAL	Nf	109.907.262	Nf > Nr (yes)
	13.572.320 ESAL	Nd <i>rutting</i>	62.690.326	Nd > Nr (yes)
	13.572.320 ESAL	Nd <i>deformation</i>	20.891.833	Nd < Nr (yes)
3	21.915.158 ESAL	Nf	109.907.262	Nf > Nr (yes)
	21.915.158 ESAL	Nd <i>rutting</i>	62.690.326	Nd > Nr (yes)
	21.915.158 ESAL	Nd <i>deformation</i>	20.891.833	Nd < Nr (no)
4	31.460.722 ESAL	Nf	109.907.262	Nf > Nr (yes)
	31.460.722 ESAL	Nd <i>rutting</i>	62.690.326	Nd > Nr (yes)
	31.460.722 ESAL	Nd <i>deformation</i>	20.891.833	Nd < Nr (no)
5	44.715.298 ESAL	Nf	109.907.262	Nf > Nr (yes)
	44.715.298 ESAL	Nd <i>rutting</i>	62.690.326	Nd > Nr (yes)
	44.715.298 ESAL	Nd <i>deformation</i>	20.891.833	Nd < Nr (no)
6	57.474.841 ESAL	Nf	109.907.262	Nf > Nr (yes)
	57.474.841 ESAL	Nd <i>rutting</i>	62.690.326	Nd > Nr (yes)
	57.474.841 ESAL	Nd <i>deformation</i>	20.891.833	Nd < Nr (no)
7	72.238.308 ESAL	Nf	109.907.262	Nf > Nr (yes)
	72.238.308 ESAL	Nd <i>rutting</i>	62.690.326	Nd > Nr (no)
	72.238.308 ESAL	Nd <i>deformation</i>	20.891.833	Nd < Nr (no)
8	88.958.645 ESAL	Nf	109.907.262	Nf > Nr (yes)
	88.958.645 ESAL	Nd <i>rutting</i>	62.690.326	Nd > Nr (no)

**Tabel 5.28** Analisa Beban Lalu Lintas (lanjutan)

Tahun	LHR (Nr)	Repetisi beban (ESAL)		Analisa beban
	88.958.645 ESAL	Nd <i>deformation</i>	20.891.833	Nd < Nr (no)
9	107.858.612 ESAL	Nf	109.907.262	Nf > Nr (yes)
	107.858.612 ESAL	Nd <i>rutting</i>	62.690.326	Nd > Nr (no)
	107.858.612 ESAL	Nd <i>deformation</i>	20.891.833	Nd < Nr (no)
10	129.184.911 ESAL	Nf	109.907.262	Nf > Nr (no)
	129.184.911 ESAL	Nd <i>rutting</i>	62.690.326	Nd > Nr (no)
	129.184.911 ESAL	Nd <i>deformation</i>	20.891.833	Nd < Nr (no)

Dari hasil perhitungan pada Tabel 5.29 menggunakan metode mekanistik empirik dengan program *KENPAVE* dapat dilihat bahwa kondisi perkerasan jalan mampu mengakomodasi beban repetisi sebesar 20.891.833 ESAL sampai terjadi kerusakan *deformation*, 62.690.326 ESAL sampai terjadi kerusakan *rutting*, dan 109.907.262 ESAL sampai terjadi kerusakan *fatigue cracking*. Dari hasil analisis dengan umur rencana selama 10 tahun dapat disimpulkan bahwa pada tahun ke-10 kondisi perkerasan jalan sudah tidak mampu menahan beban lalu lintas.

### 5.5.2. Nilai Tegangan dan Regangan dengan menggunakan Metode Mekanistik-empirik pada Program *KENPAVE- KENLAYER*

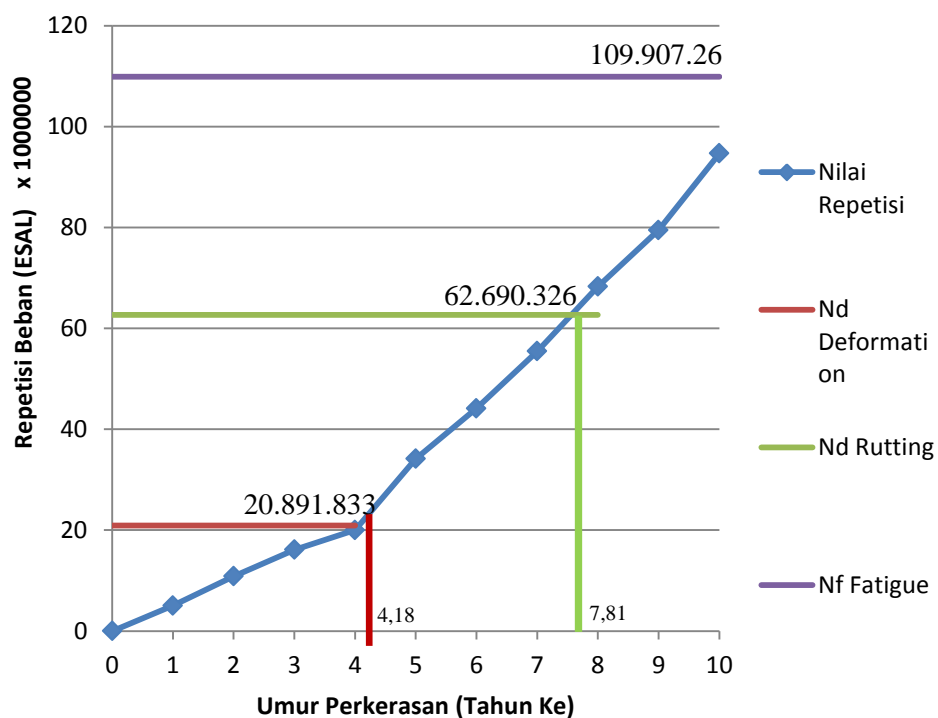
Metode mekanistik – empirik adalah metode yang memperkirakan tingkat kerusakan perkerasan dengan mengacu pada sifat-sifat fisik perkerasan seperti modulus elastisitas, *poission ratio* dan tebal perkerasan. Pembacaan nilai tegangan dan regangan berbeda tiap jenis kerusakan. Untuk perkerasan eksisting, nilai kerusakan *rutting* dibaca pada *vertical stress* kedalaman 9,998 cm yaitu di lapisan permukaan atau diatas lapis pondasi atas, nilai kerusakan *fatigue cracking* dibaca pada kedalaman 9,998 cm pada *tangential stress*. Sedangkan untuk *parmanent deformasi* diteliti pada kedalaman 50,002 cm yaitu dibawah pondasi bawah atau di bagian *subgrade*.

Pada hasil perhitungan menggunakan metode mekanistik – empirik terlihat bahwa perkerasan jalan eksisting mampu mengakomodasi beban repetisi sebesar 20.891.833 ESAL sampai kerusakan *deformation*, 62.690.326 ESAL sampai

terjadi kerusakan *rutting*, dan 109.907.262 ESAL sampai terjadi kerusakan *fatigue cracking*.

### 5.5.3. Hubungan Jenis Kerusakan dan Repetisi Beban Rencana

Kerusakan yang terjadi akibat beban lalu lintas atau repetisi beban yang terjadi secara terus menerus pada lapis perkerasan dapat mengakibatkan kerusakan *permanent deformation*, *rutting*, dan *fatigue*.



**Gambar 5.21** Grafik Repetisi Beban Rencana dan Jenis Kerusakan *Deformasi*

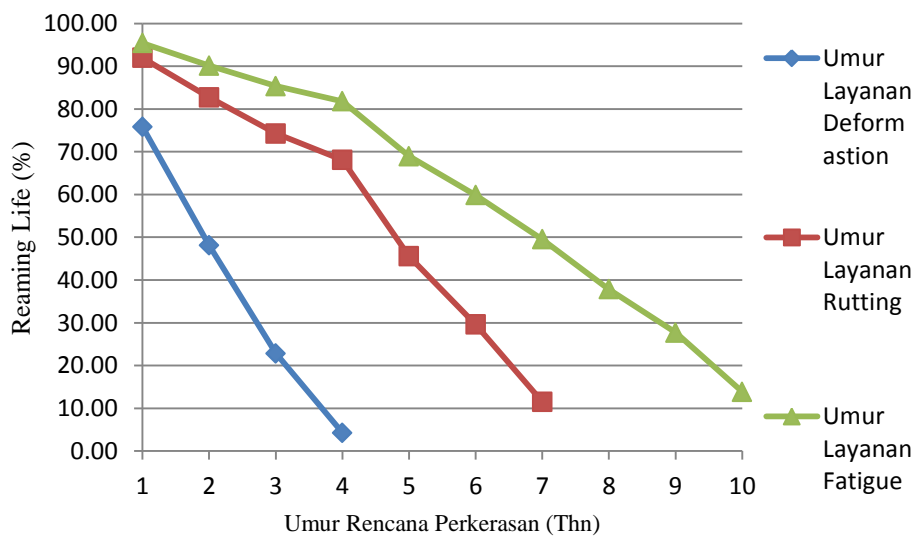
Berdasarkan Gambar 5.21 hubungan repetisi beban standar dan repetisi beban saat terjadi kerusakan *permanent deformation*, *fatigue cracking*, dan *rutting*, maka nilai repetisi beban meningkat seiring pertambahan waktu dan akan mencapai nilai repetisi beban *permanent deformation* pada pertengahan tahun ke-4 (4,18 tahun) sebesar 20.891.833 ESAL yang artinya akan mengalami keadaan *failure* akibat *permanent deformation* pada tahun ke-4. Untuk kerusakan *rutting* akan mencapai nilai repetisi beban pada pertengahan tahun ke-8 (7,81) sebesar



62.690.326 ESAL, yang artinya kondisi perkerasan jalan akan mengalami keadaan *failure* akibat *rutting* pada tahun ke-8. Dengan umur rencana selama 10 tahun, kondisi perkerasan jalan Magelang – Yogyakarta masih mampu untuk mengakomodasi beban repetisi yang terjadi akibat *fatigue*.

#### 5.5.4. Analisis Prediksi Sisa Umur Layanan Perkerasan

Analisis sisa umur layanan dari perkerasan Jalan Magelang – Yogyakarta dihitung berdasarkan Persamaan 3.24. Sisa umur layanan adalah 1 satuan dikurangi jumlah lalu lintas prediksi tahunan perkerasan berbanding jumlah lalu lintas saat mencapai batas *permanent deformation*, *rutting*, dan *fatigue*. Selisih dari jumlah antara nilai-nilai tersebut merupakan sisa umur layanan perkerasan yang dinyatakan dalam persentase.



**Gambar 5.22** Grafik Prediksi Sisa Umur Layanan

Berdasarkan Gambar 5.22 prediksi sisa umur layanan akibat *deformation* pada beban standar, pada tahun ke-1 sebesar 75,86% dan akan tersisa sebesar 16,08% pada pertengahan umur ke-4. Sedangkan akibat *rutting* pada tahun ke-1 sebesar 91,95% dan akan tersisa umur layanan sebesar 7,82% pada pertengahan umur ke-8 sebelum terjadi *failure* pada tahun ke-8.

**Tabel 5.30** Hasil Perhitungan Sisa Umur Layanan Perkerasan

Tahun ke	NP (CESA <sub>5</sub> ) (ESAL)	N <sub>1,5</sub>			Sisa umur layanan (RL)		
		<i>Deformation</i> (ESAL)	<i>Rutting</i> (ESAL)	<i>Fatigue</i> (ESAL)	<i>Deformation</i> (%)	<i>Rutting</i> (%)	<i>Fatigue</i> (%)
1	5.044.300	20.891.833	62.690.326	109.907.262	75,86	91,95	95,41
2	10.857.856				48,03	82,86	90,12
3	17.532.127				16,08	72,03	84,05
4	25.168.577				Failure	59,85	77,10
5	35.772.238					42,94	67,45
6	45.979.873					26,66	58,16
7	57.790.646					7,82	47,42
8	71.166.916					failure	35,25
9	86.286.890						21,49
10	103.347.929						5,97

### 5.5.5. Analisis Prediksi Sisa Umur Layanan Perkerasan Bina Marga

Berdasarkan hasil penilaian kondisi permukaan perkerasan jalan Ruas Jalan Magelang – Yogyakarta pada Sta 11±000 sampai dengan 12±000 adalah sebesar 65,3% dengan kategori kerusakan retak sedang, terdapat patching pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan.

#### 1. Lalu lintas Harian Rata – rata (LHR)

Data data sekunder lalu lintas harian rata – rata pada tahun 2017 digunakan untuk mengetahui menghitung sisa perkerasan pada metode Bina Marga 1987 dapat dilihat pada Tabel 5.30 sebagai berikut.

Tabel 5.30 Data Lalu Lintas Harian Rata – Rata tahun 2013

No	Jenis Kendaraan	Golongan Kendaraan	LHR Tahun 2013
1.	Mobil, sedan, jeep st wangon	2	12.158
2.	Pick up, combi	3	2.413
3.	Mobil Hantaran	4	5.351
2.	Bus kecil	5a	555
3.	Bus besar	5b	538
4.	Truk 2 as (4 roda)	6a	361
5.	Truk 2 as (6 roda)	6b	138
6.	Truk 3 as	7a	198
7.	Truk gandeng	7b	66
8.	Truk Trailer 4as, 5as, 6as	7c	110

Sumber : Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional D I Yogyakarta (2013)

#### 2. Angka Ekuivalen (E)

Angka ekuivalen beban sumbu kendaraan berdasarkan Tabel 5.31 didapat sebagai berikut.

Tabel 5.31 Angka Ekuivalen dari Beban Kendaraan

No	Jenis Kendaraan	Tipe kendaraan	Gol. kend	Konfigurasi sumbu	Angka Ekuivalen (E)
1.	Mobil, sedan, jeep st wangon	2	Gol – 1	1.1	0,0005
2.	Pick up, combi	3	Gol – 2	1.2	0,1619
3.	Mobil Hantaran	4	Gol – 2	1.2L	0,2174
4.	Bus kecil	5a	Gol – 2	1.2	0,2174
5.	Bus besar	5b	Gol – 9	1.2	0,3006
6.	Truk 2 as (4 roda)	6a	Gol – 2	1.2L	0,2174
7.	Truk 2 as (6 roda)	6b	Gol – 3	1.2H	2,4134
8.	Truk 3 as	7a	Gol – 4	1.2.2	2,7416
9.	Truk gandeng	7b	Gol – 6	1.2+2.2	3,9083
10.	Truk Trailer 4as, 5as, 6as	7c	Gol – 8	1.2.2+2.2	4,1546

Sumber : Bina Marga No.1/Mn/Bm/83:Mst – 10

### 3. Analisis Lintas Ekuivalen

Berdasarkan Persamaan 3.25 – 3.28, hasil perhitungan lintas ekuivalen seperti pada Tabel 5.32 berikut ini.

Tabel 5.32 Hasil Perhitungan Lintas Ekuivalen

No	Jenis Kendaraan	Koefisien Distribusi (C)	Lintas Ekuivalen			
			LEP	LEA	LET	LER
1.	Mobil, sedan, jeep st wangon	0,5	3,040	0,001	1,520	1,520
2.	Pick up, combi	0,5	195,332	15,812	105,572	105,572
3.	Mobil Hantaran	0,5	570,784	62,044	316,414	316,414
4.	Bus kecil	0,5	60,329	6,558	33,443	33,443
5.	Bus besar	0,5	80,861	12,153	46,507	46,507

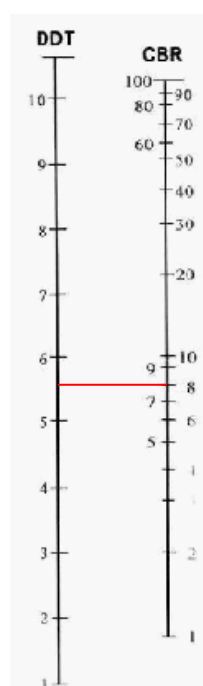
**Tabel 5.32** Hasil Perhitungan Lintas Ekivalen (lanjutan)

No	Jenis Kendaraan	Koefisien Distribusi (C)	Lintas Ekivalen			
			LEP	LEA	LET	LER
6.	Truk 2 as (4 roda)	0,5	39,241	4,265	21,753	21,753
7.	Truk 2 as (6 roda)	0,5	166,525	200,945	183,753	183,753
8.	Truk 3 as	0,5	271,418	372,060	321,739	321,739
9.	Truk gandeng	0,5	128,974	252,034	190,504	190,504
10.	Truk Trailer 4as, 5as, 6as	0,5	228,503	474,669	351,586	351,586
Jumlah			1745,006	1400,543	1572,774	1572,774

4. Daya Dukung Tanah (DDT)

Nilai daya dukung tanah (DDT) untuk tebal lapis perkerasan dihitung menggunakan nomogram korelasi CBR. Nilai CBR adalah:

- a. CBR = 8,0%



Gambar 5.23 Penilaian Nilai DDT

Dari CBR 8% diperoleh nilai nilai DDT = 5,5

- b. Jalan Magelang – Yogyakarta termasuk jalan arteri, berdasarkan hasil LER = 1572,774 di peroleh Ipo = 4

5. Faktor Regional (FR)

Nilai faktor regional (FR) berdasar pada Tabel 5.34

Tabel 5.34 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%
Iklm I < 900 mm/th	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklm 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 No.1/Mn/Bm/83:Mst – 10

Faktor Regional pada perhitungan ini adalah 1,0

6. Indek Tebal Permukaan (ITP)

Indek tebal lapis permukaan didapat berdasarkan data sebagai berikut ini.

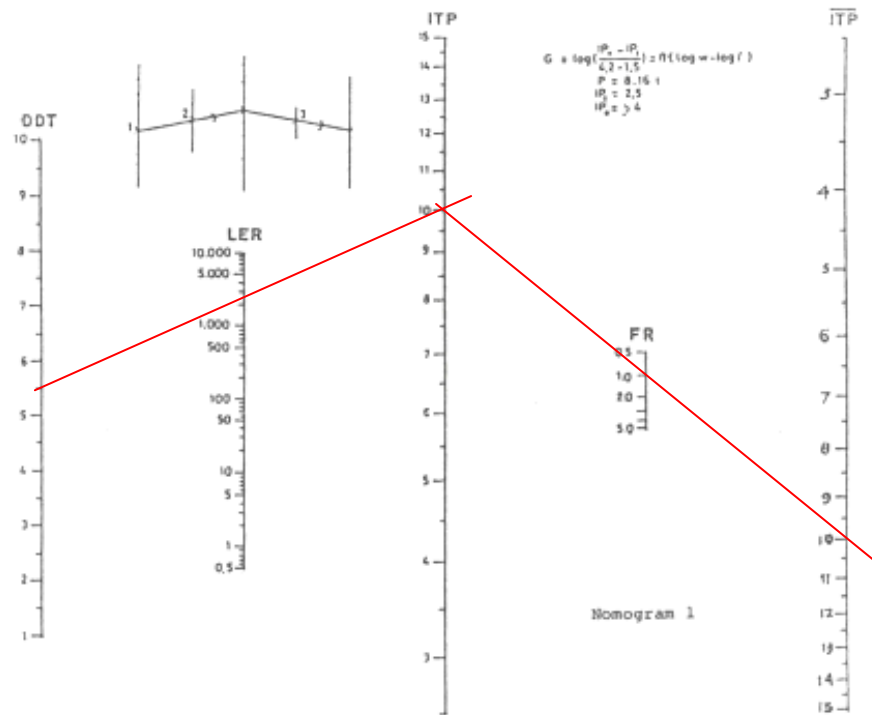
LER = 786,387

FR = 1,0

DDT = 5,5

Ipo = 4

Ipt = 2,5



Gambar 5. 24 Nomogram ITP Perkerasan  
Berdasarkan pada Gambar 5.24 didapat nilai ITP sebesar 10.

7. Perhitungan *Overlay*/tambahan perkerasan

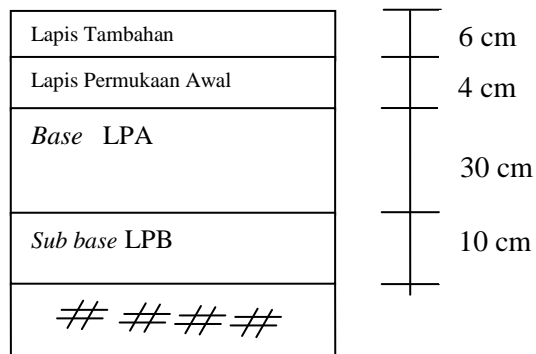
Berdasarkan data tersebut diatas maka penambahan tebal lapis perkerasan dapat ditentukan sebagai berikut ini.

- Lapis Permukaan :  $60,6\% \times 10 \times 0,4 = 2,42$
  - Lapis Pondasi Atas :  $100\% \times 30 \times 0,14 = 4,20$
  - Lapis Pondasi Bawah :  $100\% \times 10 \times 0,12 = 1,20$  +
- $$\underline{\sum ITP = 7,82}$$

Maka tebal lapis perkerasan sampai UR 2017 adalah

- $\Delta ITP = ITP_{2013} - ITP$   
 $= 10 - 7,82 = 2,18$
- $\Delta ITP = a1.D1$   
 $D1 = 2,18/0,4 = 5,45 \text{ cm} \approx 6 \text{ cm}$

Susunan lapis perkerasan dengan *overlay* adalah sebagai berikut :



Gambar 5. 25 Lapis Perkerasan Tambahan (*Overlay*) Metode Bina Marga 1987

### 8. Sisa umur layanan perkerasan

Umur sisa perkerasan merupakan konsep kerusakan kelelahan aspal yang diakibatkan oleh beban repetisi kendaraan secara berulang-ulang yang merusak perkerasan dan mengurangi kapasitas beban repetisi yang dapat ditanggung oleh suatu perkerasan hingga perkerasan tersebut mengalami suatu keruntuhan (*failure*).

Perhitungan sisa umur perkerasan jalan dilakukan dengan membandingkan dua kondisi beban yang diterima perkerasan pada tahun awal perencanaan yaitu pada tahun 2013 dengan kondisi saat ini.

Beban lalu lintas pada umur rencana :

$$\log N = 9,36 \log (10 + 2,54) - 3,9892 + \frac{\log \left( \frac{4 - 2,5}{4,2 - 1,5} \right)}{0,4 + \frac{138072}{(10 + 2,54)^{5,19}}} + \log(1) + 0,372 (5,5 - 3)$$

$$\text{Log } N = 6,8428994307$$

$$N = 6.964.652,154 \text{ ESAL}$$

Beban Lalu Lintas pada tahun 2017:



$$\log N = 9,36 \log (7,82 + 2,54) - 3,9892 + \frac{\log \left( \frac{4 - 2,5}{4,2 - 1,5} \right)}{0,4 + \frac{138072}{(7,82 + 2,54)^{5,19}}} + \log(1) \\ + 0,372 (5,5 - 3)$$

$$\text{Log } N = 6,179122391$$

$$N = 1.510.505,778 \text{ ESAL}$$

$$\% \text{ umur perkerasan yang sudah dilewati} = \frac{1510505,778}{6964652,154} \times 100\% = 21,69\%$$

Dari umur rencana 10 tahun Ruas Jalan Magelang – Yogyakarta Sta 11 ±000 sampai Sta 12±000 terjadi pengurangan umur perkerasan jalan sebesar 21,69%, jadi sisa umur atau *Reamining Life* perkerasan saat ini = 100 % - 21,69% = 78,31 %.

## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis data, hasil yang didapatkan dari penelitian evaluasi kondisi perkerasan dan prediksi sisa umur perkerasan jalan dengan metode *PCI*, Bina Marga 2011 dan metode *mekanistik – empirik* dengan program *KENPAVE* pada ruas Jalan Magelang – Yogyakarta Sta 11±000 sampai Sta 12±000 dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Dari pengamatan yang dilakukan pada ruas Jalan Magelang – Yogyakarta terdapat 15 jenis kerusakan, diantaranya *alligator cracking, bleeding, block cracking, corrugation, depression, joint reflection cracking, long & trans cracking, oil spillage, patching, ravelling and weathering, rutting, potholes, shoving*, dan *slippage cracking*. Nilai kondisi pada perkerasan lentur pada ruas Jalan Magelang – Yogyakarta Sta 11 + 000 sampai Sta 12 + 000 tergolong pada kondisi (*good*) dengan nilai *PCI* = 60,6 dengan nilai *PCI* terendah sebesar 29 dan nilai *PCI* tertinggi 84. Jenis kerusakan yang banyak dijumpai pada perkerasan adalah *patching* dengan luas area 2032,4 m<sup>2</sup> atau 44 % dari total kerusakan yang ada. Penentuan jenis penanganan jalan yang dilakukan dengan menggunakan analisis nilai *PCI* dari kondisi visual jalan yang diperlukan adalah pemeliharaan rutin yaitu memperbaiki kerusakan jalan yang masih tergolong perbaikan kecil, karena menjaga jalan agar tetap pada kondisi yang baik dan mantap.
2. Berdasarkan hasil data sekunder pada ruas Jalan Magelang – Yogyakarta untuk metode Bina Marga 2011 menggunakan parameter *IRI* dan *SDI* adapun nilai kondisi perkerasan jalan masih tergolong baik dengan nilai *IRI* adalah 2,841 dan nilai *SDI* adalah 29,5. Penentuan jenis penanganan pada metode Bina marga 2011 berdasarkan Nilai *SDI*, *IRI* dan *LHR* yang melewati ruas Jalan Magelang – Yogyakarta adalah pemeliharaan rutin. Pemeliharaan rutin

diterapkan pada jalan dengan kondisi baik dan sedang, umumnya pada kondisi jalan yang tidak mengalami kerusakan struktural.

3. Respon tegangan – regangan yang terjadi pada ruas Jalan Magelang – Yogyakarta berbeda tiap jenis kerusakan untuk nilai kerusakan *rutting* dibaca pada *vertical stress* pada kedalaman 9,998 cm dengan nilai repetisi beban yang mampu akomodasi sebesar 62.690.326 ESAL, untuk kerusakan *fatigue cracking* dibaca pada *tangential stress* dengan kedalaman 9,998 cm dengan nilai repetisi beban yang bisa diakomodasi sebesar 109.907.262 ESAL sedangkan untuk kerusakan *deformation* dibaca pada *vertical strain* pada kedalaman 50,002 cm dengan beban repetisi yang mampu di tahan sebesar 20.891.833 ESAL.
4. Berdasarkan metode mekasinistik – empirik dengan program *KENPAVE* pada ruas Jalan Magelang – Yogyakarta dengan nilai repetisi beban rencana memasuki umur ke - 3 perkerasan jalan sudah mengalami kerusakan *deformation*, karena hanya mampu mangakomodasi beban repetisi sebesar 20.891.833 ESAL, sedangkan memasuki umur ke 7 dari umur rencana perkerasan jalan untuk kerusakan *rutting* yang melebihi batas toleransi beban repetisi pada *rutting* sebesar 62.690.326 ESAL, dan pada 109.907.262 ESAL sampai terjadi kerusakan *fatigue cracking* memasuki tahun ke 10. Dari hasil analisis pada tahun ke 10 kondisi perkerasan jalan sudah tidak mampu lagi menahan beban lalu lintas. Pekerjaan lapisan tambahan (*overlay*) pada umur rencana di lakukan pada tahun 2017 dengan tebal lapis tambahan pada metode Bina Marga sebesar 5 cm dan sisa umur dengan menggunakan metode Bina Marga sebesar 78,31%.

## 6.2. SARAN

Berdasarkan pengamatan dan analisis di lapangan, ada beberapa saran yang dapat disampaikan sebagai berikut:

1. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan opsi perbaikan yang paling efisien dan efektif dari berbagai jenis pilihan penanganan yang tersedia baik dengan

metode *PCI* maupun metode Bina Marga 2011, khususnya dari segi teknis biaya.

2. Perlu adanya penelitian manajemen pemeliharaan jalan secara preventatif kemudian dibandingkan dengan pemeliharaan korektif atau reaktif yang umum di laksanakan di Indonesia.
3. Pelaksanaan survei sebaiknya dilaksanakan secara lebih teliti dan dilakukan oleh surveyor yang mempunyai pengetahuan keteknikan dan *sense of engineering* yang tinggi dalam menilai kerusakan. Setiap surveyor hendaknya ditraining lebih dahulu untuk meyakinkan kendala data yang akan diperoleh.
4. Perkerasan lentur, akan lebih baik jika material yang digunakan memiliki kualitas yang baik dengan kriteria yang ada di Indonesia, sehingga umur perkerasan akan bertahan lebih lama sesuai dengan umur rencana.
5. Overloading atau kelebihan muatan sebaiknya diperhitungkan. Karena di Indonesia sering terjadi overloading sehingga umur perkerasah hampir tidak pernah sesuai dengan umur perkerasan direncanakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ullidtz, P. 1987. *Pavement Analysis, Development in Civil Eng.* Vol.19  
Amsterdam, the Netherland
- Anonim, 1987, *Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisis Komponen.* SKBI – 2.3.26.1987, udc : 625.73(02). No 378/kpts/1987, DPU, Jakarta
- Sukirman, silvia. 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya.* Bandung : Nova.
- Shell, 1978. *Shell Pavement Design Manual.* London: Shell International Petroleum Co. Ltd
- Shell Bitumen. 1990. *The Bitumen Hand Book.* Published By Shell Bitumen. East Molesey Serrey
- Departemen Pekerjaan Umum. 1997. *Tata Cara Perancangan Geometrik Jalan antar Kota.*  
Direktorat Jendral Bina Marga. Jakarta.
- Fadhlan, 2010. *Evaluasi Perkerasan Tebal Perkerasn Lentur Metode Bina Marga Pt T-0102- 2002-B Dengan Menggunakan Program KENVAPE* Universitas Sumatera Utara.
- AASHTO. 1993. *Guide for Design of Pavement Structur.* Washington DC. : American Association of State Highway and Transportation Official.
- Huang, H. Y., 2004, *Pavement Analysis and Design.* University of Kentucy, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A.
- Fernando, F. G., Oh, J., and Ryu, D. 2007. *Phase I of MEPDG Program Implementation in Florida.* Report D04491/PR15281-1. Texas Transportation Instite, College Statoin, TX.
- Samad, Edovita. 2010 *sensitivity Analysis in Flexible Pavement Performance Using Mechanistic Empirical Method (case Study : Cirebon-Losari Road Segment, west java).* Gajah Mada University. Yogyakarta.
- Siegfried. 2012. *Perkiraan Tebal Lapisan Perkerasan Jalan Dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Tipe Radial Basis.* Pusat Litbang Jalan Dan Jembatan Bandung.
- Schwatz, C. 2007 *Implementantation of the NCHRP1-37A Desige Guide.* Report No. SP0077B41.

Maryland State Highway Administration, Lutherville, MD.

R.L. Buas, et.al 2010. *Mechanistic-empirical Pavement Design Guide Implementation*. Report No. GT006-10(FHWA/SCDOT Report No. FHWA-SC-10-01). University of South Carolina.

Setyaningsih. 2012. *Analysis Perkerasan pada Taxiway dan Perkerasan Kaku pada Apron Bandar Udara Internasional Ahmad Yani Semarang*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.

Yonder EJ dan Witzak MW, 1975. *Principles of Pavement Design*. Second Edition, John Wiley & Sons Inc., New York.

Washington State Departement of Transportation (WSDOT). 2005. *Pavement Guide Interactive*. Washington State Departement Of Transportation Washington, USA.

National Cooperative Highway Reseach Program (NCHRP. 2004. *Guide For Mechanistic- Empirical Design Of New And Rehabilitated Pavement Structures. NCHRP Report*

*Chapter 3. Design Of New And Reconstructed Flexible Pavements. 505 West University Avenue Champaign, Illinois.*

Pemerintah Republik Indonesia. 1964 *Peraturan Pemerintah Tentang Lalulintas Nasional (PPLLN) No. 05 Tahun 1964*. Pemerintaah Republik Indonesia. Jakarta.

Thompson, M.R., Elliot. 1985. ILLI-PAVE Based Response Algorithms For Design Of Conventional Flexibel Pavement. *Transportations Research Record 1043*. Trasnportation Research Board.pp. 55-57.

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

Departement Pekerjaan Umum Direktoral Jenderal Bina Marga, *Peraturan Pemerintah Republikk Indonesia Nomor 26 Tahun 1985 Tentang Jalan*

Shahin, 1997, *Pavement Management Airport, Roads, And Parking Lots*. Chapman And Hall, ITP, New York

Saodang, H., 2005, *Konstruksi Jalan Raya buku 2 Perencanaan Perkerasan Jalan raya*, Penerbit Nova Bandung

Koestalam P. & Sutoyo, 2010, *Perancangan Tebal Perkerasan Jalan Jenus Lentur*

*Dan Jenis Kaku* (Sesuai AASHTO, 1986 & 1993 ), Yayasan Badan Penerbit  
Pekerjaan Umum.

SNI 1732-1989-F, Standar Nasional Indonesia, *Tata Cara Perencanaan Tebal  
Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen*,

Yorder, and Witczak, 1975, *Principles of Pavement Design*, Willey Interscience, New  
York