

**ANALISA PENYIMPANGAN PELAKSANAAN DILAPANGAN
TERHADAP MASA LAYAN DENGAN PROGRAM
PERKERASAN LENTUR JALAN**

**Oleh:
INDRA GUNAWAN**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER TEKNIK SIPIL

Pada

Program Pascasarjana Magister Teknik
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

**ANALISA PENYIMPANGAN PELAKSANAAN DILAPANGAN
TERHADAP MASA LAYAN DENGAN PROGRAM
PERKERASAN LENTUR JALAN**

(Tesis)

Oleh:

INDRA GUNAWAN



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRAK

ANALISA PENYIMPANGAN PELAKSANAAN DILAPANGAN TERHADAP MASA LAYAN DENGAN PROGRAM PERKERASAN LENTUR JALAN

Oleh

INDRA GUNAWAN

Program perkerasan lentur jalan yang akan dibuat dapat digunakan untuk mendesain ketebal perkerasan lentur jalan dan juga untuk menganalisa penyimpangan pelaksanaan dilapangan. Metode yang digunakan dalam pembuatan program yaitu berdasarkan “Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur” No.12/SE/M/2013 oleh Kementrian Pekerjaan Umum, hasil adaptasi dari metode AASHTO 1993.

Penyimpangan pelaksanaan dilapangan akan mengakibatkan penurunan masa umur layan perkerasan jalan . Analisa penyimpangan pelaksanaan dilapangan yang dilakukan dalam tesis ini berupa penyimpangan pelaksanaan ketebalan perkerasan, penyimpangan mutu bahan lapis perkerasan, mutu drainase yang tidak baik, dan terjadinya beban berlebih (*overloaded*) kendaraan.

Penyimpangan pelaksanaan dilapangan dengan pengurangan tebal perkerasan tiap 1 cm mengakibatkan penurunan rata-rata umur rencana sebesar 4,33% sampai dengan 11,75%. Penurunan mutu bahan untuk nilai *california bearing ratio* (CBR) tiap 10% dapat mengakibatkan penurunan rata-rata umur rencana sebesar 2,92 % sampai dengan 4,33 %. Kualitas drainase berdasarkan penurunan nilai koefisien drainase (m) tiap 0,1 dapat mengakibatkan penurunan rata-rata umur rencana sebesar 12,92 %. Dan untuk beban berlebih, kelebihan tiap 500.000 Esal/tahun dapat mengakibatkan penurunan rata-rata umur rencana sebesar 8,17 %.

Kata kunci : umur rencana, tebal perkerasan, penyimpangan pelaksanaan

ABSTRACT

ANALYSIS OF FIELD IMPLEMENTATION DEVIATIONS ON SERVICE LIFE USING FLEXIBLE ROAD PAVEMENT PROGRAMME

By

INDRA GUNAWAN

Flexible road pavement programme was made to design thickness of road pavement and to analyse field implementation deviations. The method used in this programme is based on design guidance of flexible pavement thickness No. 12/SE/M/2013 issued by Minsitry of Public Works and adopted from method of AASHTO 1993.

Deviations of field implementation will induce degradation of service life of road pavement. This analysis covers deviations in thickness in the field implementation, quality material of pavement layers, poor quality of drainage, and occurred overloaded vehicles.

Deviations of field impelmenation with degradation of 10 mm will decrease average ages design as much as 4.33% to 11.75%. Degradations of material quality for California Bearing Ratio (CBR) every 10% will cause degradation of average ages design as much as 12.92%. Moreover for overloaded, access every 500.000 Esal/year will cause degradations of average age design as much as 8.17%

Keyword: design age, pavement thickness, field implemation deviations

**Judul Tesis : ANALISA PENYIMPANGAN PELAKSANAAN
DI LAPANGAN TERHADAP MASA LAYAN
DENGAN PROGRAM PERKERASAN
LENTUR JALAN**

Nama Mahasiswa : Indra Gunawan

No. Pokok Mahasiswa : 1425011006

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T.
NIP 19741004 200003 2 002



Drs. I Wayan Diana, M.T.
NIP 19570210 198503 1 003

2. Ketua Program Magister Teknik Sipil



Dr. Dyah Indriana Kusumastuti, S.T., M.Sc.
NIP 19691219 199512 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Rahayu Sulistiyorini, S.T., M.T.**



Sekretaris : **Drs. I Wayan Diana, M.T.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.**

2. Dekan Fakultas Teknik


Prof. Dr. Suharno, M.Sc.
NIP 19620717 198703 1 002

3. Direktur Program Pascasarjana


Prof. Dr. Sudjarwo, M.S.
NIP 19530528 198103 1 002

4. Tanggal Lulus Ujian : 21 Juli 2016

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tesis dengan judul “ **Analisa Penyimpangan Pelaksanaan Di Lapangan Terhadap Masa Layan Dengan Program Perkerasan Lentur Jalan** “ adalah karya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan sanggup dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Juli 2016

Pembuat Pernyataan



Indra Gunawan, S.T.
NPM 1425011006

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tanjungkarang, Bandar Lampung pada tanggal 27 Mei 1975, sebagai anak ke empat dari lima bersaudara, dari bapak Lukman Hakim AR, SH dan ibu Rosna Zen.

Pendidikan Sekolah Dasar diselesaikan di Xaverius Tanjungkarang pada tahun 1988. Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) di SLTPN 5 Tanjung Karang pada tahun 1991. Sekolah Menengah Umum Negeri (SMUN) di SMUN 3 Bandar Lampung pada tahun 1994. Pendidikan sarjana (S1) pada Perguruan Tinggi Negeri Universitas Lampung Jurusan Teknik Sipil, lulus pada tahun 1999. Tahun 2014 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Magister Teknik Sipil Universitas Lampung.

Dari tahun 2003 Sampai dengan sekarang, penulis telah berkecimpung pada pelayanan jasa konsultasi teknik, pelayanan jasa teknik tersebut baik untuk pemerintahan maupun di swasta.

SANWACANA

Alhamdulillah rabil ‘alamin, segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga tesis ini dapat diselesaikan. Tesis dengan judul “ **Analisa Penyimpangan Pelaksanaan Di Lapangan Terhadap Masa Layan Dengan Program Perkerasan Lentur Jalan** “ adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Magister Teknik Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung;
2. Dr. Dyah Indriana K, S.T., M.Sc., selaku ketua Program Magister Teknik Sipil Universitas Lampung;
3. Dr. Rahayu Sulistiyorini, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian tesis ini;
4. Drs. I Wayan Diana, M.T., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian tesis ini;

5. Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan dan saran-saran untuk kesempurnaan tesis ini;
6. Bapak dan Ibu Dosen Magister Teknik Sipil Universitas Lampung, atas ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama perkuliahan;
7. Kedua Orangtuaku tercinta untuk limpahan kasih sayang dan doanya;
8. Istriku dan anak-anakku tersayang untuk dukungan, motivasi dan doanya selalu;
9. Teman-teman Magister Teknik Sipil Angkatan 2014 atas bantuan, dukungan, dan motivasinya selama ini;
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Bandar Lampung, Juli 2016



Indra Gunawan, S.T.

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	
ABSTRACT	
SANWACANA	
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang dan Masalah.....	1
B. Tujuan	4
C. Ruang Lingkup.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Perkerasan Lentur	6
1. Tanah Dasar	7
2. Lapis Pondasi Bawah.....	8
3. Lapis Pondasi.....	9
4. Lapis Permukaan Beraspal.....	12
B. Kriteria Perancangan.....	14
1. Volume Lalu Lintas	14
2. Tingkat Kepercayaan (reliabilitas).....	21
3. Drainase	23
4. Kinerja Perkerasan.....	35
5. Daya Dukung Tanah Dasar.....	36
6. Koefisien Kekuatan Relatif.....	39
7. Pemilihan Tipe Lapis Beraspal	41
8. Ketebalan Minimum Lapisan Perkerasan	41

III. METODE	46
A. Tahap Pelaksanaan.....	46
B. Tahap Pendahuluan.....	46
C. Desain Perkerasan Lentur Jalan.....	47
1. Metode Rancangan.....	48
2. Penentuan Nilai Struktur yang Diperlukan.....	48
3. Nilai Sisa Umur Rencana.....	52
D. Desain Program.....	55
1. Pembuatan Interface Program.....	55
2. <i>Flowchart</i> Aplikasi.....	56
3. Penyusunan Listing Program.....	57
4. Validasi Program.....	58
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	60
A. Hasil Desain Program Perkerasan Lentur Jalan.....	60
1. Rancangan Antar Muka.....	60
2. Data dan Analisa Lalulintas.....	62
3. Analisa Kemampuan Struktur Perkerasan.....	66
4. Nilai <i>Structural Number</i> (SN).....	70
5. Tebal Perkerasan Lentur.....	70
6. Analisa Sisa Umur Rencana.....	73
7. Hasil Validasi Program.....	74
B. Pembahasan.....	76
1. Pengaruh Pengurangan Ketebalan Lapis Perkerasan.....	77
2. Pengaruh Mutu Bahan Lapis Perkerasan.....	80
3. Pengaruh Kualitas Drainase.....	83
4. Pengaruh Beban Berlebih (<i>overloading</i>).....	84
V. SIMPULAN DAN SARAN	87
A. Simpulan.....	87
B. Saran.....	89
DAFTAR PUSTAKA	90

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1.	Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan	15
2.	Klasifikasi Jalan Secara Umum Menurut Kelas, Fungsi	16
3.	Koefisien Distribusi Kendaraan Per Lajur Rencana (DL).....	17
4.	Konfigurasi Dan Beban Sumbu Kendaraan.....	20
5.	Tingkat Reliabilitas untuk Berbagai-bagai Klasifikasi Jalan ..	23
6.	Deviasi Normal Standar (Z_R) untuk Berbagai Tingkat Kepercayaan (R)	23
7.	Definisi Kualitas Drainase	33
8.	Koefisien Drainase (m) untuk Memodifikasi Koefisien Kekuatan Relatif Material <i>untreated base</i> dan <i>subbase</i>	34
9.	Indeks Pelayanan Perkerasan Lentur pada Akhir Umur Rencana.	36
10.	Indeks Pelayanan pada Awal Umur Rencana (IP_0)	36
11.	Nilai F untuk Perhitungan CBR_{segmen}	39
12.	Koefisien Kekuatan Relatif Bahan Jalan (a)	40
13.	Pemilihan Tipe Lapisan Beraspal Berdasarkan Lalulintas Rencana dan Kecepatan Kendaraan	41
14.	Tebal Minimum Lapisan Perkerasan	42
15.	Perbandingan Hasil Perhitungan Program Perkerasan Lentur.....	75

16.	Waktu Perhitungan Desain Tebal Perkerasan Secara Manual.....	76
17.	Penurunan Umur Rencana Akibat Pengurangan Tebal Perkerasan Untuk Lapis Permukaan	77
18.	Penurunan Umur Rencana Akibat Pengurangan Tebal Perkerasan Untuk Lapis Pondasi.....	78
19.	Penurunan Umur Rencana Akibat Pengurangan Tebal Perkerasan Untuk Lapis Pondasi Bawah.....	78
20.	Penurunan Umur Rencana Akibat Pengurangan Mutu Bahan Untuk Lapis Pondasi.....	81
21.	Penurunan Umur Rencana Akibat Pengurangan Mutu Bahan Untuk Lapis Bawah	81
22.	Penurunan Umur Rencana Akibat Penurunan Kualitas Drainase..	83
23.	Penurunan Umur Rencana Akibat Beban Berlebih	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Susunan Lapis Perkerasan Lentur.....	6
2. Ilustrasi Sumber Air yang Dapat Masuk ke Perkerasan.....	24
3. Contoh Drainase Permukaan dan Bawah Permukaan	26
4. Geometri Jalan.....	27
5. Grafik <i>Time Factor</i> untuk Derajat Kejenuhan 50%	28
6. Grafik untuk Mengestimasi Koefisien Permeabilitas Drainase Granular dan Material Filter	30
7. Grafik untuk Menetapkan Porositas Efektif, n_e	31
8. Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Aus (ACWC).....	43
9. Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Antara (ACBC)	43
10. Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Beraspal (AC Base)...	44
11. Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Agregat Kelas A	44
12. Koefisien Kekuatan Relatif Pondasi Yang Distabilisasi Semen....	45
13. Koefisien Kekuatan Relatif Pondasi Bawah Agregat Kelas B	45
14. Tahapan Pembuatan Program Desain Perkerasan Lentur Jalan ...	47
15. Bagan Alir Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur	53
16. Nomogram Untuk Perancangan Tebal Perkerasan Lentur	54
17. Bagan Alir Perhitungan Nilai Sisa Umur Rencana.....	55

18.	Flowchart Aplikasi Perkerasan Jalan.....	57
19.	Coding di Program LAZARUS	58
20.	Desain Antar Muka Program Perkerasan Lentur Jalan.....	61
21.	Rancangan Desain Untuk Perkerasan Lentur Jalan	62
22.	Tabel Rancangan Untuk Analisa Lalu Lintas	64
23.	Tabel Rancangan Untuk Input Data Lalu Lintas	64
24.	Tabel Rancangan Untuk Penentuan Koefisien Drainase	67
25.	Rancangan Untuk Penentuan Tebal Perkerasan Lentur.....	72
26.	Rancangan Hasil Desain Perkerasan Lentur.....	72
27.	Rancangan Untuk Analisa Sisa Umur Rencana.....	73
28.	Grafik Hub. Antara Pengurangan Ketebalan Perkerasan Dengan Penurunan Umur Rencana (Tahun)	79
29.	Grafik Hub. Antara Pengurangan Ketebalan Perkerasan Dengan Penurunan Umur Rencana (%)	80
30.	Grafik Hub. Antara Pengurangan Mutu Bahan Terhadap Penurunan Umur Rencana (%)	82
31.	Grafik Hub. Antara Pengurangan Mutu Bahan Terhadap Penurunan Umur Rencana (Tahun)	82
32.	Grafik Hub. Antara Penurunan Kualitas Drainase Terhadap Penurunan Umur Rencana (Tahun)	84
33.	Grafik Hub. Antara Beban Berlebih (<i>overloading</i>) Terhadap Penurunan Umur Rencana (Tahun)	86

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang dan Masalah

Jalan memiliki syarat umum yaitu dari segi konstruksi harus kuat, awet dan kedap air. Jika dilihat dari segi pelayanan, jalan harus rata, tidak licin, geometrik memadai dan ekonomis. Untuk itu dibutuhkan suatu rancangan perkerasan yang mampu melayani beban berupa lalu lintas yang melewati perkerasan tersebut. Namun tidak cukup dengan hanya rancangan perkerasan yang memadai tetapi juga dibutuhkan pelaksanaan pekerjaan jalan yang sesuai dengan rancangan tersebut. Sehingga nantinya jalan yang telah dibangun ataupun yang baru diperbaiki dapat cukup menerima beban kendaraan dan juga dapat mencapai masa umur pelayanan atau dengan kata lain tidak mengalami kerusakan sebelum pada waktunya.

Banyak faktor yang menyebabkan kerusakan jalan, salah satunya yaitu tidak kesesuaian dalam pelaksanaan pekerjaan jalan. Misalnya dalam suatu rancangan jalan untuk dapat menerima beban kendaraan yang akan melalui jalan tersebut diperlukan suatu ketebalan perkerasan sesuai yang dibutuhkan, namun dalam pelaksanaannya ketebalan perkerasan yang dilaksanakan tidak sesuai dengan yang direncanakan.

Maka diperlukan perencanaan jalan yang sesuai dengan standar ataupun pedoman yang ada dan dilakukan kontrol atau pengawasan dalam pelaksanaan pembangunan pekerjaan jalan, sehingga menghasilkan jalan yang berkualitas baik yang dapat mencapai pelayanan sesuai umur rencana jalan.

Dalam merencanakan perkerasan lentur jalan banyak metode yang dapat digunakan. Hampir tiap negara mempunyai cara tersendiri dalam menentukan tebal perkerasan. Metode *AASHTO* (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) dan *Asphalt Institute* dari Amerika, *Road Note* dari Inggris, metode *NAASRA* (*National Associations of Australian State Road Authorities*) dan *Austroroad* dari Australia dan lain-lainnya.

Di Indonesia sendiri sampai dengan sekarang telah ada beberapa metode dan pedoman yang digunakan untuk menentukan tebal perkerasan lentur yaitu :

- 1) “ Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen “ melalui keputusan Menteri Pekerjaan Umum tahun 1987
- 2) “ Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur “ Pt-01-2002-B oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- 3) “ Pedoman Desain Perkerasan Jalan Lentur ” No.002/P/BM/2011 oleh Kementrian PU Dirjen Bina Marga.
- 4) “ Manual Desain Perkerasan Jalan “ Nomor 02/M/BM/2013 oleh Kementrian PU Dirjen Bina Marga.

- 5) “ Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur “ melalui surat edaran Menteri PU No.12/SE/M/2013.

Dalam perencanaan tebal perkerasan lentur tersebut banyak penggunaan tabel-tabel, pembacaan grafik-grafik, nomogram serta perhitungan yang memerlukan iterasi. Perhitungan-perhitungan yang cukup rumit tersebut dapat menghabiskan cukup banyak waktu jika dikerjakan secara manual sehingga perlu adanya suatu aplikasi yang dapat membantu perhitungan tersebut.

Pemanfaatan teknologi komputer telah lama dilakukan yaitu sejak tahun 1983, dengan dibuatnya program *Road Design System* (RDS) yang pada mulanya dikembangkan oleh Central Design Office BIPRAN. Kemudian seiring dengan perkembangan teknologi komputer, teknologi perkerasan jalan dan perkembangan spesifikasi, maka RDS telah beberapa kali dimodifikasi disesuaikan dengan kebutuhan. Dan pada tahun 2011 RDS telah dikembangkan menjadi *Software Desain Perkerasan Jalan* (SDPJL). SDPJL adalah alat bantu perencanaan untuk melakukan desain perkerasan jalan lentur, dengan merujuk pada Pedoman Pedoman Desain Perkerasan Jalan Lentur No.002/P/BM/2011.

Atas dasar pemikiran tersebut penulis mengambil judul tesis “ Analisa Penyimpangan Pelaksanaan Di Lapangan Terhadap Masa Layan Dengan Program Perkerasan Lentur Jalan. ” yang pembuatannya akan mengacu pada “ Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur “ No.12/SE/M/2013. Dimana nantinya dalam mendesain dan menganalisa hanya perlu memasukan input-input data tertentu seluruh perhitungannya diserahkan

kepada program komputer untuk dikerjakan secara otomatis. Begitu juga dengan grafik-grafik dan nomogram-nomogram, dalam software ini, pengeplotan dan pencarian suatu nilai dari grafik dan nomogram akan secara otomatis dilakukan oleh software yang tentu saja hasilnya lebih tepat dan prosesnya lebih cepat dibandingkan bila dikerjakan secara manual yang dikhawatirkan akan banyak terjadi human error yang mungkin dikarenakan faktor lelah ataupun faktor lainnya.

B. Tujuan

Mengembangkan sebuah perangkat lunak/ *software* untuk perancangan tebal perkerasan lentur jalan berdasarkan “Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur “ yang kemudian software tersebut dapat digunakan untuk menganalisa penyimpangan pelaksanaan dilapangan yang berpengaruh terhadap masa umur layan perkerasan jalan.

C. Ruang Lingkup

- 1) Pembuatan program desain perkerasan Lentur jalan (*flexible pavement*) yang mengacu pada “Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur “ No.12/SE/M/2013 oleh Kementrian Pekerjaan Umum hasil adaptasi dari metode AASHTO 1993.
- 2) Analisa penurunan masa layan perkerasan jalan dengan menggunakan program desain perkerasan lentur akibat penurunan kualitas dan mutu pelaksanaan pekerjaan, yaitu meliputi :
 - a. Ketebalan perkerasan

- b. Mutu bahan perkerasan
- c. Kualitas drainase
- d. Kelebihan beban (*overloading*)

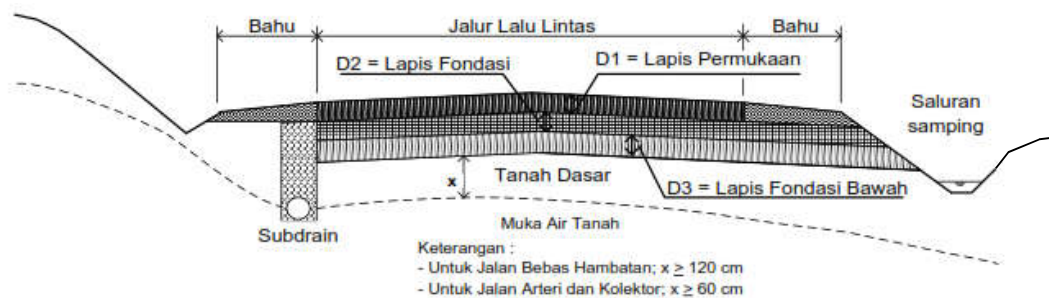
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan asphalt sebagai bahan utama, dan terdiri dari beberapa lapisan perkerasan yaitu :

- Lapisan Tanah Dasar (*sub-grade*)
- Lapisan Pondasi Bawah (*sub-base*)
- Lapisan Pondasi (*base*)
- Lapisan Permukaan Beraspal (*surface*).

Daya dukung perkerasan diperoleh dari tebal masing-masing lapisan perkerasan tersebut, dimana lapisan perkerasan berfungsi untuk menerima beban kendaraan dari atas permukaan, kemudian meneruskannya sampai ke lapisan tanah dasar.



Gambar 1. Susunan Lapis Perkerasan Lentur.

1. Tanah Dasar

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung pada sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Jenis tanah dasar yang direkomendasikan adalah jenis tanah yang tidak termasuk tanah yang berplastisitas tinggi yang diklasifikasikan sebagai A-7-6 menurut SNI 03-6797-2002 atau CH menurut *Unified* atau *Casagrande Soil Classification*.

Apabila tidak dapat dihindari bahwa perkerasan yang akan dibangun di atas tanah asli yang berplastisitas tinggi dan tingkat kembang susut tinggi (ekspansif) dengan nilai aktitas $> 1,25$ maka tanah asli tersebut harus ditangani terlebih dahulu dengan mengacu pada Pd.T-10-2005-B “Penanganan Tanah Ekspansif untuk Konstruksi Jalan”.

Modulus resilien (MR) sebagai parameter tanah dasar yang digunakan dalam perancangan. Modulus resilien (MR) tanah dasar juga dapat diperkirakan dari CBR dan hasil atau nilai tes *soil index*. Korelasi Modulus Resilien dengan nilai CBR (Heukelom & Klomp) berikut ini dapat digunakan untuk tanah berbutir halus (*fine-grained soil*) dengan nilai CBR terendam 10 % atau lebih kecil.

$$MR \text{ (psi)} = 1.500 \times CBR \dots\dots\dots(1)$$

Untuk tanah berbutir dengan nilai CBR terendam di atas 10%, gunakan persamaan berikut ini.

$$MR \text{ (psi)} = 3.000 \times CBR^{0,65} \dots\dots\dots(2)$$

CBR minimum yang direkomendasikan adalah sebesar 6% setelah

perendaman dan memiliki kepadatan kering maksimum (MDD) 100% untuk tanah berbutir halus sesuai SNI 1742:2008 dan untuk tanah berbutir kasar sesuai SNI 1743:2008.

Nilai CBR atau Modulus resilien (MR) tanah dasar yang mewakili pada suatu titik pengujian adalah yang mewakili untuk kedalaman 100 cm. Adapun nilai CBR rencana pada suatu segmen (seksi) jalan dapat ditentukan dengan mempergunakan cara analitis.

Tanah dasar harus bebas dari pengaruh air tanah, level muka air tanah yang direkomendasikan untuk jalan bebas hambatan minimum 120 cm dari level permukaan tanah dasar, sedangkan untuk jalan arteri dan jalan kolektor minimum 60 cm. Untuk itu, apabila level muka air tanah pada seksi atau ruas jalan yang akan dibangun cukup tinggi dan kurang dari batas yang direkomendasikan dari level permukaan tanah dasar sebaiknya level permukaan tanah dasar ditinggikan dengan penimbunan tanah pilihan atau di bagian kiri dan kanan jalan dipasang subdrain.

2. Lapis Pondasi Bawah

Lapis pondasi bawah adalah bagian dari struktur perkerasan lentur yang terletak antara tanah dasar dan lapis pondasi. Biasanya terdiri atas lapisan dari material berbutir (*granular material*) yang dipadatkan.

Fungsi lapis pondasi bawah antara lain :

- 1) sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebar beban roda;

- 2) untuk efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan di atasnya dapat dikurangi ketebalannya (penghematan biaya konstruksi);
- 3) mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi;
- 4) sebagai lapis pertama agar pelaksanaan konstruksi berjalan lancar.

Lapis pondasi bawah diperlukan sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap roda-roda alat berat (terutama pada saat pelaksanaan konstruksi) atau karena kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca. Bahan pondasi bawah antara lain dapat berupa agregat kelas B atau agregat kelas C dan material pilihan. Material pilihan biasanya mempunyai stabilitas cukup tinggi, tetapi mempunyai karakteristik lain yang menjadikan bahan tersebut tidak sepenuhnya memenuhi syarat sebagai lapis pondasi atas. Agar dapat dijadikan lapis pondasi bawah, bahan pilihan mungkin perlu distabilisasi atau mungkin langsung digunakan dalam kondisi asliya. Berbagai macam jenis bahan setempat ($CBR \geq 20\%$, $PI \leq 10\%$) yang relatif lebih baik dari tanah dasar dapat digunakan sebagai bahan pondasi bawah.

3. Lapis Pondasi

Lapis pondasi adalah bagian dari struktur perkerasan lentur yang terletak langsung di bawah lapis permukaan. Lapis pondasi dibangun di atas lapis pondasi bawah atau, jika tidak menggunakan lapis pondasi bawah, langsung di atas tanah dasar.

Fungsi lapis pondasi antara lain :

- 1) Sebagai bagian konstruksi perkerasan yang menahan beban roda;
- 2) Sebagai lapisan drainase bawah permukaan; dan
- 3) Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.

Bahan-bahan untuk lapis pondasi harus cukup kuat, awet dan mutu tinggi sehingga dapat menahan beban-beban roda dan mencegah terjadinya keruntuhan akibat tegangan yang terjadi langsung dibawah permukaan. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai bahan pondasi, hendaknya dilakukan penyelidikan dan pertimbangan sebaik-baiknya sehubungan dengan persyaratan teknik.

Jenis lapis pondasi atas yang digunakan di Indonesia antara lain:

- 1) bahan berbutir dari batu pecah atau agregat Kelas A
- 2) Lapis Penetrasi macadam (Lapen) adalah Lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal keras dengan cara disemprotkan diatasnya dan dipadatkan lapis demi lapis dan jika akan digunakan sebagai lapis permukaan perlu diberi laburan aspal dengan batu penutup.
- 3) Lapis Pondasi Lataston.
- 4) Lataston (Lapis Tipis Beton Aspal) yang disebut juga HRS (*Hot Rolled Sheet*) adalah lapis beraspal dengan gradasi agregat senjang dengan menggunakan bahan pengikat aspal keras.
- 5) Lapis Pondasi Laston.

- 6) Laston (Lapis Beton Aspal) adalah lapisan beraspal dengan gradasi agregat rapat/ menerus dengan menggunakan bahan pengikat aspal keras.
- 7) Lapis Pondasi Laston Modifikasi
- 8) Laston Modifikasi adalah lapisan beraspal dengan gradasi agregat rapat/ menerus dengan menggunakan bahan pengikat aspal keras yang dimodifikasi (seperti aspal polimer, aspal multigrade dan aspal keras yang dimodifikasi asbuton)
- 9) Lapis Pondasi Agregat Semen (*Cement Treated Base/ CTB* dan *Cement Treated Sub-Base*)
- 10) Lapis Pondasi Tanah Semen
- 11) Lapis Pondasi Tanah Kapur (*lime treated base*)
- 12) Aspal beton pondasi (*asphalt concrete base/ asphalt treated base*)
- 13) Beton padat giling (BPG/ RCC)

Apabila lapis pondasi atas terdiri atas agregat, maka agregat tersebut harus gradasi yang sesuai dengan gradasi yang dicantumkan dalam spesifikasi. Untuk kondisi lalu-lintas dan cuaca tertentu, penentuan persyaratan gradasi harus mempertimbangkan berat isi dan stabilitas. Berbagai-bagai bahan alam setempat tersebut (CBR > 50%, PI < 4%) dapat digunakan sebagai bahan lapis pondasi.

Namun demikian, lapis pondasi pada perkerasan yang melayani lalu-lintas rendah mungkin tidak menuntut bahan bermutu tinggi, tetapi cukup bahan bermutu lebih rendah. Penggunaan bahan bermutu rendah untuk lapis pondasi dapat dikompensasi dengan mempertebal lapis

permukaan. Lapis pondasi yang terdiri atas bahan yang distabilisasi aspal atau semen dapat menghemat biaya, karena lapis pondasi dengan bahan tersebut akan menjadi lebih tipis.

4. Lapis Permukaan Beraspal

a. Lapis Permukaan Antara (*Binder Course*)

Lapis antara struktur pekerasan lentur terdiri atas campuran beraspal dengan ukuran agregat maksimum 25 mm yang ditempatkan antara lapisan permukaan dengan lapis pondasi.

Fungsi lapis antara antara lain :

- 1) Sebagai bagian perkerasan untuk menahan beban roda; dan
- 2) Sebagai lapisan tidak tembus air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.

Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air. Di samping itu, bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda.

b. Lapis Permukaan Aus (*Wearing Course*)

Lapis aus struktur pekerasan lentur terdiri atas campuran mineral agregat (umumnya ukuran agregat maksimum 19,5 mm) dan bahan pengikat yang ditempatkan sebagai lapisan paling atas dan biasanya terletak di atas lapis antara atau di atas lapis pondasi.

Fungsi lapis aus antara lain :

- 1) Sebagai bagian perkerasan untuk menahan beban roda;
- 2) Sebagai lapisan tidak tembus air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca;
- 3) Sebagai lapisan aus (*wearing course*)

Bahan untuk lapis aus umumnya sama dengan bahan untuk lapis antara dengan persyaratan yang lebih tinggi.

Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air. Di samping itu, bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda.

Pemilihan bahan untuk lapis permukaan perlu mempertimbangkan kegunaan, umur rencana serta pentahapan konstruksi agar dicapai manfaat sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

Jenis lapis permukaan beraspal seperti :

- 1) Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir),
- 2) Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) untuk Lapis Aus (HRS Wearing Course, HRS-WC)
- 3) Lapis Aspal Beton (Laston) yang disebut AC (*Asphalt Concreate*) yaitu AC Lapis Aus (AC-WC) dan AC Lapis Antara (AC-BC)

Setiap jenis campuran AC yang menggunakan bahan aspal polimer atau aspal dimodifikasi dengan aspal alam disebut masing-masing AC-WC Modified, AC- BC Modified.

B. Kriteria Perancangan

1. Volume Lalu Lintas

Jumlah kendaraan yang akan memakai jalan dinyatakan dalam volume lalu lintas yang didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan selama satu satuan waktu. Dalam perencanaan tebal lapis perkerasan, volume lalu lintas dinyatakan dalam kendaraan/hari/2 arah untuk jalan 2 arah tidak terpisah dan kendaraan/hari/1 arah untuk jalan 1 arah atau 2 arah terpisah.

Analisa volume lalu lintas didasarkan pada survey faktual. Untuk keperluan desain, volume lalu lintas dapat diperoleh dari (Manual Desain Perkerasan Jalan, 2013) :

- 1) Survey lalu lintas aktual, dengan durasi minimal 7 x 24 jam.
Pelaksanaan survey agar mengacu pada Pedoman Survey Pencacahan Lalu Lintas dengan cara manual Pd T-19-2004-B atau dapat menggunakan peralatan dengan pendekatan yang sama.
- 2) Hasil-hasil survey lalu lintas sebelumnya.

a. Jumlah Lajur dan Lebar Lajur Rencana

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur
$L < 4,5 \text{ m}$	1
$4,5 \text{ m} \leq L < 8,00 \text{ m}$	2
$8,00 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	3
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,50 \text{ m}$	6

Sumber : Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Tahun 2013

b. Klasifikasi Jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan terbagi atas 3 bagian yaitu :

1) Jalan Arteri

Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

2) Jalan Kolektor

Jalan yang melayani angkutan pengumpul/ pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

3) Jalan lokal.

Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

Sedangkan klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas yang dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan

ton, dan kemampuan jalan tersebut dalam menyalurkan kendaraan dengan dimensi maksimum tertentu. Klasifikasi menurut kelas jalan, fungsi jalan dan dimensi kendaraan maksimum (panjang dan lebar) kendaraan yang diijinkan melalui jalan tersebut, secara umum dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi jalan secara umum menurut kelas, fungsi, dimensi kendaraan maksimum dan muatan sumbu terberat (MST)

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan Maksimum		Muatan sumbu terberat (ton)
		Panjang (m)	Lebar (m)	
I	Arteri	18	2,5	> 10
II		18	2,5	10
III A		18	2,5	8
III A	Kolektor	18	2,5	8
III B		12	2,5	8
III C	Lokal	9	2,1	8

Sumber : RSNI Geometri Jalan Perkotaan Tahun 2004

c. Distribusi Kendaraan Per Lajur Rencana

Distribusi kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana adalah sesuai dengan jumlah lajur dan arah. Distribusi kendaraan ringan dan berat pada lajur rencana dipengaruhi oleh volume lalu lintas, sehingga untuk menetapkannya diperlukan survey. Namun demikian, koefisien distribusi kendaraan (DL) dapat menggunakan pendekatan sesuai pada Tabel 3.

Tabel 3. Koefisien Distribusi Kendaraan Per Lajur Rencana (DL)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan*		Kendaraan Berat**	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,600	0,500	0,700	0,500
3	0,400	0,400	0,500	0,475
4	0,300	0,300	0,400	0,450
5	-	0,250	-	0,425
6	-	0,200	-	0,400

Keterangan : *) Mobil Penumpang **) Truk dan Bus

d. Jenis Kendaraan dan Konfigurasi Roda Kendaraan

Jenis kendaraan yang beroperasi di jalanan di Indonesia bervariasi mulai dari sedan, pick-up, mini bus, bus ringan, bus besar, truk besar, truk gandeng, truk peti kemas dan lain-lain. Konfigurasi kendaraan dan as kendaraan dapat dilihat seperti pada Tabel 4. AASHTO umumnya melakukan survey beban kendaraan dengan cara WIM (*weight in motion*) pada loadometer stations. Dari survey ini dapat langsung diperoleh jenis beban-beban as yang melintasi jalan dan jumlahnya masing-masing. Perhitungan beban lalu lintas yang akurat sangatlah penting juga dapat diperoleh dari beberapa sumber seperti (Manual Desain Perkerasan Jalan, 2013) :

- 1) Studi jembatan timbang/ timbangan statis lainnya khusus untuk ruas jalan yang didesain.
- 2) Studi jembatan timbang yang telah pernah dilakukan sebelumnya dan dianggap cukup representatif untuk ruas jalan yang didesain.

3) Data WIM Regional yang dikeluarkan oleh Direktorat Bina Teknik.

e. Faktor Ekuivalen Beban Sumbu Kendaraan (LEF)

Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan (*Load Equivalency Factor*, LEF) setiap kelas kendaraan adalah sesuai dengan beban sumbu setiap kelas kendaraan, yaitu konfigurasi sumbu tunggal, sumbu ganda (tandem), dan sumbu tiga (*triple*). Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan dapat dihitung sesuai persamaan di bawah ini atau melalui tabel yang disajikan pada Lampiran .

$$LEF = \frac{W_{t18}}{W_{tx}} \dots\dots\dots(3)$$

$$\log \frac{W_{t18}}{W_{tx}} = 4,79 \log (18 + 1) - 4,79 \log(L_x + L_2) + 4,33 \log L_2$$

$$+ \frac{\log \left(\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right)}{0,4 + \frac{0,081(L_x + L_2)^{3,23}}{(SN + 1)^{5,19} L_2^{3,23}}} - \frac{\log \left(\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right)}{0,4 + \frac{0,081(18 + 1)^{3,23}}{(SN + 1)^{5,19}}}$$

$$\dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

LEF : adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban sumbu standar.

W_{tx} : adalah angka beban sumbu x pada akhir waktu t

W_{t18} : adalah angka 18-kip (80 kN) beban sumbu tunggal untuk waktu t

L_x : adalah beban dalam kip pada satu sumbu tunggal atau pada sumbu ganda (tandem), atau satu sumbu tridem

L_2 : adalah kode beban (1 untuk poros tunggal, 2 untuk poros tandem dan 3 untuk as roda tridem)

SN : adalah Nilai Struktural, yang merupakan fungsi dari ketebalan dan modulus setiap lapisan dan kondisi drainase dari pondasi dan pondasi bawah

ΔIP : adalah perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IP_t).

IP_f : adalah indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

f. Akumulasi Lalu Lintas Pada Lajur Rencana Per Tahun (W_{18})

Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana per tahun (w_{18}) diberikan dalam kumulatif beban sumbu standar. Untuk mendapatkan lalu lintas pada lajur rencana ini, digunakan persamaan berikut:

$$w_{18} = 365 \times DL \times \hat{w}_{18} \dots\dots\dots(5)$$




























Keterangan

w_{18} : adalah akumulasi lalu lintas pada lajur rencana per tahun

DL : adalah faktor distribusi lajur pada lajur rencana (Tabel 2)

\hat{w}_{18} : adalah akumulasi beban sumbu standar kumulatif per hari, sesuai persamaan di bawah ini.

Tabel 4. Konfigurasi dan Beban Sumbu Kendaraan

KELAS KENDARAAN		KONFIGURASI SUMBU				BEBAN SUMBU KENDARAAN RATA-RATA (kg)			
		S-1	S-2	S-3	S-4	ST-1	ST-2	SD	STr
1. Kendaraan Ringan		1	1						
		1	1						
		1	1						
		1	1						
2. Truk Sedang 2 Sumbu		1	2						
		1	2						
		1	2						
		1	2						
3. Truk Besar 2 Sumbu		1	2						
		1	2						
		1	2						
4. Truk 3 Sumbu		1	2.2						
		1	2.2						
		1	2.2						
		1	2.2						
5. Truk 4 Sumbu		1	1	2.2					
		1	2.2.2						
6. Truk Gandengan		1	2	2	2				
		1	2	1	1				
		1	2.2	2	2				
7. Trailer 3 & 4 Sumbu		1	2	2					
		1	2	2.2					
8. Trailer 4 & 5 Sumbu		1	2	2.2					
		1	2.2	2.2					
9. Trailer 5 & 6 Sumbu		1	2	2.2.2					
		1	2.2	2.2.2					
10. Bus Besar		1	2						

Sumber : Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Tahun 2013

$$\hat{w}_{18} = \sum_i^n BS_i LE_i \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan

BS_i : adalah beban setiap sumbu kendaraan

LEF_i : adalah faktor ekuivalen beban setiap sumbu kendaraan
sesuai Persamaan

g. Akumulasi Beban Sumbu Standar Selama Umur Rencana (W_t Atau W_{18})

Lalu lintas yang digunakan untuk perancangan tebal perkerasan lentur dalam pedoman ini adalah lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Besaran ini didapatkan dengan mengalikan beban sumbu standar kumulatif pada lajur rencana selama setahun (w_{18}) dengan besaran kenaikan lalu lintas (*traffic growth*). Secara numerik rumusan lalu lintas kumulatif ini adalah sebagai berikut :

$$W_t = W_{18} = w_{18} \times \left[\frac{(1+g)^n - 1}{g} \right] \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

$W_t = W_{18}$: adalah jumlah beban sumbu tunggal standar kumulatif pada lajur rencana w_{18} adalah beban sumbu standar kumulatif selama 1 tahun pada lajur rencana.

N : adalah umur pelayanan (tahun).

g : adalah perkembangan lalu lintas (%)

2. Tingkat Kepercayaan (reliabilitas)

Penyertaan tingkat kepercayaan pada dasarnya merupakan cara untuk memasukkan faktor ketidakpastian ke dalam proses perancangan, yaitu dalam rangka memastikan bahwa berbagai alternatif perancangan perkerasan akan bertahan selama umur rencana. Faktor tingkat kepercayaan memperhitungkan kemungkinan adanya variasi pada

prediksi lalu lintas dua arah serta prediksi kinerja, sehingga dapat memberikan tingkat kepastian (R) yang seksi perkerasannya akan bertahan (*survive*) selama umur rencana yang ditetapkan. Pada umumnya meningkatnya volume lalu lintas dan kesukaran untuk mengalihkan lalu lintas memperlihatkan risiko kinerja yang tidak diharapkan. Hal ini dapat diatasi dengan memilih tingkat reliabilitas yang lebih tinggi. Tabel 5 memperlihatkan rekomendasi tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan. Perlu dicatat bahwa tingkat reliabilitas yang lebih tinggi menunjukkan jalan yang melayani lalu lintas paling banyak, sedangkan tingkat yang paling rendah, 50 % menunjukkan jalan lokal.

Reliabilitas kinerja-perancangan dikontrol dengan faktor reliabilitas (FR) yang dikalikan dengan perkiraan akumulasi ekuivalen beban sumbu standar pada lajur rencana selama umur rencana (W18). Untuk tingkat reliabilitas (R) yang diberikan, faktor reabilitas merupakan fungsi dari deviasi standar keseluruhan (*overall standard deviation, S₀*) yang memperhitungkan kemungkinan variasi pada prediksi lalu lintas dan perkiraan kinerja untuk W18 yang diberikan. Dalam Persamaan perancangan perkerasan lentur, tingkat kepercayaan (R) diakomodasi dengan parameter deviasi normal standar (*standard normal deviate, Z_R*). Tabel 6 memperlihatkan nilai Z_R untuk tingkat pelayanan tertentu.

Tabel 5. Tingkat Reliabilitas untuk Berbagai Klasifikasi Jalan

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi Tingkat Reliabilitas	
	Perkotaan	Antar Kota
Bebas Hambatan	85 – 99.9	80 – 99.9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95

Sumber : Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Tahun 2013

Penerapan konsep reliabilitas harus memperhatikan langkah-langkah berikut ini :

- 1) Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota
- 2) Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada Tabel 6.
- 3) Pilih deviasi standar (S_0) yang harus mewakili kondisi setempat.

Rentang nilai S_0 adalah 0,35 – 0,45.

Tabel 6. Deviasi Normal Standar (Z_R) untuk Berbagai Tingkat Kepercayaan (R)

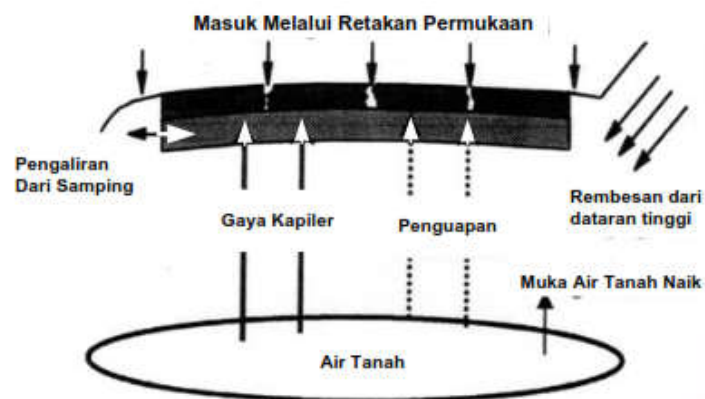
Tingkat Kepercayaan R (%)	Deviasi Normal Standar, Z_R	Tingkat Kepercayaan R (%)	Deviasi Normal Standar, Z_R	Tingkat Kepercayaan R (%)	Deviasi Normal Standar, Z_R
50,00	-0,000	90,00	-1,282	96,00	-1,751
60,00	-0,253	91,00	-1,340	97,00	-1,881
70,00	-0,524	92,00	-1,405	98,00	-2,054
75,00	-0,674	93,00	-1,476	99,00	-2,327
80,00	-0,841	94,00	-1,555	99,90	-3,090
85,00	-1,037	95,00	-1,645	99,99	-3,750

Sumber : Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Tahun 2013

3. Drainase

Salah satu tujuan utama dari perancangan perkerasan jalan adalah agar lapisan pondasi, pondasi bawah, dan tanah dasar terhindar dari

pengaruh air, namun selama umur layan masuknya air pada perkerasan sulit untuk dihindari. Pada umumnya sumber air yang masuk ke dalam sistem perkerasan, baik melalui infiltrasi dari permukaan (misalnya melalui retakan di lapis permukaan), infiltrasi dari tepi perkerasan (misalnya dari parit atau bahu yang tidak kedap air) maupun dari muka air tanah melalui gaya kapiler dari tanah dasar. Ilustrasi sumber air yang masuk pada sistem perkerasan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi Sumber Air yang Dapat Masuk ke Perkerasan.

Air yang berlebihan dalam suatu struktur perkerasan akan berpengaruh negatif terhadap kinerja perkerasan jalan. Efek merugikan yang disebabkan oleh air pada perkerasan jalan (AASHTO, 1993) adalah:

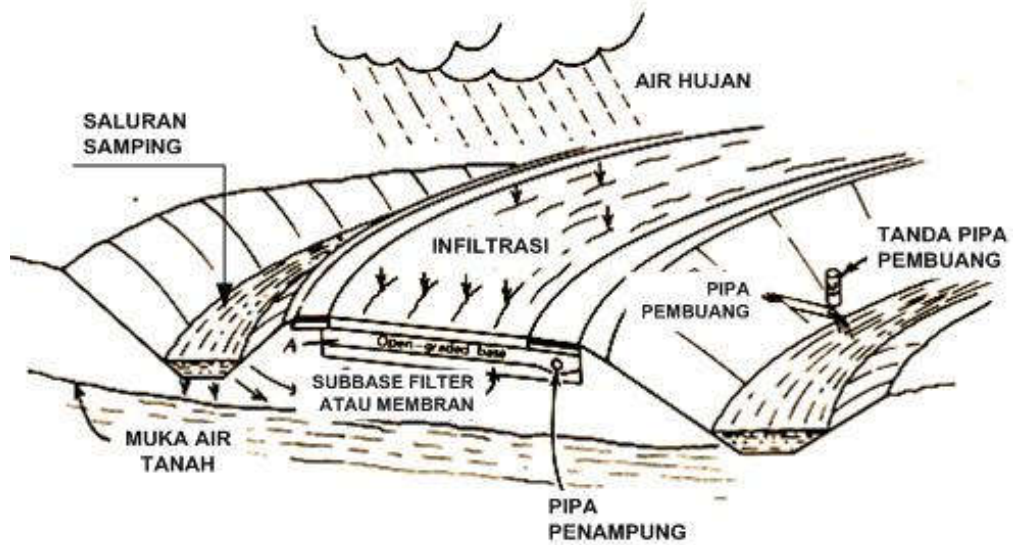
- 1) Air di permukaan aspal dapat menyebabkan berubahnya kadar air, berkurangnya nilai modulus, dan hilangnya kekuatan tarik. Kejenuhan dapat mengurangi modulus aspal sebesar 30% atau

lebih.

- 2) Kadar air yang bertambah pada agregat *unbound* di lapisan *base* dan *subbase* harus diantisipasi karena akan menyebabkan hilangnya kekakuan sebesar 50% atau lebih
- 3) Pada lapisan *asphalt treated base* nilai modulus dapat berkurang sampai 30% atau lebih dan meningkatkan kerentanan terhadap erosi pada lapisan *cement treated base* atau *lime treated base*.
- 4) Butiran tanah halus yang jenuh pada *roadbed soil* dapat mengalami pengurangan modulus lebih dari 50%

Untuk mengurangi masalah yang disebabkan oleh air adalah dengan melakukan perancangan yang baik, yaitu perancangan struktur perkerasan dengan dilengkapi perancangan drainasenya. Tujuan utamanya adalah menjaga agar lapisan pondasi, lapisan pondasi bawah dan tanah dasar terhindar dari kondisi jenuh.

Klasifikasi drainase pada perkerasan jalan lentur berdasarkan fungsinya adalah drainase permukaan (*surface drainage*) dan drainase bawah permukaan (*sub surface drainage*) seperti diilustrasikan pada Gambar 3. Drainase bawah permukaan (*sub surface drainage*) dibagi menjadi tiga tipe, yaitu drainase penangkap (*intercepting drainage*), drainase tanah dasar (*subgrade drainage*) dan drainase lapis pondasi (*base drainage*). Contoh tipikal drainase bawah permukaan disajikan pada lampiran



Gambar 3. Contoh Drainase Permukaan dan Bawah Permukaan.

Kualitas drainase lapis pondasi menurut AASHTO 1993 maupun NCHRP 1-37A adalah berdasarkan pada metoda *time-to-drain*. *Time-to-drain* adalah waktu yang dibutuhkan oleh sistem perkerasan untuk mengalirkan air dari keadaan jenuh sampai pada derajat kejenuhan 50%.

Nilai dari *time-to-drain* ditentukan dengan persamaan di bawah ini

$$t = T50 \times m_d \times 24 \dots\dots\dots(8)$$

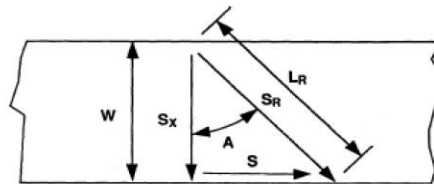
Keterangan :

t : adalah *time-to-drain* (jam)

$T50$: adalah *time factor*

m_d : adalah faktor yang berhubungan dengan porositas efektif, permeabilitas, resultan panjang serta tebal lapisan drainase

Nilai *time factor* (T50) ditentukan oleh geometri dari lapisan drainase. Geometri lapisan drainase terdiri atas resultan kemiringan (*resultant slope*, SR), resultan panjang pengaliran (*resultant length*, LR) dan ketebalan dari lapisan drainase. Ilustrasi dari geometri jalan disajikan pada Gambar 4. Nilai SR dan LR diperoleh berdasarkan pada panjang nyata dari lapisan drainase dan dihitung dengan menentukan terlebih dahulu kemiringan melintang (SX) dan kemiringan memanjang (S).



Gambar 4. Geometri Jalan.

Faktor-faktor geometri tersebut dipakai untuk menghitung nilai faktor kemiringan (*slope factor*, S_1) dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_1 = \frac{L_R \times S_R}{H} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:

SR adalah $(S^2 + S_x^2)^{1/2}$

LR adalah $W [1 + (S/S_x)^2]^{1/2}$

H adalah tebal dari lapisan permeabel (ft)

Untuk menentukan nilai T digunakan suatu grafik T₅₀ seperti pada Gambar 5, grafik ini hanya dapat digunakan untuk satu derajat kejenuhan saja yaitu kejenuhan 50%.

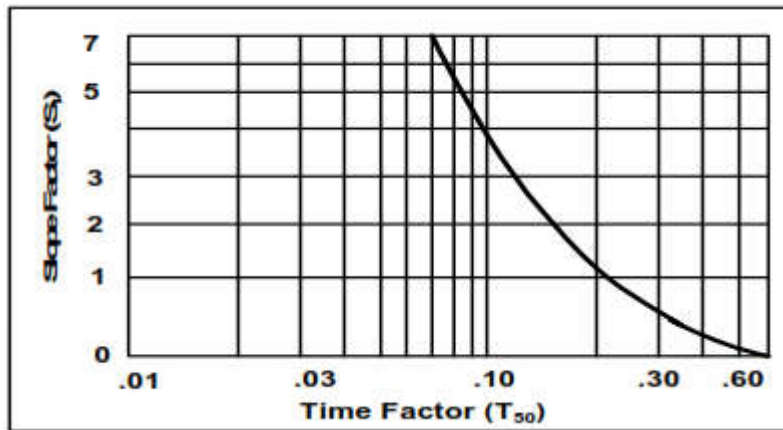
Nilai “ m_d ” pada Persamaan 8 dihitung dengan persamaan:

$$m_d = \frac{n_e L_R^2}{kH} \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

n_e adalah porositas efektif lapisan drainase

k adalah permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari sesuai persamaan 11 atau Gambar 6.



Gambar 5. Grafik *Time Factor* untuk Derajat Kejenuhan 50%.

L_R adalah resultan panjang (feet)

H adalah tebal lapisan drainase dalam feet

$$K = \frac{6,214 \times 10^5 \times D_{10}^{1,478} \times n^{6,654}}{P_{200}^{0,597}} \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan:

k adalah permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari

P_{200} adalah berat agregat yang lolos saringan no 200 dalam persen

D_{10} adalah ukuran efektif atau ukuran butir agregat 10% berat lolos

saringan.

n adalah porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relatif dan total volume

Persamaan untuk menentukan koefisien drainase yang akan digunakan, mencakup:

a) Menghitung porositas material.

$$n = 1 - \left(\frac{\gamma_d}{62,4 G} \right) \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan:

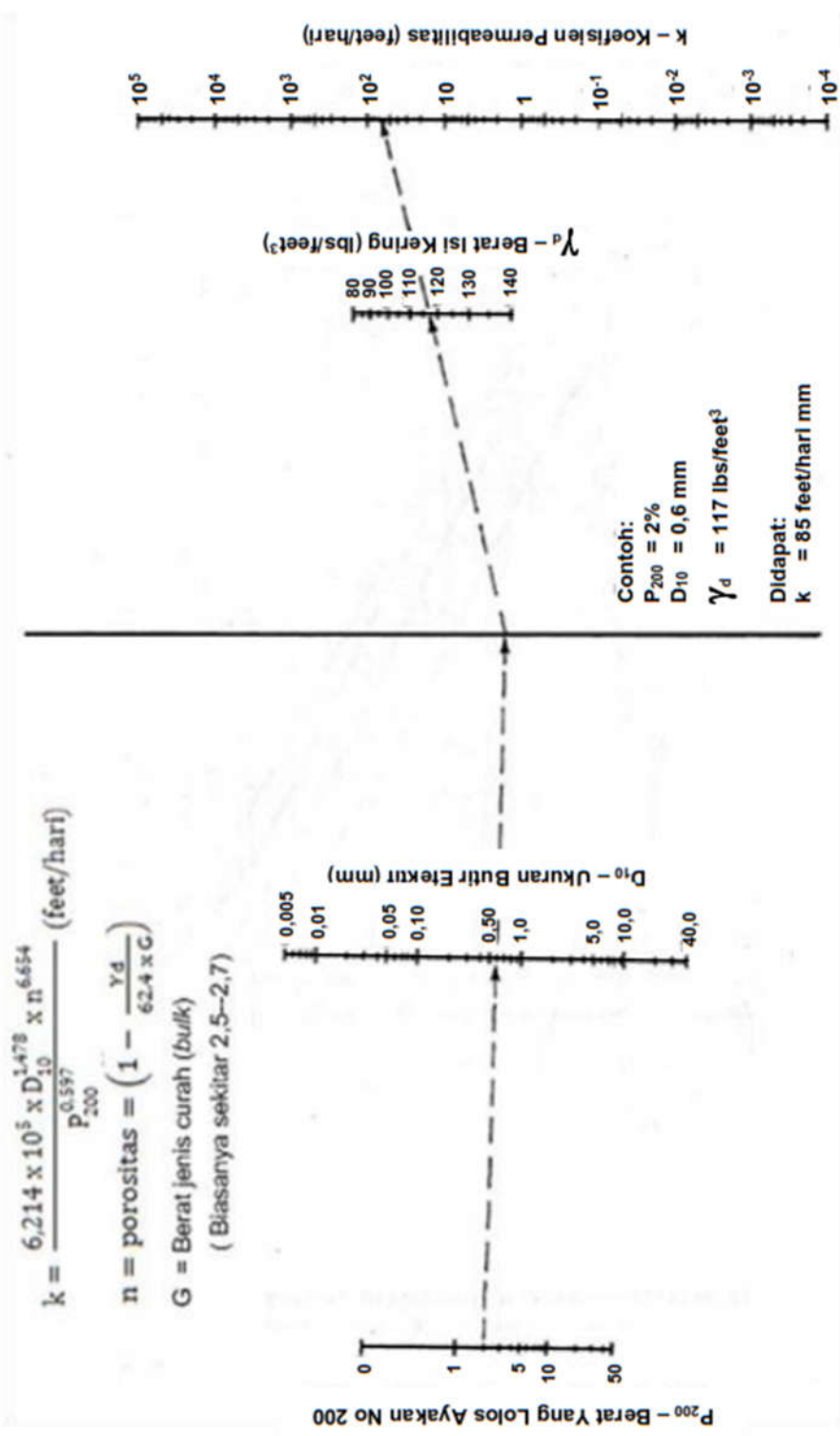
n adalah porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relatif dan total volume.

γ_d adalah kepadatan kering dalam lb/ft^3

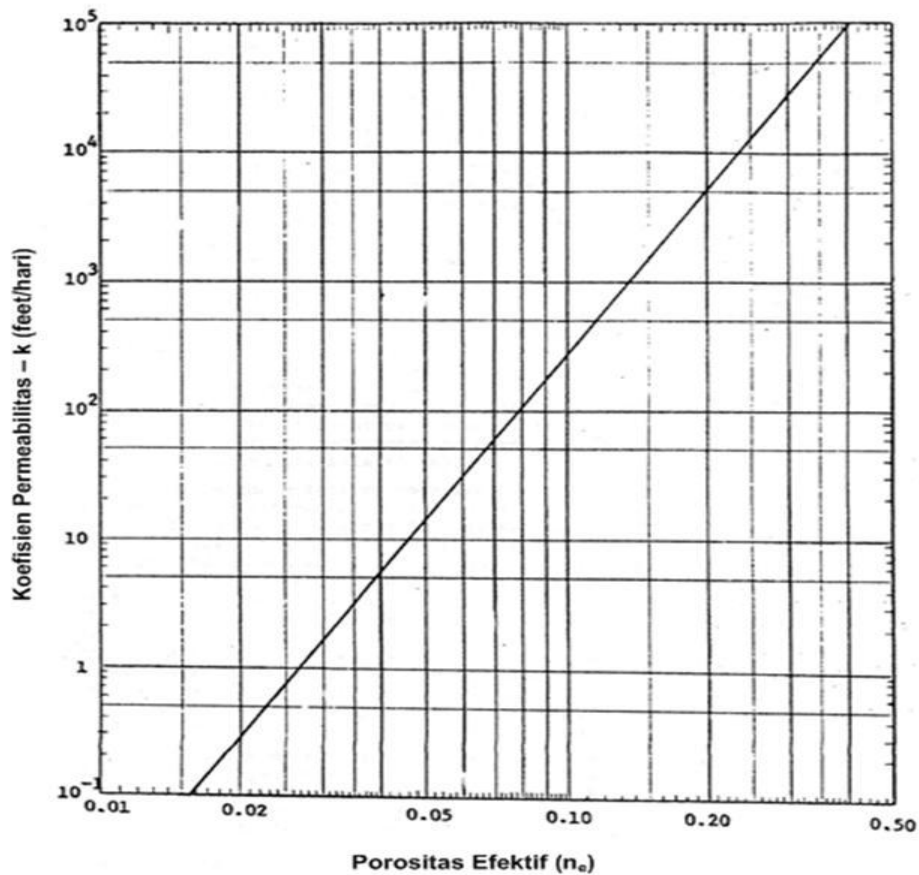
G adalah berat jenis curah (*bulk*), biasanya sekitar 2,5--2,7

b) Menghitung porositas efektif lapisan drainase

Nilai porositas efektif (n_e) dapat menggunakan Gambar 7.



Gambar 6. Grafik untuk Mengestimasi Koefisien Permeabilitas Drainase Granular dan Material Filter.



Gambar 7. Grafik untuk Menetapkan Porositas Efektif, n_e .

- c) Menghitung resultan kemiringan (*slope resultant*).

$$SR = (S^2 + S_x^2)^{1/2} \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan:

SR adalah resultan kemiringan (%)

S adalah kemiringan memanjang lapisan drainase (%)

S_x adalah Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

- d) Menghitung resultan panjang (*length resultant*)

$$LR = W [1 + (S/S_x)^2]^{1/2} \dots\dots\dots(14)$$

Keterangan:

LR adalah resultan panjang (feet)

W adalah lebar lapisan drainase (feet)

S adalah kemiringan memanjang

S_x adalah kemiringan melintang lapisan drainase (%)

- e) Persamaan untuk menghitung *slope factor* (S_1) digunakan Persamaan 9.
- f) Persamaan untuk menghitung faktor “md” digunakan Persamaan 10.
- g) Persamaan untuk menghitung nilai *Time-to-drain* digunakan Persamaan 8.

Langkah-langkah untuk menghitung nilai koefisien drainase (m) adalah sebagai berikut:

- Hitung nilai koefisien permeabilitas (k) dengan menggunakan Persamaan 11 atau Gambar 6.
- Hitung nilai porositas material (n) dengan menggunakan Persamaan 12
- Hitung nilai porositas efektif lapisan drainase (n_e) dengan Gambar 6.
- Hitung resultan kemiringan (*slope resultant*, SR) dengan menggunakan Persamaan 13.
- Hitung resultan panjang (*length resultant*, LR) dengan menggunakan Persamaan 14.
- Hitung faktor kemiringan (*slope factor*, S_1) dengan

menggunakan Persamaan 9.

- Tentukan nilai *time factor* dengan derajat kejenuhan 50% (T50) dari hasil perhitungan S1 berdasarkan pada Gambar 5.
- Hitung faktor “*m_d*” dengan menggunakan Persamaan 10.
- Hitung nilai *Time-to-drain* (t) dengan menggunakan Persamaan 8.
- Dari nilai t yang diperoleh kemudian tentukan kualitas drainase dengan mengacu pada Tabel 7.
- Nilai koefisien drainase m yang akan digunakan dalam perancangan ditentukan dari kualitas drainase hasil perhitungan di atas dan perkiraan persen waktu perkerasan yang dipengaruhi oleh air mendekati kondisi jenuh sesuai dengan Tabel 8.

Koefisien drainase untuk mengakomodasi kualitas sistem drainase yang dimiliki perkerasan jalan dan definisi umum mengenai kualitas drainase disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Definisi Kualitas Drainase

Kualitas Drainase	Air hilang dalam
Baik Sekali	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Jelek	1 bulan
Jelek Sekali	Air tidak akan mengalir

Sumber : Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Tahun 2013

Kualitas drainase pada perkerasan lentur diperhitungkan dalam perancangan dengan menggunakan koefisien kekuatan relatif yang dimodifikasi. Faktor untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif ini adalah koefisien drainase (m) dan disertakan ke dalam Persamaan Nilai Struktural (*Structural Number*, SN) bersama-sama dengan koefisien kekuatan relatif (a) dan ketebalan (D)

Tabel 8 memperlihatkan nilai koefisien drainase (m) yang merupakan fungsi dari kualitas drainase dan persen waktu selama setahun struktur perkerasan akan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh.

Penilaian koefisien drainase (m) dapat juga menggunakan pendekatan berdasarkan kondisi lapangan, terutama untuk perancangan rekonstruksi perkerasan lentur yang ada (Indonesia Infrastructure Initiative, 2011), yaitu seperti disajikan pada lampiran .

Tabel 8. Koefisien Drainase (m) untuk Memodifikasi Koefisien Kekuatan Relatif Material *untreated base* dan *subbase*

Kualitas drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1 %	1-5 %	5-25 %	>25 %
Baik sekali	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Baik	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Sedang	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Jelek	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Jelek sekali	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Sumber : Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Tahun 2013

4. Kinerja Perkerasan

Pada metode ini tingkat pelayanan perkerasan dinyatakan dengan “indeks pelayanan (IP) saat ini” (*present serviceability index*, PSI), yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran ketidakrataan (*roughness*) dan kerusakan (alur, retak dan tambalan). Nilai PSI berkisar antara 0 sampai 5, nilai lima menunjukkan bahwa perkerasan mempunyai kondisi yang ideal (paling baik), sedangkan nilai nol menunjukkan bahwa perkerasan tidak dapat dilalui kendaraan. Untuk keperluan perancangan, diperlukan penentuan indeks pelayanan awal dan indeks pelayanan akhir.

Indeks pelayanan awal (IPO) diperoleh berdasarkan perkiraan pengguna jalan terhadap kondisi perkerasan yang selesai dibangun. Pada *AASHO Road Test*, indeks pelayanan awal yang digunakan untuk perkerasan lentur adalah 4,2. Karena adanya variasi metode pelaksanaan dan standar bahan, indeks pelayanan awal sebaiknya ditetapkan menurut kondisi setempat. Indeks pelayanan akhir (IP_t) merupakan tingkat pelayanan terendah yang masih dapat diterima sebelum perkerasan perlu diperkuat atau direkonstruksi. Untuk jalan-jalan utama, indeks pelayanan akhir yang sebaiknya digunakan minimum 2,5; sedangkan untuk jalan-jalan yang kelasnya lebih rendah dapat digunakan 2,0

Dalam menentukan indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana (IP_t), perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 9.

Dalam menentukan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0), perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan lentur pada awal umur rencana. Pada Tabel 10. disajikan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) untuk beberapa jenis lapis perkerasan.

Tabel 9. Indeks Pelayanan Perkerasan Lentur pada Akhir Umur Rencana (IP_t)

Klasifikasi Jalan	Indeks Pelayanan Perkerasan Akhir Umur Rencana (IP_t)
Bebas hambatan	$\geq 2,5$
Arteri	$\geq 2,5$
Kolektor	$> 2,0$

Sumber : Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Tahun 2013

Tabel 10 Indeks Pelayanan Pada Awal Umur Rencana (IP_0)

Jenis Lapis Perkerasan	IP_0
- Lapis Beton Aspal (Laston/AC) dan Lapis Beton Aspal Modifikasi (Laston Modifikasi/AC-Mod)	≥ 4
- Lapis Tipis Beton Aspal (Lataston/HRS)	≥ 4

Sumber : Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Tahun 2013

5. Daya Dukung Tanah Dasar

Karakteristik bahan perkerasan pada pedoman ini ditetapkan berdasarkan modulus elastis atau modulus resilien. Untuk tanah dasar, modulus resilien harus ditentukan melalui pengujian di laboratorium (menurut AASHTO T 274) terhadap contoh yang representatif pada tekanan dan kondisi kadar air yang mencerminkan tekanan dan kadar air di lapangan.

Penentuan nilai modulus resilien untuk setiap titik pengujian dapat didekati dengan pengujian CBR. Nilai CBR atau Modulus resilien (MR) tanah dasar yang mewakili suatu titik pengujian adalah yang mewakili untuk kedalaman 100 cm serta cara untuk menentukan nilai CBR rata-rata pada setiap titik pengujian adalah mengacu pada *Austroad, Guide to Pavement Technology*, 2010 yang didasarkan pada daya dukung tanah menurut *Manual for Design and Construction of Asphalt Pavement - Japan Road Association, JRA (1980)*, yaitu :

a) CBR Titik

$$CBR_R = \left[\frac{\sum_i^n h_i CBR_i^{1/3}}{\sum_i h_i} \right]^3 \dots\dots\dots(15)$$

Keterangan:

CBRR : adalah CBR rata-rata

CBR_i : adalah nilai CBR pada setiap lapisan i

H_i : adalah tebal tiap-tiap lapisan i

Persyaratan penggunaan Persamaan 15 memiliki kondisi sebagai berikut:

- Ketebalan lapisan yang kurang dari 200 mm harus digabungkan dengan lapisan yang berdekatan. Nilai CBR yang lebih rendah harus diadopsi untuk lapisan gabungan ini.
- Diasumsikan bahwa semakin ke atas, lapisan yang digunakan memiliki nilai CBR yang lebih tinggi, Persamaan ini tidak berlaku apabila lapisan yang lebih lemah ditempatkan pada bagian atas dari lapis pondasi bawah.

- Apabila terdapat lapisan filter, lapisan ini tidak dimasukkan ke dalam perhitungan.
- Nilai CBR maksimum penggunaan persamaan ini adalah 15%.

b) CBR segmen jalan

Jalan dalam arah memanjang cukup panjang dibandingkan dengan jalan dengan arah melintang. Jalan tersebut dapat saja melintasi jenis tanah dan keadaan medan yang berbeda-beda. Kekuatan tanah dasar dapat bervariasi antara nilai yang baik dan yang jelek. Dengan demikian akan tidak ekonomis jika perancangan tebal lapisan perkerasan jalan berdasarkan nilai yang terjelek dan tidak pula memenuhi syarat jika berdasarkan hanya nilai terbesar saja. Jadi segmen jalan adalah bagian dari panjang jalan yang mempunyai daya dukung tanah, sifat tanah, dan keadaan lingkungan yang relatif sama.

Setiap segmen mempunyai satu nilai CBR yang mewakili daya dukung tanah dasar dan digunakan untuk perancangan tebal lapisan perkerasan dari segmen tersebut. Nilai CBR segmen dapat ditentukan dengan mempergunakan cara analitis sesuai *Manual for Design and Construction of Asphalt Pavement-Japan Road Association, JRA (1980)*, yaitu seperti disajikan pada persamaan di bawah ini.

$$CBR_{\text{Segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} \frac{CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}}}{F} \dots\dots\dots(15)$$

Keterangan:

CBR_{segmen} : adalah nilai CBR yang mewakili pada

segmen yang ditinjau.

$CBR_{maksimum}$: adalah nilai CBR tertinggi pada sepanjang segmen yang ditinjau.

$CBR_{minimum}$: adalah nilai CBR terendah pada sepanjang segmen yang ditinjau $CBR_{rata-rata}$ adalah nilai CBR rata-rata pada sepanjang segmen yang ditinjau F adalah koefisien yang disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Nilai F untuk Perhitungan CBR_{segmen}

Jumlah titik pengamatan (buah)	Koefisien F
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
>10	3,18

Sumber : Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Tahun 2013

CBR_{segmen} atau $CBR_{rencana}$ yang diperoleh, kemudian dikonversikan ke modulus resilien sesuai Persamaan 1 atau 2.

6. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan jalan, baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan (lapis aus dan lapis permukaan antara), lapis pondasi serta lapis pondasi bawah disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Koefisien Kekuatan Relatif Bahan Jalan (a)

Jenis Bahan	Kekuatan bahan					Koefisien Kekuatan Relatif			
	Modulus Elastis		Stabilitas Marshall (kg)	Kuat Tekan Bebas (kg/cm ²)	ITS (kPa)	CBR (%)	a ₁	a ₂	a ₃
	(MPa)	(x1000 psi)							
1. Lapis Permukaan									
Laston Modifikasi ¹									
- Lapis Aus Modifikasi	3.200 ⁽⁵⁾	460	1000			0,414			
- Lapis Antara Modifikasi	3.500 ⁽⁵⁾	508	1000			0,360			
Laston									
- Lapis Aus	3.000 ⁽⁵⁾	435	800			0,400			
- Lapis Antara	3.200 ⁽⁶⁾	464	800			0,344			
Lataston									
- Lapis Aus	2.300 ⁽⁵⁾	340	800			0,350			
2. Lapis Fondasi									
Lapis Fondasi Laston Modifikasi ¹	3.700 ⁽⁵⁾	536	2250 ⁽²⁾				0,305		
Lapis Fondasi Laston	3.300 ⁽⁵⁾	480	1800 ⁽²⁾				0,290		
Lapis Fondasi Lataston	2.400 ⁽⁵⁾	350	800						
Lapis Fondasi LAPEN							0,190		
CMRFB (<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>)					300		0,270		
Beton Padat Giling (BPG/RCC)	5.900	850		70 ⁽³⁾			0,230		
CTB	5.350	776		45			0,210		
CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	4.450	645		35			0,170		
CTSB (<i>Cement Treated Subbase</i>)	4.450	645		35			0,170		
CTRSB (<i>Cement Treated Recycling Subbase</i>)	4.270	619		30			0,160		
Tanah Semen	4.000	580		24 ⁽⁴⁾			0,145		
Tanah Kapur	3.900	566		20 ⁽⁴⁾			0,140		
Agregat Kelas A	200	29				90	0,135		
3. Lapis Fondasi Bawah									
Agregat Kelas B	125	18				60		0,125	
Agregat Kelas C	103	15				35		0,112	
Konstruksi Telford									
- Pemdatan Mekanis						52		0,104	
- Pemdatan Manual						32		0,074	
Material Pilihan (<i>Selected material</i>)	84	12				10		0,080	

Sumber : Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Tahun 2013

Apabila ada bahan perkerasan baru atau pembinaan jalan dan perancangan menetapkan kekuatan bahan minimum berbeda dengan Tabel 12, maka nilai kekuatan relatif bahan (a) dapat menggunakan referensi seperti pada Gambar 8 sampai dengan Gambar 13.

7. Pemilihan Tipe Lapisan Beraspal

Tipe lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan ditingkatkan, yaitu sesuai dengan lalu lintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama kendaraan truk). Pada Tabel 13 disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal sesuai lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan.

Tabel 13. Pemilihan Tipe Lapisan Beraspal Berdasarkan Lalulintas Rencana dan Kecepatan Kendaraan

Lalu Lintas Rencana Juta	Tipe Lapisan Beraspal	
	Kecepatan Kendaraan 20 -70 km/jam	Kecepatan Kendaraan \geq 70 km/jam
< 0,3	Perancangan perkerasan lentur untuk lalu lintas rendah	
0,3 – 10	Laston/ HRS	Laston/ HRS
10 – 30	Laston/ AC	Laston/ AC
\geq 30	Laston Mod/ AC-Mod	Laston AC

Sumber : Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Tahun 2013

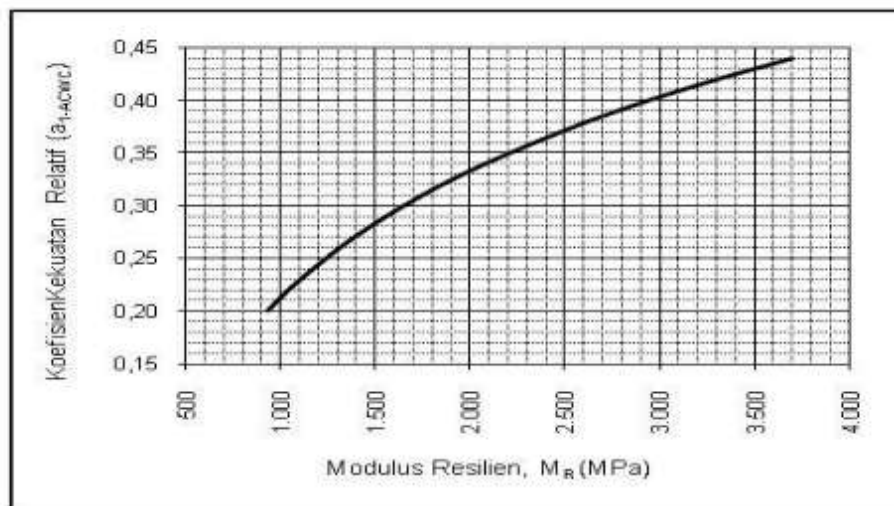
8. Ketebalan Minimum Lapisan Perkerasan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis. Pada Tabel 14 disajikan tebal minimum untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

Tabel 14. Tebal Minimum Lapisan Perkerasan

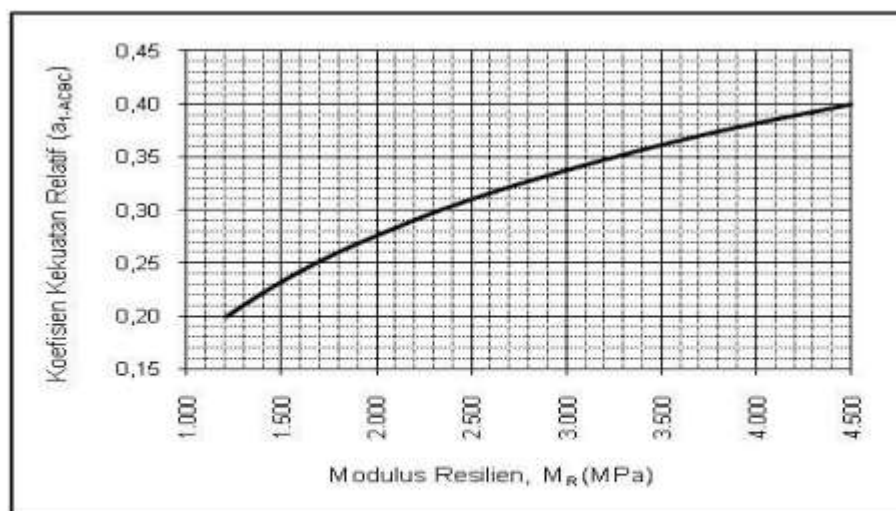
Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(inci)	(cm)
1. Lapis Permukaan		
Laston Modifikasi		
- Lapis Aus Mod	1,6	4,0
- Lapis Antara Mod	2,4	6,0
Laston		
- Lapis Aus	1,6	4,0
- Lapis Antara	2,4	6,0
Lataston		
- Lapis Aus	1,2	3,0
2. Lapis Pondasi		
Lapis Pondasi Laston Modifikasi	2,9	7,5
Lapis Pondasi Laston	2,9	7,5
Lapis Pondasi Lataston	1,4	3,5
Lapis Pondasi LAPEN	2,5	6,5
Agregat kelas A	4,0	10,0
CTB (<i>Cement Treated Base</i>)	6,0	15,0
CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	6,0	15,0
CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	6,0	15,0
CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	6,0	15,0
CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	6,0	15,0
Beton Padat Giling (BPG/ RCC)	6,0	15,0
Beton Kuru (CBK/ LMC)	6,0	15,0
Tanah semen	6,0	15,0
Tanah kapur	6,0	15,0
3. Lapis Pondasi Bawah		
Agregat kelas B	6,0	15,0
Agregat kelas C	6,0	15,0
Kontruksi Telford	6,0	15,0
Material Pilihan (<i>selected material</i>)	6,0	15,0

Sumber : Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Tahun 2013



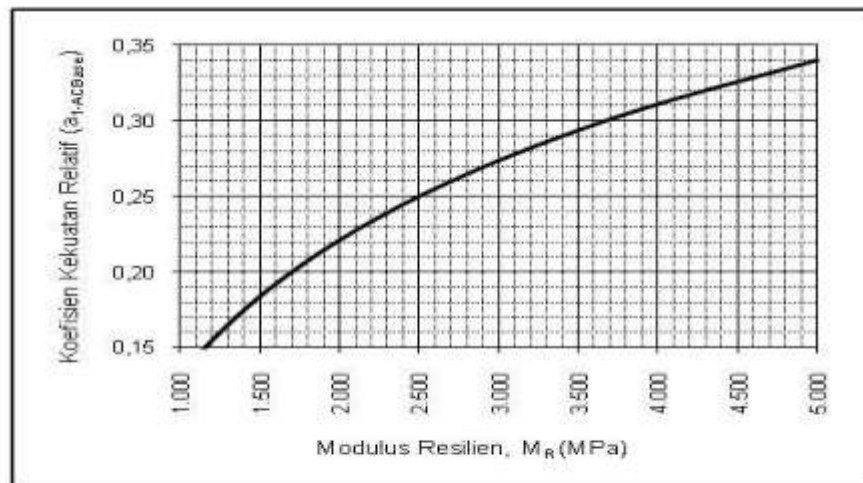
Catatan : $a_{1-ACWC} \leq 0,44$ dan modulus resilien (M_R) berdasarkan hasil pengujian alat UMATTA pada temperatur 25°C , beban 2500 N dan *rise time* 60 ms serta pembuatan benda uji dikondisikan sesuai AASHTO Designation: R 30-02 (2006)

Gambar 8. Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Aus (ACWC)



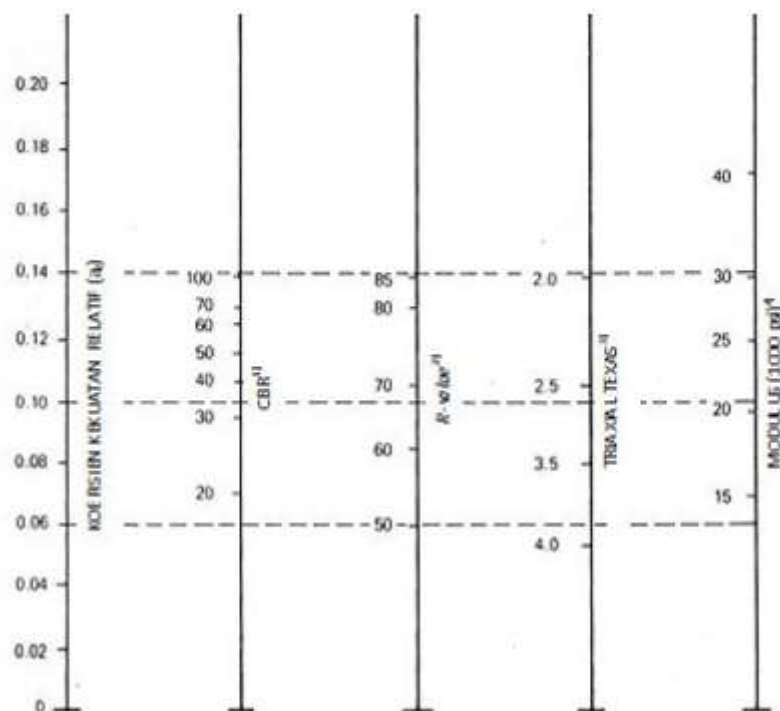
Catatan : $a_{1-ACBC} \leq 0,40$ dan modulus resilien (M_R) berdasarkan hasil pengujian alat UMATTA pada temperatur 25°C , beban 2500 N dan *rise time* 60 ms serta pembuatan benda uji dikondisikan sesuai AASHTO Designation: R 30-02 (2006)

Gambar 9. Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Antara (ACBC)

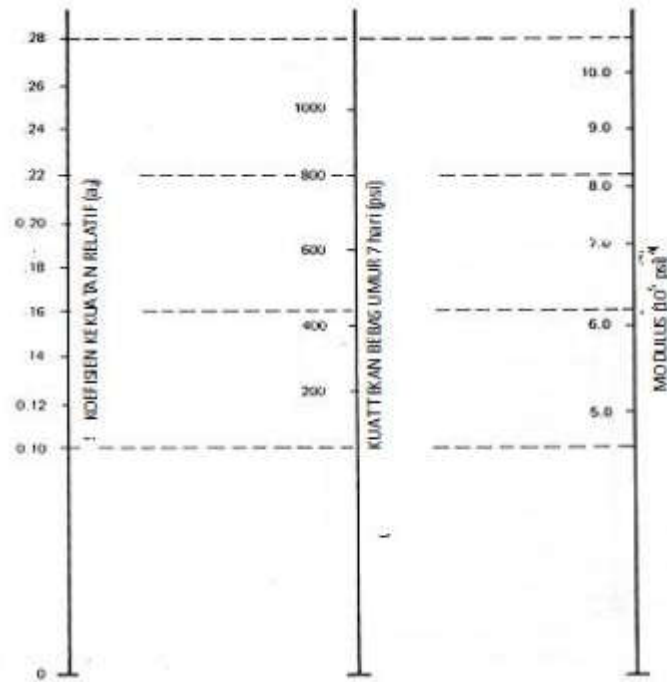


Catatan : $a_{2-ACBase} \leq 0,34$ dan modulus resilien (M_R) berdasarkan hasil pengujian alat UMATTA pada temperatur 25°C, beban 2500 N dan *rise time* 60 ms serta pembuatan benda uji dikondisikan sesuai AASHTO Designation: R 30-02 (2006)

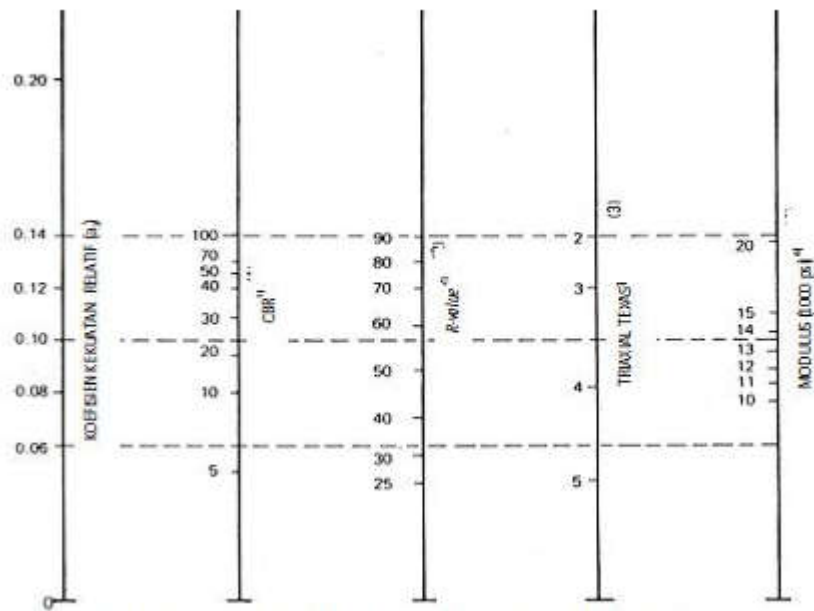
Gambar 10. Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Beraspal (ACBase)



Gambar 11. Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Agregat Kelas A



Gambar 12. Koefisien Kekuatan Relatif Pondasi yang Distabilisasi Semen



Gambar 13. Koefisien Kekuatan Relatif Pondasi Bawah Agregat Kelas B

III. METODE

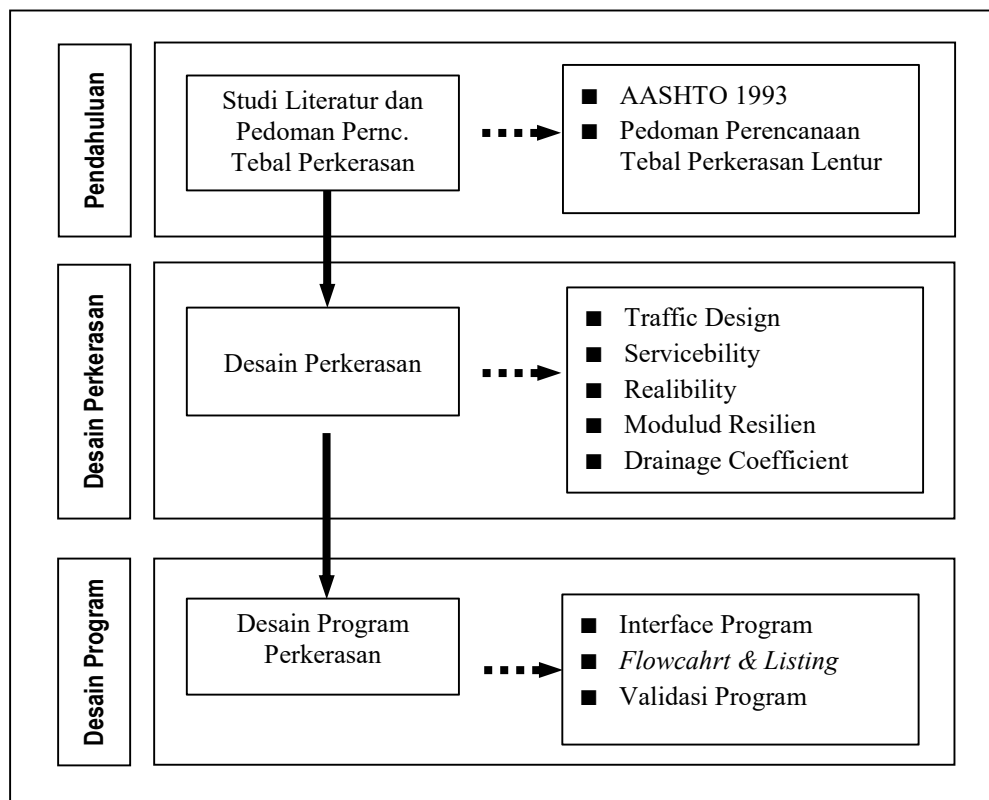
A. Tahapan Pelaksanaan

Metodologi dan pendekatan dalam melakukan Pekerjaan “ Pembuatan Program Desain Perkerasan Lentur Jalan “ akan dilaksanakan melalui beberapa tahapan yaitu : Tahapan Pendahuluan, Tahapan Desain Perkerasan Lentur Jalan, Tahapan Desain Program Perkerasan Lentur Jalan.

Adapun metode pelaksanaan tahapan Pembuatan Program Desain Perkerasan Jalan Lentur dijelaskan dibawah ini.

B. Tahapan Pendahuluan

Tahapan awal dari pekerjaan atau tahapan pendahuluan ini dengan metode yang digunakan adalah metode studi literatur/ desk studi yaitu dengan cara mempelajari buku-buku yang terkait dengan desain perkerasan lentur jalan maupun pedoman, petunjuk atau standar perencanaan. Adapun petunjuk ataupun standar yang digunakan sebagai pedoman perhitungan adalah : Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur berdasarkan surat edaran Menteri Pekerjaan Umum No.12/SE/M/2013.



Gambar 14. Tahapan Pembuatan Program Desain Perkerasan Lentur Jalan

C. Desain Perekerasan Lentur Jalan

Pada tahap ini akan dibuat perancangan tebal perkerasan lentur berdasarkan pada “ Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur “ No.12/SE/M/2013, dimana pedoman perancangan tebal perkerasan lentur ini merupakan hasil adaptasi dari metode AASHTO 1993 serta merevisi Pt T-01-2002-B pedoman perencanaan tebal perkerasan lentur serta revisi dari SNI 03-1732-1989 tata cara perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metode analisa komponen. Perhitungan-perhitungan untuk mendesain perkerasan lentur jalan akan menggunakan perangkat lunak Microsoft Exel.

1. Metode Rancangan

Metode perancangan perkerasan lentur dibuat untuk perkerasan baru atau rekonstruksi perkerasan lama. Dan akan dirancang untuk dapat memilih alternatif perancangan yang paling optimum.

Konsep kinerja perkerasan yang berlaku saat ini mencakup peninjauan terhadap kinerja fungsional, kinerja struktural dan keselamatan. Meskipun demikian, pada metode ini hanya dicakup kinerja fungsional dan kinerja structural.

Kinerja struktural perkerasan berkaitan dengan kondisi fisik yang ditunjukkan oleh keberadaan retak, pelepasan butir atau cacat lain yang menurunkan daya dukung perkerasan atau menuntut pemeliharaan; sedangkan kinerja fungsional menyangkut tingkat pelayanan yang dapat diberikan perkerasan kepada para penggunanya. Pada konteks tersebut, kenyamanan pengguna jalan merupakan karakteristik dominan daripada kinerja fungsional.

2. Penentuan Nilai Struktur yang Diperlukan

1) Persamaan dasar

Untuk suatu kondisi tertentu, penentuan nilai struktur perkerasan lentur (Indeks Tebal Perkerasan, SN) dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 16 atau Gambar 10.

$$\begin{aligned} \log (W_{18}) = Z_R \cdot S_0 & \\ & + 9,36 \times \log(SN + 1) \quad 0,20 + \frac{\log \left[\frac{IP}{IP_0 - IP_f} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} \\ & + 2,32 \times \log (M_R) \quad 8,07 \\ & \dots\dots\dots(16) \end{aligned}$$

Sesuai dengan persamaan di atas, penentuan nilai struktural mencakup penentuan besaran-besaran sebagai berikut:

$W_{18} (W_t)$: adalah akumulasi ekuivalen beban sumbu standar pada lajur rencana selama umur rencana.

Z_R : adalah deviasi normal standar sebagai fungsi dari tingkat kepercayaan (R), yaitu dengan menganggap bahwa semua parameter masukan yang digunakan adalah nilai rata-ratanya.

S_0 : adalah gabungan *standard error* untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja.

ΔIP : adalah perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IP_t).

M_R : adalah modulus resilien tanah dasar efektif (psi).

IP_f : adalah indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

2) Estimasi lalu lintas

Untuk mengestimasi volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana (W_{18}) adalah sesuai dengan prosedur yang diuraikan pada bab II sub bab B.1

3) Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

Untuk menetapkan tingkat kepercayaan atau reabilitas dalam proses perancangan dan pengaruh drainase, maka berturut-turut dapat mengacu pada bab II sub bab B.2 dan B.3

4) Modulus resilien tanah dasar efektif

Untuk menentukan modulus resilien akibat variasi musim, dapat dilakukan dengan pengujian di laboratorium dan pengujian CBR lapangan (sesuai sub bab B.5), kemudian dikorelasikan dengan nilai modulus resilien sesuai Persamaan 1 atau 2.

5) Pemilihan tebal lapisan

Perhitungan perancangan tebal perkerasan dalam pedoman ini didasarkan pada kekuatan relatif setiap lapisan perkerasan, dengan persamaan sebagai berikut $SN = a_{1-1} \times D_{1-1} + a_{1-2} \times D_{1-2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$

Keterangan :

$a_{1-1}, a_{1-2}, a_2, a_3$: adalah koefisien kekuatan relatif lapis aus, lapis antara, lapis fondasi atas dan lapis fondasi bawah sesuai Tabel 2.10).

$D_{1-1}, D_{1-2}, D_2, D_3$: adalah tebal lapis lapis aus, lapis antara, lapis fondasi atas dan lapis fondasi bawah (inchi) dan tebal minimum untuk setiap jenis bahan sesuai Tabel 2.12.

m_2, m_3 : adalah koefisien drainase lapis fondasi

atas dan lapis fondasi bawah sesuai
Tabel 8.

Angka 1-1, 1-2, 2, dan 3, masing-masing untuk lapis aus, lapis antara, lapis fondasi, dan lapis fondasi bawah.

6) Analisa perancangan tebal lapisan

Perlu dipahami bahwa untuk perkerasan lentur, struktur perkerasan terdiri atas beberapa lapisan bahan yang perlu dirancang dengan saksama. Struktur perkerasan hendaknya dirancang menurut prinsip yang ditunjukkan pada Gambar 11. Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut:

- a) Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
- b) Tetapkan indeks pelayanan akhir (IP_t) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
- c) Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (M_R) dengan menggunakan Persamaan 1 atau 2.
- d) Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kelas kendaraan, perkembangan lalu lintas. Untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba-coba nilai SN dengan indeks pelayanan akhir (IP_t) yang telah dipilih. Hasil iterasi selesai apabila prediksi lalu lintas rencana relatif sama dengan (sedikit di bawah)

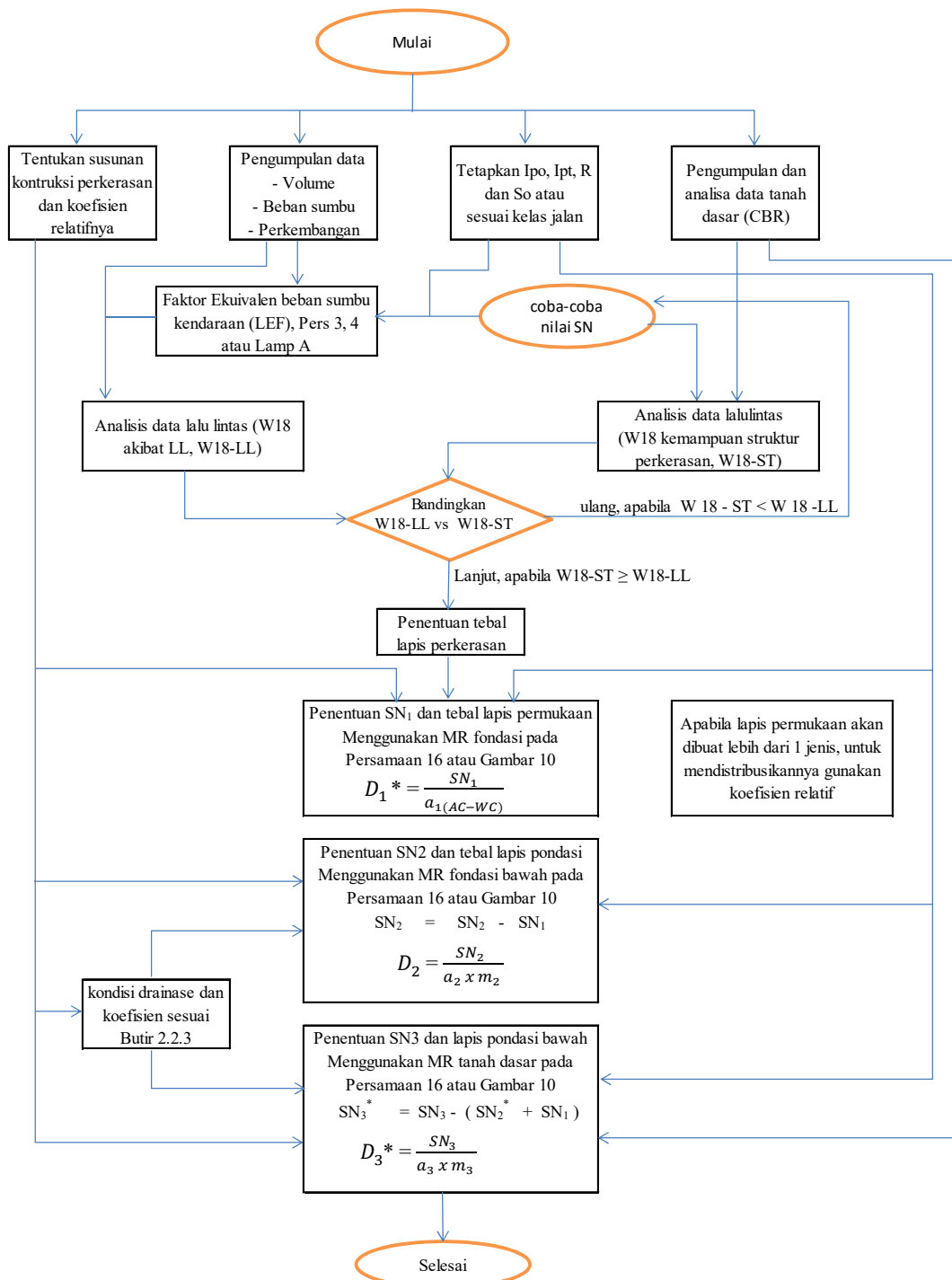
kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas, yaitu dengan menggunakan Persamaan 16 atau Gambar 16.

- e) Tahap berikutnya adalah menentukan nilai struktural seluruh lapis perkerasan di atas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai struktural bagian.

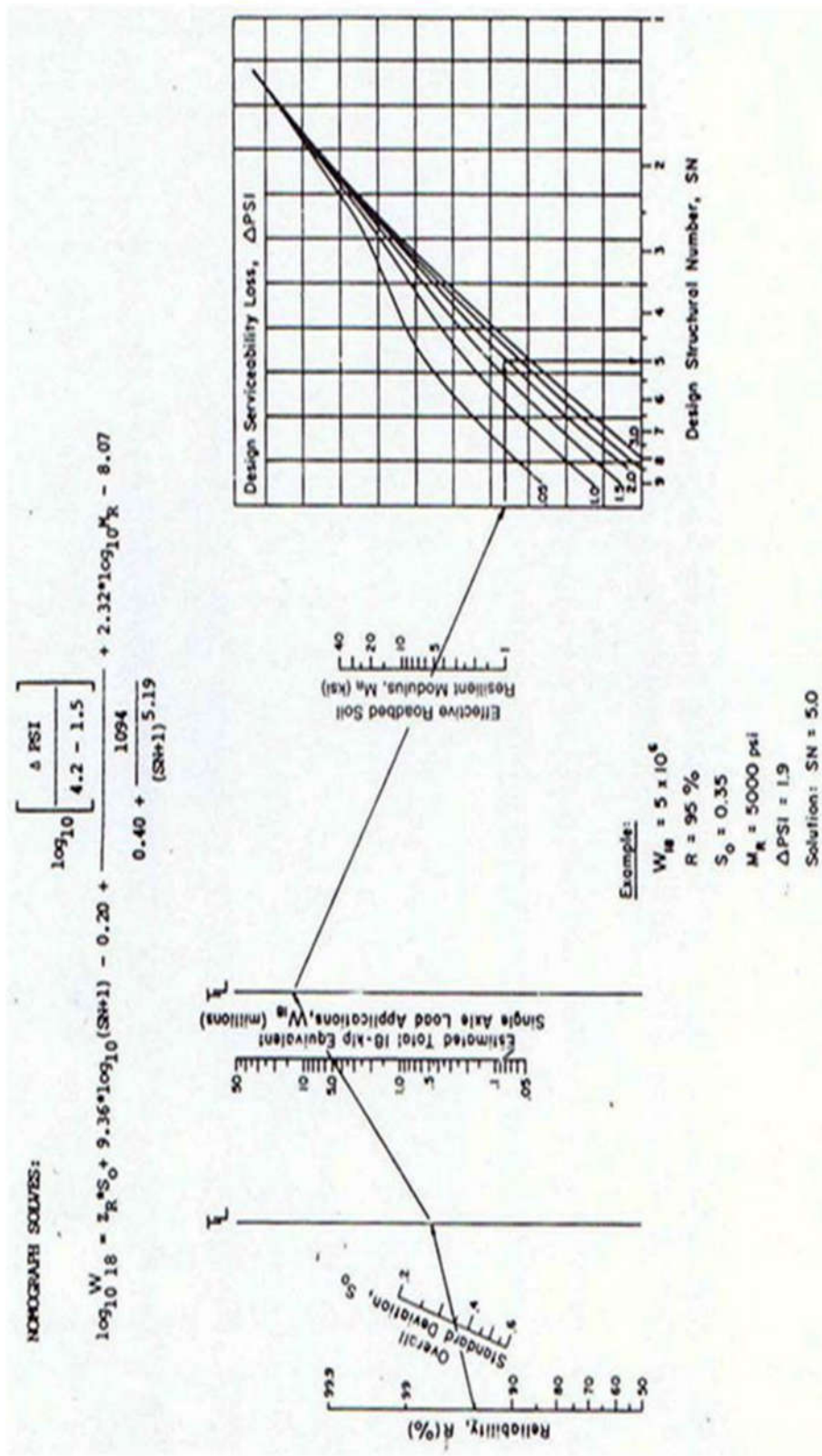
Tahapan perhitungan tebal perkerasan lentur dapat dilihat pada Gambar 15.

3. Nilai Sisa Umur Rencana (UR)

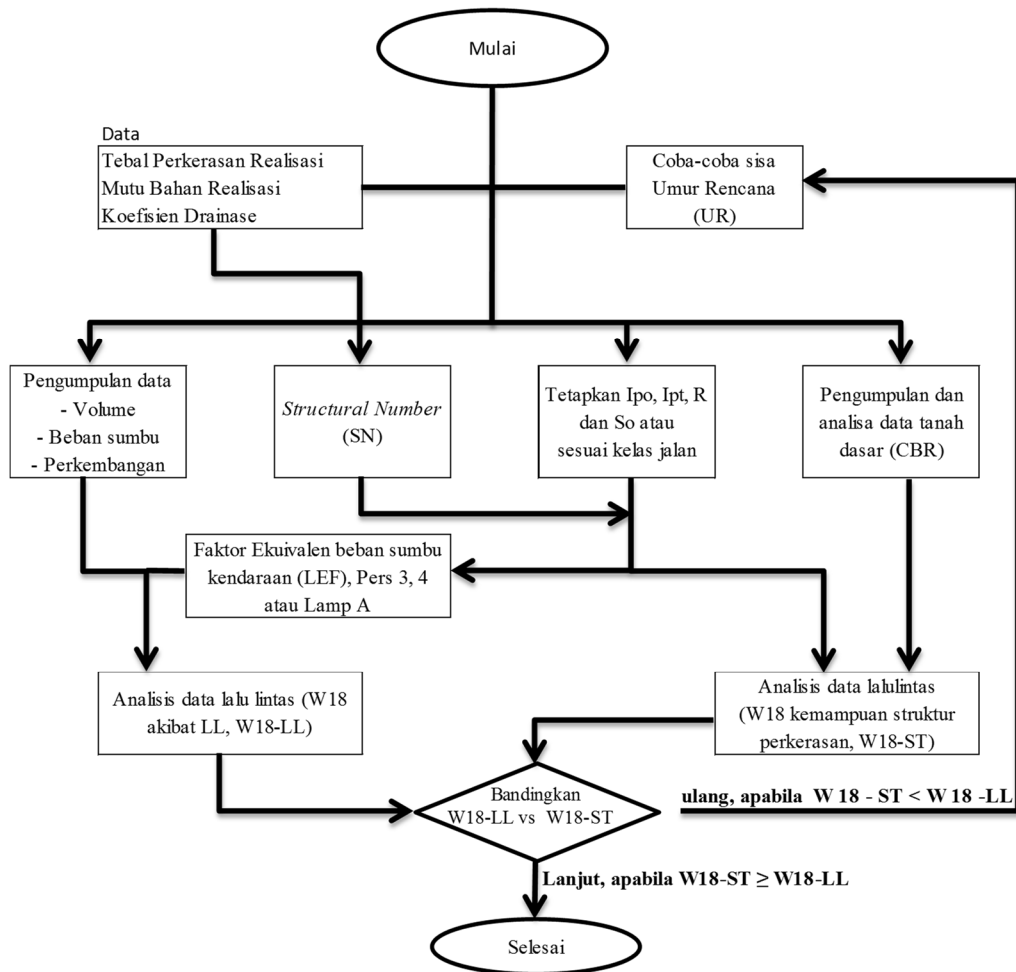
Untuk mendapatkan nilai sisa umur rencana metode yang digunakan sama seperti perhitungan untuk menghitung tebal perkerasan. Bila pada perencanaan tebal perkerasan variabel SN dilakukan dengan cara coba-coba untuk mendapatkan nilai $W18-ST \geq W18-LL$, maka untuk mendapatkan nilai sisa umur rencana berdasarkan data-data realisasi pelaksanaan dilapangan maka dilakukan coba-coba nilai sisa umur rencana hingga diperoleh nilai $W18-ST \geq W18-LL$. Pada Gambar 17 dapat dilihat bagan alir perhitungan nilai sisa umur rencana.



Gambar 15. Bagan Alir Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur.



Gambar 16. Nomogram untuk Perancangan Tebal Perkerasan Lentur.



Gambar 17. Bagan Alir Perhitungan Nilai Sisa Umur Rencana.

D. Desain Program

1. Pembuatan Interface Program

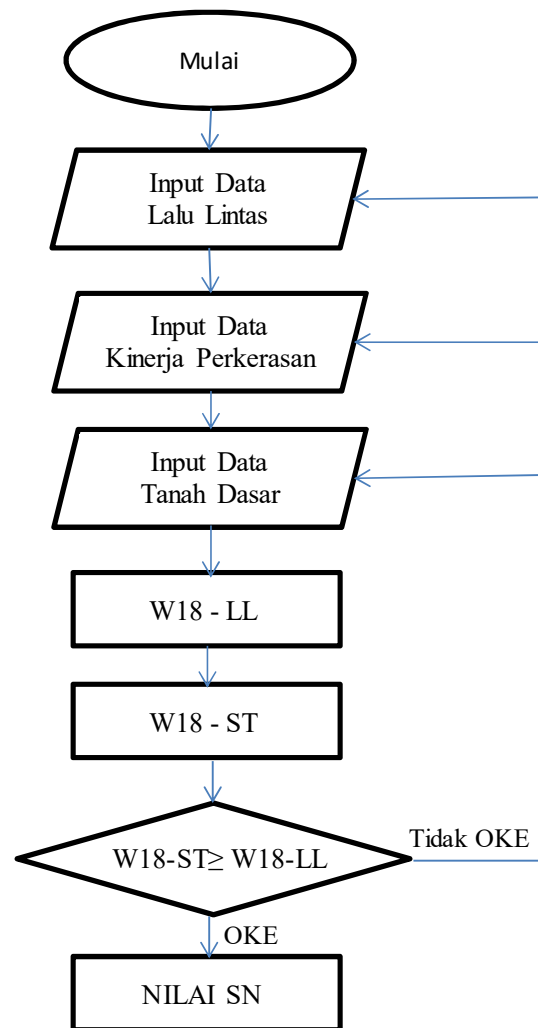
Dalam pembuatan perangkat lunak Program Desain Perkerasan Jalan, ada beberapa langkah-langkah yang perlu dilakukan agar program ini tersusun secara sistematis dan mudah dalam pemakaiannya. Langkah pertama adalah pembuatan interface program yang dibuat menggunakan aplikasi LAZARUS.

Salah satunya adalah pembuatan Interface User Form (IUF) digunakan untuk melakukan penginputan data, dimana data yang dimasukan untuk keperluan informasi yang dibutuhkan. Interface User Form (IUF) merupakan bentuk tampilan grafis yang berhubungan langsung dengan pengguna (user). User interface berfungsi untuk menghubungkan antara pengguna dengan sistem operasi, sehingga komputer tersebut bisa digunakan.

2. *Flowchart* Aplikasi

Flowchart merupakan gambar atau bagan yang memperlihatkan urutan dan hubungan antar proses beserta instruksinya. Gambaran ini dinyatakan dengan simbol. Dengan demikian setiap simbol menggambarkan proses tertentu. Sedangkan hubungan antar proses digambarkan dengan garis penghubung.

Flowchart ini merupakan langkah awal pembuatan program. Dengan adanya flowchart urutan poses kegiatan menjadi lebih jelas. Jika ada penambahan proses maka dapat dilakukan lebih mudah. Setelah flowchart selesai disusun, selanjutnya pemrogram (programmer) menerjemahkannya ke bentuk program dengan bahasa pemrograman.



Gambar 18. Flowchart Aplikasi Perkerasan Jalan.

3. Penyusunan Listing Program

Setelah terbentuknya Interface Program maka langkah selanjutnya adalah menyusun listing program (coding). LAZARUS menggunakan Object Pascal sebagai bahasa pemrogramannya. Object Pascal merupakan bahasa Pascal yang diberi tambahan kemampuan untuk menerapkan konsep-konsep OOP (Object Oriented Programming).

Seluruh sintak Object Pascal menggunakan aturan yang ada di dalam Pascal, termasuk perintah-perintah dasar seperti *control structures*, *variables*, *array*, dan sebagainya.

Berikut salah satu contoh penulisan coding program yang di sesuaikan dengan object visual yang dipergunakan seperti dapat dilihat pada bagian di bawah ini.

```

procedure Ttraffic.HitungVDF();
510 var
- dd, dl, lhr1, lhr2, lhr3, lhr4, lhr5, lhr6, lhr7, lhr8, lhr9 : Double;
- esal1, esal2, esal3, esal4, esal5, esal6, esal7, esal8, esal9 : Double;
- esal, w18, ur, i : Double;
- vdf1, vdf2, vdf3, vdf4, vdf5, vdf6, vdf7, vdf8, vdf9 : Double;
begin
- dd := StrtoFloat (cbdd.Text);
- dl := StrtoFloat (CbDL.Text);
- ur := StrtoFloat (Cbur.Text);
- i := StrtoFloat (edlalin.Text);
520 //Nomor 1.....
- lhr1 := StrtoFloat (Edit1.Text);
- vdf1 := StrtoFloat (Edit19.Text);
- esal1 := (dd/100) * (dl/100) * lhr1 * vdf1 * 365;
- Edit28.Text := FormatFloat ('####', esal1);
- //Nomor 2.....
- lhr2 := StrtoFloat (Edit2.Text);
- vdf2 := StrtoFloat (Edit20.Text);
- esal2 := (dd/100) * (dl/100) * lhr2 * vdf2 * 365;
- Edit29.Text := FormatFloat ('####', esal2);
530 //Nomor 3.....
- lhr3 := StrtoFloat (Edit3.Text);
- vdf3 := StrtoFloat (Edit21.Text);
- esal3 := (dd/100) * (dl/100) * lhr3 * vdf3 * 365;
- Edit30.Text := FormatFloat ('####', esal3);

```

Gambar 19. Coding di Program LAZARUS.

4. Validasi Program

Dalam pembuatan program, tentunya akan terjadi beberapa perubahan dalam pelaksanaannya baik disebabkan karena adanya perubahan desain tampilan, kesalahan dalam coding program maupun adanya penambahan ataupun pengurangan beberapa aplikasi yang dibuat. Hal ini lumrah saja terjadi karena semuanya ini demi perbaikan dan

kesempurnaan program yang dibuat agar sesuai dengan apa yang telah di rencanakan dan di tetapkan.

Oleh karena itu, verifikasi terhadap program yang baru di buat perlu di lakukan agar hasil yang ingin dicapai dari pembuatan program ini menjadi tercapai. Untuk verifikasi hasil pembuatan program desain perkerasan jalan ini akan dibandingkan dengan program lain yang telah dibuat dengan menggunakan Microsoft Excel 2007

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. SIMPULAN

- a) Pembuatan program desain perkerasan Lentur jalan (*flexible pavement*) mengacu pada “Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur “ No.12/SE/M/2013 oleh Kementrian Pekerjaan Umum hasil adaptasi dari metode AASHTO 1993. Aplikasi yang digunakan untuk membuat program tersebut adalah aplikasi open sources IDE LAZARUS, yang menggunakan Object Pascal sebagai bahasa pemrogramannya.
- b) Analisa penurunan masa layan perkerasan jalan dengan menggunakan program desain perkerasan lentur akibat penyimpangan pelaksanaan dilapangan meliputi :
 - 1) Penyimpangan ketebalan perkerasan
 - 2) Penyimpangan mutu bahan perkerasan
 - 3) Kualitas drainase yang tidak baik
 - 4) Kelebihan beban (*overloading*)
- c) Penyimpangan pelaksanaan dilapangan dengan pengurangan tebal perkerasan tiap 1 cm untuk masing-masing lapis perkerasan dapat mengakibatkan penurunan rata-rata umur rencana. Hasil untuk lapis aus

(ACWC-Modifikasi) penurunan rata-rata umur rencana sebesar 11,75%, lapis antara (ACBC-Modifikasi) sebesar 10,58%, lapis fondasi (ACBase) sebesar 9%, lapis fondasi (agregat kelas A) sebesar 4,75% dan lapis pondasi bawah (agregat kelas B) sebesar 4,33%.

- d) Penyimpangan pelaksanaan penurunan mutu bahan, nilai *california bearing ratio* (CBR) tiap 10% untuk lapis pondasi dengan bahan agregat kelas A dapat mengakibatkan penurunan rata-rata umur rencana sebesar 2,92 %. Untuk lapis pondasi bawah dengan bahan agregat kelas B dapat mengakibatkan penurunan rata-rata umur rencana sebesar 4,33 %.
- e) Penyimpangan pelaksanaan kualitas drainase berdasarkan penurunan nilai koefisien drainase (m). Penurunan nilai koefisien drainase tiap 0,1 dapat mengakibatkan penurunan rata-rata umur rencana sebesar 12,92 %.
- f) Dasar perhitungan penurunan umur rencana jalan akibat beban berlebih yaitu ketidak sesuaian nilai jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana (ESAL) dengan nilai ESAL aktual. untuk kelebihan tiap 500.000 Esal/tahun dapat mengakibatkan penurunan rata-rata umur rencana sebesar 8,17 %.
- g) Validasi hasil program perkerasan lentur jalan yang telah dibuat dibandingkan dengan menggunakan program *Microsoft Excel* menghasilkan nilai deviasi kurang dari 0,5%. Waktu yang dibutuhkan

untuk menyelesaikan perhitungan dengan program dibutuhkan waktu \pm 15 menit dan \pm 4 jam 10 menit untuk perhitungan dengan cara manual.

B. SARAN

- a) Analisa penyimpangan pelaksanaan dilapangan dengan bantuan program perkerasan lentur yang telah dibuat dapat diterapkan berdasarkan data studi – studi kasus yang ada. Sehingga hasil analisa yang diperoleh dapat dijadikan masukan untuk mengetahui kemampuan masa umur layan perkerasan jalan yang sesungguhnya.
- b) Pembuatan perangkat lunak/ *software* dapat dikembangkan untuk perancangan perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan juga perancangan tebal lapis tambah (*overlay*) baik untuk perkerasan lentur (*flexible pavement*) maupun untuk perkerasan kaku (*rigid pavement*).

DAFTAR PUSTAKA

Rahardian, Hedy. dkk. 2013. *Manual Desain Perkerasan Jalan*, Kementerian PU Dirjen Bina Marga, Jakarta. 187 hlm.

Hendrianto. 2006. *Pekerjaan Lapis Pondasi Jalan*, Departemen PU Dirjen Bina Marga, Jakarta. 81 hlm.

Sjahdanulirwan, M dan Nono. 2013. *Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur*, Kementerian PU, Jakarta. 54 hlm.

Pranowo.C, Haryanto. Dkk. 2004. *Geometri Jalan Perkotaan*, Kementerian Permukiman dan Prasarana Wilayah , Jakarta. 46 hlm.

Andika, Pradana, Rizko. dkk. *Analisa Tebal Lapis Tambah Perkerasan Menggunakan Motoda AAHTO 1993 dan Program Elmod 6*, 14 hlm.