

**TUGAS AKHIR**

**PERENCANAAN PERKERASAN LENTUR (*FLEXIBLE PAVEMENT*)  
DENGAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN TAHUN 2013  
(Studi Kasus Jalan Ir. Soekarno Kota Palangka Raya)**

Oleh

**JOHARI ANNE SIANTURI**  
NIM. DAB 113 111



**JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA  
PALANGKA RAYA  
2018**

## **PRAKATA**

Puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat karunia-Nya sehingga penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Tugas Akhir dengan judul **“PERENCANAAN PERKERASAN LENTUR (*FLEXIBLE PAVEMENT*) DENGAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN TAHUN 2013 (Studi Kasus Jalan Ir. Soekarno Kota Palangka Raya)”**. Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Program Strata-1 Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Pada kesempatan ini tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Ibu Frieda, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
3. Bapak Tatau Wijaya Garib, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Bapak Dr. Ir. I Made Kamiana, M.T. selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
5. Bapak Haiki Mart Yupi, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
6. Ibu Murniati, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
7. Bapak Robby, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.

8. Ibu Ina Elvina, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
9. Bapak Robby, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
10. Bapak Ir. Desriantomy, M.T. selaku Dosen Penguji dan Pembahas Tugas Akhir.
11. Bapak Salonten, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji dan Pembahas Tugas Akhir.
12. Bapak Ir. Supiyan, M.T. selaku Dosen Penguji dan Pembahas Tugas Akhir.
13. Seluruh Dosen Jurusan/Program Studi Teknik Sipil beserta Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
14. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil angkatan 2013 dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati dan menyadari akan kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini, oleh karena itu diharapkan berbagai tanggapan, kritik dan saran yang sifatnya membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Terima Kasih.

Palangka Raya, September 2018

**JOHARI ANNE SIANTURI**

**NIM. DAB 113 111**

## RINGKASAN

**PERENCANAAN PERKERASAN LENTUR (*FLEXIBLE PAVEMENT*) DENGAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN TAHUN 2013 (STUDI KASUS JALAN IR. SOEKARNO KOTA PALANGKA RAYA)**, Johari Anne Sianturi, 2018, Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Jalan merupakan salah satu prasarana perhubungan darat yang mempunyai peranan penting bagi pertumbuhan perekonomian, sosial budaya, pengembangan wilayah pariwisata, dan pertahanan keamanan untuk menunjang pembangunan nasional. Perkerasan jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang harus direncanakan secara efektif dan efisien, karena kebutuhan tingkat pelayanan jalan semakin tinggi, maka perlu adanya peningkatan kualitas sistem dan prasarana jalan, diantaranya adalah kebutuhan akan jalan yang aman dan nyaman.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui variasi nilai CBR, akumulasi beban sumbu standar kumulatif, dan merencanakan tebal perkerasan jalan dengan Metode Manual Desain Perkerasan Tahun 2013 serta Metode Analisa Komponen sebagai metode pembanding. Lokasi studi dilakukan di Jalan Ir. Soekarno Kota Palangka Raya.

Nilai akumulasi beban sumbu standar kumulatif yang didapat yaitu sebesar 4.502.492,560 CESA dan variasi nilai CBR desain yang didapat setiap segmen memiliki perbedaan, sehingga setiap segmen jalan ada yang memerlukan perbaikan tanah dasar meliputi bahan stabilisasi kapur atau timbunan pilihan, sedangkan segmen jalan lainnya memerlukan lapis penopang (*capping layer*) atau lapis penopang geogrid.

Hasil perencanaan perkerasan Jalan Ir. Soekarno menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Tahun 2013, didapat kebutuhan lapis perkerasan AC-WC 40 mm, AC-BC 135 mm, CTB atau LPA kelas A 150 mm. Hasil perencanaan perkerasan Jalan Ir. Soekarno menggunakan metode Analisa Komponen, didapat kebutuhan lapis perkerasan Laston, MS 744 7,5 cm, Batu pecah kelas A 20 cm, Sirtu kelas B 27 cm.

**Kata kunci:** CBR, Beban Sumbu Standar Kumulatif, MDP 2013, Analisa Komponen.

## SUMMARY

**PLANNING OF FLEXIBLE PAVEMENT USING PAVEMENT DESIGN MANUAL IN YEAR 2013 (STUDY CASE IN IR. SOEKARNO STREET PALANGKA RAYA CITY)**, Johari Anne Sianturi, 2018, Civil Engineering Study Program, Faculty of Engineering, University of Palangka Raya.

Road is one of the land transportation infrastructure that has an important role for economic growth, social culture, tourism development, and defense of security to support national development. Street pavement is part of road planning that must be planned effectively and efficiently, because the need for higher road service levels, it is necessary to improve the quality of road systems and infrastructure, such as the need for safe and comfortable streets.

The aim of this study was to find out the variation of the CBR, the accumulation of standard cumulative, and planning of street pavement used Pavement Design Manual in year 2013 and Component Analysis Method to compare. The location of this study was on Ir. Soekarno Street Palangka Raya.

The value of the cumulative equivalent standart axle got 4.502.492,560 and variation CBR value in every segment is different, so that each road segment that requires subgrade improvement includes lime stabilization material or selected heap, while other road segments requires a capping layer or geogrid support layer.

The results of pavement design in Ir. Soekarno street used Pavement Design Manual in Year 2013, was 40 mm for pavement AC-WC, 135 mm for AC-BC, 150 mm for CTB or for foundation layer of class A. The results of pavement design in Ir. Soekarno Street used Component Analysis Method was 7,5 cm for pavement Laston, MS 744, 20 cm for rubble stone of class A, 27 cm for sand stone of class B.

**Keywords:** CBR, Standard Cumulative Equivalent Axle, MDP 2013, Component Analysis.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>SUMMARY</b> .....	ix
<b>PRAKATA</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xviii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xx
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Lokasi Penelitian.....	4
1.7 Sketsa Lokasi Penelitian.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Klasifikasi Jalan.....	9

## Halaman

2.3	Konstruksi Perkerasan.....	12
2.4	Perkembangan Metode Desain Struktur Perkerasan Lentur.....	18
2.5	CBR ( <i>California Bearing Ratio</i> ).....	21
2.6	Metode Analisa Komponen Perkerasan.....	31
2.7	Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2013.....	41
2.8	Penelitian Terdahulu.....	58
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>		<b>61</b>
3.1	Umum.....	61
3.2	Tahapan Penelitian.....	61
3.3	Metode Pengambilan Data.....	62
3.4	Alat Penelitian.....	63
3.5	Analisis Data.....	64
3.6	Analisis Desain Perkerasan.....	65
3.7	Bagan Alir Penelitian.....	67
<b>BAB IV ANALISIS DATA DAN HASIL.....</b>		<b>70</b>
3		
4		
4.1	Lokasi Penelitian.....	70
4.2	Analisa Volume Lalu Lintas.....	71
4.3	Nilai CBR.....	74

4.4	Perhitungan Konstruksi.....	87
		Halaman
4.5	Hubungan antara Metode Manual Desain Perkerasan Tahun 2013 dengan Metode Analisa Komponen.....	117
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>120</b>
5.1	Kesimpulan.....	120
5.2	Saran.....	123
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>124</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1.1 Lokasi Penelitian.....	5
1.2 Sketsa Lokasi Penelitian.....	6
2.1 Jenis Tipe Kendaraan.....	10
2.2 Beban Sumbu/Gandar.....	10
2.3 Alat Uji DCP.....	28
2.4 Alat Uji CBR Lapangan.....	30
2.5 Korelasi DDT dan CBR.....	35
3.1 Bagan Alir Penelitian.....	67
3.2 Bagan Alir Prosedur Perencanaan Perkerasan Lentur ( <i>Flexible Pavement</i> ) Dengan Metode Analisa Komponen.....	68
3.3 Bagan Alir Prosedur Perencanaan Perkerasan Lentur ( <i>Flexible Pavement</i> ) Dengan Metode Manual Desain Perkerasan Tahun 2013.....	69
4.1 Sketsa Geometrik Jalan Ir. Soekarno Kota Palangka Raya.....	70
4.2 Hubungan antara Jumlah Pukulan dan Penetrasi.....	77
4.3 Ilustrasi Titik Pengamatan CBR, Segmen, dan Ruas Jalan Pada Lokasi Perencanaan Perkerasan.....	79
4.4 $CBR_{\text{segmen}}$ dengan Metode Grafis.....	83
4.5 Struktur Perkerasan Lentur (Lalu Lintas Berat) Pada Timbunan.....	92
4.6 Tebal Perkerasan Berdasarkan MDP 2013.....	101
4.7 Grafik Korelasi antara DDT dan CBR dengan 1,978 %.....	103

## Halaman

4.8	Grafik Korelasi antara DDT dan CBR dengan 6 %.....	103
4.9	Nomogram 4 untuk $I_{pt} = 2$ dan $I_{po} = 3,9 - 3,5$ Sebelum Stabilisasi Tanah Dasar.....	108
4.10	Tebal Perkerasan Berdasarkan Analisa Komponen sebelum Stabilisasi Tanah Dasar jika Lapisan Permukaan yang Dihitung.....	109
4.11	Tebal Perkerasan Berdasarkan Analisa Komponen sebelum Stabilisasi Tanah Dasar jika Lapisan Pondasi Atas yang Dihitung.....	110
4.12	Tebal Perkerasan Berdasarkan Analisa Komponen sebelum Stabilisasi Tanah Dasar jika Lapisan Pondasi Bawah yang Dihitung.....	111
4.13	Nomogram 4 untuk $I_{pt} = 2$ dan $I_{po} = 3,9 - 3,4$ Sesudah Stabilisasi Tanah Dasar.....	113
4.14	Tebal Perkerasan Berdasarkan Analisa Komponen sesudah Stabilisasi Tanah Dasar jika Lapisan Permukaan yang Dihitung.....	114
4.15	Tebal Perkerasan Berdasarkan Analisa Komponen sesudah Stabilisasi Tanah Dasar jika Lapisan Pondasi Atas yang Dihitung.....	115
4.16	Tebal Perkerasan Berdasarkan Analisa Komponen sesudah Stabilisasi Tanah Dasar jika Lapisan Pondasi Bawah yang Dihitung.....	116

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Hasil Pengujian Alat DCP.....	126
2. Rekapitulasi Volume Lalu Lintas.....	157
3. Rencana Penanganan.....	171
4. Data Curah Hujan.....	173
5. Bagan Desain Metode MDP Tahun 2013.....	174
6. Dokumentasi Penelitian.....	182

## DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Perbedaan Utama Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku.....	9
2.2 Beban Gandar Maksimal.....	9
2.3 Nilai R untuk menghitung $CBR_{\text{segmen}}$ .....	24
2.4 Klasifikasi Nilai CBR.....	31
2.5 Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan.....	32
2.6 Koefisien Distribusi Kendaraan.....	32
2.7 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan.....	33
2.8 Faktor Regional.....	36
2.9 Faktor Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (Ipt).....	37
2.10 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (Ipo).....	37
2.11 Koefisien Kekuatan Relatif (a).....	39
2.12 Lapis Permukaan.....	41
2.13 Lapis Pondasi.....	41
2.14 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru.....	43
2.15 Pemilihan Jenis Perkerasan.....	44
2.16 Perkiraan Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas.....	45
2.17 Faktor Distribusi Lajur ( $D_L$ ).....	46
2.18 Perkiraan lalu Lintas Untuk Jalan dengan Lalu Lintas Rendah (Kasus Beban Berlebih).....	48
2.19 Zona Iklim Untuk Indonesia.....	49

	Halaman
2.20 Karakteristik Modulus Bahan Pengikat.....	50
2.21 Karakteristik Modulus Bahan Berbutir Lepas.....	51
2.22 Faktor Penyesuaian Modulus Tanah Dasar Akibat Variasi Musiman.....	57
4.1 Rekapitulasi Analisa Perhitungan Volume Arus Lalu Lintas Metode MKJI.....	73
4.2 Jumlah Kendaraan Mingguan yang Melewati Jalan Ir. Soekarno.....	74
4.3 Hasil Pengujian dengan Alat DCP (STA 1 + 350).....	77
4.4 Nilai CBR Titik Pengamat (STA 1 + 350 s.d STA 2 + 850).....	78
4.5 Nilai CBR <sub>segmen</sub> dengan Metode Analitis (STA 1 + 350 s.d STA 2 + 850).....	81
4.6 Nilai CBR <sub>segmen</sub> dengan Metode Grafis (STA 1 + 350 s.d STA 2 + 850).....	82
4.7 Faktor Penyesuaian Modulus Tanah Dasar Akibat Variasi Musiman.....	84
4.8 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR).....	88
4.9 Rencana Volume LHRT.....	89
4.10 Faktor Distribusi Lajur ( $D_L$ ).....	90
4.11 Pemilihan Jenis Perkerasan.....	91
4.12 Nilai CBR Desain Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Tahun 2013.....	93
4.13 Solusi Pondasi Jalan Minimum.....	94
4.14 Bagan Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum Termasuk CTB <sup>1</sup> .....	100

4.15 Hasil Perbandingan Metode Manual Desain Perkerasan Tahun 2013 dengan Metode Analisa Komponen.....	118
4.16 Hasil Perbandingan sebelum dan sesudah Stabilisasi Tanah Dasar dalam metode Analisa Komponen.....	119

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan salah satu prasarana perhubungan darat yang mempunyai peranan penting bagi pertumbuhan perekonomian, sosial budaya, pengembangan wilayah pariwisata, dan pertahanan keamanan untuk menunjang pembangunan nasional. Transportasi sebagai salah satu sarana penunjang dalam pembangunan suatu negara. Dalam hal ini sarana dan prasarana transportasi adalah salah satu faktor yang utama.

Untuk itu diperlukan pembangunan jaringan jalan yang memadai agar mampu memberikan pelayanan yang optimal sesuai dengan kapasitas yang diperlukan. Selain perencanaan geometrik jalan, perkerasan jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang harus direncanakan secara efektif dan efisien, karena kebutuhan tingkat pelayanan jalan semakin tinggi, maka perlu adanya peningkatan kualitas sistem dan prasarana jalan, diantaranya adalah kebutuhan akan jalan yang aman dan nyaman.

Perkerasan berfungsi untuk melindungi tanah dasar (*subgrade*) dan lapisan-lapisan pembentuk perkerasan supaya tidak mengalami tegangan dan regangan yang berlebihan oleh akibat beban lalu lintas. Perkerasan merupakan struktur yang diletakkan pada tanah dasar, yang memisahkan antara ban kendaraan dengan tanah dasar yang berada di bawahnya. Perkerasan harus memberikan permukaan yang rata dengan kekesatan tertentu, dengan umur pelayanan yang cukup panjang, serta pemeliharaan yang minimum.

Jalan Ir. Soekarno merupakan salah satu bagian jalan di kota Palangka Raya yang sampai saat ini belum selesai pembangunannya. Pembangunan jalan ini merupakan perkerasan jalan baru dengan perencanaan menggunakan perkerasan lentur (*flexible pavement*). Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Salah satu cara untuk mengatasi agar tebal perkerasan tidak mudah mengalami kerusakan dan dapat digunakan dalam jangka waktu yang relatif lama, maka perlu diadakan studi kasus untuk mendapatkan tebal perkerasan yang terbaik. Sehubungan dengan permasalahan diatas tentu memerlukan metode yang efektif dan efisien untuk merencanakan tebal perkerasan agar diperoleh hasil yang ekonomis, tetapi tetap mengacu terhadap kenyamanan, keamanan, serta keselamatan bagi pengendara.

Dalam perencanaan tebal perkerasan banyak metode-metode yang dapat digunakan untuk perencanaan tersebut. Tetapi dalam perencanaan ini yang diambil sebagai judul tugas akhir yaitu Perencanaan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) Dengan Metode Manual Desain Perkerasan Tahun 2013 (Studi Kasus Jalan Ir. Soekarno Kota Palangka Raya).

## 1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana variasi nilai CBR dan nilai akumulasi beban sumbu standar kumulatif ?
2. Bagaimana tebal perkerasan yang direncanakan sesuai dengan metode Manual Desain Perkerasan Tahun 2013 pada Jalan Ir. Soekarno Kota Palangka Raya ?

### 1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari penelitian yang cukup meluas dan untuk memberikan arah yang jelas serta untuk memudahkan dalam penyelesaian permasalahan yang sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, maka perlu adanya pembatasan masalah yaitu sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian yaitu Jalan Ir. Soekarno Kota Palangka Raya sepanjang 1,5 km dari Sta. 1+350 s.d 2+850
2. Tidak merencanakan perhitungan biaya.
3. Tidak menghitung perencanaan drainase untuk perkerasannya.
4. Pembahasan ini hanya pada perencanaan perkerasan jalan.
5. Sebagai bahan pembandingan penelitian ini digunakan Metode Analisa Komponen.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui variasi nilai CBR dan nilai akumulasi beban sumbu standar kumulatif.
2. Merencanakan tebal perkerasan jalan dengan Metode Manual Desain Perkerasan Tahun 2013 pada Jalan Ir. Soekarno Kota Palangka Raya.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan melalui penelitian ini adalah :

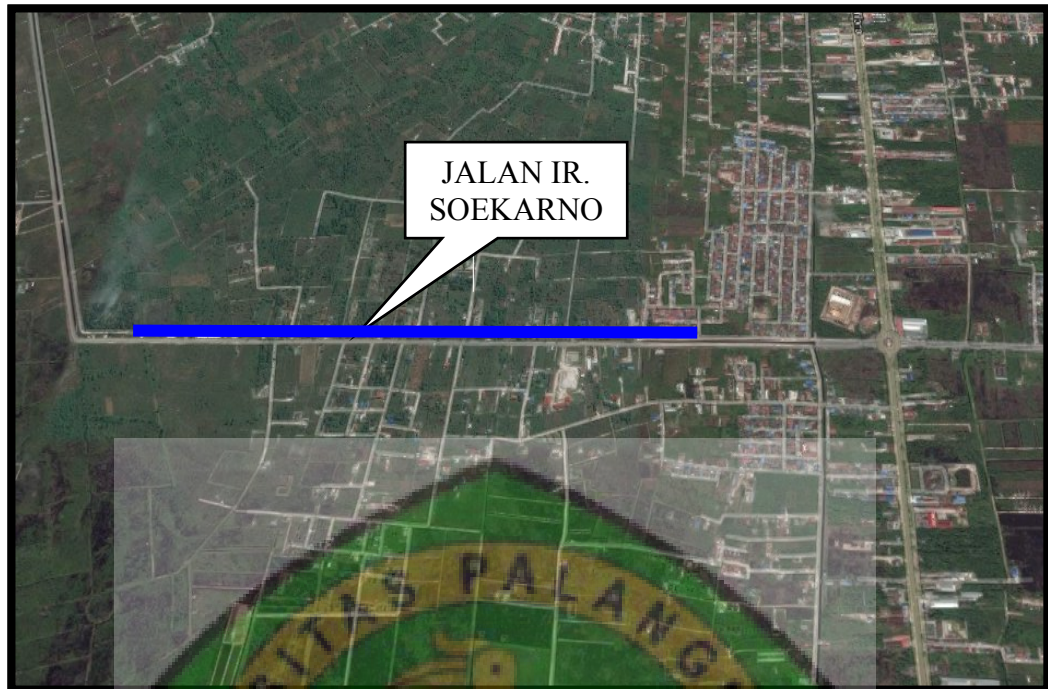
1. Mengetahui perencanaan perkerasan lentur dengan Metode Manual Desain Perkerasan Tahun 2013.
2. Menambah pengetahuan tentang bagaimana mengetahui variasi nilai CBR dan nilai akumulasi beban sumbu standar kumulatif serta mendapatkan *output* berupa tebal perkerasan jalan dengan Metode Manual Desain Perkerasan Tahun 2013.
3. Diharapkan dapat menjadi referensi dalam pemilihan metode perencanaan perkerasan jalan.

### 1.6 Lokasi Penelitian

Adapun lokasi objek penelitian yang akan ditinjau pada penelitian ini adalah pada ruas Jalan Ir. Soekarno jalur sebelah kanan apabila dari Jalan RTA. Milono yang mengarah ke Jalan G. Obos Kota Palangka Raya.



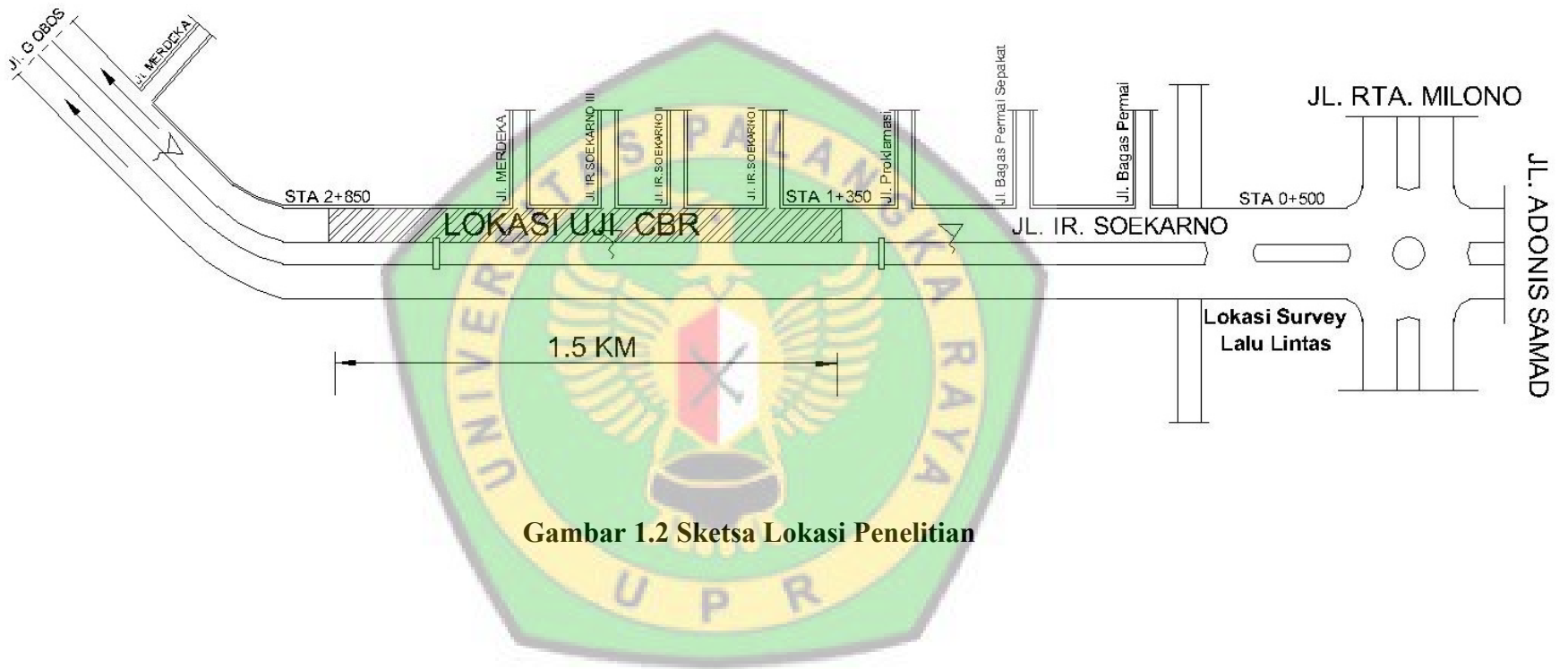
Lokasi jalan tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.1



*Sumber: Google Maps*

**Gambar 1.1 Lokasi Penelitian**





**Gambar 1.2 Sketsa Lokasi Penelitian**

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Tanah dalam kondisi alam jarang sekali dalam kondisi mampu mendukung beban secara berulang dari kendaraan tanpa mengalami deformasi yang besar. Karena itu, dibutuhkan suatu struktur yang dapat melindungi tanah dari beban roda kendaraan. Struktur ini disebut perkerasan (*pavement*). Perkerasan adalah lapisan kulit (permukaan) keras yang diletakkan pada formasi tanah setelah selesainya pekerjaan tanah atau dapat didefinisikan sebagai suatu struktur yang memisahkan antara ban dan kendaraan dengan tanah pondasi yang berada di bawahnya. Lapis yang berada di antara tanah dan roda dapat dibuat dari bahan khusus yang terpilih disebut lapis keras/perkerasan/*pavement*.

Guna dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada si pemakai jalan, maka konstruksi perkerasan haruslah memenuhi syarat dalam berlalu lintas dan kekuatan atau struktural. Syarat-syarat tersebut adalah:

a. Syarat-syarat berlalu lintas

Adapun syarat-syarat dalam hal berlalu lintas adalah sebagai berikut:

- (1) Permukaan rata, tidak bergelombang, tidak melendut, dan tidak berlubang.
- (2) Permukaan cukup kuat, sehingga tidak mudah berubah untuk akibat beban yang bekerja di atasnya.
- (3) Permukaan cukup kesat, memberikan gesekan yang baik antara ban dan permukaan jalan sehingga tidak mudah selip.
- (4) Permukaan tidak mengkilap, tidak silau jika kena sinar matahari.

b. Syarat-syarat kekuatan/struktural

Adapun syarat-syarat kekuatan/strukturalnya adalah sebagai berikut:

- (1) Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban/muatan lalu lintas ke tanah dasar.
- (2) Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan di bawahnya.
- (3) Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat dialirkan.
- (4) Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

Untuk mendapatkan perkerasan yang memiliki daya dukung yang baik dan memenuhi faktor keawetan dan faktor ekonomis yang diharapkan maka perkerasan dibuat berlapis-lapis. Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas:

- (a) Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
- (b) Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan plat beton tanpa atau dengan menggunakan tulangan sebagai bahan pada lapis atasnya, yang berada di tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah.
- (c) Konstruksi perkerasan komposit (*composit pavement*), yaitu gabungan antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur, dengan aspal di atas pelat beton maupun sebaliknya.

Perbedaan utama antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 2.1

**Tabel 2.1 Perbedaan Utama Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku**

		Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Bahan Pengikat	Aspal	Semen
2	Repetisi Beban	Timbul rutting (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok di atas perletakan
4	Perubahan Temperature	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar

*Sumber: Sukirman (1999)*

## 2.2 Klasifikasi Jalan

Pada umumnya jalan raya digolongkan dalam beberapa klasifikasi yang disesuaikan dengan yang kita tinjau. Adapun klasifikasi tersebut terdiri dari:

- a. Digolongkan berdasar beban gandar kendaraan (PPLN No.5/1964)

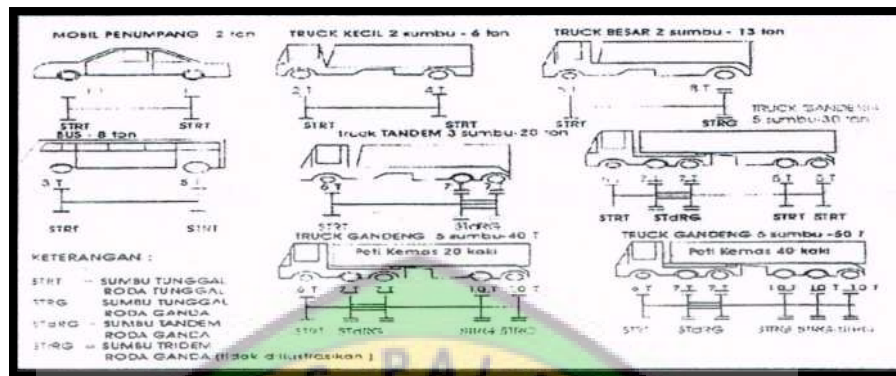
Berikut ini merupakan ketentuan dalam menentukan klasifikasi jalan yang berdasarkan beban gandar maksimum yang diijinkan untuk melewati jalan tersebut.

**Tabel 2.2 Beban Gandar Maksimal**

Kelas Jalan	Beban Gandar Maksimal
I	7,0 ton
II	5,0 ton
III	3,5 ton
IV	2,0 ton
V	1,5 ton
IIIA	2,75 ton

*Sumber: Perencanaan Geometrik Jalan Raya (1981)*

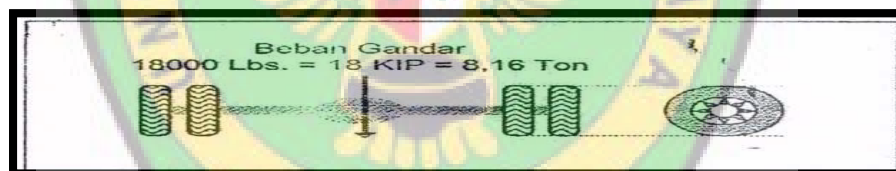
Identifikasi dan pencacahan lalu lintas dibuat dalam 2 kelompok yaitu kelompok bukan kendaraan bermotor dan kelompok kendaraan bermotor dipecah lagi menjadi beberapa kelompok jenis kendaraan. Berikut diperlihatkan berbagai jenis tipe kendaraan dan distribusi beban sumbu.



Sumber: *Konstruksi Jalan Raya II, Saodang, H (2004)*

**Gambar 2.1 Jenis Tipe Kendaraan**

Beban sumbu standar dalam perancangan perkerasan adalah berupa beban sumbu as tunggal roda ganda seberat 18 kips atau 18.000 lbs atau 8,16 ton.



Sumber: *Konstruksi Jalan Raya II, Saodang H (2004)*

**Gambar 2.2. Beban Sumbu/Gandar**

b. Digolongkan berdasarkan fungsi jalan

Jalan dapat diklasifikasi berdasarkan fungsi jalan itu sendiri. Adapun fungsi jalan tersebut dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu:

1) Menurut PPGJR No. 13/1970

Pada peraturan ini pertimbangan dilakukan berdasarkan volume dan sifat lalu lintas. Yang mana volume lalu lintas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang, yang berdasarkan operasionalnya jumlah lalu lintas harian rata-

rata (LHR).

2) Menurut UU No. 13/1980

Berdasarkan fungsi jalan menurut UU No. 13/1980, jalan dapat dibedakan atas:

a) Jalan Arteri

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

b) Jalan Kolektor

Jalan ini merupakan jalan yang melayani angkutan pengumpulan atau pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, dengan kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk yang dibatasi.

c) Jalan Lokal

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

3) Digolongkan berdasarkan wilayah administrasi

Menurut Undang-Undang tentang jalan No. 13 tahun 1980, penggolongan jalan berdasarkan wewenang pembinaan jalan yang dibagi menurut:

a) Jalan Nasional

Jalan ini merupakan jalan umum yang pembinaannya dikelola oleh Negara dan sebagai pelaksana adalah Departemen Pekerjaan Umum.

b) Jalan Daerah

Jalan ini merupakan jalan umum yang pembinaannya dikelola oleh

pemerintah daerah. Jalan daerah terdiri dari jalan provinsi, jalan kabupaten, dan jalan desa.

c) **Jalan Khusus**

Jalan ini merupakan jalan yang pembinaannya dilakukan oleh instansi, badan hukum, ataupun perorangan yang bersangkutan, contohnya jalan yang ada pada kampus.

d) **Jalan Tol**

Jalan ini merupakan jalan yang pembinaannya dilakukan oleh PT. Jasa Marga (sebagai wakil pemerintah), yang merupakan jalan alternatif dan jalan ini dipungut biaya.

### 2.3 **Konstruksi Perkerasan Lentur**

Konstruksi lapisan lentur terdiri dari lapisan-lapisan, dimana lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Sifat penyebaran gaya yang diterima setiap lapisan berbeda-beda dimana semakin ke bawah akan semakin kecil. Setiap lapisan mempunyai fungsi masing-masing dan oleh karena itu setiap lapisan memiliki perbedaan syarat-syarat yang harus dipenuhi. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari:

**a. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)**

Lapisan permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas. Fungsi lapisan ini adalah sebagai berikut:

- 1) **Struktural:** ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan. Untuk itu persyaratan yang dituntut adalah kuat, kokoh dan stabil.

- 2) Nonstruktural, dalam hal ini mencakup:
  - a) Lapis kedap air, mencegah masuknya air kedalam lapisan perkerasan yang ada di bawahnya.
  - b) Menyediakan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup.
  - c) Membentuk permukaan yang tidak licin, sehingga tersedia koefisien gerak (*skid resistance*) yang cukup, untuk menjamin tersedianya keamanan lalu lintas.
  - d) Sebagai lapisan aus, yaitu lapis yang dapat aus dan selanjutnya dapat diganti lagi dengan yang baru.

Jenis lapis permukaan menurut Spesifikasi Umum Edisi 2010 (Revisi 3) adalah sebagai berikut:

- (1) Lapis Resap Pengikat dan Lapis Perekat, merupakan penyediaan dan penghamparan bahan aspal pada permukaan yang telah disiapkan sebelumnya untuk pemasangan lapisan beraspal berikutnya. Lapis resap pengikat harus dihampar di atas permukaan pondasi tanpa bahan pengikat lapis Pondasi Agregat, sedangkan lapis perekat harus dihampar di atas permukaan berbahan pengikat (seperti: Lapis Penetrasi Macadam, Laston, Lataston dan di atas Semen Tanah, RCC, CTB, Perkerasan Beton, dll).
- (2) Lapisan Aspal Satu Lapis (Burtu) dan Laburan Aspal Dua Lapis (Burda), merupakan pelaburan aspal (*surface dressing*) yang dapat terdiri dari laburan aspal satu atau dua lapis, setiap lapis diberi pengikat aspal dan kemudian ditutup dengan butiran agregat (*chipping*). Pelaburan aspal (*surface dressing*) ini umumnya dihampar di atas Lapis Pondasi Agregat

Kelas A yang sudah diberi Lapis Resap Pengikat atau Lapis Pondasi Berbahan Pengikat Semen atau Aspal, atau di atas suatu permukaan aspal lama.

(3) Campuran Beraspal Panas

Jenis Campuran Beraspal adalah:

(a) Lapis Tipis Aspal Pasir (*Sand Sheet, SS*) Kelas A dan B

Lapis Tipis Aspal Pasir (Latastir) atau SS, terdiri dari dua jenis campuran, SS-A dan SS-B. Pemilihan SS-A dan SS-B tergantung pada tebal nominal minimum. Latastir biasanya memerlukan penambahan *filler* agar memenuhi kebutuhan sifat-sifat yang disyaratkan.

(b) Lapis Tipis Aspal Beton (*Hot Rolled Sheet, HRS*)

Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) yang selanjutnya disebut HRS, terdiri dari dua jenis campuran, HRS Pondasi (HRS-Base) dan HRS Lapis Aus (HRS *Wearing Course, HRS-WC*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. HRS-Base mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada HRS-WC.

(c) Lapis Aspal Beton (*Asphalt Concrete, AC*)

Lapis Aspal Beton (Laston) yang selanjutnya disebut AC, terdiri dari tiga campuran, AC Lapis Aus (AC-WC), AC Lapis Antara (AC-*Binder Course, AC-BC*) dan AC Lapis Pondasi (AC-*Base*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm 37,5 mm. Setiap jenis campuran AC yang menggunakan bahan Aspal Polimer atau Aspal dimodifikasi dengan Aspal Alam atau aspal multigrade disebut masing-masing sebagai AC-WC *Modified, AC- BC Modified, dan A C-Base*

*Modified.*

- (d) Lasbutag dan Latasbusir tidak digunakan.
- (e) Campuran Aspal Dingin, merupakan campuran yang dirancang agar sesuai dihampar dan dipadatkan secara dingin setelah disimpan untuk jangka waktu tertentu. Kelas C adalah campuran bergradasi semi padat dengan menggunakan aspal cair (*cut back*). Campuran kelas E adalah bergradasi terbuka dan sesuai untuk digunakan dengan aspal emulsi.
- (f) Lapis Penetrasi Macadam, merupakan penyediaan lapis permukaan atau lapis pondasi terbuat dari agregat distabilisasi oleh aspal. Pekerjaan ini dilaksanakan dimana biaya untuk menggunakan campuran aspal panas tidak mencukupi atau penyediaan instalasi campuran aspal sulit dilaksanakan akibat situasi lingkungan.

**b. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)**

Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak di antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah (atau dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah). Lapis pondasi ini berfungsi sebagai :

- 1) Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.
- 2) Lapisan peresapan untuk lapis pondasi bawah.
- 3) Bantalan terhadap lapisan permukaan.

**c. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)**

Lapis pondasi bawah adalah lapis perkerasan yang berada antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Lapis pondasi ini berfungsi sebagai :

- 1) Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar. Lapisan ini harus cukup kuat, mempunyai CBR 20 % dan plastisitas indeks (PI)  $\leq 10$  %.
- 2) Efisiensi penggunaan material. Material pondasi bawah relatif murah dibandingkan dengan lapis perkerasan di atasnya.
- 3) Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal.
- 4) Lapis peresapan, agar air tidak berkumpul di pondasi.
- 5) Lapisan pertama, agar pekerjaan dapat lancar. Hal ini sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda-roda alat besar.
- 6) Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke pondasi atas.

Jenis lapisan pondasi baik untuk lapis pondasi atas maupun lapis pondasi bawah adalah sebagai berikut:

a) Lapis Pondasi Agregat

Terdapat tiga kelas yang berbeda dari Lapis Pondasi agregat yaitu Kelas A, Kelas B dan Kelas S. Pada umumnya Lapis Pondasi Agregat Kelas A adalah mutu lapis Pondasi Atas untuk di bawah lapisan beraspal, dan Lapis Pondasi Agregat Kelas B adalah untuk Lapis Pondasi bawah. Lapis Pondasi Agregat Kelas S digunakan untuk bahu jalan tanpa penutup.

b) Lapis Pondasi Semen Tanah

Lapis pondasi Semen Tanah merupakan penyediaan lapis pondasi yang terbuat dari tanah yang diambil dari daerah sekitar yang distabilisasi dengan semen, di atas tanah dasar yang telah disiapkan, termasuk penghamparan, pembentukan, pemadatan, perawatan dan penyelesaian akhir.

c) Lapis Pondasi Atas Bersemen (CTB) dan Lapis Pondasi Bawah Bersemen (CTSB)

CTB menawarkan penghematan yang signifikan dibanding perkerasan pondasi berbutir untuk jalan yang dilewati lalu lintas sedang dan berat. Biaya CTB tersebut lebih murah secara tipikal untuk kisaran beban sumbu 2,5 sampai 30 juta CESA tergantung pada harga setempat dan kemampuan kontraktor. CTB juga menghemat penggunaan aspal dan material berbutir, kurang sensitif terhadap air dibandingkan dengan lapis pondasi berbutir, dan juga dengan biaya yang lebih murah dibandingkan dengan lapisan aspal yang berlapis-lapis. LMC (*Lean Mix Concrete*) dapat digunakan untuk pengganti CTB, dan memberi kemudahan pelaksanaan di daerah yang sempit misalnya pada pelebaran perkerasan berdampingan dengan lajur yang sedang dilalui lalu lintas.

d. **Tanah Dasar (*Subgrade*)**

Tanah dasar (*subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan yang merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar

yang berasal dari lokasi itu sendiri dan didekatnya, yang telah dipadatkan sampai tingkat kepadatan tertentu sehingga mempunyai daya dukung yang baik serta berkemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat.

#### **2.4 Perkembangan Metode Desain Struktur Perkerasan Lentur**

Hasil rancangan teknologi lapisan campuran aspal yang pertama kali diimplementasikan adalah aspal macadam. Teknologi desain struktur perkerasan juga mengalami berbagai kemajuan. Kemajuan yang telah dicapai dalam memodelkan perilaku bahan dan struktur perkerasan yang ditunjang dengan kemajuan teknologi komputer, maka desain analisis struktur yaitu tegangan regangan dan lendutan mulai banyak digunakan.

Dalam teknik perkerasan telah dikemukakan beberapa metode dalam desain perkerasan secara teori, pengalaman atau percobaan maupun penggabungan dari keduanya. Jadi, secara umum ada tiga metode dalam perencanaan perkerasan lentur, yaitu:

a. **Metode Empiris**

Pendekatan perencanaan secara empiris adalah perencanaan yang berdasarkan percobaan atau pengamatan. Pengamatan digunakan untuk membuktikan hubungan antara data masukan dan hasilnya dari sebuah proses misalnya perencanaan perkerasan dan kinerjanya. Pendekatan secara empiris sering digunakan sebagai jalan keluar ketika sangat sulit untuk menetapkan secara teori hubungan yang tepat sebab akibat dari sebuah

kejadian. Metode empiris AASHTO berdasarkan AASHO *Road Test* pada akhir tahun 1950 adalah metode yang paling umum digunakan untuk perencanaan perkerasan pada saat ini. Konsep *serviceability* diperkenalkan pada metode AASHTO sebagai perhitungan secara tak langsung menaikkan kualitas perkerasan, indeks *serviceability* didasarkan pada tegangan permukaan yang umumnya ditemukan pada perkerasan.

Kerugian dari metode empiris adalah metode ini hanya dapat diterapkan pada suatu daerah atau lingkungan, material, dan kondisi pembebanan, jika kondisi ini berubah, maka desain tidak berlaku lagi, dan metode harus dikembangkan lagi melalui percobaan *Trial and Error* untuk menyesuaikan dengan kondisi yang baru.

b. Metode Mekanistik

Metode mekanistik adalah suatu metode yang mengembangkan kaidah teoritis dari karakteristik material perkerasan, dilengkapi dengan perhitungan secara eksak terhadap respon struktur terhadap beban sumbu kendaraan. Metode mekanistik didasarkan pada *elastik* atau *viskoelastik* yang mewakili struktur perkerasan. Pada metode ini cukup mengontrol kualitas material di setiap lapisan baik, yang dipatikan berdasarkan teori analisa tegangan, regangan dan lendutan. Analisa ini juga memungkinkan perencana untuk memprediksi berapa lama perkerasan dapat bertahan. Lokasi tempat bekerjanya tegangan atau regangan maksimum akan menjadi kriteria perencana tebal struktur secara mekanistik, dimana metode ini mengasumsikan perkerasan jalan menjadi suatu struktur *multilayer (elastic structure)* untuk suatu perkerasan dan suatu struktur *beam on elastic*

*foundation* untuk perkerasan kaku. Akibat beban kendaraan yang bekerja di atasnya yang dianggap sebagai beban statis merata, maka akan menimbulkan tegangan dan regangan pada struktur tersebut.

c. Metode Mekanistik Empiris

Mekanika adalah ilmu pengetahuan dari gerakan dan gaya-gaya yang bekerja pada material. Dengan begitu, suatu pendekatan mekanistik mencari dan menjelaskan gejala-gejala sampai dampak fisik, di dalam perencanaan perkerasan jalan, hal-hal yang terjadi adalah tegangan, regangan dan lendutan di dalam suatu struktur perkerasan, dan penyebab-penyebab fisik adalah jenis bahan dan bobot struktur perkerasan.

Metode desain mekanistik-empiris didasarkan pada mekanika bahan yang berhubungan dengan data yang diperlukan seperti beban roda, respon perkerasan seperti tegangan dan regangan. Nilai respon ini digunakan untuk memprediksi tekanan dari test laboratorium dan data kinerja lapangan.

Penggunaan regangan tekan vertikal untuk mengontrol deformasi permanen didasarkan pada fakta bahwa regangan plastis sebanding dengan regangan elastis pada bahan perkerasan. Dengan demikian, dengan membatasi regangan elastis pada tanah dasar, regangan elastis pada bahan di atas tanah dasar juga dapat dikontrol atau dikendalikan, maka besarnya deformasi permanen pada permukaan juga pada akhirnya dapat dikontrol. Kedua kriteria telah diadopsi oleh *Shell Petroleum International* dan *Asphalt Institute*, dimana keuntungan dari mekanistik-empiris yang mereka ciptakan adalah peningkatan reabilitas dari desain, kemampuan untuk memprediksi jenis kerusakan, dan kemungkinan untuk memperkirakan data dari lapangan

dan laboratorium yang terbatas. Sedangkan kelemahannya adalah penentuan karakteristik struktural bahan perkerasan lentur yang memerlukan alat uji mekanistik yang relatif mahal.

## 2.5 CBR (*California Bearing Ratio*)

### 2.5.1 Pengertian CBR

CBR (*California Bearing Ratio*) merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standar load*) dan dinyatakan dalam persentase. Dinyatakan dengan persamaan:

$$\text{CBR} = \frac{P_t}{P_s} \times 100 \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:  $P_t$  = Beban Percobaan (*test load*)

$P_s$  = Beban Standar (*standar load*)

Berdasarkan cara mendapatkan contoh tanahnya, CBR dapat dibagi atas: CBR lapangan, CBR lapangan rendam, CBR rencana titik.

- a. CBR lapangan disebut juga CBR *inplace* atau *field* CBR, gunanya:
  - 1) Mendapatkan nilai CBR asli di lapangan, sesuai dengan kondisi tanah dasar saat itu.
  - 2) Untuk mengontrol apakah kepadatan yang diperoleh sudah sesuai yang diinginkan.
  - 3) Pemeriksaan dilakukan dengan meletakkan piston pada kedalaman dimana nilai CBR hendak ditentukan, lalu dipenetrasi dengan menggunakan beban yang dilimpahkan melalui gandar truk.
- b. CBR lapangan rendaman disebut juga *Undisturbed Soaked* CBR. Gunanya

untuk mendapatkan besarnya nilai CBR asli lapangan pada keadaan jenuh air, dan tanah mengalami pengembangan (*swell*) yang maksimum. Pemeriksaan dilakukan pada kondisi tanah dasar dalam keadaan jenuh air.

- c. CBR rencana titik disebut juga CBR laboratorium atau dengan CBR. Tanah dasar (*subgrade*) pada konstruksi jalan baru merupakan tanah asli, tanah galian atau timbunan yang sudah dipadatkan sampai mencapai kepadatan 95% kepadatan maksimum. CBR laboratorium dibedakan atas dua macam yaitu CBR laboratorium rendaman dan tanpa rendaman.

### 2.5.2 Nilai CBR Dari Suatu Titik Pengamatan

Daya dukung tanah dasar dinyatakan dengan nilai CBR yang menunjukkan daya dukung tanah sedalam 100 cm. Kadangkala lapis tanah dasar sedalam 100 cm itu memiliki nilai CBR yang berbeda-beda. Untuk itu perlu ditentukan nilai CBR yang mewakili satu titik pengamatan dengan menggunakan rumus *Japan Road Ass.*

$$\text{CBR ttk pengamatan} = \left( \frac{h_1 \sqrt[3]{\text{CBR}_1} + \dots + h_n \sqrt[3]{\text{CBR}_n}}{h} \right)^3 \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

$$h_1 + h_2 + \dots + h_n = h \text{ cm}$$

$h_n$  = tebal tiap lapisan tanah ke n

$\text{CBR}_n$  = nilai CBR pada lapisan ke n

### 2.5.3 CBR Segmen Jalan

Jalan dalam arah memanjang dapat melintasi berbagai jenis tanah dan kondisi medan yang berbeda. Mutu daya dukung lapisan tanah dasar dapat bervariasi dari jelek sampai dengan yang baik atau sebaliknya. Dengan demikian tidak ekonomis jika perencanaan tebal lapisan perkerasan jalan berdasarkan nilai yang terkecil dan tidak pula memenuhi syarat jika berdasarkan hanya nilai terbesar saja. Oleh karena itu sebaiknya panjang jalan dibagi atas beberapa segmen. Setiap segmen jalan memiliki suatu daya dukung tanah dasar yang hampir sama. Jadi, segmen jalan adalah bagian dari ruas jalan yang memiliki mutu daya dukung tanah, sifat tanah, dan keadaan lingkungan yang relatif sama. Setiap segmen mempunyai satu nilai CBR yang mewakili mutu daya dukung tanah dasar untuk digunakan pada perencanaan tebal lapisan perkerasan segmen jalan tersebut. Nilai  $CBR_{\text{segmen}}$  ditentukan dengan mempergunakan metode analitis ataupun dengan metode grafis.

#### a. Metode Analitis

Beberapa metode analitis dapat digunakan untuk menentukan  $CBR_{\text{segmen}}$  antara lain:

- 1) Berdasarkan nilai simpangan baku dan nilai rata-rata dari CBR yang ada dalam satu segmen.

$$CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - K.S \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

$CBR_{\text{segmen}}$  = CBR yang mewakili nilai CBR satu segmen

$CBR_{\text{rata-rata}}$  = CBR rata-rata dalam satu segmen

S = nilai simpangan baku dari seluruh data yang ada dalam satu segmen

K = konstanta yang ditentukan berdasarkan tingkat kepercayaan yang digunakan yaitu:

K = 2,50; jika tingkat kepercayaan = 98%

K = 1,96; jika tingkat kepercayaan = 95%

K = 1,64; jika tingkat kepercayaan = 90%

K = 1,00; jika tingkat kepercayaan = 68%

2) Metode *Japan Road Association* (1976)

$$CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - (CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}})/R \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

$CBR_{\text{segmen}}$  = CBR yang mewakili nilai CBR satu segmen

$CBR_{\text{rata-rata}}$  = CBR rata-rata dalam satu segmen

$CBR_{\text{maks}}$  = CBR maksimum dalam satu segmen

$CBR_{\text{min}}$  = CBR minimum dalam satu segmen

R = Konstanta seperti tabel 2.3, berdasarkan jumlah data CBR titik pengamatan dalam satu segmen

Nilai  $CBR_{\text{segmen}}$  menggunakan rumus 2.3 hampir sama dengan nilai yang diperoleh dengan rumus 2.4 untuk nilai  $K= 1$

**Tabel 2.3 Nilai R untuk Menghitung  $CBR_{\text{segmen}}$**

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
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: Japan Road Association (1976)

b. Metode Grafis

Nilai  $CBR_{\text{segmen}}$  dengan menggunakan metode grafis merupakan nilai presentil ke 90 dari data CBR yang ada dalam satu segmen.  $CBR_{\text{segmen}}$  adalah nilai CBR dimana 90 % dari data yang ada dalam segmen memiliki nilai CBR lebih besar dari nilai  $CBR_{\text{segmen}}$ . Langkah-langkah menentukan nilai  $CBR_{\text{segmen}}$  menggunakan metode grafis adalah sebagai berikut:

- 1) Tentukan nilai CBR terkecil
- 2) Susunlah nilai CBR dari yang terkecil ke yang terbesar, dan tentukan jumlah data dengan nilai CBR yang sama atau lebih besar dari setiap nilai CBR. Pekerjaan ini disusun secara tabelaris
- 3) Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%
- 4) Gambarkan hubungan antara nilai CBR dan persentase dari butir 3
- 5) Nilai  $CBR_{\text{segmen}}$  adalah nilai pada angka 90% sama atau lebih besar dari nilai CBR yang tertera

#### 2.5.4 Penetrometer Konus Dinamis (*Dynamic Cone Penetrometer*)

Daya dukung lapisan tanah dasar yang telah dipadatkan dapat diukur langsung dilapangan dengan melakukan pengujian CBR lapangan atau korelasi dari nilai empiris hasil pengujian penetrometer konus dinamis (*dynamic cone penetrometer*). Analisa data lapangan dilakukan dengan menggunakan nilai kumulatif tumbukan untuk mencapai kedalaman penetrasi tertentu seperti pada rumus 2.5 dibawah ini.

$$DN = \frac{D}{N} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

D = Kedalaman penetrasi, mm

N = jumlah pukulan untuk mencapai kedalaman D mm

Untuk menentukan Korelasi Nilai DCP dengan CBR dapat dilihat pada rumus berikut:

DCP kerucut 60°:

$$\text{Log}_{10} (\text{CBR}) = 2,8135 - 1,313 \text{ Log}_{10} \text{ DN} \dots\dots\dots (2.6)$$

DN dalam mm/tumbukan

DCP kerucut 30°:

$$\text{Log}_{10} (\text{CBR}) = 1,352 - 1,125 \text{ Log}_{10} \text{ DN} \dots\dots\dots (2.7)$$

DN dalam mm/tumbukan

Rumus Korelasi antara nilai CBR dengan DDT adalah:

$$\text{DDT} = 4,3 \text{ Log CBR} + 1,7 \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

DDT = Daya Dukung Tanah Dasar

CBR = CBR Segmen

Uji DCP, alat ini digunakan untuk menentukan nilai CBR *sub base* atau *base course* suatu perkerasan secara cepat dan praktis. Biasa dilakukan sebagai pekerjaan *quality control* pekerjaan pembuatan jalan.

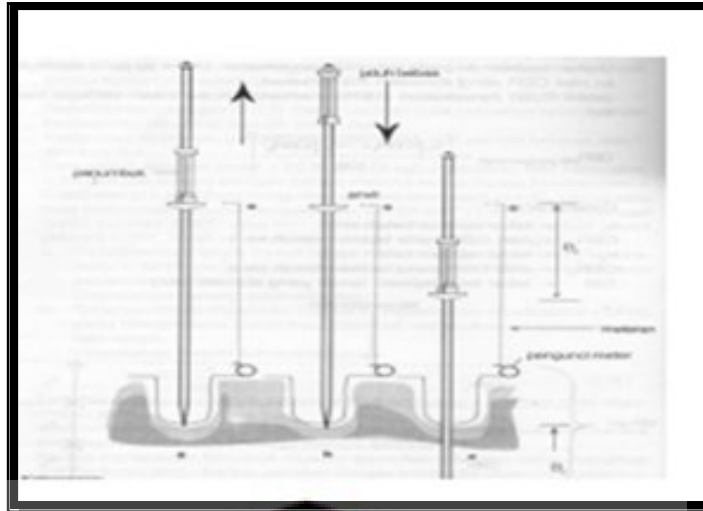
Umumnya alat ini digunakan pada perencanaan jalan raya dan konstruksi berupa timbunan (*embankment*) dengan maksud dan tujuan sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui ketebalan lapisan dangkal dari tanah lunak atau kedalaman sampai batuan.

- b. Untuk pengukuran (dengan cepat) sifat-sifat struktur jalan yang sudah ada dengan konstruksi lapisan perkerasan jalan raya yang materialnya lepas (tak terikat).
- c. Untuk menentukan daya dukung tanah dangkal secara cepat. Pada perencanaan perkerasan jalan, baik jalan raya maupun jalan inspeksi (pada tanggul saluran irigasi).

Pengujian dengan alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) ini pada dasarnya sama dengan *Cone Penetrometer* (CP) yaitu sama-sama mencari nilai CBR dari suatu lapisan tanah langsung di lapangan. Hanya saja pada alat *Cone Penetrometer* dilengkapi dengan poving ring dan arloji pembacaan sedangkan pada alat *Dynamic Cone Penetrometer* adalah melalui ukuran (satuan) dengan menggunakan mistar.

Percobaan dengan alat *Cone Penetrometer* digunakan untuk mengetahui CBR tanah asli. Sedangkan percobaan alat dengan DCP ini hanya untuk mendapat kekuatan tanah timbunan pada pembuatan badan jalan, alat ini dipakai pada pekerjaan tanah karena mudah dipindahkan ke semua titik yang diperlukan tetapi letak lapisan yang diperiksa tidak sedalam pemeriksaan tanah dengan alat sondir. Hasil yang diperoleh pada percobaan ini dapat dihubungkan dengan nilai CBR (perbandingan antara beban parsial suatu lapisan tanah atau perkerasan terhadap beban standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama). Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat seperti tampak pada Gambar 2.3



Sumber: Wesley (1988)

**Gambar 2.3 Alat Uji DCP**

Penumbuk dengan berat 8 kg dijatuhkan dari ketinggian 575 mm dengan bebas melalui sebuah pipa berdiameter  $\phi 16$  mm yang ditahan oleh landasan (*anvil*) dengan sudut puncak =  $30^\circ$  atau  $60^\circ$ . Di Indonesia umumnya digunakan sudut puncak  $30^\circ$ . Hasil pemeriksaan dapat dinyatakan dengan:

- a. Penetrabilitas Skala Penetrometer (*Scale of Penetrometer Penetrability* = SPP) yang menyatakan mudah atau tidaknya melakukan penetrasi ke dalam tanah.
- b. Tahanan Skala Penetrasi (*Scale of Penetration Resistance* = SPR) yang menyatakan sukar atau tidaknya melakukan penetrasi ke dalam tanah. Dinyatakan dalam tumbukan/cm.

Harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100 % dalam memikul beban lalu lintas. CBR lapangan digunakan untuk:

- 1) Memperoleh nilai CBR asli di lapangan, sesuai dengan kondisi tanah dasar saat itu. Umum digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi. Pemeriksaan dilakukan dalam kondisi kadar air tanah tinggi (musim penghujan) atau dalam kondisi terburuk yang mungkin terjadi.
- 2) Memeriksa apakah kepadatan yang diperoleh sesuai dengan yang diinginkan. Pemeriksaan untuk tujuan ini tidak umum digunakan, lebih sering menggunakan pemeriksaan yang lain seperti kerucut pasir (*Sand Cone*) dan lain-lain.

CBR lapangan ialah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan atau lapisan/bahan tanah atau perkerasan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Nilai CBR lapangan pada umumnya digunakan untuk perencanaan lapis tambahan (*overlay*). Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain: cetakan CBR, dongkrak mekanis yang dipasang dibawah truk atau portal besi yang diangkur, dengan alat tambahan antara lain alat penggali, *waterpass*.

Spesifikasi alat adalah sebagai berikut:

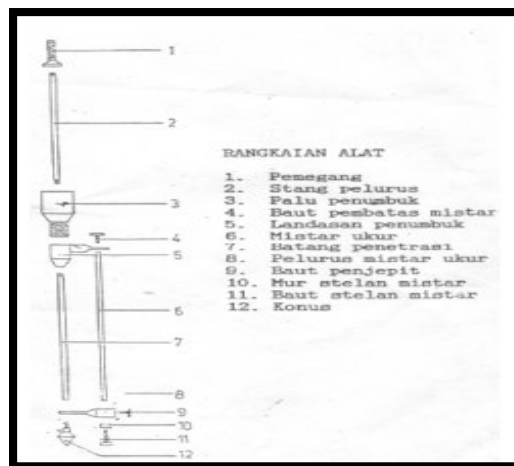
Konus : Baja yang diperkeras, sudut kemiringan  $60^\circ$

Penumbuk : Berat 8 kg dan tinggi jatuh 575 mm

Mistar Penetrasi : 100 cm

Stang Penetrasi :  $\Phi 16$  mm

Untuk jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.4



Sumber: Buku Petunjuk Penggunaan Alat DCP

**Gambar 2.4 Alat Uji CBR Lapangan**

Alat pemilihan DCP sebagai alat memperoleh nilai CBR adalah sebagai berikut:

a) Pengoperasian yang Praktis

Peralatan ini cukup dioperasikan oleh 2 orang operator saja. Tanpa memerlukan perhitungan khusus, pekerjaan *quality control* menjadi cepat dan efisien tanpa mengabaikan keterangan hasil pengukuran.

b) *Portable*

Alat ini didesain khusus agar mudah dibawa kemanapun juga. Rangkaian alat dapat dibongkar pasang dengan mudah dan cepat.

Menurut Wesley (1988) untuk menentukan nilai CBR *sub base* atau *base course* suatu perkerasan secara cepat dan praktis. Biasa dilakukan sebagai pekerjaan *quality control* pekerjaan pembuatan jalan dapat menggunakan dengan alat DCP. Tujuan dari pengujian DCP adalah:

- (1) Agar dapat menyelidiki tebal dan jenis bahan untuk setiap lapis perkerasan.
- (2) Untuk mengukur pengaruh pemadatan yang disebabkan oleh lalu lintas normal.

**Tabel 2.4 Klasifikasi Nilai CBR**

CBR (%)	Keterangan
0-3	Sangat Buruk
3-7	Buruk
7-20	Sedang
20-50	Baik
>50	Sangat Baik

Sumber: Wesley (1988)

## 2.6 Metode Analisa Komponen Perkerasan

Pada saat ini telah ada metode Pt T-01-2002-B yang mengacu kepada AASHTO 1993, walaupun demikian metode SNI 1732-1989-F dapat tetap digunakan terutama untuk lalu lintas rendah atau jika data perencanaan yang tersedia kurang lengkap.

### 2.6.1 Lalu Lintas

#### a. Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lapisan perkerasan diletakkan di atas tanah dasar pada saluran badan jalan. Keuntungannya air yang jatuh dapat segera dialirkan keluar lapisan perkerasan. Jumlah jalur berdasarkan lebar perkerasan dapat dilihat dalam Tabel 2.5.

**Tabel 2.5 Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan**

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Jalur (n)
$L < 5,50 \text{ M}$	1 jalur
$5,50 < L < 8,25 \text{ M}$	2 jalur
$8,25 < L < 10,25 \text{ M}$	3 jalur
$11,25 < L < 15,80 \text{ M}$	4 jalur
$15,80 < L < 18,75 \text{ M}$	5 jalur
$18,75 < L < 20,00 \text{ M}$	6 jalur

Sumber: SNI-1732-1989

- b. Daftar koefisien distribusi kendaraan (C).

Untuk kendaraan ringan dan berat lewat pada jalur ditentukan menurut daftar Tabel 2.6 di bawah ini.

**Tabel 2.6 Koefisien Distribusi Kendaraan**

Jumlah Jalur (n)	Kendaraan Ringan *)		Kendaraan Berat **)	
	1 Arah	2 Arah	3 Arah	4 Arah
1 jalur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 jalur	0,60	0,50	0,70	1,00
3 jalur	0,40	0,40	0,80	0,475
4 jalur	-	0,30	-	0,45
5 jalur	-	0,25	-	0,425
6 jalur	-	0,0	-	0,40

*Keterangan:*  
 \*) Berat total < 5 ton, misalnya mobil penumpang, pick up, mobil hantaran.  
 \*\*) Berat total > 5 ton, misalnya bus, truck, traktor, semi trailer, trailer.

Sumber: SNI-1732-1989

Angka Ekuivalen (E) beban sumbu kendaraan Ekuivalen (E) masing – masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus:

$$Sumbu Tunggal = \frac{éBeban\ suatu\ Sumbu\ (Kg)ù^4}{8160} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$Sumbu Ganda = 0,086 \frac{éBeban\ suatu\ Sumbu\ (Kg)ù^4}{8160} \dots\dots\dots (2.10)$$

Angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan ditetapkan dalam Tabel 2.7.

**Tabel 2.7 Angka Ekivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan**

Beban Sumbu		Angka Ekivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	13432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1,0000	0,0860
9000	19941	1,4798	0,1273
10000	22016	2,2535	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	28660	6,4410	0,5540
14000	30864	7,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9820
16000	35276	14,7815	1,2712

Sumber: SNI-1732-1989

- c. Lalu lintas harian rata – rata dan rumus lintas Ekivalen.

Lalu lintas harian rata – rata (LHR) setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing – masing arah pada jalan dengan median.

Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) dihitung dengan rumus:

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \cdot C_j \cdot E_j \dots\dots\dots (2.11)$$

**Catatan:** j = jenis kendaraan

Lintas Ekivalen Akhir (LEA) dihitung dengan rumus:

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1 - i)^{UR} \cdot C_j \cdot E_j \dots\dots\dots (2.12)$$

**Catatan:**  $i$  = perkembangan lalu lintas.

$j$  = jenis kendaraan.

Lintas Ekuivalen Tengah (LET), dihitung dengan rumus sebagai berikut:

(2.13)

Lintas Ekuivalen Rencana (LER), dihitung dengan rumus:

.....(2.14)

FP = Faktor tersebut di atas ditentukan dengan rumus

FP =  $UR / 10$

### 2.6.2 Daya Dukung Tanah (DDT) dan CBR

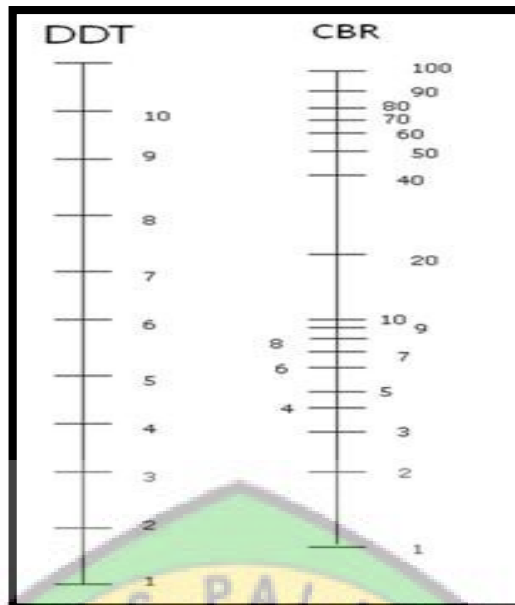
Korelasi DDT (Daya Dukung Tanah Dasar) dan CBR diperoleh dari grafik

Korelasi DDT dan CBR. Hubungan nilai CBR dengan garis mendatar

kesebelah kiri diperoleh nilai DDT. Daya dukung tanah dasar ditetapkan

berdasarkan grafik korelasi yang terdapat pada Gambar 2.7





Sumber: SNI 1732-1989-F

**Gambar 2.7 Korelasi DDT dan CBR**

## 2.6.2

### 2.6.3 Faktor Regional (FR)

Dalam penentuan tebal perkerasan tentunya dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya faktor regional (FR). Faktor regional ini dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan lingkungan) persentase kendaraan berat dan yang berhenti serta iklim (curah hujan).

Untuk mengetahui nilai Faktor Regional (FR) dapat dilihat pada Tabel 2.8

**Tabel 2.8 Faktor Regional (FR)**

	KELANDAIAAN I ( < 6 %)		KELANDAIAAN II (6 – 10 %)		KELANDAIAAN III (> 10 %)	
	% kendaraan Berat		% kendaraan berat		% kendaraan berat	
	< 30 %	> 30 %	< 30 %	> 30 %	< 30 %	> 30 %
Iklm II < 900 mm / Thn	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklm I > 900 mm / Thn	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,5 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

*Catatan : Pada bagian – bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari – jari 30 m) FR ditambah dengan 0,5 pada daerah rawa – rawa FR ditambah dengan 1,0.*

Sumber: SNI 1732-1989-F

#### 2.6.4 Nilai Indeks Permukaan ( $IP_t$ )

Indek permukaan ini menyatakan nilai dan pada kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Adapun beberapa nilai  $IP_t$  beserta artinya adalah seperti yang tersebut di bawah ini:

$IP_t = 1,0$  :adalah menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.

$IP_t = 1,5$  :adalah tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus).

$IP_t = 2,0$  :adalah tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih mantap.

$IP_t = 2,5$  :adalah menyatakan permukaan jalan yang masih cukup stabil.

Dalam menentukan indeks permukaan ( $IP_i$ ) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas ekuivalen rencana (LER), menurut daftar Tabel 2.9 di bawah ini:

**Tabel 2.9 Daftar Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (Ipt)**

LER = Lintas Ekuivalen Rencana *)	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
10 – 100	1,5	1,5 – 2,0	2,0	-
100 – 1000	1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	-
> 1000	-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

*Catatan: \*) LER dalam satuan angka ekuivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal. Pada proyek – proyek panjang jalan maka SP dapat diambil 1,0.*

Sumber: SNI-1732-1989

Penentuan indeks permukaan awal umur rencana ( $Ipo$ ) perlu diperhatikan jenis permukaan jalan (kerataan/kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana, menurut daftar Tabel 2.10 di bawah ini :

**Tabel 2.10 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (Ipo)**

Jenis Lapis Perkerasan	Ipo	Roughness *) (mm/km)
Laston	> 4	< 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
Lasbutag	3,9 – 3,5	> 2000
	3,4 – 3,5	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	> 2000
	3,4 – 3,5	> 2000
Burda	3,9 – 3,5	> 2000
Burtu	3,4 – 3,5	> 2000
Lapen	3,4 – 3,5	> 3000
	2,9 – 2,5	> 3000
Latasbum	2,9 – 2,5	-
Buras	2,9 – 2,5	-
Latasir	2,9 – 2,5	-
Jalan Tanah	< 2,4	-
Jalan kerikil	< 2,4	-

Sumber: SNI 1732-1989-F

### 2.6.5 Daftar Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif (a) masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai nilai *Marshall Test* (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur), atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah) seperti yang terdapat pada Tabel 2.11. Jika alat *Marshall Test* tidak tersedia, maka kekuatan (stabilitas) bahan beraspal bisa diukur dengan cara lain seperti *Hveem Test*, *Hubbard Field*, dan *Smith Triaxial*. Dapat dilihat pada Tabel 2.11 untuk menentukan koefisien kekuatan relatif.

**Tabel 2.11 Koefisien Kekuatan Relatif (a)**

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	MS (Kg)	Kt (kg/cm <sup>2</sup> )	CB R (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,30	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	Asbuton
0,25	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,25	-	-	340	-	-	Aspal Macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (Mekanis)
0,70	-	-	-	-	-	Lapen (Manual)
-	0,28	-	590	-	-	Laston Atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (Mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (Manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stabilitas tanah dengan semen
-	0,13	-	-	18	-	

Sumber: SNI-1732-1989

Tabel 2.11 (Lanjutan) Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	MS (Kg)	Kt (Kg/cm <sup>2</sup> )	CBR (%)	
-	0,15	-	-	22	-	Stabilitas tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
	0,14				100	Pondasi macadam (basah)
	0,12				60	Pondasi macadam (kering)
-	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

*Catatan: Kekuatan tekan stabilitas tanah dengan semen diperiksa pada hari ketujuh, kuat stabilitas tanah dengan kapur diperiksa pada hari ke-21.*

Sumber: SNI-1732-198

### 2.6.6 Indeks Tebal Perkerasan ( $\overline{ITP}$ )

$\overline{ITP}$  adalah angka yang menunjukkan nilai struktural perkerasan jalan yang terdiri dari beberapa lapisan dengan mutu yang berbeda. Oleh karena itu untuk menentukan  $\overline{ITP}$  diperlukan koefisien relatif sehingga tebal perkerasan setiap lapis setelah dikalikan dengan koefisien relatif dapat dijumlahkan. Jadi  $\overline{ITP}$  dihitung seperti rumus berikut:

$$\overline{ITP} = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 \dots \dots \dots (2.15)$$

Keterangan:

$\overline{ITP}$  = Indeks Tebal Perkerasan

a<sub>1</sub> = Koefisien kekuatan relatif lapis permukaan

a<sub>2</sub> = Koefisien kekuatan relatif lapis pondasi

$a_3$  = Koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah

$D_1$  = Tebal lapis permukaan

$D_2$  = Tebal lapis pondasi

$D_3$  = Tebal lapis pondasi bawah

Secara grafis digambarkan dalam bentuk nomogram. Dengan menggunakan nomogram tersebut, diperoleh Indeks Tebal Perkerasan  $\overline{ITP}$  Jalan. Indeks tebal perkerasan untuk menentukan tebal minimum dan jenis bahan lapis permukaan dapat dilihat pada Tabel 2.12 untuk lapis pondasi dapat dilihat pada Tabel 2.13 dan untuk lapis pondasi bawah dapat dilihat pada Tabel 2.14.

**Tabel 2.12 Lapis Permukaan**

<b>ITP</b>	<b>Tebal Minimum (cm)</b>	<b>Bahan</b>
<3,0		Lapis pelindung, Buras, Burtu/Burda
3,00 – 6,70	5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbuton, Laston
6,71 – 7,49	7,5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, asbuton, Laston
7,50 – 9,99	7,5	Lasbuton, Laston
>10,00	10	Laston

Sumber: SNI-1732-1989

**Tabel 2.13 Lapis Pondasi**

<b>ITP</b>	<b>Tebal Minimum (cm)</b>	<b>Bahan</b>
<3,0	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20*) 10	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur Laston Atas
7,50 – 9,99	20*) 15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Laston Atas

Sumber: SNI-1732-1989

**Tabel 2.13 (Lanjutan) Lapis Pondasi**

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
10 – 12,14	20	Batu pecah, stabilitas, tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas
>12,25	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas
*) Batas 20 cm tersebut dapat diturunkan menjadi 15 cm bila digunakan material berbutir kasar		

Sumber: SNI-1732-1989

**Tabel 2.14 Lapis Pondasi Bawah**

Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10
--

Sumber: SNI-1732-1989

## 2.7 Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2013

Dalam metode Manual Desain Perkerasan Jalan No.02/M/BM/2013 merupakan pelengkap desain perkerasan Pd T-01-2002-B atau yang sering disebut metode Bina Marga 2002. Dalam metode ini dideskripsikan pendekatan dengan desain mekanistik, prosedur pendukung empiris, dan solusi berdasarkan *chart* yang mengakomodasi keempat tantangan seperti beban berlebih, temperatur perkerasan tinggi, curah hujan tinggi dan tanah lunak secara komprehensif. Peran dari tenaga perencana (*desainer*) tetap kritis: kondisi lapangan harus diidentifikasi secara benar dan dimasukkan dalam proses desain, desain harus cukup praktis untuk dilaksanakan, dapat dipercaya dan tepat biaya.

Pedoman desain perkerasan yang sudah ada seperti: Pd T-01-2002, Pd T-14-2003, Pd T-05-2005, dan Pedoman No.002/P/BM/2011 tetap *valid* namun solusi desain harus konsisten dengan persyaratan dalam manual ini, terutama yang

terkait dengan umur rencana, beban berlebih, faktor kerusakan, dan desain pondasi jalan. Semua desain yang diusulkan harus memenuhi persyaratan dalam manual ini. Dan juga dalam manual ini memiliki tantangan ke lima yaitu: mutu konstruksi yang harus ditingkatkan dengan peningkatan profesionalisme industri konstruksi jalan. Peningkatan komprehensif dalam kinerja aset jalan mengharuskan ke lima tantangan tersebut teratasi. Manual Desain Perkerasan ini mewakili salah satu langkah-langkah penting dalam peningkatan manajemen dan kinerja aset jalan.

Metode ini secara umum hampir sama dengan Metode Bina Marga 2002, dimana masih dipakai beberapa parameter-parameter pada Metode Bina marga 2002. Namun demikian terdapat beberapa perubahan-perubahan dan penambahan parameter yang digunakan, begitu juga beberapa rumus yang dirubah, sehingga terdapat perubahan yang cukup jelas dalam penentuan nilai tebal perkerasan. Parameter-parameter berikut adalah parameter yang mengalami perubahan dari parameter Bina Marga 2002 maupun ditambah adalah sebagai berikut:

### **2.7.1 Umur Rencana**

Umur rencana perkerasan baru seperti yang terdapat di dalam Tabel 2.15

**Tabel 2.15 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru**

<b>Jenis Perkerasan</b>	<b>Elemen Perkerasan</b>	<b>Umur Rencana (tahun)</b>
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Pondasi jalan	40
	Semua lapisan perkerasan untuk area yang tidak diijinkan sering ditinggikan akibat pelapisan ulang, misal: jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan. <i>Cement Treated Base</i>	
Perkerasan Kaku	Lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis beton semen, dan pondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen	Minimum 10


Sumber: MDP (2013)

### **2.7.2 Pemilihan Struktur Perkerasan**

*Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi sesuai perkiraan lalu lintas, umur rencana, dan kondisi pondasi jalan. Batasan di dalam Tabel 2.16 tidak absolut. Desainer juga harus mempertimbangkan biaya selama umur pelayanan terendah, batasan dan kepraktisan konstruksi. Solusi alternatif diluar solusi desain awal berdasarkan manual ini harus didasarkan pada biaya-biaya umur pelayanan discounted terendah.*

*Pemilihan jenis perkerasan dapat dilihat pada Tabel 2.16*

**Tabel 2.16 Pemilihan Jenis Perkerasan**

Struktur Perkerasan	Desain	ESA 20 tahun (juta) (pangkat 4 kecuali disebutkan lain)				
		0-0,5	0,1-4	4-10	10-30	>30
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat	4			2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (desa dan daerah perkotaan)	4A		1,2			
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (pangkat 5)	3				2	
AC dengan CTB (pangkat 5)	3			2		
AC tebal $\geq 100$ mm dengan lapis pondasi berbutir (pangkat 5)	3A			1,2		
AC atau HRS tipis diatas lapis pondasi berbutir	3		1,2			
Burda dan Burtu dengan LPA kelas A atau batuan asli	Gambar 6	3	3			
Lapis Pondasi Soil Cement	6	1	1			
Perkerasan tanpa penutup	Gambar 6	1				
 <p>Solusi yang lebih diutamakan (lebih murah)</p> <p>Alternatif</p>						

**Catatan: tingkat kesulitan: 1. Kontraktor kecil-medium**

**2. Kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai**

**3. Membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus dibutuhkan kontraktor spesialis Burda**

### 2.7.3 Lalu Lintas

a. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas didasarkan pada data pertumbuhan historis atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lalu lintas yang *valid*, bila tidak ada maka dapat digunakan sebagai nilai minimum seperti pada Tabel 2.17.

**Tabel 2.17 Perkiraan Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas**

	2011-2020	>2021-2030
Arteri dan Perkotaan (%)	5	4
Kolektor Rural (%)	3.5	2.5
Jalan Desa (%)	1	1

Sumber: MDP (2013)

Untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung sebagai berikut:

$$R = \frac{(1 + 0.1i)^{UR} - 1}{0.01i} \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan: R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

UR = umur rencana (tahun)

i = tingkat pertumbuhan tahunan (%)

b. Faktor distribusi Lajur dan Kapasitas Lajur

Faktor distribusi lajur untuk kendaraan niaga (truk dan bus) ditetapkan pada Tabel 2.18. Kapasitas pada lajur desain tidak boleh melampaui kapasitas lajur selama umur rencana. Kapasitas lajur mengacu kepada Permen PU No. 19/PRT/M/2011 mengenai Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan berkaitan Rasio Volume Kapasitas (RVK) yang

harus dipenuhi. Kapasitas lajur maksimum agar mengacu pada MKJI. Dapat dilihat pada Tabel 2.18.

**Tabel 2.18 Faktor Distribusi Lajur (DL)**

Jumlah lajur	Kendaraan niaga pada lajur rencana
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber: MDP (2013)

c. Perkiraan Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Dalam Manual Desain Perkerasan Tahun 2013 istilah angka ekivalen beban gandar sumbu kendaraan yang digunakan adalah faktor ekivalen beban (VDF). Perhitungan beban lalu lintas yang akurat sangatlah penting. Beban lalu lintas tersebut diperoleh dari:

- 1) Studi jembatan timbang/timbang statis lainnya khusus untuk ruas jalan yang didesain.
- 2) Studi jembatan yang telah pernah dilakukan sebelumnya dan dianggap cukup representatif untuk ruas jalan yang didesain.
- 3) Klasifikasi Kendaraan dan Nilai VDF Standar.
- 4) Data WIM Regional yang dikeluarkan oleh Direktorat Bina Teknik.

Jika survei beban lalu lintas menggunakan survei timbangan *portable*, sistim harus mempunyai kapasitas beban satu pasangan roda ganda minimum 18 ton atau kapasitas beban satu sumbu minimum 35 ton.

d. Beban Sumbu Standar

Beban sumbu 100 kN diijinkan di beberapa ruas yaitu ruas jalan Kelas I. Namun demikian CESA selalu ditentukan berdasarkan beban sumbu standar

80 kN.

e. Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Axle Road* (CESA) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas pada lalu lintas rencana selama umur rencana, yang ditentukan sebagai:

$$ESA = (\sum \text{jenis kendaraan LHRT} \times \text{VDF} \times \text{Faktor Distribusi}) \dots (2.17)$$

$$CESA = ESA \times 365 \times R \dots (2.18)$$

Keterangan:

ESA : lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standart axle*) untuk 1 (satu) hari

LHRT : lintasan harian rata-rata tahunan untuk jenis kendaraan tertentu

CESA : kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana

R : faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

f. Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan dengan Lalu Lintas Rendah

Untuk jalan dengan lalu lintas rendah, jika data lalu lintas tidak tersedia atau diperkirakan terlalu rendah untuk mendapatkan desain yang aman, maka nilai perkiraan dalam Tabel 2.19 berikut dapat digunakan.

**Tabel 2.19 Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan dengan Lalu Lintas Rendah  
(Kasus Beban Berlebih)**

Deskripsi Jalan	LHRT dua arah	Kend berat (% dari lalu lintas)	Umu r Rencana (th)	Pertum buhan Lalu Lintas (%)	Faktor Pertumb uhan lalu lintas	Kelompok Sumbu/Ke ndaraan Betat	Kumula tif HVAG	ESA/ H VAG (overl oaded)	Lalin desain Indikatif (Pangkat 4) Overloade d
Jalan desa minor dengan akses kendaraan berat terbatas	30	3	20	1	22	2	14.454	3,16	$4,5 \times 10^4$
Jalan kecil 2 arah	90	3	20	1	22	2	21.681	3,16	$7 \times 10^4$
Jalan lokal	500	6	20	1	22	2,1	252.945	3,16	$8 \times 10^5$
Akses lokal daerah industri atau quarry	500	8	20	3,5	28,2	2,3	473.478	3,16	$1,5 \times 10^6$
Jalan Kolektor	2000	7	20	3,5	28,2	2,2	1.585.122	3,16	$5 \times 10^6$

Sumber: MDP (2013)

## 2.7.2

## 2.7.3

### 2.7.4 Zona Iklim

Dalam desain perkerasan, iklim mempengaruhi:

- Temperatur lapisan aspal dan nilai modulusnya
- Kadar air di lapisan tanah dasar dan lapisan perkerasan berbutir

Zona iklim diperlukan untuk dapat menggunakan Bagan Desain 1.

Pembagian zona iklim di Indonesia dinyatakan dalam Tabel 2.20.

**Tabel 2.20 Zona Iklim Untuk Indonesia**

Zona	Uraian (HDM 4 Types)	Lokasi	Curah Hujan (mm/tahun)
I	Tropis, kelembaban sedang dengan musim hujan jarang	Sekitar Timor dan Sulawesi Tengah,	<1400
II	Tropis, kelembaban sedang dengan musim hujan sedang	Nusa Tenggara, Merauke, Kepulauan Maluku	1400-1800
III	Tropis, lembab dengan musim hujan sedang	Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Papua, Bali	1900-2500
IV	Tropis, lembab dengan hujan hampir sepanjang tahun dan kelembaban tinggi dan/atau banyak air	Daerah pegunungan yang basah, misalnya Batu Raden	>3000

*Sumber: MDP (2013)*

### 2.7.5 Traffic Multiplier - Lapisan Aspal

Untuk perkerasan lentur, kerusakan yang disebabkan lalu lintas rencana dinyatakan dalam ekivalen Sumbu Standar 80 kN yang lewat. Berdasarkan jalan percobaan AASHTO, percobaan faktor ekivalen beban dihitung sebagai berikut:

Kerusakan perkerasan secara umum:

$$ESA_4 = \frac{L_{ij}^4}{SL^3} \dots \dots \dots (2.19)$$

Keterangan: Lij = beban pada sumbu atau kelompok sumbu

SL = beban standar untuk sumbu atau sumbu kelompok

Kinerja perkerasan lentur dipengaruhi oleh sejumlah faktor, namun tidak semua faktor tersebut tercakup di dalam persamaan di atas, misalnya faktor kelelahan. Kerusakan yang diakibatkan oleh lalu lintas dinyatakan dalam  $ESA_4$  memberikan hasil yang lebih rendah dibandingkan kerusakan akibat kelelahan lapisan aspal (*asphalt fatigue*) akibat *overloading* yang signifikan. *Traffic Multiplier* (TM) digunakan untuk mengoreksi  $ESA_4$  akibat kelelahan lapisan aspal.

Nilai TM kelelahan lapisan aspal ( $TM_{\text{lapisan aspal}}$ ) untuk kondisi pembebanan berlebih di Indonesia adalah berkisar 1,8 - 2. Nilai yang akurat berbeda-beda tergantung dari beban berlebih pada kendaraan niaga di dalam kelompok truk.

Untuk desain perkerasan lentur, nilai CESA tertentu (pangkat 4) harus dikalikan dengan nilai TM untuk mendapatkan suatu nilai  $CESA_5$ :

$$CESA_5 = (TM \times CESA_4) \dots \dots \dots (2.20)$$

2

2.7.5

### 2.7.6 Modulus Bahan

Karakteristik modulus bahan untuk iklim dan kondisi pebebanan di Indonesia diberikan pada Tabel 2.21 untuk bahan berpegikat dan Tabel 2.22 untuk bahan berbutir lepas. Modulus lapisan aspal telah ditetapkan berdasarkan

kisaran temperatur udara 24° sampai 34° dan Temperatur Perkerasan Tahunan Rata- rata (MAPT) 41° C

**Tabel 2.21 Karakteristik Modulus Bahan Berpengikat**

Jenis Bahan	Modulus Tipikal	Koefisien Kekuatan (a)	Poisson's Ratio
HRS WC	800 Mpa	0.28	0.40
HRS BC	900 Mpa	0.28	
AC WC	1100 Mpa	0.31	
AC BC	1200 Mpa	0.31	

**Tabel 2.21 (Lanjutan) Karakteristik Modulus Bahan Berpengikat**

Jenis Bahan	Modulus Tipikal	Koefisien Kekuatan (a)	Poisson's Ratio
Bahan Bersemen (CTB)	500 Mpa retak		0.2 (mulus) 0.35 (retak)
Tanah dasar (d disesuaikan musiman)	10 x CBR (Mpa)		0.45 (tanah kohesif)
			0.35 (tanah nonkohesif)

Sumber: MDP (2013)

Besarnya modulus bahan berbutir lepas tergantung dari tegangan yang bekerja. Dengan alasan tersebut modulus yang tercantum dalam Tabel 2.22 menurun apabila ketebalan dan kekakuan lapisan aspal di atasnya membesar.

**Tabel 2.22 Karakteristik Modulus Bahan Berbutir Lepas**

Ketebalan lapisan atas bahan berpengikat	Modulus bahan lapis atas berpengikat (Mpa)		
	900 (HRS WC/HRS BC)	1100 (AC WC)	1200 (AC BC atau AC BASE)
40 mm	350	350	350
75 mm	350	350	350
100 mm	350	345	345
125 mm	320	310	310
150 mm	280	280	275
175 mm	250	245	240
200 mm	220	210	205

225 mm	180	175	170
> 250 mm	150	150	150

Sumber: MDP (2013)

## 2.7.6

### 2.7.7 Desain Pondasi Jalan

Desain pondasi jalan adalah desain perbaikan tanah dasar dan lapis penopang (*capping*), tiang pancang mikro, drainase vertikal dengan bahan strip (*wick drain*) atau penangan lainnya yang dibutuhkan untuk memberikan landasan pendukung struktur perkerasan lentur dan perkerasan kaku dan sebagai akses untuk lalu lintas konstruksi pada musim hujan. Tiga faktor yang paling berpengaruh pada desain perkerasan adalah analisis lalu lintas, evaluasi tanah dasar dan perkiraan dampak kadar air.

Kerusakan perkerasan banyak terjadi selama musim penghujan. Kecuali jika tanah dasar tidak dipadatkan seperti tanah asli pada daerah tanah lunak, maka daya dukung tanah dasar desain hendaknya didapat dengan perendaman selama 4 hari, dengan nilai CBR pada 95% kepadatan kering maksimum. Perkerasan membutuhkan tanah dasar yang:

- a. Memiliki setidaknya CBR rendaman minimum desain,
- b. Dibentuk dengan baik,
- c. Terpadatkan dengan benar,
- d. Tidak sensitif terhadap hujan,
- e. Mampu mendukung lalu lintas konstruksi.

#### 1) Umur Rencana Pondasi Jalan

Umur rencana pondasi jalan untuk semua perkerasan baru maupun pelebaran

digunakan minimum 40 tahun karena:

- a) Pondasi jalan tidak dapat ditingkatkan selama umur pelayanannya kecuali dengan rekonstruksi total.
- b) Keretakan dini akan terjadi pada perkerasan kaku pada tanah lunak yang pondasinya didesain lemah (*under design*).
- c) Perkerasan lentur dengan desain pondasi lemah (*under design*), umumnya selama umur rencana akan membutuhkan perkuatan dengan lapisan aspal struktural, yang berarti biayanya menjadi kurang efektif bila dibandingkan dengan pondasi jalan yang didesain dengan umur rencana lebih panjang.

## 2) Outline Prosedur Desain Pondasi Jalan

Empat kondisi lapangan yang mungkin terjadi dan harus dipertimbangkan dalam prosedur desain pondasi jalan adalah:

- a) Kondisi tanah dasar normal, dengan ciri – ciri nilai CBR lebih dari 3% dan dapat dipadatkan secara mekanis. Desain ini meliputi perkerasan diatas timbunan, galian atau tanah asli.
- b) Kondisi tanah dasar langsung diatas timbunan rendah (kurang dari 3 m) tanah lunak aluvial jenuh. Prosedur laboratorium untuk penentuan CBR tidak dapat digunakan, karena sulit dipadatkan secara mekanis.
- c) Kondisi tanah dasar langsung diatas tanah lunak aluvial kering. Prosedur laboratorium untuk penentuan CBR memiliki validitas yang terbatas.
- d) Tanah dasar langsung diatas tanah gambut.

### 2.7.8 Metode Penanganan

- a. Metode A untuk Tanah Normal

Kondisi I: Apabila tanah tanah dasar bersifat plastis atau berupa lanau, tentukan nilai batas-batas *Atterberg* (PI), gradasi atau nilai potensi pengembangan (*potential swell*), letak muka air tanah, zona iklim, galian atau timbunan dan tetapkan nilai CBR.

Kondisi II: Apabila tanah dasar bersifat berbutir atau tanah residual tropis (tanah merah, laterit), nilai desain daya dukung tanah dasar harus dalam kondisi 4 hari rendaman, pada nilai 95% kepadatan kering modifikasi.

b. Metode B untuk Tanah Aluvial Jenuh

Lakukan survey DCP untuk mengidentifikasi daerah yang perlu tambahan perbaikan (sebagai contoh yang membutuhkan konstruksi perkerasan khusus atau pondasi pancang mikro). Tetapkan tebal lapisan penopang (*capping layer*) dan perbaikan tanah dasar.

c. Metode C untuk Tanah Aluvial Kering

Tanah aluvial kering pada umumnya memiliki kekuatan sangat rendah (misal CBR < 2%) di bawah lapis permukaan kering yang relatif keras.

Kedalaman lapisan permukaan tersebut berkisar antara 400-600 mm.

Identifikasi termudah untuk kondisi ini adalah menggunakan uji DCP.

Metode perbaikan:

- 1) Jika lapis atas dapat dipadatkan menggunakan pemadat pada *foot roller*, maka tebal lapis penopang dari Bagan Desain 2 dapat dikurangi sebesar 200 mm.
- 2) Digunakan metode pemadatan dalam yang terbaru misal *High Energy*

*Impact Compaction* (HEIC) atau percampuran tanah dalam yang dapat mengurangi kebutuhan lapis penopang.

d. Penanganan Tanah Gambut

Penyelidik geoteknik dibutuhkan untuk semua daerah tanah gambut. Analisis geoteknik harus sudah termasuk penentuan pra pembebanan (*preload*) dan waktu penurunan dan CBR efektif dari bagian atas lapis penopang. Konstruksi harus dilaksanakan bertahap untuk mengakomodasi terjadinya konsolidasi sebelum penghamparan lapis perkerasan beraspal. Konsolidasi harus dipantau dengan menggunakan pelat penurunan (*settlement plate*).

e. Pondasi Jalan untuk Tanah Ekspansif

Tanah ekspansif didefinisikan sebagai tanah dengan Potensi Pengembangan (*Potential Swell*) melebihi 5%. Persyaratan tambahan untuk pondasi jalan diatas tanah ekspansif (prosedur AE Bagan Desain 2) adalah sebagai berikut:

- 1) Lapis penopang diatas lapisan ekspansif yang mempunyai Potensi Pengembangan (*Potential Swell*) melebihi 5% harus diberi lapisan penopang dengan tebal minimum seperti dalam Bagan Desain 2. Potensi Pengembangan (*Potential Swell*) didefinisikan sebagai pengembangan yang diukur dalam metode uji CBR (SNI No. 03-1774-1989 pada kadar air optimun dan 100% Kepadatan Kering Maksimun). Bagian atas dari lapis penopang atau lapis timbunan pilihan harus memiliki permeabilitas rendah atau seharusnya merupakan lapisan yang distabilisasi.
- 2) Variasi kadar air tanah dasar harus diminimasi. Piliannya termasuk pemberian lapis penutup (*seal*) untuk bahu jalan, drainase permukaan yang

diberi pasangan, pemasangan saluran penangkap (*cut off drains*), penghalang aliran. Drainase bawah permukaan digunakan jika penggunaannya menghasilkan penurunan variasi kadar air.

### 2.7.9 Alternatif Pengukuran Daya Dukung

Hasil-hasil pengujian DCP hanya dapat digunakan secara langsung untuk memperkirakan nilai CBR bila saat pengujian kadar air tanah mendekati kadar air maksimum. Karena tidak selalu memungkinkan untuk merencanakan program pengujian selama musim hujan, maka untuk menentukan nilai CBR sebaiknya digunakan hasil uji CBR laboratorium rendaman dari contoh lapangan. Kecuali untuk tanah dengan kondisi berikut:

- a. Tanah rawa jenuh yang mempunyai sifat sulit untuk dipadatkan di lapangan. Untuk kasus ini CBR hasil laboratorium tidak relevan untuk digunakan. Pengukuran dengan DCP harus digunakan untuk mendapatkan nilai CBR.
- b. Lapisan lunak yang terletak lebih dari 200 mm di bawah muka tanah dasar desain. Kondisi ini sering terjadi pada daerah aluvial kering musiman. Kondisi ini harus diidentifikasi dengan pengujian DCP dan harus diperhitungkan dalam penentuan desain.

Jika modulus tanah dasar diestimasi dengan DCP atau data lendutan maka

sangat penting untuk menyesuaikan modulus yang didapat dengan variasi musiman. Perbedaan antara modulus musim kering dan musim hujan dapat bervariasi sebesar tiga kali lipat atau lebih. Faktor penyesuaian harus diperkirakan dengan data lendutan musim kemarau dan musim hujan. Faktor penyesuaian pada Tabel 2.23 dapat digunakan sebagai nilai minimum. Penyelidikan sangat diutamakan untuk dilaksanakan setelah musim hujan yang sangat panjang untuk mengurangi ketidakpastian terkait dengan penentuan pada musim kemarau.

Dapat dilihat pada Tabel 2.23 untuk faktor penyesuaian sebagai berikut.

**Tabel 2.23 Faktor Penyesuaian Modulus Tanah Dasar Akibat Variasi Musiman**

Musim	Faktor Penyesuaian minimum untuk CBR dari Pengujian DCP	Faktor Penyesuaian Minimum Pengukuran Lendutan
Musim Hujan dan Tanah Jenuh	0,90	1
Peralihan	0,80	1,15
Musim kering	0,70	1,13

Sumber: MDP 2013

Nilai desain (CBR/lendutan) = (hasil bacaan DCP atau data lendutan) x faktor penyesuaian

### 2.7.10 Lapis Penopang

Lapis penopang memberikan landasan kerja bagi lalu lintas konstruksi untuk pemadatan lapisan perkerasan berbutir manapun, dan untuk penghamparan lapisan perkerasan berpengikat. Bagan Desain 2 menampilkan ketebalan minimum lapis penopang untuk mengatasi kondisi ini. Jika lapis penopang (*capping layer*) akan dipergunakan sebagai jalur angkutan (*haul road*) material timbunan dalam

jumlah besar, ketebalan yang dibutuhkan mungkin akan lebih besar.

Lapis penopang harus memenuhi persyaratan berikut ini:

- a. Persyaratan desain umum untuk semua jenis perkerasan
  - 1) Material yang digunakan sebagai lapis penopang adalah timbunan pilihan, kecuali bila lapisan berada dibawah air dimana timbunana pilihan berbutir hendaknya digunakan.
  - 2) Kemampuan untuk memberikan landasan kerja yang kuat sepanjang masa pelaksanaan (Bagan Desain 2).
  - 3) Setidaknya setebal 600 mm untuk melapisi tanah dasar pada tanah ekspansif.
  - 4) Hendaknya paling tidak di atas muka air banjir dan/atau standar desain minimum dari muka air tanah ke elevasi permukaan tanah dasar.
  - 5) Pembentukan alur (*rutting*) akibat lalu lintas konstruksi tidak melebihi 40 mm
- b. Metode Pemadatan

Metode pemadatan hendaknya ditentukan oleh Direksi Pekerjaan berdasarkan percobaan lapangan bila diperlukan. Pemadatan berat hanya dapat dilakukan setelah periode pra pembebanan. Lapis penopang harus dipadatkan dengan metode dan pada elevasi yang ditetapkan atau disetujui oleh Direksi Pekerjaan. Pemadatan yang tercapai mungkin kurang dari 95% Kepadatan Kering Maksimum (MDD) pada bagian bawah lapis penopang. Pemadatan maksimum yang dapat dicapai sangat penting untuk perkerasan kaku untuk mengurangi retak akibat penurunan tanah yang berbeda pada material lapis penopang setelah konstruksi.

c. Separator Geotekstil

Separator geotekstil hendaknya diberikan pada antar muka dari tanah asli dan tanah lunak jika permukaan tanah asli telah jenuh atau akan mengalami kejenuhan selama masa pelayanan.

## 2.8 Penelitian Terdahulu


Sebelum “Perencanaan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) dengan Metode Manual Desain Perkerasan Tahun 2013 (Studi Kasus Jalan Ir. Soekarno Kota Palangka Raya)” dilakukan, sebenarnya telah ada penelitian terdahulu yang cukup erat kaitannya dengan penelitian ini.

Nainggolan, D.P (2016) dalam tugas akhir berjudul “Studi Perkerasan Jalan Yos Sudarso Kota Palangka Raya dengan Manual Desain Perkerasan Tahun 2013 (MDP 2013)” ini adalah untuk mengetahui nilai CBR, akumulasi beban sumbu standar kumulatif dan merencanakan tebal perkerasan jalan dengan Metode Manual Desain Perkerasan Tahun 2013 (MDP 2013) serta Metode Analisa Komponen sebagai pembanding. Lokasi studi dilakukan di Jalan Yos Sudarso Kota Palangka Raya.

Nilai akumulasi beban sumbu standar kumulatif yang di dapat yaitu sebesar 191.293,872 CESA dan variasi nilai CBR desain yang didapat setiap segmen memiliki perbedaan, sehingga segmen jalan ada yang tidak memerlukan peningkatan mutu pada tanah dasar, sedangkan bagian segmen jalan lainnya memerlukan peningkatan mutu tebal minimum tanah dasar.

Hasil perencanaan perkerasan Jalan Yos Sudarso menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Tahun 2013 (MDP 2013), didapat kebutuhan lapis perkerasan HRS-WC 30 mm, HRS-Base 35 mm, LPA Kelas A 150 mm, LPA Kelas B atau kerikil alam atau lapis di stabilisasi dengan CBR > 10% 150 mm.

Hasil perencanaan Jalan Yos Sudarso menggunakan Metode Analisa Komponen dapat kebutuhan lapis perkerasan HRC-WC 30 mm, HRS-Base 40 mm, LPA kelas A 150 mm, LPA Kelas B 150 mm.



Ulya, K. S bersama kedua rekannya Rahmawati, A. dan Adly, E. (2017) dalam tugas akhir berjudul “Analisis Tebal Perkerasan Lentur dengan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 dan Metode AASHTO 1993” ini adalah untuk membandingkan dua metode yaitu metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 dan AASHTO 1993. Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 adalah metode terbaru yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga tahun 2013. Peraturan ini merupakan hasil perbaharuan dari peraturan sebelumnya. Sementara itu, metode AASHTO 1993 adalah metode yang berasal dari Amerika Serikat dan sudah dipakai secara umum di seluruh dunia serta diadopsi sebagai standar perencanaan di berbagai Negara.

Dari hasil analisa volume lalu lintas didapatkan CESA5 sebesar  $5,5 \times 10^6$  pada metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 dan beban gandar tunggal standar kumulatif ( $W_t$ ) sebesar  $1,48 \times 10^6$  dengan metode AASHTO 1993. Bahan lapis permukaan menggunakan aspal beton (ac) dengan *Marshall Stability* 744 kg. Bahan lapis pondasi atas menggunakan ac (laston atas) dengan *Marshall*

Stability 454 kg dan lapis pondasi bawah digunakan bahan granular dengan CBR 70%. Dari material tersebut kemudian digunakan untuk membandingkan kedua metode. Untuk mengakomodir volume lalu lintas, didapatkan hasil perhitungan tebal lapis perkerasan sebesar 10 cm untuk lapis permukaan, 8 cm untuk lapis pondasi atas dan 30 cm untuk lapis pondasi bawah dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013. Pada metode AASHTO 1993 didapatkan hasil tebal perkerasan lentur berupa lapis permukaan dengan tebal 15 cm, lapis pondasi atas dengan tebal 10 cm dan lapis pondasi bawah dengan tebal 35 cm.



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Umum

Metode penelitian yang dilakukan berdasarkan observasi dan informasi dilapangan dengan tujuan untuk mengetahui dan merencanakan perkerasan jalan sesuai dengan yang disyaratkan dalam Metode Manual Desain Perkerasan Tahun 2013. Penelitian ini dilakukan di Jalan Ir. Soekarno, Kota Palangka Raya, Provinsi Kalimantan Tengah.

#### 3.2 Tahapan Penelitian

##### a. Tahapan Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian meliputi penjabaran maksud dan tujuan penelitian, persiapan metodologi penelitian, *check list* kebutuhan pelaksanaan penelitian, kajian awal hasil studi kepustakaan dan perencanaan terkait.

##### b. Pengumpulan Data

Untuk pengambilan data didapat dari survei lapangan. Dalam hal ini pengambilan data dibagi menjadi dua, yaitu:

- 1) Data primer adalah data yang diambil langsung dari lapangan yang berupa data nilai CBR yang pelaksanaannya menggunakan alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dan data volume lalu lintas.
- 2) Data sekunder adalah data yang didapat dari studi literatur sebagai penunjang dari penelitian ataupun data yang diperoleh dari instansi terkait.

### 3.3 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data ialah sangat penting dilakukan dalam perencanaan perkerasan jalan, selain data sekunder, data primer juga sangat dibutuhkan dalam melakukan perhitungan perkerasan ini, data tersebut ialah sebagai berikut:

a. Arus lalu lintas

Penentuan besarnya arus lalu lintas pada suatu ruas jalan diperlukan koefisien masing-masing jenis kendaraan seperti yang telah diatur dalam Perencanaan Geometrik Jalan Raya No. 13 tahun 1970, dalam hal ini karena merupakan jalan baru maka akan diasumsikan besar arus lalu lintas yang akan melewati jalan tersebut.

b. Nilai CBR dengan Pengujian DCP

1. Tujuan Percobaan

Percobaan ini dilakukan untuk menentukan nilai CBR langsung dilapangan pada kedalaman tertentu dengan menggunakan *Dynamic Cone Penetrometer*.

2. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah:

a) *Dynamic Cone Penetrometer*

b) Perlengkapan alat penggali: cangkul, sendok

c) Mistar untuk mengukur kedalaman masuknya alat (penetrasi)

3. Prosedur Pelaksanaan

a) Areal yang akan diperiksa, terlebih dahulu dibersihkan dari rumput dan diratakan, usahakan untuk mendapatkan tanah asli jangan sampai

terganggu.

- b) Periksa sambungan DCP dan kencangkan.
- c) Tempatkan ujung DCP pada permukaan tanah dalam keadaan tegak lurus.
- d) Kemudian catat pembacaan awal pada mistar pengukur kedalaman masuknya alat dari muka tanah.
- e) Angkat palu pada ketinggian maksimum. Kemudian lepaskan sehingga jatuh bebas. Baca dengan mistar, catat jumlah tumbukan dan kedalaman pada formulir 1-DCP, sesuai ketentuan-ketentuan sebagai berikut:
  - 1) Untuk lapis pondasi bawah atau tanah dasar yang terdiri dari bahan-bahan yang tidak keras maka pembacaan kedalaman sudah cukup untuk setiap 1 tumbukan atau 2 tumbukan.
  - 2) Untuk lapis pondasi yang terbuat dari bahan yang berbutir keras, maka harus dilakukan pembacaan kedalaman pada setiap 5 tumbukan sampai dengan 10 tumbukan.
- f) Hentikan pengujian apabila kecepatan penetrasi kurang dari 1 mm/3 tumbukan.

### 3.4 Alat Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan alat untuk menunjang proses pengambilan data yaitu:

- a. Rol Meter

Digunakan untuk mengukur jarak antara setiap titik yang akan dilakukan pengujian menggunakan alat DCP.

- b. Kamera  
Digunakan sebagai pengambilan dokumentasi lapangan.
- c. Alat Tulis  
Digunakan sebagai alat pencatat data hasil pengamatan.
- d. Satu set alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP)  
Digunakan untuk menentukan nilai CBR langsung dilapangan pada kedalaman tertentu.

### 3.5 Analisis Data

Studi pustaka dilakukan sebagai acuan untuk menyiapkan landasan teori bagi analisis yang mengacu pada buku-buku, pendapat-pendapat, teori-teori yang sehubungan dengan penelitian.

#### 3.5.1 Analisis Data CBR

Data diambil dengan menggunakan alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dilapangan dan kemudian data dihitung dan di analisa. Untuk analisa data CBR ini terdiri dari 2 metode yaitu:

- a. *Japan Road Association* (1976)  
Metode ini digunakan untuk menganalisis nilai CBR titik pengamatan dan nilai CBR segmen jalan.
- b. Metode Grafis  
Dengan metode grafis ini diambil nilai 90% dari nilai keseluruhan CBR dan data tersebut digunakan untuk analisa komponen.

### 3.5.2 Analisis Data Lalu Lintas

Analisis data menggunakan 2 (dua) metode yaitu :

a. Metode Manual Desain Perkerasan 2013

Metode ini digunakan untuk menganalisis data perkerasan dengan metode Manual Desain Perkerasan 2013.

b. Metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Metode ini digunakan untuk menganalisis data perkerasan dengan metode Analisa Komponen.

### 3.6 Analisis Desain Perkerasan

Hasil dari analisis ini akan merencanakan dan memberikan analisis desain perkerasan yang mana perlu dilakukan pada jalan ini sehingga perencanaan perkerasan jalan dapat dibuat dengan baik.

#### 3.6.1 Analisis Perkerasan Dengan Manual Desain Perkerasan 2013

Adapun langkah-langkah yang perlu diperhatikan dalam proses desain perkerasan jalan dengan menggunakan Manual Desain Perkerasan 2013 adalah:

- a. Menentukan Umur Rencana.
- b. Menentukan nilai-nilai  $CES A_4$  untuk umur desain yang telah dipilih.
- c. Menentukan nilai *Traffic Multiplier* (TM).
- d. Menentukan  $CES A_5$ .
- e. Menentukan Struktur Pondasi sesuai CBR lapangan dan dipilih sesuai dengan syarat dari Bagan Desain pondasi.

- f. Menentukan Struktur Perkerasan yang memenuhi syarat dari Bagan Desain perkerasan.

### 3.6.2 Analisis Perkerasan Dengan Analisa Komponen

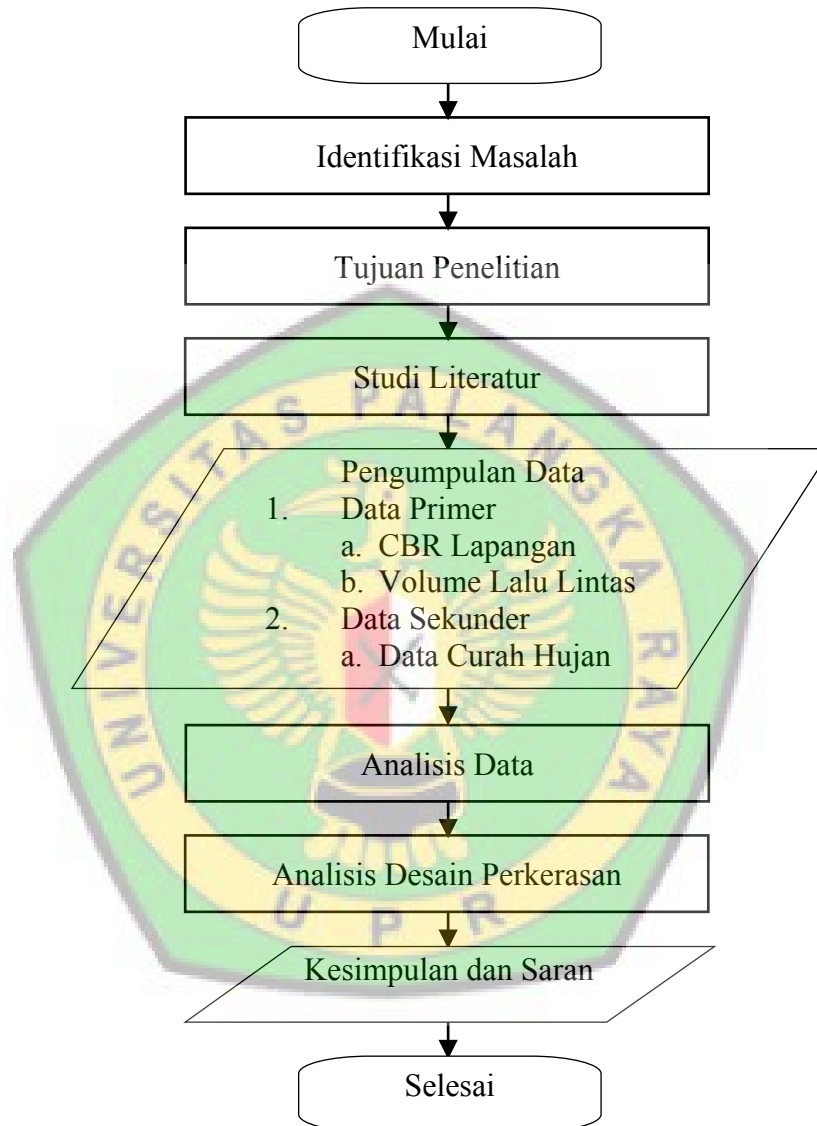
Adapun langkah-langkah yang perlu diperhatikan dalam proses desain perkerasan jalan dengan menggunakan Analisa Komponen adalah:

- a. Menentukan Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan.
- b. Menentukan Daya Dukung Tanah yang dikorelasi dengan CBR lapangan.
- c. Menentukan Indeks Permukaan Akhir (IPt) dan Indeks Permukaan Awal (IPo).
- d. Menentukan Faktor Regional (FR).
- e. Menentukan Lintasan Ekuivalen Rencana (LER).
- f. Menentukan Indeks Tebal Perkerasan (ITP) dilihat dari grafik nomogram.
- g. Menentukan Koefisien Kekuatan Relatif (a).
- h. Perhitungan Tebal Perkerasan.



### 3.7 Bagan Alir Penelitian

Rangkaian urutan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada bagan alir penelitian seperti Gambar 3.1 di bawah ini:



**Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian**

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data survei volume lalu lintas yang dilaksanakan selama 7 (tujuh) hari dari pukul 06.00 – 22.00 wib dan Uji CBR Lapangan menggunakan *Dynamic Cone Penetrometer* mulai dari STA 1+350 s.d STA 2+850 pada Jalan Ir. Soekarno Kota Palangka Raya karna merupakan lokasi studi perkerasan, kemudian dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai akumulasi beban sumbu standar kumulatif yang didapat yaitu sebesar 4.502.492,560 CESA selama umur rencana 20 tahun dan variasi nilai CBR desain yang didapat setiap segmen berbeda-beda seperti pada tabel berikut.

No	Titik Pengamatan	CBR Segmen (%)	CBR Desain (%)
1	STA 1+350 – STA 1+450	1,557	1,401
2	STA 1+500 – STA 1+600	1,318	1,187
3	STA 1+650 – STA 1+750	4,104	3,694
4	STA 1+800 – STA 1+900	3,780	3,402
5	STA 1+950 – STA 2+050	2,696	2,427
6	STA 2+100 – STA 2+200	2,239	2,015
7	STA 2+250 – STA 2+350	1,607	1,447
8	STA 2+400 – STA 2+500	2,493	2,244
9	STA 2+550 – STA 2+650	1,283	1,155
10	STA 2+700 – STA 2+850	2,081	1,873

Dimana pada STA 1+350 s.d STA 1+450, STA 1+ 500 s.d STA 1+ 600, STA 1+950 s.d STA 2+050, STA 2+100 s.d STA 2+200, STA 2+250 s.d STA 2+350, STA 2+400 s.d 2+500, STA 2+550 s.d STA 2+650 dan STA 2+700 s.d STA 2+850 memerlukan stabilisasi tanah dasar dengan Lapis Penopang (*Capping Layer*) 1200 mm atau Lapis Penopang Geogrid 850 mm. Untuk STA 1+650 s.d STA 1+750 dan

STA 1+800 s.d STA 2+900 memerlukan peningkatan mutu tanah dasar dengan tebal minimum sebesar 300 mm.

2. Tebal perkerasan yang direncanakan sesuai dengan Manual Desain Perkerasan Tahun 2013 pada Jalan Ir. Soekarno Kota Palangka Raya.

- a. AC WC = 40 mm
- b. AC BC = 135 mm
- c. CTB = 150 mm
- d. LPA Kelas A = 150 mm

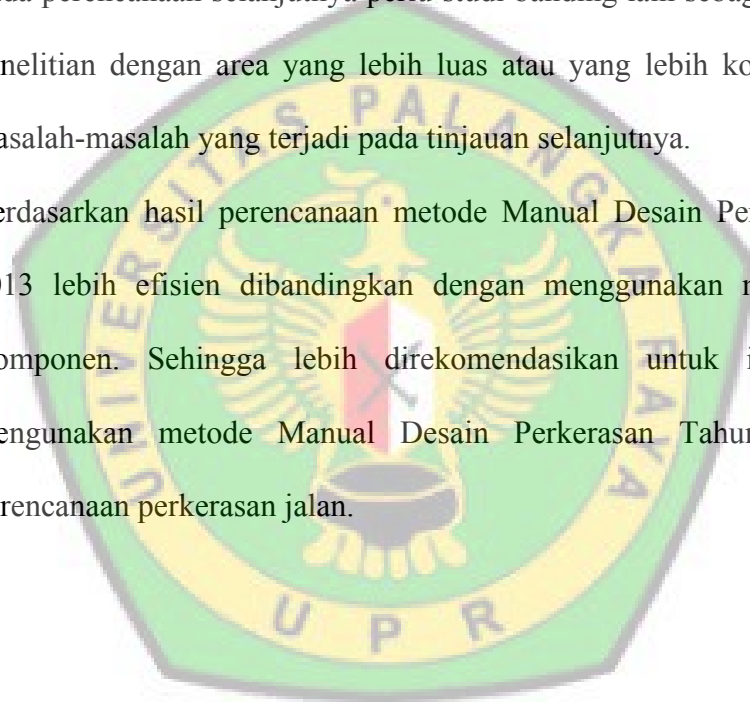
Dengan pembandingan menggunakan metode Analisa Komponen didapat tebal perkerasan berdasarkan nilai DDT (Daya Dukung Tanah Dasar) sebesar 2,974 sebelum stabilisasi tanah dasar dan nilai DDT (Daya Dukung Tanah Dasar) setelah stabilisasi tanah dasar sebesar 5,046. Dengan nilai LER (Lintas Ekuivalen Rencana) pada tahun 2038 sebesar 578,446 maka didapat tebal perkerasan setelah stabilisasi tanah dasar jika  $D_3$  (lapisan pondasi bawah) dihitung sebagai berikut:

- a. Laston, MS 744 = 7,5 cm
- b. Batu pecah kelas A = 20 cm
- c. Sirtu kelas B = 27 cm

## 5.2 Saran

Berikut adalah saran-saran yang dapat diberikan untuk perencanaan selanjutnya:

- a. Perencanaan perkerasan jalan raya diperlukan pemikiran *engineering adjustment* dengan mempertimbangkan hasil tebal perkerasan yang didapat dengan faktor-faktor yang ada sehingga hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan.
- b. Pada perencanaan selanjutnya perlu studi banding lain sebagai acuan dalam penelitian dengan area yang lebih luas atau yang lebih kompleks dengan masalah-masalah yang terjadi pada tinjauan selanjutnya.
- c. Berdasarkan hasil perencanaan metode Manual Desain Perkerasan Tahun 2013 lebih efisien dibandingkan dengan menggunakan metode Analisa Komponen. Sehingga lebih direkomendasikan untuk instansi terkait menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Tahun 2013 dalam perencanaan perkerasan jalan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, (2010), *Spesifikasi Umum (Revisi 3)*, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur*, 01/PT/B/2002.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, (1997), *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum, (2013), *Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013*, Jakarta.
- Nainggolan, D. P. (2016), *Studi Perkerasan Jalan Yos Sudarso Kota Palangka Raya dengan Manual Desain Perkerasan Tahun 2013 (MDP 2013). Tugas Akhir Sarjana*, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
- Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil, (2007). *Cara Uji CBR dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP)*. Departemen Pekerjaan Umum, Palangka Raya.
- Saodang, H. (2004), *Konstruksi Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.
- SNI 03-1738-1989, *Metode Pengujian CBR Lapangan*.
- Sukirman, S. (1999), *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Penerbit Nova, Bandung.
- Sukirman, S. (1999), *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.
- Ulya, K. S., Rahmawati, A., Adly, E, (2017), *Analisis Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 dan Metode AASHTO 1993. Tugas Akhir Sarjana*, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Wesley, L. D. (1997), *Mekanika Tanah*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.