

TUGAS AKHIR

**STUDI PERBANDINGAN PERKERASAN LENTUR
METODE BINA MARGA DAN METODE AASHTO 1993 DENGAN
MENGUNAKAN UJI *DYNAMIC CONE PENETROMETER*
(Ruas Jalan Kisaran – Air Joman – Watas Kota Tanjung Balai)
(*Studi Kasus*)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

**RIZKIA TRI ANNISHA
15072I0028**



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Kapten Mucthar Basri No.3 Medan 20238 (061) 6622400

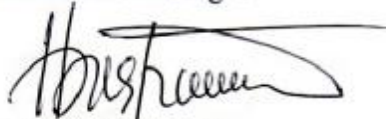
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Rizkia Tri Annisha
NPM : 1507210028
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Studi Perbandingan Perkerasan Lentur Metode Bina Marga dan Metode AASHTO 1993 Dengan Menggunakan Uji *Dynamic Cone Penetrometer* (Ruas Jalan Kisaran - Air Joman - Watas Kota Tanjung Balai)
Bidang ilmu : Transportasi

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada
Panitia Ujian

Dosen Pembimbing I


Ir. Sri Asfiati, MT

Dosen Pembimbing II


Citra Utami, ST, MT

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Rizkia Tri Annisha

NPM : 1507210028

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Studi Perbandingan Perkerasan Lentur Metode Bina Marga dan Metode AASHTO 1993 Dengan Menggunakan Uji *Dynamic Cone Penetrometer* (Ruas Jalan Kisaran - Air Joman - Watas Kota Tanjung Balai).

Bidang ilmu : Transportasi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 25 September 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I/ Penguji



Ir. Sri Asfati, M.T

Dosen Pembimbing II/ Penguji



Citra Utami, ST, MT

Dosen Pembimbing I/ Penguji



Hj. Irma Dewi ST, M.Si

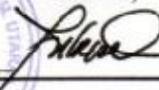
Dosen Pembimbing II/ Penguji



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc



Program Studi Teknik Sipil
Ketua,



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Rizkia Tri Annisha

Tempat /Tanggal Lahir: Medan, 19 November 1996

NPM : 1507210028

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil.

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Studi Perbandingan Perkerasan Lentur Metode Bina Marga dan Metode AASHTO 1993 Dengan Menggunakan Uji *Dynamic Cone Penetrometer* (Ruas Jalan Kisaran - Air Joman - Watas Kota Tanjung Balai)”.

bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 25 September 2019



Saya yang menyatakan,

Rizkia Tri Annisha

ABSTRAK

STUDI PERBANDINGAN PERKERASAN LENTUR METODE BINA MARGA DAN METODE AASHTO 1993 DENGAN MENGUNAKAN UJI *DYNAMIC CONE PENETROMETER* (Ruas Jalan Kisaran – Air Joman – Watas Kota Tj. Balai)

Rizkia Tri Annisha
1507210028
Ir. Sri Asfiati, MT
Citra Utami, ST, MT

Ruas jalan Kisaran–Air Joman–Watas Kota Tanjung Balai adalah ruas jalan yang berada di Kabupaten Asahan dan Kabupaten Batubara yang mengalami peningkatan signifikan dimana panjang jalan dalam kondisi sedang meningkat 13,01 %, panjang jalan dalam kondisi rusak menurun 15,58 %, dan panjang jalan dalam kondisi rusak berat menurun 55,55 % (Data Statistik Kabupaten Asahan). Sebagai tindak lanjut upaya untuk terus meningkatkan pembangunan infrastruktur jalan ini maka dalam penelitian ini dilakukan perencanaan perkerasan lentur (*flexible pavement*) yaitu perkerasan struktur yang terdiri dari lapisan permukaan, lapisan pondasi atas, lapisan pondasi bawah dan lapisan tanah dasar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tebal lapis perkerasan lentur dengan metode Bina Marga dan metode AASHTO 1993 dan mengetahui perbandingan tebal perkerasan lentur pada ruas jalan Kisaran–Air Joman–Watas Kota Tanjung Balai. Dari hasil analisa Metode Bina Marga didapat tebal lapisan pondasi bawah (*Sub Base Coarse*) dengan jenis bahan sirtu (kelas A) sebesar 16 cm, lapisan pondasi atas (*Base Coarse*) dengan jenis batu pecah (kelas A) sebesar 20 cm, lapisan permukaan (*Surface Coarse*) dengan jenis Lasbutag MS 590 kg sebesar 7,5 cm. Sedangkan untuk Metode AASHTO 1993 didapatkan tebal lapisan pondasi bawah (*Sub Base Coarse*) dengan jenis bahan sirtu (kelas A) sebesar 20 cm, lapisan pondasi atas (*Base Coarse*) dengan jenis bahan batu pecah (kelas A) sebesar 15 cm, dan lapisan permukaan (*Surface Coarse*) dengan jenis bahan Lasbutag MS 590 kg sebesar 20 cm.

Kata kunci : Perkerasan lentur, Metode Bina Marga, Metode AASHTO 1993

ABSTRACT

FLEXIBLE PAVEMENT COMPARISON STUDY BINA MARGA METHOD AND 1993 AASHTO METHOD USING DYNAMIC CONE PENETROMETER TEST (Road Section Kisaran - Air Joman - Watas Kota Tj. Balai)

Rizkia Tri Annisha
1507210028
Ir. Sri Asfiati, MT
Citra Utami, ST, MT

Kisaran–Air Joman–Watas Kota Tanjung Balai is a road segment in Asahan Regency and Batubara Regency that has experienced a significant increase where the length of roads in moderate condition increased by 13.01%, the length of roads in damaged condition decreased by 15.58%, and the length of roads in heavily damaged conditions decreased by 55.55% (Asahan Regency Statistics Data). As a follow-up effort to continue to improve the construction of this road infrastructure, in this research flexible pavement planning is carried out, namely pavement structure consisting of surface layers, upper foundation layers, lower foundation layers and subsoil layers. The purpose of this study was to determine the thickness of the flexible pavement layers with the Bina Marga method and the 1993 AASHTO method and to find out the comparison of the thickness of the flexible pavement on the road section Kisaran–Air Joman–Watas Tanjung Balai City. From the analysis of the Bina Marga Method, the thickness of the Sub Base Coarse with sirtu material (class A) is 16 cm, the Base Coarse with broken stone type (class A) is 20 cm, the Surface Coarse with a type of Lasbutag MS 590 kg of 7.5 cm. Whereas for the 1993 AASHTO Method, the thickness of the Sub Base Coarse with sirtu material (class A) was 20 cm, the Base Coarse with the type of broken stone material (class A) by 15 cm, and the Surface Coarse with the type of material Lasbutag MS 590 kg of 20 cm.

Keywords: Flexible Pavement, Bina Marga Method, AASHTO Method 1993

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Studi Perbandingan Perkerasan Lentur Metode Bina Marga dan Metode AASHTO 1993 Dengan Menggunakan Uji *Dynamic Cone Penetrometer* (Ruas Jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai)” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Ir. Sri Asfiati, M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Citra Utami, ST, MT selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Hj. Irma Dewi S.T, M.Si selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc selaku Dosen Pembanding II dan Penguji serta selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipil kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Orang Tua Penulis: Bapak Marianto dan Ibu Nurana yang telah memberikan kasih sayang tanpa batas, membesarkan, membimbing serta memberikan dukungan baik moril maupun materil serta doa-doa terbaik yang tidak pernah putus hingga hari ini.
9. Kakak dan abang tersayang Fenny Arwulan dan Fendro Dwi Yanto yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Sahabat-sahabat penulis: Ade Irma SM. Siregar, Seniawan Fau, Riduansyah Wiranto, Devi Rizki Wulan Oktaviani, Joko Bagus Syahputra, Rifan Kevin, Muhammad Yudha Pratama Siregar, ST dan Meriani Nasution, S.Ak yang telah memberi semangat dan masukan yang sangat berarti bagi saya pribadi.
11. Buat teman-teman teknik sipil khususnya kelas A3 Malam stambuk 2015, dan seluruh teman-teman yang amat saya cintai yang telah memberikan semangat serta masukan yang sangat berarti bagi saya pribadi.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 25 September 2019

Rizkia Tri Annisha

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pengertian Jalan Raya	5
2.2. Perkerasan Jalan	5
2.3. Tanah	6
2.4. Klasifikasi Tanah	6
2.5. <i>California Bearing Ratio (CBR)</i>	7
2.6. Perkerasan Lentur Jalan Raya	9
2.6.1. Lapis Permukaan (<i>Surface Course</i>)	10
2.6.2. Lapis Pondasi Atas (<i>Base Course</i>)	10
2.6.3. Lapis Pondasi Bawah (<i>Subbase Course</i>)	11

2.6.4. Tanah Dasar(<i>Subgrade</i>)	12
2.7. Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan dengan Metode Bina Marga	13
2.7.1. Lalu Lintas pada Lajur Rencana	13
2.7.2. Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Arah Kendaraan	14
2.7.3. Angka Ekuivalen	15
2.7.4. Lintas Ekivalen	16
2.7.5. Daya Dukung Tanah (DDT) dan (CBR)	17
2.7.6. Faktor Regional (FR)	18
2.7.7. Indeks Permukaan	18
2.7.8. Koefisien Kekuatan Relatif	20
2.7.9. Batas-batas Minimum Tebal Lapis Perkerasan	22
2.7.10. Indeks Tebal Perkerasan (ITP)	23
2.8. Perencanaan Lapis Perkerasan dengan Metode Bina Marga	24
2.8.1. Periode Analisa (<i>Analysis Period</i>)	24
2.8.2. Lalu Lintas (<i>Traffic</i>)	25
2.8.3. Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir (Pt)	26
2.8.4. Indeks Kemampuan Pelayanan Awal (Po)	27
2.8.5. Kehilangan Kemampuan Pelayanan (Δ PSI)	27
2.8.6. Reliabilitas (R) dan Simpang Baku Keseluruhan (So)	27
2.8.7. Deviasi Standar Keseluruhan (So)	28
2.8.4. Koefisien Drainase	29
2.8.9. Modulus <i>Resilient</i> Tanah Dasar (Mr)	29
2.8.10. Indeks Tebal Perkerasan (Sn)	30
2.8.11. Koefisien Relatif Lapisan (a)	30
2.8.12. Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan (Di)	35

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Bagan Alir Penelitian	36
3.2. Lokasi Penelitian	37
3.3. Data Existing Jalan	37
3.4. Data Perencanaan Geometrik Jalan	38

3.5.	Metode Penelitian	39
3.6.	Data Primer	39
3.6.1.	Survei Volume Lalu lintas	39
3.6.2.	Acuan Survei	39
3.6.3.	Survei Daya Dukung Tanah (DCP)	41
3.7.	Data Sekunder	42
3.7.1.	Data Curah Hujan	42
3.8.	Data Survei Lapangan	43
BAB 4	ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1.	Perhitungan Metode Bina Marga	58
4.1.1.	Perhitungan Lalu Lintas Rencana	58
4.1.2.	Koefisien Distribusi Kendaraan	62
4.1.3.	Angka Ekivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan	62
4.1.4.	Lintas Ekivalen Kendaraan	64
4.1.5.	Lintas Ekivalen Tengah (LET)	67
4.1.6.	Lintas Ekivalen Rencana (LER)	67
4.1.7.	Daya Dukung Tanah (DDT)	67
4.1.8.	Faktor Regional	69
4.1.9.	Indeks Permukaan	69
4.1.10.	Indeks Tebal Perkerasan (ITP)	69
4.1.11.	Tebal Lapis Perkerasan	70
4.2.	Perhitungan Metode AASHTO 1993	72
4.2.1.	Analisis Lalu Lintas	72
4.2.2.	Angka Ekivalen	72
4.2.3.	Faktor Distribusi Arah dan Lajur (DD dan DL)	73
4.2.4.	Indeks Kemampuan Pelayanan	77
4.2.5.	<i>Reliabilitas</i> (R) dan Deviasi Standar Normal (Zr)	77
4.2.6.	Deviasi Standar Keseluruhan	77
4.2.7.	Koefisien Drainase (m)	78
4.2.8.	Koefisien Lapisan	78
4.2.9.	Angka Struktural (SN)	81

BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1.	Kesimpulan	85
5.2.	Saran	85
	DAFTAR PUSTAKA	86
	LAMPIRAN	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sistem Klasifikasi Tanah <i>Unified</i>	7
Tabel 2.2	Faktor Distribusi Lajur (DL)	13
Tabel 2.3	Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan	14
Tabel 2.4	Koefisien Distribusi Kendaraan (C)	14
Tabel 2.5	Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan	15
Tabel 2.6	Faktor Regional (FR)	18
Tabel 2.7	Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IP)	19
Tabel 2.8	I _{Po} Terhadap Jenis Lapis Permukaan	19
Tabel 2.9	Koefisien Kekuatan Relatif (a)	20
Tabel 2.10	Tebal Minimum pada Lapis Permukaan Perkerasan	22
Tabel 2.11	Tebal Minimum pada Lapis Pondasi Atas Perkerasan	22
Tabel 2.12	Berat Sendiri Bahan Bangunan Dan Komponen Gedung	23
Tabel 2.13	Umur Rencana Berdasarkan Kondisi Jalan	25
Tabel 2.14	Faktor Distribusi Arah	26
Tabel 2.15	Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir (Pt)	26
Tabel 2.16	Tingkat Reliabilitas	28
Tabel 2.17	Nilai Simpang Normal (ZR)	28
Tabel 2.18	Koefisien Drainase dan Koefisien Modifikasi Kekuatan Lapisan (m ₁)	29
Tabel 2.19	Nilai Modulus (EBS dalam PSI) untuk Pondasi	32
Tabel 2.20	Nilai Tegangan Berdasarkan Tebal Beton Aspal dan Mr Tanah	33
Tabel 2.21	Nilai K ₁ dan K ₂ Untuk Material Pondasi Atas dan Pondasi Bawah Tanpa Bahan Pengikat	33
Tabel 2.22	Nilai EBS Untuk Pondasi Bawah	34
Tabel 2.23	Nilai Tebal Minimum (Inch)	35
Tabel 3.1	Kecepatan Rencana, VR, sesuai Klasifikasi Fungsi dan Klasifikasi Medan Jalan	38
Tabel 3.2	Pengelompokan Kendaraan (RTC-Manual)	40
Tabel 3.3	Curah Hujan Harian Maksimum	42
Tabel 3.4	Data Survei LHR Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung	

Balai (dari Kisaran ke Tanjung Balai)	44
Tabel 3.5 Data Survei LHR Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai (dari Tanjung Balai ke Kisaran)	45
Tabel 3.6 Data Pengujian DCP (STA 01+800)	46
Tabel 3.7 Data Pengujian DCP (STA 02+000)	47
Tabel 3.8 Data Pengujian DCP (STA 02+200)	48
Tabel 3.9 Data Pengujian DCP (STA 02+400)	48
Tabel 3.10 Data Pengujian DCP (STA 02+600)	49
Tabel 3.11 Data Pengujian DCP (STA 02+800)	50
Tabel 3.12 Data Pengujian DCP (STA 03+000)	51
Tabel 3.13 Data Pengujian DCP (STA 03+200)	52
Tabel 3.14 Data Pengujian DCP (STA 03+400)	53
Tabel 3.15 Data Pengujian DCP (STA 03+600)	54
Tabel 3.16 Data Pengujian DCP (STA 03+800)	55
Tabel 3.17 Data Pengujian DCP (STA 04+000)	56
Tabel 3.18 Rekap Hasil Nilai CBR dari Uji DCP ruas jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai	57
Tabel 4.1 Data LHR ruas jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai tahun 2019	58
Tabel 4.2 Data LHR Awal ruas jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai tahun 2019	60
Tabel 4.3 Data LHR Akhir ruas jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai tahun 2029	62
Tabel 4.4 Hasil Angka Ekuivalen	64
Tabel 4.5 Nilai LEP dan LEA	66
Tabel 4.6 Data LHR ruas jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai tahun 2019	72
Tabel 4.7 Hasil Angka Ekuivalen (E)	72
Tabel 4.8 Nilai Nilai Jumlah Beban Gandar Standar Kumulatif Selama 1 Tahun (\hat{W}_{18})	74
Tabel 4.9 Nilai Jumlah Beban Lalu Lintas Standar Kumulatif Umur Rencana (W_{18})	76

Tabel 4.10 Hasil Perbandingan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga dan AASHTO 1993	83
--	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik Korelasi CBR dan DDT	17
Gambar 2.2	Grafik Untuk Memperkirakan Koefisien Lapisan dari Tingkat Kepadatan Beton Aspal Berdasarkan Modulus Elastis	32
Gambar 2.3	Variasi Koefisien Lapisan Pondasi Atas Dengan Material Berbutir (a)	7
Gambar 2.4	Variasi Koefisien Lapisan Pondasi Bawah dengan Material Berbutir (a3)	34
Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian	36
Gambar 3.2	Peta Lokasi Penelitian	37
Gambar 4.1	Nilai Daya Dukung Tanah	68
Gambar 4.2	Grafik Nomogram Penentuan Nilai Indeks Tebal Perkerasan (ITP)	70
Gambar 4.3	Tebal Lapis Perkerasan Jalan Berdasarkan Metode Bina Marga	71
Gambar 4.4	Nilai Modulus <i>Resielent</i> (Mr)	78
Gambar 4.5	Nilai Modulus <i>Resielent</i> (Mr) EBS	79
Gambar 4.6	Nilai Modulus <i>Resielent</i> (Mr) EsB	80
Gambar 4.7	Penentuan SN Menggunakan Nomogram	81
Gambar 4.8	Tebal Perkerasan Jalan Berdasarkan AASHTO 1993	82

DAFTAR NOTASI

C	= Koefisien Distribusi Kendaraan (ton)
E	= Angka Ekuivalen (Kg)
K_t	= Kekuatan Bahan (kg/cm^2)
\hat{W}_{18}	= Jumlah Beban Gandar Standar Kumulatif Selama 1 Tahun
W_{18}	= Jumlah Beban Lalu Lintas Standar Kumulatif Umur Rencana
PSI	= Tegangan dalam Lapisan Pondasi
n	= Umur Rencana

DAFTAR SINGKATAN

AASHTO	= American Association of State Highway and Transportation Official
LHR	= Lalu Lintas Harian Rata-rata
DDT	= Daya Dukung Tanah
FR	= Faktor Regional
IP	= Indeks Permukaan
ITP	= Indeks Tebal Perkerasan
ESA	= Kumulatif Beban Standar Gandar
DD	= Distribusi Arah
DL	= Distribusi Lajur
LEP	= Lintas Ekuivalen Permulaan
LEA	= Lintas Ekuivalen Akhir
LET	= Lintas Ekuivalen Tengah
LER	= Lintas Ekuivalen Rencana
FP	= Faktor Penyesuaian
CBR	= <i>California Bearing Ratio</i>
R	= Reliabilitas
STA	= <i>Stasioning</i>
MR	= <i>Modulus Resilient</i>
Zr	= Parameter Baru
So	= Simpangan Baku
SN	= <i>Struktural Number</i>
Pt	= Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir
Po	= Indeks Kemampuan Pelayanan Awal
Δ PSI	= Kehilangan Kemampuan Pelayanan
M1	= Koefisien Drainase Lapis ke-i
EBS	= <i>Resilient Dasar</i>
Sirtu	= Pasir Batu
Lasbutag	= Lapisan Aspal Buton Beragregat

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan sebagai salah satu prasarana transportasi merupakan unsur penting dalam pengembangan kehidupan berbangsa dan bernegara, dalam pembinaan persatuan dan kesatuan bangsa, wilayah negara, dan fungsi masyarakat serta dalam memajukan kesejahteraan umum sebagaimana dimaksud dalam Pembukaan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945. Sebagai prasarana perhubungan yang ada di darat seiring perkembangan dan kemajuan di dunia yang semakin global, perkembangan pembangunan jalan harus menyesuaikan dengan tingkat kemampuan pelayanannya, maka dibutuhkan peningkatan dari segi kualitas dan kuantitas (Purwanto, 1993).

Konstruksi perkerasan jalan berkembang pesat pada zaman keemasan Romawi. Pada saat itu telah mulai dibangun jalan-jalan yang terdiri dari beberapa lapis perkerasan. Perkembangan konstruksi perkerasan jalan seakan terhenti dengan mundurnya kekuasaan Romawi sampai awal abad ke-18. Pada saat itu beberapa ahli Perancis menemukan sistem-sistem konstruksi perkerasan jalan yang sebagian sampai saat ini masih umum digunakan di Indonesia maupun di negara-negara lain di dunia. Semenjak tahun 1920 sampai sekarang teknologi konstruksi perkerasan jalan selalu menggunakan aspal sebagai bahan pengikat, seperti konstruksi perkerasan lentur.

Perkerasan lentur menggunakan aspal sebagai bahan pengikat, lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Dalam penelitian ini dilakukan perbandingan antara Metode Bina Marga dengan Metode AASHTO 1993. Perbandingan dilakukan terhadap parameter perkerasan lentur untuk melihat sejauh mana persamaan dan perbedaan yang terdapat dalam kedua metode tersebut. Dalam penelitian ini akan digunakan data pada ruas jalan Kisaran - Air Joman - Watas Kota Tanjung Balai Kabupaten Asahan sebagai bahan studi perbandingan. Panjang jalan tersebut adalah 3,350 km yaitu dari Sta 158+800 sampai Sta 162+150, lebar perkerasan badan jalan 8 m,

dan lebar bahu jalan 1 m, serta umur rencana peningkatan ruas jalan Kisaran - Air Joman - Watas Kota Tanjung Balai adalah 10 tahun (Aashto, Metode, & Marga, 2014).

Tanah merupakan komponen utama *subgrade* yang memiliki karakteristik dan perilaku yang berbeda-beda, sehingga setiap jenis tanah mempunyai ciri khas tertentu. Sifat tanah dasar mempengaruhi ketahanan lapisan di atasnya. Bentang jalan raya yang panjang menunjukkan hamparan karakteristik tanah yang berbeda-beda, apabila suatu tanah yang terdapat di lapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan. Salah satu test tanah yang dibutuhkan untuk perencanaan jalan adalah test CBR (*California Bearing Ratio*). Apabila persyaratan CBR yang dibutuhkan untuk *subgrade* pada jalan raya tidak memenuhi maka tanah pada tanah tersebut harus diperbaiki diantaranya distabilisasi dengan menambah kepadatan tanah, menambah material sehingga mempertinggi kohesi dan atau tahanan geser yang timbul, merendahkan muka air dengan membuat drainase tanah hingga mengganti tanah yang kurang baik (Lie, Wong, Sipil, Lentur, & Marga, 2013).

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang difokuskan dalam penelitian ini adalah :

1. Berapa tebal perkerasan yang dibutuhkan pada perkerasan (*flexible pavement*) dengan menggunakan metode Bina Marga dan metode AASHTO 1993 (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) ?
2. Bagaimana perbandingan tebal perkerasan (*flexible pavement*) dengan menggunakan metode Bina Marga dan metode AASHTO 1993 (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) ?

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Batasan masalah dalam penulisan tugas akhir adalah :

1. Metode yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah metode Bina Marga dan metode AASHTO 1993.

2. Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan pada ruas jalan Kisaran – Air Joman – Watas Kota Tanjung Balai (STA 158+800 – STA 162+150).
3. Data-data sekunder diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum atau instansi terkait meliputi fungsi jalan, volume lalu lintas, data curah hujan, data geometrik jalan dan lain lain.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Untuk menganalisis tebal perkerasan yang dibutuhkan pada (*flexible pavement*) dengan melakukan perbandingan Metode Bina Marga dengan Metode AASHTO 1993 (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) pada ruas jalan Kisaran – Air Joman – Watas Kota Tanjung Balai.
2. Mengetahui perbedaan hasil perhitungan tebal lapis perkerasan lentur yang dibutuhkan pada ruas jalan Kisaran – Air Joman – Watas Kota Tanjung Balai dengan melakukan perbandingan Metode Bina Marga dengan Metode AASHTO 1993 (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) dengan kondisi (*existing*) pada ruas jalan Kisaran – Air Joman – Watas Kota Tanjung Balai.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui perbedaan hasil perhitungan tebal lapis perkerasan lentur yang dibutuhkan untuk perkerasan lentur ruas jalan Kisaran - Air Joman - Watas Kota Tanjung Balai dengan Metode Bina Marga dan Metode AASHTO 1993 (*American Association of State Highway and Transportation Officials*).
2. Memberikan referensi bagi para perencana maupun akademis dalam melakukan perencanaan perkerasan jalan di Indonesia, khususnya perkerasan lentur.
3. Secara teoritis meningkatkan pemahaman dalam menganalisis data untuk mengetahui berapa tebal perkerasan lentur dari masing masing metode.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk penulisan tugas akhir dengan judul “ Studi Perbandingan Perkerasan Lentur Metode Bina Marga dan Metode AASHTO 1993 dengan Menggunakan Uji *Dynamic Cone Penetrometer* (Ruas Jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai)” ini tersusun dari 5 bab dan tiap-tiap bab terdiri dari beberapa pokok bahasan dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Membahas hal-hal berupa teori yang berisi uraian singkat hasil-hasil penelitian atau analisis terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan permasalahan yang ditinjau dalam tugas akhir ini dan metode metode perhitungan yang digunakan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini berisi uraian tentang usulan langkah-langkah pemecahan masalah yang akan digunakan sebagai landasan dalam pemecahan masalah tersebut yaitu menerangkan tentang tempat dan waktu penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data dan metode analisis data.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membuat uraian hasil penelitian, analisis dan pembahasannya secara terpadu yang disajikan dalam bentuk pembahasan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian ini berisi ringkasan atau kesimpulan dari hasil penelitian yang merupakan jawaban atas tujuan penelitian dan juga berisi saran-saran yang dibutuhkan untuk penelitian selanjutnya, serta untuk mendapatkan kemungkinan yang lebih baik.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Jalan Raya

Jalan raya merupakan prasarana transportasi darat untuk melayani pergerakan manusia dan atau barang dari suatu tempat ke tempat lain secara aman, nyaman, dan ekonomis. Perkembangan pertumbuhan jumlah penduduk menyebabkan berkurangnya jaringan jalan yang disebabkan oleh peningkatan jumlah kendaraan yang terus meningkat setiap tahunnya yaitu berkisar antara 10 % - 55 % per tahun dan tidak berimbang dengan perkembangan panjang jalan yang hanya berkisar 1,9 % pertahun (Waldijono, 1992).

Lapis perkerasan lentur jalan terbagi atas lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi atas (*base course*), lapis pondasi bawah (*subbase course*) dan tanah dasar (*subgrade*). Faktor utama yang mempengaruhi tebal lapis perkerasan tersebut adalah beban lalu lintas (LHR), kondisi lingkungan dan karakteristik material (Paquette, 1987). Jumlah LHR dihitung berdasarkan angka pertumbuhan lalu lintas pada saat, sebelum dan sesudah perkerasan jalan dilakukan (Islam et al., 1992).

2.2. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*), yang berfungsi untuk menopang beban lalu-lintas. Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya ada dua jenis, yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid Pavement*). Selain dari dua jenis tersebut, sekarang telah banyak digunakan jenis gabungan (*composite pavement*), yaitu perpaduan antara lentur dan kaku (Islam et al., 1992).

Perencanaan perkerasan jalan dikatakan baik apabila konstruksi tersebut memberikan beberapa sifat yaitu kuat, nyaman dan bernilai ekonomis. Konstruksi perkerasan harus mampu mendukung beban lalu lintas serta ketahanannya terhadap kondisi lingkungannya (Kilreski, 1990).

2.3. Tanah

Dalam perencanaan suatu jalan maka faktor yang penting untuk diketahui adalah tanah dasarnya yang mana lokasi tersebut akan direncanakan suatu jalan. Pada perencanaan suatu jalan, data daya dukung tanah dasar (DDT) merupakan data patokan dalam perencanaan, dimana untuk mengetahui tentang keadaan tanah dasarnya kita juga dapat mengetahui kekuatan serta mahal murahnya biaya konstruksi jalan itu sendiri (Braja, M Das, 1998).

Dalam pengertian teknik secara umum, mendefinisikan tanah sebagai bahan yang terdiri dari agregat mineral-mineral padat yang tidak terikat secara kimia antara satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah melapuk yang berpartikel padat disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang kosong di antara partikel padat tersebut. Menurut Joseph E Bowles (1986) yang di maksud dengan tanah adalah akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai ikatan antara partikel yang terbentuk karena pelapukan batuan. Yang memperlemah ikatan tersebut adalah pengaruh karbonat atau oksida atau pengaruh kandungan organik.

Menurut AAHSTO (*American Association of State Highway and Transportation*), tanah merupakan campuran dari partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut: Kerikil (*Gravel*) partikel batuan yang berukuran 76,2 mm sampai 2 mm. Pasir (*Sand*) partikel batuan yang berukuran 2 mm sampai 0,075 mm. Lanau (*Silt*) partikel batuan yang berukuran 0,075 sampai 0,002. Lempung (*colloids*) partikel mineral diam, berukuran < 0,002 (Lie, Wong, Sipil, Lentur, & Marga, 2013).

2.4. Klasifikasi Tanah

Tanah secara umum dapat diklasifikasikan sebagai tanah kohesif dan tidak kohesif, istilah ini terlalu umum sehingga memungkinkan terjadinya identifikasi yang sama pada beberapa jenis tanah. Sejumlah sistem klasifikasi tanah telah dipergunakan pada akhir-akhir ini, sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan adalah system klasifikasi *unified*. Menurut sistem ini, tanah dikelompokkan dalam tiga kelompok, yang masing-masing diuraikan lagi dengan memberi simbol pada setiap jenis yang terdiri dari lima belas jenis seperti pada table 2.1.

Untuk tanah berbutir kasar di bagi atas kerikil (G), pasir dan tanah kepasiran (S). Yang termasuk di dalam kerikil adalah tanah yang mempunyai persentase lolos saringan No.4 < 50% sedangkan tanah yang mempunyai lolos saringan No 4 > 50% termasuk kelompok pasir. Tanah berbutir halus dibagi dalam lanau (M) dan lempung (C) yang didasarkan atas cair dan indeks plastisitas. Tanah organik juga termasuk dalam fraksi ini. Sedangkan tanah organis tinggi yang mudah ditekan dan tidak mempunyai sifat sebagai bahan bangunan yang tidak diinginkan, tanah khusus dari kelompok ini adalah humus, tanah lumpur yang komponen utamanya adalah partikel daun, rumput, dahan atau bahan-bahan rengas lainnya (Lie et al., 2013).

Tabel 2.1: Sistem Klasifikasi Tanah *Unified* (Bowles, E. Joseph, 1986)

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis
Tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan di saringan nomor 200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih kasar tertahan di saringan no.4 (4,75 mm)	Kerikil bersih	GW Kerikil gradasi baik dan campuran pasir kerikil sedikit atau tidak mengandung butiran halus
			GP Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir kerikil sedikit atau tidak mengandung butiran halus
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir lempung
			GC Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir lempung
	Pasir lebih dari 50% lolos di saringan no.4 (4,75 mm)	Kerikil bersih	SW Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
			SP Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM Pasir berlanau, campuran pasir lanau
			SC Pasir berlempung, campuran pasir lempung
Tanah berbutir halus 50% yang lolos di saringan nomor 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML Lanau tak organik dan pasir sangat halus	
		CL Lempung tak organik dengan platisitas rendah	
		CL Lanau organik dan lempung berlanau organik	
	Lanau dan lempung batas cair >50%	MH Lanau tak organik atau pasir halus	
		CH Lempung tak organik dengan platisitas tinggi	
		CH Lempung organik dengan platisitas tinggi	
Tanah dengan kadar organik tinggi		Pi Gambut dan basah dengan kandungan organik tinggi	

2.5. California Bearing Ratio (CBR)

Besarnya nilai CBR tanah akan menentukan ketebalan lapis keras yang akan dibuat sebagai lapisan perkerasan di atasnya. Makin tinggi nilai CBR tanah dasar (*subgrade*) maka akan semakin tipis lapis keras yang dibutuhkan dan semakin rendah nilai CBR maka semakin tebal lapis keras yang dibutuhkan.

Ada 2 macam pengukuran CBR yaitu :

1. Nilai CBR untuk penekanan pada penetrasi 0,254 cm (0,1") terhadap penetrasi standar yang besarnya 70,37 kg/cm² (1000 psi)

$$\text{Nilai CBR} = [(P1/70,37) \times 100\%]$$

2. Nilai CBR untuk tekanan pada penetrasi 0,508 cm (0,2") terhadap tekanan standar yang besarnya 105,56 kg/cm² (1500 psi)

$$\text{Nilai CBR} = [(P2/105,56) \times 100\%]$$

Nilai CBR dilaporkan dengan aturan berikut ini :

1. Untuk nilai CBR di bawah 30% dibulatkan ke 1% terdekat. Contoh 25,3% dilaporkan 25%.
2. Untuk nilai CBR antara 30% sampai 100% dibulatkan ke 5% terdekat. Contoh 42% dilaporkan menjadi 40%
3. Untuk nilai CBR diatas 100% dibulatkan 10% terdekat, contohnya 104% dilaporkan menjadi 100%.

Berdasarkan cara mendapatkan contoh tanahnya, CBR dapat dibagi menjadi :

1. CBR Lapangan (*CBR in place atau field CBR*)

Digunakan untuk :

- a. 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 didapatkan lagi. Pemeriksaan atau dalam kondisi terburuk yang mungkin terjadi.
- b. 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*).

2. CBR Lapangan Rendaman (*Undisturbed soaked CBR*)

Digunakan untuk mendapatkan besarnya nilai CBR asli di lapangan pada keadaan jenuh air dan tanah mengalami pengembangan (*swell*) yang maksimum. Hal ini sering digunakan untuk menentukan daya dukung tanah di daerah yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan di dapatkan lagi, terletak di daerah yang badan jalannya sering terendam air pada musim penghujan dan kering pada

musim kemarau. Pemeriksaan di lakukan dengan mengambil contoh tanah dalam tabung (*mould*) yang ditekan masuk ke dalam tanah mencapai kedalaman yang diinginkan. Tabung berisi contoh tanah di keluarkan dan direndam dalam air selama kurang lebih setengah hari sambil di ukur pengembangannya. Setelah pengembangan tidak terjadi lagi, barulah dilakukan pemeriksaan besarnya nilai CBR (Alamsyah, A.A, 1993).

3. CBR Laboratorium/CBR rencana titik (*design CBR*)

Tanah dasar (*subgrade*) pada konstruksi jalan baru dapat berupa tanah asli, tanah timbunan atau tanah galian yang sudah didapatkan sampai mencapai kepadatan 95% kepadatan maksimum. Dengan demikian daya dukung tanah dasar tersebut merupakan nilai kemampuan lapisan tanah memikul beban setelah tanah tersebut dipadatkan. Berarti nilai CBR-nya adalah nilai CBR yang diperoleh dari contoh tanah yang dibuatkan mewakili keadaan tanah tersebut setelah didapatkan. CBR ini disebut CBR laboratorium, karna disiapkan di laboratorium atau disebut juga CBR rencana titik. CBR laboratorium dibedakan atas 2 macam yaitu :

- a. CBR laboratorium rendaman (*Soaked laboratory CBR/soaked design CBR*).
- b. CBR laboratorium tanpa rendaman (*Unsoaked laboratory CBR/unsoaked design CBR*) (Lie et al., 2013).

2.6. Perkerasan Lentur Jalan Raya

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) menurut Departemen Pekerjaan Umum (1987) adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan dibawahnya. Perkerasan lentur jalan terdiri dari beberapa lapis yaitu lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi (*base course*), lapis pondasi bawah (*subbase course*) dan lapisan tanah dasar (*subgrade*) (Analisis Komponen SKBI., 1987)

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Beban kendaraan dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui bidang kontak roda berupa beban terbagi rata P0. Beban tersebut diterima oleh lapisan permukaan dan

disebarkan ke tanah dasar menjadi P1 yang lebih kecil dari daya dukung tanah dasar.

2.6.1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan pada umumnya dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal, sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama. Lapisan ini terletak paling atas, yang berfungsi sebagai berikut:

- a) Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda
- b) Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan kerusakan akibat cuaca
- c) Sebagai lapisan aus (*wearing course*).

Bahan untuk lapis permukaan umumnya adalah sama dengan bahan untuk lapis pondasi, dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas.

Pemilihan bahan untuk lapis permukaan perlu dipertimbangkan kegunaan, umur rencana serta pentahapan konstruksi, agar dicapai manfaat yang sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan Metode Bina Marga 1987 (Ii & Pustaka, n.d.).

2.6.2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas (*base course*) pada perkerasan lentur difungsikan sebagai lapisan penambah kapasitas daya dukung beban-beban yang terjadi dengan tingkat kekakuannya, kekuatan serta ketahanan bahan yang cukup baik.

Fungsi utama dari lapis pondasi atas adalah :

- a. Mendukung kerja lapis permukaan sebagai penahan gaya geser dari beban roda, dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya
- b. Memperkuat konstruksi perkerasan, sebagai bantalan terhadap lapisan permukaan
- c. Sebagai lapis peresapan untuk lapisan pondasi bawah

Berdasarkan peraturan dari Bina Marga penggunaan material untuk lapis pondasi atas harus memiliki nilai $CBR \geq 50\%$ dan $PI < 4\%$ (Islam et al., 1992).

Beberapa tipe struktural lapis pondasi atas yang ada di Indonesia sebagai berikut :

a. Lapis Batu Belah (*telford*)

Lapis *telford* dibuat dari batu belah ukuran 15-25 cm dan batu pengunci atau pengisi. Batu belah diatur diatas pasir dengan tebal 10 cm yang digunakan sebagai peresapan.

b. Lapis Macadam Basah

Lapis macadam basah dibuat dengan bahan batu pecah bergradasi tertentu, dengan syarat bersih, awet, keras, bersudut tajam, dan tahan aus. Batu pecah tersebut harus ditambahkan dengan lapis pengikat yaitu tanah liat dan umumnya bergradasi terbuka. Dalam pelaksanaannya batu pecah dihamparkan kemudian dilakukan penggilasan, bahan ikat ditaburkan, disiram air agar butiran bahan ikat masuk ke dalam rongga.

c. Lapis Macadam Kering

Bahan yang dipakai sama dengan lapis makadam basah yang membedakan hanya saat pelaksanaannya tanpa diberi siraman air. Untuk pematatannya dipakai alat pemadat getar.

d. Lapis Batu Pecah (*aggregate base dry stone*)

Lapis batu pecah dikembangkan sebagai pengganti lapis pondasi batu belah atau *telford*. Prinsipnya hampir sama dengan makadam. Bahan yang digunakan adalah batu pecah dengan ukuran batu sebagai berikut :

- Batu pecah kelas A
- Batu pecah kelas B
- Batu pecah kelas C (Ii & Jalan, 2015).

2.6.3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Yaitu merupakan bagian dari perkerasan yang terletak antara tanah dasar dan lapis pondasi atas. Fungsi utama dari lapis pondasi bawah adalah :

- a. Untuk menyebarkan beban roda ke lapisan yang ada dibawahnya.

- b. Sebagai lapisan awal (lantai kerja) untuk melaksanakan pekerjaan perkerasan jalan misalnya pada penghamparan bahan lapis pondasi.
- c. Sebagai lapis peresapan air, nilai kepadatannya mencegah masuknya air dari tanah dasar ke lapisan pondasi.
- d. Untuk mencegah masuknya tanah dasar yang berkualitas rendah ke lapis pondasi atas (Islam et al., 1992).

Lapis pondasi bawah diperlukan sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap roda-roda alat berat (terutama pada saat pelaksanaan konstruksi) atau karena kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca (Ii & Pustaka, n.d.).

Bermacam-macam tipe tanah setempat ($CBR \geq 20\%$, $PI \leq 10\%$) yang relatif lebih baik dari tanah dasar dapat digunakan sebagai bahan pondasi bawah. Campuran-campuran tanah setempat dengan kapur atau semen portland dalam beberapa hal sangat dianjurkan, agar dapat bantuan yang efektif terhadap kestabilan konstruksi perkerasan (Oleh, Badan, & Pu, 1987).

2.6.4. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar merupakan permukaan tanah sebelum dilaksanakannya perkerasan. Permukaan tanah ini dapat berasal dari tanah asli, tanah galian dan tanah timbunan yang dipadatkan. Pada perkerasan jalan untuk kekuatan dan keawetan konstruksinya sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut (Bina Marga 1987):

- a) Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu-lintas.
- b) Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
- c) Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan.
- d) Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dari macam tanah tertentu.

e) Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu-lintas dan penurunan yang diakibatkannya, yaitu pada tanah berbutir kasar (*granular soil*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan (Sri Nuryati, Agus Tarwiji.,1995).

2.7. Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan dengan Metode Bina Marga

Beberapa faktor yang mempengaruhi perhitungan tebal lapis perkerasan lentur jalan menurut pedoman perencanaan lapis perkerasan baik untuk jalan baru maupun jalan lama dengan metode analisa komponen no. 01/PD/B/1987, Dirjen Bina Marga adalah Koefisien distribusi arah kendaraan (c), Angka Ekvivalen Sumbu Kendaraan (E), Lintas Ekivalen, Daya dukung Tanah (DDT), Faktor Regional (FR), Indek permukaan (IP), Indek tebal perkerasan (ITp), dan Koefisien kekuatan relatif.

2.7.1. Lalu Lintas pada Lajur Rencana

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan factor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL).

Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu. Faktor distribusi jalan yang ditunjukkan pada Tabel 2.2. dibawah ini (Umum, Rakyat, Jenderal, & Marga, 2017).

Tabel 2.2: Faktor Distribusi Lajur (DL) (Umum, Rakyat, Jenderal, & Marga, 2017)

Jumlah lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur desain
1	100
2	80
3	60
4	50

2.7.2. Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Arah Kendaraan (c)

Jalur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalur ditentukan dari lebar perkerasan menurut Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3: Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan (Umum, Rakyat, Jenderal, & Marga, 2017)

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

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4: Koefisien Distribusi Kendaraan (C) (Umum, Rakyat, Jenderal, & Marga, 2017)

Jumlah Lajur	Kendaraan ringan*)		Kendaraan berat**)	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 lajur	1,00	1,00	1,00	1,000
2 lajur	0,60	0,50	0,70	0,500
3 lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 lajur	-	0,30	-	0,450
5 lajur	-	0,25	-	0,425
6 lajur	-	0,20	-	0,400

*) Berat total < 5 ton, misalnya mobi penumpang, pick up, mobil Hantaran

***) Berat total > 5 ton, misalnya bus, truck, traktor, semi trailer, trailer.

2.7.3. Angka Ekuivalen (E)

Angka ekuivalen (E) dihitung berdasarkan beban sumbu kendaraan dihitung dari letak titik berat kendaraan dalam memberikan prosentase beban pada roda depan (as tunggal) dan roda belakang (as tunggal/ganda) yang ditentukan menurut persamaan 2.1, 2.2, 2.3 dan bisa juga menggunakan persamaan tabel 2.5 berikut.

a. Untuk sumbu tunggal :

$$E_{tunggal} = 1 \left[\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal (kg)}}{8160} \right]^4 \quad (2.1)$$

b. Untuk Sumbu ganda :

$$E_{Ganda} = 0,086 \left[\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal (kg)}}{8160} \right]^4 \quad (2.2)$$

c. Untuk sumbu Triple :

$$E_{triple} = 0,053 \left[\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal (kg)}}{8160} \right]^4 \quad (2.3)$$

Tabel 2.5: Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan (Bina Marga, 1987)

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
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	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1,0000	0,0860
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	28660	6,4419	0,5540
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9820
16000	35276	14,7815	1,2712

2.7.4. Lintas Ekuivalen

Lintas ekuivalen adalah repetisi beban yang dinyatakan dalam lintas sumbu standar yang diterima oleh konstruksi jalan terhadap jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR).

Lintas ekuivalen terdiri dari :

- a. LHR awal umur rencana yang dapat diselesaikan dengan persamaan :

$$LHR \times (1 + i)^n \quad (2.4)$$

i = perkembangan lalu lintas selama perencanaan

$$n = 2019-2018 = 1$$

- b. LHR akhir umur rencana yang dapat diselesaikan dengan persamaan :

$$LHR \times (1 + i)^{UR} \quad (2.5)$$

i = perkembangan lalu lintas akhir umur rencana

$$UR = 2029-2019 = 10$$

- c. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) : besarnya lintas ekuivalen pada saat jalan tersebut dibuka atau pada awal umur rencana. Persamaan LEP :

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \quad (2.6)$$

- d. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) : besarnya lintas ekuivalen pada saat jalan tersebut membutuhkan perbaikan (akhir umur rencana). Persamaan LEA :

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j \quad (2.7)$$

i = tingkat pertumbuhan lalu lintas

UR = umur rencana

- e. Lintas Ekuivalen Tengah (LET), dihitung dengan persamaan :

$$LET = \frac{1}{2} [\sum LEP + \sum LEA] \quad (2.8)$$

- f. Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

Lintas ekuivalen selama umur rencana adalah jumlah lintasan ekuivalen yang akan melintasi jalan selama masa pelayanan, dari saat dibuka sampai akhir umur rencana. Persamaan LER :

$$LER = LET \times FP \quad (2.9)$$

Dimana :

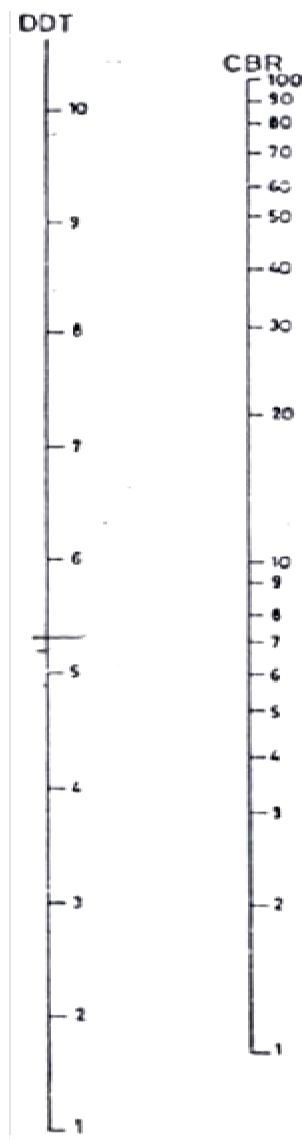
FP = faktor penyesuaian

$$FP = \frac{UR}{10}$$

2.7.5. Daya Dukung Tanah (DDT) dan CBR

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi (Gambar 2.1). Yang dimaksud dengan nilai CBR disini adalah nilai CBR lapangan ataupun CBR laboratorium. Selain menggunakan grafik korelasi untuk mencari nilai DDT bisa juga menggunakan persamaan 2.10 sebagai berikut.

$$DDT = 4,3 \log CBR + 1,7 \quad (2.10)$$



Gambar 2.1 Grafik Korelasi CBR dan DDT (Bab III, 1987)

2.7.6. Faktor Regional (FR)

Faktor regional/faktor lingkungan adalah faktor yang menunjukkan keadaan lingkungan setempat dimana tiap-tiap negara adalah berbeda-beda. Beberapa hal yang mempengaruhi nilai FR adalah air tanah dan hujan, perubahan temperatur (iklim) dan kemiringan medan yang dapat dilihat pada tabel 2.6 dibawah ini.

Tabel 2.6: Faktor Regional (FR) (SKBI -2.3.26.1987 (Bina Marga, 1987)

Curah Hujan	Kelandaian I (<6%)		Kelandaian I (6-10%)		Kelandaian I (>10%)	
	% Kend. Berat		% Kend. Berat		% Kend. Berat	
	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%
	Iklm I < 900 mm/th	0,5	1,0 - 1,5	1,0	1,5 - 2,0	1,5
Iklm II > 900 mm/th	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

2.7.7. Indeks Permukaan (IP)

Indeks Permukaan ini menyatakan nilai daripada kerataan / kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu-lintas yang lewat. Adapun beberapa nilai IP beserta artinya diuraikan seperti di bawah ini:

IP = 1,0 :adalah menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalulintas kendaraan.

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

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

IP = 2,5: adalah menyatakan permukaan jalan yang masih cukup stabil dan baik.

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah Lintas Ekuivalen Rencana (LER), menurut tabel 2.7 di bawah ini:

Tabel 2.7: Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IP)

LER = Lintas Ekuivalen Rencana *)	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
<10	1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	2,0
10 – 100	1,5	1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5
100 – 1000	1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	3,0
> 1000	2,0	2,0 – 2,5	3,0	3,0 – 3,5

*) LER dalam satuan angka ekuivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal.

Catatan: Pada proyek-proyek penunjang jalan, JAPAT / jalan murah atau jalan darurat maka IP dapat diambil 1,0.

Nilai indeks permukaan awal (IPo) ditentukan dari jenis lapis permukaan dan nilai indeks permukaan akhir (IPt) ditentukan dari nilai LER (Bab iii, 1987).

Adapun nilai IPo dari masing-masing jenis lapis permukaan disajikan dalam tabel 2.8 dibawah ini :

Tabel 2.8: IPo Terhadap Jenis Lapis Permukaan (Bina Marga, 1987)

Jenis Lapis Permukaan	IPo	<i>Roughness</i> (mm/km)
Laston	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	<1000
Lasbutag	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	>2000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	>2000

Tabel 2.8: *Lanjutan*

Jenis Lapis Permukaan	IPo	<i>Roughness</i> (mm/km)
Burda	3,9 – 3,5	≤ 2000
Burtu	3,4 – 3,0	≤ 2000
Lapen	3,4 – 3,0	≤ 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	

2.7.8. 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). Daftar koefisien kekuatan relatif ditentukan menurut tabel 2.9 berikut :

Tabel 2.9: Koefisien Kekuatan Relatif (a) (SKBI -2.3.26.1987)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS/Kg	Kt (kg/cm ²)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,35	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	Lasbutag
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	

Tabel 2.9: *Lanjutan*

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS/Kg	Kt (kg/cm ²)	CBR (%)	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	
0,25	-	-	-	-	-	Aspal Macadam
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (Mekanis)
-	0,28	-	590	-	-	Lapen (Manual)
-	0,26	-	454	-	-	Laston Atas
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (Mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (Manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stabilitas tanah dengan semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stabilitas tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah kelas A
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah kelas B
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah kelas C
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu kelas A
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu kelas B
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu kelas C
-	-	0,10	-	-	20	Tanah Lempung

Catatan : Kuat tekan stabilitas tanah dengan semen diperiksa pada hari ke-7. Kuat tekan stabilitas tanah dengan kapur diperiksa pada hari ke-21.

2.7.9. Batas-Batas Minimum Tebal Lapis Perkerasan

Untuk menentukan Tebal Lapis Permukaan (D1) digunakan tabel 2.10 yang merupakan hubungan antara nilai ITP, dan bahan yang digunakan pada lapisan permukaan.

Tabel 2.10: Tebal Minimum pada Lapis Permukaan Perkerasan (SKBI 2.3.26.1987)

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

Untuk menentukan Tebal Lapis Pondasi (D2) digunakan tabel 2.11 yang merupakan hubungan antara nilai ITP, dan bahan yang digunakan pada lapis permukaan.

Tabel 2.11: Tebal Minimum pada Lapis Pondasi Atas Perkerasan (SKBI 2.3.26.1987)

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
<3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah

Tabel 2.11: *Lanjutan*

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

2.7.10. Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Nilai ITP ditentukan dengan nomogram ITP yang dikorelasikan dengan nilai daya dukung tanah, lintas ekuivalen rencana, faktor regional dan indeks permukaan. Persamaan nilai ITP adalah sebagai berikut :

$$ITP = a_1.D_1 + a_2.D_2 + a_3.D_3 \quad (2.11)$$

Dimana :

a_1, a_2, a_3 = Koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan.

D_1, D_2, D_3 = tebal masing-masing lapis perkerasan (cm)

Angka 1,2,3, masing-masing lapis permukaan, lapisan pondasi dan lapisan pondasi bawah.

2.8. Perencanaan Lapis Perkerasan dengan Metode AASHTO 1993

Metode AASHTO 1972 merupakan salah satu metode yang digunakan untuk perancangan tebal perkerasan lentur yang berkembang di Amerika Serikat (negara bagian Illinois). Sejak tahun 1958 hingga 1960 metode ini digunakan di negara tersebut hingga sekarang mengalami perubahan yang cukup banyak karena menyesuaikan kondisi alam dan regional lingkungan. Adanya perkembangan dan perubahan pada Metode AASHTO dari waktu ke waktu hingga sekarang menjadi Metode AASHTO 1993. Adapun parameter terbaru yang menjadi acuan AASHTO 1993 dapat dilihat pada Tabel 2.12 dibawah ini.

Tabel 2.12: Parameter AASHTO 1993

No.	Parameter	AASHTO 1993
1	Daya Dukung Tanah	Dinyatakan dalam Modulus Resilient (M_r) diperoleh dari tes AASHTO-T274 atau korelasi terhadap CBR tanah dasar.
2	Faktor Regional (FR)	FR tidak digunakan lagi
3	Reliabilitas	Parameter baru (Z_r)
4	Simpangan baku keseluruhan (S_o)	Ada simpangan baku (S_o)
5	Koefisien drainase (m)	Ada koefisien drainase
6	Rumus ITP atau SN	$SN = a_1.D_1 + a_2.D_2.m_2 + a_3.D_3.m_3$

Dengan : a_i = Koefisien Kekuatan Relatif Bahan Lapis Perkerasan ke-i

D_i = Tebal Lapis Perkerasan ke-i

m_i = Koefisien Drainasi Lapis ke-i

ITP = Indeks Tebal Perkerasan

SN = *Structural Number*

2.8.1. Periode Analisa (*Analysis Period*)

Batasan waktu meliputi pemeliharaan umur rencana dan kinerja jalan. Umur rencana (UR) dapat sama atau lebih dari umur kinerja jalan tersebut. Untuk jalan

baru umumnya diambil UR 20 tahun. Besarnya periode analisa didasarkan pada klasifikasi fungsi jalan dan dapat dilihat pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13: Umur Rencana Berdasarkan Kondisi Jalan (AASHTO 1993)

Highway Condition	Analysis Period
High Volume Urban	30 – 50
High Volume Rural	20 – 50
Low Volume Paved	15 – 25
Low Volume Agregate Surface	10 – 20

2.8.2. Lalulintas (*Traffic*)

Untuk perhitungan analisis lalu lintas pada metode AASHTO 1993 ini mencakup jumlah atau volume kendaraan yang lewat, serta Faktor Distribusi Arah (DD) dengan nilai antara 0,3 – 0,7 dan Faktor Distribusi Lajur (DL) yang mengacu pada Tabel 3.10 berdasarkan AASTHO 1993. Untuk mencari nilai W18 dapat digunakan persamaan 2.12 lalu dilanjutkan ke persamaan 2.13 berikut ini.

$$\hat{W}18 = LHR0 \times E \times DD \times DL \quad (2.12)$$

$$W18 = \hat{W}18 \times 365 \times \frac{(1+g)^n - 1}{g} \quad (2.13)$$

Dimana :

E = Angka ekivalen kendaraan.

DD = Faktor distribusi arah.

DL = Faktor distribusi lajur.

$\hat{W}18$ = Jumlah beban gandar standar kumulatif selama 1 tahun.

W18 = Jumlah beban lalu lintas standar kumulatif umur rencana.

g = Tingkat pertumbuhan per tahun.

n = Umur rencana.

365 = jumlah hari dalam setahun

Pada umumnya DD diambil 0,5. Pada beberapa kasus khusus terdapat pengecualian dimana kendaraan berat cenderung menuju satu arah tertentu.

Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa DD bervariasi dari 0,3 – 0,7 tergantung arah mana yang ‘berat’ dan ‘kosong’, sedangkan faktor DL nilainya dapat diambil dari Tabel 2.14 berikut :

Tabel 2.14: Faktor Distribusi Arah (DL) (AASHTO 1993)

Jumlah Lajur Tiap Arah	% 18 – Kips ESAL Design
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
≥4	50 - 75

2.8.3. Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir (Pt)

Kemampuan Pelayanan Akhir (Pt) ditentukan dari survei pendapat yang menyatakan sejauh mana perkerasan masih bisa diterima. Dari survei tersebut, AASHTO (1993) memberikan pedoman nilai minimum Pt pada Tabel 2.15. Dalam perencanaan, dibutuhkan pemilihan indeks pelayanan awal dan akhir. AASHTO (1993) menyarankan nilai-nilai kemampuan pelayanan akhir (Pt) sebagai berikut.

- a. Jalan raya utama, Pt = 2,5 atau 3.
- b. Jalan raya dengan lalu lintas rendah, Pt = 2,0.
- c. Jalan raya relative minor, Pt = 1,5.

Tabel 2.15: Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir (Pt) (AASHTO 1993)

Pt	Persen Orang Berpendapat Tidak Setuju
3,0	12 %
2,5	55 %
2,0	85 %

2.8.4. Indeks Kemampuan Pelayanan Awal (Po)

Kemampuan Pelayanan Awal (Po) bergantung pada tingkat kehalusan atau kerataan perkerasan awal, sedangkan Kemampuan Pelayanan Akhir (Pt) bergantung pada kekasaran atau tidak rataanya jalan yang masih memungkinkan untuk dilalui kendaraan sebelum dilakukan rehabilitasi. Untuk nilai Po AASHTO (1993) menyarankan sebagai berikut :

- a. Untuk perkerasan beton atau perkerasan kaku, $Po = 4,5$.
- b. Untuk perkerasan aspal atau perkerasan lentur, $Po = 4,2$.

Nilai-nilai tersebut masih dapat berubah, karena masih dipengaruhi oleh metode pembangunan, pengalaman setempat, dan standar yang digunakan.

2.8.5. Kehilangan Kemampuan Pelayanan (ΔPSI)

Kehilangan kemampuan pelayanan total (*total loss of serviceability*) dapat dihitung dengan persamaan 2.14 berikut ini.

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad (2.14)$$

Untuk perkerasan lentur dengan volume lalu lintas tinggi :

$$\Delta PSI = P_o - P_t = 4,2 - 2,5 = 1,7$$

untuk perkerasan lentur dengan lalu lintas rendah :

$$\Delta PSI = 4,2 - 2,0 = 2,2.$$

2.8.6. Reliabilitas (R) dan Simpang Baku Keseluruhan (So)

Reliabilitas adalah nilai probabilitas dari kemungkinan tingkat pelayanan yang dapat dipertahankan selama masa pelayanan dipandang dari sipemakai jalan. Reliabilitas adalah nilai jaminan bahwa perkiraan beban lalulintas yang akan memakai jalan tersebut dapat dipenuhi. Nilai Reliabilitas dalam AASHTO 1993 dapat dilihat dalam Tabel 2.16 berikut.

Tabel 2.16: Tingkat Reliabilitas (AASHTO 1993)

Fungsi Jalan	Tingkat Kendaraan	
	Urban	Rural
Jalan Tol	85 – 99,9	85 – 99,9
Arteri	80 – 99	75 – 99
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 – 80	50 – 80

Berdasarkan tingkat Reliabilitas AASHTO 1993 memberikan nilai simpang baku normal (ZR) yang sering dipakai dalam perancangan. Nilai simpang baku normal dapat dilihat pada Tabel 2.17.

Tabel 2.17: Nilai Simpang Baku Normal (ZR) (AASHTO 1993)

Reliabilitas R (%)	Simpangan Baku Normal, ZR	Reliabilitas R (%)	Simpangan Baku Normal, ZR
50	-0,000	93	-1,476
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645
75	-0,674	96	-1,751
80	-0,841	97	-1,881
85	-1,037	98	-2,054
90	-1,282	99	-2,327
91	-1,340	99,9	-3,090
92	-1,405	99,99	-3,750

2.8.7. Deviasi Standar Keseluruhan (So)

Deviasi standar keseluruhan (*overall standard deviation, So*) merupakan parameter yang digunakan untuk memperhitungkan adanya variasi dari input data. Deviasi standar keseluruhan dipilih sesuai dengan kondisi lokal. Untuk nilai So AASHTO (1993) menyarankan :

- a. Untuk perkerasan lentur : So diantara 0,40 – 0,50.
- b. Untuk perkerasan kaku : So diantara 0,30 – 0,40.

Disarankan dalam AASHTO (1993), untuk nilai So perkerasan lentur (aspal) = 0,45 dan untuk nilai So perkerasan kaku (beton) = 0,35.

2.8.8. Koefisien Drainase

Dalam perencanaan perkerasan lentur perlu adanya koefisien Drainase (mi). Pengaruh dari kualitas Drainase ini dinotasikan sebagai m2 (untuk lapis pondasi atas) dan m3 (untuk lapis pondasi bawah) (Iii, 1987).

Penentuan koefisien Drainase (mi) didasarkan pada kualitas dan hari efektif hujan dalam setahun yang akan mempengaruhi perkerasan. Klasifikasi kualitas Drainase ditunjukkan dalam Tabel 2.18 dibawah ini.

Tabel 2.18: Koefisien Drainase dan Koefisien Modifikasi Kekuatan Lapisan (m1)

Kualitas Drainase	Persen waktu struktur perkerasan terkena air hingga tingkat kelembabannya mendekati jenuh air (P)			
	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Sempurna	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Baik	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Sedang	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Buruk	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40
Sangat Buruk				

2.8.9. Modulus Resilient Tanah Dasar (Mr)

Nilai modulus *resilient* tanah dasar (MR) dapat diperoleh dari pemeriksaan AASHTO T274 atau korelasi dengan nilai CBR. Pemeriksaan MR sebaiknya dilakukan selama 1 tahun penuh sehingga dapat diperoleh nilai MR sepanjang musim dalam setahun. Besarnya kerusakan relatif dari setiap kondisi tanah dapat dihitung dengan mempergunakan persamaan (2.15)

$$u = 1,18 \times 108 \times MR - 2,32 \tag{2.15}$$

Dengan :

u = Kerusakan Relatif

M_r = Modulus *Resilient* dinyatakan dalam PSI

Modulus *resilient* efektif untuk tanah dasar yang dipergunakan dalam perencanaan tebal perkerasan adalah harga korelasi yang diperoleh dari kerusakan relatif rata-rata dalam setahun. Modulus *resilient* tanah dasar juga sering dikorelasikan dengan nilai CBR dengan persamaan (2.16).

$$M_r \text{ (PSI)} = 1500 \times \text{CBR} \quad (2.16)$$

Persamaan ini sering digunakan untuk tanah berbutir halus yang menggunakan CBR rendaman ≤ 10 .

2.8.10. Indeks Tebal Perkerasan (S_n)

Indeks tebal perkerasan (S_n) untuk struktur perkerasan awal perlu ditentukan terlebih dahulu, agar tebal lapisan perkerasan dapat direncanakan. Metode AASHTO 1993 memberikan persamaan dasar untuk menentukan tebal lapisan perkerasan berdasarkan nilai SN sebagai berikut:

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 \quad (2.17)$$

Dengan :

a_i = Koefisien Relatif Lapis ke- i

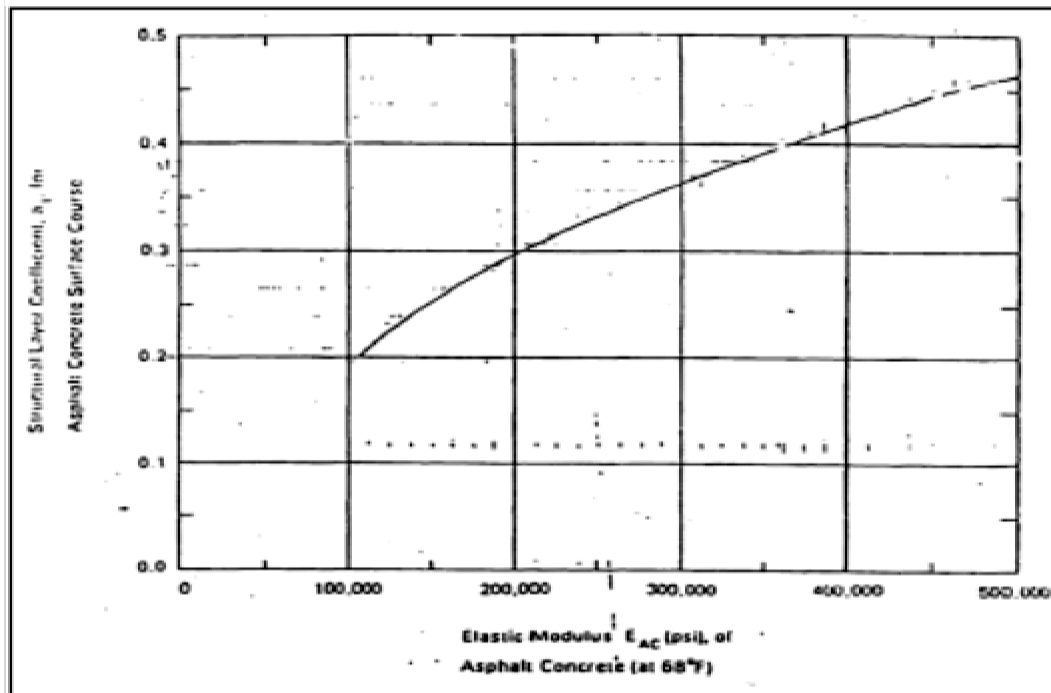
D_i = Tebal Lapis ke- i

m_i = Koefisien Drainase Lapis ke- i

2.8.11. Koefisien Relatif Lapisan (a)

Koefisien relatif lapisan (a) merupakan kekuatan masing-masing jenis bahan pada Metode AASHTO 1993. Angka koefisien relatif lapisan (a) diperoleh dari korelasi modulus elastis (*resilient*), CBR atau *R-value*. Untuk mendapatkan nilai modulus material, Metode AASHTO 1993 menganjurkan pengujian dengan Metode AASHTO T274 (untuk lapisan pondasi bawah dan material tanpa bahan perekat) dan ASTM D4123 (untuk beton aspal dan material yang distabilisasi). Untuk memperkirakan nilai koefisien lapisan beton aspal (a_1) dapat digunakan Gambar 2.2 untuk lapisan permukaan berdasarkan modulus elastis (*resilient*),

EAC pada suhu 68°F .Dianjurkan untuk berhati-hati dalam mengambil nilai di atas 450.000 PSI. Meskipun modulus beton aspal lebih tinggi dan memiliki perlawanan terhadap lentur, namun rentan terhadap pengaruh panas dan retak karena penurunan kualitas bahan.



Gambar 2.2: Grafik Untuk Memperkirakan Koefisien Lapisan Dari Tingkat Kepadatan Beton Aspal (a_1) Berdasarkan Modulus Elastis (AASHTO 1993)

Untuk memperkirakan nilai koefisien lapisan (a_2) dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan berdasarkan salah satu dari empat tes laboratorium yang tidak sama terhadap material pondasi berbutir dengan memasukkan *Resilient* dasar (EBS).Selain itu (a_2) juga dapat diperkirakan dari persamaan (2.18).

$$a_2 = 0,249 (\log EBS) - 0,977 \tag{2.18}$$

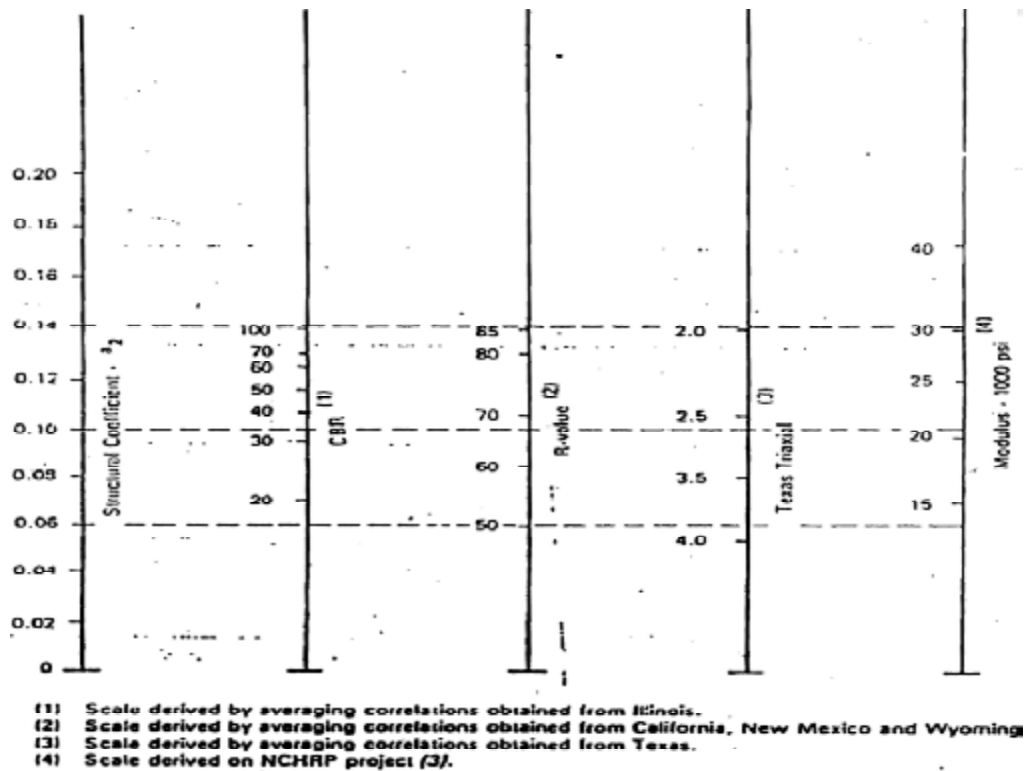
Untuk lapisan pondasi berbutir, EBS merupakan fungsi tegangan (θ) yang dapat dituliskan dengan persamaan (2.19):

$$EBS = K_1 \times \theta^{k_2} \tag{2.19}$$

Dengan :

θ = Jumlah Tegangan Pokok, $\delta_1 + \delta_2 + \delta_3$ (PSI)

k_1, k_2 = Regresi Konstan (tipe material)



Gambar 2.3: Variasi Koefisien Lapisan Pondasi Atas Dengan Material Berbutir (a2) Untuk Berbagai Macam Parameter Kekuatan Pondasi (AASHTO 1993)

Menurut AASHTO *Road Test*, nilai modulus (EBS dalam PSI) untuk pondasi mengikuti Tabel 2.19.

Tabel 2.19: Nilai Modulus (EBS dalam PSI) untuk Pondasi

Tingkat Kelembaban	Persamaan	Tegangan (PSI)			
		$\theta = 5$	$\theta = 10$	$\theta = 20$	$\theta = 30$
Kering	$8000 \times \theta^{0,6}$	21,012	31,848	48,273	61,569
Lembab	$4000 \times \theta^{0,6}$	10,506	15,924	24,136	30,784
Basah	$3200 \times \theta^{0,6}$	8,404	12,739	19,309	24,627

EBS merupakan fungsi dari kelembaban dan tegangan (θ). Nilai untuk tegangan dalam lapisan pondasi bervariasi untuk modulus tanah dasar dan tebal lapisan permukaan. Nilai yang dapat digunakan dalam perencanaan dapat dilihat dalam Tabel 2.20.

Tabel 2.20: Nilai Tegangan (θ) Berdasarkan Tebal Beton Aspal Dan MR Tanah Dasar (AASHTO 1993)

Tebal Aspal Beton (inch)	Modulus <i>resilient</i> tanah dasar (PSI)		
	3000	7000	15000
<2	20	25	30
2 – 4	10	15	20
4 – 6	5	10	15
>6	5	5	5

Sedangkan untuk nilai K1 dan K2 dapat ditentukan berdasarkan nilai dari AASHTO *Method* T274 seperti pada Tabel 2.21.

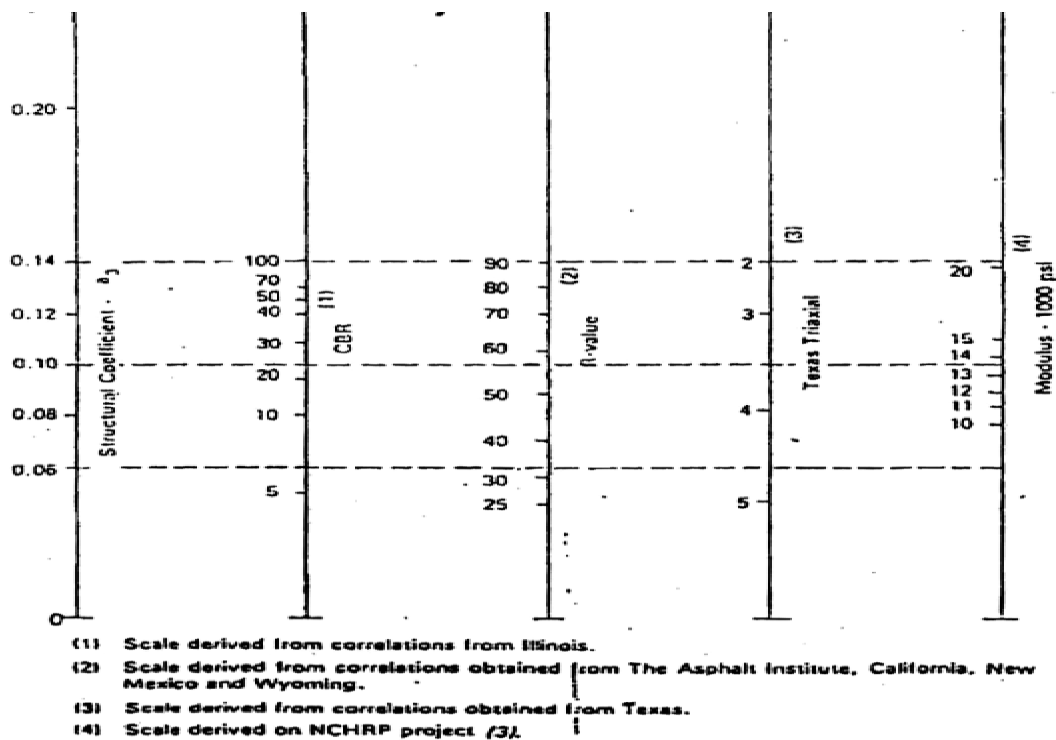
Tabel 2.21: Nilai K1 dan K2 Untuk Material Pondasi Atas dan Pondasi Bawah Tanpa Bahan Pengikat (AASHTO 1993)

Lapisan	Kondisi Kelembaban	Fungsi Kualitas Material	
		K1	K2
Pondasi Atas	Kering	6000 – 10000	0,5 – 0,7
	Lembab	4000 – 6000	0,5 – 0,7
	Basah	2000 – 4000	0,5 – 0,7
Pondasi Bawah	Kering	6000 – 8000	0,4 – 0,6
	Lembab	4000 – 6000	0,4 – 0,6
	Basah	1500 – 4000	0,4 – 0,6

Untuk memperkirakan nilai koefisien lapisan (a_3) dapat dilihat pada Gambar 2.4. dan berdasarkan salah satu dari empat tes laboratorium yang tidak sama terhadap material pondasi berbutir dengan memasukan *resilient* dasar (EBS). Selain itu a_3 juga diperkirakan dari persamaan (2.20).

$$a_3 = 0,227 (\log \text{EBS}) - 0,839 \dots\dots\dots(2.20)$$

Untuk lapisan pondasi bawah, EBS dipengaruhi oleh tegangan, adapun caranya sama dengan lapisan pondasi atas. Nilai K1 dan K2 dapat dilihat pada Tabel 2.16 diatas. Menurut AASHTO *Road Test*, nilai material pondasi bawah sesuai dengan grafik Gambar 2.4 berikut :



Gambar 2.4: Variasi Koefisien Lapisan Pondasi Bawah dengan Material Berbutir (a3) Untuk Berbagai – Macam Parameter Kekuatan Pondasi

Tabel 2.22: Nilai EBS Untuk Pondasi Bawah (AASHTO 1993)

Tingkat Kelembaban	Persamaan	Tegangan		
		$\theta = 5$	$\theta = 7,5$	$\theta = 10$
Lembab	$Mr = 5400 \times \theta^{0,6}$	14,183	18,090	21,497
Basah	$Mr = 4600 \times \theta^{0,6}$	12,082	15,410	18,312

2.8.12. Batas – Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan (Di)

AASHTO 1993 memberikan batasan minimum untuk tebal perkerasan sesuai Tabel 2.23. dibawah ini.

Tabel 2.23: Nilai Tebal Perkerasan Minimum (Inch) (AASHTO 1993)

Volume Lalulintas ESAL's	Beton Aspal	Pondasi Agregat
<50.000	1,0	4
50.000 – 150.000	2,0	4
150.000 – 500.000	2,5	4
500.001 – 2.000.000	3,0	6
2.000.001 – 7.000.000	3,5	6
>7.000.000	4,0	6

Adapun langkah – langkah penentuan tebal perkerasan adalah berdasarkan persamaan (2.21 sampai dengan 2.23).

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{D_1 \cdot a_1} \quad (2.21)$$

$$D_2 \geq \frac{SN_2 - (D_1 \cdot a_1)}{a_2 \cdot m_2} \quad (2.22)$$

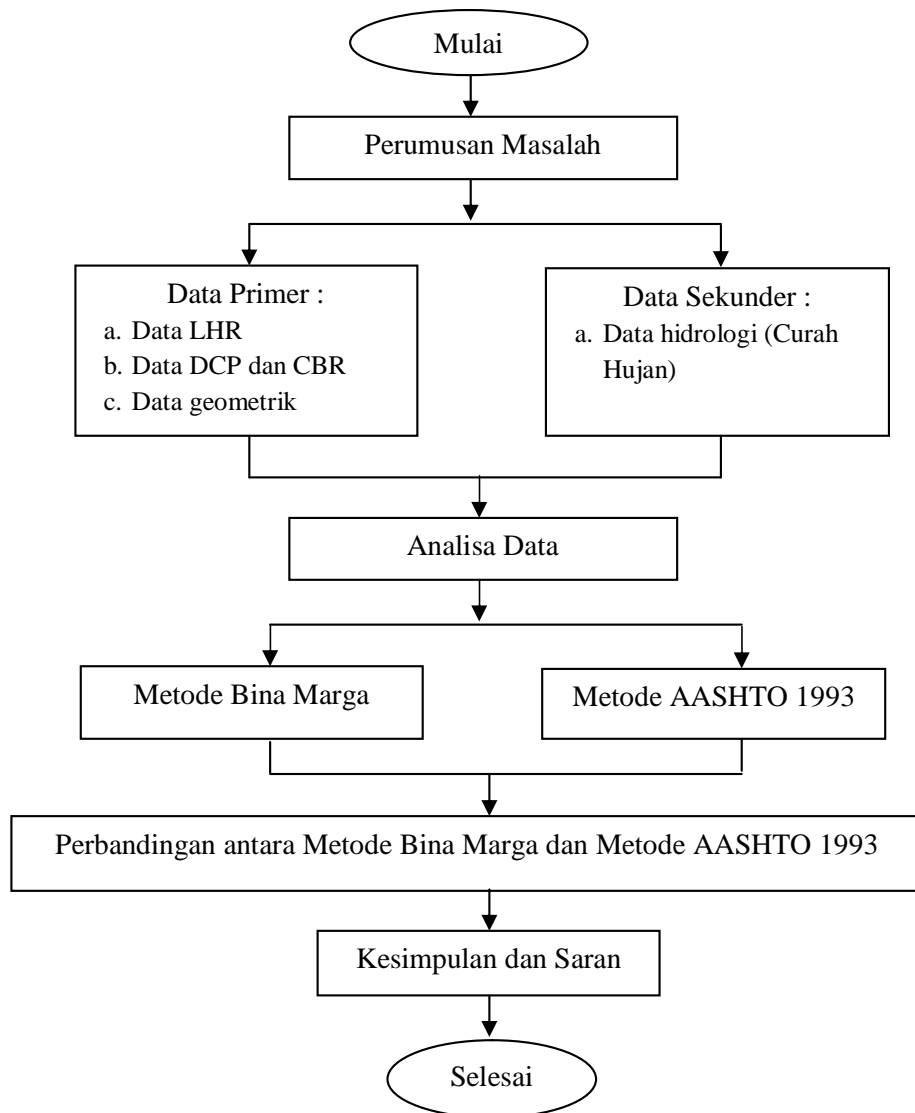
$$D_3 \geq \frac{SN_3 - (D_1 \cdot a_1 + D_2 \cdot a_2 \cdot m_2)}{a_3 \cdot m_3} \quad (2.23)$$

- Hi, B. A. B. (n.d.). *pavement) merupakan perkerasan dengan menggunakan bahan ikat aspal.*
- Ii, B. A. B., & Jalan, A. P. (2015). *No Title.* 4–10.
- Ii, B. A. B., & Pustaka, T. (n.d.). *No Title.* 4–41.
- Iii, B. A. B. (1987). *No Title.*
- Islam, U., Jl, B., No, C. M., Konstruksi, A., Marga, B., Highway, S., & Officials, T. (1992). *ANALISIS TEBAL LAPIS PERKERASAN DENGAN METODE BINA MARGA 1987 DAN AASHTO 1986 Sri Nuryati.* 32–49.
- Lie, I., Wong, K., Sipil, J. T., Lentur, P. J., & Marga, M. B. (2013). *STUDI PERBANDINGAN PERKERASAN JALAN LENTUR METODE BINA MARGA DAN AASTHO DENGAN MENGGUNAKAN UJI DYNAMIC CONE PENETRATION (RUAS JALAN BUNGKU - FUNUASINGKO KABUPATEN MOROWALI).* 7(KoNTekS 7), 24–26.
- No Title.* (n.d.).
- Oleh, D., Badan, Y., & Pu, P. (1987). *Petunjuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metode analisa komponen.* 73(02).
- Umum, K. P., Rakyat, D. A. N. P., Jenderal, D., & Marga, B. (2017). *Kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat direktorat jenderal bina marga.*

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Bagan Alir Penelitian

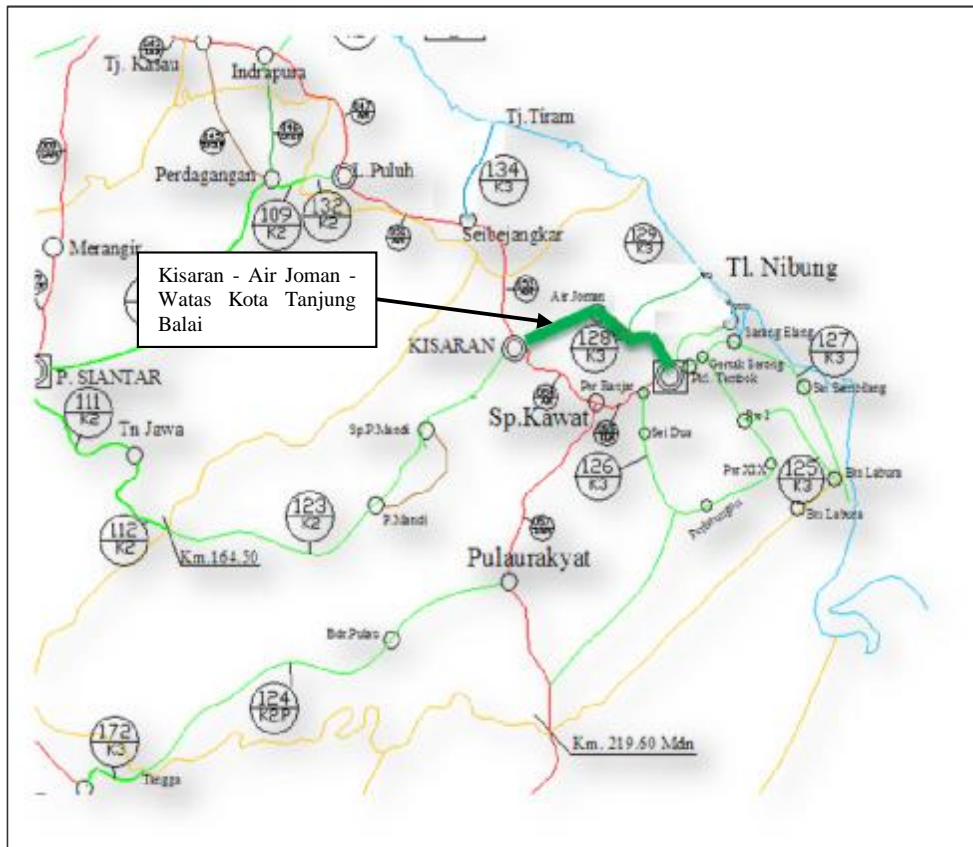
Langkah-langkah dalam pengerjaan penelitian ini disajikan dalam bentuk bagan alir (*flow chart*) yang mana bagan alir ini sebagai pedoman penelitian yang akan dilakukan dalam penulisan ini. Bagan alir tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Bagan Alir Metode Penelitian

3.2. Lokasi Penelitian

Lokasi survei *Traffic Counting* dilakukan di ruas jalan Kisaran – Air Joman – Watas Kota Tanjung Balai STA 158+800 sampai dengan STA 162+150. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 : Peta Lokasi Penelitian

3.3. Data Existing Jalan

1. Data-data existing jalan adalah sebagai berikut:

- a. Panjang : 3350 m (STA 158+800 – 162+150)
- b. Lebar perkerasan : 8 – 10 m
- c. Median : tidak ada
- d. Bahu Jalan : 1 m (kanan dan kiri)
- e. Drainase : ada

3.4. Data Perencanaan Geometrik Jalan

Berdasarkan klasifikasi menurut fungsi jalan maka Ruas Jalan Kisaran – Air Joman – Watas Kota Tanjung Balai adalah jalan kolektor dengan medan yang datar. Kecepatan rencana sebagai dasar perencanaan *geometric* jalan tersebut diambil dari Tabel 3.1. berikut yaitu 60 km/jam.

Tabel 3.1: Kecepatan Rencana, VR, sesuai klasifikasi fungsi dan klasifikasi medan jalan (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1987)

Fungsi	Kecepatan Rencana, VR, km/jam		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70 - 120	60 – 80	40 - 70
Kolektor	60 - 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 - 70	30 – 50	20 - 30

Sehingga dapat ditampilkan parameter perencanaan geometrik jalan diatas yaitu:

- a. Nama Ruas : Kisaran–Air Joman–Watas Kota Tjg Balai
- b. Lebar Badan Jalan : 8 s.d 10 m
- c. Umur Rencana : 10 Tahun
- d. Perkembangan Lalu Lintas (i) selama pelaksanaan : 10% / tahun
- e. Perkembangan Lalu Lintas (i) akhir umur rencana : 8.0% / tahun
- f. Data Curah Hujan : >900 mm / tahun
- g. CBR Tanah : 3.4 %
- h. Fungsi Jalan : Kolektor (2 jalur 2 arah)
- i. Kecepatan Rencana : 60 km/jam
- j. LHR (smp/hari) : 1.500<8.000
- k. Kelandaian : 6 %
- l. Direncanakan bahan yang digunakan untuk susunan lapis perkerasan:
 - Lapisan Permukaan : Lasbutag MS 590 Kg
 - Lapisan Pondasi Atas : Batu Pecah (Kelas A)
 - Lapisan Pondasi Bawah : Sirtu (Kelas A)

3.5. Metode Penelitian

Jenis dan cara pengumpulan data yang dibutuhkan pada dasarnya dibagi dalam dua kelompok yaitu data primer dan data sekunder.

3.6. Data Primer

Data Primer merupakan data-data yang langsung di dapatkan dari lapangan dan merupakan data baku untuk menghasilkan data-data perencanaan perkerasan jalan.

3.6.1. Survei Volume Lalu lintas

Survei volume lalu lintas bertujuan untuk mengetahui kondisi lalu lintas, kecepatan kendaraan rata-rata, serta menginventarisasi jumlah setiap jenis kendaraan yang melewati ruas jalan tertentu dalam satuan waktu, sehingga dapat dihitung lalu lintas harian rata-rata sebagai dasar perencanaan jalan. Survei volume kendaraan, yang dilakukan di dua tempat, yaitu di ruas jalan dan di titik persimpangan jalan.

Survey lalu lintas dilakukan selama 7 hari dengan waktu pencatatan selama 12 jam setiap harinya antara jam 07.00 - 19.00 pada satu lokasi pengamatan untuk 2 arah, yaitu arah Kisaran ke Tanjung Balai dan Tanjung Balai ke Kisaran. Waktu survey 12 jam tersebut dipilih untuk mewakili waktu pengambilan data lalu-lintas pada kelas jalan kolektor primer. Dari survei akan diperoleh data-data sebagai berikut:

- a. Data jumlah kendaraan
- b. Data jenis kendaraan beserta jumlah tiap jenisnya

3.6.2. Acuan Survei

Seluruh jenis kendaraan yang lewat baik dari arah depan maupun dari arah belakang harus dicatat. Setiap lajur minimal 2 (dua) orang dengan peralatan yang digunakan 1 orang dan 1 *counter* serta format survei yang telah ditentukan .

Pos – pos perhitungan lalu lintas yang terbagi dalam beberapa tipe pos :

- § Pos kelas A : yaitu pos perhitungan lalu lintas yang terletak pada ruas jalan dengan jumlah lalu lintas yang tinggi dan mempunyai $LHR \geq 10.000$ kendaraan.
- § Pos kelas B : yaitu pos perhitungan lalu lintas yang terletak pada ruas jalan dengan jumlah, lalu lintas yang sedang dan mempunyai $5.000 < LHR < 10.000$ kendaraan.
- § Pos kelas C : yaitu pos perhitungan lalu lintas yang terletak pada ruas jalan dengan jumlah lalu lintas yang rendah dan mempunyai $LHR \leq 5.000$ kendaraan.

Dalam perhitungan jumlah lalu lintas, kendaraan dibagi kedalam 8 kelompok yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2: Pengelompokan Kendaraan (RTC- Manual)

Golongan / Kelompok	Jenis kendaraan dalam kelompok ini
1	Sepeda motor, sekuter, sepeda kumbang dan kendaraan bermotor roda tiga
2	Sedan, Jeep,dan Satation Wagon
3	Oplet, Pick-up Oplet, Suburban, Combi, Minibus
4	Pick-Up, Micro Truck dan mobil hantaran atau Pick-up Box
5a	Bus Kecil
5b	Bus Besar
6a	Truck Kecil
7a	Truck Besar dua sumbu
7c	Truck semi trailer
8	Kendaraan tidak bermotor, Sepeda, Becak, Andong / Dokar.

3.6.3. Survei Daya Dukung Tanah Dasar (DCP)

Untuk konstruksi ulang atau peningkatan jalan-jalan yang sudah ada, dilakukan pengujian Penetrometer Kerucut Dinamis (DCP) sepanjang sumbu jalan untuk menentukan kekuatan dukung tanah bawah di lokasi. Pada setiap masalah, pengujian akan mulai dari bagian bawah galian lubang melalui struktur perkerasan yang ada. Maksud dari pengujian ini yakni agar dapat menyelidiki tebal dan jenis bahan untuk setiap lapis perkerasan dan untuk mengukur pengaruh pemadatan yang disebabkan oleh lalu lintas normal terhadap nilai CBR di Lokasi (*Test Tembus*).

Frekuensi (banyaknya) pengujian pada sumbu jalan tersebut ditentukan sebanyak 1 titik setiap jarak 200 meter di lokasi dan kedalaman maksimum untuk setiap pengujian harus dibatasi dari 0,5 meter sampai 1,0 meter . Pengujian DCP dilakukan jika pengujian dengan *Benkelman Beam* tidak dapat dilakukan karena perkerasan jalan yang ada sudah tidak beraspal atau kondisi badan jalan sudah amblas atau retak basah.

Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk menilai CBR lapisan tanah dasar pada ruas jalan yang belum beraspal, seperti jalan tanah, jalan kerikil atau aspal yang telah rusak hingga nampak lapisan pondasinya.

Pemeriksaan DCP dilakukan sesuai dengan ketentuan sebagai berikut :

- § Alat DCP yang dipakai harus sesuai dengan ketentuan ukuran yang ditetapkan.
- § Pemeriksaan dilakukan dengan interval pemeriksaan 200 m.
- § Pemeriksaan dilakukan pada sumbu jalan dan pada permukaan tanah dasar.
- § Harus dicatat ketebalan dan jenis setiap bahan perkerasan yang ada seperti lapisan sirtu, lapisan Telford, lapisan tanah dasar.
- § Pemeriksaan dilakukan dengan kedalaman 90 cm dari permukaan tanah dasar, kecuali dijumpai lapisan tanah yang sangat keras (lapisan batuan) sebelum mencapai ketebalan 90 cm.
- § Selama pemeriksaan akan dicatat keadaan khusus yang perlu diperhatikan seperti timbunan, kondisi drainase, kondisi dan tebal lapisan perkerasan lama, lebar perkerasan lama, tinggi muka air lama dan sebagainya

Untuk pelaksanaan kegiatan DCP harus sesuai dengan SNI 03-1743-1989, dan proses pengambilan data harus mengacu pada format yang telah standar dan hasil survey DCP dapat dilihat dalam data lampiran survei.

3.7. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi terkait seperti Dinas Bina Marga Provinsi Sumatera Utara. Dalam analisa penelitian ini, data yang dibutuhkan meliputi data curah hujan yang akan menjadi pertimbangan dalam perencanaan lapis perkerasan lentur di lokasi penelitian.

3.7.1. Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan dalam perencanaan ini adalah data-data curah hujan harian di pos pengamatan (BMKG) stasiun BPP Bandar Pulau Kabupaten Asahan tahun 2009 – 2018 . Dari data-data tersebut yang dianalisa adalah curah hujan harian maksimum setiap harinya untuk mendapatkan Intensitas Curah Hujan (I) dan Debit Rencana (Q). Data curah hujan harian maksimum dapat dilihat pada Tabel 3.3. dibawah ini.

Tabel 3.3: Curah Hujan Harian Maksimum

No.	Tahun	Bulan	Tanggal	Curah Hujan (mm/hari)
1.	2009	September	20	252
2.	2010	Mei	29	298
3.	2011	September	17	378
4.	2012	September	29	477
5.	2013	September	12	436
6.	2014	Desember	19	334
7.	2015	Mei	21	294

Tabel 3.3: *Lanjutan*

No.	Tahun	Bulan	Tanggal	Curah Hujan (mm/hari)
8.	2016	April	16	348
9.	2017	Agustus	30	443
10.	2018	November	15	365
Total				3625
Curah Hujan Maksimum				477
Curah Hujan Minimum				8
Curah Hujan Rata-rata (Perhitungan)				165.942

Dari Tabel 3.3: terlihat bahwa curah hujan maksimum yang terjadi dalam kurun waktu 10 (sepuluh) tahun terakhir sebesar 477 mm yaitu pada tanggal 29 September 2012.

3.8. Data Survey Lapangan

Adapun data-data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. LHR (Lalulintas Harian Rata-rata)
2. Data DCP dan CBR (*California Bearing Ratio*)
3. Data Curah Hujan

Data LHR Kisaran – Air Joman – Watas Kota Tanjung Balai dapat kita lihat pada tabel 3.4.dan 3.5. dibawah ini.

Tabel 3.4: Data survei LHR Kisaran – Air Joman – Watas Kota Tanjung Balai (dari Kisaran ke Tanjung Balai)

GOLONGAN	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8
TANGGAL	Sepeda motor, scooter, dan kendaraan roda 3	Sedan, jeep dan station wagon,	Combi, minibus	Pick up, Micro Truck, Mobil Hantaran, Pick up box'	Bus Kecil	Bus Besar	Colt Diesel Truck Ringan 2 sumbu	Truck Sedang 2 sumbu	Truck as 3	Truck Gandeng	Truck Semi Trailer	Speda, Becak, Andong/ Dokar, Gerobak Sapi
17/06/2019	3870	205	4	145	0	0	81	8	0	0	0	82
18/06/2019	7564	335	0	134	1	0	72	0	0	0	0	77
19/06/2019	6808	302	0	121	1	0	65	0	0	0	0	70
20/06/2019	4257	226	5	160	0	0	90	9	0	0	0	91
21/06/2019	4064	216	5	153	0	0	86	9	0	0	0	87
22/06/2019	7262	322	0	129	1	0	70	0	0	0	0	74
23/06/2019	5805	308	6	218	0	0	122	12	0	0	0	123

Tabel 3.5: Data survei LHR Kisaran – Air Joman – Watas Kota Tanjung Balai (dari Tanjung Balai ke Kisaran)

GOLONGAN	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8
TANGGAL	Sepeda motor, scooter, dan kendaraan roda 3	Sedan, jeep dan station wagon,	Combi, minibus	Pick up, Micro Truck, Mobil Hantaran, Pick up box'	Bus Kecil	Bus Besar	Colt Diesel Truck Ringan 2 sumbu	Truck Sedang 2 sumbu	Truck as 3	Truck Gandeng	Truck Semi Trailer	Speda, Becak, Andong/ Dokar, Gerobak Sapi
17/06/2019	4362	243	2	143	0	0	121	1	7	0	0	41
18/06/2019	8223	428	0	166	0	0	89	0	0	0	0	48
19/06/2019	7401	386	0	150	0	0	81	0	0	0	0	44
20/06/2019	4799	268	3	158	0	0	134	2	8	0	0	46
21/06/2019	4581	256	3	151	0	0	128	2	8	0	0	44
22/06/2019	7895	411	0	160	0	0	86	0	0	0	0	47
23/06/2019	6543	365	3	215	0	0	182	2	11	0	0	62
total	83438	4271	31	2203	3	0	1407	45	34	0	0	936
rata-rata	11920	611	5	315	1	0	201	7	5	0	0	134

Data DCP dan CBR Kisaran – Air Joman – Watas Kota Tanjung Balai dapat kita lihat pada tabel 3.6. sampai dengan 3.17. dibawah ini.

Tabel 3.6: Data Pengujian DCP (STA : 01+800)

Nomor Pukulan	Angka DCP		Selisih Penetrasi mm	CBR (%)	h*cbr ^{1/3}
	cm	mm			
0	12	120	0	0	0
1	15	150	30	7.48	5.87
2	16.7	167	17	15.77	4.26
3	17.2	172	5	78.66	2.14
4	18	180	8	42.44	2.79
5	18.4	184	4	105.44	1.89
6	18.7	187	3	153.83	1.61
7	19	190	3	153.83	1.61
8	19.1	191	1	650.88	0.87
9	19.6	196	5	78.66	2.14
10	20	200	4	105.44	1.89
11	20.1	201	1	650.88	0.87
12	20.4	204	3	153.83	1.61
13	20.8	208	4	105.44	1.89
14	21.3	213	5	78.66	2.14
15	22	220	7	50.57	2.59
16	22.3	223	3	153.83	1.61
17	23	230	7	50.57	2.59
18	24	240	10	31.66	3.16
19	26.2	262	22	11.24	4.93
20	28.2	282	20	12.74	4.67
21	31	310	28	8.19	5.64
22	34.3	343	33	6.60	6.19
23	37.9	379	36	5.89	6.50
24	42	420	41	4.96	6.99
25	46	460	40	5.13	6.90
26	50.4	504	44	4.53	7.28
27	55	550	46	4.27	7.46
28	59	590	40	5.13	6.90
29	63.2	632	42	4.81	7.09
30	68	680	48	4.04	7.64
31	72.3	723	43	4.66	7.18
32	76.2	762	39	5.30	6.80

Tabel 3.6: Lanjutan

Nomor Pukulan	Angka DCP		Selisih Penetrasi mm	CBR (%)	$h \cdot cbr^{1/3}$
	cm	mm			
33	79.2	792	30	7.48	5.87
34	82.9	829	37	5.68	6.60
35	86	860	31	7.17	5.98
36	89.2	892	32	6.87	6.08
37	92.4	924	32	6.87	6.08
38	96	960	36	5.89	6.50
CBR at this point (%)					8.410

Tabel 3.7: Data Pengujian DCP (STA : 02+000)

Nomor Pukulan	Angka DCP		Selisih Penetrasi mm	CBR (%)	$h \cdot cbr^{1/3}$
	cm	mm			
0	8	80	0	0	0
1	11.2	112	32	6.87	6.08
2	14.1	141	29	7.82	5.76
3	16.4	164	23	10.61	5.05
4	18.4	184	20	12.74	4.67
5	20.9	209	25	9.51	5.30
6	24.4	244	35	6.11	6.40
7	29.3	293	49	3.93	7.73
8	36	360	67	2.61	9.22
9	44	440	80	2.06	10.19
10	50.4	504	64	2.77	8.98
11	56	560	56	3.30	8.33
12	62	620	60	3.01	8.66
13	67.2	672	52	3.63	7.99
14	72.2	722	50	3.83	7.82
15	77	770	48	4.04	7.64
16	81.8	818	48	4.04	7.64
17	86.2	862	44	4.53	7.28
18	91	910	48	4.04	7.64
19	94.4	944	34	6.35	6.30
20	98	980	36	5.89	6.50
CBR at this point (%)					4.199

Tabel 3.8: Data Pengujian DCP (STA : 02+200)

Nomor Pukulan	Angka DCP		Selisih Penetrasi mm	CBR (%)	h*cbr ^{1/3}
	cm	mm			
0	11	110	0	0	0
1	13.2	132	22	11.24	4.93
2	15.6	156	24	10.03	5.18
3	19.7	197	41	4.96	6.99
4	25.2	252	55	3.38	8.25
5	35.9	359	107	1.41	12.00
6	46.4	464	105	1.44	11.87
7	54.9	549	85	1.91	10.54
8	63.1	631	82	2.00	10.33
9	71	710	79	2.10	10.11
10	77.8	778	68	2.56	9.30
11	83.4	834	56	3.30	8.33
12	89	890	56	3.30	8.33
13	95	950	60	3.01	8.66
14	98	980	30	7.48	5.87
CBR at this point (%)					2.670

Tabel 3.9: Data Pengujian DCP (STA : 02+400)

Nomor Pukulan	Angka DCP		Selisih Penetrasi mm	CBR (%)	h*cbr ^{1/3}
	cm	mm			
0	12	120	0	0	0
1	12.4	124	4	105.44	1.89
2	12.8	128	4	105.44	1.89
3	13.5	135	7	50.57	2.59
4	14	140	5	78.66	2.14
5	14.7	147	7	50.57	2.59
6	15.5	155	8	42.44	2.79
7	16.7	167	12	24.92	3.51
8	18	180	13	22.43	3.67
9	19.2	192	12	24.92	3.51
10	20.2	202	10	31.66	3.16
11	21.3	213	11	27.94	3.34
12	22.6	226	13	22.43	3.67

Tabel 3.9: *Lanjutan*

Nomor Pukulan	Angka DCP		Selisih Penetrasi mm	CBR (%)	$h \cdot cbr^{1/3}$
	cm	mm			
13	24	240	14	20.35	3.82
14	25.6	256	16	17.08	4.12
15	27	270	14	20.35	3.82
16	28.8	288	18	14.63	4.40
17	30.6	306	18	14.63	4.40
18	33	330	24	10.03	5.18
19	35.4	354	24	10.03	5.18
20	37.8	378	24	10.03	5.18
21	41	410	32	6.87	6.08
22	44.6	446	36	5.89	6.50
23	48.4	484	38	5.49	6.70
24	52.8	528	44	4.53	7.28
25	57	570	42	4.81	7.09
26	61.2	612	42	4.81	7.09
27	66	660	48	4.04	7.64
28	71.3	713	53	3.54	8.08
29	76.2	762	49	3.93	7.73
30	80.2	802	40	5.13	6.90
31	84.9	849	47	4.15	7.55
32	89.4	894	45	4.39	7.37
33	94.8	948	54	3.46	8.17
34	98.8	988	40	5.13	6.90
CBR at this point (%)					7.770

Tabel 3.10: Data Pengujian DCP (STA : 02+600)

Nomor Pukulan	Angka DCP		Selisih Penetrasi mm	CBR (%)	$h \cdot cbr^{1/3}$
	cm	mm			
0	10	100	0	0	0
1	11.8	118	18	14.63	4.40
2	14.8	148	30	7.48	5.87
3	18.6	186	38	5.49	6.70
4	22.2	222	36	5.89	6.50
5	26.4	264	42	4.81	7.09
6	30.6	306	42	4.81	7.09
7	34.8	348	42	4.81	7.09

Tabel 3.10: *Lanjutan*

Nomor Pukulan	Angka DCP		Selisih Penetrasi mm	CBR (%)	$h \cdot cbr^{1/3}$
	cm	mm			
8	39	390	42	4.81	7.09
9	43.4	434	44	4.53	7.28
10	47.8	478	44	4.53	7.28
11	52	520	42	4.81	7.09
12	56.6	566	46	4.27	7.46
13	61	610	44	4.53	7.28
14	65.4	654	44	4.53	7.28
15	69.8	698	44	4.53	7.28
16	74.2	742	44	4.53	7.28
17	79	790	48	4.04	7.64
18	84.4	844	54	3.46	8.17
19	89.8	898	54	3.46	8.17
20	95.2	952	54	3.46	8.17
21	99	990	38	5.49	6.70
CBR at this point (%)					4.682

Tabel 3.11: Data Pengujian DCP (STA : 02+800)

Nomor Pukulan	Angka DCP		Selisih Penetrasi mm	CBR (%)	$h \cdot cbr^{1/3}$
	cm	mm			
0	15	150	0	0	0
1	15.8	158	8	42.44	2.79
2	16.8	168	10	31.66	3.16
3	17.8	178	10	31.66	3.16
4	19	190	12	24.92	3.51
5	20.2	202	12	24.92	3.51
6	21.4	214	12	24.92	3.51
7	22.8	228	14	20.35	3.82
8	24.2	242	14	20.35	3.82
9	25.6	256	14	20.35	3.82
10	27	270	14	20.35	3.82
11	28.8	288	18	14.63	4.40
12	30.6	306	18	14.63	4.40
13	33	330	24	10.03	5.18
14	35.4	354	24	10.03	5.18
15	37.8	378	24	10.03	5.18

Tabel 3.11: *Lanjutan*

Nomor Pukulan	Angka DCP		Selisih Penetrasi mm	CBR (%)	$h \cdot cbr^{1/3}$
	cm	mm			
16	40.6	406	28	8.19	5.64
17	44.2	442	36	5.89	6.50
18	48.4	484	42	4.81	7.09
19	52.6	526	42	4.81	7.09
20	56.8	568	42	4.81	7.09
21	61.2	612	44	4.53	7.28
22	65.6	656	44	4.53	7.28
23	70.6	706	50	3.83	7.82
24	75.6	756	50	3.83	7.82
25	80.4	804	48	4.04	7.64
26	84.6	846	42	4.81	7.09
27	89.2	892	46	4.27	7.46
28	94.2	942	50	3.83	7.82
29	98.8	988	46	4.27	7.46
CBR at this point (%)					7.005

Tabel 3.12: Data Pengujian DCP (STA : 03+000)

Nomor Pukulan	Angka DCP		Selisih Penetrasi mm	CBR (%)	$h \cdot cbr^{1/3}$
	cm	mm			
0	14	140	0	0	0
1	14.8	148	8	42.44	2.79
2	15.6	156	8	42.44	2.79
3	16.6	166	10	31.66	3.16
4	17.6	176	10	31.66	3.16
5	18.8	188	12	24.92	3.51
6	20	200	12	24.92	3.51
7	21.2	212	12	24.92	3.51
8	22.4	224	12	24.92	3.51
9	24	240	16	17.08	4.12
10	25.6	256	16	17.08	4.12
11	27.2	272	16	17.08	4.12
12	28.8	288	16	17.08	4.12
13	30.6	306	18	14.63	4.40
14	32.4	324	18	14.63	4.40
15	34.2	342	18	14.63	4.40
16	36.2	362	20	12.74	4.67

Tabel 3.12: *Lanjutan*

Nomor Pukulan	Angka DCP		Selisih Penetrasi mm	CBR (%)	$h \cdot cbr^{1/3}$
	cm	mm			
17	38.6	386	24	10.03	5.18
18	42.2	422	36	5.89	6.50
19	46.4	464	42	4.81	7.09
20	50.6	506	42	4.81	7.09
21	55.8	558	52	3.63	7.99
22	61	610	52	3.63	7.99
23	66	660	50	3.83	7.82
24	71.8	718	58	3.15	8.50
25	77.6	776	58	3.15	8.50
26	84	840	64	2.77	8.98
27	90.4	904	64	2.77	8.98
28	96.8	968	64	2.77	8.98
CBR at this point (%)					6.423

Tabel 3.13: Data Pengujian DCP (STA : 03+200)

Nomor Pukulan	Angka DCP		Selisih Penetrasi mm	CBR (%)	$h \cdot cbr^{1/3}$
	cm	mm			
0	12.5	125	0	0	0
1	12.8	128	3	153.83	1.61
2	13.4	134	6	61.91	2.37
3	14.6	146	12	24.92	3.51
4	15.8	158	12	24.92	3.51
5	17	170	12	24.92	3.51
6	18.2	182	12	24.92	3.51
7	19.8	198	16	17.08	4.12
8	21.4	214	16	17.08	4.12
9	23	230	16	17.08	4.12
10	25	250	20	12.74	4.67
11	26.8	268	18	14.63	4.40
12	28.8	288	20	12.74	4.67
13	30.8	308	20	12.74	4.67
14	33.4	334	26	9.03	5.41
15	36	360	26	9.03	5.41
16	39.6	396	36	5.89	6.50
17	43.2	432	36	5.89	6.50
18	47.4	474	42	4.81	7.09

Tabel 3.13: *Lanjutan*

Nomor Pukulan	Angka DCP		Selisih Penetrasi mm	CBR (%)	$h \cdot cbr^{1/3}$
	cm	mm			
19	52	520	46	4.27	7.46
20	56.6	566	46	4.27	7.46
21	61.2	612	46	4.27	7.46
22	65.6	656	44	4.53	7.28
23	70.2	702	46	4.27	7.46
24	75	750	48	4.04	7.64
25	79.8	798	48	4.04	7.64
26	84.6	846	48	4.04	7.64
27	89.4	894	48	4.04	7.64
28	94.2	942	48	4.04	7.64
29	99	990	48	4.04	7.64
CBR at this point (%)					6.652

Tabel 3.14: Data Pengujian DCP (STA : 03+400)

Nomor Pukulan	Angka DCP		Selisih Penetrasi mm	CBR (%)	$h \cdot cbr^{1/3}$
	cm	mm			
0	12.5	125	0	0	0
1	13.8	138	13	22.43	3.67
2	15	150	12	24.92	3.51
3	16.2	162	12	24.92	3.51
4	17.6	176	14	20.35	3.82
5	18.8	188	12	24.92	3.51
6	20	200	12	24.92	3.51
7	21.2	212	12	24.92	3.51
8	22.4	224	12	24.92	3.51
9	24.2	242	18	14.63	4.40
10	25.8	258	16	17.08	4.12
11	27.6	276	18	14.63	4.40
12	29.4	294	18	14.63	4.40
13	31.4	314	20	12.74	4.67
14	33.4	334	20	12.74	4.67
15	35.2	352	18	14.63	4.40
16	37.2	372	20	12.74	4.67
17	39.6	396	24	10.03	5.18
18	42.2	422	26	9.03	5.41

Tabel 3.14: Lanjutan

Nomor Pukulan	Angka DCP		Selisih Penetrasi mm	CBR (%)	$h \cdot cbr^{1/3}$
	cm	mm			
19	46.4	464	42	4.81	7.09
20	50.6	506	42	4.81	7.09
21	55.8	558	52	3.63	7.99
22	61	610	52	3.63	7.99
23	66	660	50	3.83	7.82
24	71.6	716	56	3.30	8.33
25	77.6	776	60	3.01	8.66
26	83.8	838	62	2.88	8.83
27	90.2	902	64	2.77	8.98
28	97.8	978	76	2.21	9.90
CBR at this point (%)					6.301

Tabel 3.15: Data Pengujian DCP (STA : 03+600)

Nomor Pukulan	Angka DCP		Selisih Penetrasi mm	CBR (%)	$h \cdot cbr^{1/3}$
	cm	mm			
0	10.8	108	0	0	0
1	11.4	114	6	61.91	2.37
2	12.2	122	8	42.44	2.79
3	13.6	136	14	20.35	3.82
4	14.8	148	12	24.92	3.51
5	16.4	164	16	17.08	4.12
6	18	180	16	17.08	4.12
7	19.6	196	16	17.08	4.12
8	21.4	214	18	14.63	4.40
9	23.2	232	18	14.63	4.40
10	25	250	18	14.63	4.40
11	26.8	268	18	14.63	4.40
12	28.8	288	20	12.74	4.67
13	30.8	308	20	12.74	4.67
14	33.2	332	24	10.03	5.18
15	35.6	356	24	10.03	5.18
16	39.2	392	36	5.89	6.50
17	43	430	38	5.49	6.70
18	47.4	474	44	4.53	7.28
19	51.8	518	44	4.53	7.28
20	56.4	564	46	4.27	7.46

Tabel 3.15: *Lanjutan*

Nomor Pukulan	Angka DCP		Selisih Penetrasi mm	CBR (%)	$h \cdot cbr^{1/3}$
	cm	mm			
21	61	610	46	4.27	7.46
22	65.6	656	46	4.27	7.46
23	70.2	702	46	4.27	7.46
24	75	750	48	4.04	7.64
25	79.6	796	46	4.27	7.46
26	84.4	844	48	4.04	7.64
27	89.2	892	48	4.04	7.64
28	94	940	48	4.04	7.64
29	98.8	988	48	4.04	7.64
CBR at this point (%)					6.645

Tabel 3.16: Data Pengujian DCP (STA : 03+800)

Nomor Pukulan	Angka DCP		Selisih Penetrasi mm	CBR (%)	$h \cdot cbr^{1/3}$
	cm	mm			
0	15	150	0		
1	15.2	152	2	261.97	1.28
2	15.6	156	4	105.44	1.89
3	16.7	167	11	27.94	3.34
4	22.2	222	55	3.38	8.25
5	27.9	279	57	3.22	8.42
6	33.4	334	55	3.38	8.25
7	38.9	389	55	3.38	8.25
8	45.2	452	63	2.82	8.91
9	51.5	515	63	2.82	8.91
10	57.8	578	63	2.82	8.91
11	64.8	648	70	2.46	9.45
12	71.8	718	70	2.46	9.45
13	78.6	786	68	2.56	9.30
14	86	860	74	2.29	9.75
15	93.2	932	72	2.37	9.60
16	99.2	992	60	3.01	8.66
CBR at this point (%)					3.087

Tabel 3.17: Data Pengujian DCP (STA : 04+000)

Nomor Pukulan	Angka DCP		Selisih Penetrasi mm	CBR (%)	$h \cdot cbr^{1/3}$
	cm	mm			
0	13.6	136	0		
1	14.8	148	12	24.92	3.51
2	16.4	164	16	17.08	4.12
3	18	180	16	17.08	4.12
4	19.8	198	18	14.63	4.40
5	21.8	218	20	12.74	4.67
6	23.8	238	20	12.74	4.67
7	26.4	264	26	9.03	5.41
8	29.6	296	32	6.87	6.08
9	33.6	336	40	5.13	6.90
10	38.6	386	50	3.83	7.82
11	43.6	436	50	3.83	7.82
12	49.2	492	56	3.30	8.33
13	55.2	552	60	3.01	8.66
14	61.2	612	60	3.01	8.66
15	67.2	672	60	3.01	8.66
16	73.2	732	60	3.01	8.66
17	79.4	794	62	2.88	8.83
18	85.4	854	60	3.01	8.66
19	91.8	918	64	2.77	8.98
20	98.8	988	70	2.46	9.45
CBR at this point (%)					4.291

Tabel 3.18: Rekap hasil nilai CBR dari uji DCP Ruas jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai

Dari Sta.	Sta.	CBR _{Point} (%)
158+800	01+800	8.41
	02+000	4.20
	02+200	2.67
	02+400	7.77
	02+600	4.68
	02+800	7.01
	03+000	6.42
	03+200	6.65
	03+400	6.30
	03+600	6.64
	03+800	3.09
	04+000	4.29

$$CBR_{rat} = 5,68 \%$$

$$S = 1.84$$

$$CBR_{wakil} = CBR_{rat} - 1.3 \times S$$

$$CBR_{wakil} = 3.38 \%$$

BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Metode Bina Marga

4.1.1. Perhitungan Lalu Lintas Rencana

Penelitian yang dilakukan di ruas jalan Kisaran – Air Joman – Watas Kota Tanjung Balai pada hari Senin 17 juni 2019, Selasa 18 juni 2019, Rabu 19 juni 2019, Kamis 20 juni 2019, Jum'at 21 juni 2019, Sabtu 22 juni 2019, Minggu 23 juni 2019 pukul 07.00 – 19.00 WIB, menghasilkan data jumlah LHR (Lalulintas Harian Rata-rata) yang merupakan data mentah, sehingga masih harus disusun terlebih dahulu untuk kemudian diadakan perhitungan masing-masing data yaitu LHR, CBR, Curah Hujan di lokasi survei, untuk mengetahui tahap perencanaan perkerasan lentur pada ruas jalan Kisaran–Air Joman– Watas Kota Tanjung Balai.

Berikut adalah data LHR pada ruas jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai tahun 2019 Sta. (158+800) sampai Sta. (162+150) dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1: Data LHR ruas jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai tahun 2019

No.	Jenis Kendaraan	LHR (Kendaraan)
1.	Mobil Penumpang 2 Ton (Gol.2)	611
2.	Minibus 3,5 Ton (Gol.3)	5
3.	Mobil Hantaran 3,5 Ton (Gol.4)	315
4.	Bus Kecil 6 Ton (Gol.5a)	1
5.	Bus Besar 2 Sumbu 9 Ton (Gol.5b)	0
6.	Truk Kecil 8,3 Ton (Gol.6a)	201
7.	Truk Besar 2 Sumbu 25 Ton (Gol.7a)	7
8.	Truk Semi Trailer 42 Ton (Gol.7c)	5
	Jumlah	1145

Total kendaraan : 1145 kend/hari/2jalur

Persentase kendaraan berat (>5 ton) : $\frac{1145}{213} = 18,60\%$

Dari data lalu lintas tahun 2019 yang ditunjukkan pada tabel 4.1 dapat dihitung nilai LHR awal umur rencana tahun 2019 menggunakan persamaan 2.4.

$$\text{LHR awal umur rencana} = \text{LHR} \times (1 + i)^n$$

dimana:

$$i = 10.0\%$$

$$n = 2019-2018 = 1$$

Perhitungan LHR awal umur rencana untuk kendaraan Mobil Penumpang (Gol.2)

$$\begin{aligned}\text{LHR awal umur rencana} &= \text{LHR} \times (1 + i)^n \\ &= 611 \times (1 + 0,1)^1 \\ &= 1026 \text{ Kendaraan/hari}\end{aligned}$$

Perhitungan LHR awal umur rencana untuk kendaraan Mini Bus (Gol.3).

$$\begin{aligned}\text{LHR awal umur rencana} &= \text{LHR} \times (1 + i)^n \\ &= 5 \times (1 + 0,1)^1 \\ &= 6 \text{ Kendaraan /hari}\end{aligned}$$

Perhitungan LHR awal umur rencana untuk kendaraan Mobil Hantaran (Gol.4).

$$\begin{aligned}\text{LHR awal umur rencana} &= \text{LHR} \times (1 + i)^n \\ &= 315 \times (1 + 0,1)^1 \\ &= 347 \text{ Kendaraan/hari}\end{aligned}$$

Perhitungan LHR awal umur rencana untuk kendaraan Bus Kecil (Gol.5a).

$$\begin{aligned}\text{LHR awal umur rencana} &= \text{LHR} \times (1 + i)^n \\ &= 1 \times (1 + 0,1)^1 \\ &= 1 \text{ Kendaraan/hari}\end{aligned}$$

Perhitungan LHR awal umur rencana untuk kendaraan Truk Kecil (Gol.6a).

$$\begin{aligned}\text{LHR awal umur rencana} &= \text{LHR} \times (1 + i)^n \\ &= 201 \times (1 + 0,1)^1 \\ &= 221 \text{ Kendaraan/hari}\end{aligned}$$

Perhitungan LHR awal umur rencana untuk kendaraan Truk Besar (Gol.7a).

$$\begin{aligned} \text{LHR awal umur rencana} &= \text{LHR} \times (1 + i)^n \\ &= 7 \times (1 + 0,1)^1 \\ &= 8 \text{ Kendaraan/hari} \end{aligned}$$

Perhitungan LHR awal umur rencana untuk kendaraan Truk Semi Trailer (Gol.7c).

$$\begin{aligned} \text{LHR awal umur rencana} &= \text{LHR} \times (1 + i)^n \\ &= 5 \times (1 + 0,1)^1 \\ &= 6 \text{ Kendaraan/hari} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan LHR awal umur rencana tahun 2019 untuk seluruh jenis kendaraan dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2: Data LHR awal rencana ruas jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai Tahun 2019

No.	Jenis Kendaraan	LHR (Kendaraan)
1.	Mobil Penumpang 2 Ton (Gol.2)	1026
2.	Minibus 3,5 Ton (Gol.3)	6
3.	Mobil Hantaran 3,5 Ton (Gol.4)	347
4.	Bus Kecil 6 Ton (Gol.5a)	1
5.	Bus Besar 2 Sumbu 9 Ton (Gol.5b)	0
6.	Truk Kecil 8,3 Ton (Gol.6a)	221
7.	Truk Besar 2 Sumbu 25 Ton (Gol.7a)	8
8.	Truk Semi Trailer 42 Ton (Gol.7c)	6
	Jumlah	1615

Total kendaraan = 1615 kend/hari/2jalur

Selanjutnya dari data lalu lintas tahun 2019 yang ditunjukkan pada tabel 4.2 dapat dihitung nilai LHR akhir umur rencana 2029 menggunakan persamaan 2.5.

$$\text{LHR akhir umur rencana} = \text{LHR} \times (1 + i)^{\text{UR}}$$

dimana:

$$i = 8.0\%$$

$$\text{UR} = 2029-2019 = 10$$

Perhitungan LHR akhir umur rencana untuk kendaraan Mobil Penumpang

$$\begin{aligned} \text{LHR}_{10} &= \text{LHR}_0 \times (1 + i)^{\text{UR}} \\ &= 1026 \times (1 + 0,08)^{10} \\ &= 2215 \text{ Kendaraan/hari} \end{aligned}$$

Perhitungan LHR akhir umur rencana untuk kendaraan Mini Bus

$$\begin{aligned} \text{LHR}_{10} &= \text{LHR}_0 \times (1 + i)^{\text{UR}} \\ &= 6 \times (1 + 0,08)^{10} \\ &= 13 \text{ Kendaraan/hari} \end{aligned}$$

Perhitungan LHR akhir umur rencana untuk kendaraan Mobil Hantaran

$$\begin{aligned} \text{LHR}_{10} &= \text{LHR}_0 \times (1 + i)^{\text{UR}} \\ &= 347 \times (1 + 0,08)^{10} \\ &= 750 \text{ Kendaraan/hari} \end{aligned}$$

Perhitungan LHR akhir umur rencana untuk kendaraan Bus Kecil

$$\begin{aligned} \text{LHR}_{10} &= \text{LHR}_0 \times (1 + i)^{\text{UR}} \\ &= 1 \times (1 + 0,08)^{10} \\ &= 2 \text{ Kendaraan/hari} \end{aligned}$$

Perhitungan LHR akhir umur rencana untuk kendaraan Truk Kecil

$$\begin{aligned} \text{LHR}_{10} &= \text{LHR}_0 \times (1 + i)^{\text{UR}} \\ &= 221 \times (1 + 0,08)^{10} \\ &= 477 \text{ Kendaraan/hari} \end{aligned}$$

Perhitungan LHR akhir umur rencana untuk kendaraan Truk Besar (Gol.7a).

$$\begin{aligned} \text{LHR}_{10} &= \text{LHR}_0 \times (1 + i)^{\text{UR}} \\ &= 8 \times (1 + 0,08)^{10} \\ &= 17 \text{ Kendaraan/hari} \end{aligned}$$

Perhitungan LHR akhir umur rencana untuk kendaraan Truk Semi Trailer (Gol.7c).

$$\begin{aligned} \text{LHR}_{10} &= \text{LHR}_0 \times (1 + i)^{\text{UR}} \\ &= 6 \times (1 + 0,08)^{10} \\ &= 13 \text{ Kendaraan/hari} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan LHR akhir umur rencana 2029 untuk seluruh jenis kendaraan dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3: LHR akhir umur rencana ruas jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai tahun 2029

No.	Jenis Kendaraan	LHR (Kendaraan)
1.	Mobil Penumpang 2 Ton (Gol.2)	2215
2.	Minibus 3,5 Ton (Gol.3)	13
3.	Mobil Hantaran 3,5 Ton (Gol.4)	750
4.	Bus Kecil 6 Ton (Gol.5a)	2
5.	Bus Besar 2 Sumbu 9 Ton (Gol.5b)	0
6.	Truk Kecil 8,3 Ton (Gol.6a)	477
7.	Truk Besar 2 Sumbu 25 Ton (Gol.7a)	17
8.	Truk Semi Trailer 42 Ton (Gol.7c)	13
	Jumlah	3487

Total kendaraan = 3487 kend/hari/2jalur

4.1.2. Koefisien Distribusi Kendaraan

Jalur kendaraan pada ruas jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai ini berjenis 2 jalur 2 arah tanpa median (2/2 UD), sehingga berdasarkan tabel 2.3. nilai Koefisien Distribusi Kendaraan (C) bernilai 0,5 .

4.1.3. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Dari data sekunder yang didapat diketahui jenis kendaraan yang melintasi ruas jalan Kisaran – Air Joman – Watas Kota Tanjung Balai adalah Mobil

Penumpang 2 Ton, Minibus 3,5 Ton, Mobil hantaran 3,5 Ton, Bus Kecil 6 Ton, Truk Kecil 2 Sumbu 8,3 Ton, Truk Besar 3 Sumbu 25 Ton, dan Truk Semi Trailer 42 Ton.

Berikut adalah perhitungan angka ekivalen masing-masing kendaraan:

Perhitungan angka ekivalen Mobil Penumpang (Gol.2.)

$$\begin{aligned} E &= \left[\frac{50 \% \times 2}{8,16} \right]^4 + \left[\frac{50 \% \times 2}{8,16} \right]^4 \\ &= 0,0002 + 0,0002 \\ &= 0,0004 \end{aligned}$$

Perhitungan angka ekivalen Minibus (Gol.3)

$$\begin{aligned} E &= \left[\frac{50 \% \times 3,5}{8,16} \right]^4 + \left[\frac{50 \% \times 3,5}{8,16} \right]^4 \\ &= 0,0021 + 0,0021 \\ &= 0,0042 \end{aligned}$$

Perhitungan angka ekivalen Mobil Hantaran (Gol.4)

$$\begin{aligned} E &= \left[\frac{34 \% \times 3,5}{8,16} \right]^4 + \left[\frac{66 \% \times 3,5}{8,16} \right]^4 \\ &= 0,0004 + 0,0064 \\ &= 0,0068 \end{aligned}$$

Perhitungan angka ekivalen Bus Kecil (Gol.5a)

$$\begin{aligned} E &= \left[\frac{34 \% \times 6}{8,16} \right]^4 + \left[\frac{66 \% \times 6}{8,16} \right]^4 \\ &= 0,0039 + 0,0554 \\ &= 0,0593 \end{aligned}$$

Perhitungan angka ekivalen Truk Kecil (Gol.6a)

$$\begin{aligned} E &= \left[\frac{34 \% \times 8,3}{8,16} \right]^4 + \left[\frac{66 \% \times 8,3}{8,16} \right]^4 \\ &= 0,0143 + 0,2031 \\ &= 0,2174 \end{aligned}$$

Perhitungan angka ekivalen Truk Besar 2 Sumbu (Gol.7a)

$$\begin{aligned}
 E &= \left[\frac{25\% \times 25}{8,16} \right]^4 + 0,086 \left[\frac{37,5\% \times 25}{8,16} \right]^4 + 0,0086 \left[\frac{37,5\% \times 25}{8,16} \right]^4 \\
 &= 0,3441 + 0,1498 + 0,1498 \\
 &= 0,6437
 \end{aligned}$$

Perhitungan angka ekivalen Truk Semi Trailer (Gol.7c)

$$\begin{aligned}
 E &= \left\{ \left[\frac{18\% \times 42}{8,16} \right]^4 + 0,086 \left[\frac{28\% \times 42}{8,16} \right]^4 + 0,0086 \left[\frac{27\% \times 42}{8,16} \right]^4 \times 2 \right\} \\
 &= 0,7367 + 0,3709 + 0,6415 \\
 &= 1,7491
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan untuk angka ekivalen (E) seluruh jenis kendaraan, dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4: Hasil angka ekivalen (E)

No	Jenis Kendaraan	Angka Ekivalen (E)
1	Mobil Penumpang 2 Ton (Gol.2)	0,0004
2	Minibus 3,5 Ton (Gol.3)	0,0042
3	Mobil Hantaran 3,5 Ton (Gol.4)	0,0068
4	Bus Kecil 6 Ton (Gol.5a)	0,0593
5	Bus Besar 2 Sumbu 9 Ton (Gol.5b)	0
6	Truk Kecil 8,3 Ton (Gol.6a)	0,2174
7	Truk Besar 2 Sumbu 25 Ton (Gol.7a)	0,6437
8	Truk Semi Trailer 42 Ton (Gol.7c)	1,7491

4.1.4. Lintas Ekivalen Kendaraan

Dari data LHR akhir umur rencana Koefisien Distribusi Kendaraan (C), dan Angka Ekivalen (E), bisa menghitung Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) dan Lintas Ekivalen Akhir (LEA). LEP dan LEA dapat dihitung dari persamaan 2.6 dan 2.7.

Nilai LEP dan LEA untuk jenis kendaraan Mobil Penumpang (Gol.2)

$$\begin{aligned} \text{LEP} &= \text{LHR}_0 \times C \times E \\ &= 1026 \times 0,5 \times 0,0004 \\ &= 0,2052 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LEA} &= \text{LHR}_{10} \times C \times E \\ &= 2215 \times 0,5 \times 0,0004 \\ &= 0,433 \end{aligned}$$

Nilai LEP dan LEA untuk jenis kendaraan Minibus (Gol.3)

$$\begin{aligned} \text{LEP} &= \text{LHR}_0 \times C \times E \\ &= 6 \times 0,5 \times 0,0042 \\ &= 0,0126 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LEA} &= \text{LHR}_{10} \times C \times E \\ &= 13 \times 0,5 \times 0,0042 \\ &= 0,0273 \end{aligned}$$

Nilai LEP dan LEA untuk jenis kendaraan Mobil Hantaran (Gol.4)

$$\begin{aligned} \text{LEP} &= \text{LHR}_0 \times C \times E \\ &= 347 \times 0,5 \times 0,0068 \\ &= 1,1798 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LEA} &= \text{LHR}_{10} \times C \times E \\ &= 750 \times 0,5 \times 0,0068 \\ &= 2,55 \end{aligned}$$

Nilai LEP dan LEA untuk jenis kendaraan Bus Kecil (Gol.5a)

$$\begin{aligned} \text{LEP} &= \text{LHR}_0 \times C \times E \\ &= 1 \times 0,5 \times 0,0593 \\ &= 0,02965 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LEA} &= \text{LHR}_{10} \times C \times E \\ &= 2 \times 0,5 \times 0,0593 \\ &= 0,0593 \end{aligned}$$

Nilai LEP dan LEA untuk jenis kendaraan Truk Kecil (Gol.6a)

$$\begin{aligned} \text{LEP} &= \text{LHR}_0 \times C \times E \\ &= 221 \times 0,5 \times 0,2174 \\ &= 24,0227 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LEA} &= \text{LHR}_{10} \times C \times E \\ &= 477 \times 0,5 \times 0,2174 \\ &= 51,8499 \end{aligned}$$

Nilai LEP dan LEA untuk jenis kendaraan Truk Besar (Gol.7a)

$$\begin{aligned} \text{LEP} &= \text{LHR}_0 \times C \times E \\ &= 8 \times 0,5 \times 0,6437 \\ &= 2,5892 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LEA} &= \text{LHR}_{10} \times C \times E \\ &= 17 \times 0,5 \times 0,6437 \\ &= 5,50205 \end{aligned}$$

Nilai LEP dan LEA untuk jenis kendaraan Truk Semi Trailer (Gol.7c)

$$\begin{aligned} \text{LEP} &= \text{LHR}_0 \times C \times E \\ &= 6 \times 0,5 \times 1,7491 \\ &= 5,2473 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LEA} &= \text{LHR}_{10} \times C \times E \\ &= 13 \times 0,5 \times 1,7491 \\ &= 11,36915 \end{aligned}$$

Berikut ini hasil perhitungan LEP dan LEA untuk semua jenis kendaraan dapat dilihat pada Tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5: Nilai LEP dan LEA

No	Jenis Kendaraan	LEP	LEA
1	Mobil Penumpang 2 Ton (Gol.2)	0,2052	0,433
2	Minibus 3,5 Ton (Gol.3)	0,0126	0,0273
3	Mobil Hantaran 3,5 Ton (Gol.4)	1,1798	2,55

Tabel 4.5: *lanjutan*

No	Jenis Kendaraan	LEP	LEA
4	Bus Kecil 6 Ton (Gol.5a)	0,02965	0,0593
5	Bus Besar 2 Sumbu 9 Ton (Gol.5b)	0	0
6	Truk Kecil 8,3 Ton (Gol.6a)	24,0722	51,8499
7	Truk Besar 2 Sumbu 25 Ton (Gol.7a)	2,5892	5,50205
8	Truk Semi Trailer 42 Ton (Gol.7c)	5,2473	11,36915
	Jumlah	33,3359	71,7907

4.1.5. Lintas Ekivalen Tengah (LET)

Setelah didapatkan nilai LEP dan LEA dapat dicari nilai Lintas Ekivalen Tengah (LET) dengan persamaan 2.8 berikut ini.

$$\begin{aligned}
 \text{LET} &= \frac{1}{2} \times (\sum \text{LEP} + \sum \text{LEA}) \\
 &= \frac{1}{2} \times (33,3359 + 71,7907) \\
 &= 52,5633
 \end{aligned}$$

4.1.6. Lintas Ekivalen Rencana (LER)

Setelah mendapatkan nilai LET dapat dicari nilai Lintas Ekivalen Rencana (LER) dengan persamaan 2.9 dibawah ini.

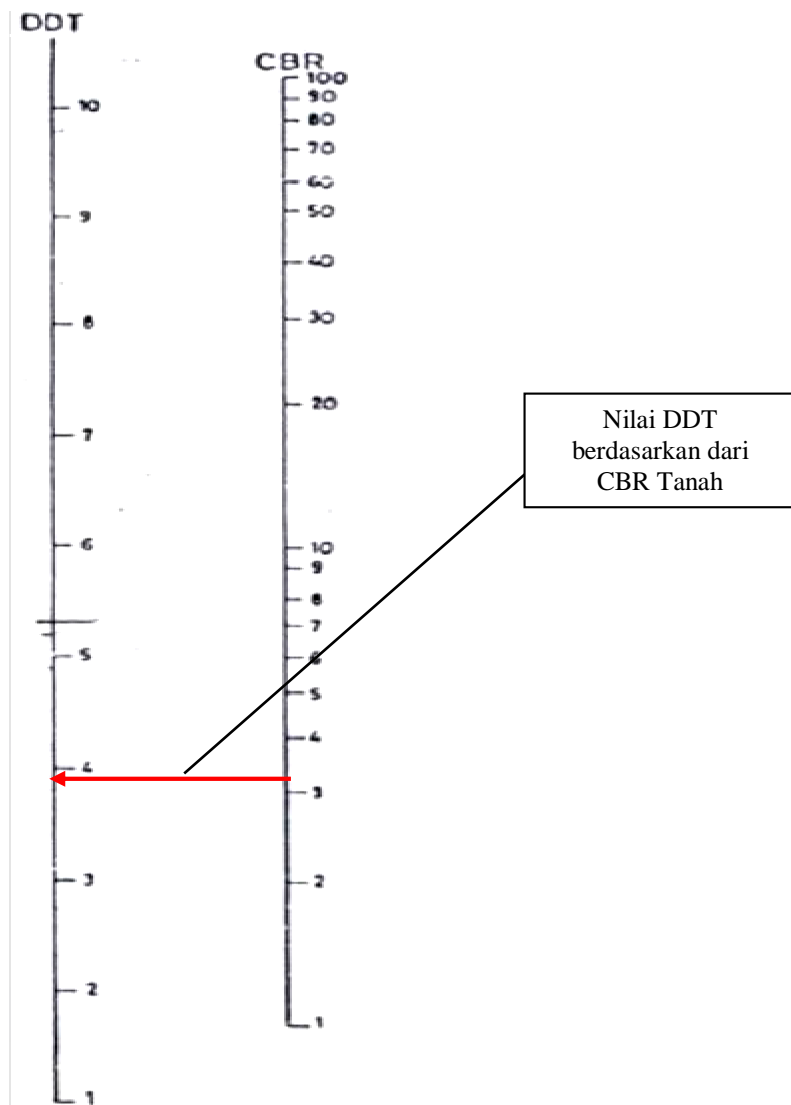
$$\begin{aligned}
 \text{FP} &= \text{UR}/10 \\
 \text{LER} &= \text{LET} \times \text{FP} \\
 &= 52,5633 \times 1 \\
 &= 52,5633
 \end{aligned}$$

4.1.7. Daya Dukung Tanah (DDT)

Pada ruas jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai nilai Modulus Resilient (MR) tanah dasar 5100 dan nilai CBR tanah dasar adalah 3,4%. Sehingga Daya Dukung Tanah (DDT) dapat dicari dengan persamaan 2.10 seperti dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 MR &= CBR \times 1500 \\
 DDT &= 4,3 \log CBR + 1,7 \\
 &= 4,3 \log 3,4 + 1,7 \\
 &= 3,97
 \end{aligned}$$

Selain menggunakan persamaan 2.10 diatas mencari nilai Daya Dukung Tanah (DDT) juga dapat menggunakan grafik kolerasi antara nilai CBR dan DDT seperti pada gambar 2.2. Berikut cara mencari DDT menggunakan grafik korelasi nilai CBR dan DDT pada gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1: Nilai Daya Dukung Tanah

4.1.8. Faktor Regional

Pada Faktor Regional diperlukan data curah hujan persen kelayakan jalan dan persen kendaraan berat. Berikut data-data sekunder yang didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Sumatera Utara.

Curah hujan	= >900 mm/th
Persen kelayakan jalan	= 6%
Persen kendaraan berat	= 18,60%

Sehingga dari data sekunder diatas dapat ditentukan nilai Faktor Regional (FR) pada ruas jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai Sta. 158+800 – 162+150 dengan menggunakan Tabel 2.5 Adalah 1,5.

4.1.9. Indeks Permukaan

a. Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Direncanakan lapis permukaan menggunakan Lasbutag dengan Roughness ≤ 2000 mm/km, sehingga berdasarkan Tabel 2.7 diperoleh nilai IPo 3,9 – 3,5.

b. Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IPt)

Dari data sekunder yang didapatkan manfaat jalan pada ruas jalan Kisaran–Air Joman–Watas Kota Tanjung Balai Sta. 158+800 – 162+150 merupakan jalan Kolektor dengan nilai LER berdasarkan perhitungan adalah 52,5633 sehingga berdasarkan Tabel 2.6 diperoleh nilai IPt 2,0.

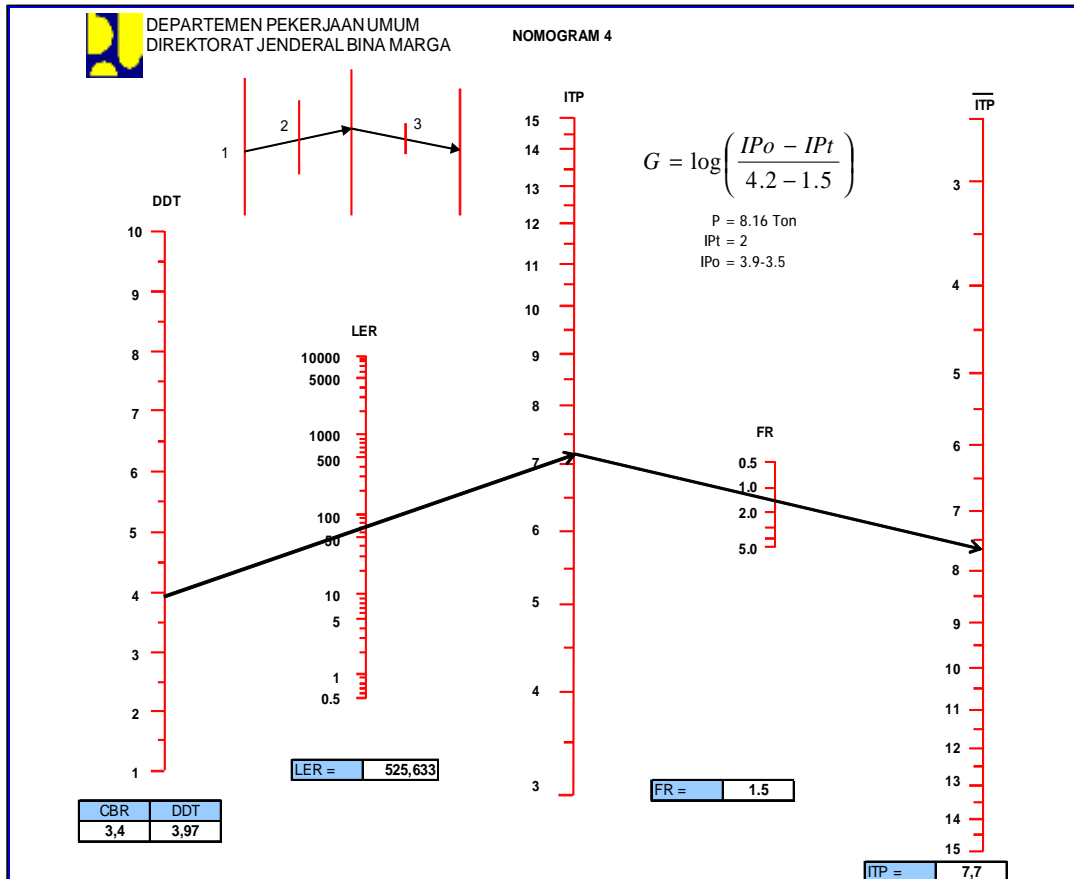
4.1.10. Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Berdasarkan nilai IPo 3,9 – 3,5 dan IPt 2,0 maka nomogram yang digunakan adalah nomogram 4. Kemudian nilai Indeks Tebal Perkerasan (ITP) dapat ditentukan dengan memasukkan data-data berikut kedalam nomogram 4:

a. DDT = 3,97

b. LER = 52,5633

c. FR = 1,5



Gambar 4.2: Grafik Nomogram Penentuan Nilai Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Berdasarkan nomogram 4 di atas didapatkan nilai ITP sebesar 7,3 sehingga tebal lapis perkerasan masing-masing dapat diketahui berdasarkan dari jenis bahan lapis perkerasan.

4.1.11. Tebal Lapis Perkerasan

a. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis Permukaan direncanakan menggunakan Lasbutag MS 590 kg sehingga tebal minimum (D1) yang diijinkan berdasarkan tabel 2.10 dengan nilai ITP 7,3 adalah 7,5 cm.

b. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis Pondasi Atas direncanakan menggunakan Batu Pecah (Kelas A) sehingga tebal minimum (D2) yang diijinkan berdasarkan tabel 2.11 dengan nilai ITP 7,2 adalah 20 cm.

c. Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapis Pondasi Bawah direncanakan menggunakan Sirtu (Kelas A) sehingga dengan perhitungan persamaan 2.11 didapatkan tebal minimum lapis pondasi bawah seperti berikut ini.

$$\text{ITP} = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$$

$$7,2 = (0,31 \times 7,5) + (0,14 \times 20) + (0,13 \times D_3)$$

$$7,2 = 2,325 + 2,8 + 0,13 D_3$$

$$7,2 = 5,125 + 0,13 D_3$$

$$7,2 - 5,125 = 0,13 D_3$$

$$2,075 = 0,13 D_3$$

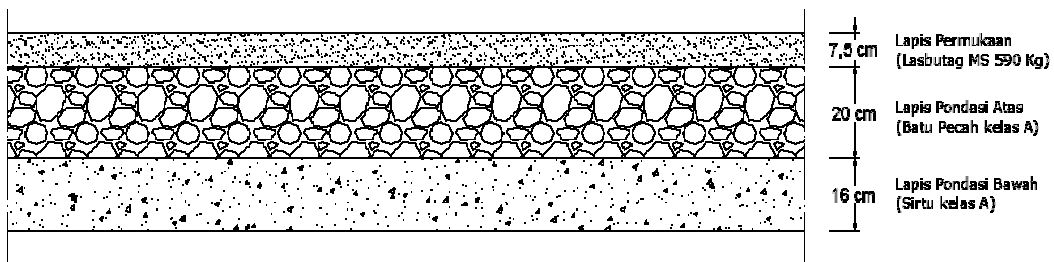
$$D_3 = 15,96 \rightarrow 16 \text{ cm}$$

Dari perhitungan di atas didapat tebal masing-masing lapis perkerasan sebagai berikut :

Lapis Permukaan = Lasbutag MS 590 kg (7,5 cm)

Lapis Pondasi Atas = Batu Pecah kelas A (20 cm)

Lapis Pondasi Bawah = Sirtu kelas A (16 cm)



Gambar 4.3: Tebal Perkerasan Jalan Berdasarkan Metode Bina Marga

4.2. Perhitungan Metode AASHTO 1993

4.2.1. Analisis Lalu Lintas

Pada analisis lalu lintas ini diperlukan beberapa data untuk penyelesaiannya. Berikut data-data yang diperlukan dalam perhitungan analisis lalu lintas dengan Metode AASHTO 1993 yaitu data LHR yang dapat kita lihat pada Tabel 4.6. dibawah ini.

Tabel 4.6: Data LHR ruas Jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tjg Balai 2019

No	Jenis Kendaraan	LHR (Kendaraan)
1	Mobil Penumpang 2 Ton (Gol.2)	611
2	Minibus 3,5 Ton (Gol.3)	5
3	Mobil Hantaran 3,5 Ton (Gol.4)	315
4	Bus Kecil 6 Ton (Gol.5a)	1
5	Bus Besar 2 Sumbu 9 Ton (Gol.5b)	0
6	Truk Kecil 8,3 Ton (Gol.6a)	201
7	Truk Besar 2 Sumbu 25 Ton (Gol.7a)	7
8	Truk Semi Trailer 42 Ton (Gol.7c)	5
	Jumlah	1145

4.2.2. Angka Ekivalen (E)

Pada penelitian ini angka ekivalen digunakan sama dengan angka Ekivalen pada Metode Bina Marga SKBI 1987. Sehingga nilai ekivalen dapat disajikan dalam tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4.7: Hasil Angka Ekivalen (E)

No	Jenis Kendaraan	Angka Ekivalen (E)
1	Mobil Penumpang 2 Ton (Gol.2)	0,0004
2	Minibus 3,5 Ton (Gol.3)	0,0042
3	Mobil Hantaran 3,5 Ton (Gol.4)	0,0068
4	Bus Kecil 6 Ton (Gol.5a)	0,0593

Tabel 4.7: *Lanjutan*

No	Jenis Kendaraan	Angka Ekuivalen (E)
5	Bus Besar 2 Sumbu 9 Ton (Gol.5b)	0
6	Truk Kecil 8,3 Ton (Gol.6a)	0,2174
7	Truk Besar 2 Sumbu 25 Ton (Gol.7a)	0,6437
8	Truk Semi Trailer 42 Ton (Gol.7c)	1,7491

4.2.3. Faktor Distribusi Arah dan Lajur (DD dan DL)

Pada ruas jalan Kisaran Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai tipe jalan yang digunakan adalah 2/2 UD sehingga mengacu pada peraturan AASHTO 1993 dan Tabel 2.13, nilai Distribusi Arah (DD) dan Distribusi Lajur (DL) sebagai berikut.

a. Distribusi Arah (DD)

Menurut peraturan AASHTO nilai DD berkisar antara 0,3 – 0,7. Pada penelitian ini diasumsikan ambil nilai 0,5.

b. Distribusi Lajur (DL)

Mengacu pada Tabel 2.14 nilai DL dengan 2 lajur ini berkisar antara 80 – 100 % pada penelitian ini diasumsikan ambil nilai 90%.

Dari data-data di atas dapat menghitung analisis lalu lintas, menggunakan persamaan 2.12 dan 2.13.

Perhitungan pada jenis kendaraan Mobil Penumpang (Gol.2)

$$\hat{W}_{18} = LHR_0 \times E \times DD \times DL$$

$$\hat{W}_{18} = 1026 \times 0,0004 \times 0,5 \times 0,9 = 0,18468$$

Perhitungan pada jenis kendaraan Minibus (Gol.3)

$$\hat{W}_{18} = LHR_0 \times E \times DD \times DL$$

$$\hat{W}_{18} = 6 \times 0,0042 \times 0,5 \times 0,9 = 0,01134$$

Perhitungan pada jenis kendaraan Mobil Hantaran (Gol.4)

$$\hat{W}18 = LHR_0 \times E \times DD \times DL$$

$$\hat{W}18 = 347 \times 0,0068 \times 0,5 \times 0,9 = 1,06182$$

Perhitungan pada jenis kendaraan Bus Kecil (Gol.5a)

$$\hat{W}18 = LHR_0 \times E \times DD \times DL$$

$$\hat{W}18 = 1 \times 0,0593 \times 0,5 \times 0,9 = 0,02668$$

Perhitungan pada jenis kendaraan Truk Kecil (Gol.6a)

$$\hat{W}18 = LHR_0 \times E \times DD \times DL$$

$$\hat{W}18 = 221 \times 0,2147 \times 0,5 \times 0,9 = 21,35191$$

Perhitungan pada jenis kendaraan Truk Besar (Gol.7a)

$$\hat{W}18 = LHR_0 \times E \times DD \times DL$$

$$\hat{W}18 = 8 \times 0,6437 \times 0,5 \times 0,9 = 2,31732$$

Perhitungan pada jenis kendaraan Truk Semi Trailer (Gol.7c)

$$\hat{W}18 = LHR_0 \times E \times DD \times DL$$

$$\hat{W}18 = 6 \times 1,7491 \times 0,5 \times 0,9 = 4,72257$$

Hasil perhitungan nilai $\hat{W}18$ untuk semua jenis kendaraan dapat dilihat pada tabel 4.8 dibawah ini.

Tabel 4.8: Nilai Jumlah Beban Gandar Standar Kumulatif Selama 1 Tahun ($\hat{W}18$)

No	Jenis Kendaraan	$\hat{W}18$
1	Mobil Penumpang 2 Ton (Gol.2)	0,18468
2	Minibus 3,5 Ton (Gol.3)	0,01134
3	Mobil Hantaran 3,5 Ton (Gol.4)	1,06182
4	Bus Kecil 6 Ton (Gol.5a)	0,02668

Tabel 4.8: *Lanjutan*

No	Jenis Kendaraan	$\hat{W}18$
5	Truk Kecil 8,3 Ton (Gol.6a)	21,35191
6	Truk Besar 2 Sumbu 25 Ton (Gol.7a)	2,31732
7	Truk Semi Trailer 42 Ton (Gol.7c)	4,72257
	Jumlah	29,67632

Kemudian masukkan nilai $W18$ dalam persamaan 2.13 dibawah ini.

$$W18 = \hat{W}18 \times 365 \times \frac{(1+g)^n - 1}{g}$$

Perhitungan nilai $W18$ pada jenis kendaraan Mobil Penumpang (Gol.2)

$$\begin{aligned} W18 &= 0,18468 \times 365 \times \frac{(1+0,08)^{10} - 1}{0,08} \\ &= 976,5131 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai $W18$ pada jenis kendaraan Minibus (Gol.3)

$$\begin{aligned} W18 &= 0,01134 \times 365 \times \frac{(1+0,08)^{10} - 1}{0,08} \\ &= 59,9613 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai $W18$ pada jenis kendaraan Mobil Hantaran (Gol.4)

$$\begin{aligned} W18 &= 1,06182 \times 365 \times \frac{(1+0,08)^{10} - 1}{0,08} \\ &= 5614,4744 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai $W18$ pada jenis kendaraan Bus Kecil (Gol.5a)

$$\begin{aligned} W18 &= 0,02668 \times 365 \times \frac{(1+0,08)^{10} - 1}{0,08} \\ &= 142,1306 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai W18 pada jenis kendaraan Truk Kecil (Gol.6a)

$$\begin{aligned} W18 &= 21,35191 \times 365 \times \frac{(1+0,08)^{10}-1}{0,08} \\ &= 112900,259 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai W18 pada jenis kendaraan Truk Besar (Gol.7a)

$$\begin{aligned} W18 &= 2,31732 \times 365 \times \frac{(1+0,08)^{10}-1}{0,08} \\ &= 12253,0503 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai W18 pada jenis kendaraan Truk Semi Trailer (Gol.7c)

$$\begin{aligned} W18 &= 4,72257 \times 365 \times \frac{(1+0,08)^{10}-1}{0,08} \\ &= 24971,039 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan W18 untuk semua jenis kendaraan dapat dilihat pada tabel 4.9 dibawah ini.

Tabel 4.9: Nilai Jumlah Beban Lalu Lintas Standar Kumulatif Umur Rencana (W18)

No	Jenis Kendaraan	W18
1	Mobil Penumpang 2 Ton (Gol.2)	976,5131
2	Minibus 3,5 Ton (Gol.3)	59,9613
3	Mobil Hantaran 3,5 Ton (Gol.4)	5614,4744
4	Bus Kecil 6 Ton (Gol.5a)	142,1306
5	Bus Besar 2 Sumbu 9 Ton (Gol.5b)	0
6	Truk Kecil 8,3 Ton (Gol.6a)	112900,259
7	Truk Besar 2 Sumbu 25 Ton (Gol.7a)	12253,0503
8	Truk Semi Trailer 42 Ton (Gol.7c)	24971,039
	Jumlah	156917,4*)

*) Nilai dibulatkan ke atas

4.2.4. Indeks Kemampuan Pelayanan

Pada indeks kemampuan pelayanan ini terdapat 3 bagian yaitu Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir (Pt), Indeks Kemampuan Pelayanan Awal (Po) dan Kehilangan Kemampuan Pelayanan (Δ PSI). Pada ruas jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai ini merupakan Jalan raya utama dengan menggunakan lapis perkerasan lentur atau perkerasan aspal, sehingga nilai Pt dan Po sebagai berikut.

Pt = 2,0 (Jalan raya dengan lalu lintas rendah)

Po = 4,2 (Perkerasan aspal atau perkerasan lentur)

Dari nilai Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir (Pt) dan nilai Indeks Kemampuan Pelayanan Awal (Po) di atas, dapat dihitung Kehilangan Kemampuan Pelayanan (Δ PSI) dengan persamaan 2.14 sebagai berikut.

$$\Delta\text{PSI} = P_o - P_t$$

$$\Delta\text{PSI} = 4,2 - 2,0$$

$$\Delta\text{PSI} = 2,2$$

4.2.5. Reliabilitas (R) dan Deviasi Standar Normal (Z_R)

Ruas Jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai merupakan tipe Jalan Kolektor pada daerah pedesaan (*Rural*) sehingga mengacu pada tabel 2.16 nilai *reliabilitas* (R) berkisar antara 75% – 95% dan pada penelitian ini nilai R yang diambil adalah 90%.

Dengan nilai *reliabilitas* (R) 90% dapat ditentukan nilai Deviasi Standar Normal (Z_R) dengan mengacu pada tabel 2.17 sehingga didapatkan nilai Z_R sebesar -1,282.

4.2.6. Deviasi Standar Keseluruhan

Pada ruas Jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai perkerasan yang dipakai berjenis perkerasan lentur, sehingga dilihat dari peraturan AASHTO 1993 menyarankan mengambil nilai Deviasi Standar Keseluruhan (S_o) berkisar antara 0,40 – 0,50 pada penelitian ini diambil nilai S_o sebesar 0,45.

4.2.7. Koefisien Drainase (m)

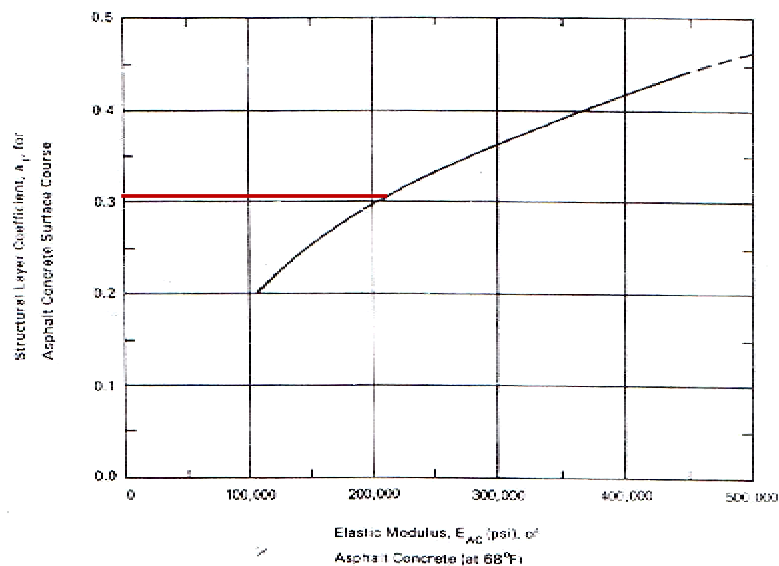
Pada daerah ruas Jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai kondisi Drainasi berdasarkan data sekunder yang didapatkan termasuk dalam keadaan kualitas Drainasi yang sedang dengan persen tingkat jenuh air 7,4%. Sehingga mengacu pada Tabel 2.18 nilai Koefisien Drainasi (m_i) antara 1,00 – 0,80. Pada penelitian ini untuk nilai koefisien Drainasi pondasi atas (m_2) dan koefisien Drainasi pondasi bawah (m_3) dianggap sama dengan 1.

4.2.8. Koefisien Lapisan

Pada ruas Jalan Kisaran-Air Joman-Watas Kota Tanjung Balai lapis perkerasan telah direncanakan menggunakan Lasbutag MS 590 Kg untuk lapis permukaan, Batu Pecah kelas A untuk lapis pondasi atas, dan Sirtu kelas A untuk lapis pondasi bawah. Sehingga nilai koefisien lapisan (a) dapat diketahui dari tabel 2.18 dimana nilai koefisien lapisan digunakan untuk mencari nilai Modulus Resilient (M_R) seperti berikut ini.

a. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Nilai koefisien lapisan (a) pada bahan Lasbutag adalah 0,31 sehingga dapat diketahui nilai *Elastic Modulus* (E_{AC}) dengan gambar 4.4 berikut sebesar 220.000 Psi



Gambar 4.4: Nilai Modulus Resilient (M_R) E_{AC} (AASHTO 1993)

b. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Nilai koefisien lapisan (a) pada bahan Batu Pecah Kelas A adalah 0,14 karena bahan ini termasuk jenis granular maka selain menggunakan gambar 2.4 bisa juga menggunakan persamaan 2.18 untuk perhitungan nilai Modulus Resilient (MR) seperti berikut.

$$a_2 = (0,249 \times (\log_{10} EBS)) - 0,977$$

$$0,14 = (0,249 \times (\log_{10} EBS)) - 0,977$$

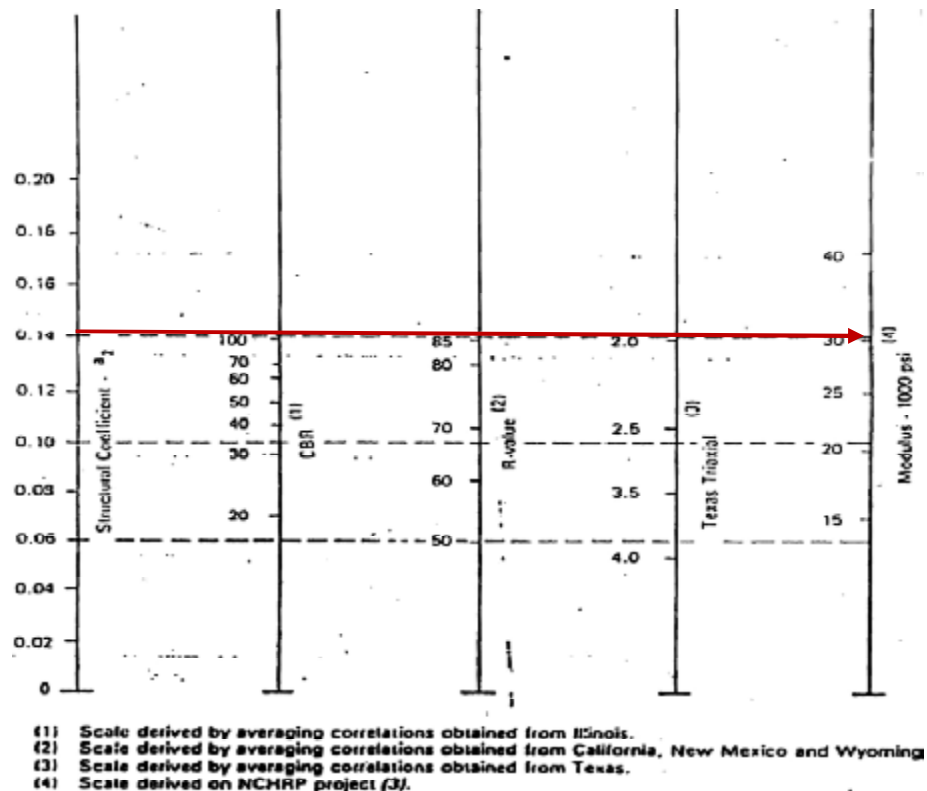
$$0,14 + 0,977 = (0,249 \times (\log_{10} EBS))$$

$$1,117 = (0,249 \times (\log_{10} EBS))$$

$$1,117 / 0,249 = \log_{10} EBS$$

$$4,486 = \log_{10} EBS$$

$$EBS = 30.619,63 \text{ Psi}$$



Gambar 4.5: Nilai Modulus Resilient (MR) EBS

c. Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Nilai koefisien lapisan (a) pada bahan Sirtu Kelas A adalah 0,13 karena bahan ini termasuk jenis granular maka selain menggunakan grafik 2.5 bisa juga menggunakan persamaan 2.20 untuk perhitungan nilai Modulus Resilient (MR) seperti berikut.

$$a_3 = (0,227 \times (\log_{10} \text{ESB})) - 0,839$$

$$0,13 = (0,227 \times (\log_{10} \text{ESB})) - 0,839$$

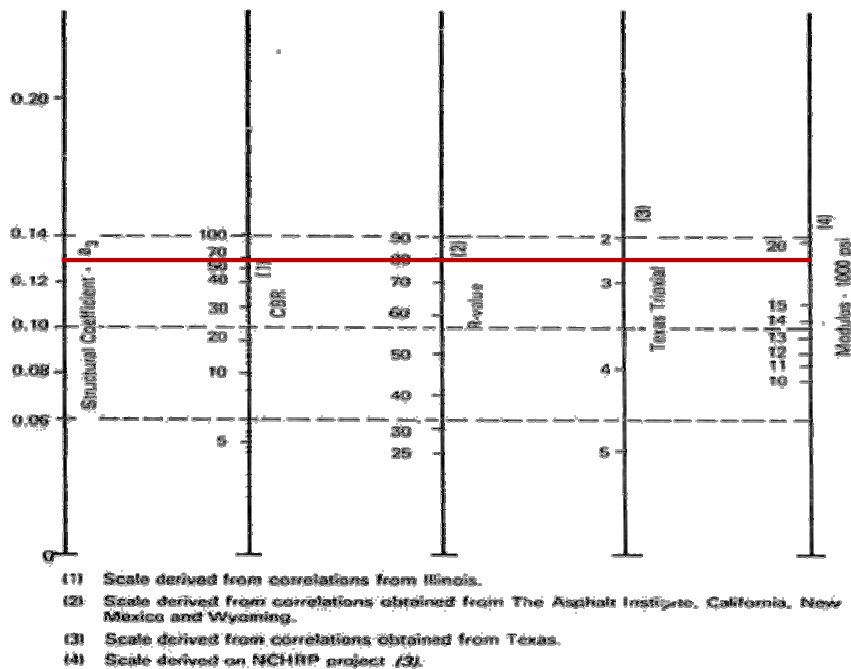
$$0,13 + 0,839 = (0,227 \times (\log_{10} \text{ESB}))$$

$$0,969 = (0,227 \times (\log_{10} \text{ESB}))$$

$$0,969 / 0,227 = \log_{10} \text{ESB}$$

$$3,498 = \log_{10} \text{ESB}$$

$$\text{ESB} = 19.170,5 \text{ Psi}$$



Gambar 4.6: Nilai Modulus *Resilient* (MR) ESB

d. Hitung nilai Modulus Resilient(Mr)

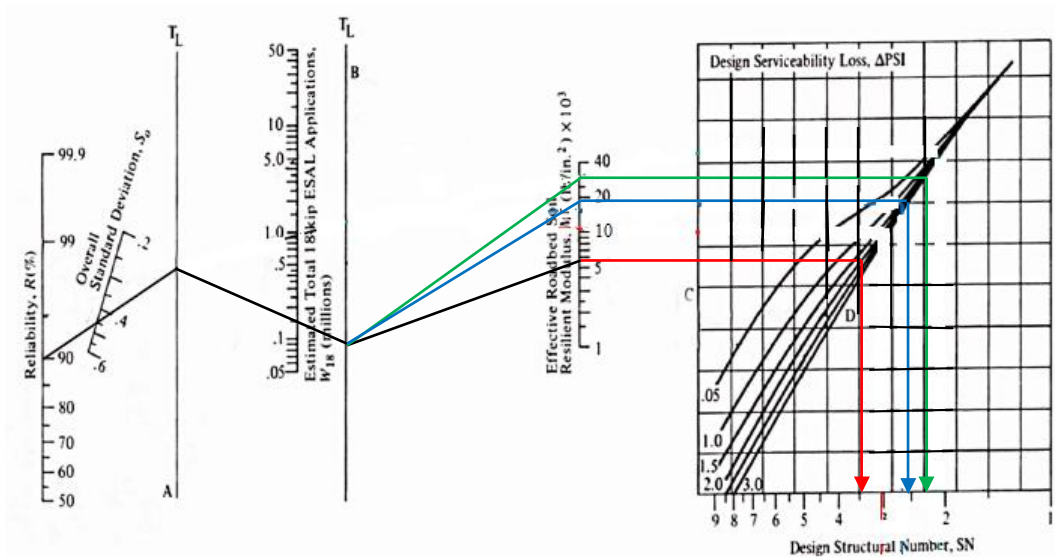
Dengan nilai CBR 3,4% maka nilai Modulus Resilient (Mr) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.16 berikut ini.

$$\begin{aligned}
 M_r &= 1500 \times \text{CBR} \\
 &= 1500 \times 3,4 \% \\
 &= 5100 \text{ Psi}
 \end{aligned}$$

4.2.9. Angka Struktural (SN)

Angka Struktural (SN) ini nantinya akan digunakan untuk mencari nilai ketebalan masing-masing lapisan (D_i), dengan memasukan nilai SN, koefisien Drainasi (m_i), dan koefisien lapisan (a_i). Berikut data-data yang digunakan dalam pencarian ketiga nilai Angka Struktural (SN) pada masing-masing lapisan menggunakan nomogram.

$$\begin{aligned}
 R &= 90\% \\
 S_o &= 0,45 \\
 W_{18} &= 156.197,4 \\
 \Delta \text{PSI} &= 2,2 \\
 E_{BS} &= 30.619,63 \text{ Psi} \\
 E_{SB} &= 19.170,5 \text{ Psi} \\
 MR &= 5100 \text{ Psi}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.7: Penentuan SN Menggunakan Nomogram

Dari nomogram diketahui nilai SN pada masing-masing lapisan sebagai berikut :

$$SN_{total} = 3,5$$

$$SN_2 = 2,7$$

$$SN_1 = 2,5$$

Sehingga tebal masing-masing pekerasan (D_i) dapat dihitung dengan persamaan 2.21, 2.22, 2.23 berikut ini.

a. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

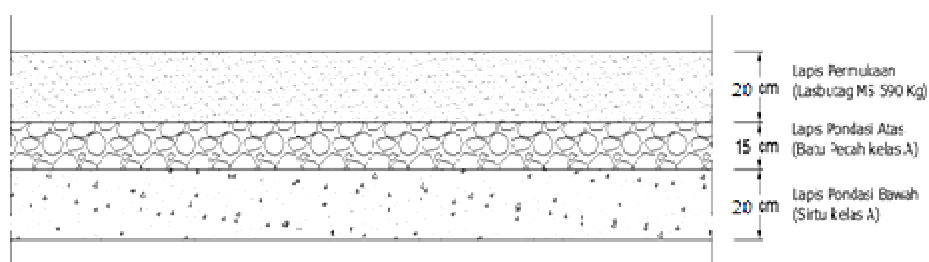
$$D_1 = \frac{100 \times SN_1}{SN_{total} \times SN_1} = \frac{100 \times 2,5}{3,5 \times 2,5} = 8,06 \text{ in} \rightarrow 20,47 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm (D}_1\text{)}$$

b. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

$$D_2 = \frac{100 \times SN_2}{SN_{total} \times SN_2} = \frac{100 \times 2,7}{3,5 \times 2,7} = 6,45 \text{ in} \rightarrow 16,38 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm (D}_2\text{)}$$

c. Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

$$D_3 = \frac{100 \times SN_1}{SN_{total} \times SN_1} = \frac{100 \times 2,5}{3,5 \times 2,5} = 9,0 \text{ in} \rightarrow 22,5 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm (D}_3\text{)}$$



Gambar 4.8: Tebal Perkerasan Jalan Berdasarkan Metode AASHTO 1993

Perbandingan hasil perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan metode Bina Marga dengan AASHTO 1993 dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut ini.

Tabel 4.10: Hasil perbandingan perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan Metode Bina Marga dan AASHTO 1993

No	Parameter	Bina Marga	AASHTO 1993
1	Umur Rencana	10 Tahun	10 Tahun
2	Nilai CBR tanah dasar	3,4 %	3,4 %
3	Beban Lalu lintas	LER = 52,5633	W18 = 156.197,4
4	Indeks Permukaan	IPo 3,9 – 3,5 IPT = 2,0	IPo = 4,2 IPT = 2,0
5	Daya Dukung Tanah (DDT)	CBR = 3,4 % DDT = 3,97	CBR = 3,4 % MR = 5.100 Psi
6	Faktor Regional (FR) berdasarkan : - Curah hujan - Kelandaian - % Kendaraan berat	FR = 1.5	Tidak Ada FR
7	Indeks Tebal Perkerasan	ITP = 7,2	SNtotal = 3,5 SN2 = 2,7 SN1 = 2,5
8	Parameter lain	Tidak Ada	a. Koefisien Drainasi (mi) = 1 b. Reliabilitas (R) = 90% c. Deviasi Standar Normal ZR = -1,645 d. Deviasi Standar Keseluruhan So = 0,45 e. ΔPSI = 2,2

Tabel 4.10: *Lanjutan*

Tebal Perkerasan :			
9	Lapis Permukaan (Lasbutag MS 590 kg)	7,5 cm	20 cm
10	Lapis Pondasi Atas Batu Pecah (kelas A)	20 cm	15 cm
11	Lapis Pondasi Bawah Sirtu (kelas A)	16 cm	20 cm

Perbandingan parameter desain perkerasan lentur jalan raya dari kedua metode tersebut diperlihatkan pada Tabel 4.10 perbedaan parameter desain yang digunakan dan hasil yang berbeda juga dalam merencanakan tebal perkerasan dengan Metode Bina Marga dan Metode AASHTO 1993. Untuk nilai CBR diperoleh nilai yang sama yaitu sebesar 3,4 % karena dalam Metode Bina Marga dan Metode AASHTO 1993 sama-sama menghitung CBR rencana dengan cara yang sama, di mana nilai CBR ini digunakan untuk menghitung nilai daya dukung tanah. Lalu untuk Metode Bina Marga menggunakan nilai daya dukung tanah (DDT) yang diperoleh sebesar 3,97 dan Metode AASHTO 1993 menggunakan modulus resilien tanah yang diperoleh sebesar 5.100 Psi. Dan untuk parameter desain indeks tebal perkerasan dalam dalam Metode Bina Marga indeks tebal perkerasan (ITP) sebesar 7,2 dan Metode AASHTO 1993 nilai *structural number* (SN) sebesar 3,5. Nilai SN *Metode AASHTO 1993* lebih kecil dari Metode Bina Marga karena lebar perkerasan yang direncanakan tidak terlalu besar, sehingga besar nilai SN tersebut sudah memenuhi untuk merencanakan tebal perkerasan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari uraian diatas, maka dapat disajikan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Tebal lapisan perkerasan Metode Bina Marga pada lapisan permukaan material lasbutag MS 590 kg adalah sebesar 7,5 cm. Lapisan pondasi atas material batu pecah (kelas A) adalah 20 cm, dan lapisan pondasi bawah material sirtu (kelas A) adalah 16 cm. Sedangkan tebal lapisan perkerasan Metode AASHTO 1993 pada lapisan permukaan material lasbutag MS 590 adalah sebesar 20 cm, lapisan pondasi atas material batu pecah (kelas A) adalah sebesar 15 cm, dan lapisan pondasi bawah material sirtu (kelas A) adalah sebesar 20 cm.
2. Tebal lapisan pondasi atas dan lapisan pondasi bawah yang dihasilkan antara Metode Bina Marga dan Metode AASHTO 1993 tidak terlalu jauh berbeda. Hanya saja tebal lapisan permukaan Metode Bina Marga lebih ekonomis dibandingkan dengan tebal lapisan permukaan Metode AASHTO 1993. Sehingga tebal perkerasan dengan menggunakan Metode Bina Marga ini lebih efisien dari segi penggunaan material.

5.2. Saran

Saran yang diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam penelitian serupa dengan penelitian ini disarankan dalam penarikan grafik pada metode Bina Marga dan AASHTO 1993 harap teliti karena akan mempengaruhi hasil tebal perkerasan lapisan aspal.
2. Jika ada penelitian selanjutnya harap membandingkan dengan berbagai metode menghitung perkerasan jalan lainnya selain dalam penelitian ini. Agar wawasan semakin luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1987. Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisis Komponen SKBI – 2.3.26.1987, UDC : 625.73 (02). No. 378/kpts/1987, DPU, Jakarta.
- Anonim, 1999. Bidang Pekerjaan Umum : Perkerasan Jalan, DPU, c.q. Ditjen Bina Marga, Jakarta.
- Anonim, 1993. *AASHTO Interim Guide for Design of Pavement Struktur*, Washington, D.C.
- Alamsyah, A.A, 1993. *Rekayasa Jalan Raya* , UMM Press, Malang.
- Anonim 1,1986. *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*, 444 N.. Capitol Street, N. W. Suite 225, Washington, D. C.
- Islam, U, Jl, B, No, C. M.,1992. Konstruksi, A., Marga, B., Highway, S., & Officials, T, Analisis Tebal Lapis Perkerasan dengan Metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1986, Sri Nuryati. 32–49.
- Lie, I., Wong, K., Sipil, J. T.,2013. Lentur, P. J., & Marga, M. B, Studi Perbandingan Perkerasan Jalan Lentur Metode Bina Marga dan AASTHO 1993 Dengan Menggunakan Uji *Dynamic Cone Penetrometer* (Ruas Jalan Fungku Kabupaten Morowali), 7(KoNTekS 7), 24–26.
- Sri Nuryati, Agus Tarwiji, 1995. Analisis Tebal Lapis Keras Jalan Lingkar Utara Yogyakarta Untuk Melayani Lalulintas Dalam Waktu 20 Tahun Mendatang Dengan Metode Bina Marga. Malang.
- Sukirman, Silvia, Nova,1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Bandung.
- Sukirman,1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung. Witcak, M.W. and E.J. Yoder. *Principles of Pavement Design*, A Wiley Interscience Publication, New York, London, Sydney.
- Waldijono,1992. *Kajian lalulintas Kota melalui Pendekatan Sistem*, HMTS UII, Yogyakarta.
- Wesli, 2008. *Drainase Perkotaan*, Graha Ilmu, Yogyakarta.

LAMPIRAN

LAMPIRAN FOTO DOKUMENTASI



Gambar L1: Lokasi Penelitian



Gambar L2: Pengujian nilai CBR tanah menggunakan DCP



Gambar L3: Pengujian nilai CBR tanah menggunakan DCP pada aspal yang rusak



Gambar L4: Pengamatan dan perhitungan LHR di lokasi penelitian



Gambar L5: Kondisi jalan rusak pada lokasi penelitian (1)



Gambar L6: Kondisi jalan rusak pada lokasi penelitian (2)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Rizkia Tri Annisha
Nama Pangilan : Kiya
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 19 November 1996
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : Jln. Kawat I Gg. Kenanga No.51B Tjg. Mulia Hilir
Nomor HP : 082273333566
E-mail : rizkiaannisha@gmail.com
Nama Orang Tua
Ayah : Marianto
Ibu : Nurana

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1507210028
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl.Kapten Muchtar Basri No.3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	Sekolah Dasar	SD NEGERI 060863 MEDAN	2008
2	SMP	SMP NEGERI 24 MEDAN	2011
3	SMA	SMK NEGERI 1 PERCUT SEI TUAN	2014
4	Melanjutkan Kuliah Di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2015 sampai selesai.		