

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN DESAIN TEBAL PERKERASAN LENTUR PADA RUAS JALAN JALUR LINTAS SELATAN (JJLS) DENGAN MENGGUNAKAN METODE AASHTO 1993 DAN BINA MARGA 2017 (COMPARISON OF DESIGN OF FLEXIBLE PAVEMENT THICKNESS ON THE SOUTHERN NATIONAL HIGHWAY CORRIDORS (JJLS) USING AASHTO 1993 AND BINA MARGA 2017 METHODS)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Shinta Ayu Sabila
17511030**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

**PERBANDINGAN DESAIN TEBAL PERKERASAN
LENTUR PADA RUAS JALAN JALUR LINTAS
SELATAN (JJLS) DENGAN MENGGUNAKAN
METODE AASHTO 1993 DAN BINA MARGA 2017
(COMPARISON OF DESIGN OF FLEXIBLE PAVEMENT
THICKNESS ON THE SOUTHERN NATIONAL HIGHWAY
CORRIDORS (JJLS) USING AASHTO 1993 AND BINA MARGA
2017 METHODS)**

Disusun oleh

Shinta Ayu Sabila
17511030

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 14 Agustus 2023

Oleh Dewan Penguji

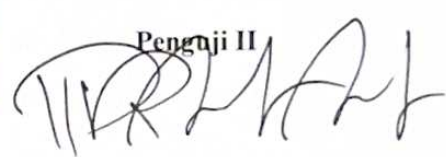
Pembimbing


**Ir. Berlian Kushari, S.T.,
M.Eng., IPM, ASEAN Eng.**
NIK: 015110101

Penguji I


**Miftahul Fauziah, S.T., M.T.,
Ph.D.**
NIK: 955110103

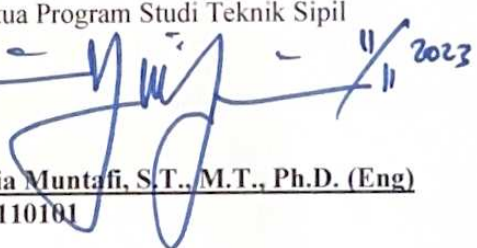
Penguji II


**Pravogo Afang Pravitno,
S.T., M.Sc.**
NIK: 205111303



Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)
NIK: 095110101

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan hidayat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul PERBANDINGAN DESAIN TEBAL PERKERASAN LENTUR PADA RUAS JALAN JALUR LINTAS SELATAN (JJLS) DENGAN MENGGUNAKAN METODE AASHTO 1993 DAN BINA MARGA 2017 dengan sebaik – baiknya. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam proses penulisan Tugas Akhir ini, penulis banyak menemui kesulitan dan hambatan, namun berkat kritik, saran dan dorongan dari berbagai pihak, alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas akhir ini dengan baik. Sebab itu, dengan penuh rasa hormat penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih dan mendoakan semoga Allah SWT, membalas kebaikan terbaik kepada:

1. Bapak Ir. Berlian Kushari, S.T., M.Eng., IPM, ASEAN Eng. selaku Dosen Pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, ilmu, nasihat, motivasi dan masukan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Ir. Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Penguji I Tugas Akhir yang telah memberikan masukan dan koreksi sehingga Tugas Akhir ini menjadi lebih baik serta telah memberikan nasihat dan motivasi kepada penulis.
3. Bapak Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji II Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, ilmu, nasihat, motivasi dan masukan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. Eng. selaku Ketua Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

5. Dwi Astuti Wahyu Wulan Pratiwi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu membimbing serta memberikan saran dan motivasi selama masah kuliah.
6. Seluruh dosen, pengajar, asisten, serta staf dan karyawan Program Studi Teknik Sipil FTSP UII yang telah memberikan ilmu dan memfasilitasi penulis selama masa kuliah.
7. Bapak Aris Prabowo dan Ibu Tutik Aryani, serta saudara penulis Brian Nevan Ristiana Yoga, Safira Intan Rahmadina, Zabrina Ratnaningsih, Soraya Ratnaningrum yang selalu memberikan doa, dukungan, motivasi serta semangat kepada penulis hingga selesainya Tugas Akhir ini. Terima kasih atas segala doa dan kasih sayang yang tiada henti sehingga penulis bisa berada di titik seperti sekarang ini.
8. Teman-teman ASP.FM, Gus Miftah, dan Ben Hemat telah memberi saya dukungan dan masukan dalam pengerjaan.
9. Semua pihak yang tidak dapat tulis satu per satu.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan referensi dalam penelitian maupun pengembangan selanjutnya. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan ridho-NYA kepada kita semua.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 14 Agustus 2023

Penulis,



Shinta Ayu Sabila
(17511030)

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Laporan Tugas Akhir yang disusun oleh penulis ini merupakan karya penulis sendiri sebagai salah satu syarat akademik untuk menyelesaikan studi Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Adapun beberapa karya penulis yang mengutip karya orang lain dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini telah ditulis sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan karya ilmiah serta dengan sumber yang jelas. Apabila dikemudian hari diketahui seluruh atau Sebagian isi Laporan Tugas Akhir tersebut bukan karya penulis sendiri atau sebagian isi merupakan plagiat, maka penulis bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik penulis sesuai pada hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 21 Juli 2023

Penulis,



Shinta Ayu Sabila

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
ABSTRAK	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.1.1 Metode AASHTO dan Bina Marga	4
2.1.2 Metode Bina Marga	5
2.2 Perbandingan Penelitian	5

2.3	Perbedaan Penelitian	9
BAB III LANDASAN TEORI		10
3.1	Pengertian Jalan Raya	10
3.2	Klasifikasi Jalan	10
3.3	Jenis Perkerasan Jalan	11
3.4	Struktur Perkerasan Lentur	11
3.5	Parameter Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan	13
3.5.1	Fungsi Jalan	13
3.5.2	Umur Rencana	14
3.5.3	Sifat Tanah Dasar	15
3.5.4	Lalu lintas	15
3.5.5	Kondisi Lingkungan	16
3.5.6	Material lapis perkerasan	17
3.6	Metode AASHTO 1993	19
3.6.1	Periode Analisa	19
3.6.2	Analisis lalu lintas	20
3.6.3	Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir (Pt)	24
3.6.4	Indeks Kemampuan Pelayanan Awal (Po)	25
3.6.5	Kehilangan Kemampuan Pelayanan (Δ PSI)	26
3.6.6	Reliabilitas (R) dan Deviasi Standar Normal (ZR)	27
3.6.7	Deviasi Standar Keseluruhan (So)	29
3.6.8	Modulus <i>Resilient</i> (M_R)	29
3.6.9	Koefisien Lapisan (<i>Layer Coefficient</i>)	30
3.6.10	Kualitas Drainase	33
3.6.11	Koefisien Drainase (mi)	34

3.6.12 Batas Minimum Tebal Lapis Perkerasan	37
3.6.12 Angka Struktural (SN)	37
3.7 Metode Bina Marga 2017	39
3.7.1 Memperkirakan Umur Rencana (UR)	39
3.7.2 Analisis Lalu Lintas	40
3.7.3 Desain Fondasi Jalan	49
3.7.4 Menentukan Struktur Perkerasan	51
3.7.4 Desain Struktur Perkerasan	52
BAB IV METODE PENELITIAN	59
4.1 Tinjauan Umum	59
4.2 Lokasi Penelitian	59
4.3 Pengumpulan Data	60
4.4 Tahapan Penelitian	60
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	63
5.1 Data Penelitian	63
5.1.1 Data Lalu Lintas	63
5.1.2 Data Hujan	64
5.1.3 CBR Tanah Dasar	65
5.2 Perhitungan Desain Perkerasan Metode AASHTO 1993	65
5.2.1 Analisis Perhitungan Tebal Perkerasan	65
5.3 Perhitungan Desain Perkerasan Metode Bina Marga 2017	81
5.4.1 Analisis Perhitungan Tebal Perkerasan	81
5.5 Pembahasan	85
5.3.1 Pembahasan Hasil Perhitungan	85

5.3.2 Perbandingan Metode AASHTO 1993 dengan Metode Bina Marga 2017 dengan Beberapa Parameter	90
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	96
6.1 Kesimpulan	96
6.2 Saran	97
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN	101

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan	6
Tabel 3. 1 Periode Analisa	19
Tabel 3. 2 Faktor Distribusi Lajur (DL)	20
Tabel 3. 3 Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir	24
Tabel 3. 4 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)	25
Tabel 3. 5 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)	26
Tabel 3. 6 Nilai Reliabilitas (R)	28
Tabel 3. 7 Hubungan antara R dengan ZR (deviasi standar normal)	28
Tabel 3. 8 Koefisien Lapisan (ai)	30
Tabel 3. 9 Kualitas Drainase	34
Tabel 3. 10 Koefisien Pengaliran	35
Tabel 3. 11 Koefisien Drainasi dan Koefisien Modifikasi Kekuatan Lapisan (mi)	36
Tabel 3. 12 Tebal Minimum Lapis Permukaan Berbeton Aspal dan Lapis Pondasi Agregat	37
Tabel 3. 13 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)	39
Tabel 3. 14 Klasifikasi kendaraan lalu lintas berdasarkan jenisnya	40
Tabel 3. 15 Faktor laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)	41
Tabel 3. 16 Faktor Distribusi Lajur (DL)	43
Tabel 3. 17 Nilai VDF Masing - Masing Jenis Kendaraan Niaga	46
Tabel 3. 18 Perkiraan Lalu Lintas Untuk Jalan Lalu Lintas Rendah	48
Tabel 3. 19 Desain Fondasi Jalan Minimum	50
Tabel 3. 20 Pemilihan Jenis Perkerasan	51
Tabel 3. 21 Bagan Desain - 3. Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum Dengan CTB ¹⁾	53
Tabel 3. 22 Bagan Desain - 3A. Desain Perkerasan Lentur dengan HRS ¹	55

Tabel 3. 23 Bagan Desain - 3B. Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Fondasi Berbutir	56
Tabel 3. 24 Bagan Desain - 3C Penyesuaian Tebal Lapis Fondasi Agregat A Untuk Tanah Dasar $\text{CBR} \geq 7 \%$	58
Tabel 4. 1 Data Sekunder Penelitian	60
Tabel 5. 1 Volume Lalu Lintas Tahun 2020 dan 2022	64
Tabel 5. 2 Jumlah Hari Hujan per Tahun	64
Tabel 5. 3 Rekapitulasi Perhitungan perhitungan β_x , β_{18} , W_xW_{18} dan LEF Beban Depan	73
Tabel 5. 4 Rekapitulasi Perhitungan perhitungan β_x , β_{18} , W_xW_{18} dan LEF Beban Belakang	73
Tabel 5. 5 Rekapitulasi Perhitungan VDF menurut AASHTO 1993	74
Tabel 5. 6 Rekapitulasi Perhitungan Jumlah beban lalu lintas standar kumulatif umur rencana (W18)	75
Tabel 5. 7 Parameter nilai SN	76
Tabel 5. 8 Rekapitulasi Perhitungan CESA_5	83
Tabel 5. 9 Parameter untuk Menentukan Struktur Perkerasan	84
Tabel 5. 10 Nilai VDF untuk AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017	86
Tabel 5. 11 Rekapitulasi Parameter AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017	89
Tabel 5. 12 Tebal Lapis Perkerasan metode AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017	90
Tabel 5. 13 Perbandingan Tebal Perkerasan AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017 setelah dikonversi	91
Tabel 5. 14 Nilai SN untuk AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017	93
Tabel 5. 15 Rekapitulasi Hasil Perhitungan AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017 setelah dikonversi	94
Tabel 5. 16 Rekapitulasi Hasil Perhitungan metode AASHTO 1993 dengan nilai $R=85\%$, $R=90\%$ dan $D=95\%$	95
Tabel 5. 17 Rekapitulasi Bina Marga 2017 dengan kombinasi nilai i	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Struktur Perkerasan Lentur Pada Tanah Asli	12
Gambar 3. 2 Struktur Perkerasan Lentur Pada Timbunan	12
Gambar 3. 3 Struktur Perkerasan Lentur Pada Galian	12
Gambar 3. 4 Klasifikasi kendaraan	23
Gambar 3. 5 Kode Sumbu Kendaraan	24
Gambar 3. 6 Grafik koefisien relatif lapis permukaan (a_1)	31
Gambar 3. 7 Grafik koefisien relatif lapis pondasi atas (a_2)	32
Gambar 3. 8 Grafik koefisien relatif lapis pondasi bawah (a_3)	33
Gambar 3. 9 Nomogram Nilai SN	38
Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian Jalan Tepus – Jerukwudel	59
Gambar 4. 2 Bagan Alir	62
Gambar 5. 1 Grafik Nilai Modulus Resilinet (M_R) EAC	67
Gambar 5. 2 Grafik Nilai Modulus Resilinet (M_R) EBS	67
Gambar 5. 3 Grafik Nilai Modulus Resilinet (M_R) ESB	68
Gambar 5. 4 Nomogram Structural Number (SN)	79
Gambar 5. 5 Tebal Perkerasan Lentur Metode AASHTO 1993	81
Gambar 5. 6 Tebal Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 2017	85
Gambar 5. 7 Tebal 2 Lapis Perkerasan Metode AASHTO 1993	93

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Lalu Lintas Harian Rata-rata Tepus-Jerukwudel	102
Lampiran 2 Data Hari Hujan Bulanan (Hari)	103
Lampiran 3 Data Test Tanah Dasar dan CBR	104
Lampiran 4 Rekapitulasi Angka Ekvivalen (E) / Nilai Faktor ESAL (LEF) Metode 1993	105
Lampiran 5 Rekapitulasi W18 Metode AASHTO 1993 dengan nilai $i = 3,5\%$ dan $R = 85\%$	106
Lampiran 6 Nilai SN Menggunakan Nomogram dengan nilai $i = 3,5\%$ dan $R = 85\%$	107
Lampiran 7 Gambar Hasil Metode 1993 dengan nilai $I = 3,5\%$ dan $R = 85\%$	108
Lampiran 8 Rekapitulasi Perhitungan CESA5 dengan nilai $i = 3,5\%$	109
Lampiran 9 Gambar Hasil Metode 2017 dengan nilai $i = 3,5\%$	110
Lampiran 10 Rekapitulasi W18 Metode AASHTO 1993 dengan nilai $i = 3,5\%$, $R = 90\%$ dan $R = 95\%$	111
Lampiran 11 Rekapitulasi W18 Metode AASHTO 1993 dengan nilai $i = 7\%$, $R = 85\%$, $R = 90\%$ dan $R = 95\%$	111
Lampiran 12 Rekapitulasi W18 Metode AASHTO 1993 dengan nilai $i = 10\%$, $R = 85\%$, $R = 90\%$ dan $R = 95\%$	112
Lampiran 13 Nilai SN Menggunakan Nomogram dengan nilai $i = 3,5\%$ dan $R = 90\%$	113
Lampiran 14 Nilai SN Menggunakan Nomogram dengan nilai $i = 3,5\%$ dan $R = 95\%$	114
Lampiran 15 Nilai SN Menggunakan Nomogram dengan nilai $i = 7\%$ dan $R = 85\%$	115
Lampiran 16 Nilai SN Menggunakan Nomogram dengan nilai $i = 7\%$ dan $R = 90\%$	116

Lampiran 17 Nilai SN Menggunakan Nomogram dengan nilai $i = 7\%$ dan $R = 95\%$	117
Lampiran 18 Nilai SN Menggunakan Nomogram dengan nilai $i = 10\%$ dan $R = 85\%$	118
Lampiran 19 Nilai SN Menggunakan Nomogram dengan nilai $i = 10\%$ dan $R = 90\%$	119
Lampiran 20 Nilai SN Menggunakan Nomogram dengan nilai $i = 10\%$ dan $R = 95\%$	120
Lampiran 21 Gambar Hasil Metode 1993 dengan nilai $i = 3,5\%$ dan $R = 90\%$	121
Lampiran 22 Gambar Hasil Metode 1993 dengan $i = 3,5\%$ dan $R = 95\%$	121
Lampiran 23 Gambar Hasil Metode 1993 dengan $i = 7\%$ dan $R = 85\%$	121
Lampiran 24 Gambar Hasil Metode 1993 dengan $i = 7\%$ dan $R = 90\%$	122
Lampiran 25 Gambar Hasil Metode 1993 dengan $i = 7\%$ dan $R = 95\%$	122
Lampiran 26 Gambar Hasil Metode 1993 dengan $i = 10\%$ dan $R = 85\%$	122
Lampiran 27 Gambar Hasil Metode 1993 dengan $i = 10\%$ dan $R = 90\%$	123
Lampiran 28 Rekapitulasi Perhitungan CESA5 dengan nilai $i = 7\%$	124
Lampiran 29 Rekapitulasi Perhitungan CESA5 dengan nilai $i = 10\%$	125
Lampiran 30 Gambar Hasil Metode 2017 dengan nilai $i = 7\%$	126
Lampiran 31 Gambar Hasil Metode 2017 dengan nilai $i = 10\%$	126

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

AASHTO	= American Association of State Highway and Transportation Official
AC	= Asphalt Concrete
ATB	= Asphalt Treated Base
c	= Koefisien pengaliran
CBR	= California Bearing Ratio
CESAL	= <i>Cumulative Equivalent Single Axle Load</i> (Beban sumbu standar kumulatif)
Cm	= Centimeter
CTB	= Cement Treated Base
D1	= Tebal lapis permukaan
D2	= Tebal lapis pondasi
D3	= Tebal lapis pondasi bawah
DD	= Faktor Distribusi Arah
DDT	= Daya Dukung Tanah Dasar
DL	= Faktor Distribusi Lajur
E	= Angka Ekivalensi
ESAL	= Equivalent Single Axle Load
g	= Tingkat Pertumbuhan pertahun (%)
G	= Faktor perbandingan kehilangan tingkat pelayanan
i	= Pertumbuhan Lalu Lintas pertahaun (%)
IP	= Indeks Permukaan
k	= Faktor sumbu
L ₁₈	= Beban sumbu standar (18 kips)
L _{2s}	= Kode untuk sumbu standar (1, 2 atau 3)
L _{2x}	= Notasi konfigurasi sumbu (1, 2 atau 3)
LEP	= Lintas Ekivalen Permulaan

LER	= Lintas Ekivalen Rencana
LHR	= Lalu Lintas Harian Rata-rata
LHRo	= Lalu lintas harian rata-rata awal (kend/hari)
LHRT	= Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahunan
L_x	= Beban sumbu yang akan dievaluasi (kips)
m_i	= Koefisien drainase
m_2	= Koefisien drainase untuk lapis pondasi
m_3	= Koefisien drainase untuk lapis pondasi bawah
mm	= Milimeter
MR	= Modulus Resilient
Po	= Indeks Pelayanan (<i>Serviceability Index</i>) awal
Psi	= Pound Per Square Inch (Pon per inci persegi)
Pt	= Indeks Pelayanan (<i>Serviceability Index</i>) akhir
R	= Reliabilitas
R	= Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif
R	= Umur Rencana
SN	= Struktural Number
So	= Deviasi standar keseluruhan
Sta	= Stasiun
STdRG	= Sumbu Tandem Roda Ganda
STRG	= Sumbu Tunggal Roda Ganda
STrRG	= Sumbu Tripel Roda Ganda
STRT	= Sumbu Tunggal Roda Tunggal
Th	= Jumlah rata-rata hari hujan per tahun (hari)
Tj	= Hujan rata-rata per hari (jam)
UR	= Umur Rencana (Tahun)
VDF	= <i>Vehicle Damage Factor</i> (faktor kerusakan akibat beban sumbu)
W18	= Repetisi beban lalu lintas standar umur rencana
WL	= faktor air hujan yang masuk ke dalam pondasi jalan
W_x	= Sumbu dengan beban 1000x pon
ZR	= Devisiasi standar normal

β = Faktor desain dan variasi beban sumbu
 ΔPSI = Kehilangan Kemampuan Pelayanan

ABSTRAK

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang berperan penting dalam melayani manusia untuk melakukan perjalanan. Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki banyak tempat wisata, Gunung Kidul merupakan salah satu daerah yang dilewati proyek pembangunan Jalur Jalan Lintas Selatan (JJLS). Dengan kondisi alam dengan topografi curam menjadikan akses menuju tempat wisata saat ini masih cukup sulit dijangkau. Pembangunan ini memiliki fungsi untuk memenuhi kapasitas jalan pada JJLS, pembangunan wilayah Gunung Kidul dibagi menjadi beberapa segmen, salah satunya berada pada segmen Tepus-Jerukwudel dengan rute sepanjang 11 kilometer. Ruas Jalan Tepus-Jerukwudel pada eksisting lama memiliki lebar 4,5 m untuk melayani 2 lajur. Kondisi eksisting lama sudah terdapat beberapa kerusakan seperti retak pinggir hingga pelepasan butir. Pembangunan Jalan Jalur Lintas Selatan (JJLS) Tepus-Jerukwudel yang akan ditinjau sepanjang 3 km, yang terletak pada sta. 11+225 sampai dengan sta. 14+225.

Penelitian ini menganalisis Jalur jalan Lintas Selatan (JJLS) dengan umur rencana 20 tahun. Penelitian ini dilakukan dengan pengumpulan data sekunder, seperti data lalu lintas, kondisi lokasi, data hujan yang diperoleh dari instansi terkait. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017. Jalan Jalur Lintas Selatan (JJLS) ini dibangun mulai dari tahun 2020 hingga tahun 2022. Jalan Jalur Lintas Selatan (JJLS) ini akan dibuka pada 26 Oktober 2022.

Hasil analisis tebal lapis perkerasan dengan metode AASHTO diperoleh tebal lapis permukaan sebesar 14 cm, tebal lapis pondasi atas sebesar 10 cm, lapis pondasi bawah sebesar 12 cm. Untuk metode Bina Marga 2017 diperoleh tebal lapis permukaan dengan sebesar 20,5 cm, lapis pondasi atas sebesar 30 cm. Nilai S_n Untuk metode AASHTO 1993 diperoleh 3,7 dan untuk Bina Marga 2017 diperoleh 5,705. Perbedaan pada hasil untuk masing-masing metode disebabkan oleh perbedaan parameter input seperti nilai VDF yang digunakan tiap metode, nilai ΔPSI , Z_R , S_o , MR dan m yang digunakan.

Kata Kunci: Perkerasan Lentur, AASHTO 1993, Bina Marga 2017.

ABSTRACT

Roads are land transportation infrastructure that plays an important role in serving people to travel. The Province of the Special Region of Yogyakarta has many tourist attractions, Gunung Kidul is one of the areas passed The Southern National Highway Corridors (JJLS) construction project. With natural conditions with steep topography, access to tourist attractions is currently still quite difficult to reach. This development has the function of fulfilling road capacity at JJLS, the development of the Gunung Kidul area is divided into several segments, one of which is in the Tepus-Jerukwudel segment with a route of 11 kilometers. The old Tepus-Jerukwudel Road section has a width of 4.5 m to serve 2 lanes. The old existing condition already has some damage such as edge cracks and ravelling. The construction of the Tepus-Jerukwudel Southern National Highway Corridors (JJLS) which will be reviewed is 3 km long, which is located at sta. 11+225 to sta. 14+225.

This study analyzes The Southern National Highway Corridors (JJLS) with a design life of 20 years. This research was conducted by collecting secondary data, such as in traffic, site conditions, rain data. The method used in this research is AASHTO 1993 and Bina Marga 2017. The Southern National Highway Corridors (JJLS) will open on October 26 2022.

The results of the pavement layer thickness analysis using the AASHTO method obtained a surface layer thickness of 14 cm, a base layer thickness of 10 cm, a base layer thickness of 12 cm. For the 2017 Bina Marga method, a surface layer thickness of 20,5 cm was obtained and the base course layer was 30 cm. SN value for AAHTO 1993 is 3,7 and for Bina Marga 2017 is 5,705. The difference in the results for each method is caused by the difference in the input parameters such as the VDF for each method that used, the ΔPSI , ZR, So, MR and m value used.

Keyword: *Flexible Pavement, AASHTO 1993, Bina Marga 2017.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan prasarana transportasi darat dan memegang peranan penting untuk melayani manusia dalam kegiatan berpergian dari suatu wilayah ke wilayah lain dengan aman dan nyaman. Jalan merupakan salah satu indikator kehidupan masyarakat dalam perekonomian, wisata dan pembangunan nasional.

Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki banyak tempat wisata, yang beberapa diantaranya terletak di Kabupaten Gunung Kidul. Gunung Kidul merupakan salah satu daerah yang dilewati proyek pembangunan Jalur Jalan Lintas Selatan (JJLS) dimana tujuan dari pembangunan ini untuk meningkatkan daya tarik wisatawan mengenai pantai selatan dan mengurangi kesenjangan pertumbuhan perekonomian dengan pantai utara yang lebih maju. Kondisi alam dengan topografi curam menjadikan akses menuju tempat wisata yang berada di Gunung Kidul sendiri saat ini masih cukup sulit dijangkau. Untuk itu diperlukan adanya jalan yang memadai untuk menunjang kapasitas lalu lintas. Dalam pembangunan jalan, bagian perancangan tebal perkerasan harus direncanakan dengan efektif dan efisien. Untuk meningkatkan pelayanan lalu lintas diperlukan peningkatan kualitas sistem dan prasarana jalan.

JJLS adalah jalur trans selatan Jawa yang dimulai dari Jawa Barat sampai Jawa Timur dengan jumlah keseluruhan panjang jalan 121,83 kilometer. JJLS pada DIY terbagi di Kulon Progo hingga Gunung Kidul. Pembangunan JJLS pada wilayah Gunung Kidul dibagi menjadi beberapa segmen, salah satunya berada pada segmen Tepus-Jerukwudel dengan rute sepanjang 11 kilometer. Ruas Jalan Tepus-Jerukwudel pada eksisting lama memiliki lebar 4,5 m untuk melayani 2 lajur. Kondisi eksisting lama sudah terdapat beberapa kerusakan seperti retak pinggir hingga pelepasan butir. Ruas ini digunakan untuk mobilitas masyarakat dalam provinsi maupun luar provinsi. Ruas ini juga berfungsi menghubungkan pengguna

dari pusat kota ke wilayah lokal maupun sebaliknya. Ruas jalan tersebut juga memperlancar logistik antar wilayah serta dapat menjadi jalan menuju tempat wisata seperti Pantai Timang, Pantai Siung, Bukit Pengilon, Pantai Wediombo dan Pantai Jungwok yang berada di Gunung Kidul. Menurut data LHR Tahun 2020 yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Jalan Tepus-Jerukwudel memiliki jumlah LHR 7003. Pada pembangunan jalan ini nanti memiliki 1 jalur untuk melayani pengguna dengan satu lajur tiap arahnya. Pembangunan Jalan Jalur Lintas Selatan (JJLS) Tepus-Jerukwudel yang akan ditinjau sepanjang 3 km, yang terletak pada sta. 11+225 sampai dengan sta. 14+225. Jalan Jalur Lintas Selatan (JJLS) ini dibangun mulai dari tahun 2020 hingga tahun 2022. Jalan Jalur Lintas Selatan (JJLS) ini akan dibuka pada 26 Oktober 2022.

Pembangunan jalan raya di Indonesia memiliki peraturan dan pedoman untuk merencanakan struktur perkerasan jalan. Di Indonesia sendiri memiliki beberapa pedoman yang telah dikembangkan dan disempurnakan berdasar hasil modifikasi dari beberapa negara maju seperti Inggris, Amerika Serikat dan Australia. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017. Penggunaan metode AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017 dalam penelitian ini diharapkan dapat mengetahui perbedaan hasil dari kedua metode. Dalam penelitian ini hasil yang didapatkan adalah tebal lapis perkerasan lentur dari setiap metode yang digunakan, dimana hasil ini menjadi gambaran untuk perkerasan jalan dalam melayani beban lalu lintas yang ada.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka rumusan masalah dari penelitian yang dilakukan sebagai berikut.

1. Bagaimana desain tebal perkerasan Ruas Jalan Tepus-Jerukwudel menggunakan metode AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017?
2. Bagaimana hasil perbandingan tebal lapis perkerasan menggunakan metode AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah di atas, maka tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendapatkan desain struktur perkerasan Ruas jalan Tepus-Jerukwudel untuk meningkatkan kapasitas struktural
2. Membandingkan hasil perbandingan tebal lapis perkerasan metode AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan uraian tujuan penelitian di atas, maka manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menambah pengetahuan atau gambaran tentang analisis perkerasan menggunakan metode AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017.
2. Menambah usulan untuk penelitian lanjutan di bidang analisa perkerasan.
3. Menjadi pertimbangan Satker Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah DIY sebagai alternatif atau referensi dalam perhitungan tebal perkerasan jalan.

1.5 Batasan Penelitian

Maka penelitian mengarah pada batasan sebagai berikut.

1. Perhitungan tebal perkerasan lentur jalan menggunakan metode AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017.
2. Lokasi penelitian yang ditinjau terdapat pada ruas Jalan Tepus – Jerukwedul sepanjang 3 KM.
3. Tidak menghitung perencanaan drainase pada perkerasan.
4. Data yang digunakan dalam analisis ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Kantor Bina Marga Provinsi DIY.
5. Data sekunder yang digunakan antara lain: data CBR tanah dasar dan data lalu lintas, jenis kendaraan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

2.1.1 Metode AASHTO dan Bina Marga

Nugroho (2017) melakukan penelitian tentang analisis tebal perkerasan menggunakan metode Analisa Komponen SKBI 1987 dan AASHTO 1993 pada Ruas Jalan Palbapang-Barongan-Imogiri, Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan tebal perkerasan menggunakan metode Analisa Komponen SKBI 1987 dan AASHTO 1993. Untuk penelitian ini diperoleh hasil tebal perkerasan menggunakan metode Analisa Komponen SKBI 1987 dengan lapis permukaan sebesar 7,5 cm, lapis fondasi atas batu pecah (kelas A) sebesar 20 cm dan lapis fondasi bawah sirtu (Kelas A) sebesar 16 cm. Untuk metode AASHTO 1993 diperoleh hasil tebal lapis permukaan sebesar 15 cm, lapis fondasi atas batu pecah (kelas A) sebesar 10 cm dan lapis fondasi bawah sirtu (Kelas A) sebesar 15 cm.

Muyasyaroh (2017) melakukan penelitian tentang analisis tebal perkerasan lentur dengan metode Analisa komponen SKBI 1987 Bina Marga dan metode AASHTO 1993 pada Ruas Jalan Siluk-Kretek, Bantul. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tebal lapis perkerasan menggunakan metode Analisa Komponen SKBI 1987 Bina Marga dan AASHTO 1993. Serta membandingkan hasil tebal perkerasan antar dua metode. Pada penelitian ini diperoleh hasil tebal perkerasan menggunakan metode Analisa Komponen SKBI 1987 Bina Marga didapatkan *surface* = 7,5 cm, *base course* = 20 cm, dan *subbase course* = 10 cm. Untuk metode AASHTO 1993 didapatkan *surface* = 18 cm, *base course* = 15 cm, dan *subbase course* = 19 cm.

Salafuddin (2018) melakukan penelitian tentang evaluasi perkerasan dengan metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 pada Ruas Jalan Sentolo-Kalibawang-Klangon. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tebal lapis perkerasan menggunakan metode Bina Marga 2017 didapatkan tebal lapis

permukaan *AC-WC* = 4 cm, *AC-BC* = 6 cm, *AC-Base* = 21 cm, dan lapis fondasi kelas A = 30 cm. Untuk metode AASHTO 1993 didapatkan tebal lapis permukaan *AC-WC* = 10,5 cm, *AC-BC* = 15,5 cm, lapis fondasi kelas A = 12,5 cm, dan lapis fondasi bawah = 34,5 cm.

Khansa (2017) melakukan penelitian tentang analisis tebal perkerasan lentur dengan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 dan metode AASHTO 1993 pada Ruas Jalan Baron-Tepus. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tebal lapis perkerasan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 dan metode AASHTO 1993. Untuk metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 didapatkan lapis permukaan sebesar 10 cm, lapis fondasi atas 8 cm, dan lapis fondasi bawah 30 cm. Sedangkan untuk metode AASHTO 1993 didapatkan lapis permukaan 15 cm, lapis fondasi atas 10 cm dan lapis fondasi bawah 35 cm.

2.1.2 Metode Bina Marga

Brillian (2020) melakukan analisa tebal perkerasan lentur dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 pada Ruas Jalan Baru Batas Kota Singaraja-Mengwitani. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tebal lapis perkerasan menggunakan metode Bina Marga 2017. Pada penelitian ini diperoleh hasil tebal perkerasan menggunakan metode Bina Marga 2017 dengan lapis permukaan *AC-WC* sebesar 4 cm, untuk lapis *AC-BC* sebesar 6 cm. Untuk lapis *AC Base* sebesar 10,5 cm dan lapis LFA kelas A sebesar 30 cm. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan tebal total perkerasan 50,5 cm.

2.2 Perbandingan Penelitian

Perbandingan penelitian-penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

	Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Penelitian Terdahulu	Brilliant (2020)	Analisis Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan 2017 Pada Proyek Jalan Baru Batas Kota Singaraja-Mengwitani, Buleleng.	Menganalisis tebal perkerasan lentur dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 pada Ruas Jalan Baru Batas Kota Singaraja-Mengwitani.	Bina Marga 2017.	Tebal perkerasan metode Bina Marga 2017 diperoleh lapis permukaan AC-WC sebesar 4 cm, untuk lapis AC-BC sebesar 6 cm. Untuk lapis AC Base sebesar 10,5 cm dan lapis LFA kelas A sebesar 30 cm.
	Muyasyaroh (2017)	Analisis Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Analisa Komponen SKBI 1987 Bina Marga Dan Metode AASHTO 1993.	Menganalisis tebal perkerasan lentur dengan metode Analisa komponen SKBI 1987 Bina Marga dan metode AASHTO 1993 pada Ruas Jalan Siluk-Kretek, Bantul.	Metode Analisa Komponen SKBI 1987 Bina Marga dan AASHTO 1993.	Tebal perkerasan metode Analisa komponen SKBI 1987 Bina Marga didapatkan <i>surface</i> = 7,5 cm, <i>base course</i> = 20 cm, dan <i>subbase course</i> = 10 cm. Untuk metode AASHTO 1993 didapatkan <i>surface</i> = 18 cm, <i>base course</i> = 15 cm.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

	Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Penelitian Terdahulu	Salafuddin (2018)	Evaluasi Tebal Perkerasan Dengan Metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 Serta Pengaruhnya Terhadap RAB.	Mengevaluasi perkerasan dengan metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 pada Ruas Jalan Sentolo-Kalibawang-Klangon.	Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993.	Tebal perkerasan metode Bina Marga 2017 didapatkan tebal lapis permukaan <i>AC-WC</i> = 4 cm, <i>AC-BC</i> = 6 cm, <i>AC-Base</i> = 21 cm, dan lapis fondasi kelas A = 30 cm. Untuk metode AASHTO 1993 didapatkan tebal lapis permukaan <i>AC-WC</i> = 10,5 cm, <i>AC-BC</i> = 15,5 cm, lapis fondasi kelas A = 12,5 cm, dan lapis fondasi bawah = 34,5 cm.
	Khansa (2017)	Analisis Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 dan AASHTO 1993	Mengevaluasi tebal perkerasan lentur menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 dan metode AASHTO 1993 pada Ruas Jalan Baron-Tepus.	Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 dan AASHTO 1993.	Tebal perkerasan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 didapatkan lapis permukaan sebesar 10 cm, lapis fondasi atas 8 cm, dan lapis fondasi bawah 30 cm. untuk metode AASHTO 1993 didapatkan lapis permukaan 15 cm, lapis fondasi atas 10 cm dan lapis fondasi bawah 35 cm.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

	Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Peneliti saat ini	Penulis	Evaluasi Desain Tebal Perkerasan Lentur Pada Ruas Jalan Jalur Lintas Selatan (JJLS) Dengan Menggunakan Metode AASHTO 1993 Dan Bina Marga 2017	Menganalisis tebal perkerasan menggunakan metode AASHTO 1993 dan metode Bina Marga 2017	AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017.	Tebal perkerasan menggunakan metode AASHTO 1993 diperoleh tebal lapis permukaan sebesar 14 cm, tebal lapis pondasi atas sebesar 10 cm, dan lapis pondasi bawah sebesar 12 cm. Untuk metode Bina Marga 2017 diperoleh tebal lapis permukaan dengan sebesar 20,5 cm, dan lapis pondasi atas sebesar 30 cm.

2.3 Perbedaan Penelitian

Penelitian yang berjudul “Perbandingan Desain Tebal Perkerasan Lentur Pada Ruas Jalan Jalur Lintas Selatan (JJLS) Dengan Menggunakan Metode AASHTO 1993 Dan Bina Marga 2017”, belum pernah dilakukan sebelumnya. Perbedaan penelitian pada Tugas Akhir ini dengan penelitian sebelumnya yaitu penelitian ini menggunakan metode AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017 pada lokasi tinjauan Tepus-Jerukwudel. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan desain struktur perkerasan Ruas jalan Tepus-Jerukwudel guna meningkatkan kapasitas struktural serta mendapatkan hasil perbandingan tebal lapis perkerasan menggunakan metode AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017. Perbedaan lainnya adalah penulis menghitung nilai SN untuk metode Bina Marga dengan menyamakan variabel AASHTO 1993. Untuk metode AASHTO 1993 penulis juga membandingkan tebal perkerasan dengan mengkonversi tebal perkerasan menjadi lapis permukaan dan lapis pondasi atas saja.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pengertian Jalan Raya

Menurut Undang-Undang RI No 38 Tahun 2004 jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/air serta di atas permukaan air kecuali jalan kereta api, jalan lari dan jalan kabel.

Bagian tanah tertentu yang direncanakan di buat oleh manusia dengan konstruksi, bentuk, ukuran tertentu hingga dapat dimanfaatkan untuk mendistribusikan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengirim barang-barang dari satu tempat ke tempat yang lainnya dengan mudah dan cepat. (Silvia Sukirman, 1994)

3.2 Klasifikasi Jalan

Menurut Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009, klasifikasi jalan berdasarkan administrasi pemerintahan memiliki 5 jenis sebagai berikut.

1. Jalan nasional, merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antaribu kota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.
2. Jalan provinsi, merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibu kota provinsi dengan ibu kota kabupaten/kota, atau antaribu kota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.
3. Jalan kabupaten, merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibu kota kabupaten dengan ibu kota kecamatan, antaribu kota kecamatan, ibu kota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.

4. Jalan kota, adalah jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antarpusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antarpersil, serta menghubungkan antarpusat permukiman yang berada di dalam kota.
5. Jalan desa, merupakan jalan umum yang menghubungkan Kawasan dan/atau antarpermukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

3.3 Jenis Perkerasan Jalan

Jenis perkerasan jalan berdasar bahan ikatnya menurut Sukirman (1999) memiliki 3 jenis sebagai berikut:

1. Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang bahan pengikatnya menggunakan aspal. Lapisan-lapisan perkerasan memiliki sifat mendistribusikan beban lalu lintas ke tanah.

2. Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku merupakan perkerasan yang bahan ikatnya menggunakan semen (*Portland Cement*), pelat beton dengan atau tanpa tulangan dan meletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Pelat beton sendiri bersifat memikul beban lalu lintas.

3. Perkerasan Komposit

Perkerasan komposit merupakan perkerasan gabungan antara perkerasan kaku dengan perkerasan lentur, dengan lapisan berupa perkerasan kaku di atas perkerasan lentur, maupun perkerasan lentur di atas perkerasan kaku.

3.4 Struktur Perkerasan Lentur

Menurut Sukirman (1999) Konstruksi perkerasan lentur memakai aspal sebagai bahan ikatnya. Konstruksi perkerasan lentur terdapat beberapa lapisan yang memiliki sifat dapat menerima dan mendistribusikan beban lalu lintas dari permukaan hingga ke tanah dasar.

Menurut Bina Marga Jalan 2017, terdapat beberapa tipikal struktur perkerasan lentur baru sebagai berikut:

1. Struktur perkerasan lentur pada permukaan tanah asli.



Gambar 3. 1 Struktur Perkerasan Lentur Pada Tanah Asli

Sumber: Bina Marga (2017)

2. Struktur perkerasan lentur pada timbunan.



Gambar 3. 2 Struktur Perkerasan Lentur Pada Timbunan

Sumber: Bina Marga (2017)

3. Struktur perkerasan lentur pada galian.



Gambar 3. 3 Struktur Perkerasan Lentur Pada Galian

Sumber: Bina Marga (2017)

Struktur perkerasan lentur terdiri beberapa lapisan. Lapisan-lapisan tersebut sebagai berikut:

a. Lapis tanah dasar (*subgrade*)

Lapis tanah dasar adalah lapisan tanah yang terletak di bagian paling bawah dimana berupa tanah asli, tanah timbunan atau tanah galian yang dapat diberikan perbaikan atau pemadatan sesuai dengan desain yang dibutuhkan.

b. Lapis pondasi bawah (*sub base course*)

Lapis pondasi bawah adalah lapisan yang berada diantara lapis pondasi atas dan lapis tanah dasar. Lapis ini mempunyai fungsi sebagai bagian lapisan untuk mendistribusikan beban roda sampai ke tanah dasar, sebagai lapisan peresapan agar air tidak terjebak di pondasi, sebagai lapisan yang dapat menahan partikel halus yang terdapat pada tanah dasar naik ke lapisan pondasi atas.

c. Lapis pondasi atas (*base course*)

Lapis pondasi atas adalah lapisan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Lapis ini mempunyai peran sebagai bagian perkerasan yang dapat menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya berupa gaya lintang dari beban roda serta menjadi landasan terhadap lapis permukaan.

d. Lapis permukaan (*surface course*)

Lapis permukaan adalah lapisan yang terletak di bagian paling atas dari struktur perkerasan lentur. Lapisan ini berperan sebagai lapisan yang langsung menahan dari beban roda kendaraan, sebagai lapisan yang memikul gesekan dari pengereman roda kendaraan, sebagai lapisan yang menghalangi air hujan yang berada di atasnya agar tidak meresap menuju lapisan di bawahnya.

3.5 Parameter Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan

Untuk memiliki perencanaan perkerasan jalan yang sesuai dengan kebutuhan terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan. Faktor yang perlu diperhatikan seperti berikut:

3.5.1 Fungsi Jalan

Sukirman (1999) menyatakan fungsi jalan dapat mendeskripsikan jenis kendaraan pengguna jalan dan beban lalu lintas yang akan dipikul struktur perkerasan jalan. Menurut Undang-Undang No. 34 Tahun 2006 Fungsi jalan dikategorikan sebagai berikut:

1. Jalan Arteri Primer

Jalan arteri primer adalah jalan yang menghubungkan secara berdaya guna antarpusat kegiatan nasional atau antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah.

2. Jalan Kolektor Primer

Jalan kolektor primer adalah jalan yang menghubungkan secara berdaya guna antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan wilayah, atau antara pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal.

3. Jalan Lokal Primer

Jalan lokal primer adalah jalan yang menghubungkan secara berdaya guna pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan, antarpusat kegiatan lingkungan, serta antarpusat kegiatan lingkungan.

4. Jalan Lingkungan Primer

Jalan lingkungan primer adalah jalan yang menghubungkan antarpusat kegiatan di dalam kawasan perdesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasan perdesaan.

5. Jalan Arteri Sekunder

Jalan arteri sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu, atau kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kesatu, atau kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua.

6. Jalan Kolektor Sekunder

Jalan kolektor sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga.

7. Jalan Lokal Sekunder

Jalan lokal sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan.

8. Jalan Lingkungan Sekunder

Jalan lingkungan sekunder adalah jalan yang menghubungkan antarpersil dalam kawasan perkotaan.

3.5.2 Umur Rencana

Tanriajeng (2002) menyatakan bahwa umur rencana jalan adalah jumlah tahun dari awal jalan ketika dibuka baik untuk keperluan lalu lintas sampai diperlukan perbaikan bersifat struktural (sampai memerlukan *overlay* lapis

perkerasan). Pada umumnya umur rencana yang digunakan untuk perkerasan lentur digunakan 10 tahun hingga 20 tahun. Bertambahnya umur suatu jalan maka kekuatan struktural jalan akan menurun.

Menurut Bina Marga (2017) umur rencana adalah periode tahun yang dihitung sejak dibukanya jalan sampai memerlukan kebutuhan untuk perbaikan baik itu besar atau perbaikan yang dianggap perlu untuk menerima lapisan permukaan baru.

3.5.3 Sifat Tanah Dasar

Lapisan tanah dasar merupakan lapisan tanah yang berada dibagian paling bawah sendiri, lapisan ini memiliki peran sebagai penopang lapisan yang terdapat di atasnya. Lapisan ini juga berfungsi sebagai lapisan yang menerima beban roda kendaraan dari lapisan di atasnya. Kekuatan tanah dasar mampu memengaruhi tebal lapis pekerasan. Sifat tanah yang berbeda beda mengakibatkan daya dukung tanah yang tidak merata. Maka dari itu untuk mendapatkan daya dukung tanah yang sesuai dengan kebutuhan dapat diperoleh dengan pengujian *California Bearing Ratio* (CBR). Pengujian dapat dilakukan dengan uji lab atau pengujian langsung di lapangan. Setelah melakukan pengujian maka didapatkan nilai CBR yang dibutuhkan. Nilai CBR sendiri didapatkan ketika kepadatan telah mencapai 95% dari kepadatan maksimum.

Badan Standarisasi Nasional (SNI 1744-2012) menyatakan CBR merupakan rasio antara beban penetrasi suatu jenis material dan beban standar pada kecepatan dan kedalaman penetrasi yang konstan. California Bearing Ratio merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (test load) dengan beban standar (standard load) dengan kecepatan dan kedalaman penetrasi yang sama dan dinyatakan dalam persentase, dan percobaan CBR bertujuan untuk menentukan nilai daya dukung tanah dalam kepadatan maksimum (Soedarmo dan Purnomo, 1997).

3.5.4 Lalu lintas

Faktor lalu lintas menentukan tebal lapis perkerasan jalan yang dapat ditentukan oleh jumlah kendaraan yang melintasi perkerasan yang sesuai dengan umur rencana. Jumlah kendaraan mempengaruhi perencanaan tebal lapis perkerasan. Volume lalu lintas merupakan banyaknya kendaraan yang melewati di

suatu titik tertentu yang ditinjau dalam satuan waktu tertentu. Volume lalu lintas mencakup Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR), Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT) dan kapasitas. Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) merupakan jumlah lalu lintas selama pengamatan dalam waktu tertentu seperti satu hari dan dibagi dengan lamanya pengamatan. Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT) merupakan jumlah lalu lintas kendaraan yang melalui satu jalur jalan yang terjadi selama 24 jam dan di data selama satu tahun.

Beberapa macam jenis lalu lintas dasarnya mampu diprediksi ketika mendesain. Macam jenis lalu lintas dapat digunakan untuk kebutuhan desain struktur perkerasan seperti berikut:

1. data volume lalu lintas harian rata-rata yang di amati selama satu tahun,
2. elemen kendaraan yang dikelompokkan pada jenis mobil penumpang, bus, truk ringan, truk berat, dan truk gandeng,
3. faktor pembagian lalu lintas pada lajur rencana,
4. berat sumbu yang menggambarkan jenis kendaraan, dan
5. prediksi tingkat pertumbuhan lalu lintas tahunan selama masa layan.

Menurut Dirjen Bina Marga (1997) kendaraan rencana merupakan kendaraan yang dimensi dan radius putarnya sebagai acuan dalam perencanaan geometrik jalan.

ESAL merupakan perbandingan kerusakan yang ditimbulkan akibat lintasan sumbu kendaraan terhadap satu kali lintasan sumbu standar (18 kips sumbu tunggal).

Menurut Pavement Interactive pada pendekatan yang paling umum secara historis adalah mengubah kerusakan yang disebabkan oleh beban roda dengan besaran dan pengulangan yang bervariasi menjadi kerusakan beban standar dalam jumlah yang sama.

3.5.5 Kondisi Lingkungan

Sukirman (1999) menyatakan kondisi lingkungan pada lokasi perkerasan jalan akan berpengaruh pada lapis perkerasan jalan dan tanah dasar seperti:

1. Berpengaruh pada sifat teknis struktur lapis perkerasan dan sifat komponen material lapis perkerasan.

2. Pelapukan bahan material lapis pekerasan.
3. Mempengaruhi penurunan tingkat kenyamanan perkerasan.

Faktor yang dapat mempengaruhi struktur lapis perkerasan jalan adalah air dan perubahan suhu. Air dapat meresap ke dalam tanah dasar dan bahan butiran yang tidak dipadatkan menyebabkan butiran material dapat mengembang, mengakibatkan kepadatannya menurun, dan daya dukung tanah dapat berkurang. Perubahan suhu terjadi disebabkan oleh perubahan cuaca, perubahan ini dapat mempengaruhi perkerasan yang menggunakan bahan ikat aspal. Aspal memiliki sifat fisik dimana akan mengembang jika terkena suhu panas dan akan menyusut apabila terkena suhu dingin. Aspal cenderung melunak dan berkurang daya dukungnya apabila pada suhu panas. Sedangkan aspal akan cenderung kaku, mengeras, berkurang tingkat kelenturannya, dan mudah pecah pada suhu dingin.

3.5.6 Material lapis perkerasan

Pada lapisan perkerasan jalan memiliki beberapa material konstruksi. Material lapis perkerasan merupakan salah satu pertimbangan pada parameter perancangan lapis perkerasan. Kekuatan pada konstruksi jalan terdapat pada material yang dipilih dalam rencangan perkerasan jalan. (Widodo, 2014 dalam Sutrisno, 2011). Material yang terdapat pada lapisan antara lain adalah:

1. Tanah

Tanah merupakan elemen pada struktur perkerasan, tanah digunakan sebagai elemen perkerasan tanah dasar dan bahu jalan. Selain itu, tanah juga digunakan pada elemen lapis pondasi bawah (*subbase*), pada struktur perkerasan lentur dan kaku tanah dasar sebagai pondasi struktur perkerasan. Struktur perkerasan tanah dasar berupa batuan lunak, batuan keras atau tanah. Pada kondisi di lapangan tanah dasar dapat berupa tanah asli, tanah yang berasal dari hasil timbunan atau tanah yang berasal dari galian.

2. Pasir

Pasir merupakan material pilihan untuk lapis pondasi bawah atau menjadi bahan pokok perkerasan yang memiliki peran sebagai drainasi, sebagai lapis penutup setelah penghamparan beberapa macam lapis permukaan, atau sebagai bahan tambahan suatu campuran aspal *hotmix*. Fungsi pasir sebagai bahan pokok

pembetonan pada struktur perkerasan kaku (Widodo, 2014 dalam Sutrisno, 2011). Beberapa ciri-ciri pasir pada perkerasan antara lain:

- a. Jenis pasir yang dipilih pada umumnya berupa pasir vulkanis dan pasir laut yang memiliki syarat sesuai sebagai bahan perkerasan.
- b. Memiliki gradasi yang dapat digunakan menjadi lapis pondasi bawah, jika diperlukan drainasi.
- c. Dapat digunakan menjadi lapis antara tanah dasar dengan lapis pondasi bawah.
- d. Sebagai bahan pokok campuran *hotmix* untuk pasir halus hingga yang bersih, memiliki batas maksimum 30% pada total campuran.

3. Agregat Pecah

Agregat merupakan material yang sangat penting pada komponen perkerasan lentur. Agregat digunakan sebagai material lapis permukaan, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, bahu jalan yang akan diperkeras maupun berpenutup serta konstruksi pelebaran jalan. Agregat dibedakan menjadi agregat alam dan agregat buatan. Agregat alam dapat disebut pitrun (diperoleh dari alam terbuka) dan bakrun (diperoleh dari sungai). Sedangkan agregat buatan didapatkan melalui proses pemecahan batu yang menggunakan alat pemecah batu (*stone crusher*). Agregat memiliki syarat agar layak digunakan sebagai bahan perkerasan jalan. Karakteristik agregat pecah menurut dimensi butiran:

- a. Agregat kasar memiliki ukuran lebih dari $\frac{1}{4}$ inch atau 6,35 mm dimana merupakan bahan yang tertahan pada saringan no.4.
- b. Tingkat kelengketan aspal pada agregat dipengaruhi karena jenis agregat, porositas, dan bahan yang melapisi permukaan.

4. Mineral Pengisi (*Filler*)

Filler merupakan mineral sebagai pengisi ruang yang berisi udara yang mana pengisi ini berupa agregat halus yang memiliki syarat minimal 75% lolos saringan no. 200 berupa abu (*dust*). Abu yang digunakan bisa berupa abu kapur atau semen berfungsi memperbaiki adhesi antara aspal dan agregat.

5. Aspal (asphalt)

Aspal berasal dari bahan alam dengan campuran senyawa kimia dan penyusun utamanya adalah hidrokarbon. Aspal adalah hasil dari minyak bumi yang memiliki warna hitam berkarakteristik plastis sampai cair, memiliki sifat tidak larut pada larutan asam cair dan alkali atau air. Tetapi beberapa bagian larut pada aeter, CS₂, bensol, *chlorofoam*. Pada perkerasan jalan aspal yang digunakan adalah aspal alam berupa aspal gunung (*rock asphalt*), aspal danau (*lake asphalt*), dan aspal buatan diperoleh dari aspal minyak.

3.6 Metode AASHTO 1993

Metode AASHTO 1993 merupakan metode perencanaan yang digunakan untuk desain tebal perkerasan. Metode ini telah digunakan di berbagai negara, metode ini juga digunakan sebagai standar dalam perencanaan. Metode AASHTO 1993 merupakan metode perencanaan yang berdasarkan metode empiris. Metode ini memiliki beberapa parameter yang digunakan untuk menghitung tebal perkerasan lentur seperti berikut.

3.6.1 Periode Analisa

Pembangunan jalan baru pada umumnya menggunakan umur rencana (UR) 20 tahun. Umur rencana di sesuaikan dengan biaya pembangunan dan fungsi dari jalan yang akan dibuat. Nilai dari periode analisis dapat ditentukan berdasarkan klasifikasi fungsi jalan yang bisa dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3. 1 Periode Analisa

<i>Highway Conditions</i>	<i>Analysis Period (years)</i>
<i>High volume urban</i>	30 – 50
<i>High volume rural</i>	20 – 50
<i>Low volume paved</i>	15 – 25
<i>Low volume aggregate</i>	10 – 20

Sumber: AASHTO (1993)

3.6.2 Analisis lalu lintas

Metode AASHTO 1993 untuk menganalisis lalu lintas meliputi volume atau jumlah kendaraan yang melintasi. Menggunakan Faktor Distribusi Arah (DD) yang memiliki nilai antara 0,3 – 0,7 dan menggunakan Faktor Distribusi Lajur (DL). Nilai W18 dapat diperoleh menggunakan Persamaan (3.1) seperti berikut.

$$\hat{W}_{18} = LHR_0 \times E \times DD \times DL \times 365 \quad (3.1)$$

$$W_{18} = \hat{W}_{18} \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad (3.2)$$

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad (3.3)$$

dengan keterangan:

E = angka ekivalen kendaraan,

DD = faktor distribusi arah,

DL = faktor distribusi lajur,

$\hat{W}_{18}$ = beban gandar standar selama 1 tahun,

W18 = jumlah beban lalu lintas standar kumulatif umur rencana,

i = tingkat pertumbuhan per tahun,

n = umur rencana, dan

R = faktor umur rencana.

Tabel 3. 2 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah lajur setiap arah	Jumlah Lalu Lintas Pada Lajur Rencana (%)
1	100
2	80-90
3	60-80
4	50-75

Sumber: AASHTO (1993)

Angka Ekivalen (E) merupakan angka yang menunjukkan perbandingan tingkat kerusakan yang disebabkan karena suatu lintasan beban sumbu tunggal

kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang disebabkan satu lintasan beban sumbu tunggal seberat 8,16 Ton. (Departemen PU, 2002).

Angka Ekuivalen (E) dapat diperoleh memperhatikan beberapa hal sebagai berikut.

- a. Faktor perbandingan kehilangan tingkat pelayanan (G)
- b. Faktor desain dan variasi beban sumbu (β)

Nilai Faktor perbandingan kehilangan tingkat pelayanan (G) dapat diperoleh menggunakan Persamaan 3.4 sebagai berikut.

$$G = \text{Log} \left(\frac{P_o - P_t}{P_o - 1,5} \right) \quad (3.4)$$

dengan keterangan:

- G = faktor perbandingan kehilangan tingkat pelayanan,
 P_o = indeks Pelayanan (*Serviceability Index*) awal, dan
 P_t = indeks Pelayanan (*Serviceability Index*) akhir.

Nilai Faktor desain dan variasi beban sumbu (β) dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.5 dan Persamaan 3.6 sebagai berikut.

$$\beta_x = 0,4 + \left(\frac{0,081 \times (L_x + L_{2x})^{3,23}}{(SN + 1)^{5,19} \times L_{2x}^{3,23}} \right) \quad (3.5)$$

$$\beta_{18} = 0,4 + \left(\frac{0,081 \times (L_{18} + L_{2s})^{3,23}}{(SN + 1)^{5,19} \times L_{2s}^{3,23}} \right) \quad (3.6)$$

dengan keterangan:

- β = faktor desain dan variasi beban sumbu,
 SN = structural Number,
 L_x = beban sumbu yang akan dievaluasi (kips),
 L_{18} = beban sumbu standar (18 kips),
 L_{2x} = notasi konfigurasi sumbu (1, 2 atau 3),
 L_{2s} = kode untuk sumbu standar (1, 2 atau 3),
1 = sumbu Tunggal,
2 = sumbu ganda, dan
3 = sumbu tripel.

Angka Ekivalen (E) Menurut AASHTO 1993 dapat diperoleh setelah mendapatkan nilai G , β_{18} dan β_x . Angka Ekivalen (E) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.7 sebagai berikut.

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{L_{18} + L_{2s}}{L_x + L_{2x}} \right]^{4,79} \left[\frac{10^G / \beta_x}{10^G / \beta_{18}} \right] [L_{2x}]^{4,33} \quad (3.7)$$

dengan keterangan:

- W_x = sumbu dengan beban 1000x pon,
- W_{18} = sumbu standar dengan beban 18.000 pon,
- W_x/W_{18} = bilangan terbalik dari angka ekivalen untuk beban dan konfigurasi sumbu 1000x pon,
- L_{18} = beban sumbu standar (18 kips),
- L_x = beban sumbu yang akan dievaluasi (kips),
- L_{2x} = kode untuk konfigurasi sumbu yang ditinjau,
- L_{2s} = kode untuk sumbu standar (1 = sumbu tunggal, 2 = sumbu ganda atau 3 = sumbu tripel), dan
- β = faktor desain dan variasi beban sumbu.

Angka ekivalen (E) atau Nilai Faktor ESAL (*LEF/Load Equivalency Factor*) dapat diperoleh apabila nilai W_x/W_{18} diketahui. Nilai Faktor ESAL (*LEF/Load Equivalency Factor*) untuk tiap jenis kendaraan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.8 sebagai berikut.

$$LEF = \frac{1}{W_x/W_{18}} \quad (3.8)$$

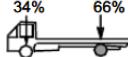
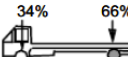
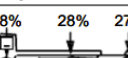
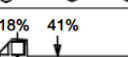
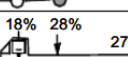
dengan keterangan:

- LEF = faktor ESAL, dan
- W_x/W_{18} = bilangan terbalik dari angka ekivalen untuk beban dan konfigurasi sumbu 1000x pon.

Nilai Faktor ESAL yang sudah dihitung selanjutnya dijumlahkan untuk memperoleh Nilai Faktor ESAL total setiap jenis kendaraan. Nilai Faktor ESAL total dapat diperoleh menggunakan Persamaan 3.9 sebagai berikut.

$$\text{LEF Total (VDF)} = \text{LEF depan} + \text{LEF belakang} \quad (3.9)$$

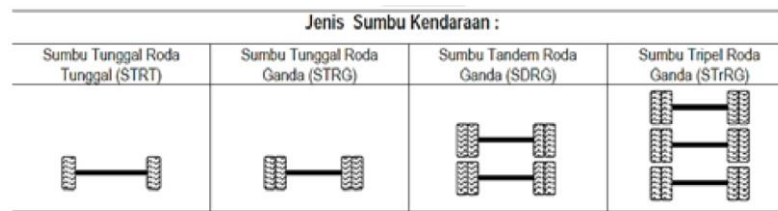
Dalam merancang tebal perkerasan lunak maka data lalu lintas yang diperlukan dalam perancangan ini adalah jenis kendaraan lalu lintas yang melintas agar dapat mengetahui beban lalu lintas yang melintas. Beban lalu lintas nanti akan dikonversikan kedalam konfigurasi beban sumbu. Klasifikasi kendaraan lalu lintas berdasarkan jenisnya dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut.

KONFIGURASI SUMBU & TYPE	BERAT KOSONG (ton)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (ton)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (ton)	UE 18 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL MAKSIMUM	
1,1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0005	
1,2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1,2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1,2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1,22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416	
1,2+2,2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	3,9083	
1,2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	
1,2-2,2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,183	

Gambar 3. 4 Klasifikasi kendaraan

Sumber: Bina Marga (1983)

Muatan dan konfigurasi sumbu kendaraan akan menentukan pembebanan setiap sumbu. Jenis sumbu kendaraan dapat dilihat pada Gambar 3.5 di bawah.



Gambar 3. 5 Kode Sumbu Kendaraan

Sumber: Sukirman (2010)

Konfigurasi sumbu kendaraan:

1. Sumbu Tunggal Roda Tunggal (STRT)
2. Sumbu Tunggal Roda Ganda (STRG)
3. Sumbu Tandem Roda Ganda (STdRG)
4. Sumbu Tripel Roda Ganda (STrRG)

3.6.3 Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir (Pt)

Kemampuan Pelayanan Akhir (Pt) diperoleh dari peninjauan tanggapan mengenai kelayakan perkerasan suatu perkerasan. Berdasarkan peninjauan tersebut maka diperoleh acuan nilai minimum Pt. Berikut acuan nilai kemampuan pelayanan akhir (Pt).

1. Untuk jalan raya utama diperoleh nilai Pt = 2,5 atau 3.
2. Untuk jalan raya dengan lalu lintas rendah diperoleh nilai Pt = 2,0.
3. Untuk jalan raya relative minor diperoleh nilai Pt = 1,5.

Tabel 3. 3 Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir

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

Sumber: AASHTO (1993)

Indeks Permukaan (IP) menurut SKBI 1987 merupakan nilai dari kehalusan atau kerataan serta kekokohan permukaan yang berhubungan dengan tingkat pelayanan lalu lintas. Beberapa acuan nilai Indeks Permukaan (IP).

1. Nilai IP = 1,0 untuk permukaan jalan dengan keadaan rusak berat mengakibatkan sangat mengganggu lalu lintas.
2. Nilai IP = 1,5 untuk tingkat pelayanan lalu lintas paling rendah tetapi masih memungkinkan karena jalan tidak terpisah.
3. Nilai IP = 2,0 untuk tingkat pelayanan lalu lintas rendah bagi jalan yang masih baik.
4. Nilai IP = 2,5 untuk permukaan jalan masih cukup kuat dan baik.

Untuk menentukan Indeks Permukaan akhir umur rencana (IP), pada SKBI 1987 mempertimbangkan faktor klasifikasi fungsional jalan serta jumlah lintas ekuivalen rencana (LER), berdasarkan faktor yang dipertimbangkan maka nilai Indeks Permukaan akhir umur rencana (IP) dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3. 4 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

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

Sumber: Bina Marga (1987)

3.6.4 Indeks Kemampuan Pelayanan Awal (Po)

Kemampuan Pelayanan Awal (Po) berdasarkan tingkat kerataan atau kehalusan perkerasan awal, sebaliknya Kemampuan Pelayanan Akhir (Pt) berdasarkan oleh tidak ratanya jalan atau kekerasan yang berpotensi dapat dilewati kendaraan sebelum melakukan rehabilitasi. Acuan nilai Po yang disarankan AASHTO (1993) sebagai berikut.

1. Pada perkerasan kaku atau perkerasan beton diperoleh nilai Po sebesar 4,5.
2. Pada perkerasan lentur atau perkerasan aspal diperoleh nilai Po sebesar 4,2.

Nilai-nilai yang sudah diperoleh dapat mengalami perubahan dikarenakan oleh pengaruh metode pembangunan, pengalaman setempat, serta standar yang digunakan.

Indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) pada SKBI Tahun 1987 dapat ditentukan dengan memperhatikan dari jenis lapis permukaan jalan (kerataan/kehalusan serta kekokohan), penentuan IPo dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3. 5 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Jenis Permukaan	IPo	Roughness (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
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	$\leq 2,4$	
JALAN KERIKIL	$\leq 2,4$	

Sumber: Bina Marga (1987)

3.6.5 Kehilangan Kemampuan Pelayanan (Δ PSI)

Kehilangan kemampuan pelayanan total (total loss of serviceability) dapat diperoleh menggunakan Persamaan (3.10) seperti berikut.

$$(\Delta\text{PSI}) = P_o - P_t \quad (3.10)$$

Pada perkerasan lentur dengan volume lalu lintas tinggi diperoleh hasil seperti berikut.

$$\begin{aligned}\Delta\text{PSI} &= P_o - P_t \\ &= 4,2 - 2,5 \\ &= 1,7\end{aligned}$$

Sedangkan untuk perkerasan lentur dengan volume lalu lintas rendah diperoleh hasil seperti berikut.

$$\begin{aligned}\Delta\text{PSI} &= P_o - P_t \\ &= 4,2 - 2,5 \\ &= 1,7\end{aligned}$$

3.6.6 Reliabilitas (R) dan Deviasi Standar Normal (ZR)

Reliabilitas merupakan peluang perkerasan yang di desain tetap memuaskan selama masa pelayanan. Nilai R berfungsi sebagai memfasilitasi kemungkinan ketidaktepatan perkiraan volume lalu lintas serta kinerja perkerasan. Reliabilitas (R) memiliki nilai acuan antara 50% – 99,99% dan AASHTO menyatakan tingkat kehandalan rancangan dapat mengatasi, memfasilitasi, probabilitas meleasetnya besaran parameter rancangan yang digunakan. Semakin besar nilai reliabilitas maka semakin tinggi peluang terjadinya perbedaan antara hasil desain dengan kenyataan. Besaran parameter rancangan yang di pertimbangkan seperti prediksi kinerja perkerasan, prediksi lalu-lintas, prediksi tekanan gandar, pelaksanaan konstruksi. Nilai reliabilitas (R) dan devisiasi standar normal (ZR) dapat dilihat pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7 sebagai berikut.

Tabel 3. 6 Nilai Reliabilitas (R)

Tipe Jalan	Nilai (R) dalam %	
	Perkotaan (urban)	Pedesaan (rural)
Jalan bebas hambatan (freeway)	90 – 99,99	85 – 99,9
Utama	85 - 99	80 – 95
Arteri	80 - 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 - 80	50 -80

Sumber: AASHTO (1993)

Tabel 3. 7 Hubungan antara R dengan ZR (deviasi standar normal)

Reliabilitas, R (%)	Standar normal deviate, Z _R
50	0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751

Lanjutan Tabel 3. 7 Hubungan antara R dengan ZR (deviasi standar normal)

Reliabilitas, R (%)	Standar normal deviate, Z _R
97	-1.881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

Sumber: AASHTO (1993)

3.6.7 Deviasi Standar Keseluruhan (So)

Parameter berikutnya adalah deviasi standar keseluruhan (So), deviasi standar keseluruhan berfungsi untuk memperkirakan variasi dari input data. Nilai So AASHTO (1993) menyarankan sebagai berikut.

1. Pada perkerasan lentur atau perkerasan aspal diperoleh nilai So antara 0,40 – 0,50
 2. Pada perkerasan kaku atau perkerasan beton diperoleh nilai So antara 0,30 – 0,40
- AASHTO (1993) menyarankan nilai So pada pekerasan lentur (aspal) sebesar 0,45 dan nilai So perkerasan kaku (beton) sebesar 0,35.

3.6.8 Modulus *Resilient* (M_R)

Modulus *resilient* merupakan suatu kriteria kapasitas tanah atau lapis pondasi granuler ketika menahan menanggung deformasi oleh beban berulang. Pada beberapa tanah apabila bertambahnya tingkat regangan maka sifat tegangan regangannya tidak sejajar. Korelasi M_R dengan CBR tanah dasar ini diusulkan oleh Shell Oil Co dan Asphalt Institute (MS-23) yang dikutip dari Hardiatmo (2015) sebagai berikut.

$$M_R = 1500 (\text{CBR}) (\text{psi}) \text{ atau } M_R = 10,3 (\text{CBR}) (\text{Mpa}) \quad (3.11)$$

Persamaan berikut menurut Transport and Road Research Laboratory

$$M_R = 1500 (\text{CBR}) (\text{psi}) \quad (3.12)$$

3.6.9 Koefisien Lapisan (*Layer Coefficient*)

Menurut Hadiyatmo (2015) koefisien lapisan (a_i) merupakan korelasi empiris antara SN pada struktur perkerasan dengan ketebalan lapisan, dimana menjelaskan kapasitas relatif dari material supaya berguna sebagai satu elemen struktural dari perkerasannya. (Yoder dan Witczack, 1975. Dalam Hadiyatmo, 2015). AASHTO (1993) mengusulkan koefisien lapisan seperti pada Tabel 3.8 seperti berikut.

Tabel 3. 8 Koefisien Lapisan (a_i)

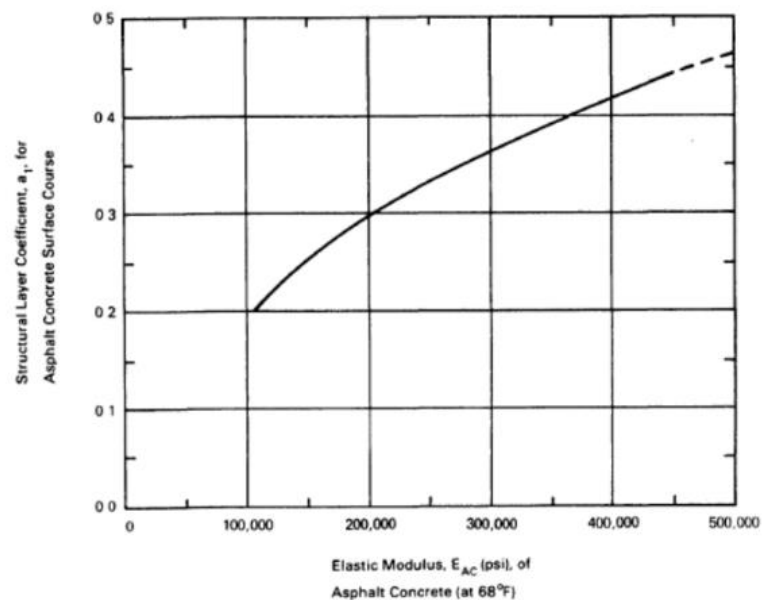
Tipe Material	a_i
Lapis permukaan (<i>Surface Course</i>), a_1:	
1. Campuran aspal panas gradasi rapat	0,44
2. Aspal pasir	0,40
3. Campuran dipakai ulang (<i>recycled</i>) di tempat	0,20
4. Campuran dipakai ulang oleh pabrik	0,40 (0,40 – 0,44)
Lapisan pondasi atas (<i>Base Course</i>), a_2:	
5. Batu pecah	0,14 (0,08 – 0,14)
6. Kerikil berpasir	0,07
7. Pondasi pozolanik	0,28 (0,25 – 0,30)
8. Pondasi dirawat kapur	0,22 (0,15 – 0,30)
9. Pondasi dirawat semen	0,27
10. Tanah – semen (<i>soil – cement</i>)	0,20
11. Pondasi dirawat aspal, gradasi kasar	0,34
12. Pondasi dirawat aspal, gradasi pasir	0,30
13. Campuran dipakai ulang diolah di tempat	0,40 (0,40 – 0,44)
14. Campuran dipakai ulang diolah di pabrik	0,44

Lanjutan Tabel 3.8 Koefisien Lapisan (a_i)

Tipe Material	a_i
Lapis pondasi bawah, koefisien a_3:	
1. Kerikil berpasir	0,11
2. Lempung berpasir	0,08 (0,05 – 0,10)
3. Tanah dirawat kapur	0,11
4. Lempung dirawat kapur	0,16 (0,14 – 0,18)
5. Batu pecah	0,14 (0,08 – 0,14)

Sumber: AASHTO (1993)

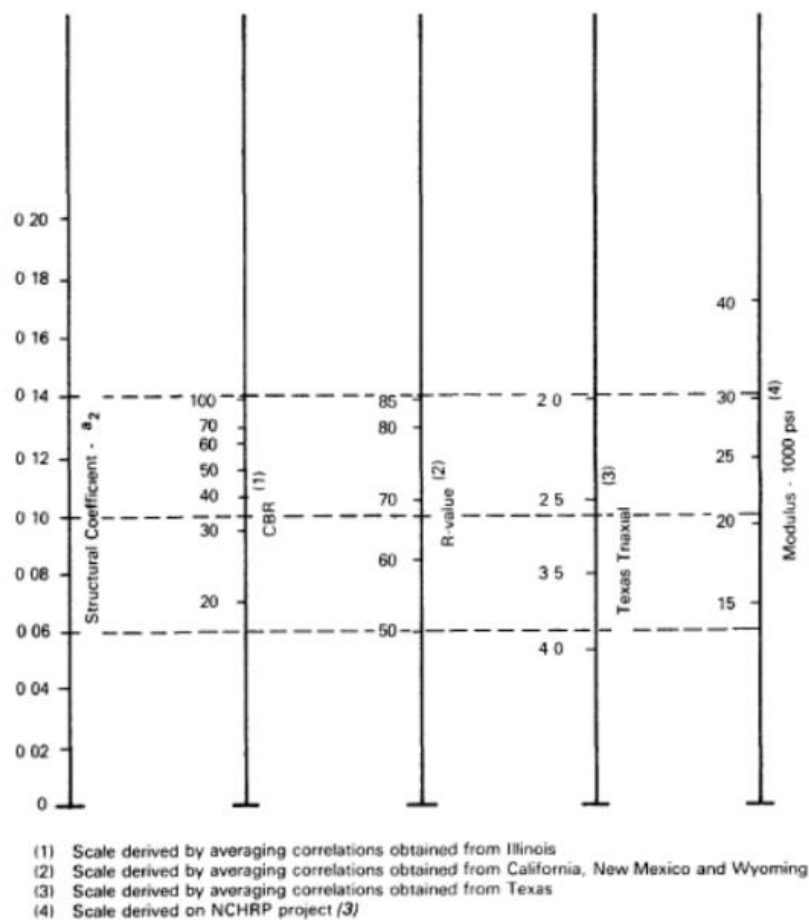
Untuk memperkirakan koefisien kekuatan relatif pada lapis permukaan permukaan dapat diperoleh dengan menggunakan grafik pada Gambar 3.6 seperti berikut.



Gambar 3. 6 Grafik koefisien relatif lapis permukaan (a_1)

Sumber: AASHTO (1993)

Untuk koefisien lapis dari pondasi atas atau lapis pondasi granuler (granuler base layer) tidak rawat (a_2) dapat diperoleh melalui perhitungan menggunakan Persamaan 3.13 atau dapat diperoleh dengan menggunakan grafik pada Gambar 3.7 berikut.



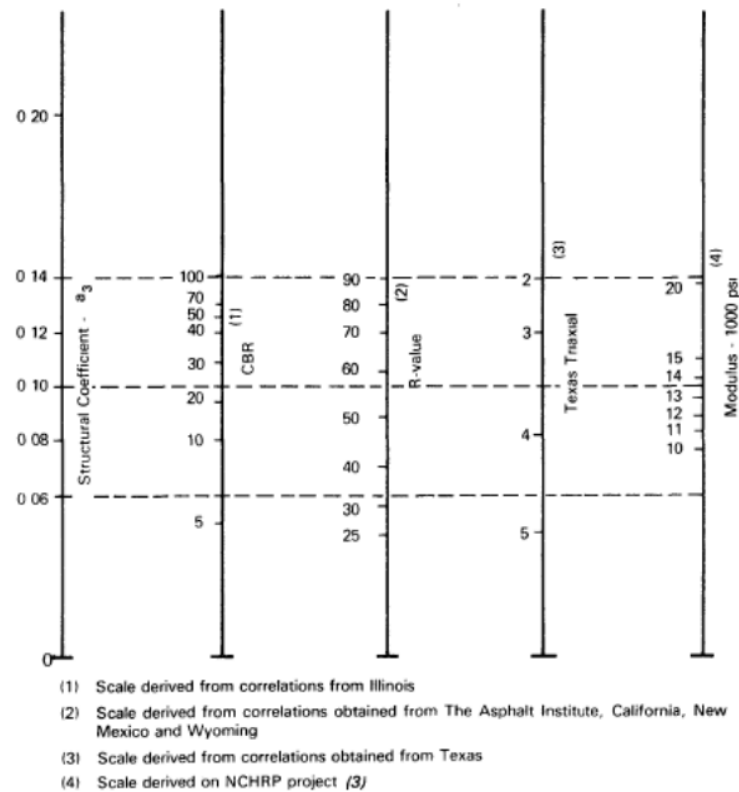
Gambar 3. 7 Grafik koefisien relatif lapis pondasi atas (a_2)

Sumber: AASHTO (1993)

Persamaan 3.13 untuk memperoleh koefisien relatif pondasi atas (a_2) sebagai berikut.

$$a_2 = (0,249 (\text{Log}_{10} M_R)) - 0,977 \quad (3.13)$$

Sedangkan untuk lapis pondasi bawah (granuler subbase layer) dapat diperoleh menggunakan Persamaan 3.14 atau dapat diperoleh dengan menggunakan grafik pada Gambar 3.8 berikut.



Gambar 3. 8 Grafik koefisien relatif lapis pondasi bawah (a_3)

Sumber: AASHTO (1993)

Persamaan 3.14 untuk memperoleh koefisien relatif pondasi bawah (a_3) sebagai berikut.

$$a_3 = (0,227 (\text{Log}_{10} M_R)) - 0,839 \quad (3.14)$$

3.6.10 Kualitas Drainase

Dalam perancangan perkerasan lentur menggunakan metode AASHTO (1993) memerlukan data keadaan dari kualitas drainasi yang dapat mempengaruhi kapasitas lapis pondasi dan pondasi bawah. Terdapat beberapa pertimbangan dalam menentukan kualitas drainasi seperti berikut.

1. Air hujan atau air yang berada di atas permukaan jalan yang dapat masuk kedalam pondasi jalan.
2. Air yang terdapat pada samping jalan yang berpotensi masuk ke dalam pondasi jalan dan muka air tanah yang lebih tinggi di bawah tanah dasar.
3. Pendekatan waktu (lamanya) dan frekuensi hujan, yang kebanyakan berlangsung hujan dalam waktu 3 jam per hari (hujan jarang berlangsung secara terus menerus selama 1 minggu).

AASHTO (1993) menyarankan kualitas drainasi dapat dilihat pada Tabel 3.9 sebagai berikut.

Tabel 3. 9 Kualitas Drainase

Air Tersingkir Dalam Waktu	Kualitas Drainase
2 jam	Sempurna
1 hari	Baik
1 minggu	Sedang
1 bulan	Buruk
Air tidak mengalir	Sangat buruk

Sumber: AASHTO (1993)

3.6.11 Koefisien Drainase (mi)

Untuk merancang perkerasan lentur dengan metode AASHTO 1993 maka di butuhkan Koefisien Drainase (mi). Dampak dari kualitas drainasi ini dapat dinotasikan dengan m2 (sebagai lapis pondasi atas) dan m3 (sebagai lapis pondasi bawah).

Koefisien Drainase (mi) dapat ditentukan dengan kualitas dan hari efektif hujan yang terjadi selama satu tahun dimana dapat mempengaruhi perkerasan. Dalam menentukan nilai persen hari efektif hujan yang terjadi selama satu tahun yang berpengaruh pada perkerasan (P) selanjutnya memperkirakan nilai faktor air hujan yang masuk ke dalam pondasi jalan (WL) dengan menggunakan persamaan 3. 15 berikut.

$$WL = 1 - C \quad (3.15)$$

dengan:

C = koefisien pengaliran.

Dalam DPU-Bina Marga menyampaikan untuk Nilai Koefisien Pengaliran (C) dalam keadaan permukaan tanah jalan beton dan jalan aspal berkisar 0,70 – 0,95. Tahap berikut setelah diperoleh nilai faktor air hujan yang masuk ke dalam pondasi jalan (WL) selanjutnya memperkirakan nilai persen hari efektif hujan yang terjadi selama satu tahun yang berpengaruh pada perkerasan (P) dengan menggunakan Persamaan 3.16 berikut.

$$P = \frac{T_j}{24} \times \frac{T_h}{365} \times WL \times 100 \quad (3.16)$$

dengan keterangan:

T_j = hujan rata-rata per hari (jam),

T_h = jumlah rata-rata hari hujan per tahun (hari), dan

WL = faktor air hujan yang masuk ke dalam pondasi jalan.

Penentuan Nilai Koefisien Pengaliran (C) dapat dilihat pada Tabel 3.10 Eberikut.

Tabel 3. 10 Koefisien Pengaliran

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95
2	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70
3	Bahu jalan: - Tanah berbutir halus - Tanah berbutir kasar - Batuan masif keras - Batuan masif lunak	0,40 – 0,65 0,10 – 0,20 0,70 – 0,85 0,60 – 0,75

Lanjutan Tabel 3.10 Koefisien Pengaliran

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran
4	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95
5	Daerah pinggir kota	0,60 – 0,70
6	Daerah industri	0,60 – 0,90
7	Permukiman padat	0,60 – 0,80
8	Permukiman tidak padat	0,40 – 0,60
9	Taman dan kebun	0,20 – 0,40
10	Persawahan	0,45 – 0,60
11	Perbukitan	0,70 – 0,80
12	Pegunungan	0,75 – 0,90

Sumber: Bina Marga (1990)

Klasifikasi kualitas Drainasi dapat dilihat pada Tabel 3.9 dan acuan nilai mi dapat dilihat pada Tabel 3.11 seperti berikut.

Tabel 3. 11 Koefisien Drainasi dan Koefisien Modifikasi Kekuatan Lapisan (mi)

Kualitas Drainase	Persen waktu struktur perkerasan terkena air hingga tingkat kelembapannya mendekati jenuh air (P)			
	< 1%	1 – 5%	5 – 25%	>25%
Sempurna	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,20
Baik	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,00	1,00
Sedang	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,80
Buruk	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60
Sangat buruk	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

Sumber: AASHTO (1993)

3.6.12 Batas Minimum Tebal Lapis Perkerasan

Untuk menentukan tebal lapis perkerasan harus memperhatikan dari aspek biaya, pelaksanaan konstruksi, dan kriteria pemeliharaan. Tebal lapis perkerasan yang direncana terkadang dapat lebih besar atau lebih kecil yang nantinya akan berakibat pada aspek biaya, untuk itu diperlukannya kontrol untuk batas minimum tebal lapis perkerasan. Untuk nilai tebal minimum lapis perkerasan berbeton aspal dan lapis pondasi agregat dapat dilihat pada Tabel 3.12 seperti berikut.

Tabel 3. 12 Tebal Minimum Lapis Permukaan Berbeton Aspal dan Lapis Pondasi Agregat

Lalu Lintas (ESAL)	Beton Aspal		LAPEN		LASBUTAG		Lapis Pondasi Agregat	
	inch	cm	inch	cm	inch	cm	inch	cm
< 50.000*)	1,0*)	2,5	2	5	2	5	4	10
50.001 – 150.000	2,0	5,0	-	-	-	-	4	10
150.001 – 500.000	2,5	6,25	-	-	-	-	4	10
500.001 – 2.000.000	3,0	7,5	-	-	-	-	6	15
2.000.001 – 7.000.000	3,5	8,75	-	-	-	-	6	15
> 7.000.000	4,0	10,0	-	-	-	-	6	15

*) atau perawatan permukaan

Sumber: Bina Marga (2002)

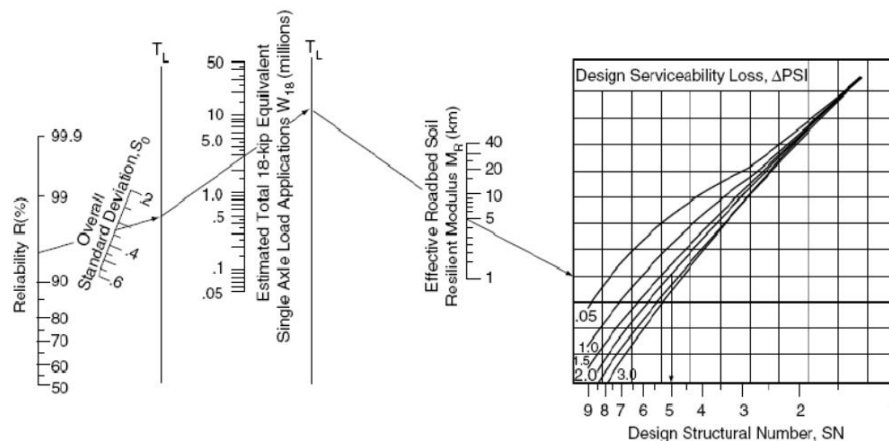
3.6.12 Angka Struktural (SN)

Angka struktural (*structural number*/SN) merupakan angka indeks yang bemula dengan menganalisis lalu lintas, keadaan tanah yang berada di bawah jalan serta faktor regional. SN menunjukan nilai abstrak dari kekuatan struktur perkerasan. Angka struktural (SN) dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.17 sebagai berikut.

$$\text{Log}W_{18} = ZR \times S_o + 9,36 \text{ Log} (SN+1) - 0,20 + \left[\frac{\text{Log}\left(\frac{P_o - P_t}{P_o - 1,5}\right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} \right] + 2,32 \text{ Log}MR - 8,07$$

(3.17)

Untuk menentukan angka struktural (SN) dapat menggunakan nomogram pada Gambar 3.9 berikut.



Gambar 3. 9 Nomogram Nilai SN

Sumber: AASHTO (1993)

Angka struktural (SN) dibutuhkan dalam perancangan lapis perkerasan dengan menggunakan metode AASHTO 1993. Angka struktural (SN) berfungsi untuk mencari nilai dari tebal lapis perkerasan pada tiap lapisan. Untuk menentukan tebal lapisan perkerasan dapat menggunakan Persamaan 3.18 berikut.

$$SN = a_1.D_1 + a_2.D_2.m_2 + a_3.D_3.m_3 \quad (3.18)$$

sengan keterangan:

- SN = struktural *number*,
- D1 = tebal lapis permukaan,
- D2 = tebal lapis pondasi,
- D3 = tebal lapis pondasi bawah,
- m2 = koefisien drainase untuk lapis pondasi,
- m3 = koefisien drainase untuk lapis pondasi bawah, dan

a_1, a_2, a_3 = berturut-turut koefisien lapisan untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

3.7 Metode Bina Marga 2017

Bina Marga 2017 merupakan salah satu metode yang digunakan dalam perencanaan lapis perkerasan. Bina Marga 2017 adalah manual hasil revisi dari Bina Marga 2013. Manual ini dirancang berfungsi sebagai fasilitas untuk tantangan dan hambatan pada kinerja jalan di Indonesia. Dalam perencanaan tebal perkerasan terdapat beberapa langkah-langkah yang perlu dilakukan sebagai berikut:

3.7.1 Memperkirakan Umur Rencana (UR)

Sukirman (1999) menyatakan umur rencana pada perkerasan jalan merupakan total tahun pada saat jalan tersebut sudah dibuka untuk digunakan lalu lintas kendaraan hingga memerlukan tindakan perbaikan yang sifatnya struktural. Untuk menentukan umur rencana maka diperlukannya menghitung kapasitas jalan. Dalam menentukan umur rencana perkerasan maka dapat dilihat pada Tabel 3.13 berikut.

Tabel 3. 13 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Fondasi Jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan.	
	<i>Cement Treated Based</i> (CTB)	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	40
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

Sumber: Bina Marga (2017)

3.7.2 Analisis Lalu Lintas

Faktor lalu lintas menjadi pertimbangan dalam merancang perkerasan. Dalam merancang perkerasan kapasitas jalan sangat dipertimbangkan. Analisis volume lalu lintas berfungsi untuk menentukan beban lalu lintas yang sudah sesuai umur rencana perkerasan. Elemen beban lalu lintas yang dipertimbangkan antara lain:

1. Volume lalu lintas

Volume lalu lintas menggambarkan total kendaraan yang melintasi pada jalan yang ditinjau dalam waktu tertentu. Data volume lalu lintas ini dapat diperoleh dengan melakukan peninjauan selama satu tahun. Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR), Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT) dan kapasitas merupakan bagian volume lalu lintas. Peninjauan lalu lintas dilakukan dengan minimal 7 hari penuh. Peninjauan ini juga mengacu pada data yang diperoleh dari survey lalu lintas terdahulu.

2. Data lalu lintas

Untuk melakukan perancangan desain perkerasan maka diperlukannya data lalu lintas agar memperoleh hasil desain yang sesuai dengan kebutuhan dengan umur rencana yang telah ditentukan. Salah satu data lalu lintas yang diperlukan dalam perancangan ini adalah jenis kendaraan lalu lintas yang melintas. Klasifikasi kendaraan lalu lintas berdasarkan jenisnya dapat dilihat pada Tabel 3.14 berikut.

Tabel 3. 14 Klasifikasi kendaraan lalu lintas berdasarkan jenisnya

Golongan	Jenis Kendaraan
1	Sepeda Motor
2,3,4	Mobil Pribadi / Angkot / Pickup / Station Wagon
5A	Bus Kecil
5B	Bus Besar

Lanjutan Tabel 3. 14 Klasifikasi kendaraan lalu lintas berdasarkan jenisnya

Golongan	Jenis Kendaraan
6A	Truk 2 sumbu – cargo ringan
6B	Truk 2 sumbu – cargo berat
7A	Truk 3 sumbu
7B	Truk 2 sumbu & trailer penarik 2 sumbu (Truk Gandeng)
7C	Truk 4 Sumbu - Trailer

Sumber: Bina Marga Jalan (2017)

Adapun perhitungan lalu lintas harian rata-rata dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.19 berikut.

$$\text{LHRT} = \text{LHRo} (1+i)^n \quad (3.19)$$

dengan keterangan:

LHRo = lalu lintas harian rata-rata awal (kend/hari),

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

n = umur rencana.

3. Faktor pertumbuhan lalu lintas

Dalam perancangan desain perkerasan diperlukannya faktor pertumbuhan lalu lintas. Faktor pertumbuhan lalu lintas mengacu pada data pertumbuhan sebelumnya atau perumusan hubungan dengan menggunakan faktor pertumbuhan yang berlaku. Apabila tidak tersedia data yang terdahulu kita dapat menggunakan Tabel 3.15 berikut.

Tabel 3. 15 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75

Lanjutan Tabel 3. 15 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber: Bina Marga (2017)

Untuk menentukan pertumbuhan lalu lintas sesuai dengan umur rencana yang ditentukan dapat diperoleh dengan menggunakan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*) pada Persamaan 3.20 berikut.

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01i} \quad (3.20)$$

dengan keterangan:

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif,

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

UR = umur rencana (tahun).

Bila terdapat perbedaan pada laju pertumbuhan tahunan selama jumlah umur rencana (UR), menggunakan $i_1\%$ selama periode awal (UR1 tahun) dan $i_2\%$ sepanjang sisa periode berikutnya (UR – UR1), maka faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dapat ditentukan dengan Persamaan 3.21 berikut.

$$R = \frac{(1+0,01i_1)^{UR}-1}{0,01i_1} + (1+0,01i_1)^{(UR1-1)} (1+0,01i_2) \left\{ \frac{(1+0,01i_2)^{(UR-UR1)}-1}{0,01i_2} \right\} \quad (3.21)$$

dengan keterangan:

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif,

i_1 = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan lalu lintas periode 1(%),

i_2 = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan lalu lintas periode 2(%),

UR = umur rencana (tahun), dan

UR1= umur rencana periode 1 (tahun).

Perumusan yang terdapat di atas dapat digunakan pada periode rasio volume kapasitas (RVK) ketika belum mencapai tingkat kejenuhan ($RVK \leq 0,85$). Jika kapasitas lalu lintas diprediksi dapat menjangkau pada tahun ke (Q) pada umur rencana (UR), maka faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.22 berikut.

$$R = \frac{(1+0,01)^Q - 1}{0,01} + (UR - Q)(1 + 0,01)^{(Q-1)} \quad (3.22)$$

4. Lalu lintas pada lajur rencana

Lajur rencana memiliki peran sebagai salah satu lajur lalu lintas pada suatu ruas jalan yang menerima lalu lintas kendaraan niaga (bus dan truk) paling besar. Beban lalu lintas yang terdapat pada lajur rencana yang dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan mengacu perhitungan faktor distribusi arah (DD) serta faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL). Dua faktor tersebut menjadi pertimbangan penting untuk lalu lintas pada lajur rencana. Untuk faktor distribusi arah (DD) pada jalan dua arah pada umumnya digunakan 0,50. Sedangkan faktor distribusi lajur (DL) berperan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) yang terdapat di jalan pada dua lajur atau lebih dalam satu arah. Faktor distribusi jalan dapat dilihat pada Tabel 3.16 Faktor Distribusi Lajur (DL).

Tabel 3. 16 Faktor Distribusi Lajur (DL)

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

Sumber: Bina Marga (2017)

5. Faktor Ekuivalen Beban/*Vehicle Damage Factor* (VDF)

Kendaraan memiliki beban total yang berbeda, hal tersebut diakibatkan oleh berat kendaraan sendiri dan muatan yang diangkut. Beban ini nantinya akan didistribusi ke sumbu kendaraan melalui roda kendaraan pada perkerasan jalan. Semakin berat muatan maka jumlah sumbu kendaraan yang digunakan akan bertambah, muatan sumbu tersebut harus sesuai dengan yang disyaratkan. Muatan sumbu kendaraan berhubungan dengan jenis kendaraan serta konfigurasi dari sumbu kendaraan tersebut. Untuk mengetahui jenis kendaraan dan sumbu kendaraan maka dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5

Untuk mendapatkan rancangan perkerasan yang sesuai dengan kebutuhan maka perlu dipertimbangkan faktor ekuivalen beban. Faktor ekuivalen beban sendiri memiliki peran sebagai faktor konversi pada beban lalu lintas ke beban standar (ESA). Faktor ekuivalen beban atau *Vehicle Damage Factor* merupakan faktor yang menunjukkan perbedaan pada tingkat kerusakan perkerasan yang disebabkan satu lintasan kendaraan dalam satu kali lintasan beban standar sumbu tunggal sebesar 8,16 Ton. Pada perancangan desain perkerasan membutuhkan perhitungan pada beban lalu lintas yang tepat. Atau pun untuk menentukan VDF dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.23 berikut.

$$VDF = k \left[\frac{P}{8,16} \right]^4 \quad (3.23)$$

dengan keterangan:

VDF = *Vehicle Damage Factor* (faktor kerusakan akibat beban sumbu),

k = faktor sumbu,

k = 1 untuk sumbu tunggal, dan

k = 0,86 untuk sumbu ganda.

Pada perhitungan ESA memerlukan survei beban gandar yang dirancang dan dipertimbangkan dan direalisasikan dengan tepat. Survei beban gandar dapat dilaksanakan jika memungkinkan. Beban gandar dapat diperoleh dengan:

a. Jembatan timbangan, timbangan statis atau WIM (survei langsung)

- b. Survei beban gandar pada jembatan timbang dan WIM yang telah dilakukan dan dianggap cukup mewakili.
- c. Data WIM Regional yang diterbitkan oleh Ditjen Bina Marga.

Bila survey beban gandar tidak dapat dilakukan perencanaan serta data dari survey beban gandar sebelumnya tidak ada, maka nilai *VDF* dapat diperoleh dari Tabel 3.17 berikut.

Tabel 3. 17 Nilai VDF Masing - Masing Jenis Kendaraan Niaga

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

Sumber: Bina Marga (2017)

6. Beban Sumbu Standar Kumulatif/*Cummulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL).

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) adalah total kumulatif dari beban sumbu lalu lintas desain di lajur desain semasa umur rencana, dapat ditentukan Persamaan 3.24 seperti berikut:

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (3.24)$$

dengan keterangan:

ESA_{TH-1} = kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (*Equivalent Single Axle*) pada tahun pertama,

LHR_{JK} = lintasan harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari),

VDF_{JK} = faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga,

DD = faktor distribusi arah,

DL = faktor distribusi lajur, dan

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

7. *Traffic Multiplier* (TM)

Traffic Multiplier (TM) pada Bina Marga 2017 berfungsi sebagai koreksi ESA_4 akibat kelelahan lapisan aspal. Nilai *Traffic Multiplier* (TM) kelelahan lapisan aspal ($TM_{\text{lapisan aspal}}$) di Indonesia pada kondisi pembebanan yang berlebih memiliki nilai berkisar di antara 1,8 – 2. $CESA_5$ pada perkerasan lentur dapat diperoleh dengan menghitung nilai $CESA$ (pangkat 4) dikalikan dengan nilai *Traffic Multiplier* (TM). Perhitungan $CESA_5$ yang diperoleh dari $CESA_4$ dikali nilai *Traffic Multiplier* (TM) dapat dilihat pada persamaan 3.25 berikut.

$$CESA_5 = TM \times CESA_4 \quad (3.25)$$

8. Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan Lalu Lintas Rendah

Untuk daerah yang lalu lintasnya rendah, apabila data lalu lintas tidak terdapat atau diperkirakan terlalu kecil maka dapat dilihat pada Tabel 3.18 berikut.

Tabel 3. 18 Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan Lalu Lintas Rendah

Deskripsi Jalan	LHR dua arah (kend/hari)	Kendaraan berat (% dari lalu lintas)	Umur Rencana (th)	Pertumbuhan Lalu Lintas (%)	Faktor Pengali Pertumbuhan kumulatif lalu lintas	Kelompok Sumbu/Kendaraan Berat	Kumulatif HVAG (kelompok sumbu)	Faktor ESA/HVAG	Beban Lalu lintas desain (aktual) (ESA4)
Jalan desa minor dengan akses kendaraan berat terbatas	30	3	20	1	22	2	14.454*	3,16	$4,5 \times 10^4$
Jalan kecil dua arah	90	3	20	1	22	2	21.681	3,16	7×10^5
Jalan lokal	500	6	20	1	22	2,1	252.945	3,16	8×10^5
Akses lokal daerah industri atau quarry	500	8	20	3,5	28,2	2,3	473.478	3,16	$1,5 \times 10^6$
Jalan kolektor	2000	7	20	3,5	28,2	2,2	1.585.122	3,16	5×10^6

Sumber: Bina Marga (2017)

3.7.3 Desain Fondasi Jalan

Untuk merancang desain perkerasan perlu mempertimbangkan daya dukung tanah dasar. Daya dukung tanah dasar menjadi syarat penting yang berperan dalam merancang desain perkerasan yang sesuai kebutuhan. Apabila daya dukung tanah dasar tidak memadai maka dibutuhkan perbaikan tanah dasar, penambahan lapis penopang dan berbagai penanganan lain.

1. CBR desain tanah dasar

Pada Bina Marga Jalan 2017 untuk mendesain perkerasan jalan kekuatan tanah dasar perlu dikategorikan menurut kesamaan bagian yang mewakili dari keadaan tanah dasar yang dianggap serupa. Tanah dasar perlu memenuhi kualifikasi seperti mampu menanggung beban lalu lintas pelaksanaan konstruksi, tidak responsif akan perubahan kadar air, dapat dipadatkan dengan sesuai di ketebalan lapisan sesuai dengan kualifikasi., diwujudkan dengan baik dan benar sesuai pada bentuk geometrik jalan, dan memiliki nilai CBR rendaman rencana minimum.

2. Perbaikan tanah dasar atau penambahan lapis penopang (*Capping Layers*)

Jika daya dukung tanah dasar yang belum sesuai kebutuhan maka dibutuhkan penanganan khusus supaya tanah dasar dapat menanggung struktur perkerasan dengan efektif. Untuk melakukan perbaikan tanah dasar dapat dilakukan dengan menambahkan lapis penopang. Tebal lapis penopang dapat ditentukan dengan melihat pada Tabel 3.19 berikut.

Tabel 3. 19 Desain Fondasi Jalan Minimum

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku		
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			Stabilisasi Semen ⁽⁶⁾		
			< 2	2 – 4	> 4			
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar					
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 - Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan			300		
5	SG5		–	–	100			
4	SG4		100	150	200			
3	SG3		150	200	300			
2,5	SG2,5		175	250	350			
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)			400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur		
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾	SG1 ⁽³⁾	Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾			1000		1100	1200
		–atau– lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾⁽⁵⁾			650		750	850
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1250	1500			

Sumber: Bina Marga (2017)

dengan keterangan:

- (1) Desain harus mempertimbangkan semua hal yang kritikal; syarat tambahan mungkin berlaku,
- (2) Ditandai dengan kepadatan dan CBR lapangan yang rendah,
- (3) Menggunakan nilai CBR insitu, karena nilai CBR rendaman tidak relevan,
- (4) Permukaan lapis penopang di atas tanah SG1 dan gambut diasumsikan mempunyai daya dukung setara nilai CBR 2,5%, dengan demikian ketentuan perbaikan tanah SG2,5 berlaku, Contoh: untuk lalu lintas rencana > 4 jt ESA, tanah SG1 memerlukan lapis penopang setebal 1200 mm untuk mencapai daya dukung setara SG2,5 dan selanjutnya perlu ditambah lagi setebal 350 mm untuk meningkatkan menjadi setara SG6,
- (5) Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asal dipadatkan pada kondisi kering, dan
- (6) Untuk perkerasan kaku, material perbaikan tanah dasar berbutir halus (klasifikasi A4 sampai dengan A6) harus berupa stabilisasi semen.

3.7.4 Menentukan Struktur Perkerasan

Untuk merancang desain tebal perkerasan pada tahap selanjutnya adalah menentukan struktur yang digunakan. Jenis perkerasan dapat ditentukan setelah mendapat data nilai CESA yang sudah di hitung. Jenis perkerasan dipilih dengan mempertimbangkan volume lalu lintas, umur rencana dan kondisi fondasi jalan, akibat mempertimbangkan hal tersebut maka jenis perkerasan bervariasi macamnya. Dalam memilih jenis perkerasan MDP Bina Marga 2017 menyarankan pemilihan jenis perkerasan dapat dilihat pada Tabel 3.20 berikut.

Tabel 3. 20 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 – 4	>4 –10	>10 – 30	>30 – 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan $\text{CBR} \geq 2,5\%$)	4	-	-	2	2	2

Lanjutan Tabel 3. 20 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 – 4	>4 –10	>10 – 30	>30 – 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal ≥ 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Pekerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

Sumber: Bina Marga (2017)

3.7.4 Desain Struktur Perkerasan

Dalam merancang tebal pekerasan jalan tahap berikutnya adalah menentukan desain struktur perkerasan lentur. Setelah mendapatkan hasil dari perhitungan sebelumnya maka didapatkan data nilai CESA yang akan digunakan untuk menentukan desain struktur perkerasan yang sudah di kelompokkan ke dalam tabel jenis perkerasan. Desain struktur perkerasan dalam Bina Marga 2017 terdapat beberapa bagan desain. Untuk menentukan struktur perkerasan lentur dari hasil analisis data maka dapat dilihat pada Tabel – tabel di bawah berikut.

Tabel 3. 21 Bagan Desain - 3. Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum Dengan CTB¹⁾

	F1 ²	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESA5 lihat bagan desain 3A – 3B dan 3C	Lihat Bagan Desain 4 untuk alternatif perkerasan kaku ³			
Repetesi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA ₅)	> 10 – 30	> 30 – 50	> 50 – 100	> 100 – 200	> 200 – 500
Jenis permukaan berpengikat	AC	AC			
Jenis lapis fondasi	Cement Treated Base (CTB)				
AC WC	40	40	40	50	50
AC BC ⁴	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB ³	150	150	150	150	150
Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

Sumber: Bina Marga (2017)

Catatan:

1. Ketentuan-ketentuan struktur Fondasi Bagan Desain - 2 berlaku.
2. CTB mungkin tidak ekonomis untuk jalan dengan beban lalu lintas < 10 juta ESA5. Rujuk Bagan Desain - 3A, 3B dan 3C sebagai alternatif.
3. Pilih Bagan Desain - 4 untuk solusi perkerasan kaku dengan pertimbangan *life cycle cost* yang lebih rendah untuk kondisi tanah dasar biasa (bukan tanah lunak).
4. Hanya kontraktor yang cukup berkualitas dan memiliki akses terhadap peralatan yang sesuai dan keahlian yang diizinkan melaksanakan pekerjaan CTB. LMC dapat digunakan sebagai pengganti CTB untuk pekerjaan di area sempit atau jika disebabkan oleh ketersediaan alat.
5. AC BC harus dihampar dengan tebal padat minimum 50 mm dan maksimum 80 mm.

Tabel 3. 22 Bagan Desain - 3A. Desain Perkerasan Lentur dengan HRS¹

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA ₅)	FF1 < 0,5	0,5 ≤ FF2 ≤ 4,0
Jenis permukaan	HRS atau penetrasi makadam	HRS
Struktur perkerasan	Tebal lapisan (mm)	
HRS WC	50	30
HRS Base	—	35
LFA Kelas A	150	250
LFA Kelas A atau LFA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR 10% ³	150	125

Sumber: Bina Marga (2017)

1 Bagan Desain -3A merupakan alternatif untuk daerah yang HRS menunjukkan riwayat kinerja yang baik dan daerah yang dapat menyediakan material yang sesuai (*gap graded mix*).

2 HRS tidak sesuai untuk jalan dengan tanjakan curam dan daerah perkotaan dengan beban lebih besar dari 2 juta ESA5

3 Kerikil alam dengan atau material stabiisasi dengan CBR > 10% dapat merupakan pilihan yang paling ekonomis jika material dan sumberdaya penyedia jasa yang mumpuni tersedia. Ukuran material LFA kelas B lebih besar dari pada kelas A sehingga lebih mudah mengalami segregasi. Selain itu, ukuran butir material kelas B yang lebih besar membatasi tebal minimum material kelas B. Walaupun dari segi mutu material kelas A lebih tinggi daripada kelas B, namun dari segi harga material LFA kelas A dan B tidak terlalu berbeda sehingga untuk jangka panjang LFA kelas A dapat menjadi pilihan yang lebih kompetitif.

Tabel 3. 23 Bagan Desain - 3B. Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Fondasi Berbutir

(Sebagai Alternatif dari Bagan Desain- 3 dan 3A)

STRUKTUR PERKERASAN									
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Solusi yang dipilih	Lihat Catatan 2								
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 ESA ₅)	< 2	≥ 2 - 4	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 -50	> 50 - 100	> 100 - 200
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)									
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1		2		3				

Sumber: Bina Marga (2017)

Catatan Bagan Desain - 3B:

1. FFF1 atau FFF2 harus lebih diutamakan daripada solusi FF1 dan FF2 (Bagan Desain - 3A) atau dalam situasi jika HRS berpotensi mengalami *rutting*.
2. Perkerasan dengan CTB (Bagan Desain - 3) dan pilihan perkerasan kaku dapat lebih efektif biaya tapi tidak praktis jika sumber daya yang dibutuhkan tidak tersedia.
3. Untuk desain perkerasan lentur dengan beban > 10 juta CESA₅, diutamakan menggunakan Bagan Desain - 3. Bagan Desain - 3B digunakan jika CTB sulit untuk diimplementasikan. Solusi dari FFF5 - FFF9 dapat lebih praktis daripada solusi Bagan Desain- 3 atau 4 untuk situasi konstruksi tertentu seperti: (i) perkerasan kaku atau CTB bisa menjadi tidak praktis pada pelebaran perkerasan lentur eksisting atau, (ii) di atas tanah yang berpotensi konsolidasi atau, (iii) pergerakan tidak seragam (dalam hal perkerasan kaku) atau, (iv) jika sumber daya kontraktor tidak tersedia.
4. Tebal minimum lapis fondasi agregat yang tercantum di dalam Bagan Desain - 3 dan 3 A diperlukan untuk memastikan drainase yang mencukupi sehingga dapat membatasi kehilangan kekuatan perkerasan pada musim hujan. Kondisi tersebut berlaku untuk semua bagan desain kecuali Bagan Desain - 3 B.

5. Tebal LFA berdasarkan Bagan Desain - 3B dapat dikurangi untuk *subgrade* dengan daya dukung lebih tinggi dan struktur perkerasan dapat mengalirkan air dengan baik (faktor $m \geq 1$). Lihat Bagan desain 3C.
6. Semua CBR adalah nilai setelah sampel direndam 4 hari.

Tabel 3. 24 Bagan Desain - 3C Penyesuaian Tebal Lapis Fondasi Agregat A untuk Tanah Dasar CBR $\geq 7 \%$

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6ESA_5)	< 2	$\geq 2 - 4$	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
TEBAL LFA A (mm) PENYESUAIAN TERHADAP BAGAN DESAIN 3B									
Subgrade CBR $\geq 5,5 - 7$	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Subgrade CBR > 7 - 10	330	220	215	210	205	200	200	200	200
Subgrade CBR ≥ 10	260	150	150	150	150	150	150	150	150
Subgrade CBR ≥ 15	200	150	150	150	150	150	150	150	150

Sumber: Bina Marga (2017)

BAB IV

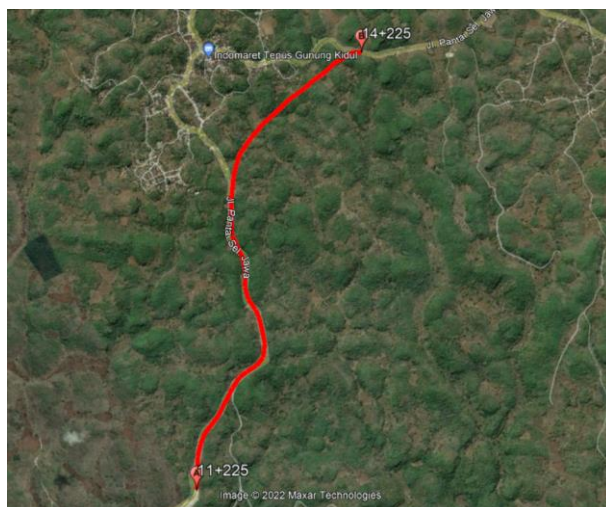
METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian merupakan prosedur dari penelitian yang hendak dilakukan untuk mendiskusikan atau menganalisis suatu kejadian secara ilmiah yang berguna untuk memperoleh hasil yang rasional. Bahan pada penelitian ini adalah tebal perkerasan lentur. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan tebal perkerasan lentur yang dirancang menggunakan metode Bina Marga 2017 selanjutnya dibandingkan dengan Metode AASHTO 1993. Untuk mencapai hasil penelitian maka dibutuhkan beberapa tahapan penelitian yang antara lain pengumpulan data, pengolahan data, analisis data agar mendapat kesimpulan pada penelitian yang sudah dilakukan.

4.2 Lokasi Penelitian

Lokasi yang digunakan dalam penelitian terletak pada Jalan Tepus – Jerukwudel Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta sta. 11+225 sampai dengan sta. 14+225. Lokasi yang ditinjau sepanjang 3 km. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4. 1 berikut.



Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian Jalan Tepus – Jerukwudel
(Sumber: *Google Earth*, 2022)

4.3 Pengumpulan Data

Untuk melakukan penelitian ini dibutuhkan pengumpulan data yang berguna mendapatkan informasi yang diperlukan agar tujuan tercapai. Pengumpulan data yang dibutuhkan sebagai berikut:

1. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh peneliti dari laporan yang dibuat instansi terkait, hasil studi, ataupun literatur lain yang dipakai untuk menyokong penelitian. Data yang diperlukan untuk melakukan penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.1 seperti berikut.

Tabel 4. 1 Data Sekunder Penelitian

No	Nama Data	Sumber Data
1.	Tebal perkerasan di lapangan	Bina Marga
2.	Beban as kendaraan	Bina Marga
3.	Volume lalu lintas harian perencanaan	Bina Marga
4.	Penggolongan jenis kendaraan	Bina Marga
5.	Nilai CBR tanah dasar perencanaan	Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah – DIY
6.	Data hujan tahunan perencanaan	Stasiun Klimatologi Mlati DIY

4.4 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini terdapat langkah-langkah untuk mendesain perkerasan lentur menggunakan metode Bina Marga 2017 seperti berikut:

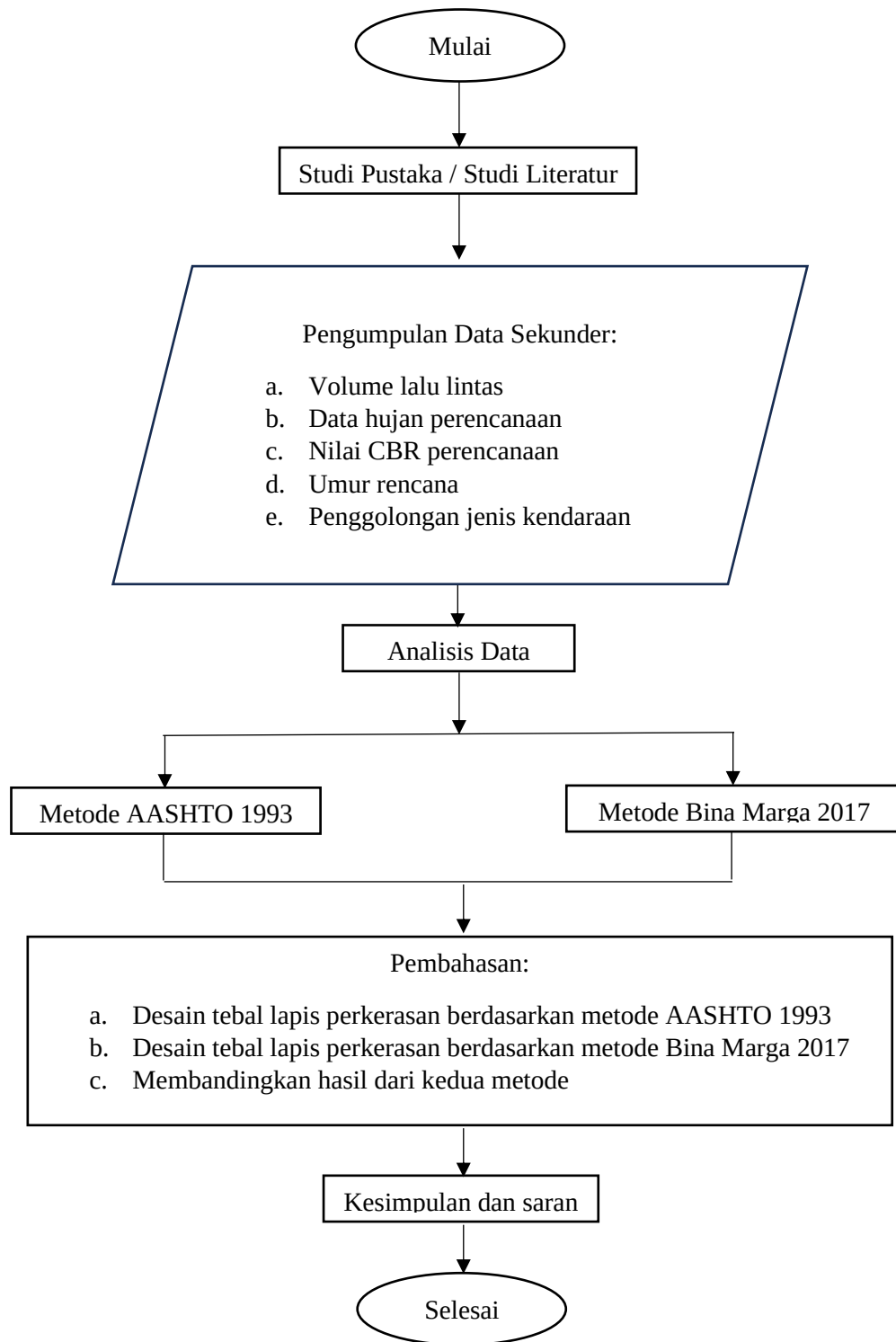
1. memperkirakan umur rencana sesuai dengan jenis perkerasan yang terdapat pada Tabel 3.12,
2. menghitung LHRT,
3. mencari nilai faktor pengali pertumbuhan lalu lintas (R),
4. menetapkan nilai faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur (DL),
5. menentukan VDF,
6. mengestimasi nilai CESA menurut LHR,
7. menentukan jenis perkerasan, dan

8. menentukan tebal perkerasan.

Pada metode AASHTO 1993 langkah-langkah penelitian yang dilaksanakan sebagai berikut:

1. mengestimasi angka Ekuivalen (E),
2. menghitung faktor umur rencana (R),
3. menentukan nilai Reliabilitas (R),
4. menentukan nilai Deviasi Standar Normal (Z_R),
5. menentukan nilai lintas ekuivalen selama umur rencana (w_{18}) dan ΔPSI ,
6. mengestimasi dan menghitung a_1 , a_2 , a_3 ,
7. menghitung angka modulus resilient (M_r),
8. menentukan koefisien pengaliran (C),
9. menentukan koefisien drainase (m_i), dan
10. mencocokkan nilai SN.

Untuk diagram alir penelitian dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 4. 2 Bagan Alir

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Penelitian

Perencanaan tebal perkerasan lentur ruas Jalur Jalan Lintas Selatan (JJLS) membutuhkan data yang dapat diperoleh dari instansi yang terkait. Data yang dibutuhkan berasal dari data sekunder yang diperoleh dari Dinas Perkerjaan Umum Bina Marga Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dan Stasiun Klimatologi Yogyakarta. Ruas Jalur Jalan Lintas Selatan (JJLS) ini memiliki fungsi untuk mobilitas masyarakat dalam provinsi maupun luar provinsi, menghubungkan pengguna dari pusat kota ke wilayah lokal maupun sebaliknya. Ruas jalan tersebut juga memperlancar logistik antar wilayah. Ruas ini sering dilewati bus dan truk angkut barang.

5.1.1 Data Lalu Lintas

Data volume lalu lintas pada ruas Jalur Jalan Lintas Selatan (JJLS) diperoleh dari data survey yang dilakukan pada tahun 2020 yang dilaksanakan oleh instansi terkait. Proses konstruksi dilaksanakan selama dua tahun sehingga jalan dibuka pada tahun 2022. Adapun perhitungan lalu lintas harian rata-rata tahunan untuk tahun 2022 dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.19 dengan Faktor laju pertumbuhan lalu lintas (i) mengacu Tabel 3. 14 berikut.

$$\begin{aligned} \text{LHRT} &= \text{LHRo} (1+i)^n \\ &= 59 (1+3,5\%)^{20} \\ &= 63,2023 \text{ kend/hari} \end{aligned}$$

Lalu lintas harian rata-rata pada tahun 2020 dan 2022 dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5. 1 Volume Lalu Lintas Tahun 2020 dan 2022

Gol. Kendaraan	Jenis Kendaraan	LHR 2020* (Kend/hari)	Estimasi LHR 2022 (Kend/hari)
1	Sepeda Motor, Scooter Dan Kend. Roda 3	4403	4716,604
2	Sedan, Jeep, Station Wagon	767	821,630
3	Oplet, Pick Up, Combi Dan Minibus	810	867,693
4	Pick Up, Micro Truk Dan Mobil Hantaran	446	477,767
5a	Bus Kecil	59	63,2023
5b	Bus Besar	83	88,912
6a	Truk 2 Sumbu 4 Roda	322	344,935
6b	Truk 2 Sumbu 6 Roda	113	121,049

*Sumber: Bina Marga DIY (2020)

5.1.2 Data Hujan

Dalam perencanaan tebal perkerasan lentur dibutuhkan data hujan seperti yang ditunjukkan seperti pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5. 2 Jumlah Hari Hujan per Tahun

No	Tahun	Hari Hujan (Hari)
1	2017	164
2	2018	126
3	2019	89
4	2020	166
5	2021	180

Sumber: Stasiun Klimatologi Yogyakarta

Data jumlah hari hujan yang sudah diperoleh dari instansi yang terkait didapatkan rata-rata jumlah hari hujan adalah 145 hari.

5.1.3 CBR Tanah Dasar

CBR design diperoleh berdasarkan data sekunder yang didapatkan dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah – D.I. Yogyakarta dengan nilai *CBR* yang digunakan 6%. Data ini dapat dilihat pada Lampiran 3.

5.2 Perhitungan Desain Perkerasan Metode AASHTO 1993

5.2.1 Analisis Perhitungan Tebal Perkerasan

1. Umur Rencana

Untuk umur rencana perkerasan ditentukan 20 tahun untuk jalan baru.

2. Faktor distribusi arah dan lajur

Faktor distribusi arah (D_D) ditentukan sebesar 0,5 dikarenakan AASHTO menyarankan berkisar antara 0,3 – 0,7. Faktor distribusi lajur (DL) dapat ditentukan dengan mengacu pada Tabel 3.2 sehingga nilai distribusi lajur (DL) dengan 1 lajur maka nilai distribusi lajur (DL) sebesar 100%.

3. Indeks Kemampuan Pelayanan

Indeks kemampuan pelayanan terdiri dari Indeks Kemampuan Pelayanan Awal (P_o), Indeks Pelayanan Akhir (P_t) dan Kehilangan Kemampuan Pelayanan (ΔPSI). Penentuan Indeks kemampuan pelayanan disesuaikan dengan kondisi Indonesia maka penentuannya didapat dengan mengacu SKBI 1987. Dengan fungsi jalan kolektor penentuan Nilai Indeks Pelayanan Akhir (P_t) dapat dilihat pada Tabel 3.4 maka Nilai Indeks Pelayanan Akhir (P_t) diperoleh sebesar 2.

Nilai Indeks Kemampuan Pelayanan Awal (P_o) diperoleh dengan memperhatikan jenis lapis permukaan jalan, dengan lapis permukaan jalan LASTON maka Nilai Indeks Pelayanan Awal (P_o) dapat dilihat pada Tabel 3.5 diperoleh Nilai Indeks Pelayanan Awal (P_o) sebesar 3,7.

Tahap berikutnya menghitung Kehilangan Kemampuan Pelayanan (ΔPSI) apabila Nilai Indeks Pelayanan Awal (P_o) dan Nilai Indeks Pelayanan Akhir (P_t). Kehilangan Kemampuan Pelayanan (ΔPSI) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.10 berikut.

$$\begin{aligned}\Delta PSI &= P_o - P_t \\ &= 3,7 - 2\end{aligned}$$

$$= 1,7$$

4. *Reliabilitas* (R) dan Deviasi Standar Normal (ZR)

Nilai *Reliabilitas* (R) dapat ditentukan dengan mengetahui tipe jalan yang didesain. Ruas Jalur Jalan Lintas Selatan (JJLS) merupakan tipe jalan kolektor sehingga penentuan Nilai *Reliabilitas* (R) dapat dilihat pada Tabel 3.6 maka Nilai *Reliabilitas* (R) berkisar 80% - 90%. Sehingga Nilai *Reliabilitas* (R) untuk perencanaan Jalur Jalan Lintas Selatan (JJLS) didapatkan sebesar 85%. Dengan Nilai *Reliabilitas* (R) sebesar 85% maka Deviasi Standar Normal (ZR) dapat ditentukan dengan mengacu pada Tabel 3.7. Maka Deviasi Standar Normal (ZR) diperoleh nilai sebesar -1,037.

5. Deviasi standar keseluruhan (So)

AASHTO 1993 menyarankan Deviasi standar keseluruhan (So) untuk perkerasan lentur berkisar nilai So antara 0,40 – 0,50. Sehingga Deviasi standar keseluruhan (So) perencanaan Jalur Jalan Lintas Selatan (JJLS) didapatkan sebesar 0,45.

6. Modulus *Resilient* (M_R)

Modulus *Resilient* (M_R) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.11 berikut.

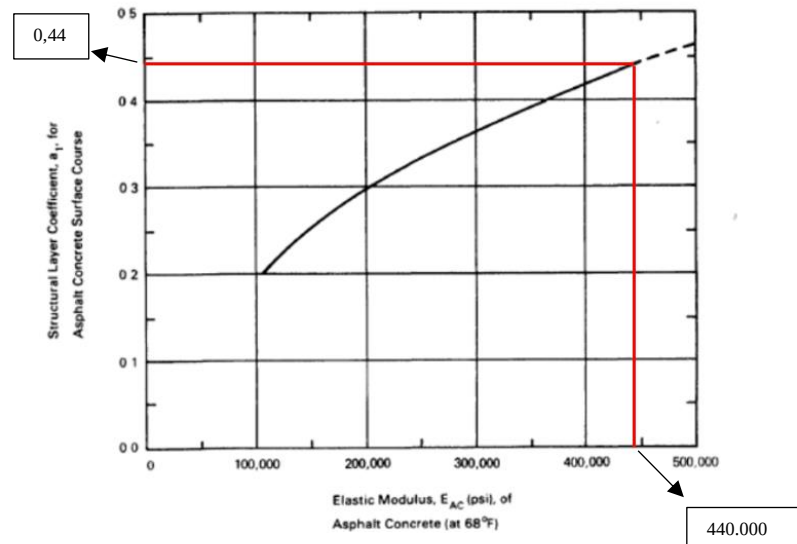
$$\begin{aligned} M_R &= 1500 \times \text{CBR} \\ &= 1500 \times 6 \\ &= 9000 \text{ Psi} \end{aligned}$$

7. Koefisien Lapisan (a_i)

Penentuan Koefisien Lapisan (a_i) dapat diperoleh dengan mengacu pada Tabel 3.8 maka untuk Koefisien Lapisan Permukaan dengan tipe material campuran aspal panas gradasi rapat diperoleh a_1 sebesar 0,44. Untuk Koefisien Lapisan Pondasi Atas (a_2) dengan tipe material batu pecah maka diperoleh nilai sebesar 0,14. Penentuan Koefisien Lapisan Pondasi Bawah (a_3) dengan tipe material kerikil berpasir maka diperoleh nilai sebesar 0,11.

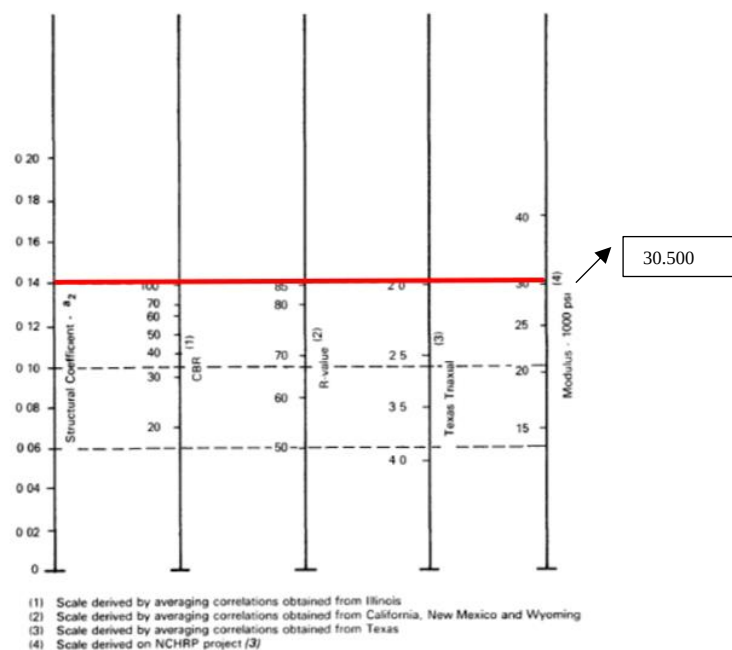
Setelah mendapat nilai tiap koefisien lapisan maka untuk mendapatkan nilai Modulus *Resilient* (MR) pada a_2 dan a_3 menggunakan Gambar 5.2 dan Gambar

5.3 sebagai berikut. Kemudian ditinjau kembali menggunakan Persamaan 3.13 dan Persamaan 3.14 sebagai berikut.



Gambar 5. 1 Grafik Nilai Modulus Resilinet (M_R) EAC

Nilai *Elastic Modulus* (EAC) yang diperoleh dari Gambar 5.1 sebesar 440.000 Psi.



Gambar 5. 2 Grafik Nilai Modulus Resilinet (M_R) EBS

Nilai Modulus Resilient (M_R) yang diperoleh dari Gambar 5.2 sebesar 30500 Psi. Peninjauan M_R menggunakan Persamaan 3.13 sebagai berikut.

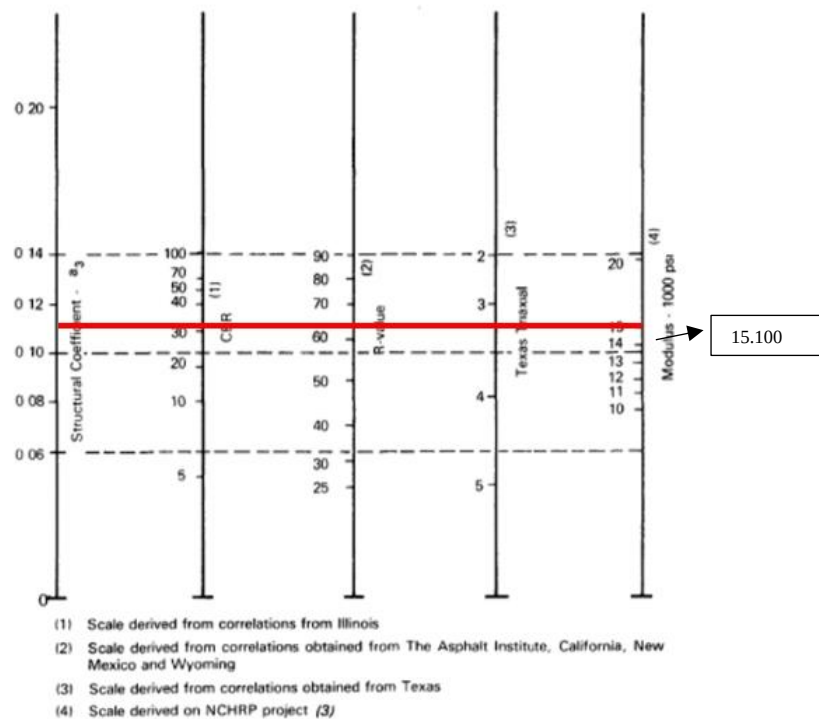
$$a_2 = (0,249 (\log_{10} M_R)) - 0,977$$

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

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

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

$$M_R = 30615,670 \text{ Psi}$$



Gambar 5. 3 Grafik Nilai Modulus Resilinet (M_R) ESB

Nilai Modulus Resilient (M_R) yang diperoleh dari Gambar 5.3 sebesar 15100 Psi. Peninjauan M_R menggunakan Persamaan 3.14 sebagai berikut.

$$a_3 = (0,227 (\log_{10} M_R)) - 0,839$$

$$0,11 = (0,277 (\log_{10} M_R)) - 0,839$$

$$0,949 = (0,277 (\log_{10} M_R))$$

$$4,181 = \log_{10} M_R$$

$$M_R = 15157,122 \text{ Psi}$$

8. Koefisien Drainase (mi)

Koefisien Drainase (mi) dapat ditentukan berdasarkan kualitas drainase dan hari efektif hujan selama satu tahun yang dapat mempengaruhi perkerasan. Koefisien drainase dapat diperoleh dengan memperhatikan hal berikut.

- a. Hujan rata – rata per hari (T_j) = 3 jam
- b. Jumlah hari hujan rata – rata per tahun (T_h) = 145 hari
- c. Koefisien pengaliran (C) bisa ditentukan berdasarkan kondisi permukaan tanah. Nilai Koefisien pengaliran (C) diperoleh dengan mengacu Tabel 3.10 maka Koefisien pengaliran (C) untuk jalan beton dan jalan aspal berkisar 0,70 – 0,95. Sehingga Koefisien pengaliran (C) yang digunakan sebesar 0,825.
- d. Nilai faktor air hujan (P)

Untuk menentukan Nilai faktor air hujan (P) dapat diperoleh apabila sudah menghitung Faktor air hujan (WL) dengan Persamaan 3.15 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} WL &= 100 - C \\ &= 100 - 82,5 \\ &= 17,5\% \end{aligned}$$

Setelah mendapat Faktor air hujan (WL) maka Nilai faktor air hujan (P) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.16 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} P &= \frac{T_j}{24} \times \frac{T_h}{365} \times WL \times 100 \\ &= \frac{3}{24} \times \frac{145}{365} \times 0,175 \times 100 \\ &= 86,9 \% \end{aligned}$$

Setelah Nilai faktor air hujan (P) diperoleh maka kualitas drainase dapat ditentukan. Penentuan kualitas drainase harus memperhatikan air hujan yang berada di atas permukaan jalan yang akan masuk kedalam pondasi jalan selanjutnya air yang berasal dari samping jalan berpeluang masuk ke pondasi jalan dan pendekatan waktu serta frekuensi hujan. Frekuensi hujan

rata – rata 3 jam perhari. Berdasarkan Nilai faktor air hujan (P) pada Ruas Jalur Jalan Lintas Selatan (JJLS) termasuk dalam kategori baik dengan hujan rata – rata yang berlangsung selama 3 jam perhari. Dengan nilai P untuk jalan beton dan jalan aspal sebesar 86,9 %. Mengacu pada Tabel 3.9 maka kualitas drainase termasuk dalam kategori baik. Nilai koefisien drainase (m) dapat diperoleh dengan mengacu Tabel 3.11 maka diperoleh Nilai Koefisien drainase (m) sebesar 1,3.

9. Angka Ekvivalen (E)

Penentuan angka ekivalen (E) dapat diperoleh dengan menghitung untuk tiap gandar kendaraan. Untuk mendapatkan angka ekivalen (E) maka Langkah pertama adalah menghitung Faktor perbandingan kehilangan tingkat pelayanan (G) menggunakan Persamaan 3.4 sebagai berikut.

$$G = \text{Log} \left(\frac{P_o - P_t}{P_o - 1,5} \right)$$

$$G = \text{Log} \left(\frac{3,7 - 2}{3,7 - 1,5} \right)$$

$$G = -0,112$$

Adapun perhitungan β_x , β_{18} , W_x/W_{18} , LEF untuk kendaraan golongan 5a pada beban depan atau gandar pertama menggunakan SN Trial sebesar 3 maka perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

Setelah nilai G sudah diperoleh langkah berikutnya adalah menghitung β_x dan β_{18} menggunakan Persamaan 3.5 dan Persamaan 3.6.

$$\beta_x = 0,4 + \left(\frac{0,081 \times (L_x + L_{2x})^{3,23}}{(SN + 1)^{5,19} \times L_{2x}^{3,23}} \right)$$

$$\beta_x = 0,4 + \left(\frac{0,081 \times (5,512 + 1)^{3,23}}{(3 + 1)^{5,19} \times 1^{3,23}} \right)$$

$$\beta_x = 0,426$$

$$\beta_{18} = 0,4 + \left(\frac{0,081 \times (L_{18} + L_{28})^{3,23}}{(SN + 1)^{5,19} \times L_{28}^{3,23}} \right)$$

$$\beta_{18} = 0,4 + \left(\frac{0,081 \times (18 + 1)^{3,23}}{(3 + 1)^{5,19} \times 1^{3,23}} \right)$$

$$\beta_{18} = 1,221$$

Untuk menghitung W_x/W_{18} mengacu pada Persamaan 3.7 sebagai berikut.

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{L_{18} + L_{2s}}{L_x + L_{2x}} \right]^{4,79} \left[\frac{10^G/\beta_x}{10^G/\beta_{18}} \right] [L_{2x}]^{4,33}$$

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{18 + 1}{5,512 + 1} \right]^{4,79} \left[\frac{10^{-0,112}/0,426}{10^{-0,112}/1,221} \right] [1]^{4,33}$$

$$\frac{W_x}{W_{18}} = 113,886$$

Setelah nilai W_x/W_{18} maka LEF dapat dihitung dengan mengacu pada Persamaan 3.8 sebagai berikut.

$$LEF = \frac{1}{W_x/W_{18}}$$

$$LEF = \frac{1}{113,886}$$

$$LEF = 0,0088$$

Adapun perhitungan β_x , β_{18} , W_x/W_{18} , LEF untuk kendaraan golongan 5a pada beban belakang atau gandar kedua / berikut menggunakan SN Trial sebesar 3 maka perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

$$\beta_x = 0,4 + \left(\frac{0,081 \times (L_x + L_{2x})^{3,23}}{(SN + 1)^{5,19} \times L_{2x}^{3,23}} \right)$$

$$\beta_x = 0,4 + \left(\frac{0,081 \times (5,512 + 1)^{3,23}}{(3 + 1)^{5,19} \times 1^{3,23}} \right)$$

$$\beta_x = 0,426$$

$$\beta_{18} = 0,4 + \left(\frac{0,081 \times (L_{18} + L_{2s})^{3,23}}{(SN + 1)^{5,19} \times L_{2s}^{3,23}} \right)$$

$$\beta_{18} = 0,4 + \left(\frac{0,081 \times (18 + 1)^{3,23}}{(3 + 1)^{5,19} \times 1^{3,23}} \right)$$

$$\beta_{18} = 1,221$$

Untuk menghitung W_x/W_{18} mengacu pada Persamaan 3. 7 sebagai berikut.

$$\frac{W_\lambda}{W_{18}} = \left[\frac{L_{18} + L_{2s}}{L_\lambda + L_{2\lambda}} \right]^{4,79} \left[\frac{10^G/\beta_\lambda}{10^G/\beta_{18}} \right] [L_{2\lambda}]^{4,33}$$

$$\frac{W_\lambda}{W_{18}} = \left[\frac{18 + 1}{5,512 + 1} \right]^{4,79} \left[\frac{10^{-0,112}/0,426}{10^{-0,112}/1,221} \right] [1]^{4,33}$$

$$\frac{W_\lambda}{W_{18}} = 113,886$$

Setelah nilai W_x/W_{18} maka LEF dapat dihitung dengan mengacu pada Persamaan 3.8 sebagai berikut.

$$LEF = \frac{1}{W_x/W_{18}}$$

$$LEF = \frac{1}{132,912}$$

$$LEF = 0,0088$$

Langkah – langkah perhitungan yang dilakukan pada jenis kendaraan 5a dilakukan untuk setiap jenis kendaraan sehingga diperoleh `

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Perhitungan perhitungan β_x , β_{18} , W_x/W_{18} dan LEF Beban Depan

Jenis Kendaraan		Beban depan		L2	β_x	β_{18}	W_x/W_{18}	LEF
		Ton	Kips					
Sedan, jeep, station wagon (1.1)	2	1	2,205	1	0,403	1,221	3282,376	0,000305
Oplet, pick up, combi dan minibus (1.1)	3,5	1,75	3,858	1	0,410	1,221	452,604	0,00221
Pick up, micro truck dan mobil hantaran (1.1)	3,5	1,75	3,858	1	0,410	1,221	452,604	0,00221
5A (1.1)	5	2,5	5,512	1	0,426	1,221	113,886	0,0088
5B (1.2)	9	3,06	6,746	1	0,445	1,221	50,906	0,0196
6A.1 (1.1)	8,3	4,15	9,149	1	0,508	1,221	14,993	0,0667
6B (1.2)	18,2	6,188	13,642	1	0,754	1,221	3,056	0,327

Tabel 5. 4 Rekapitulasi Perhitungan perhitungan β_x , β_{18} , W_x/W_{18} dan LEF Beban Belakang

Jenis Kendaraan		Beban belakang		L2	β_x	β_{18}	W_x/W_{18}	LEF
		Ton	Kips					
Sedan, jeep, station wagon (1.1)	2	1	2,2046	1	0,403	1,221	3282,376	0,000305
Oplet, pick up, combi dan minibus (1.1)	3,5	1,75	3,85805	1	0,410	1,221	452,604	0,00221
Pick up, micro truck dan mobil hantaran (1.1)	3,5	1,75	3,85805	1	0,410	1,221	452,604	0,00221
5A (1.1)	5	2,5	5,5115	1	0,426	1,221	113,886	0,0088
5B (1.2)	9	5,94	13,095324	1	0,713	1,221	3,596	0,2781
6A.1 (1.1)	8,3	4,15	9,14909	1	0,508	1,221	14,993	0,06670
6B (1.2)	18,2	12,012	26,4816552	1	3,103	1,221	0,194	5,154

Langkah berikutnya adalah menghitung Total LEF/VDF untuk tiap jenis kendaraan menggunakan Persamaan 3.9 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{VDF} &= \text{LEF depan} + \text{LEF belakang} \\
 &= 0,0088 + 0,0088 \\
 &= 0,0176
 \end{aligned}$$

Langkah perhitungan VDF yang dilakukan pada jenis kendaraan 5a dilakukan untuk setiap jenis kendaraan sehingga diperoleh hasil rekapitulasi perhitungan VDF yang dapat dilihat pada Tabel 5. 5 berikut.

Tabel 5. 5 Rekapitulasi Perhitungan VDF menurut AASHTO 1993

Jenis Kendaraan	Ton	Kips	LEF		VDF
			Depan	Belakang	
Sedan, jeep, station wagon (1.1)	2	4,409	0,000305	0,000305	0,000609
Oplet, pick up, combi dan minibus (1.1)	3,5	7,716	0,00221	0,00221	0,00442
Pick up, micro truck dan mobil hantaran (1.1)	3,5	7,716	0,00221	0,00221	0,00442
5A (1.1)	5	11,023	0,0088	0,0088	0,0176
5B (1.2)	9	19,841	0,0196	0,2781	0,2977
6A.1 (1.1)	12	18,298	0,0667	0,0667	0,1334
6B (1.2)	18,2	40,124	0,327	5,154	5,481

Asumsi: SN = 3; Po = 3,7; Pt = 2

10. Menghitung Repetisi beban lalu lintas standar umur rencana (W18)

Untuk menghitung repetisi beban lalu lintas standar umur rencana (W18) dapat diperoleh dengan mengacu Persamaan 3.2. Adapun perhitungan W18 untuk kendaraan golongan 5a maka perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

$$W_{18} = LHR_0 \times E \times DD \times DL \times 365 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

$$W_{18} = 63,202 \times 0,0176 \times 0,5 \times 1 \times 365 \times \frac{(1+3,5\%)^{20} - 1}{3,5\%}$$

$$W_{18} = 3.837.349,025 \text{ ESAL}$$

Langkah perhitungan repetisi beban lalu lintas standar umur rencana (W_{18}) yang dilakukan pada jenis kendaraan 5a dilakukan untuk setiap jenis kendaraan sehingga diperoleh hasil rekapitulasi perhitungan jumlah beban lalu lintas standar umur rencana (W_{18}) yang dapat dilihat pada Tabel 5. 6 berikut.

Tabel 5. 6 Rekapitulasi Perhitungan Jumlah beban lalu lintas standar kumulatif umur rencana (W_{18})

Jenis Kendaraan	Estimasi LHR 2022	VDF	DD	DL	R	W_{18}
2 (1.1)	821,630	0,000609	0,5	1	28,280	2583,778
3 (1.1)	867,692	0,004419	0,5	1	28,280	19788,601
4 (1.1)	477,766	0,004419	0,5	1	28,280	10895,946
5A (1.1)	63,202	0,0176	0,5	1	28,280	5728,361
5B (1.2)	88,912	0,2977	0,5	1	28,280	136625,235
6A.1 (1.1)	344,934	0,1334	0,5	1	28,280	237480,173
6B (1.2)	121,048	5,481	0,5	1	28,280	3424246,931
						3.837.349,025

ESAL

11. Menghitung Tebal Minimum Lapis Perkerasan

Menentukan tebal minimum lapis perkerasan dapat ditentukan setelah mendapat hasil jumlah beban lalu lintas standar kumulatif umur rencana (W_{18}). Mengacu Tabel 3.12 untuk menentukan tebal minimum lapis perkerasan dengan hasil jumlah beban lalu lintas standar kumulatif umur rencana (W_{18}) diperoleh 3.837.349,025 maka syarat minimum untuk beton aspal didapatkan 3,5 inci atau 8,75 cm. Dan untuk Lapis Pondasi Agregat diperoleh syarat tebal minimum 6 inch atau 15cm.

12. *Structural Number* (SN)

Untuk menentukan nilai *Structural Number* (SN) dapat diperoleh menggunakan nomogram atau menggunakan cara coba – coba (*trial and error*). Nilai SN berfungsi untuk mendapatkan nilai tebal tiap lapisan (D_i). Nilai SN awal yang digunakan untuk mencari nilai faktor ESAL (LEF) menggunakan persamaan dasar AASHTO berfungsi untuk menentukan SN rencana. Untuk menentukan Nilai SN menggunakan cara coba – coba (*trial and error*) maka dapat dibuktikan dengan Nilai SN rencana dimasukkan pada persamaan dasar AASHTO. Untuk melakukan pembuktian Nilai SN maka diperlukan data – data yang dapat dilihat pada Tabel 5. 7 sebagai berikut.

Tabel 5. 7 Parameter nilai SN

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	Umur rencana (UR)	Tahun	20
2	Perkembangan lalu lintas (i)	%	3,5
3	Faktor distribusi lalu lintas (DD)		0,5
4	Faktor distribusi arah (DL)	%	100
5	Lalu lintas pada lajur rencan (W18)	ESAL	3.837.349,025
6	Indeks kemampuan pelayanan awal (Po)		3,7
7	Indeks kemampuan pelayanan akhir (Pt)		2
8	Kehilangan Kemampuan Pelayanan (ΔPSI)		1,7
9	Reliabilitas (R)	%	85
10	Standar deviasi normal (ZR)		-1,037
11	Simpangan baku keseluruhan (So)		0,45
12	<i>Modulus Resilient</i> (MR)	psi	9000
13	Koefisien drainase (m_2 dan m_3)		1,3
14	MR subgrade		9000

Lanjutan Tabel 5. 7 Parameter nilai SN

No	Parameter	Satuan	Nilai
15	MR base	Psi	30615,670 Psi
16	MR Subbase	Psi	15157,122 Psi

Untuk menentukan nilai *Structural Number* (SN) dapat diperoleh menggunakan cara coba coba (*trial and error*) adapun perhitungan nilai SN di bawah sebagai berikut.

a. SN

$$\text{Log } W_{18} = ZR \times S_o + 9,36 \text{ Log } (SN+1) - 0,20 + \left[\frac{\text{Log} \left(\frac{P_o - P_t}{P_o - 1,5} \right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} \right]$$

$$+ 2,32 \text{ Log MR} - 8,07$$

$$6,58403 = -1,037 \times 0,45 + 9,36 \text{ Log } (SN+1) - 0,20 + \left[\frac{\text{Log} \left(\frac{3,7 - 2}{3,7 - 1,5} \right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} \right]$$

$$+ 2,32 \text{ Log } 9000 - 8,07$$

$$6,58403 + 0,467 + 0,20 = 9,36 \text{ Log } (SN+1) + \left[\frac{-0,112}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} \right] + 9,174 - 8,07$$

$$6,58403 + 0,467 + 0,20 - 9,174 + 8,07 = 9,36 \text{ Log } (SN+1) + \left[\frac{-0,112}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} \right]$$

$$6,147 = 9,36 \text{ Log } (SN+1) + \left[\frac{-0,112}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} \right] \quad (\text{Trial Nilai SN})$$

$$SN = 2$$

$$6,147 = 9,36 \text{ Log } (2+1) + \left[\frac{-0,112}{0,40 + \frac{1094}{(2+1)^{5,19}}} \right] = 4,4382 \quad (\text{Belum OK})$$

$$SN = 3$$

$$6,147 = 9,36 \text{ Log } (3+1) + \left[\frac{-0,112}{0,40 + \frac{1094}{(3+1)^{5,19}}} \right] = 5,5435 \quad (\text{Belum OK})$$

$$SN = 3,7$$

$$6,147 = 9,36 \text{ Log } (2,988+1) + \left[\frac{-0,112}{0,40 + \frac{1094}{(2,988+1)^{5,19}}} \right] = 6,1426 \quad (\text{OK})$$

b. SN2

$$6,584 = -1,037 \times 0,45 + 9,36 \text{ Log } (SN+1) - 0,20 + \left[\frac{-0,112}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} \right]$$

$$+ 10,407 - 8,07$$

$$6,584 + 0,467 + 0,20 - 10,407 + 8,07 = 9,36 \text{ Log } (SN+1) + \left[\frac{-0,112}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} \right]$$

$$4,914 = 9,36 \text{ Log } (SN+1) + \left[\frac{-0,112}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} \right] \quad (\text{Trial Nilai SN})$$

$$SN2 = 2$$

$$4,914 = 9,36 \text{ Log } (2+1) + \left[\frac{-0,112}{0,40 + \frac{1094}{(2+1)^{5,19}}} \right] = 4,438 \quad (\text{Belum OK})$$

$$SN2 = 2,38$$

$$4,914 = 9,36 \text{ Log } (2,38+1) + \left[\frac{-0,112}{0,40 + \frac{1094}{(2,38+1)^{5,19}}} \right] = 4,903 \quad (\text{OK})$$

c. SN3

$$6,584 = -1,037 \times 0,45 + 9,36 \text{ Log } (SN+1) - 0,20 + \left[\frac{-0,112}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} \right]$$

$$+ 9,699 - 8,07$$

$$6,584 + 0,467 + 0,20 - 9,699 + 8,07 = 9,36 \text{ Log } (SN+1) + \left[\frac{-0,112}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} \right]$$

$$5,622 = 9,36 \text{ Log } (SN+1) + \left[\frac{-0,112}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} \right] \quad (\text{Trial Nilai SN})$$

$$SN3 = 2,7$$

$$5,622 = 9,36 \text{ Log } (2,7+1) + \left[\frac{-0,112}{0,40 + \frac{1094}{(2,7+1)^{5,19}}} \right] = 5,249 \quad (\text{Belum OK})$$

SN3 = 3,08

$$5,622 = 9,36 \text{ Log } (3,08+1) + \left[\frac{-0,112}{0,40 + \frac{1094}{(3,08+1)^{5,19}}} \right] = 5,618 \text{ (OK)}$$

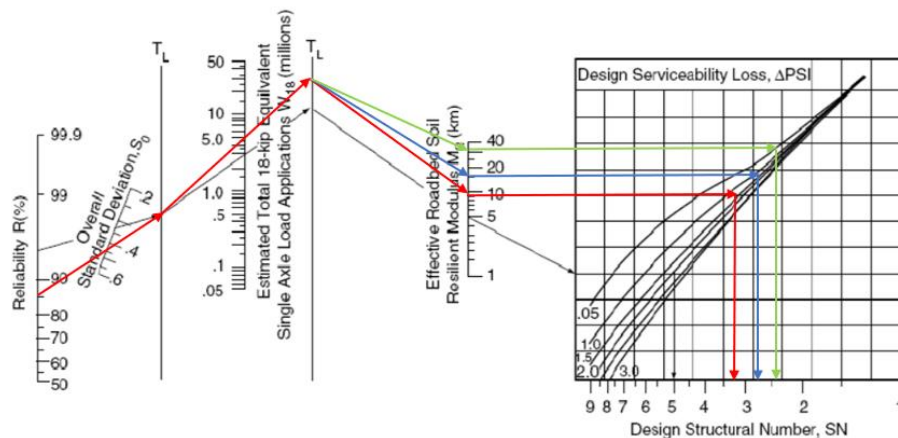
Berdasarkan perhitungan di atas diperoleh nilai SN untuk setiap lapisan sebagai berikut.

$$\text{SN}_{\text{total}} = 3,705$$

SN1 = 2,38

SN2 = 3,084

Untuk menentukan nilai *Structural Number* (SN) dapat diperoleh menggunakan nomogram *Structural Number* (SN) adapun nilai SN setiap lapisan dapat dilihat Gambar 5.4 sebagai berikut.



Gambar 5. 4 Nomogram Structural Number (SN)

Berdasarkan grafik nomogram AASHTO di atas diperoleh kontrol nilai SN untuk setiap lapisan sebagai berikut.

$$\text{SN}_{\text{total}} = 3,2$$

$$SN1 = 2,7$$

$$SN2 = 2,48$$

Tebal perkerasan setiap lapisan dapat diperoleh dengan mengacu pada Persamaan 3.17 dengan hasil nilai SN yang didapatkan dari hasil perhitungan sebagai berikut.

a. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

$$SN1 = a_1 \times D_1$$

$$2,38 = 0,44 \times D_1$$

$$D_1 = \frac{2,38}{0,44}$$

$$D_1 = 5,429 \text{ inch (ok, syarat 3 inci atau 8,75 cm)}$$

$$D_1 = 13,789 \text{ cm} \approx 14 \text{ cm}$$

b. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

$$D_2 = \frac{SN_2 - a_1 \cdot D_1}{a_2 \cdot m_2}$$

$$D_2 = \frac{3,084 - 0,44 \cdot 5,429}{0,14 \cdot 1,3}$$

$$D_2 = 3,823 \text{ inch}$$

$$D_2 = 9,709 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm}$$

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

$$D_3 = \frac{SN - (a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot m_2 \cdot D_2)}{a_3 \cdot m_3}$$

$$D_3 = \frac{3,7 - (0,44 \cdot 5,429 + 0,14 \cdot 1,3 \cdot 3,823)}{0,11 \cdot 1,3}$$

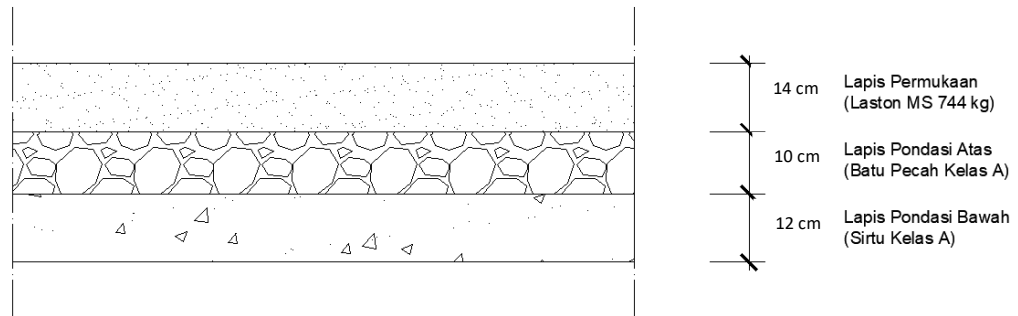
$$D_3 = 4,342 \text{ inch}$$

$$D_3 = 11,030 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm}$$

Untuk Lapis pondasi syarat minimum diperoleh 6 inci atau 15 cm, total lapis pondasi agregat diperoleh 8,165 inch atau 20,739 cm $\approx$ 22 cm

Berdasarkan perhitungan di atas maka diperoleh tebal lapis perkerasan lentur untuk lapisan permukaan sebesar 14 cm. Untuk lapis pondasi atas sebesar 10 cm. sedangkan untuk lapis pondasi bawah sebesar 12 cm. Gambar potongan

lapis perkerasan lentur hasil analisis metode AASHTO 1993 dapat dilihat pada Gambar 5.5 di bawah sebagai berikut.



Gambar 5. 5 Tebal Perkerasan Lentur Metode AASHTO 1993

5.3 Perhitungan Desain Perkerasan Metode Bina Marga 2017

5.4.1 Analisis Perhitungan Tebal Perkerasan

1. Umur Rencana

Jalur Jalan Lintas Selatan (JJLS) memiliki fungsi sebagai jalan kolektor dengan jenis perkerasan lentur dengan penentuan umur rencana dapat dilihat pada Tabel 3.12 maka diperoleh umur rencana 20 tahun dengan masa pelayanan dari tahun 2022 hingga 2042.

2. Faktor pertumbuhan laju lalu lintas kumulatif

Faktor laju pertumbuhan lalu lintas diperoleh dari Tabel 3.14 dengan nilai sebesar 3,5% karena Jalur Jalan Lintas Selatan (JJLS) merupakan jalan kolektor yang terdapat pada daerah Jawa. Nilai faktor pengali pertumbuhan lalu lintas dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.20 berikut.

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

$$R = \frac{(1+0,01 \times 3,5\%)^{20}-1}{0,01 \times 3,5\%}$$

$$R = 28,280$$

3. Faktor Lajur Rencana

Faktor distribusi arah (DD) di Jalur Jalan Lintas Selatan (JJLS) merupakan jalan 2 arah, digunakan nilai faktor distribusi arah sebesar 0,5. Untuk nilai faktor distribusi lajur (DL) dapat ditentukan berdasarkan Tabel 3.15. Nilai faktor distribusi lajur (DL) sebesar 100% karena Jalur Jalan Lintas Selatan (JJLS) hanya memiliki 1 lajur 1 setiap arahnya.

4. Faktor Ekuivalen Beban / *Vehicle Damage Factor* (VDF)

Beban lalu lintas dalam desain perkerasan akan dikonversikan ke dalam beban standar (ESA). Proses konversi beban lalu lintas menggunakan Faktor Ekuivalen Beban / *Vehicle Damage Factor* (VDF). Nilai VDF terdapat 2 jenis yaitu VDF_4 dan VDF_5 . Analisis perancangan struktur perkerasan dilaksanakan berdasarkan jumlah kumulatif ESA yang terdapat pada lajur rencana sepanjang umur yang direncanakan. Nilai VDF_4 normal pada Pulau Jawa yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.16. Penelitian ini dilakukan pada jalan baru maka hanya menggunakan nilai VDF_4 .

Untuk nilai VDF_4 dapat dihitung menggunakan rumus pada Persamaan 3.23. Adapun perhitungan VDF_4 untuk kendaraan golongan 2, 3 dan 4 sebagai berikut.

Golongan 2:

$$\begin{aligned} VDF_4 &= k \left[\frac{P}{8160} \right]^4 \\ VDF_4 &= \left[\frac{1000}{8160} \right]^4 \times 2 \\ VDF_4 &= 0,00045 \end{aligned}$$

Golongan 3:

$$\begin{aligned} VDF_4 &= k \left[\frac{P}{8160} \right]^4 \\ VDF_4 &= \left[\frac{1750}{8160} \right]^4 \times 2 \\ VDF_4 &= 0,0042 \end{aligned}$$

Golongan 4:

$$\begin{aligned} \text{VDF}_4 &= k \left[\frac{P}{8160} \right]^4 \\ \text{VDF}_4 &= \left[\frac{1750}{8160} \right]^4 \times 2 \\ \text{VDF}_4 &= 0,0042 \end{aligned}$$

5. Beban Sumbu Standar Kumulatif/*Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA)*

Beban sumbu standar kumulatif dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.24. Adapun perhitungan ESA_4 untuk kendaraan golongan 5a sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{ESA}_4 &= (\text{LHR}_{\text{JK}} \times \text{VDF}_{\text{JK}} \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R}) \\ &= (63,2023 \times 0,3 \times 365 \times 50\% \times 100\% \times 28,280) \\ &= 97856,877 \end{aligned}$$

6. Menghitung CESA_5

Nilai TM lapisan aspal yang digunakan untuk menghitung CESA_5 di Indonesia berkisar antara 1,8 – 2. Nilai TM di ambil nilai tengah sebesar 1,9. Adapun perhitungan CESA_5 pada golongan 5a sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{CESA}_5 &= \text{TM} \times \text{CESA}_4 \\ &= 1,9 \times 97856,877 \\ &= 185928,067 \end{aligned}$$

Langkah – Langkah perhitungan yang dilakukan pada jenis kendaraan 5a dilakukan untuk setiap jenis kendaraan sehingga diperoleh hasil rekapitulasi perhitungan ESA_5 yang dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Perhitungan CESA_4

Jenis Kendaraan	LHR 2020	LHR 2022	VDF4 normal	ESA_4 ('22)
2 (1.1)	4403	4716,604	0	0
3 (1.1)	767	821,630	0,00045	1912,858353
4 (1.1)	810	867,693	0,0042	18946,31098
5A (1.1)	446	477,767	0,0042	10432,16629

Lanjutan Tabel 5. 8 Rekapitulasi Perhitungan CESA₄

Jenis Kendaraan	LHR 2020	LHR 2022	VDF4 normal	ESA4 ('22)
5B (1.2)	59	63,203	0,3	97856,87742
6A.1 (1.1)	83	88,912	1	458876,8828
6B (1.2)	322	344,935	0,55	979121,6379
2 (1.1)	113	121,049	4	2498943,988
Jumlah	7003			4066090,722
			CESA4 (Juta)	4.066090722
			CESA5 (Juta)	7.725572372

7. Menentukan CBR subgrade

Berdasarkan data sekunder yang didapatkan dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah – DIY, diperoleh data nilai *CBR* sebesar 6%. Perhitungan nilai *CESA₅* diperoleh sebesar 7,7256 Juta. Berdasarkan Tabel 3.18 dengan nilai *CBR* dan *CESA₅* di atas untuk desain fondasi jalan diperoleh kelas kekuatan tanah dasar pada *SG6* maka untuk perkerasan lentur tanah dasar tidak diperlukan perbaikan.

8. Menentukan Struktur Perkerasan

Menentukan jenis struktur perkerasan lentur berdasarkan hasil perhitungan *CESA* dan umur rencana yang telah direncanakan. Penentuan jenis perkerasan lentur dapat lihat pada Tabel 3.19. Berdasarkan Tabel 3.19 dengan mengacu parameter yang dapat dilihat pada Tabel 5. 9 sebagai berikut.

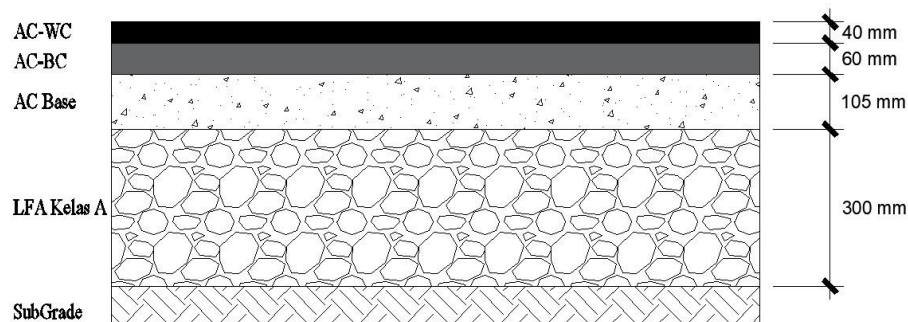
Tabel 5. 9 Parameter untuk Menentukan Struktur Perkerasan

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	Umur Rencana	Tahun	20
2	Pertumbuhan Lalu Lintas (i)	%	3,5
3	CBR Tanah Dasar	%	6
4	Faktor Pengali Pertumbuhan Lalu Lintas		28,280
5	Faktor distribusi lalu lintas (DD)	%	50
6	Faktor distribusi arah (DL)	%	100

Lanjutan Tabel 5. 9 Parameter unutm Menentukan Struktur Perkerasan

No	Parameter	Satuan	Nilai
7	Beban Sumbu Standar Kumulatif (CESA ₅) (juta)	ESA	7.7256

Dengan nilai *CESA* sebesar 7.7256 Juta untuk struktur perkerasan lapis fondasi berbutir dengan tebal AC ≥ 100 mm maka didapatkan untuk Bagan Desain 3B dapat dilihat pada Tabel 3.19. Berdasarkan Tabel 3.22 Bagan Desain 3B maka diperoleh tebal lapis perkerasan lentur AC-WC sebesar 40 mm, AC-BC sebesar 60 mm, AC Base sebesar 105 mm dan LPA Kelas A sebesar 300 mm. Gambar potongan lapis perkerasan lentur hasil analisis metode Bina Marga 2017 dapat dilihat pada Gambar 5.6 di bawah sebagai berikut.

**Gambar 5. 6 Tebal Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 2017**

5.5 Pembahasan

5.3.1 Pembahasan Hasil Perhitungan

Hasil perancangan tebal perkerasan lentur dengan metode AASHTO 1993 dan metode Bina Marga 2017 menunjukkan ketebalan yang berbeda. Hasil perhitungan tebal perkerasan menggunakan metode Bina Marga 2017 memiliki ketebalan yang lebih besar dibandingkan dengan metode AASHTO 1993. Perbedaan hasil kedua metode disebabkan parameter desain dari kedua metode dapat dilihat sebagai berikut.

a. Lalu lintas

Perhitungan metode AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017 menggunakan beban sumbu standar 8,16 Ton atau 18 kips ESAL. Untuk menghitung angka ekivalen (E) pada metode AASHTO 1993 dengan mencari Nilai lintas ekivalen selama umur rencana (W18) sedangkan untuk metode Bina Marga 2017 angka ekivalen diperoleh menggunakan nilai VDF yang dapat dilihat pada Tabel 3.16, angka ekivalen sendiri dihitung tiap jenis kendaraan berlaku untuk kedua metode. Pada umumnya perhitungan pada Bina Marga hanya dianalisa kendaraan dengan 6 (enam) roda. Dalam penelitian ini penulis melakukan perhitungan mulai dari kendaraan roda 4 (empat). Untuk perhitungan pada metode AASHTO 1993 semua kendaraan dianalisa kecuali kendaraan motor. Nilai VDF untuk kedua metode terdapat perbedaan. Nilai VDF untuk kedua metode dapat dilihat pada Tabel 5. 10 berikut.

Tabel 5. 10 Nilai VDF untuk AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017

Golongan Kendaraan	VDF	
	AASHTO 1993 (Hasil Perhitungan)	Bina Marga 2017 (Menggunakan Tabel 3. 16)
2	0,000609	0.00006
3	0,00442	0.0009
4	0,00442	0.0009
5a	0,0176	0,2
5b	0,2977	1
6a	0,1334	0,5
6b	5,481	5,1

Perbedaan nilai VDF kedua metode dapat disebabkan karena jenis kendaraan yang digunakan penulis pada metode AASHTO 1993 mengacu pada Gambar 3.4 sedangkan untuk nilai VDF untuk metode Bina Marga 2017 penulis mengacu pada Tabel 3.16.

b. Pemilihan nilai ΔPSI , Z_R , S_o dan m

Perancangan tebal perkerasan dengan metode Bina Marga 2017 tidak menggunakan parameter ΔPSI , Z_R , S_o dan m . Adapun pada metode AASHTO 1993 untuk melakukan perancangan tebal perkerasan menggunakan parameter ΔPSI , Z_R , S_o dan m . Parameter yang digunakan mencakup nilai kehilangan kemampuan pelayanan (ΔPSI), nilai deviasi standar normal (Z_R), nilai standar deviasi keseluruhan (S_o) dan koefisien drainase (m).

Parameter kehilangan kemampuan pelayanan (ΔPSI) berfungsi sebagai kriteria untuk mengetahui perlu dilaksanakan peningkatan pelayanan untuk ruas jalan tersebut. Penentuan P_o dan P_t pada analisis ini disesuaikan dengan kondisi Indonesia, nilai P_o dan P_t berdasarkan SKBI 1987 dapat mengacu pada Tabel 3.5 dan Tabel 3.4.

Adapun nilai deviasi standar normal (Z_R) diperoleh apabila nilai Reliabilitas (R) didapatkan, karena nilai deviasi standar normal (Z_R) dan nilai Reliabilitas (R) saling berkaitan. Reliabilitas merupakan nilai yang menunjukkan tingkat probabilitas perkerasan yang dirancang tetap memuaskan selama masa pelayanan. Nilai R dapat diperoleh berdasarkan tipe jalan yang ditinjau, contoh dengan tipe jalan kolektor dengan mengacu pada Tabel 3.6 maka nilai R sebesar 85%. Hubungan nilai R dan Z_R dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Pada Bina Marga 2017 parameter Reliabilitas (R) tidak tersedia, sedangkan pada AASHTO 1993 tersedia, hal ini menyebabkan perbedaan tebal lapis perkerasan. Parameter Reliabilitas (R) sangat berpengaruh pada hasil tebal lapis perkerasan dikarenakan Reliabilitas (R) merupakan parameter tingkat kepercayaan atau tingkat kepuasan terhadap pelayanan jalan selama umur rencana.

Untuk parameter deviasi standar keseluruhan (S_o) berfungsi untuk memperkirakan variasi dari input data. Pada AASHTO 1993 menyarankan untuk perkerasan lentur nilai S_o berkisar 0,40 - 0,50.

Parameter koefisien drainase (m) adalah fungsi kualitas drainase dan persen waktu yang terjadi selama satu tahun pada struktur perkerasan yang dipengaruhi kejenuhan kadar air. Untuk kualitas drainase dapat dilihat pada Tabel 3.9 dan koefisien pengaliran dapat mengacu pada Tabel 3.10. Koefisien drainase (m)

dapat diperoleh apabila sudah menghitung nilai faktor air hujan (P) dengan menggunakan Persamaan 3.16. Koefisien drainase (m) sangat berpengaruh terhadap perbedaan tebal lapis permukaan Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993.

Pada metode Bina Marga 2017 drainase perkerasan tidak digunakan untuk menentukan jenis perkerasan. Drainase perkerasan terdapat pada lapis pondasi agregat, dimana dapat mengalirkan air atau memiliki sifat *permeable*. Apabila drainase bawah permukaan tidak dapat disediakan karena kondisi lapangan tidak memungkinkan maka untuk nilai koefisien drainase “m” dapat disesuaikan menggunakan ketentuan AASHTO 1993.

c. Daya Dukung Tanah *Subgrade*.

Metode AASHTO 1993 untuk menentukan daya dukung tanah *subgrade* mengacu pada Persamaan 3.11. *Modulus Resilient* (M_R) merupakan kriteria kapasitas tanah untuk menerima deformasi yang disebabkan beban lalu lintas sepanjang umur pelayanan. Dengan nilai CBR sebesar 6% maka diperoleh nilai M_R sebesar 9000 psi.

Daya dukung tanah *subgrade* pada metode Bina Marga 2017 dapat ditentukan dengan mengacu pada Tabel 3.19. Dengan nilai CBR sebesar 6% mengacu Tabel 3.18 maka nilai CBR dapat langsung digunakan.

4. Penentuan Tebal Lapis Perkerasan Lentur

Untuk menentukan tebal lapis perkerasan pada Metode AASHTO 1993 dihitung dengan mengacu pada Persamaan 3.17 atau dapat dengan nomogram pada Gambar 3.9. Adapun pada metode Bina Marga 2017 dengan hasil perhitungan diperoleh nilai beban lalu lintas (CESA₄) sebesar 4.607 juta maka pemilihan jenis perkerasan dapat mengacu pada Tabel 3.19 dan dengan jenis perkerasan lapis fondasi berbutir dengan tebal $AC \geq 100$ mm sehingga untuk menentukan desain struktur perkerasan maka dapat mengacu pada Tabel 3.22 serta beban lalu lintas (CESA₅) sebesar 7.7256 juta didapatkan ketebalan lapis perkerasan pada kolom FFF4.

Rekapitulasi perbandingan parameter AASHTO 1993 dan metode Bina Marga 2017 dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut ini.

Tabel 5. 11 Rekapitulasi Parameter AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017

No	Parameter	Satuan	AASHTO 1993	Bina Marga 2017
1	Umur Rencana	Tahun	20	20
2	CBR tanah dasar	%	6	6
3.	Beban Lalu Lintas: <i>Equivalent Single Axle Load (ESAL)</i> <i>Cumulative Equivalent Standard Axles (CESA)</i>	ESAL ESA	W18 = 3.837.349,025 -	- CESA ₅ = 7.7256
4	Pertumbuhan Lalu Lintas	%	3,5	3,5
5	Daya Dukung Tanah	% Psi	CBR = 6 M _R = 9000	CBR = 6
6	Indeks Tebal Perkerasan	cm cm cm	SN total = 3,7 SN1 = 2,38 SN2 = 3,08	AC WC = 4 AC BC = 6 AC Base = 10,5 LFA Kelas A = 30
7	Parameter lain		a. Koefisien Drainase (m) = 1,3 b. Reabilitas (R) = 85 c. Deviasi Standar Normal (ZR) = - 1,037 d. Deviasi Standar Keseluruhan (So) = 0,45 e. Kehilangan Kemampuan Pelayanan (Δ PSI) = 1,7	Tidak Ada

Untuk perbandingan hasil nilai tebal lapis perkerasan dengan metode AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017 dapat dilihat pada Tabel 5.12 sebagai berikut.

Tabel 5. 12 Tebal Lapis Perkerasan metode AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017

Jenis Lapisan	Tebal Lapis Perkerasan (cm)	
	AASHTO 1993	Bina Marga 2017
Lapisan Permukaan	14	20,5
Lapis Fondasi Atas	10	30
Lapis Fondasi Bawah	11	-

5.3.2 Perbandingan Metode AASHTO 1993 dengan Metode Bina Marga 2017 dengan Beberapa Parameter

Perancangan tebal perkerasan lentur dengan metode AASHTO 1993 dan metode Bina Marga 2017 pada sub bab sebelumnya terdapat perbedaan pada beberapa parameter. Pada sub bab ini penulis ingin memberi informasi gambaran apabila dari kedua metode beberapa parameter disamakan. Maka contoh perhitungan untuk metode AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017 dengan menyamakan beberapa parameter dapat dilihat sebagai berikut.

1. Hasil perhitungan AASHTO 1993 di dapatkan tebal perkerasan lapis permukaan 14 cm, lapis fondasi atas 10 cm, dan lapis fondasi bawah 11 cm. Sedangkan pada Bina Marga 2017 diperoleh tebal perkerasan pada lapis permukaan 20,5 cm dan lapis fondasi atas 30 cm. Untuk menyamakan hasil tebal perkerasan AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017 maka tebal perkerasan dapat di samakan hanya menjadi lapis permukaan dan lapis fondasi atas saja. Untuk mengkonversi d_3 atau tebal perkerasan lapis fondasi bawah dapat digunakan Persamaan 5.1 sebagai berikut.

$$d_2' = \frac{a_3}{a_2} \times d_3 \quad (5.1)$$

keterangan:

d_2' = tebal lapis pondasi atas yang diperoleh dengan menggabungkan tebal lapis pondasi atas dan hasil konversi lapis pondasi bawah,

a_2 = koefisien lapis pondasi atas,

a_3 = koefisien lapis pondasi bawah, dan

d_3 = tebal lapis pondasi bawah.

Contoh perhitungan konversi d_3 menjadi d_2 dapat dilihat sebagai berikut.
dengan:

$$a_2 = 0,14$$

$$a_3 = 0,11$$

$$D_3 = 12 \text{ cm}$$

$$D_2' = \frac{a_3}{a_2} \times d_3$$

$$D_2' = \frac{0,11}{0,14} \times 12 \text{ cm}$$

$$D_2' = 9,429 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Total } D_2 &= D_2 + D_2' \\ &= 10 \text{ cm} + 9 \text{ cm} \\ &= 19 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sehingga apabila tebal perkerasan metode AASHTO 1993 dan Bina Marga 17 di bandingkan maka diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel 5.13 seperti berikut.

Tabel 5. 13 Perbandingan Tebal Perkerasan AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017 setelah dikonversi

Jenis Lapisan	Tebal Lapis Perkerasan (cm)	
	AASHTO 1993	Bina Marga 2017
Lapisan Permukaan	19	20,5

Lanjutan Tabel 5. 13 Perbandingan Tebal Tebal Perkerasan AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017 setelah dikonversi

Jenis Lapisan	Tebal Lapis Perkerasan (cm)	
	AASHTO 1993	Bina Marga 2017
Lapis Fondasi Atas	19	30
Total	33	48

2. Hasil perhitungan pada AASHTO memiliki nilai SN sedangkan pada Bina Marga 2017 langsung pada tebal tiap perkerasan. Untuk pada Bina Marga 2017 dapat diperoleh hasil menggunakan Persamaan 3.18 dengan menggunakan beberapa parameter pada AASHTO 1993, contoh perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

dengan:

Data AASHTO 1993:

$$a_1 = 0,44$$

$$a_2 = 0,14$$

$$m = 1,3$$

Data Bina Marga 2017:

$$D_1 = 20,5 \text{ cm} = 8,077 \text{ inci}$$

$$D_2 = 30 \text{ cm} = 11,82 \text{ inci}$$

Maka nilai SN untuk Bina Marga diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 SN &= a_1.D_1 + a_2.D_2.m^2 \\
 &= 0,44 \times 8,077 + 0,14 \times 11,82 \times 1,3 \\
 &= 3,120 + 2,151 \\
 &= 5,705
 \end{aligned}$$

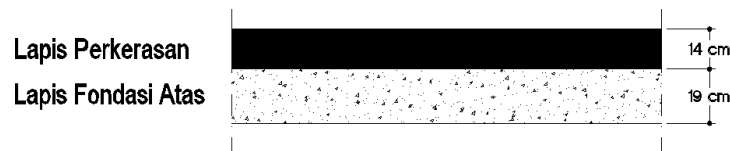
Maka nilai SN untuk metode Bina Marga 2017 yang diperoleh menggunakan parameter AASHTO 1993 nilainya sebesar 5,705.

Rekapitulasi perhitungan nilai SN untuk kedua metode dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5. 14 Nilai SN untuk AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017

	AASHTO 1993	Bina Marga 2017
SN	3,7	5,705

Hasil perhitungan metode AASHTO 1993 yang sudah dikonversi menjadi 2 lapis perkerasan yaitu lapis permukaan dan lapis fondasi atas. Untuk lapis permukaan diperoleh ketebalan tetap sebesar 14 cm. Sedangkan untuk lapis fondasi atas yang diperoleh dengan konversi lapis fondasi bawah atau d_3 didapatkan tebal sebesar 19 cm. Hasil ini dapat dilihat lebih tipis dibandingkan dengan perhitungan semula dikarena faktor parameter koefisien lapisan (a_2 , a_3). Dengan melakukan konversi maka untuk membandingkan lebih mudah. Untuk gambar potongan dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut ini.



Gambar 5. 7 Tebal 2 Lapis Perkerasan Metode AASHTO 1993

Untuk hasil perhitungan nilai SN pada Bina Marga 2017 menggunakan parameter AASHTO 1993 seperti koefisien lapisan (a_1 , a_2) diperoleh nilai sebesar 5,705. Hasil nilai SN AASHTO 1993 dengan Bina Marga memiliki perbedaan yang besar dikarenakan dalam perhitungan masih menggunakan beberapa faktor AASHTO 1993. Perbedaan hasil dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut ini.

**Tabel 5. 15 Rekapitulasi Hasil Perhitungan AASHTO 1993 dan Bina Marga
2017 setelah dikonversi**

No	Parameter	Satuan	AASHTO 1993	Bina Marga 2017
1	Umur Rencana	Tahun	20	20
2	CBR tanah dasar	%	6	6
3	Pertumbuhan Lalu Lintas	%	3,5	3,5
4	Daya Dukung Tanah	% Psi	CBR = 6 $M_R = 9000$	CBR = 6
5	Indeks Tebal Perkerasan		SN _{total} = 3,7 SN ₁ = 2,38 SN ₂ = 3,08	SN = 5,705
6	Tebal Lapis perkerasan	cm cm	Lapis Permukaan = 14 Lapis Fondasi Atas = 19	Lapis Permukaan = 20,5 Lapis Fondasi Atas = 30
7	Parameter lain		a. Koefisien Drainase (m) = 1,3 b. Reabilitas (R) = 85 c. Deviasi Standar Normal (ZR) = d. -1,037 e. Deviasi Standar Keseluruhan (So) = 0,45 Kehilangan Kemampuan Pelayanan (ΔPSI) = 1,7	Tidak Ada

3. Rekapitulasi Hasil Perhitungan metode AASHTO 1993 dengan nilai R= 90% dan R= 95%.

Perhitungan metode AASHTO 1993 menggunakan data yang sama hanya pada nilai Reabilitas. Rekapitulasi hasil perhitungan metode AASHTO 1993 dapat dilihat pada Tabel 5. 16 berikut.

Tabel 5. 16 Rekapitulasi Hasil Perhitungan metode AASHTO 1993 dengan nilai R=85%, R=90% dan D=95%

	Tebal Lapis Perkerasan								
i (%)	3,5			7			10		
R (%)	85	90	95	85	90	95	85	90	95
Lapis Permukaan (cm)	14	15	16	15	16	16	16	17	16
Lapis Pondasi Atas (cm)	10	11	11	11	11	11	11	12	11
Lapis Pondasi Bawah (cm)	12	12	12	12	12	12	12	13	12
Total (cm)	36	38	39	38	39	39	39	42	39

4. Rekapitulasi Hasil Perhitungan metode Bina Marga 2017 dengan $i=3,5\%$; $i=7\%$; $i=10\%$

Perhitungan metode Bina Marga 2017 menggunakan data yang sama hanya pada nilai pertumbuhan lalu lintas. Rekapitulasi hasil perhitungan metode Bina Marga 2017 dapat dilihat pada Tabel 5. 17 berikut.

Tabel 5. 17 Rekapitulasi Bina Marga 2017 dengan kombinasi nilai i

	Tebal Lapis Perkerasan (cm)		
R	(i = 3,5%) = 28,280	(i = 7%) = 40,995	(i = 10%) = 57,275
AC-WC	4	4	4
AC-BC	6	6	6
AC-Base	10,5	14,5	14,5
LFA Kelas A	30	30	30

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan yang telah dilaksanakan diperoleh kesimpulan untuk perbandingan Analisa tebal perkerasan lentur dengan metode AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Analisis tebal perkerasan jalan lentur pada Ruas Jalur Jalan Lintas Selatan (JJLS) menggunakan metode AASHTO 1993 diperoleh tebal lapis permukaan (*Surface Course*) sebesar 14 cm, tebal lapis pondasi atas (*Base Course*) sebesar 10 cm, dan lapis pondasi bawah (*Subbase Course*) sebesar 12 cm. Maka diperoleh total tebal perkerasan lentur dengan metode AASHTO 1993 sebesar 36 cm.
Analisis tebal perkerasan jalan lentur pada Ruas Jalur Jalan Lintas Selatan (JJLS) menggunakan metode Bina Marga 2017 diperoleh tebal lapis permukaan dengan sebesar 20,5 cm, tebal lapis pondasi atas sebesar 30 cm. Maka diperoleh total tebal perkerasan lentur dengan metode Bina Marga 2017 sebesar 50,5 cm.
2. Perbedaan hasil analisis metode AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017 diakibatkan karena terdapat faktor atau parameter yang digunakan berbeda tiap metode. Pada nilai CBR untuk kedua metode tidak terdapat perbedaan. Pada parameter daya dukung tanah terdapat perbedaan. Untuk metode AASHTO 1993 perlu menghitung nilai MR. Sedangkan untuk Bina Marga 2017 mengacu pada desain fondasi jalan minimum tidak diperlukan perbaikan. Parameter seperti nilai Reabilitas (R), Deviasi Standar Normal (ZR), Deviasi Standar Keseluruhan (So), Kehilangan Kemampuan Pelayanan (Δ PSI) dan Koefisien Drainase (m) pada metode AASHTO 1993 digunakan untuk mencari nilai Faktor ESAL (LEF). Pada metode Bina Marga 2017 tidak menggunakan parameter AASHTO 1993. Nilai VDF pada Bina Marga 2017 pada umumnya hanya tersedia untuk kendaraan roda 6 (enam) ke atas. Pada penelitian ini penulis menghitung nilai

VDF mulai dari kendaraan roda 4 (empat). Dari pembahasan di atas untuk desain perkerasan lentur pada Indonesia lebih baik menggunakan metode Bina Marga 2017, walaupun hasil Bina Marga 2017 lebih tebal dibandingkan AASHTO 1993. Karena Bina Marga 2017 sudah disesuaikan dengan kondisi yang ada di Indonesia.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis tebal perkerasan lentur menggunakan metode AASHTO 1993 dan Bina Marga 2017 pada ruas Jalur Jalan Lintas Selatan (JJLS) serta pembahasan yang telah dipaparkan dan kesimpulan yang telah diuraikan maka penulis memiliki saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian sebagai berikut.

1. Perencanaan tebal perkerasan lentur diharapkan data yang digunakan lebih akurat dan terbaru.
2. Pertimbangan pemilihan metode yang digunakan sangat mempengaruhi perencanaan tebal perkerasan lentur, pemilihan metode sebaiknya disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan data data yang terkait.
3. Perencanaan menggunakan metode AASHTO 1993 perlu dipelajari mengenai parameter yang digunakan apakah sesuai dengan kondisi lingkungan di Indonesia.
4. Parameter yang digunakan harus dipelajari terlebih dahulu agar meminimalisir kesalahan perhitungan ataupun pemilihan angka.
5. Penelitian berikutnya diharapkan dapat menggunakan metode lain yang digunakan dan dikembangkan oleh negara lain ataupun dapat menggunakan perpaduan beberapa metode.

DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway transportation Officials, 1993, *Guide for Design Pavement Structures*, Washington D.C.
- Akbar, S.J, dkk. 2014. *Komparasi Tebal Perkerasan Lentur Metode Aashto 1993 Dengan Metode Bina Marga*, Universitas Malikussaleh.
- Bamher, B.G. 2020. *Analisis Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 Pada Proyek Jalan Baru Batas Kota Singaraja-Mengwitani*, Buleleng.
- Cynthia, C.M, dkk, 2019. Analisa Tebal Perkerasan Lentur Jalan Baru Dengan Metode Bina Marga 2017 Dibandingkan Metode AASHTO 1993. *Jurnal Sipil Statik*. Vol. 7 No. 10. Manado.
- Diyaq, U. 2015. *Analisis Perbandingan Metode Bina Marga dan Metode AASHTO Sebagai Nilai Rancang tebal Lapis Perkerasan Lentur Jalan*, Universita Mataram.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *Petunjuk Perencanaan tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen SKBI – 2.3.26.1987, UDC: 625.73 (02)*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1990. *Petunjuk Desain Drainase Permukaan Jalan No. 008/T/BNKT/1990*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga Direktur Pembinaan Jalan Kota.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017, *Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Gunawan, F.N. 2019. *Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur pada Ruas Tempel-Pakem Dengan Menggunakan Metode AASHTO 1993 Dan Bina Marga 1987*, Universitas Islam Indonesia.
- Hakim, N.G, *Ketebalan Perkerasan Lentur Dengan Metode AASHTO 1993 Dan Manual Perkerasan Jalan 2017*. Sekolah Tinggi Teknologi Garut.
- Halim, S.N. 2018. *Evaluasi Tebal Perkerasan Dengan Metode Bina Marga 2017 Dan Aashto 1993 Serta Pengaruhnya Terhadap Rab*, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

- Hardiyatmo, H.C. 2015. *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Karnurin, F. 2020. *Perbandingan Desain perkerasan Lentur Metode Empirik Dan Metode Mekanistik-Empirik Menggunakan Program Kenpave Pada Ruas Jalan Milir-Sentolo*, Universitas Islam Indonesia.
- Khofifah, dkk. 2017. *Analisis Perbandingan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Komponen Skbi 1987 Dan Metode Aashto 1993 Di Ruas Jalan Bugul-Kepel Kota Pasuruan*.
- Kholiq, A. 2014. Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Antara Bina Marga Dan Aashto'93. *Jurnal J-ENSITEC*, No. 01. Universitas Majalengka.
- Manoppo, C.N. 2021. Analisa Perbandingan Desain Lapis Tambah (Overlay) Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Metode Bina Marga 2017 Dan Aashto 1993, *Jurnal Sipil Statik*. Vol.7. No. 10. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Muyasyaroh, S.L. 2017. Analisis Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Analisa Komponen Skbi 1987 Bina Marga Dan Metode Aashto 1993, *Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*.
- Permana, M.Y, dkk. 2019. Perencanaan Perkerasan Pada Ruas Jalan Dari Simpang Jalan Gatot Subroto Barat Sampai Simpang Jalan Gunung Soputan Denpasar.
- Pradoto, N.N. 2017. Analisis Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Analisa Komponen Skbi 1987 Dan Metode Aashto 1993, *Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*.
- Republik Indonesia, 2004, *Undang – undang Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 Tentang Jalan*, Jakarta: Pemerintah republik Indonesia.
- Republik Indonesia, 2009, *Undang – undang Republik Indonesia No. 22 Tahun 2009 Tentang lalu lintas dan angkutan jalan*, Jakarta: Pemerintah republik Indonesia.
- Silwanus, dkk. 2020. Perbandingan Perencanaan tebal Perkerasan Kaku Dengan Menggunakan Metode Bina Marga 04/Se/Db/2017 dan Metode Aashto 1993. *Universitas Muhammadiyah Tangerang*.
- Sukirman, S. 1999. Perkerasan Lentur Jalan Raya, Bandung: Nova.
- Tenriajeng, A.T. 2002. Rekayasa Jalan Raya 2. Depok: Gunadarma.

- Ulya, K.S. 2017. Analisis Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 Dan Aashto 1993, *Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*.
- Ulhaq, D. 2015. Analisis Perbandingan Metode Bina Marga Dan Metode Aashto Sebagai Nilai Rancang Tebal Lapis Perkerasan Lentur Jalan, *Universitas Mataram*.
- Wesli, W., & Akbar, S. J. (2017). Komparasi Tebal Perkerasan Lentur Metode Aashto 1993 Dengan Metode Bina Marga. *Teras Jurnal*. Vol.4, No.2. Universitas Malikussaleh.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Lalu Lintas Harian Rata-rata Tepus-Jerukwudel

LALU LINTAS HARIAN RATA-RATA (LHR) TAHUN 2020

KETERANGAN	KENDARAAN BERMOTOR											KENDARAAN TIDAK BERMOTOR	JUMLAH TOTAL
	SEPEDA MOTOR, SCOTER DAN	SEDAN, JEEP, STATION WAGON	OPLET, PICK UP, COMBI DAN	PICK UP, MICRO TRUK DAN MOBIL	BUS KECIL	BUS BESAR	TRUK 2 SUMBU 4 RODA	TRUK 2 SUMBU 6 RODA (H)	TRUK 3 SUMBU	TRUK GANDENGAN	TRUK TRAILER		
	1	2	3	4	5a	5b	6a.1	6b	7a	7b	7c	8	
LHR DALAM SATUAN KEND/HR	4403	767	810	446	59	83	322	113	0	0	0	0	7003

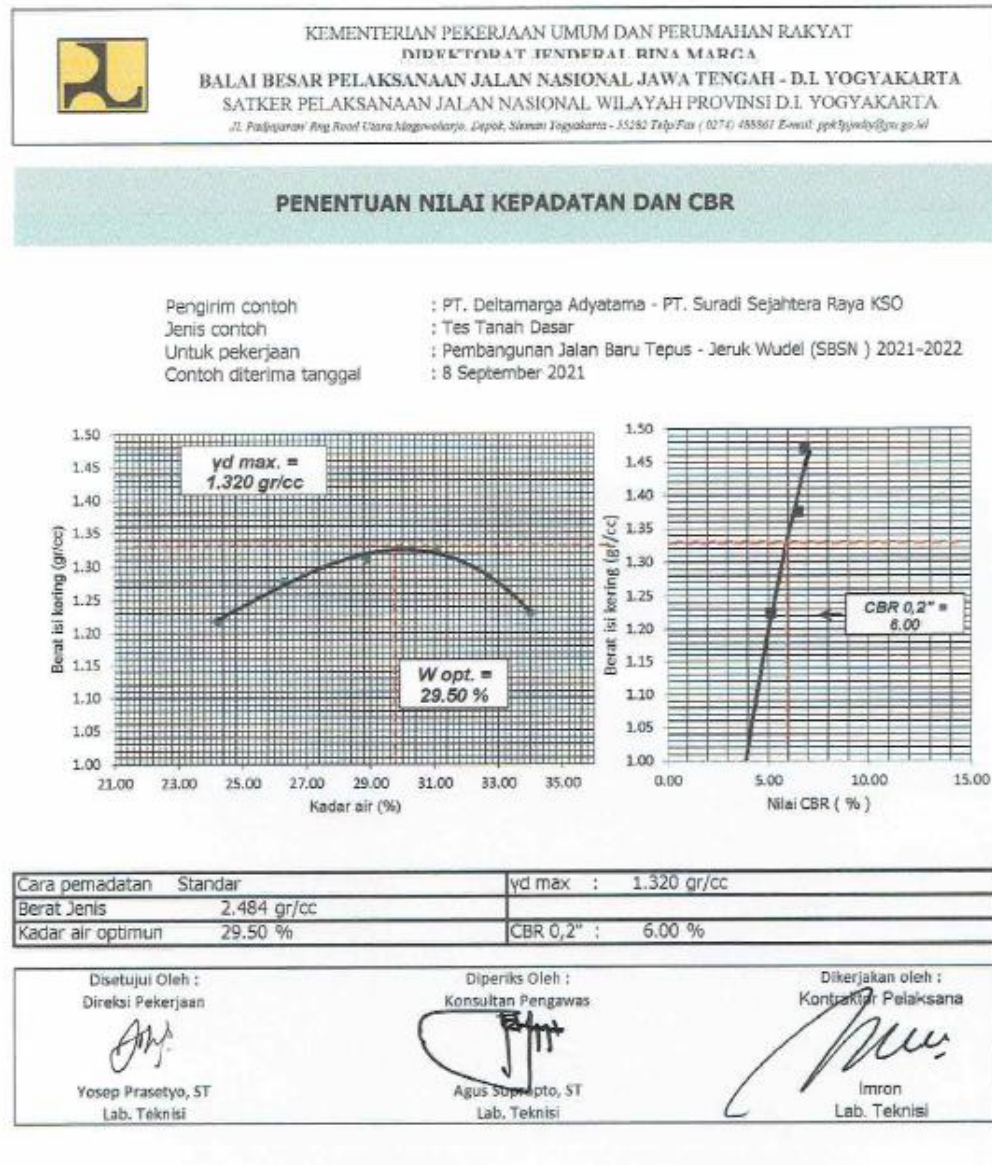
Lampiran 2 Data Hari Hujan Bulanan (Hari)

DATA HARI HUJAN BULANAN (HARI)

Nama Provinsi: Yogyakarta
Nama kabupaten: Gunung Kidul
Nama Stasiun: PSDA. TEPUS

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Jumlah Tahunan	hari hari
2017	24	18	20	18	4	6	6	3	6	17	23	19	164	
2018	26	18	20	6	0	0	1	2	4	10	18	21	126	
2019	25	16	21	7	1	1	0	1	1	1	4	11	89	
2020	18	17	23	15	10	7	2	4	8	17	19	26	166	
2021	26	27	21	11	1	10	4	7	7	13	27	26	180	
											Total Tahunan		725	
											Jumlah Rata-rata		145	

Lampiran 3 Data Test Tanah Dasar dan CBR



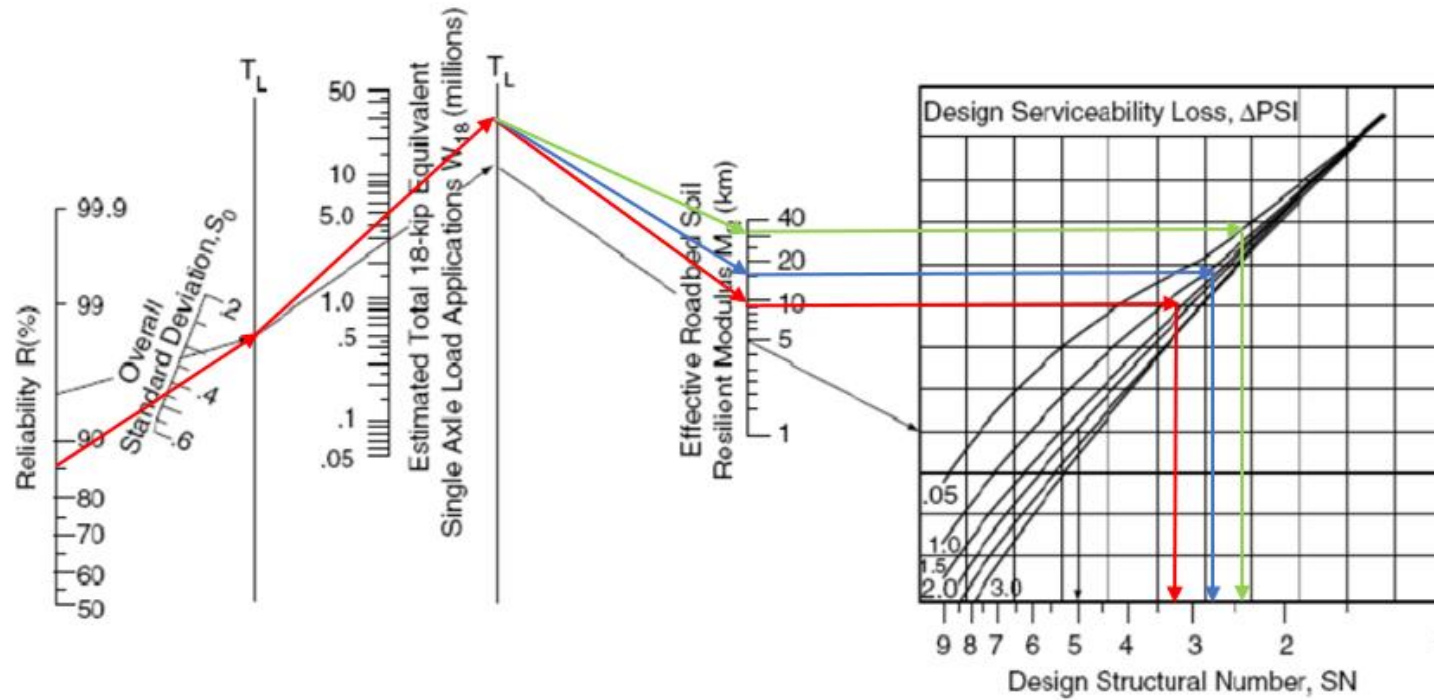
Lampiran 4 Rekapitulasi Angka Ekivalen (E) / Nilai Faktor ESAL (LEF) Metode 1993

Jenis Kendaraan	Ton	Kips	LEF		VDF
			Depan	Belakang	
Sedan, jeep, station wagon (1.1)	2	4,409	0,000305	0,000305	0,000609
Oplet, pick up, combi dan minibus (1.1)	3,5	7,716	0,00221	0,00221	0,00442
Pick up, micro truck dan mobil hantaran (1.1)	3,5	7,716	0,00221	0,00221	0,00442
5A (1.1)	5	11,023	0,0088	0,0088	0,0176
5B (1.2)	9	19,841	0,0196	0,2781	0,2977
6A.1 (1.1)	12	18,298	0,0667	0,0667	0,1334
6B (1.2)	18,2	40,124	0,327	5,154	5,481

Lampiran 5 Rekapitulasi W18 Metode AASHTO 1993 dengan nilai $i = 3,5\%$ dan $R = 85\%$

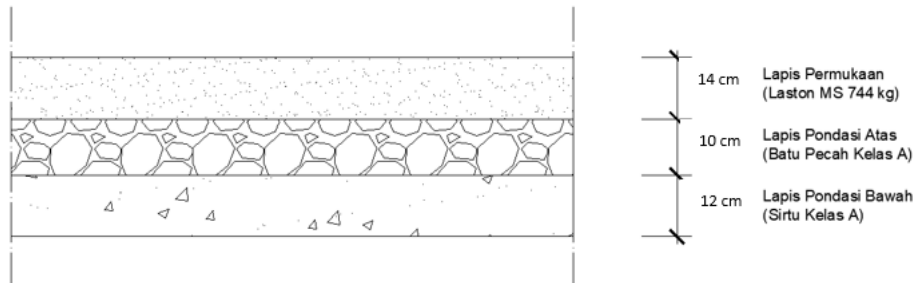
Jenis Kendaraan	Estimasi LHR 2022	VDF	DD	DL	R	W ₁₈
Sedan, jeep, station wagon (1.1)	821,630	0,000609	0,5	1	28,280	2583,778
Oplet, pick up, combi dan minibus (1.1)	867,692	0,004419	0,5	1	28,280	19788,601
Pick up, micro truck dan mobil hantaran (1.1)	477,766	0,004419	0,5	1	28,280	10895,946
5A (1.1)	63,202	0,0176	0,5	1	28,280	5728,361
5B (1.2)	88,912	0,2977	0,5	1	28,280	136625,235
6A.1 (1.1)	344,934	0,1334	0,5	1	28,280	237480,173
6B (1.2)	121,048	5,481	0,5	1	28,280	3424246,931
						3.837.349,025

Lampiran 6 Nilai SN Menggunakan Nomogram dengan nilai $i = 3,5\%$ dan $R = 85\%$



Gambar L6 Menentukan Nilai SN Dengan Nomogram dengan nilai $i = 3,5\%$ dan $R = 85\%$

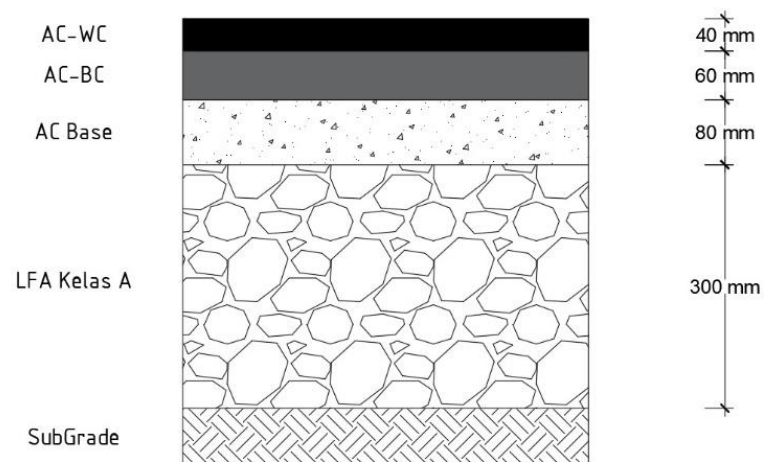
Lampiran 7 Gambar Hasil Metode 1993 dengan nilai $I = 3,5\%$ dan $R = 85\%$



Gambar L7 Hasil Perhitungan Metode 1993 dengan nilai $I = 3,5\%$ dan $R = 85\%$

Lampiran 8 Rekapitulasi Perhitungan CESA5 dengan nilai $i = 3,5\%$

Jenis Kendaraan	Lintas Harian Rata-rata 2020	LHR 2022	VDF4 normal	ESA4 ('22)	
[1]	[2]	[3]	[5]	[7]	
Motor, scooter, kend. Motor roda 3	4403	4716,603675	0	0	
Sedan, jeep, station wagon (1.1)	767	821,629575	0,00045	1912,858353	
Oplet, pick up, combi dan minibus (1.1)	810	867,69225	0,0042	18946,31098	
Pick up, micro truck dan mobil hantaran (1.1)	446	477,76635	0,0042	10432,16629	
5A	59	63,202275	0,3	97856,87742	
5B	83	88,911675	1	458876,8828	
6A	322	344,93445	0,55	979121,6379	
6B	113	121,048425	4	2498943,988	
Jumlah	7003			4066090,722	
			CESA4	4,066090722	JUTA
			CESA5	7,725572372	JUTA

Lampiran 9 Gambar Hasil Metode 2017 dengan nilai $i = 3,5\%$ **Gambar L9 Hasil Perhitungan Metode 2017**

Lampiran 10 Rekapitulasi W18 Metode AASHTO 1993 dengan nilai $i = 3,5\%$, $R = 90\%$ dan $R = 95\%$

Jenis Kendaraan	LHR 2022	LEF	DD	DL	R	W ₁₈	
Sedan, jeep, station wagon (1.1)	821,630	0,000609	0,5	1	28,280	2583,778	
Oplet, pick up, combi dan minibus (1.1)	867,692	0,004419	0,5	1	28,280	19788,601	
Pick up, micro truck dan mobil hantaran (1.1)	477,766	0,004419	0,5	1	28,280	10895,946	
5A (1.1)	63,202	0,0176	0,5	1	28,280	5728,361	
5B (1.2)	88,912	0,2977	0,5	1	28,280	136625,235	
6A.1 (1.1)	344,934	0,1334	0,5	1	28,280	237480,173	
6B (1.2)	121,048	5,481	0,5	1	28,280	3424246,931	
						3.837.349,025	tahun

Lampiran 11 Rekapitulasi W18 Metode AASHTO 1993 dengan nilai $i = 7\%$, $R = 85\%$, $R = 90\%$ dan $R = 95\%$

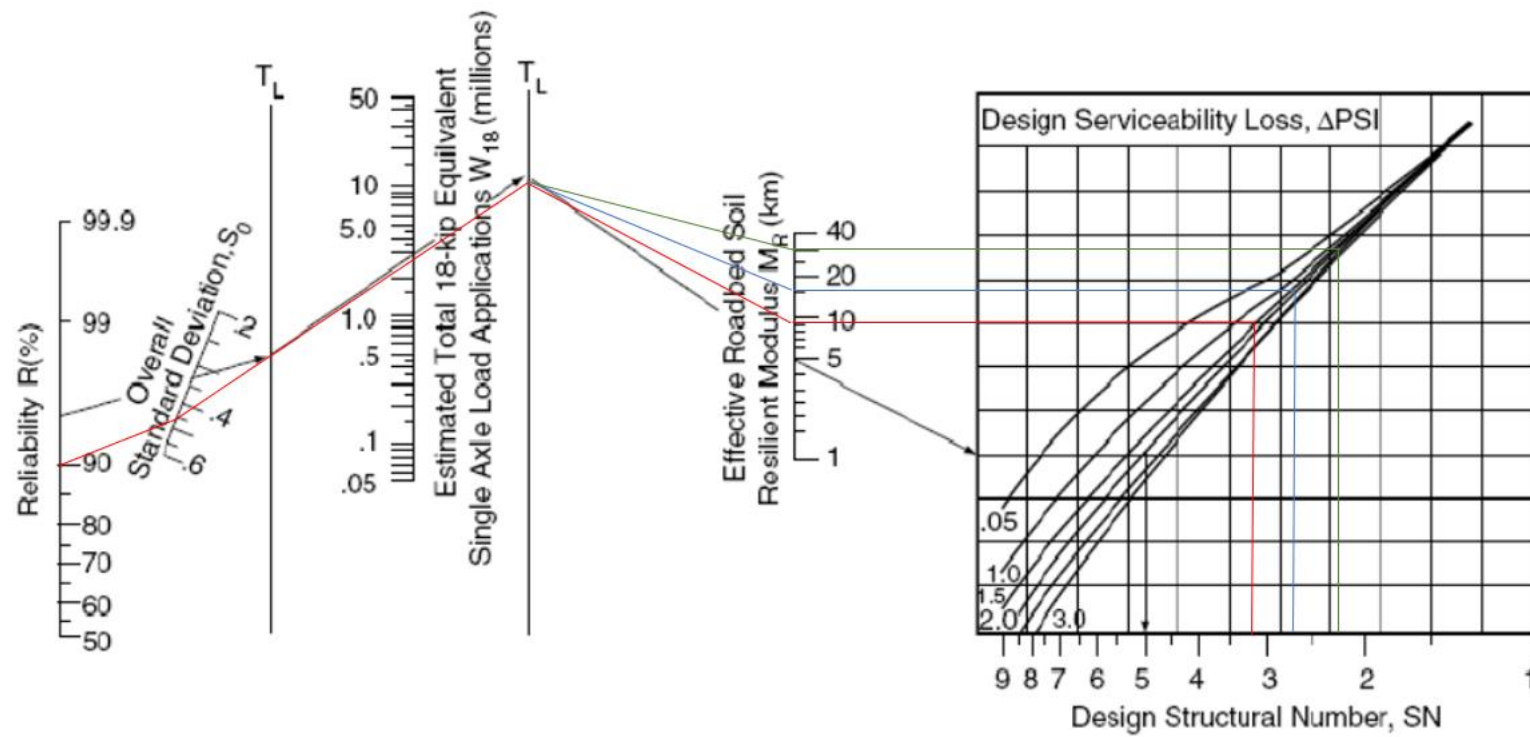
Jenis Kendaraan	LHR 2022	LEF	DD	DL	R	W ₁₈	
Sedan, jeep, station wagon (1.1)	821,630	0,000609	0,5	1	40,995	3745,560	
Oplet, pick up, combi dan minibus (1.1)	867,692	0,004419	0,5	1	40,995	28686,442	
Pick up, micro truck dan mobil hantaran (1.1)	477,766	0,004419	0,5	1	40,995	15795,251	
5A (1.1)	63,202	0,0176	0,5	1	40,995	8304,088	
5B (1.2)	88,912	0,2977	0,5	1	40,995	198058,055	
6A.1 (1.1)	344,934	0,1334	0,5	1	40,995	344261,887	
6B (1.2)	121,048	5,481	0,5	1	40,995	4963941,592	
						5.562.792,874	tahun

Lampiran 12 Rekapitulasi W18 Metode AASHTO 1993 dengan nilai $i = 10\%$, $R = 85\%$, $R = 90\%$ dan $R = 95\%$

Jenis Kendaraan	LHR 2022	LEF	DD	DL	R	W ₁₈
Sedan, jeep, station wagon (1.1)	821,630	0,000609	0,5	1	57,275	5232,940
Oplet, pick up, combi dan minibus (1.1)	867,692	0,004419	0,5	1	57,275	40077,966
Pick up, micro truck dan mobil hantaran (1.1)	477,766	0,004419	0,5	1	57,275	22067,621
5A (1.1)	63,202	0,0176	0,5	1	57,275	11601,681
5B (1.2)	88,912	0,2977	0,5	1	57,275	276707,861
6A.1 (1.1)	344,934	0,1334	0,5	1	57,275	480969,938
6B (1.2)	121,048	5,481	0,5	1	57,275	6935146,673
						7.771.804,680

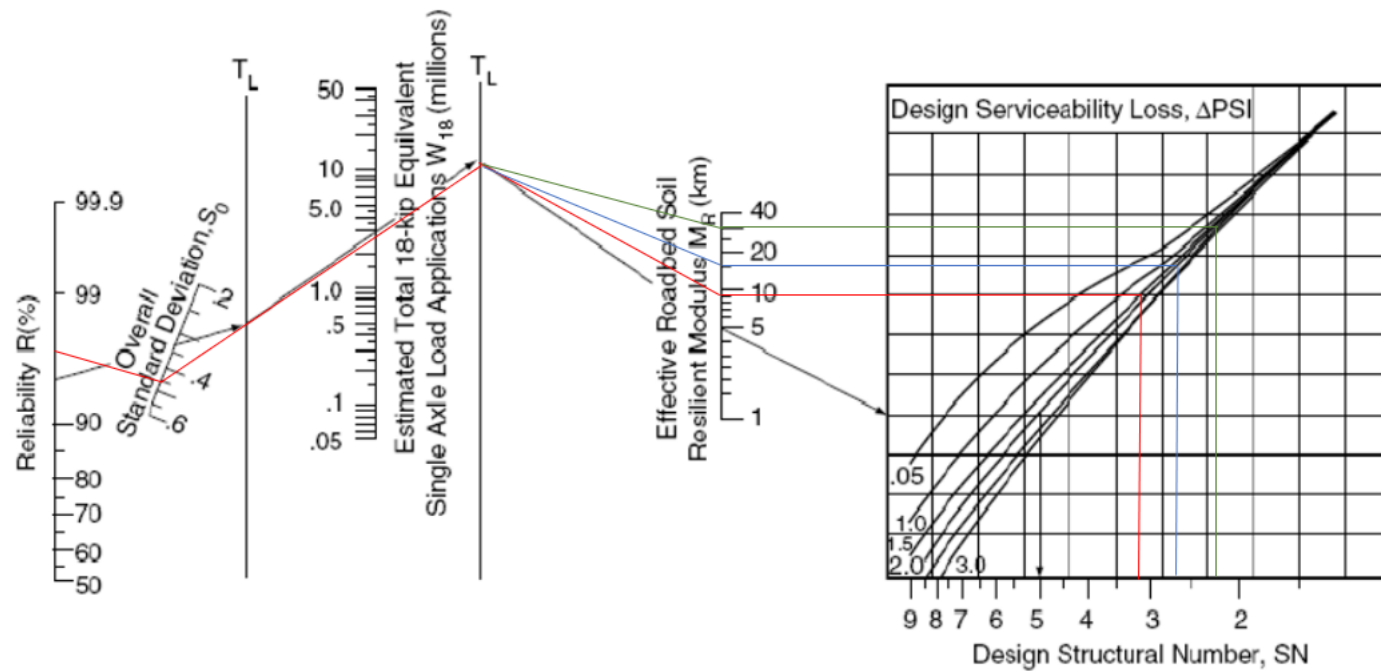
tahun

Lampiran 13 Nilai SN Menggunakan Nomogram dengan nilai $i = 3,5\%$ dan $R = 90\%$



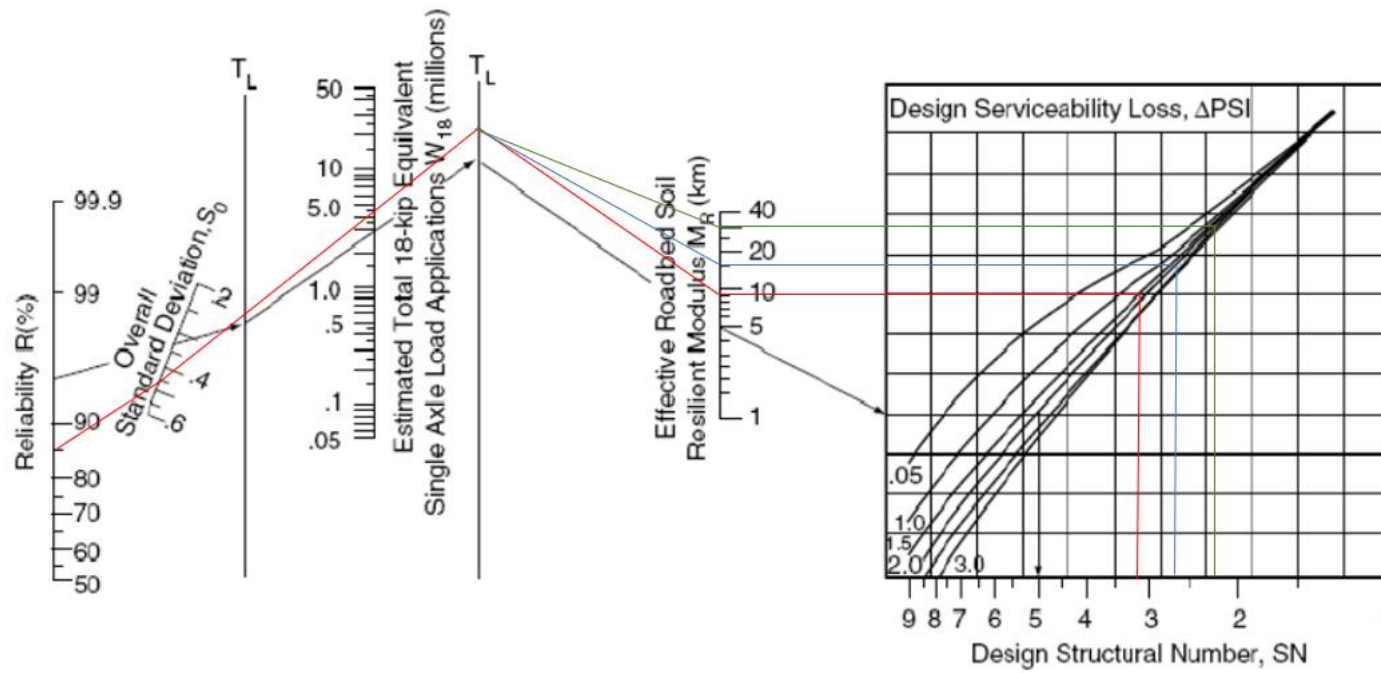
Gambar L10 Menentukan Nilai SN Dengan Nomogram dengan nilai $i = 3,5\%$ dan $R = 90\%$

Lampiran 14 Nilai SN Menggunakan Nomogram dengan nilai $i = 3,5\%$ dan $R = 95\%$



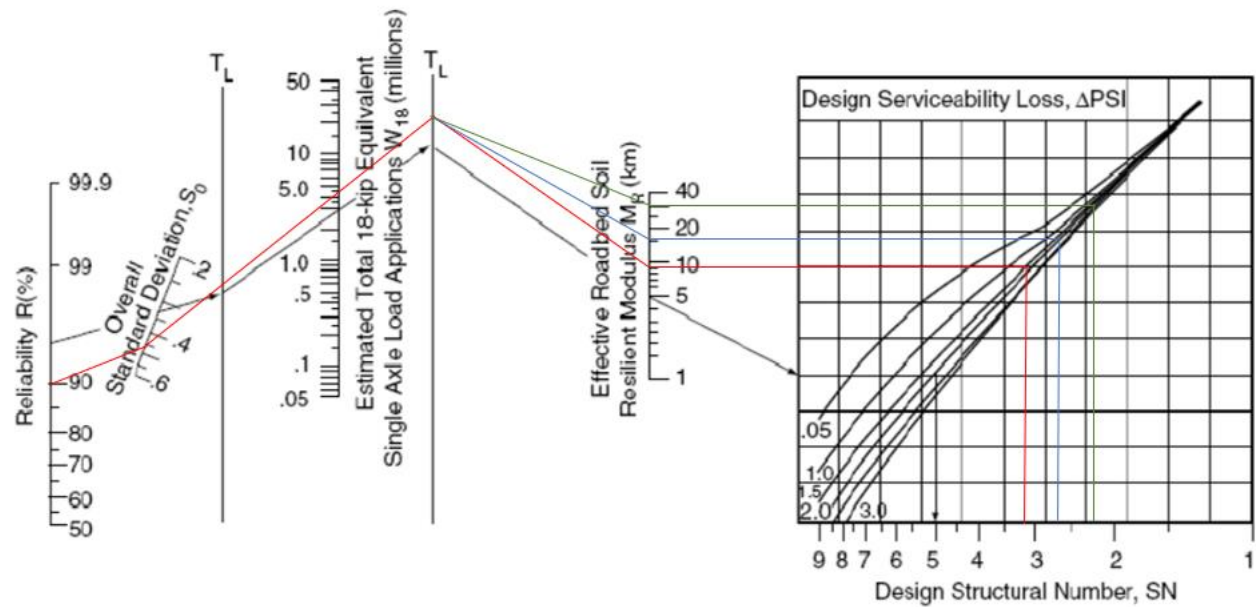
Gambar L11 Menentukan Nilai SN Dengan Nomogram dengan nilai $i = 3,5\%$ dan $R = 95\%$

Lampiran 15 Nilai SN Menggunakan Nomogram dengan nilai $i = 7\%$ dan $R = 85\%$



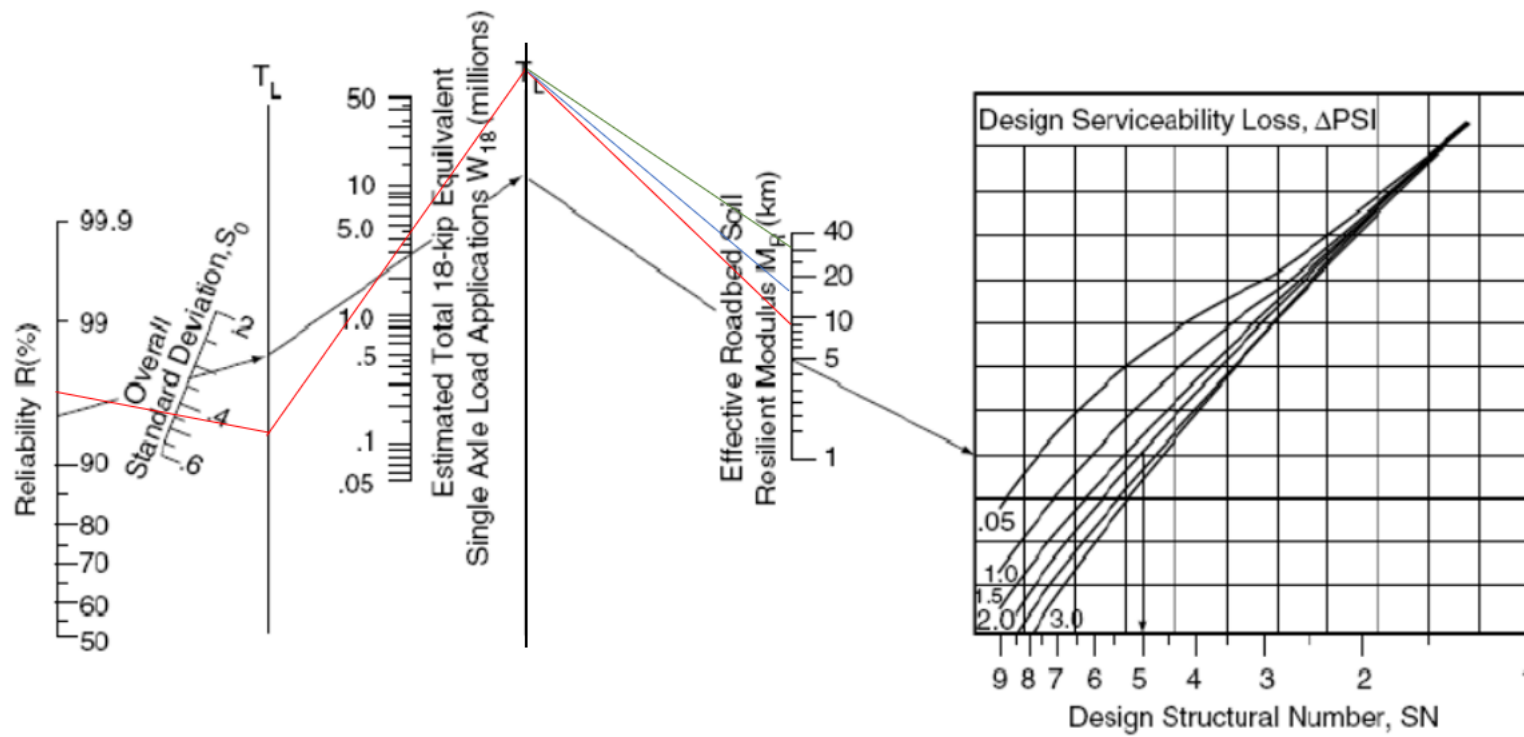
Gambar L12 Menentukan Nilai SN Dengan Nomogram dengan nilai $i = 7\%$ dan $R = 85\%$

Lampiran 16 Nilai SN Menggunakan Nomogram dengan nilai $i = 7\%$ dan $R = 90\%$



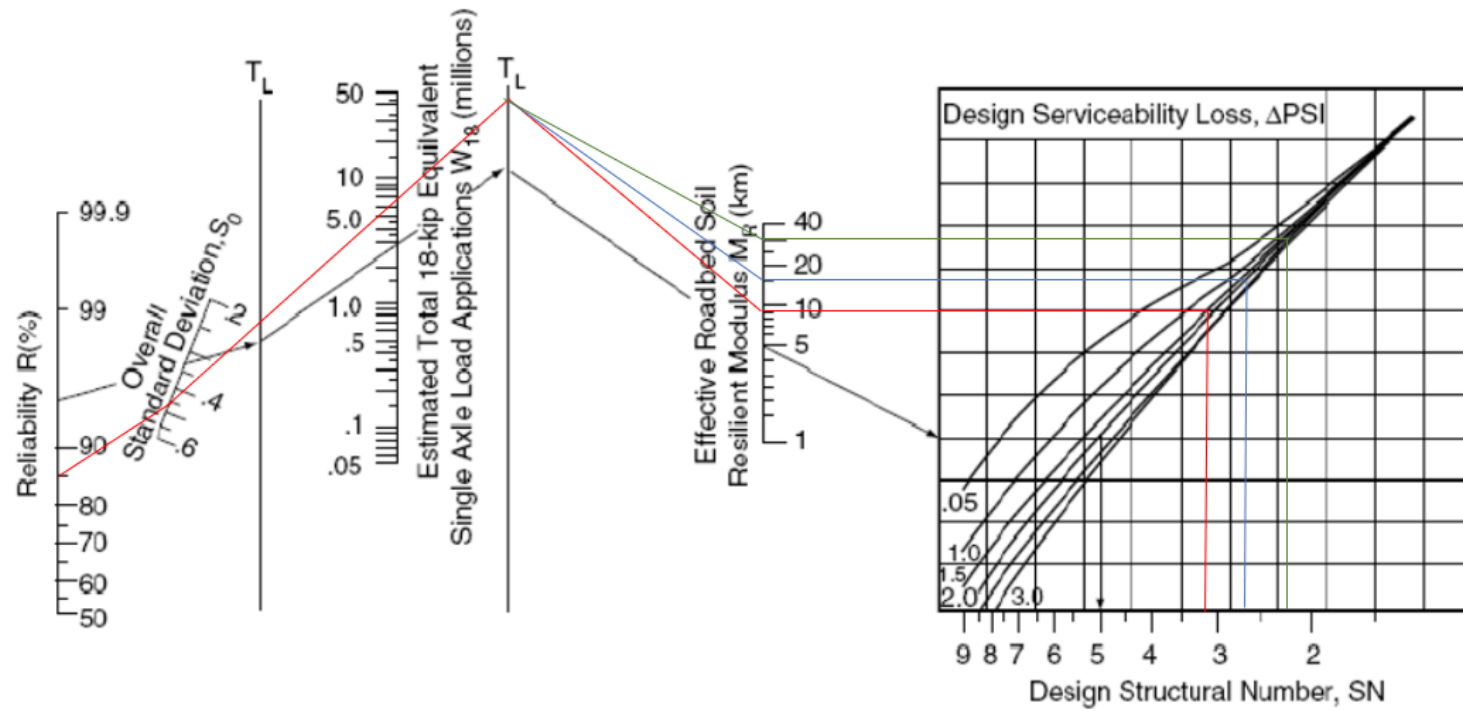
Gambar L13 Menentukan Nilai SN Dengan Nomogram dengan nilai $i = 7\%$ dan $R = 90\%$

Lampiran 17 Nilai SN Menggunakan Nomogram dengan nilai $i = 7\%$ dan $R = 95\%$



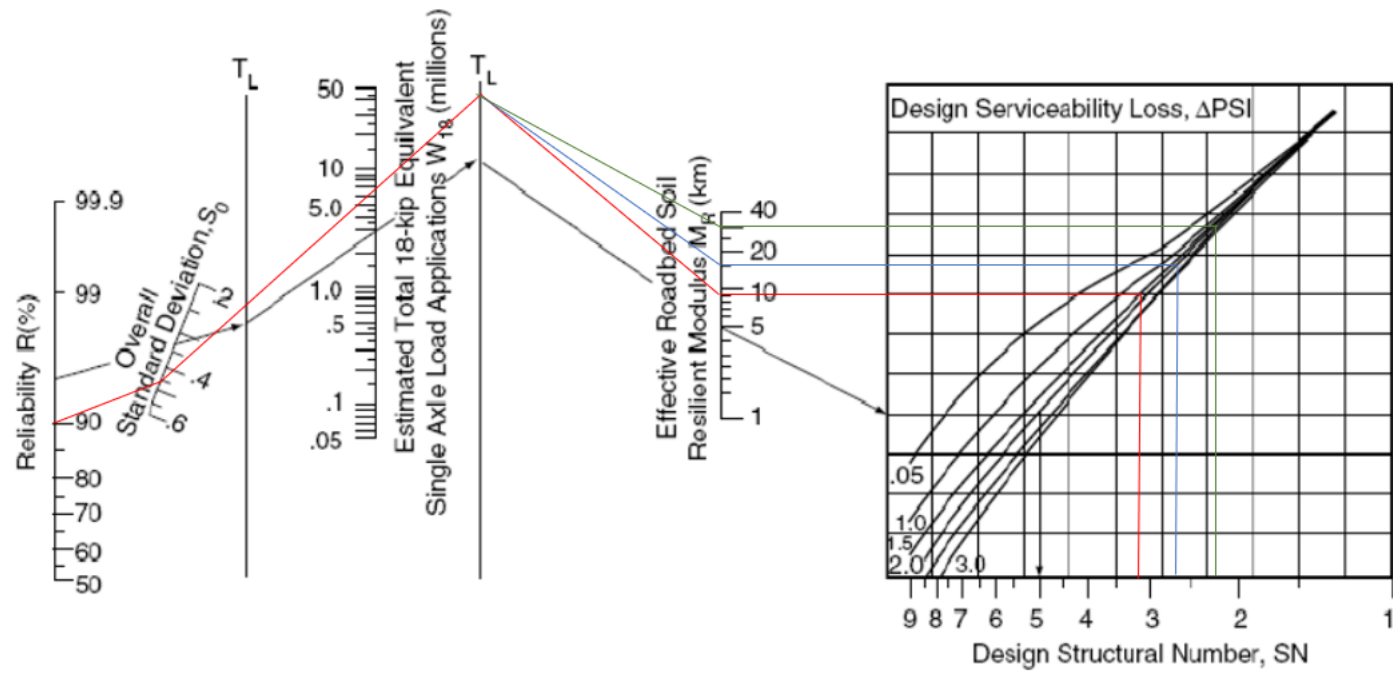
Gambar L14 Menentukan Nilai SN Dengan Nomogram dengan nilai $i = 7\%$ dan $R = 95\%$

Lampiran 18 Nilai SN Menggunakan Nomogram dengan nilai $i = 10\%$ dan $R = 85\%$



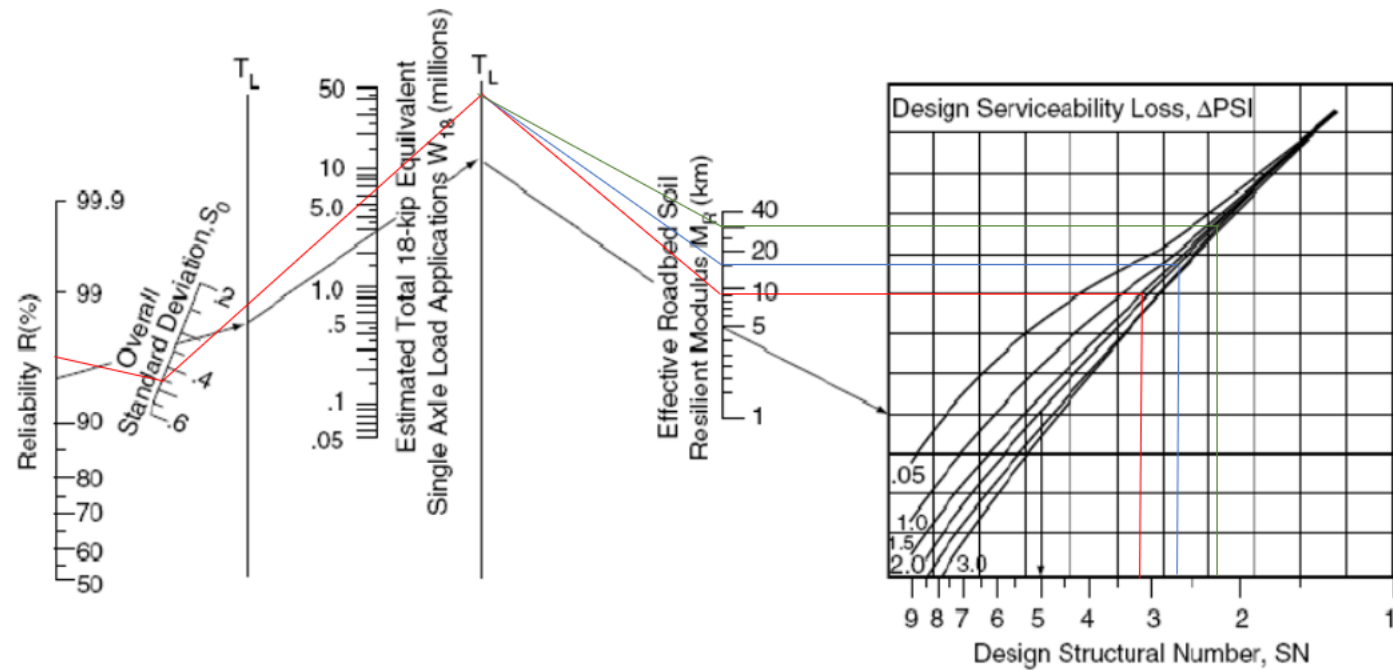
Gambar L15 Menentukan Nilai SN Dengan Nomogram dengan nilai $i = 10\%$ dan $R = 85\%$

Lampiran 19 Nilai SN Menggunakan Nomogram dengan nilai $i = 10\%$ dan $R = 90\%$



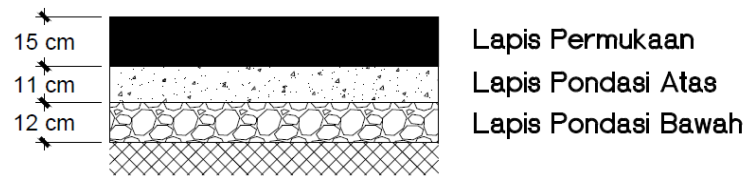
Gambar L16 Menentukan Nilai SN Dengan Nomogram dengan nilai $i = 10\%$ dan $R = 90\%$

Lampiran 20 Nilai SN Menggunakan Nomogram dengan nilai $i = 10\%$ dan $R = 95\%$



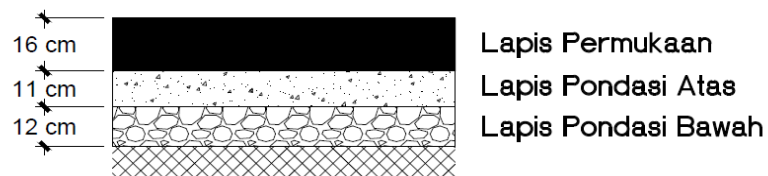
Gambar L17 Menentukan Nilai SN Dengan Nomogram dengan nilai $i = 10\%$ dan $R = 95\%$

Lampiran 21 Gambar Hasil Metode 1993 dengan nilai $i = 3,5\%$ dan $R = 90\%$



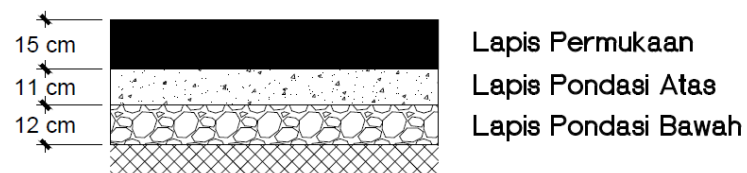
Gambar L18 Hasil Perhitungan Metode 1993 dengan nilai $I = 3,5\%$ dan $R = 90\%$

Lampiran 22 Gambar Hasil Metode 1993 dengan $i = 3,5\%$ dan $R = 95\%$



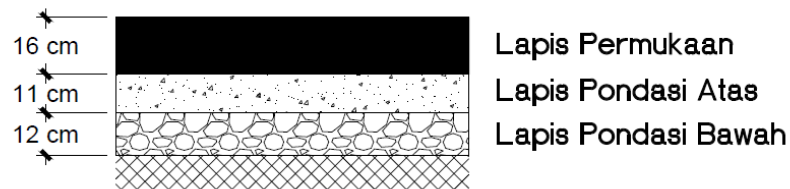
Gambar L19 Hasil Perhitungan Metode 1993 dengan nilai $I = 3,5\%$ dan $R = 95\%$

Lampiran 23 Gambar Hasil Metode 1993 dengan $i = 7\%$ dan $R = 85\%$



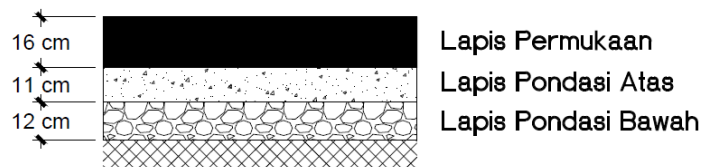
Gambar L20 Hasil Perhitungan Metode 1993 dengan nilai $I = 7\%$ dan $R = 85\%$

Lampiran 24 Gambar Hasil Metote 1993 dengan $i = 7\%$ dan $R = 90\%$



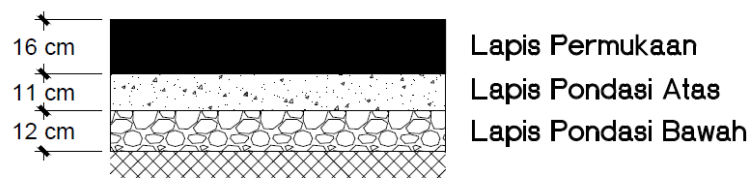
Gambar L21 Hasil Perhitungan Metode 1993 dengan nilai $I = 7\%$ dan $R = 90\%$

Lampiran 25 Gambar Hasil Metote 1993 dengan $i = 7\%$ dan $R = 95\%$

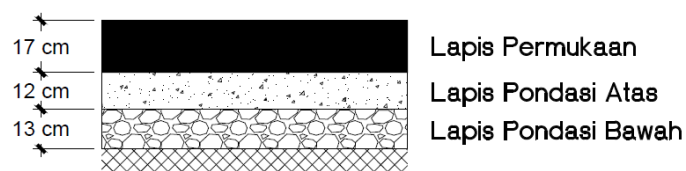


Gambar L22 Hasil Perhitungan Metode 1993 dengan nilai $I = 7\%$ dan $R = 95\%$

Lampiran 26 Gambar Hasil Metote 1993 dengan $i = 10\%$ dan $R = 85\%$

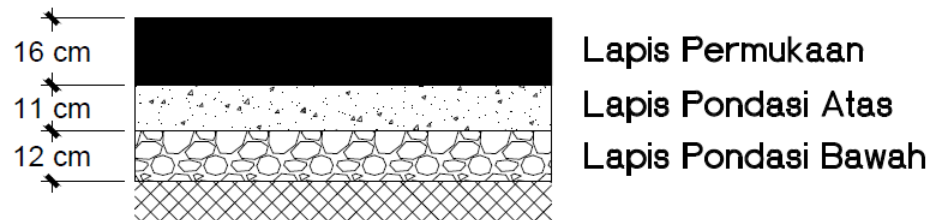


Gambar L23 Hasil Perhitungan Metode 1993 dengan nilai $I = 10\%$ dan $R = 85\%$



Gambar L24 Hasil Perhitungan Metode 1993 dengan nilai $I = 10\%$ dan $R = 90\%$

Lampiran 27 Gambar Hasil Metote 1993 dengan $i = 10\%$ dan $R = 90\%$



Gambar L25 Hasil Perhitungan Metode 1993 dengan nilai $I = 10\%$ dan $R = 95\%$

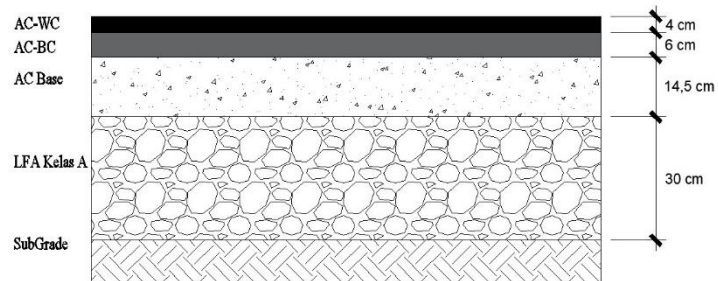
Lampiran 28 Rekapitulasi Perhitungan CESA5 dengan nilai $i = 7\%$

Jenis Kendaraan	Lintas Harian Rata-rata 2020	LHR 2022	VDF4 normal	ESA4 ('22)	
[1]	[2]	[3]	[5]	[7]	
Motor, scooter, kend. Motor roda 3	4403	5040,9947	0	0	
Sedan, jeep, station wagon (1.1)	767	878,1383	0,00045	2963,679629	
Oplet, pick up, combi dan minibus (1.1)	810	927,369	0,0042	29354,39303	
Pick up, micro truck dan mobil hantaran (1.1)	446	510,6254	0,0042	16163,03616	
5A	59	67,5491	0,3	151614,1714	
5B	83	95,0267	1	710959,1089	
6A	322	368,6578	0,55	1516998,291	
6B	113	129,3737	4	3871729,123	
Jumlah	7003			6299781,804	
			CESA4	6,299781804	JUTA
			CESA5	11,96958543	JUTA

Lampiran 29 Rekapitulasi Perhitungan CESA5 dengan nilai $i = 10\%$

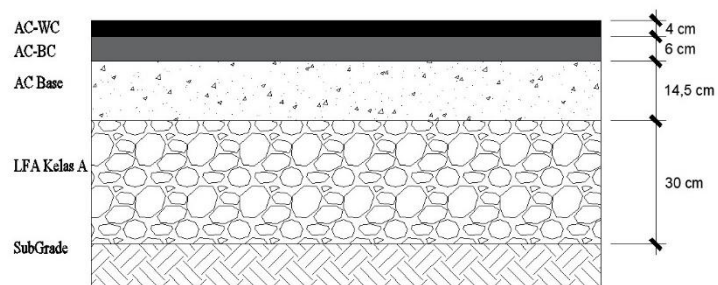
Jenis Kendaraan	Lintas Harian Rata-rata 2020	LHR 2022	VDF4 normal	ESA4 ('22)	
[1]	[2]	[3]	[5]	[7]	
Motor, scooter, kend. Motor roda 3	4403	5327,63	0	0	
Sedan, jeep, station wagon (1.1)	767	928,07	0,00045	4376,007501	
Oplet, pick up, combi dan minibus (1.1)	810	980,1	0,0042	43343,09377	
Pick up, micro truck dan mobil hantaran (1.1)	446	539,66	0,0042	23865,45657	
5A	59	71,39	0,3	223865,2062	
5B	83	100,43	1	1049763,396	
6A	322	389,62	0,55	2239916,837	
6B	113	136,73	4	5716783,797	
Jumlah	7003			9301913,795	
			CESA4	9,301913795	JUTA
			CESA5	17,67363621	JUTA

Lampiran 30 Gambar Hasil Metode 2017 dengan nilai $i = 7\%$



Gambar L26 Hasil Perhitungan Metode 2017 dengan nilai $I = 7\%$

Lampiran 31 Gambar Hasil Metode 2017 dengan nilai $i = 10\%$



Gambar L27 Hasil Perhitungan Metode 2017 dengan nilai $i = 10\%$

LEMBAR PENGESAHAN

**PERBANDINGAN DESAIN TEBAL PERKERASAN
LENTUR PADA RUAS JALAN JALUR LINTAS
SELATAN (JJLS) DENGAN MENGGUNAKAN
METODE AASHTO 1993 DAN BINA MARGA 2017
(COMPARISON OF DESIGN OF FLEXIBLE PAVEMENT
THICKNESS ON THE SOUTHERN NATIONAL HIGHWAY
CORRIDORS (JJLS) USING AASHTO 1993 AND BINA MARGA
2017 METHODS)**

Disusun oleh

Shinta Ayu Sabila
17511030

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 14 Agustus 2023

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Ir. Berlian Kushari, S.T.,
M.Eng., IPM, ASEAN Eng.
NIK: 015110101

Penguji I

Miftahul Fauziah, S.T., M.T.,
Ph.D.
NIK: 955110103

Penguji II

Pravogo Afang Pravitno,
S.T., M.Sc.
NIK: 205111303

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)
NIK: 095110181