



**ANALISIS DESAIN REKONSTRUKSI JALAN SIMPANG 3  
TOL PEJAGAN – BATAS KABUPATEN TEGAL/BREBES  
KM PKL 107+865 SAMPAI DENGAN KM 110+950**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil pada Program Studi Teknik  
Sipil Fakultas Teknik**

**Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI  
UNDARIS**

**Disusun  
Oleh:**

**AGUS PRASETYO**

**22210039**

**JEHAN ADI PRADANA**

**22210023**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI**

**UNGERAN**

**2025**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ANALISIS DESAIN REKONSTRUKSI JALAN SIMPANG 3  
TOL PEJAGAN – BATAS KABUPATEN TEGAL/BREBES  
KM PKL 107+865 SAMPAI DENGAN KM 110+950**

**Disusun Oleh:**

**AGUS PRASETYO**

**22210039**

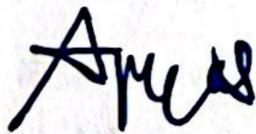
**JEHAN ADI PRADANA**

**20210023**

**Tugas Akhir ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji  
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS**

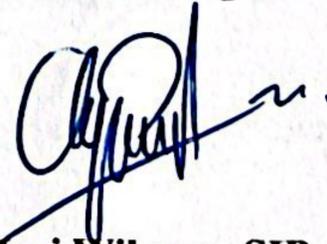
**Diperiksa dan Disetujui**

**Pembimbing I**



**Ir. Totok Apriyanto, M.T.  
NIDN. 0019046101**

**Pembimbing II**



**Ir. Agung Hari Wibowo, SIP, S.T, M.T.  
NIDN. 0019046101**

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

1. Nama : Agus Prasetyo  
NIM : 22210039
2. Nama : Jehan Adi Pradana  
NIM : 22210023

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul Analisis Desain Rekonstruksi Jalan Simpang 3 Tol Pejagan – Batas Kabupaten Tegal/Brebes Km Pkl 107+865 Sampai Dengan Km 110+950 adalah benar dan bebas dari plagiat. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan kaidah dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian Tugas Akhir ini bukan dari hasil karya kami atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, maka kami bersedia untuk menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Ungaran, 26 April 2025  
Yang membuat pernyataan

Mahasiswa I  
  
Agus Prasetyo  
NIM. 22210039

Mahasiswa II  
  
Jehan Adi Pradana  
NIM. 22210023

## LEMBAR PENGESAHAN

# ANALISIS DESAIN REKONSTRUKSI JALAN SIMPANG 3 TOL PEJAGAN – BATAS KABUPATEN TEGAL/BREBES KM PKL 107+865 SAMPAI DENGAN KM 110+950

Disusun Oleh:

**AGUS PRASETYO**

**22210039**

**JEHAN ADI PRADANA**

**22210023**

Dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal:

23 April 2025

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS

Tim Penguji

Ketua : Ir. Totok Apriyanto, M.T.

( Agus )

Anggota : Ir. Agung Hari Wibowo, S.IP.,S.T.,M.T.

( Agung )

Anggota : Khoirudin Fakhri, S.T.,M.T.

( Khoirudin )



Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik UNDARIS

( Agung Hari Wibowo )

Ir. Agung Hari Wibowo, SIP. S.T, M.T.

NIDN. 0019046101

## **ABSTRACT**

*Traffic volume conditions every year always experience a significant increase. This is due to the large number of private users compared to public transportation modes. However, this is not balanced with an increase in the capacity or quality of the highway. The purpose of this study is to identify the existing geometric conditions of the performance and traffic performance of the Pejagan Toll Road Intersection 3-Tegal/Brebes Regency Border, and to plan improvements to the quality of the highway pavement structure. Secondary data collection was obtained from the Central Java Province Road and Bridge Technical Planning and Supervision Core Team and also third parties. The data obtained are Annual Daily Traffic Data (LHRT), Soil Investigation Result Data, Working Drawing Data. The method used is to analyze existing traffic data and soil condition analysis using the Bina Marga MDP 2024 method which is then confirmed using the AASHTO 1993 method. Furthermore, from these calculations, recommendations for reconstruction design in the form of flexible pavement were obtained.*

**Keywords:** *traffic volume, existing geometry, traffic performance, flexible pavement*

## ABSTRAK

Kondisi volume lalu lintas setiap tahunnya selalu mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Hal ini disebabkan banyaknya penggunaan pribadi dibandingkan moda transportasi umum. Namun hal ini tidak diimbangi dengan adanya peningkatan kapasitas maupun kualitas jalan raya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kondisi geometri eksisting kinerja dan kinerja lalu lintas Jalan Simpang 3 Tol Pejagan- Batas Kabupaten Tegal/Brebes, serta merencanakan perbaikan kualitas struktur perkerasan jalan raya. Pengumpulan data sekunder diperoleh dari Tim Inti Perencanaan Dan Pengawasan Teknis Jalan Dan Jembatan Provinsi Jawa Tengah dan juga pihak ketiga. Data-data yang diperoleh adalah Data Lalu Lintas Harian Tahunan (LHRT), Data Hasil penyelidikan tanah, Data Gambar Kerja. Metode yang digunakan adalah dengan menganalisis data lalu lintas eksisting dan analisis kondisi tanah dengan metode Bina Marga MDP 2024 yang kemudian dikonfirmasi dengan metode AASHTO 1993. Selanjutnya dari perhitungan tersebut didapat rekomendasi desain rekonstruksi berupa perkerasan lentur.

**Kata Kunci :** *volume lalu lintas, geometri eksisting, kinerja lalu lintas, perkerasan lentur*

## **KATA PENGANTAR**

Assalamualaikum. wr.wb.

Puji syukur senantiasa tercurah kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, shalawat serta salam terhanturkan kepada baginda Rasulullah S.A.W, sehingga Laporan Tugas Akhir “Analisis Desain Rekonstruksi Jalan Simpang 3 Tol Pejagan – Batas Kabupaten Tegal/Brebes KM Pkl 107+865 Sampai Dengan KM 110+950” ini dapat terselesaikan dengan baik. Penyusunan laporan Tugas Akhir dimaksudkan untuk melengkapi syarat-syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI.

Dalam hal penulisan laporan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan dorongan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas segala anugerah dalam kehidupan ini;
2. Bapak Abdullah, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI;
3. Bapak Alim Muhroni, ST, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI;
4. Bapak Ir. Totok Aprianto, MT selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan masukan kepada penulis;
5. Bapak Agung Hari Wibowo, SIP. ST, MT selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan masukan kepada penulis;
6. Segenap Dosen dan Staff Fakultas Teknik Sipil Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI;
7. Segenap keluarga dan teman-teman yang selalu memberikan dukungan dan semangat untuk menyelesaikan laporan ini; dan
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan dan penyelesaian Laporan Tugas Akhir yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Dalam penyusunan laporan kami menyadari bahwa masih banyak kekurangan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan.

Demikian Laporan Tugas Akhir ini kami buat, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil dan semua pihak yang memerlukannya.

Wassalamualaikum. wr.wb.

Ungaran,

Penyusun

# DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>II</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>III</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>IV</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>VI</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>X</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>XII</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>I-1</b>
1.1. Latar Belakang.....	I-1
1.2.Maksud dan Tujuan Penelitian .....	I-4
1.3.Ruang Lingkup Penelitian .....	I-4
1.4.Batasan Masalah .....	I-4
1.5.Lokasi Penelitian .....	I-5
1.6.Sistematika Penulisan .....	I-6
<b>BAB II STUDI PUSTAKA .....</b>	<b>II-1</b>
2.1 Tinjauan Umum.....	II-1
2.2 Klasifikasi Jalan.....	II-1
2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Sistem Jaringan Jalan .....	II-1
2.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Statusnya .....	II-2
2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsinya .....	II-2
2.2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan .....	II-3
2.3 Kapasitas Jalan .....	II-4
2.3.1 Kinerja Lalu Lintas .....	II-4
2.3.2 Arus Lalu Lintas .....	II-5
2.3.3 Klasifikasi Kendaraan.....	II-7
2.3.4 Ruang Lingkup .....	II-9
2.4 Kapasitas Jalan Luar Kota .....	II-10
2.4.1 Umum .....	II-10
2.4.2 Kapasitas JLK.....	II-11
2.4.2.1 Kapasitas Dasar .....	II-11
2.4.2.2 Faktor-faktor Koreksi Kapasitas.....	II-12

2.4.3 Kinerja Lalu Lintas .....	II-15
2.4.3.1 Ekuivalensi Mobil Penumpang.....	II-15
2.4.3.2 Derajat Kejenuhan .....	II-16
2.4.3.3 Kecepatan Mobil Penumpang (vMP) dan Waktu Tempuh ..	II-16
2.4.3.4 Derajat Iringan (Di) .....	II-20
2.4.4 Prosedur Perhitungan.....	II-21
2.4.4.1 Prosedur Perhitungan Untuk Analisis Operasional dan Perencanaan .....	II-21
2.5 Tanah Ekspansif .....	II-26
2.6 Perkerasan Jalan .....	II-26
2.6.1 Jenis Struktur Perkerasan Baru.....	II-27
2.6.2 Umur Rencana .....	II-28
2.6.3 Pemilihan Struktur Perkerasan .....	II-29
2.6.4 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas .....	II-29
2.6.5 Lalu Lintas pada Lajur Rencana.....	II-30
2.6.6 Faktor Ekuivalen Beban .....	II-31
2.6.7 Beban Sumbu Standar Kumulatif.....	II-31
2.7 Desain Fondasi Jalan .....	II-33
2.7.1 Investigasi Tanah Dasar.....	II-33
2.7.2 Pengujian Daya Dukung dan Asumsi-Asumsi .....	II-33
2.7.3 Pengukuran Daya Dukung dengan DCP .....	II-34
2.8 Persyaratan Umum Persiapan Tanah Dasar.....	II-35
2.9 Umur Rencana Fondasi Perkerasan.....	II-36
2.10 Penurunan .....	II-36
2.10.1 Batasan Penurunan ( <i>Settlement Limits</i> ) .....	II-36
2.10.2 Pra-Pembebanan .....	II-37
2.11 CBR Desain Tanah Dasar.....	II-38
2.12 Material Timbunan .....	II-40
2.13 Desain Fondasi Perkerasan Lentur .....	II-41
2.14 Desain Perkerasan Lentur .....	II-41
2.15 Metode Desain Perkerasan Lentur dengan Lapis Beraspal .....	II-42
2.16 Karakterisasi Material.....	II-44
2.16.1 Material Berpengikat .....	II-44

2.16.2 Koreksi Temperatur .....	II-45
2.16.3 Material Berbutir .....	II-45
2.16.4 Parameter Kelelahan Lapisan Beraspal .....	II-46
2.17 Prosedur Desain Perkerasan Lentur .....	II-46
2.18 Bagan Desain Perkerasan Lentur .....	II-48
2.18.1 Perkerasan Lentur dengan CTB .....	II-48
2.19 Penelitian Terdahulu .....	II-53
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>III-1</b>
3.1 Metodologi Penelitian .....	III-1
3.2 Pengumpulan Data .....	III-2
3.2.1 Data Lalu lintas .....	III-2
3.2.2 Data CBR Hasil Dari <i>Dynamic Cone Penetrometer</i> (DCP) .....	III-3
3.2.3 Data CBR Hasil Dari <i>Test Pit</i> .....	III-3
3.2.4 Hasil Uji Laboratorium .....	III-4
<b>BAB IV ANALISIS DAN PERHITUNGAN.....</b>	<b>IV-1</b>
4.1 Kapasitas Jalan Eksisting .....	IV-1
4.1.1 Kapasitas Dasar .....	IV-2
4.2 Kinerja Lalu Lintas .....	IV-4
4.2.1 Ekuivalensi Mobil Penumpang .....	IV-4
4.2.2 Derajat Kejenuhan (DJ) .....	IV-5
4.2.3 Kecepatan Mobil Penumpang (vMP) .....	IV-6
4.2.4 Derajat Iringan (Di) .....	IV-9
4.2.5 Kepadatan atau Kerapatan .....	IV-9
4.2.6 Tingkat Pelayanan (LoS) .....	IV-9
4.3 Peningkatan Kapasitas Jalan .....	IV-10
4.4 Analisis Hasil Penyelidikan Tanah .....	IV-13
4.4.1 Analisis Tanah Ekspansif .....	IV-9
4.4.2 Analisis Hubungan antara Nilai CBR Desain dengan CBR DCP ..	IV-14
4.4.3 Penanganan Tanah Ekspansif .....	IV-15
4.5 Alasan Pemilihan Perkerasan Fleksibel (Aspal) Pada Lokasi Proyek.....	IV-16
4.6 Perencanaan Tebal Perkerasan Metode Bina Marga 2024 .....	IV-17
4.6.1 Menentukan Umur Rencana .....	IV-17
4.6.2 Struktur Perkerasan .....	IV-18

4.6.3 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas.....	IV-19
4.6.4 Faktor Distribusi Arah .....	IV-19
4.6.5 Faktor distribusi lajur (DL).....	IV-19
4.6.6 Nilai Perkiraan Kumulatif Beban Lalu Lintas CESA4 & CESA5 .	IV-20
4.6.7 Menentukan Desain Pondasi.....	IV-22
4.6.7.1 Menentukan nilai percentil CBR.....	IV-22
4.6.7.2 Faktor penyesuaian modulus tanah dasar terhadap kondisi musim.....	IV-22
4.6.8 Desain Perkerasan Lentur .....	IV-23
4.7 Perencanaan Tebal Perkerasan Metode AASHTO 1993.....	IV-26
4.7.1 Data Perencanaan.....	IV-26
4.7.2 Analisis Pertumbuhan Lalu lintas .....	IV-26
4.7.3 Perhitungan Angka Ekuivalen Sumbu Kendaraan .....	IV-27
4.7.4 Menentukan Lintas Ekivalen Kumulatif (W18) .....	IV-29
4.7.5 Menentukan Nilai DD .....	IV-30
4.7.6 Faktor Distribusi Lajur (DL) .....	IV-30
4.7.7 Menghitung Lintas Ekivalen Umur Rencana (W18).....	IV-31
4.7.8 Modulus Resilient Tanah Dasar .....	IV-31
4.7.9 <i>Serviceability</i> .....	IV-32
4.7.10 <i>Reliability (R)</i> .....	IV-32
4.7.11 <i>Standar Deviasi</i> .....	IV-33
4.7.12 Koefisien lapisan ( $\alpha$ ).....	IV-34
4.7.13 Modulus Elastisitas.....	IV-35
4.7.14 Menentukan nilai Structural Number (SN) .....	IV-37
4.7.15 Menghitung Tebal Lapisan Perkerasan .....	IV-38

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN ..... V-1**

5.1 Kesimpulan.....	V-1
5.2 Saran .....	V-2

**DAFTAR PUSTAKA ..... XV**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Peta Jalan Nasional di Jawa Tengah .....	I-1
Gambar 1. 2. Kondisi lokasi.....	I-2
Gambar 1. 3. Kerusakan Jalan.....	I-3
Gambar 1. 4. Peta Lokasi .....	I-5
Gambar 2. 1. Kecepatan MP sebagai fungsi dari DJ pada jalan 2/2-TT. ....	II-20
Gambar 2. 2. Hubungan DI dengan DJ (hanya tipe jalan 2/2-TT) .....	II-21
Gambar 2. 3. Bagan alir perhitungan untuk analisis operasional .....	II-23
Gambar 2. 4. Bagan alir perhitungan untuk analisis perencanaan .....	II-24
Gambar 2. 5. Perkerasan Lentur pada Permukaan Tanah Asli ( <i>At Grade</i> ) .....	II-27
Gambar 2. 6. Perkerasan Lentur pada Timbunan .....	II-27
Gambar 2. 7. Perkerasan Lentur pada Galian .....	II-28
Gambar 2. 8. Bagan Desain Indikasi perkiraan nilai CBR .....	II-35
Gambar 2. 9. Bagan Desain fondasi jalan minimum.....	II-41
Gambar 2. 10. Model perkerasan pada prosedur mekanistik empiris .....	II-44
Gambar 2. 11. Tipikal sistem perkerasan .....	II-46
Gambar 2. 12. Prosedur desain perkerasan lentur menggunakan pendekatan mekanistik.....	II-47
Gambar 2. 13. Bagan Desain perkerasan lentur dengan 150 mm CTB (aspal pen 60/70 dan PG70).....	II-50
Gambar 2. 14. Bagan Desain perkerasan lentur dengan 200 mm CTB (aspal pen 60/70 dan PG70).....	II-50
Gambar 2. 15. Bagan Desain Desain perkerasan lentur dengan 250 mm CTB (aspal pen 60/70 dan PG70).....	II-51
Gambar 2. 16. Bagan Desain Desain perkerasan lentur dengan 300 mm CTB (aspal pen 60/70 dan PG70).....	II-51
Gambar 2. 17. Bagan Desain Desain perkerasan lentur – aspal dengan lapis fondasi agregat (aspal pen 60/70 dan PG70).....	II-52

Gambar 2. 18. Bagan Desain Penyesuaian tebal lapis timbunan pilihan berbutir kasar atau LFA kelas C atau stabilisasi semen (hanya untuk bagan desain-3A) beban rencana 20 tahun > 5 juta ESA5.....	II-52
Gambar 3. 1. Bagan Alir penelitian.....	III-1
Gambar 4. 1. Nilai $V_{MP}$ .....	IV-8
Gambar 4. 2 Nilai Derajat Iringan .....	IV-9
Gambar 4. 3 Nilai $V_{MP}$ Umur Rencana.....	IV-11
Gambar 4. 4 Nilai DI.....	IV-12
Gambar 4. 5 Grafik Hubungan Nilai CBR Desain dan Nilai CBR-DCP .....	IV-14
Gambar 4. 6 Desain perkerasan lentur dengan CTB.....	IV-23
Gambar 4. 7 Desain perkerasan lentur dengan agregat.....	IV-24
Gambar 4. 8 Grafik Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Permukaan Beton Aspal .....	IV-33
Gambar 4. 9 Grafik Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Beraspal ( $\alpha_2$ ).....	IV-34
Gambar 4. 10 Grafik Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Bawah Granular ..	IV-34
Gambar 4. 11 Nomogram .....	IV-35
Gambar 4. 12 Lapis Perkerasan Metode AASHTO .....	IV-37

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi kendaraan PKJI dan tipikalnya.....	II-7
Tabel 2.2 Padanan klasifikasi jenis kendaraan .....	II-8
Tabel 2.3 C <sub>0</sub> segmen jalan untuk tipe 2/2-TT dan 4/2-T .....	II-11
Tabel 2.4 Kriteria tipe alinemen .....	II-11
Tabel 2.5 Faktor koreksi akibat lebar lajur .....	II-12
Tabel 2.6 FCPA pada segmen umum.....	II-12
Tabel 2.7 Kriteria KHS.....	II-13
Tabel 2.8 FCHS sebagai fungsi dari KHS dan LBE .....	II-14
Tabel 2.9 Nilai EMP untuk segmen jalan umum tipe 2/2-TT .....	II-15
Tabel 2.10 Kecepatan arus bebas dasar (vBD) per jenis kendaraan.....	II-16
Tabel 2.11 Kecepatan arus bebas dasar MP (vBD,MP) sebagai fungsi dari $\theta_H$ dan $\theta_V$ segmen, untuk tipe jalan 2/2-TT .....	II-17
Tabel 2.12 Koreksi kecepatan arus bebas MP akibat lebar lajur efektif, vBL,MP .....	II-17
Tabel 2.13 Faktor koreksi kecepatan arus bebas MP akibat hambatan samping dan lebar bahu, FvB,HS .....	II-18
Tabel 2.14 Faktor koreksi kecepatan arus bebas MP akibat kelas fungsi jalan dan guna lahan, FvB,KFJ .....	II-18
Tabel 2.15 Ambang arus lalu lintas jam puncak tahun ke satu untuk jalur pendakian pada kelandaian khusus (umur rencana 23 tahun).....	II-21
Tabel 2.16 Klasifikasi tanah ekspansif .....	II-26
Tabel 2.17 Umur rencana perkerasa jalan baru (UR) .....	II-28
Tabel 2.18 Pemilihan jenis perkerasan .....	II-29
Tabel 2.19 Faktor laju pertumbuhan lalu lintas, i (%).....	II-30
Tabel 2.20 Faktor distribusi lajur (DL).....	II-31
Tabel 2.21 <i>VEHICLE DAMAGE FACTOR</i> (VDF) AASHTO – JAWA TENGAH – PANTURA.....	II-31
Tabel 2.22 Tabel Perhitungan CESA 4 dan CESA 5 .....	II-32
Tabel 2.23 Faktor penyesuaian modulus tanah dasar terhadap kondisi musim.....	II-35
Tabel 2.24 Rekomendasi batasan penurunan ( <i>settlement</i> ) pada timbunan di atas tanah lunak setelah pelaksanaan perkerasan .....	II-37
Tabel 2.25 Perkiraan waktu pra-pembebanan untuk timbunan rendah di atas tanah	

lunak).....	II-38
Tabel 2.26 Karakterisasi modulus bahan berpegikat yang digunakan untuk pengembangan bagan desain dan untuk analisis mekanistik.....	II-44
Tabel 2.27 Faktor koreksi modulus campuran beraspal .....	II-45
Tabel 2.28 Karakteristik modulus lapisan teratas bahan berbutir .....	II-45
Tabel 2.29 Parameter kelelahan (fatigue) $K^*$ .....	II-46
Tabel 3.1 Lalu lintas Harian rata-rata Tahunan.....	III-2
Tabel 3.2 Hasil CBR dari Pengujian DCP 1 – 17.....	III-3
Tabel 3.3 Hasil Pengujian CBR dari sampel test pit Pelebaran Jalan Simpang 3 Tol Pejagan–Bts Kabupaten Tegal/Brebes.....	III-4
Tabel 3.4 Hasil Uji Laboratorium Jalan Simpang 3 Tol Pejagan – Bts Kabupaten Tegal/Brebes .....	III-4
Tabel 4.1 Nilai $C_0$ .....	IV-2
Tabel 4.2 Nilai $\theta_V$ dan $\theta_H$ .....	IV-2
Tabel 4.3 Nilai $FC_L$ .....	IV-2
Tabel 4.4 Nilai $FC_{PA}$ .....	IV-3
Tabel 4.5 KHS Eksisting .....	IV-3
Tabel 4.6 Nilai KHS .....	IV-3
Tabel 4.7 Nilai $q$ .....	IV-4
Tabel 4.8 Nilai EMP.....	IV-5
Tabel 4.9 Nilai ( $v_{BD}$ ) .....	IV-6
Tabel 4.10 Nilai Kecepatan arus bebas dasar MP ( $v_{BD,MP}$ ) sebagai fungsi dari $\theta_H$ dan $\theta_V$ segmen, untuk tipe jalan 2/2-TT .....	IV-7
Tabel 4.11 Nilai Faktor koreksi kecepatan arus bebas MP akibat hambatan samping dan lebar bahu, $F_vB,HS$ .....	IV-7
Tabel 4.12 Nilai Faktor koreksi kecepatan arus bebas MP akibat kelas fungsi jalan dan guna lahan, $F_vB,KFJ$ .....	IV-8
Tabel 4.13 Inventarisasi Usulan.....	IV-10
Tabel 4.14 Perbandingan Kinerja Jalan .....	IV-12
Tabel 4.15 Perhitungan <i>Weighted Plasticity Index</i> (WPI) .....	IV-13
Tabel 4.16 Klasifikasi tanah ekspansif .....	IV-13
Tabel 4.17 Data CBR Desain dan CBR DCP .....	IV-14

Tabel 4.19 Korelasi Data CBR Desain dan CBR DCP .....	IV-15
Tabel 4.20 Nilai korelasi.....	IV-15
Tabel 4.21 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR).....	IV-16
Tabel 4.22 Pemilihan jenis perkerasan .....	IV-17
Tabel 4.23 Faktor Pertumbuhan lalu lintas .....	IV-17
Tabel 4.24 Nilai Faktor Distribusi Arah (DD).....	IV-18
Tabel 4.25 Nilai Faktor Distribusi Lajur (DL).....	IV-18
Tabel 4.26 CESA 4 dan CESA 5.....	IV-19
Tabel 4.27 Nilai CBR .....	IV-21
Tabel 4.28 Faktor penyesuaian modulus tanah dasar terhadap kondisi musim.....	IV-21
Tabel 4.29 Bagan Desain Perkerasan Lentur dengan CTB .....	IV-22
Tabel 4.30 Bagan Desain Perkerasan Lentur dengan agregat .....	IV-23
Tabel 4.31 LHR pada Umur Rencana.....	IV-25
Tabel 4.32 Tabel Perhitungan Nilai Ekuivalen .....	IV-27
Tabel 4.33 Tabel Perhitungan Lintas Ekuivalen Kumulatif (W18).....	IV-28
Tabel 4.34 Faktor Distribusi Lajur (DL) .....	IV-28
Tabel 4.35 Nilai Lintas Ekuivalen Umur Rencana (W18) .....	IV-29
Tabel 4.36 Penentuan Nilai R.....	IV-29
Tabel 4.37 Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir .....	IV-30
Tabel 4.38 Nilai <i>Reability</i> (R) .....	IV-30
Tabel 4.39 Standar Deviasi Normal .....	IV-31
Tabel 4.40 Menentukan a1, a2, dan a3 .....	IV-3

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi umum yang mempunyai peran penting serta memberikan nilai tambah (*value added*) dalam bidang ekonomi, sosial budaya, lingkungan hidup, politik, pertahanan, dan keamanan, serta kemakmuran rakyat. Jalan sebagai prasarana distribusi barang dan jasa merupakan urat nadi kehidupan masyarakat, bangsa, dan negara. Jalan yang merupakan satu kesatuan sistem jaringan jalan menghubungkan dan mengikat seluruh wilayah Republik Indonesia.

Ruas Jalan Simpang 3 Tol Kanci Pejagan–Batas Kabupaten Tegal/Brebes merupakan jalan nasional berdasarkan Keputusan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 1688/KPTS/M/2022 dengan perkerasan eksisting adalah Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) dan lebar perkerasan eksisting 6 (enam) meter merupakan jalan pintas (*shortcut*) dari Pejagan ke arah Purwokerto tanpa melewati Slawi, kondisi jalur yang memotong jarak cukup panjang sehingga dapat mempersingkat waktu tempuh, mengurangi kemacetan di wilayah slawi, serta mempercepat perkembangan perekonomian di wilayah Kabupaten Tegal dan sekitarnya.



Gambar 1.1. Peta Jalan Nasional di Jawa Tengah

Sumber: Lampiran I Keputusan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 1688 /KPTS / M / 2022

Volume lalu lintas di ruas jalan Simpang 3 Tol Pejagan–Batas Kabupaten Tegal/Brebes cukup tinggi dan terus meningkat dari tahun ke tahun, sedangkan kapasitas jalan yang ada sekarang banyak berkurang akibat besarnya gangguan samping jalan dan karakteristik lalu lintas sendiri yang tidak sesuai dengan fungsinya sebagai jalan kolektor primer satu (JKP-1). Gangguan samping dan karakteristik lalu lintas yang mengurangi kapasitas jalan ini berupa penggunaan ruang manfaat jalan yang tidak sesuai dengan fungsinya, seperti adanya bangunan lainnya yang terlalu dekat ke jalur lalu lintas serta saluran irigasi yang berada di samping ruas jalan tersebut, tidak terkendalinya akses keluar masuk ke jalan, tercampurnya lalu lintas lokal dan lalu lintas jarak jauh, serta truk yang berjalan lambat akibat kelebihan beban. Dilain pihak, peningkatan kapasitas jalan berupa penambahan lajur dipandang tidak akan efektif serta membutuhkan biaya yang sangat besar karena satu sisi disamping ruas jalan berupa saluran irigasi dan sisi yang satunya berupa bangunan-bangunan permanen ataupun lahan pertanian sehingga butuh pembebasan lahan pada daerah yang sudah terbangun sepanjang jalan ruas jalan tersebut.



**Gambar 1.2.** Kondisi lokasi

Permasalahan yang terjadi pada jalan Simpang 3 Tol Pejagan–Batas Kabupaten Tegal/Brebes adalah kerusakan di berbagai titik antara lain pecah rigid, retak, dan rusak permukaan, serta beberapa bekas tambalan. Kerusakan ini dapat disebabkan oleh peningkatan beban kendaraan (*overload*), air yang menggenangi badan jalan, material konstruksi yang kurang baik, curah hujan yang tinggi, dan

kondisi tanah yang kurang mendukung. Kondisi lingkungan yang berupa saluran irigasi dan persawahan yang disinyalir bahwasanya tanah di bawah perkerasan adalah tanah ekspansif diluar daerah sebaran tanah ekspansif di Jawa Tengah. Kondisi ini diperkuat dengan adanya retakan memanjang pada tepi perkerasan jalan yang merupakan salah satu ciri kerusakan jalan di atas tanah ekspansif. Tidak adanya saluran drainase membuat aliran limpasan dari jalan mengalir bebas (utamanya di sisi kiri) juga memperparah kerusakan pada jalan tersebut. Untuk itu, maka perlu dilakukan survei dan pengujian untuk mengetahui permasalahan pada perkerasan tersebut. Survei yang dilakukan adalah survei lalu lintas dan penyelidikan tanah berupa *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)* untuk mendapatkan *California Bearing Ratio (CBR)* Lapangan serta Test Pit untuk mendapatkan nilai CBR Laboratorium. Selain itu, melalui tes pit juga dapat diambil contoh tanah untuk mendapatkan nilai aktif tanah serta sifat indek properti tanah (*soil properties*).



**Gambar 1.3.** Kerusakan Jalan

Berdasarkan latar belakang di atas dengan kondisi jalan yang tidak nyaman ini maka peneliti merencanakan tebal perkerasan yang tepat, efisien serta optimal agar dapat mengakomodir beban yang melintas di atasnya serta sesuai dengan umur rencana jalan tersebut. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Bina Marga 2024 untuk perencanaan tebal perkerasan lentur. Untuk menjaga kadar air di bawah perkerasan, dapat digunakan geosintetik. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi kembang susut tanah dasar yang dapat mengganggu stabilitas perkerasan.

## 1.2 Maksud Dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan penelitian “Analisis Desain Rekonstruksi Jalan Simpang 3 Tol Pejagan–Batas Kabupaten Tegal/Brebes KM Pkl 107+865 Sampai Dengan KM 110+950” yaitu:

1. Melakukan analisis lalu lintas berdasarkan data sekunder;
2. Melakukan analisis hasil penyelidikan tanah berdasarkan data sekunder mengenai kondisi tanah ekspansif atau tidak ekspansif, serta membandingkan nilai CBR rendaman versus CBR hasil DCP;
3. Merencanakan struktur perkerasan lentur (*flexible pavement*) Jalan Jalan Simpang 3 Tol Pejagan–Batas Kabupaten Tegal/Brebes KM Pkl 107+865 Sampai Dengan KM 110+950 menggunakan metode Bina Marga 2024 yang dikonfirmasi dengan AASHTO 1993.

## 1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian dalam penelitian ini yaitu menganalisis volume lalu-lintas, menganalisis daya dukung tanah CBR hasil dari *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dan CBR hasil dari **tes pit, merencanakan** penanganan tanah ekspansif untuk konstruksi jalan, dan merencanakan struktur perkerasan jalan menggunakan metode Bina Marga 2024.

## 1.4 Batasan Masalah

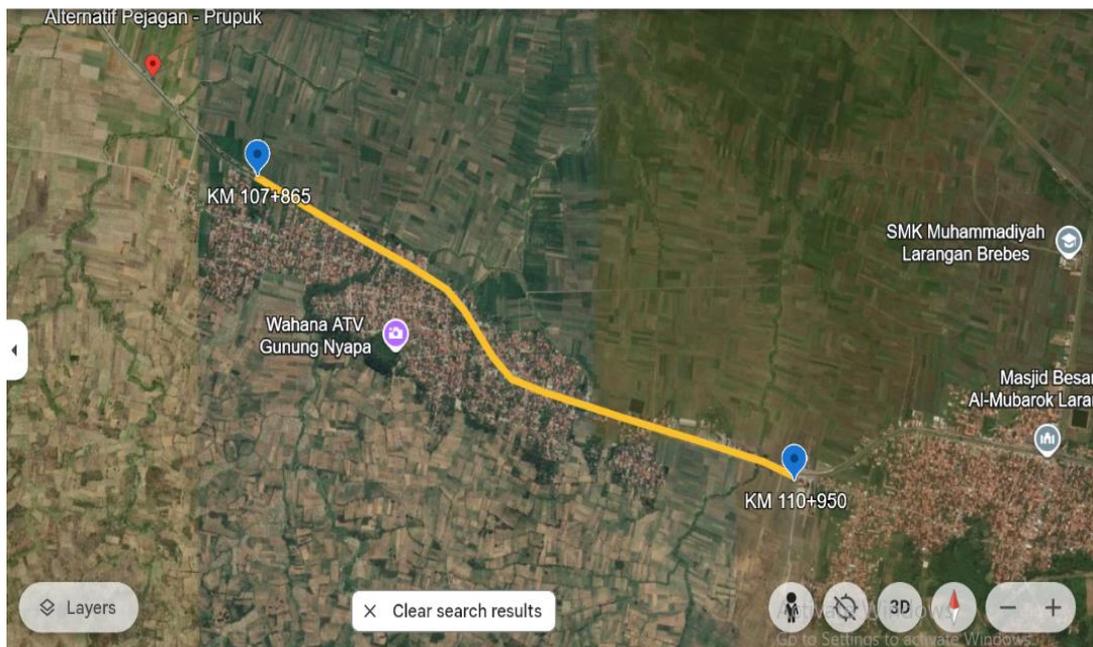
Batasan masalah penelitian pada Laporan Tugas Akhir ini ada sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian adalah Ruas Jalan Simpang 3 Tol Pejagan – Batas Kabupaten Tegal/Brebes;
2. Data tanah yang digunakan merupakan data sekunder hasil penyelidikan tanah oleh PT. Aria Jasa Reksatama (KSO);
3. Data lalu-lintas merupakan data sekunder dari Data Lalu Lintas Tahunan Provinsi Jawa Tengah tahun 2023;
4. Analisa penanganan tanah ekspansif berdasarkan pedoman Departemen Pekerjaan Umum Nomor Pd T-10-2005-B;
5. Analisa perencanaan dan evaluasi kapasitas jalan berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 2023;

- Melakukan desain perkerasan jalan berdasarkan Surat Edaran Direktorat jenderal Bina Marga Nomor 15/SE/Db/2024 tentang Manual Desain Perkerasan Jalan 2024;
- Analisa pelaksanaan geosintetik berdasarkan Buku Pedoman Departemen Pekerjaan Umum Nomor 003/BM/2009 tentang Perencanaan dan Pelaksanaan perkuatan tanah dengan geosintetik;
- Melakukan desain perkerasan jalan sesuai dengan ketentuan teknis berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 5 Tahun 2023 tentang Persyaratan Teknis Jalan Dan Perencanaan Teknis Jalan.

### 1.5 Lokasi Penelitian

Lokasi berada di Jalan Simpang 3 Tol Pejagan-Batas Kabupaten Tegal/Brebes KM Pkl. 107+865 Sampai Dengan KM 110+950.



**Gambar 1.4** Peta Lokasi

## 1.6 Sistematika Penulisan

Rencana sistematika penulisan Tugas Akhir ini terdiri atas 5 (lima) bab, secara garis besar tentang sistematika penulisan masing-masing bab adalah sebagai berikut:

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, batasan masalah, lokasi proyek, dan sistematika penyusunan Tugas Akhir.

### **BAB II : STUDI PUSTAKA**

Berisi kajian literatur serta hasil studi yang relevan tentang dasar teori, rumus dan segala sesuatu yang digunakan dalam pembahasan dan penyelesaian Tugas Akhir. Dalam hal ini, data-data yang digunakan berasal dari buku literatur, tulisan ilmiah, *website/search engine* dan hasil penelitian sebelumnya.

### **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Bab metodologi berisikan tentang metode-metode yang akan digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini, termasuk pengumpulan data, langkah penelitian dan analisis data.

### **BAB IV : ANALISIS DAN PERHITUNGAN**

Berisi analisis perhitungan kapasitas dengan mengolah data-data sekunder lalu lintas, hasil penyelidikan tanah yang telah diperoleh serta membuat desain perkerasan jalan.

### **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Merupakan bab penutup yang berisi tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran mengenai hasil penelitian yang dikumpulkan pada Tugas Akhir serta dapat dijadikan masukan untuk selanjutnya.

## **BAB II**

### **STUDI PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 definisi Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian Jalan, termasuk bangunan penghubung, bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah, dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel, jalan lori, dan jalan kabel.

#### **2.2 Klasifikasi Jalan**

Menurut Undang Undang Nomor 38 Tahun 2004 terdapat berbagai jenis, klasifikasi jalan dibedakan beberapa jenis menurut jaringan jalan, status jalan, fungsi jalan, dan kelas jalan.

##### **2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Sistem Jaringan Jalan**

Klasifikasi jalan pada umumnya terdapat di Indonesia menurut fungsinya berdasarkan perundangan merujuk pada pasal 7 UU No. 38 Tahun 2004, terdiri atas :

1. Sistem jaringan jalan primer merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah ditingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan;
2. Sistem jaringan sekunder merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat didalam kawasan perkotaan.

### **2.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Statusnya**

Klasifikasi jalan pada umum menurut statusnya berdasarkan peraturan perundangan mengarah pada pasal 9 UU No.38 Tahun 2004, yaitu sebagai berikut:

1. Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol;
2. Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota, atau antar ibukota kabupaten atau kota, dan jalan strategis provinsi.
3. Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat 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 antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar persil, serta menghubungkan antar pusat pemukiman yang berada di dalam kota.
5. Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan atau antar pemukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

### **2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsinya**

Klasifikasi jalan menurut fungsinya terdapat beberapa peraturan perundangan merujuk pada pasal 8 UU No.38 Tahun 2004, terdiri atas :

1. Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan umum dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna;

2. Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi;
3. Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi;
4. Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

#### **2.2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan**

Klasifikasi jalan terhadap kelas jalan berdasarkan peraturan perundangan merujuk pada pasal 19 UU No. 22 Tahun 2009, terdiri atas :

1. Jalan kelas I, yaitu jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat 10 ton;
2. Jalan kelas II, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 ton;
3. Jalan kelas III, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.200 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 milimeter, ukuran paling tinggi 3.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 ton;
4. Jalan kelas khusus, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang melebihi 18.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 ton.

## 2.3 Kapasitas Jalan

Menurut PKJI 2023, Kapasitas jalan (C) ditetapkan dari kapasitas jalan ( $C_0$ ) yang dikoreksi oleh faktor-faktor koreksi yang merepresentasikan deviasi geometri jalan dan lalu lintas terhadap kondisi idealnya. Perhitungan dan analisis kapasitas dilakukan untuk setiap arah berdasarkan arus lalu lintas setiap arah dan dilakukan untuk periode satu jam, baik jam desain maupun jam arus puncak. Suatu segmen jalan harus dipisahkan menjadi 2 (dua) atau lebih segmen, jika terdapat hal-hal sebagai berikut:

- a. karakteristik segmen jalan berubah secara signifikan, misalnya lebar jalur lalu lintas dan bahu, tipe jalan, jarak pandang;
- b. tipe alinemen jalan berubah;
- c. jalan memasuki daerah perkotaan atau semi perkotaan (atau sebaliknya), meskipun karakteristik geometri atau yang lainnya tidak berubah;
- d. jalan melalui pusat desa yang mempunyai karakteristik samping jalan yang sesuai dengan jalan perkotaan; dan
- e. jalan melewati satu atau lebih Simpang atau Simpang APILL, baik di daerah perkotaan maupun bukan, yang menyebabkan waktu tempuhnya terpengaruh secara signifikan.

### 2.3.1 Kinerja Lalu Lintas

Kinerja lalu lintas menyatakan kualitas pelayanan suatu segmen jalan terhadap arus lalu lintas yang dilayaninya yang dinyatakan oleh nilai-nilai derajat kejenuhan (DJ) dan kecepatan tempuh ( $vT$ ). Nilai DJ mencerminkan kuantitas pelayanan jalan berkaitan dengan kemampuan jalan mengalirkan arus lalu lintas, apakah segmen jalan yang ada memberikan pelayanan yang baik atau dimensi jalan yang ada mengalami masalah. Nilai  $vT$  merupakan ukuran kinerja kualitas pelayanan yang dapat dikonversi untuk menyatakan waktu tempuh ( $wT$ ). Kualitas pelayanan jalan berkaitan dengan keinginan pengguna jalan untuk mencapai tujuan sehingga dapat digunakan untuk menilai kelayakan ekonomis dari segmen jalan yang bersangkutan.  $vT$  yang umumnya dipakai untuk penilaian kinerja adalah  $vMP$ , tetapi dapat juga dipakai untuk jenis kendaraan lain sesuai dengan kebutuhan analisis, misalnya

waktu tempuh truk besar (atau  $vTB$ ) dalam kajian ekonomi angkutan barang. Nilai DJ dengan  $vT$  yang tinggi mencerminkan kualitas pelayanan jalan yang sangat baik, tetapi sebaiknya, nilai DJ yang kecil tetapi memiliki  $vT$  yang kecil menunjukkan kualitas pelayanan jalan yang rendah.

Nilai DJ sebesar 0,85 sering digunakan sebagai batasan. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 5 Tahun 2023 dan MKJI'97 menggunakan nilai ini sebagai batasan kinerja. Jika suatu segmen jalan memiliki nilai  $DJ \leq 0,85$ , maka segmen tersebut dianggap memiliki kinerja yang masih baik. Nilai  $DJ > 0,85$  menunjukkan bahwa segmen jalan tersebut sudah menunjukkan kinerja yang perlu mempertimbangkan peningkatan kapasitas segmen, misalnya penambahan lajur atau menerapkan manajemen lalu lintas agar arus lalu lintas yang ada tidak menyebabkan nilai DJ yang lebih besar dari 0,85.

Pada jalan luar kota, selain kedua parameter tersebut ditambahkan satu parameter lagi yaitu derajat iringan (DI). Nilai DI digunakan untuk menilai persentase kendaraan-kendaraan yang berjalan dalam peleton. Hal ini merupakan cerminan keterbatasan kebebasan bagi pengemudi untuk bermanuver dalam arus. Makin sedikit porsi peleton, makin besar kesempatan bagi kendaraan untuk bermanuver. Semakin besar porsi peleton, semakin besar keterbatasan pengemudi bermanuver dengan bebas yang berarti kenyamanan pengguna jalan semakin rendah.

### **2.3.2 Arus lalu lintas**

Data masukan lalu lintas dibedakan untuk 2 (dua) hal, yaitu data arus lalu lintas eksisting dan data arus lalu lintas rencana. Data lalu lintas eksisting digunakan untuk melakukan evaluasi kinerja lalu lintas, berupa arus lalu lintas per jam eksisting yang dihitung pada jam-jam tertentu, misalnya arus lalu lintas pada jam sibuk pagi atau arus lalu lintas pada jam sibuk sore. Data arus lalu lintas rencana digunakan sebagai dasar untuk menetapkan lebar jalur lalu lintas atau jumlah lajur lalu lintas, berupa arus lalu lintas jam perencanaan ( $q_{JP}$ ) yang ditetapkan dari LHRT, faktor K, dan faktor jam sibuk ( $F_{JS}$ ) yang merepresentasikan fluktuasi

selama jam sibuk. Secara ideal, LHRT didasarkan atas perhitungan lalu lintas menerus selama 1 (satu) tahun. Jika diprediksi, maka caranya harus didasarkan atas perhitungan lalu lintas yang mengacu kepada ketentuan yang berlaku sehingga diperoleh validitas dan akurasi data yang memadai. LHRT dapat diprediksi menggunakan data survei perhitungan lalu lintas selama beberapa hari tertentu sesuai dengan pedoman survei perhitungan volume lalu lintas yang berlaku (DJBM, 1992). Misal perhitungan lalu lintas selama 7 (tujuh) hari menerus atau 40 (empat puluh) jam yang dilakukan 4 (empat) kali dalam setahun yang perlu mengacu kepada ketentuan yang berlaku.

Untuk menetapkan  $q_{JP}$ , dasarnya adalah hubungan antara arus jam puncak atau arus jam perencanaan ( $q_{JP}$ ) dengan LHRT seperti pada Persamaan berikut:

$$q_{JP} = \frac{LHRT \times K}{F_{JS}}$$

Keterangan:

**LHRT** adalah volume lalu lintas rata-rata tahunan yang ditetapkan dari survei perhitungan lalu lintas selama 1 (satu) tahun penuh dibagi jumlah hari dalam tahun tersebut, dinyatakan dalam SMP/hari. LHRT dapat juga diperoleh dari data survei terbatas (misal 7 hari x 24 jam) dengan mengikuti tata cara perhitungan LHRT yang berlaku.

**K** adalah faktor jam desain, ditetapkan dari kajian fluktuasi volume jam sibuk jam-jaman selama 1 (satu) tahun. Nilai K yang dapat digunakan untuk JBH berkisar antara 0,08–0,11; JLK berkisar antara 0,08–0,12 dan JK berkisar antara 0,07–0,12. Nilai lain dapat digunakan jika didasarkan pada kajian yang dapat dipertanggungjawabkan. Misalkan untuk daerah wisata dapat digunakan nilai 0,08 –0,15.

**F<sub>JS</sub>** adalah faktor jam sibuk, nilainya berkisar antara 0,80–0,95; nilai yang rendah untuk kondisi arus yang masih lengang dan yang tinggi untuk kondisi arus yang padat.

### 2.3.3 Klasifikasi Kendaraan

Kendaraan pada arus lalu lintas untuk PKJI diklasifikasikan menjadi 5 (lima) yaitu sepeda Motor (SM), Mobil Penumpang (MP), Kendaraan Sedang (KS), Bus Besar (BB), dan Truk Berat (TB). Dalam prakteknya, terdapat beberapa versi klasifikasi jenis kendaraan, diantaranya versi PKJI seperti dalam Tabel 1-1, versi Direktorat Jenderal Bina Marga (DJBM 1992), versi Integrated Road Management System (IRMS). Untuk tujuan praktis, Tabel 1-2 menetapkan padanan klasifikasi kendaraan yang dapat diacu untuk mengkonversikan data arus lalu lintas dari klasifikasi versi IRMS atau versi DJBM menjadi data lalu lintas yang sesuai dengan klasifikasi PKJI. Dalam PKJI, jenis Kendaraan Tidak Bermotor (KTB) tidak dikonversikan dalam arus lalu lintas karena dianggap sebagai hambatan samping yang pengaruhnya diperhitungkan terhadap kapasitas dalam faktor koreksi kapasitas akibat hambatan samping (FCHS).

Klasifikasi kendaraan dalam JBH digolongkan menjadi 4 (empat), yaitu MP, KS, BB, dan TB karena pada JBH jenis kendaraan SM dan KTB tidak dipertimbangkan. Sedangkan pada jalan luar kota, seluruh jenis kendaraan diakomodir. Pada jaringan jalan kota, BB dan TB sangat sedikit dan beroperasi pada jam-jam lengang terutama tengah malam, sehingga dalam perhitungan kapasitas praktis BB dan TB dianggap tidak ada atau sekalipun ada maka dalam perhitungan dikategorikan sebagai KS. Maka, kendaraan-kendaraan di perkotaan diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) jenis saja SM, MP, dan KS. Perhitungan yang termasuk ke dalam jaringan jalan di perkotaan yaitu Kapasitas Jalan Perkotaan, Kapasitas Simping APILL, Kapasitas Simping, dan Kapasitas Bagian Jalinan.

**Tabel 2.1** Klasifikasi kendaraan PKJI dan tipikalnya

Kode	Jenis kendaraan	Tipikal kendaraan
SM	Kendaraan bermotor roda 2 (dua) dan 3 (tiga) dengan panjang <2,5 m	Sepeda motor, kendaraan bermotor roda 3 (tiga)
MP	mobil penumpang 4 (empat) tempat duduk, mobil penumpang 7 (tujuh) tempat duduk, mobil angkutan barang kecil, mobil angkutan barang sedang dengan panjang ≤5,5 m	Sedan, jeep, minibus, mikrobus, <i>pickup</i> , truk kecil
KS	Bus sedang dan mobil angkutan barang 2 (dua) sumbu dengan panjang ≤9,0 m	Bus tanggung, bus metromini, truk sedang
BB	Bus besar 2 (dua) dan 3 (tiga) gandar dengan panjang ≤12,0 m	Bus antar kota, bus <i>double decker city tour</i>
TB	Mobil angkutan barang 3 (tiga) sumbu, truk gandeng, dan truk tempel ( <i>semitrailer</i> ) dengan panjang >12,0 m	Truk tronton, truk semi <i>trailer</i> , truk gandeng

Sumber : PKJI 2023

**Tabel 2.2** Padanan klasifikasi jenis kendaraan

IRMS (11 Kelas)		DJBM 992 (8Kelas)		PKJI (5 Kelas)	
1.	Sepeda motor, skuter, kendaraan roda 3 (tiga)	1.	Sepeda motor, skuter, sepeda kumbang, dan sepeda roda 3 (tiga)	1.	SM: Kendaraan bermotor roda 2 (dua) dan 3 (tiga) dengan panjang <2,5 m.
2.	Sedan, jip, station wagon	2.	Sedan, jip, station wagon	2.	MP: mobil penumpang 4 (empat) tempat duduk, mobil penumpang 7 (tujuh) tempat duduk, mikrobus, mobil angkutan barang kecil, mobil angkutan barang sedang dengan panjang <5,5 m
3.	Opelet, <i>pickup</i> , kombi, dan minibus	3.	Opelet, <i>pickup</i> -opelet, kombi, dan minibus		
4.	<i>Pickup</i> , truk kecil, dan mobil hantaran	4.	<i>Pickup</i> , truk kecil, dan mobil hantaran		
5a.	Bus kecil	5.	Bus	3.	KS: Bus sedang dan mobil angkutan barang 2
5b.	Bus besar			4.	BB: Bus besar 2 (dua) dan 3 (tiga) sumbu dengan panjang sampai 12,0 m
6.	Truk 2 (dua) sumbu	6.	Truk 2 (dua) sumbu	5.	TB: Mobil angkutan barang 3 (tiga) sumbu, truk gandeng, dan truk tempel ( <i>semitrailer</i> ) dengan panjang >12,0 m
7a.	Truk 3 (tiga) sumbu	7.	Truk 3 (tiga) sumbu atau lebih dan gandengan		
7b.	Truk gandengan				
7c.	Truk tempelan ( <i>semi trailer</i> )				
8.	KTB: Sepeda, becak, dokar, kretek, andong	8.	KTB: Sepeda, becak, dokar, kretek, andong		KTB: Sepeda, becak, kendaraan ditarik hewan

Sumber : PKJI 2023

### 2.3.4 Ruang Lingkup

Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia terdiri dari 6 (enam) bagian, yaitu:

- a. Kapasitas Jalan Bebas Hambatan yang menjelaskan ketentuan dan prosedur perhitungan kapasitas jalan untuk desain dan evaluasi kinerja lalu lintas operasional suatu segmen JBH, meliputi kapasitas jalan (C) dan kinerja lalu lintas jalan yang diukur menggunakan derajat kejenuhan (DJ), kecepatan tempuh ( $vT$ ) dan/atau waktu tempuh ( $wT$ ). Pedoman ini dapat digunakan untuk segmen-segmen JBH dengan spesifikasi penyediaan prasarana jalan empat lajur 2 (dua) arah terbagi (4/2-T), 6 (enam) lajur 2 (dua) arah terbagi (6/2-T), dan 8 (delapan) lajur 2 (dua) arah terbagi (8/2-T);
- b. Kapasitas Jalan Luar Kota yang menjelaskan perhitungan kapasitas jalan untuk perencanaan dan evaluasi kinerja lalu lintas operasional segmen JLK, terdiri dari kapasitas jalan (C) dan kinerja lalu lintas jalan yang diukur menggunakan derajat kejenuhan (DJ), waktu tempuh ( $wT$ ), kecepatan tempuh ( $VT$ ), dan derajat iringan (DI). Pedoman ini dapat digunakan pada segmen JLK dengan spesifikasi penyediaan prasarana jalan Jalan Kecil dan Jalan Sedang 2 (dua) lajur 2 (dua) arah Tak Terbagi (2/2 TT), serta Jalan Raya 4 (empat) lajur 2 (dua) arah Terbagi (4/2-T), dan 6 (enam) lajur 2 (dua) arah Terbagi (6/2-T);
- c. Kapasitas Jalan Perkotaan menetapkan ketentuan dan prosedur perhitungan kapasitas jalan untuk desain dan evaluasi kinerja lalu lintas segmen jalan perkotaan, meliputi kapasitas jalan (C) dan kinerja lalu lintas jalan yang diukur oleh derajat kejenuhan (DJ), kecepatan tempuh ( $VT$ ), dan waktu tempuh ( $wT$ ). Pedoman ini dapat digunakan pada segmen-segmen umum yang berada di lingkungan perkotaan dengan kelas Jalan Kecil dan Jalan Sedang bertipe 2/2-TT, dan Jalan Raya tipe 4/2-T, 6/2-T, dan 8/2-T;
- d. Kapasitas Simpang APILL menetapkan ketentuan perhitungan kapasitas Simpang APILL untuk evaluasi kinerja lalu lintas dan perencanaan pengaturan simpang menggunakan APILL, meliputi penetapan waktu-waktu isyarat, kapasitas (C), dan kinerja lalu lintas yang diukur oleh derajat kejenuhan (DJ), tundaan (T), panjang antrian (PA), dan rasio

- kendaraan berhenti (RKH) untuk Simpang APILL-3 lengan dan Simpang APILL-4 lengan yang berada di wilayah perkotaan dan semi perkotaan;
- e. Kapasitas Simpang menetapkan ketentuan perhitungan kapasitas simpang untuk keperluan perencanaan dan evaluasi kinerja, meliputi kapasitas simpang (C) dan kinerja lalu lintas simpang yang diukur oleh derajat kejenuhan (DJ), tundaan (T), dan peluang antrian (Pa), untuk Simpang-3 dan Simpang-4 yang berada di wilayah perkotaan atau semi perkotaan;
  - f. Kapasitas Bagian Jalinan menetapkan ketentuan perhitungan kapasitas bagian jalinan untuk keperluan perencanaan dan evaluasi kinerja, meliputi kapasitas bagian jalinan (C) dan kinerja lalu lintas bagian jalinan tunggal yang diukur oleh derajat kejenuhan (DJ), kecepatan tempuh (VT), dan waktu tempuh (wT) serta kinerja lalu lintas Bundaran yang diukur oleh derajat kejenuhan (DJ), tundaan (T), dan peluang antrian (Pa), untuk yang berada di wilayah perkotaan atau semi perkotaan.

## **2.4 Kapasitas Jalan Luar Kota**

### **2.4.1 Umum**

Jalan Luar Kota (JLK) dibedakan menjadi 2 (dua) jenis segmen, yaitu segmen umum (atau disebut segmen) dan segmen khusus yaitu segmen dengan kelandaian yang tinggi dan panjang tertentu (alinemen bukit atau gunung). Perhitungan C pada segmen khusus dipisahkan tersendiri. Pada segmen khusus, untuk mempertahankan kapasitas dan kinerja lalu lintas, segmen dapat dilengkapi dengan lajur pendakian.

Untuk jalan tak terbagi, perhitungan dan analisis kapasitas dilakukan sekaligus untuk 2 (dua) arah berdasarkan arus total 2 (dua) arah, kecuali untuk segmen khusus. Untuk jalan terbagi, perhitungan dan analisis kapasitas dilakukan untuk masing-masing arah berdasarkan arus lalu lintas masing-masing arah.

## 2.4.2 Kapasitas JLK

C dihitung dari perkalian  $C_0$  dengan faktor-faktor koreksi lebar lajur jalan, pemisahan arah lalu lintas, dan hambatan samping, dihitung menggunakan Persamaan berikut:

$$C = C_0 \times FC_L \times FC_{PA} \times FC_{HS}$$

Keterangan:

- C adalah kapasitas segmen atau segmen khusus, SMP/jam.
- $C_0$  adalah kapasitas dasar segmen, SMP/jam.  $C_0$  adalah C pada kondisi ideal yaitu kondisi dimana  $FC_L=1$ ,  $FC_{PA}=1$ , dan  $FC_{HS}=1$ .
- $FC_L$  adalah faktor koreksi kapasitas akibat lebar lajur jalan yang tidak ideal.
- $FC_{PA}$  adalah faktor koreksi kapasitas akibat pemisahan arah arus lalu lintas. Faktor ini hanya berlaku untuk jalan tak terbagi.
- $FC_{HS}$  adalah faktor koreksi kapasitas akibat adanya hambatan samping dan ukuran bahu jalan yang tidak ideal.

C suatu segmen khusus (segmen dengan kelandaian khusus) dihitung sama seperti untuk segmen umum menggunakan Persamaan 3-1, tetapi dengan nilai  $C_0$  dan  $F_{PA}$  yang berbeda.

### 2.4.2.1 Kapasitas Dasar

$C_0$  untuk segmen jalan ditetapkan dari Tabel 2.3.

**Tabel 2.3.**  $C_0$  segmen jalan untuk tipe 2/2-TT dan 4/2-T

Tipe alinemen	$C_0$	$C_0$
	SMP/jam 2/2-TT	SMP/jam/lajur 4/2-T
Datar	4000	2200
Bukit	3850	2100
Gunung	3700	2000

Sumber : PKJI 2023

Tipe alinemen ditetapkan dari derajat kelengkungan alinemen vertikal segmen,  $\theta_V$  (m/km) dan derajat kelengkungan alinemen horizontal segmen,  $\theta_H$  (rad/km).  $\theta_V$  adalah jumlah total kenaikan vertikal tanjakan (m) di sepanjang segmen dibagi panjang segmen (km), dan  $\theta_H$  adalah jumlah total sudut-sudut belokan pada tikungan (radian) dibagi panjang segmen (km). Kriteria tipe alinemen ditetapkan sesuai Tabel 2.4.

**Tabel 2.4** Kriteria tipe alinemen

Tipe alinemen	$\theta_V$ (m/km)	$\theta_H$ (rad/km)
Datar	<10 (5)	<1,00 (0,25)
Bukit	10–30 (25)	1,00–2,50 (2,00)
Gunung	>30 (45)	>2,50 (3,50)

Sumber : PKJI 2023

CATATAN: Nilai-nilai dalam kurung adalah nilai-nilai ideal yang menjadi kriteria tipe alinemen untuk menetapkan kapasitas dasar

### 2.4.2.2 Faktor-faktor Koreksi Kapasitas

FCL, faktor koreksi kapasitas akibat lebar lajur jalan yang tidak ideal, nilainya tergantung pada deviasi lebar lajur atau lebar jalur terhadap nilai idealnya, ditetapkan menggunakan Tabel 2.5.

**Tabel 2.5** Faktor koreksi akibat lebar lajur

Tipe jalan	Lebar lajur atau jalur efektif (LLE atau LJE), m		FC <sub>L</sub>
4/2-T & 6/2-T	Per Lajur	3,00	0,91
		3,25	0,96
		3,50	1,00
		3,75	1,03
2/2-TT	Total dua arah	5,00	0,69
		6,00	0,91
		7,00	1,00
		8,00	1,08
		9,00	1,15
		10,0	1,21
		11,0	1,27

Sumber : PKJI 2023

FC<sub>PA</sub>, faktor koreksi kapasitas akibat pemisahan arah arus lalu lintas untuk segmen umum yang tak tebagi, ditetapkan menggunakan Tabel 2.6, dan untuk segmen khusus ditetapkan menggunakan Tabel 2.7.

**Tabel 2.6** FCPA pada segmen umum

Pemisahan arah arus (%-%):		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
<b>FCPA</b>	Tipe jalan 2/2-TT	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88

Sumber : PKJI 2023

FCHS, faktor koreksi kapasitas akibat adanya kegiatan di sisi jalan yang menghambat kelancaran arus lalu lintas, ditetapkan berdasarkan besarnya (atau kelas) hambatan samping (KHS) yang dihitung dari kejadian hambatan tersebut pada saat suatu segmen jalan dikaji dan lebar bahu jalan efektif. KHS diperhitungkan dari jenis hambatannya dan frekuensi kejadiannya di sisi jalan sepanjang 200m dengan kriteria seperti pada Tabel 2-9. Frekuensi kejadian diperoleh dari pengamatan lapangan (jika analisis untuk evaluasi kinerja) atau dari perkiraan (jika analisis untuk perencanaan), berupa total frekuensi kejadian hambatan samping yang sudah diperhitungkan bobotnya berdasarkan jenis hambatannya, per jam per 200 m pada kedua sisi segmen jalan. Jenis hambatan dan bobotnya adalah sebagai berikut:

- a. jumlah pejalan kaki yang berjalan di sepanjang segmen jalan dan yang menyeberang jalan (dengan bobot 0,6);
- b. jumlah penghentian kendaraan dan gerakan parkir (dengan bobot 0,8);
- c. jumlah KB yang masuk dan yang keluar dari lahan samping jalan dan jalan samping (dengan bobot 1,0); dan
- d. jumlah KTB (dengan bobot 0,4).

Berdasarkan total frekuensi kejadian hambatan samping yang telah dikalikan bobotnya dan dengan menggunakan Tabel 2.9, tetapkan nilai FCFS berdasarkan KHS dan lebar bahu efektif.

**Tabel 2.7** Kriteria KHS

<b>KHS</b>	<b>Total frekuensi kejadian Hambatan Samping</b>	<b>Ciri-ciri khusus</b>
<b>Sangat Rendah</b>	<50	Pedalaman, jalan melalui wilayah perdesaan, pertanian, atau daerah yang belum berkembang, tanpa kegiatan
<b>Rendah</b>	50–149	Pedalaman, jalan melalui wilayah perdesaan dimana terdapat beberapa bangunan dan kegiatan samping jalan
<b>Sedang</b>	150–249	Perdesaan, jalan melalui wilayah perkampungan, terdapat kegiatan permukiman
<b>Tinggi</b>	250–349	Perdesaan, jalan melalui wilayah perkampungan, ada beberapa kegiatan pasar
<b>Sangat Tinggi</b>	>350	Mendekati perkotaan, banyak pasar atau kegiatan niaga

Sumber : PKJI 2023

**Tabel 2.8** FCHS sebagai fungsi dari KHS dan LBE

<b>Tipe jalan</b>	<b>KHS</b>	<b>Faktor koreksi akibat hambatan samping (FCHS)</b>			
		<b>Lebar bahu efektif LBE, m</b>			
		<b>≤0,5</b>	<b>1,0</b>	<b>1,5</b>	<b>≥2,0</b>
<b>4/2-T</b>	Sangat rendah	0,99	1,00	1,01	1,03
	Rendah Sedang	0,96	0,97	0,99	1,01
	Tinggi	0,93	0,95	0,96	0,99
	Sangat Tinggi	0,90	0,92	0,95	0,97
<b>2/2-TT</b>		0,88	0,90	0,93	0,96
	Sangat rendah	0,97	0,99	1,00	1,02
	Rendah Sedang	0,93	0,95	0,97	1,00
	Tinggi	0,88	0,91	0,94	0,98
	Sangat Tinggi	0,84	0,87	0,91	0,95
		0,80	0,83	0,88	0,93

Sumber : PKJI 2023

## 2.4.3 Kinerja lalu lintas

### 2.4.3.1 Ekuivalensi mobil penumpang

Nilai  $q$  harus dihitung dalam satu satuan yang sama untuk merepresentasikan berbagai jenis kendaraan. Pada PKJI, satuan kendaraan dikonversi untuk disamakan menjadi satuan mobil penumpang, yaitu SMP/jam. Untuk mengubah dari satuan kend/jam menjadi SMP/jam digunakan nilai EMP yang dapat dilihat pada Tabel 2-11. Kendaraan-kendaraan diklasifikasikan menjadi beberapa kelas yaitu SM, MP, KS, BB, dan TB. Jenis Kendaraan Tidak Bermotor (KTB) tidak dikonversikan dalam arus lalu lintas karena dianggap sebagai hambatan samping yang pengaruhnya diperhitungkan terhadap kapasitas dalam faktor koreksi kapasitas akibat hambatan samping ( $FC_{HS}$ ).

**Tabel 2.9** Nilai EMP untuk segmen jalan umum tipe 2/2-TT

Tipe alinemen	$q_{total}$ (kend/jam)	EMPKS	EMPBB	EMPTB	EMPSM		
					Lebar jalur lalu lintas (m)		
					<6 m	6-8 m	>8 m
Datar	0-799	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800-1349	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	1350-1899	1,5	1,6	2,5	0,9	0,7	0,5
	$\geq 1900$	1,3	1,5	2,5	0,6	0,5	0,4
Bukit	0-649	1,8	1,6	5,2	0,7	0,5	0,3
	650-1099	2,4	2,5	5,0	1,0	0,8	0,5
	1100-1599	2,0	2,0	4,0	0,8	0,6	0,4
	$\geq 1600$	1,7	1,7	3,2	0,5	0,4	0,3
Gunung	0-449	3,5	2,5	6,0	0,6	0,4	0,2
	450-899	3,0	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900-1349	2,5	2,5	5,0	0,7	0,5	0,3
	$\geq 1350$	1,9	2,2	4,0	0,5	0,4	0,3

Sumber : PKJI 2023

CATATAN: Apabila arus lalu lintas dua arah lebih besar dari 1000 kend/jam, maka nilai-nilai dalam tabel di atas dikalikan dengan 0,7.

### 2.4.3.2 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan, DJ, dihitung menggunakan Persamaan:

$$DJ = \frac{q}{c}$$

Keterangan:

q adalah arus lalu lintas yang sedang dievaluasi kinerjanya, SMP/jam.

C adalah kapasitas segmen jalan, SMP/jam.

DJ adalah derajat kejenuhan segmen jalan, nilainya  $\leq 1,0$ .

### 2.4.3.3 Kecepatan Mobil Penumpang ( $v_{MP}$ ) dan Waktu Tempuh

Ukuran kinerja yang lain adalah kecepatan arus lalu lintas,  $v_T$  (km/jam) yang direpresentasikan oleh kecepatan rata-rata arus MP ( $v_{MP}$ ) yang dihitung menggunakan diagram empiris kecepatan rata-rata MP yang disajikan dalam Gambar 3-1 untuk tipe jalan 2/2-TT berdasarkan nilai DJ dan kecepatan arus bebas untuk jenis kendaraan MP ( $v_{B,MP}$ ). Nilai  $v_{B,MP}$  ditetapkan sebagai fungsi dari  $v_{BD,MP}$ , lebar jalan, hambatan samping, lebar bahu, fungsi jalan, dan tata guna lahan.  $v_{B,MP}$  dihitung menggunakan Persamaan:

$$v_{B,MP} = (v_{BD,MP} + v_{BL,MP}) \times F_{vB,HS} \times F_{vB,KFJ}$$

Keterangan:

$v_{B,MP}$  adalah kecepatan arus bebas MP pada kondisi lapangan, km/jam.

$v_{BD,MP}$  adalah arus bebas dasar MP yang nilainya dapat diperoleh dari Tabel 2.12. Jika diketahui data tentang  $\theta_H$  dan  $\theta_V$  segmen jalan, maka nilai arus bebas dasar MP,  $v_{BD,MP}$ , yang lebih akurat dapat diperoleh dari Tabel 2.13.

$v_{BL,MP}$  adalah koreksi kecepatan arus bebas MP akibat lebar lajur efektif yang tidak ideal (Tabel 2.14), km/jam.

$F_{vB,HS}$  adalah faktor koreksi kecepatan arus bebas MP akibat hambatan samping dan lebar bahu yang tidak ideal (Tabel 2.15).

$F_{vB,KFJ}$  adalah faktor koreksi kecepatan arus bebas MP akibat kelas fungsi jalan dan guna lahan (Tabel 2.16).

**Tabel 2.10** Kecepatan arus bebas dasar (vBD) per jenis kendaraan

Tipe Jalan	Tipe alinemen	vBD (km/jam)				
		MP	KS	BB	TB	SM
6/2-T	- Datar	83	67	86	64	64
	- Bukit	71	56	68	52	58
	- Gunung	62	45	55	40	55
4/2-T	- Datar	78	65	81	62	64
	- Bukit	68	55	66	51	58
	- Gunung	60	44	53	39	55
2/2-TT	- Datar dengan KJP A	68	60	73	58	55
	- Datar dengan KJP B	65	57	69	55	54
	- Datar dengan KJP C	61	54	63	52	53
	- Bukit	61	52	62	49	53
	- Gunung	55	42	50	38	51

Sumber : PKJI 2023

**Tabel 2.11** Kecepatan arus bebas dasar MP (vBD,MP) sebagai fungsi dari  $\theta H$  dan  $\theta V$  segmen, untuk tipe jalan 2/2-TT

$\theta V$ , m/km	vBD untuk jenis MP						
	$\theta H$ ,						
	< 0,5	0,5 - 1	1-2	2-4	4-6	6-8	8-10
5	68	65	63	58	52	47	43
15	67	64	62	58	52	47	43
25	66	64	62	57	51	47	43
35	65	63	61	57	50	46	42
45	64	61	60	56	49	45	42
55	61	58	57	53	48	44	41
65	58	56	55	51	46	43	40
75	56	54	53	50	45	42	39
85	54	52	51	48	43	41	38
95	52	50	49	46	42	40	37

Sumber : PKJI 2023

**Tabel 2.12** Koreksi kecepatan arus bebas MP akibat lebar lajur efektif, vBL,MP

Tipe jalan	LLE atau LJE (m)	vBL		
		Datar: KJP=A, B	Bukit: KJP=A, B, C Datar: KJP=C	Gunung
4/2-T	LLE=3,00	-3	-3	-2
	LLE=3,25	-1	-1	-1
6/2-T	LLE=3,50	0	0	0
	LLE=3,75	2	2	2

Tipe jalan	LLE atau LJE (m)	vBL		
		Datar: KJP=A, B	Bukit: KJP=A, B, C Datar: KJP=C	Gunung
2/2-TT	LJE=5,00	-11	-9	-7
	LJE=6,00	-3	-2	-1
	LJE=7,00	0	0	0
	LJE=8,00	1	1	0
	LJE=9,00	2	2	1
	LJE=10,00	3	3	2
	LJE=11,00	3	3	2

Sumber : PKJI 2023

**Tabel 2.13** Faktor koreksi kecepatan arus bebas MP akibat hambatan samping dan lebar bahu, FvB,HS

Tipe jalan	KHS	FvB,HS			
		$L_{BE} \leq 0,5 \text{ m}$	$L_{BE}=1,0 \text{ m}$	$L_{BE}=1,5 \text{ m}$	$L_{BE} \geq 2 \text{ m}$
4/2-T	Sangat rendah	1,00	1,00	1,00	1,00
	Rendah	0,98	0,98	0,98	0,99
	Sedang	0,95	0,95	0,96	0,98
	Tinggi	0,91	0,92	0,93	0,97
	Sangat Tinggi	0,86	0,87	0,89	0,86
2/2-TT	Sangat rendah	1,00	1,00	1,00	1,00
	Rendah Sedang	0,96	0,97	0,97	0,98
	Tinggi	0,91	0,92	0,93	0,97
	Sangat Tinggi	0,85	0,87	0,88	0,95
		0,76	0,79	0,82	0,93

Sumber : PKJI 2023

**Tabel 2.14** Faktor koreksi kecepatan arus bebas MP akibat kelas fungsi jalan dan guna lahan, FvB,KFJ

Tipe Jalan	Fungsi Jalan	FvB,K				
		Persentase pengembangan samping jalan				
		0%	25%	50%	75%	100%
4/2-T	Arteri	1,00	0,99	0,98	0,96	0,95
	Kolektor	0,99	0,98	0,97	0,95	0,94
	Lokal	0,98	0,97	0,96	0,94	0,93
2/2-TT	Arteri	1,00	0,98	0,97	0,96	0,94
	Kolektor	0,94	0,93	0,91	0,90	0,88
	Lokal	0,90	0,88	0,87	0,86	0,84

Sumber : PKJI 2023

Kecepatan arus bebas untuk jenis kendaraan yang lain (KS, BB, TB, dan SM) dapat dihitung jika dibutuhkan misalnya untuk mengetahui waktu tempuh TB. Tahap pertama adalah menghitung nilai penyesuaian kecepatan arus untuk jenis kendaraan MP menggunakan Persamaan:

$$vV,MP=(vBD,MP-vB,MP)$$

Keterangan:

$vV,MP$  adalah nilai penyesuaian kecepatan arus MP, km/jam.

$vBD,MP$  adalah kecepatan arus bebas dasar jenis kendaraan MP, km/jam.

$vB,MP$  adalah kecepatan arus bebas jenis kendaraan MP, km/jam.

Tahap kedua adalah menghitung kecepatan jenis kendaraan selain MP, misalnya untuk jenis kendaraan TB, menggunakan Persamaan:

$$vB,TB=vBD,TB- \frac{vV,MP \times vBD,TB}{vBD,MP}$$

Keterangan:

$vB,TB$  adalah kecepatan arus bebas jenis kendaraan KS, km/jam.

$vBD,TB$  adalah nilai kecepatan arus bebas dasar jenis kendaraan KS, km/jam.

$vV,MP$  adalah nilai penyesuaian kecepatan arus MP, km/jam.

$vBD,MP$  adalah kecepatan arus bebas dasar jenis kendaraan MP, km/jam.

VMP suatu segmen jalan pada keadaan lalu lintas, hambatan samping, dan kondisi geometri lapangan untuk jenis kendaraan MP, dapat ditetapkan menggunakan diagram dalam Gambar 3.1 untuk tipe jalan 2/2-TT atau Gambar 3.2 untuk tipe jalan 4 (empat) lajur. Masukkan nilai DJ hasil perhitungan ke dalam garis absis diagram tersebut, kemudian dari titik DJ ditarik garis vertikal sampai memotong garis  $vB,MP$  yang sesuai dengan hasil perhitungan menggunakan Persamaan 3-3. Dari titik perpotongan tersebut, tarik garis mendatar sampai memotong garis ordinat Y. Pada titik perpotongan dengan ordinat Y tersebut, baca nilai nilai  $vT$  dari mobil penumpang ( $vMP$ ). Selanjutnya WT dihitung menggunakan Persamaan:

$$wT = \frac{P}{vMP}$$

Keterangan:

VMP adalah kecepatan tempuh rata-rata MP, km/jam.

P adalah panjang segmen jalan, km.

wT adalah waktu tempuh rata-rata mobil penumpang, jam.

diperkirakan berdasarkan nilai DJ, dengan menggunakan diagram dalam Gambar 3.3.

#### 2.4.3.4 Derajat Iringan ( $D_I$ )

Jika pada suatu segmen jalan jumlah kendaraan dalam suatu iringan diketahui, maka nilai  $D_I$  dihitung menggunakan

Persamaan:

$$D_I = \frac{\text{(jumlah kendaraan dalam iringan)}}{q}$$

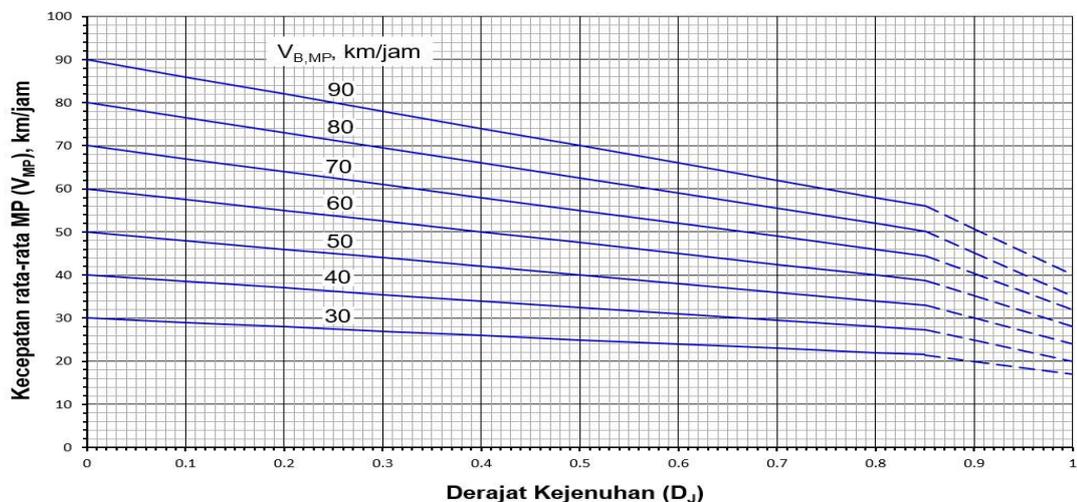
Keterangan:

Iringan adalah arus lalu lintas dengan  $w_a \leq 5$  detik.

$w_a$  adalah waktu antar kendaraan, detik.

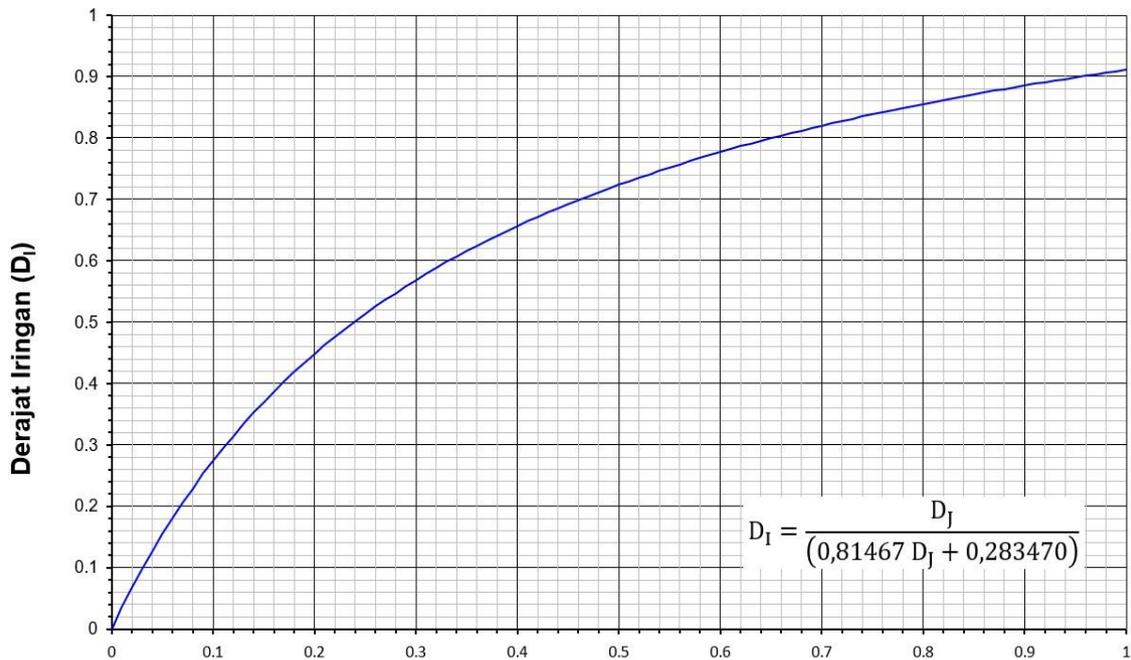
$q$  adalah arus lalu lintas, kend/jam.

Jika jumlah kendaraan dalam suatu iringan belum diketahui, maka besarnya  $D_I$  dapat diperkirakan berdasarkan nilai DJ, dengan menggunakan diagram dalam Gambar 2.2.



Sumber : PKJI 2023

**Gambar 2.1** Kecepatan MP sebagai fungsi dari DJ pada jalan 2/2-TT



Sumber : PKJI 2023

Derajat Kejenuhan ( $D_J$ )

**Gambar 2.2** Hubungan DI dengan DJ (hanya tipe jalan 2/2-TT)

**Tabel 2.15** Ambang arus lalu lintas jam puncak tahun ke satu untuk jalur pendakian pada kelandaian khusus (umur rencana 23 tahun)

Panjang (km)	Ambang arus lalu lintas (kend/jam) tahun ke 1, pada jam puncak		
	Kelandaian:		
	3 %	5 %	7 %
0,5	500	400	300
$\geq 1,0$	325	300	300

Sumber : PKJI 2023

## 2.4.4 Prosedur Perhitungan

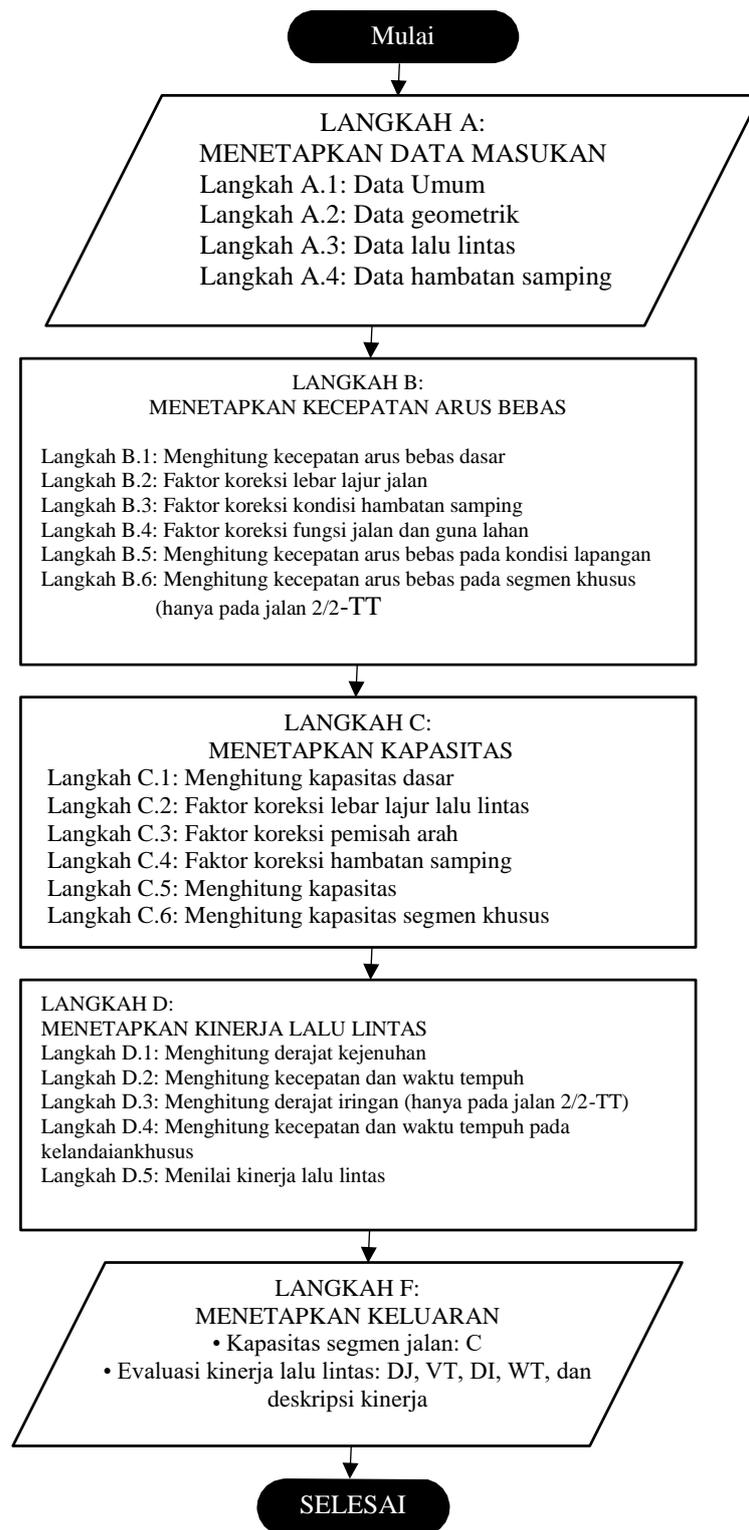
### 2.4.4.1 Prosedur Perhitungan Untuk Analisis Operasional dan Perencanaan

Analisis kapasitas terdiri dari 2 (dua) tujuan, yaitu untuk mengevaluasi kondisi operasional dan untuk mendesain baik jalan baru maupun jalan lama yang ditingkatkan. Sasaran utama dari analisis operasional suatu segmen jalan dengan kondisi geometri, lalu lintas, dan lingkungan yang ada pada saat dianalisis atau yang akan datang, dapat berupa satu atau keseluruhan dari penentuan

kapasitas, derajat kejenuhan saat ini atau yang akan datang, kecepatan, dan derajat iringan (hanya tipe jalan 2/2-TT) yang akan berlaku di jalan tersebut.

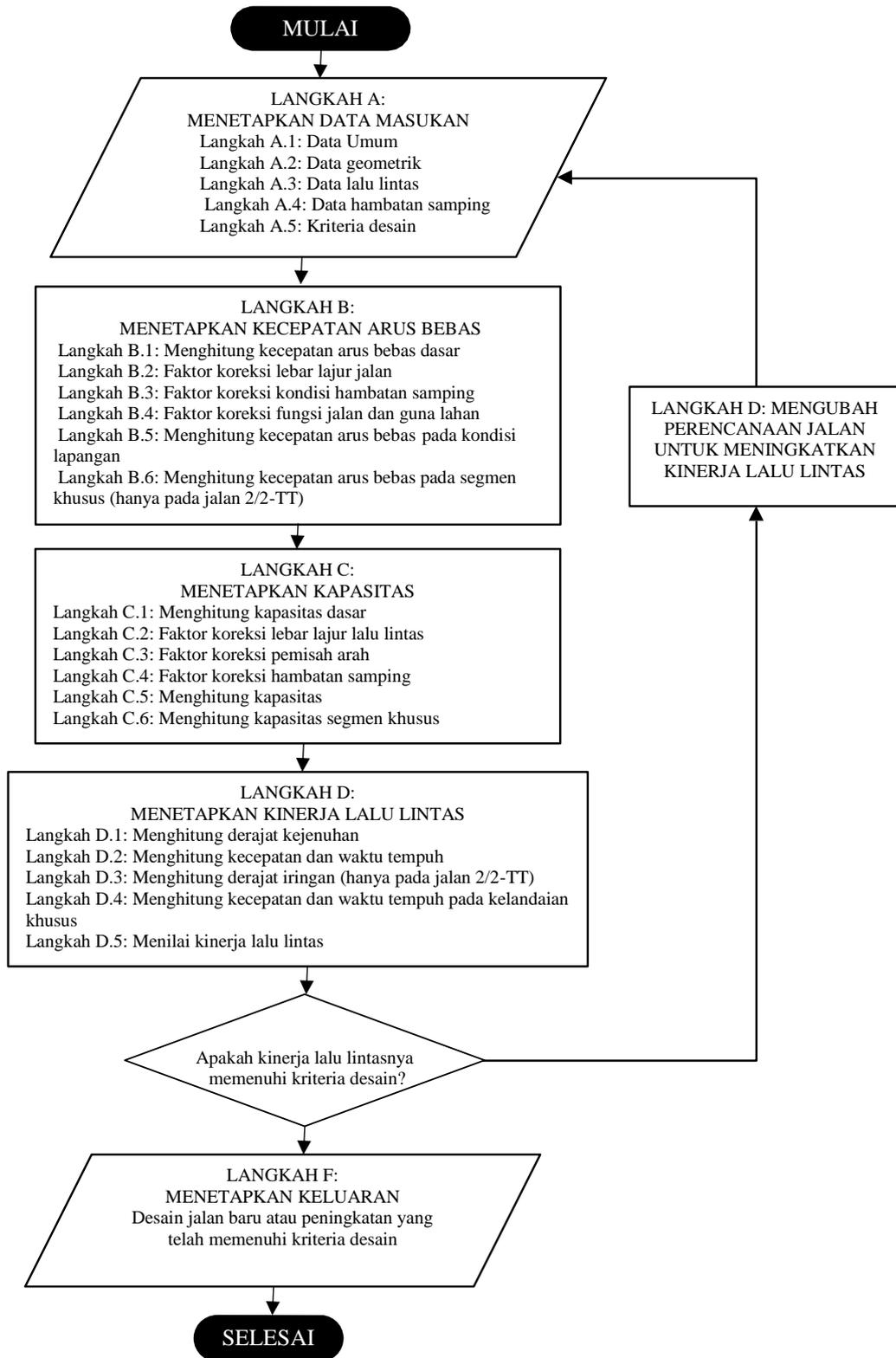
Sasaran utama dari analisis perencanaan adalah untuk menentukan lebar jalan atau jumlah lajur yang diperlukan untuk mempertahankan kinerja lalu lintas yang dikehendaki atau untuk memperkirakan pengaruh dari perubahan rencana, seperti rencana penambahan median atau meningkatkan bahu jalan.

Prosedur perhitungan yang lengkap ditunjukkan dalam bagan alir perhitungan kapasitas baik untuk analisis operasional (Gambar 2.3) maupun untuk analisis perencanaan (Gambar 2.4).



Sumber: MDP 2024

**Gambar 2.3** Bagan alir perhitungan untuk analisis operasional



Sumber: MDP 2024

**Gambar 2.4** Bagan alir perhitungan untuk analisis perencanaan

Prosedur analisis kapasitas dalam Gambar 2.3 dan Gambar 2.4 dibagi menjadi 6 (enam)

Langkah, yaitu:

- Langkah A, menetapkan data masukan, meliputi data umum, geometri, arus, dan hambatan samping. Khusus untuk analisis perencanaan perlu dirumuskan sebagai masukan kriteria desain.
- Langkah B, menetapkan kecepatan arus bebas.
- Langkah C, menetapkan kapasitas. Jika tujuan analisis adalah mendapatkan nilai kapasitas, maka proses analisis diakhiri sampai merumuskan keluaran (Langkah F). Jika tujuan analisis adalah menilai kinerja lalu lintas atau merencanakan suatu jalan baru atau peningkatan jalan lama, maka proses analisis berlanjut ke Langkah D.
- Langkah D, menetapkan kinerja lalu lintas. Jika tujuan analisis adalah menilai kinerja lalu lintas, maka proses analisis diakhiri sampai dengan merumuskan keluaran (Langkah F). Jika tujuan analisis adalah merencanakan jalan baru atau peningkatan jalan lama, maka proses analisis berlanjut dengan menguji apakah kinerja lalu lintasnya memenuhi kriteria perencanaan yang telah ditetapkan pada Langkah A. Jika tidak terpenuhi, maka tahap selanjutnya adalah melakukan perubahan perencanaan seperti diuraikan dalam Langkah E. Jika kriteria perencanaan dipenuhi, maka selanjutnya adalah menetapkan keluaran (Langkah F).
- Langkah E, melakukan perubahan rencana jalan untuk memperbaiki kinerja lalu lintas dan menghitung ulang kapasitas dan kinerja lalu lintas melalui Langkah B, C, dan D.
- Langkah F, menetapkan luaran yang tergantung kepada tujuan. Jika nilai kapasitas yang dituju, maka luaran adalah nilai kapasitas. Jika kinerja lalu lintas yang dituju, maka luarannya adalah kinerja lalu lintas. Jika perencanaan baru atau peningkatan, maka luarannya adalah perencanaan baru atau peningkatan.

Analisis operasional meliputi langkah A sampai dengan Langkah D. Analisis perencanaan meliputi Langkah A sampai dengan E. Langkah F merupakan keluaran. Dalam analisis perencanaan, data masukan geometri jalan, arus lalu lintas, dan lingkungan jalan, hanya diketahui secara umum sebagai hasil dari proses perencanaan. Perkiraan arus lalu lintas sebagai dasar perencanaan biasanya dinyatakan dalam bentuk LHRT.

Konsekuensinya, diperlukan anggapan-anggapan perencanaan mengenai rencana geometri, lalu lintas, dan lingkungan jalan.

## 2.5 Tanah Ekspansif

Tanah ekspansif adalah tanah dengan potensi mengembang (swelling) lebih dari 2,5% (diukur dengan pengujian CBR rendaman SNI 1744:2012 pada kadar air optimum dan kepadatan kering 100%).

Tanah ekspansif diklasifikasikan berdasarkan potensi pengembangannya (swelling) dan Weighted Plasticity Index (WPI) yang dibagi menjadi Rendah, Moderat, Tinggi, Sangat Tinggi, dan Ekstrim. Tanah ekspansif diklasifikasikan sebagai tanah yang mempunyai Pengembangan Potensial yang disajikan dalam Tabel 2.27.

**Tabel 2.16** Klasifikasi tanah ekspansif

Klasifikasi	Weighted Plasticity Index (WPI) (PI dikali persentase yang lolos saringan ukuran 0,425 mm)	Pengembangan (%) <sup>1</sup>
Ekstrim	>4.200	>10,0
Sangat Tinggi	>3.200 – 4.200	>5,0 – 10,0
Tinggi	>2.200 – 3.200	2,5 – 5,0
Moderat	1.200 – 2.200	0,5 – 2,5
Rendah	<1.200	<0,5

Sumber: MDP 2024

Catatan:

1. Pengembangan pada Kadar Air Optimum (OMC) dan 98% Kepadatan Kering Maksimum (MDD) dengan menggunakan Kepadatan Ringan (Standard Proctor) dengan rendaman 4 (empat) hari dan beban tambahan 4,5 kg.

Persyaratan tambahan untuk tanah ekspansif adalah sebagai berikut :

- a. Variasi kadar air tanah dasar harus sekecil mungkin. Alternatif pengendaliannya antara lain dengan menutup bahu jalan (sealed shoulder), saluran samping diperkeras, pembuatan saluran melintang (cut-off drain) dan pencegah aliran (flow inhibitors) seperti pemasangan lembar plastik secara vertikal pada tanah dasar.
- b. Dipasang subdrain jika penggunaan dapat mengurangi variasi kadar air.
- c. Penanganan tanah ekspansif sesuai dengan Bagan Desain-2

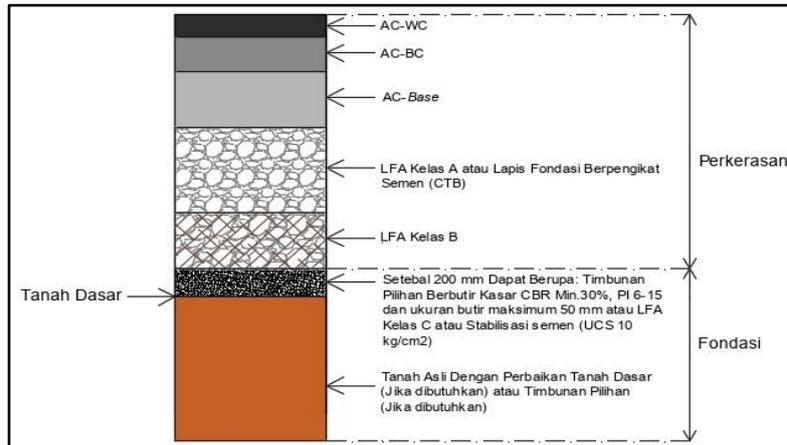
## 2.6 Perkerasan Jalan

### 2.6.1 Jenis struktur perkerasan baru terdiri atas:

- perkerasan pada permukaan tanah asli (at grade);
- perkerasan pada timbunan; dan
- perkerasan pada galian.

Tipikal struktur perkerasan dapat dilihat pada Gambar berikut ini:

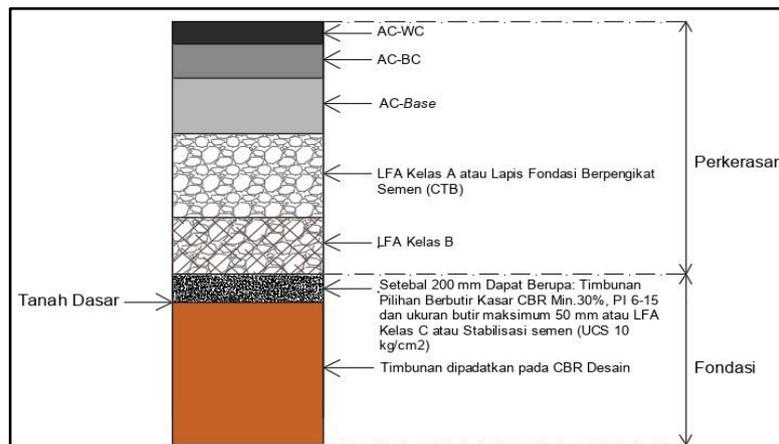
#### Tipikal 1 Perkerasan Lentur pada Permukaan Tanah Asli (*At Grade*)



Sumber: MDP 2024

#### Gambar 2.5 Perkerasan Lentur pada Permukaan Tanah Asli (*At Grade*)

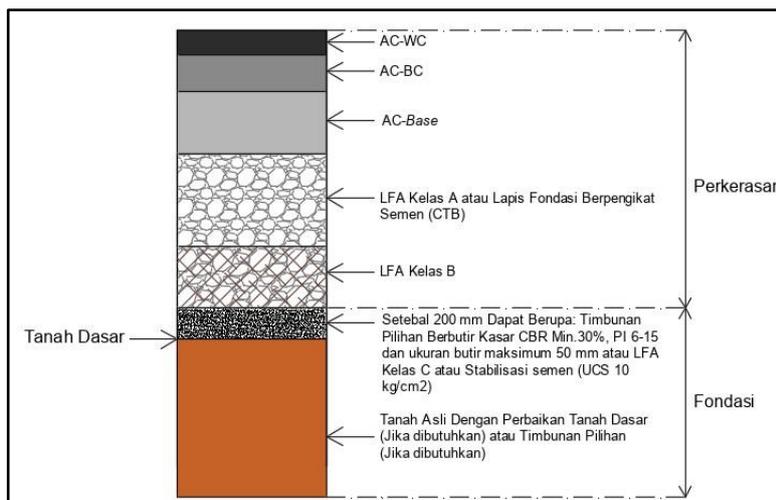
#### Tipikal 2 Perkerasan Lentur pada Timbunan



Sumber: MDP 2024

#### Gambar 2.6 Perkerasan Lentur pada Timbunan

### Tipe 3 Perkerasan Lentur pada Galian



Sumber: MDP 2024

**Gambar 2.7** Perkerasan Lentur pada Galian

### 2.6.2 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan baru dinyatakan pada Tabel 2-20 berikut ini.

**Tabel 2.17** Umur rencana perkerasa jalan baru (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun) <sup>(1)</sup>
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir <sup>(2)</sup> .	20
	Lapis Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk lokasi yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang ( <i>overlay</i> ), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, dan terowongan	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	10

i

Sumber: MDP 2024

Catatan:

1. jika dianggap sulit untuk menggunakan umur rencana di atas, maka dapat digunakan umur rencana berbeda, namun sebelumnya harus dilakukan analisis dengan *discounted lifecycle cost* yang dapat

menunjukkan bahwa umur rencana tersebut dapat memberikan *discounted lifecycle cost* terendah. Nilai bunga diambil dari nilai bunga rata-rata dari Bank Indonesia, yang dapat diperoleh dari sumber resmi; dan

2. umur rencana harus memperhatikan kapasitas jalan.

### 2.6.3 Pemilihan Struktur Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi fondasi jalan. Batasan pada Tabel 2.21 tidak mutlak, perencana teknis harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan, dan kepraktisan pelaksanaan. Pemilihan alternatif desain berdasarkan manual ini harus didasarkan pada *discounted lifecycle cost* terendah.

**Tabel 2.18** Pemilihan jenis perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA5 (juta) dalam 20 tahun				
		0 - 1	1 - 4	4 - 10	>10 – 30	>30
AC modifikasi	3, 3A, 3B	-	-	-	-	2
AC dengan CTB					2	-
AC Modifikasi dengan CTB					-	2
AC dengan lapis fondasi agregat	3, 3A, 3B	-	1, 2	1, 2	2	-
HRS tipis di atas lapis fondasi agregat	4	2	2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan lapis fondasi agregat	5	3	3	-	-	-
AC/HRS dengan lapis fondasi Soil Cement	6	2	2	-	-	-
AC/HRS dengan lapis fondasi agregat dan perbaikan tanah dasar (dengan stabilisasi semen)	7	2	2			
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat	8	-	-	-	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah	8A	-	-	1, 2	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat dan jalan kerikil)	9	1	-	-	-	-

Sumber: MDP 2024

## 2.6.4 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas harus berdasarkan data-data pertumbuhan series (historical growth data) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia dapat menggunakan Tabel 2.22.

**Tabel 2.19** Faktor laju pertumbuhan lalu lintas,  $i$  (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor <i>rural</i>	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber: MDP 2024

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (Cumulative Growth Factor)

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

Keterangan:

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

$i$  : Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR : Umur rencana (tahun)

## 2.6.5 Lalu Lintas pada Lajur Rencana

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan factor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur (DL). Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu.

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (CESAL) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga mungkin akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan

menggunakan lajur-lajur dalam. Faktor distribusi lajur harus berdasarkan data-data hasil survai lalu lintas setempat atau jika tidak tersedia dapat menggunakan Tabel 2.23.

**Tabel 2.20** Faktor distribusi lajur (DL)

Jumlah Lajur Tiap Arah	Kendaraan Niaga Pada Lajur Desain (% Terhadap Populasi Kendaraan Niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber: MDP 2024

### 2.6.6 Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan faktor ekuivalen beban (*vehicle damage factor*). Faktor Ekuivalen Beban atau *Vehicle Damage Factor* (VDF) dari sebuah kendaraan tertentu adalah jumlah nilai beban ESA dari seluruh kelompok sumbu kendaraan tersebut. Dengan menggunakan VDF, beban lalu lintas yang merupakan gabungan dari berbagai kendaraan dari berbagai kelas dengan beragam konfigurasi dan beban sumbu dapat dikonversi menjadi jumlah total beban ESA. Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif beban ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana yang diperoleh dari nilai VDF tersebut.

**Tabel 2.21** *VEHICLE DAMAGE FACTOR* (VDF) AASHTO – JAWA TENGAH – PANTURA

Kondisi	Kelas Kendaraan	Gol 5B	Gol 6A	Gol 6B	Gol 7A1	Gol 7A2	Gol 7A3	Gol 7B1	Gol 7B2	Gol 7B3	Gol 7C1	Gol 7C2A	Gol 7C2B	Gol 7C3	Gol 7C4
VDF Kaku	Faktual	3,4	0,3	3,1	18,8	16,1	-	-	14,5	-	12,9	19,9	19,3	29,6	-
	Normal	2,5	0,1	2,1	4,0	4,3	-	-	6,3	-	4,6	7,9	9,1	11,4	-

Sumber: MDP 2024

## 2.6.7 Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Standard Axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai berikut:

Menggunakan VDF masing-masing kendaraan niaga

$$\text{CESAL} = (\sum \text{LHRJK} \times \text{VDFJK}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R}$$

Keterangan:

LHRJK : Lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari)

VDFJK : Faktor ekuivalen beban (vehicle damage factor) tiap jenis kendaraan niaga,

DD : Faktor distribusi arah

DL : Faktor distribusi lajur (Tabel 4.2)

CESAL : Kumulatif beban sumbu standar ekuivalen selama umur rencana

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

### Perkiraan Kumulatif Beban Lalu Lintas CESA4 & CESA5

**Tabel 2.22** Tabel Perhitungan CESA 4 dan CESA 5

Golongan Kendaraan	LHR	LHR	LHR	VDF4 Fiktual	VDF4 Normal	VDF5 Fiktual	VDF5 Normal	DD	DL	R (i=4.8%)		CESA4		CESA5	
										(3 tahun)	(17 tahun)	Fiktual	Normal	Beban Fiktual	Beban Normal
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
1															
2															
3															
4															
5A															
5B															
6A															
6B															
7A1															
7A2															
7A3															
7B1															
7B2															
7B3															
7C1															
7C2A															
7C2B															
7C3															
7C4															
8															
Jumlah ESA															
ESA															
												CESA4		CESA5	

Sumber: MDP 2024

Keterangan rumus setiap kolom

$$(3) = \left(1 + \frac{i}{100}\right)^1$$

$$(4) = \left(1 + \frac{i}{100}\right)^4$$

(5), (6), (7), (8) dari tabel Vehicle Damage

(9), (10) dari Bab mengenai faktor distribusi arah dan distribusi lajur

$$(11) = \frac{(1 + 0,01 i)^3 - 1}{0,01 i}$$

$$(12) = \frac{(1 + 0,01 i)^{17} - 1}{0,01 i}$$

$$(13) = (3) \times (5) \times (9) \times (10) \times (11) \times 365$$

$$(14) = (4) \times (6) \times (9) \times (10) \times (12) \times 365$$

$$(15) = (3) \times (7) \times (9) \times (10) \times (11) \times 365$$

$$(16) = (4) \times (8) \times (9) \times (10) \times (12) \times 365$$

## 2.7 Desain Fondasi Jalan

### 2.7.1 Investigasi Tanah Dasar

- a. Material setempat harus digunakan semaksimal mungkin untuk menyeimbangkan galian dan timbunan (cut and fill). Dalam hal keseimbangan tersebut tidak dapat sepenuhnya diterapkan, perencana teknis harus merekomendasikan lokasi sumber bahan (borrowarea) dan/atau lokasi pembuangan kelebihan hasil galian yang memenuhi syarat.
- b. Penentuan titik-titik pengambilan contoh tanah berdasarkan peta geologi, investigasi geologi (geolistrik, dan lain-lain), profil memanjang alinyemen jalan, dan mass haul diagram.
- c. Pengambilan benda uji tanah untuk mengetahui sifat-sifat tanah dan pengujian lain yang diperlukan sesuai dengan jenis dan kondisi tanah yang dihadapi. Perlu diperhatikan jarak antara titik-titik uji yang rapat pada segmen yang terindikasi mempunyai jenis tanah yang serupa untuk memastikan keseragaman segmen. DCP juga dilakukan untuk mengukur daya dukung tanah lunak seperti diuraikan pada butir 6.2.3.
- d. Pada lokasi rencana galian, penyelidikan harus mencapai level minimum 1 m di bawah rencana permukaan tanah dasar.
- e. Pada lokasi galian yang dalam sehingga pengambilan contoh tanah yang mencukupi untuk pengujian CBR laboratorium tidak dapat

dilakukan maka dilakukan interpretasi dari pengujian sifat-sifat tanah dan berdasarkan hasil pengujian sondir dan N-SPT.

- f. Hasil investigasi harus dapat menyatakan dengan jelas lokasi-lokasi peralihan jenis tanah pada arah memanjang.

### **2.7.2 Pengujian Daya Dukung dan Asumsi-Asumsi**

Spesifikasi umum pelaksanaan menetapkan bahwa lapisan tanah yang lebih dalam dari 30 cm di bawah elevasi tanah dasar harus dipadatkan sampai 95% kepadatan kering maksimum. Hingga kedalaman 30 cm dari elevasi tanah dasar tanah dipadatkan hingga 100% kepadatan kering maksimum (SNI 1742:2008 Cara uji kepadatan ringan untuk tanah).

Untuk desain, daya dukung rencana tanah dasar diperoleh dari nilai CBR rendaman 4 (empat) hari pada 95% kepadatan standar kering maksimum. Bagan Desain-1 menunjukkan indikasi daya dukung berbagai jenis tanah. Nilai yang disajikan hanya digunakan sebagai acuan awal. Pengujian daya dukung harus dilakukan untuk mendapatkan nilai CBR yang sebenarnya. Bagan tersebut mengindikasikan bahwa kondisi setempat mempengaruhi daya dukung tanah dasar. Fakta tersebut harus dipertimbangkan apabila kondisi yang tidak mendukung tersebut ditemui di lapangan.

Berdasarkan kriteria-kriteria pada bagan tersebut, tanah dasar yang lazim ditemui di Indonesia mempunyai nilai CBR sekitar 4% bahkan dapat serendah 2%.

Prosedur pengambilan contoh dan pengujian yang sesuai dengan kondisi lapangan harus diperhatikan. Dalam hal tanah lunak kepadatan berdasarkan standar pengujian laboratorium tidak mungkin dicapai di lapangan. Dengan demikian nilai CBR laboratorium untuk tanah lunak menjadi tidak relevan.

### 2.7.3 Pengukuran Daya Dukung Dengan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer Test*)

Pengujian daya dukung tanah dasar dengan DCP tidak memberikan hasil dengan tingkat ketelitian yang sama dengan pengujian di laboratorium. Pengujian DCP hanya dilakukan pada kondisi berikut:

- a. Tanah rawa jenuh air sehingga tidak mungkin dapat dipadatkan sehingga pengujian CBR laboratorium menjadi tidak relevan. Dalam hal ini nilai CBR yang diperoleh dari pengujian DCP memberikan nilai yang lebih dapat diandalkan.
- b. Pada kawasan tanah aluvial kering, khususnya daerah persawahan, kemungkinan terdapat lapisan dengan kepadatan rendah (antara 1200-1500 kg/m<sup>3</sup>) di bawah permukaan tanah yang kering. Pengujian DCP harus dilakukan untuk memastikan kondisi faktual terbasah di lapangan dan harus diperhitungkan dalam desain. Untuk keamanan, dalam proses desain harus diasumsikan bahwa lapisan tersebut jenuh selama musim penghujan.

Nilai modulus tanah dasar yang diperoleh dari DCP harus disesuaikan dengan kondisi musim. Faktor penyesuaian minimum ditunjukkan pada Tabel 2.26

**Tabel 2.23** Faktor penyesuaian modulus tanah dasar terhadap kondisi musim

Musim	Faktor Penyesuaian Minimum Nilai CBR Berdasarkan Pengujian DCP
Musim hujan dan tanah jenuh	0,90
Masa transisi	0,80
Musim kemarau	0,70

Nilai CBR desain = (CBR hasil pengujian DCP) x faktor penyesuaian

Sumber: MDP 2024

	Posisi muka air tanah (Tabel 5.1)	Di bawah standar minimum (tidak dianjurkan)	Sesuai desain standar	≥ 1200 mm di bawah tanah dasar
	<b>Implementasi</b>	Semua galian kecuali seperti ditunjukkan untuk kasus - 3 dan timbunan tanpa drainase yang baik dan LAP* < 1000 mm di atas muka tanah asli		Galian di zona iklim 1 ** dan semua timbunan berdrainase baik dan LAP > 1000 mm di atas muka tanah asli
<b>Jenis tanah</b>	<b>Kasus</b>			
	<b>PI</b>	1	2	3
<b>Lempung</b>	50 – 70	2	2	2,5
<b>Lempung kelanauan</b>	40	2,5	3	3,5
	30	3	4	4
<b>Lempung kepasiran</b>	20	4	4	5
	10	4	4	5
<b>Lanau</b>		1	1	2

Sumber: MDP 2024

**Gambar 2.8** Bagan Desain Indikasi perkiraan nilai CBR

## 2.8 Persyaratan Umum Persiapan Tanah Dasar

Tanah dasar perkerasan harus memenuhi kriteria berikut:

- harus mempunyai nilai CBR rendaman rencana minimum;
- tidak peka terhadap perubahan kadar air;
- dibentuk dengan benar, sesuai dengan bentuk geometrik jalan;
- ketebalan pemadatan harus menggunakan peralatan yang sesuai spesifikasi dan hasil kepadatannya memenuhi persyaratan; dan
- mampu mendukung beban lalu lintas pelaksanaan konstruksi.

## 2.9 Umur Rencana Fondasi Perkerasan

Umur rencana fondasi untuk jalan baru dan pelebaran minimum 40 (empat puluh) tahun dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Fondasi perkerasan tidak dapat ditingkatkan selama masa pelayanan, kecuali dengan cara rekonstruksi menyeluruh.
- Perkerasan lentur dengan desain fondasi di bawah standar mungkin memerlukan penguatan dengan lapisan aspal tambahan berulang kali selama masa pelayanannya sehingga biaya total perkerasan (*life cycle cost*) menjadi lebih mahal dibandingkan dengan perkerasan yang didesain dengan baik.

- c. Perkerasan kaku di atas tanah lunak dengan desain fondasi di bawah standar (*under design*) cenderung mengalami keretakan dini yang dalam kasus terburuk mungkin memerlukan penggantian pelat beton.

## 2.10 PENURUNAN

### 2.10.1 Batasan Penurunan (*Settlement Limits*)

Batasan penurunan timbunan di atas tanah lunak untuk mencegah timbulnya masalah pada perkerasan diuraikan pada Tabel 2.24. Batasan tersebut tidak boleh dilampaui terutama pada perkerasan kaku.

**Tabel 2.24** Rekomendasi batasan penurunan (*settlement*) pada timbunan di atas tanah lunak setelah pelaksanaan perkerasan

Jenis penurunan	Status/Kelas Jalan	Uraian	Batas izin	Pencegahan tipikal
Kasus umum; penurunan total.	Semua jalan nasional, provinsi, kab/kota dan lokal.	Penurunan mutlak setelah pelaksanaan perkerasan (sama dengan perbedaan penurunan berdekatan dengan struktur tetap).	Total 100 mm Khusus untuk perkerasan kaku, berdasarkan pertimbangan hasil perhitungan desain yang menyatakan aman, baik untuk timbunan di atasnya maupun untuk konstruksi perkerasan.	a) Pra-pembebanan sebelum pelaksanaan perkerasan (pada oprit struktur mungkin diperlukan pra pembebanan yang sama dengan konsolidasi primer kecuali jika ada penanganan tambahan). b) Drainase vertikal atau beban tambah ( <i>surchage</i> ) untuk mempercepat konsolidasi. c) Penggantian tanah atau pemancangan pada bagian oprit struktur.
Perbedaan penurunan ( <i>differential settlement</i> ) dan penurunan total jika berdampingan dengan bangunan struktur.	Jalan bebas hambatan atau jalan raya dengan kecepatan rencana 80-120 km/jam.	Di antara setiap dua titik secara memanjang dan melintang termasuk yang berdampingan dengan struktur tertanam dan atau pada <i>relief slab abutment</i> jembatan.	0,003:1 (perubahan kemiringan 0,3%).	Seperti penanganan penurunan total.
	Jalan raya atau jalan kecil dengan kecepatan rencana < 80 km/jam.		0,006:1 (0,6%) (nilai antara bisa dipakai untuk kecepatan rencana lainnya).	
Penurunan rangkai ( <i>creep settlement</i> ) akibat beban dinamis dan statis.	Jalan bebas hambatan atau jalan raya dengan kecepatan rencana 80-120 km/jam.	Berlaku untuk perkerasan kaku dengan sambungan.	Perlu penanganan atau perbaikan apabila terjadi patahan atau perbedaan penurunan > 4 mm pada sambungan.	Tinggi timbunan minimum atau dukungan dari <i>micro pile</i> dan cakar ayam atau tulangan menerus.
	Jalan raya atau jalan kecil dengan kecepatan rencana <80 km/jam.		Perlu penanganan atau perbaikan apabila terjadi patahan atau perbedaan penurunan > 8 mm pada sambungan.	

Sumber: MDP 2024

### 2.10.2 Pra-Pembebanan

Perbedaan penurunan harus dikurangi hingga setidaknya memenuhi batasan yang dinyatakan pada Tabel 2.27 sebelum pelaksanaan pekerjaan perkerasan. Waktu yang diperlukan untuk mencapai penurunan disebut sebagai waktu pra-pembebanan. Waktu tersebut dapat dipersingkat antara lain dengan drainase vertikal, pembebanan sementara atau konsolidasi dengan vakum. Penanganan tersebut diperlukan untuk lapisan tanah lunak dengan tebal lebih dari 2 m.

Timbunan pada tanah lunak harus ditempatkan tidak kurang dari waktu yang ditetapkan pada Tabel 2.25 sebelum lapis perkerasan dilaksanakan. Waktu pra-pembebanan yang sebenarnya ditentukan oleh ahli geoteknik sesuai dengan Panduan Geoteknik Indonesia (Kimpraswil: Pt T-08-2002-B) atau acuan lain yang berlaku. Waktu pra-pembebanan dapat dipersingkat antara lain dengan pembebanan sementara atau drainase vertikal. Untuk perkerasan lentur waktu dapat dipersingkat dengan melakukan konstruksi secara bertahap. Untuk perkerasan kaku waktu pra-pembebanan harus sudah selesai sebelum pelaksanaan pekerjaan perkerasan.

**Tabel 2.25** Perkiraan waktu pra-pembebanan untuk timbunan rendah di atas tanah lunak

Kedalaman (m) hingga mencapai <i>in-situ</i> CBR 2,5 %	Ketinggian akhir timbunan (m)		
	< 2	2-2,5	> 2,5
	Waktu pra-pembebanan (bulan)		
< 1,5	3	4	5
1,5-2,0	5	6	9
2,0-2,5	8	10	13
2,5-3,0	12	14	19

Catatan:

1. apabila waktu pra-pembebanan terbatas, drainase vertikal, pra-pembebanan, dan konsolidasi dengan vakum atau penanganan lain harus dipertimbangkan untuk mempercepat;
2. diperlukan analisis geoteknik untuk memprediksi waktu pra-pembebanan aktual; dan
3. timbunan di atas tanah lunak dengan tinggi lebih dari 3 m membutuhkan penyelidikan geoteknik menyeluruh terutama untuk stabilitas lereng.

Sumber: MDP 2024

## 2.11 CBR Desain Tanah Dasar

Ruas jalan yang didesain harus dikelompokkan berdasarkan kesamaan segmen yang mewakili kondisi tanah dasar yang dapat dianggap seragam (tanpa perbedaan yang signifikan). Pengelompokan awal dapat dilakukan berdasarkan hasil kajian dan penyelidikan lapangan atas dasar kesamaan geologi, hidrologi, kondisi drainase dan topografi, serta karakteristik geoteknik (seperti gradasi dan plastisitas).

Secara umum disarankan untuk menghindari pemilihan segmen seragam yang terlalu pendek. Jika nilai CBR yang diperoleh sangat bervariasi, pendesain harus membandingkan manfaat dan biaya antara pilihan membuat segmen seragam yang pendek berdasarkan variasi nilai CBR tersebut, atau membuat segmen yang lebih panjang berdasarkan nilai CBR yang lebih konservatif.

Hal penting lainnya yang harus diperhatikan adalah perlunya membedakan daya dukung rendah yang bersifat lokal (setempat) dengan daya dukung tanah dasar yang lebih umum (mewakili suatu lokasi). Tanah dasar lokal dengan daya dukung rendah biasanya dibuang dan diganti dengan material yang lebih baik atau ditangani secara khusus.

Perhitungan CBR karakteristik menggunakan metode persentil menggunakan distribusi data nilai CBR pada segmen seragam yang dianggap terdistribusi secara normal. Nilai persentil ke “x” dari suatu kumpulan data membagi kumpulan data tersebut dalam 2 (dua) bagian, yaitu bagian yang mengandung “x” persen data dan bagian yang mengandung (100-x) persen data.

Nilai CBR yang dipilih adalah nilai persentil ke-10 (10thpercentile) yang berarti 10% data segmen yang bersangkutan lebih kecil atau sama dengan nilai CBR pada persentil tersebut. Atau 90% dari data CBR pada segmen seragam tersebut lebih besar atau sama dengan nilai CBR pada persentil tersebut.

Prosedur perhitungan untuk presentil ke-10 adalah sebagai berikut:

- a. Susun data CBR secara berurutan dari nilai terkecil hingga terbesar.
- b. Hitung jumlah total data nilai CBR (n).
- c. Hitung 10% dari (n), nilai yang diperoleh disebut sebagai indeks.
- d. Jika indeks yang diperoleh dari langkah c merupakan bilangan pecahan, lakukan pembulatan ke bilangan terdekat dan lanjutkan ke langkah e. Jika indeks yang dihasilkan berupa bilangan bulat, lanjutkan ke langkah f.
- e. Dari kumpulan data yang sudah diurutkan (langkah a), dihitung mulai dari data terkecil hingga mencapai data diurutkan yang diperoleh dari langkah c. Nilai CBR pada urutan tersebut adalah nilai CBR persentil ke-10.
- f. Dari kumpulan data yang sudah diurutkan (langkah a), dihitung mulai dari data terkecil hingga mencapai data diurutkan yang diperoleh dari langkah c. Nilai CBR persentil ke-10 adalah nilai rata-rata dari dua nilai CBR yaitu CBR pada urutan tersebut dan urutan berikutnya.

Perbaikan tanah dasar dapat berupa material timbunan pilihan, stabilisasi kapur atau stabilisasi semen. Pelebaran perkerasan pada galian biasanya meliputi pembentukan tanah dasar yang sempit atau tidak teratur sehingga menyulitkan pelaksanaan stabilisasi. Dalam kasus yang demikian sebaiknya digunakan perbaikan dengan material timbunan pilihan.

Dalam perencanaan jika dipilih stabilisasi kapur atau semen maka nilai daya dukung material (CBR) dipilih nilai terkecil dari 3 (tiga) nilai berikut:

- a. daya dukung rendaman 4 (empat) hari dari material yang distabilisasi;
- b. empat kali daya dukung tanah asal sebelum distabilisasi;
- c. daya dukung yang diperoleh dari formula berikut:

$$\text{CBR}_{\text{stabilisasi}} = \text{asal} \times 2(\text{tebal lapis stabilisasi dalam mm})/150$$

## 2.12 Material Timbunan

Pada Bagan Desain-2 menunjukkan tebal minimum material timbunan yaitu berupa tanah timbunan biasa dan timbunan pilihan untuk mencapai CBR desain 6% yang digunakan untuk pengembangan Katalog Desain tebal perkerasan. Apabila material timbunan akan digunakan untuk lalu lintas kendaraan konstruksi mungkin diperlukan yang lebih tebal.

Pertimbangan-pertimbangan di bawah ini berlaku dalam pelaksanaan pekerjaan timbunan.

### a. Persyaratan umum

- 1) Jika lapisan tersebut terletak di bawah permukaan air harus digunakan material batuan. Dalam hal ini harus berupa material berbutir dengan kepekaan terhadap kadar air rendah.
- 2) Dapat berfungsi sebagai lantai kerja yang kokoh sepanjang periode pelaksanaan.
- 3) Elevasi permukaan material timbunan harus memenuhi persyaratan Tabel 5.1 (tinggi minimum tanah dasar di atas muka air tanah dan muka air banjir).
- 4) Kedalaman alur roda pada permukaan tanah dasar akibat lalu lintas selama periode konstruksi tidak lebih dari 40 mm.
- 5) Mencapai ketebalan tertentu sehingga permukaan tanah dasar dapat dipadatkan dengan menggunakan alat pemadat berat.

b. Metode pemadatan

Timbunan harus dipadatkan dengan metode dan mencapai tingkat kepadatan yang ditentukan atau yang disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Pada bagian bawah timbunan, kepadatan yang mungkin dapat dicapai cenderung lebih kecil daripada 95% kepadatan kering maksimum. Pada perkerasan kaku, pemadatan maksimum yang mungkin dicapai timbunan sangat penting untuk meminimalkan retak akibat perbedaan penurunan setelah pelaksanaan.

c. Geomembrane

Pendekatan desain yang digunakan untuk mengatasi permasalahan yang terjadi pada konstruksi jalan di atas tanah ekspansif yaitu dengan mempertahankan kadar air yang ada pada tanah dasar menggunakan lapis kedap yang disebut *vertical and horizontal barrier*. Tujuan utama dari metode ini yaitu untuk menjaga keseimbangan tanah air dasar (pada musim hujan dan musim kemarau) dengan memasang *horizontal* dan *vertical barrier* dengan menggunakan *Geomembrane* yang diharapkan terjadinya keseimbangan kadar air pada badan jalan.ss

2.13 Desain Fondasi Perkerasan Lentur

CBR Tanah Dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur		Perkerasan Kaku
			Beban Lalu Lintas Pada Jalur Rencana Dengan Umur Rencana 40 Tahun (Juta ESA5)		
			<10	>10	
Tebal Minimum Perbaikan Tanah Dasar (mm)					
5	SG5	Perbaikan tanah dengan material <u>timbunan</u> pilihan (CBR ≥ 10%)	200	200	200
4	SG4		300	400	400
3	SG3			600	600
2,5	SG2,5				
<input type="checkbox"/> Kekuatan tanah dasar < 2,5% atau tanah lunak			Untuk tebal tanah lunak > 1 m harus ditangani dengan penanganan geoteknik, sedangkan untuk ketebalan ≤ 1 m dapat diganti tanah timbunan dengan tebal minimum yang sama dengan ketentuan dan berlaku untuk tanah SG2,5 Bagan Desain ini.		
<input type="checkbox"/> Tanah ekspansif			Penanganan <u>sesuai dengan</u> kajian geoteknik terhadap besaran potensi pemuaiian dengan ketebalan penutup tidak kurang dari 600 mm berupa material dengan potensi pemuaiian tidak lebih besar dari 1,5%. Di atas lapis penutup tersebut harus ditambahkan lapis perbaikan SG2,5.		

Catatan:

- Untuk perkerasan kaku dan perkerasan lentur bilamana tanah dasarnya masih berbutir halus maka harus dipasang lapisan setebal 200 mm berupa lapisan: timbunan pilihan berbutir kasar yang mempunyai CBR minimum 30% dengan PI 6 – 15 dan ukuran butir maksimum 50 mm atau LFA Kelas C atau dengan lapis stabilisasi semen (UCS 10 kg/cm<sup>2</sup>).
- Penanganan tanah ekspansif dapat mengacu pada Subbab 6.7 atau mengacu pada Pedoman Konstruksi dan Bangunan PUPR tentang Penanganan Tanah Ekspansif untuk Konstruksi Jalan PdT-10-2005-B, Pedoman Konstruksi dan Bangunan PUPR tentang Penanganan Tanah Ekspansif dengan Geomembran sebagai Penghalang Kelembaban Vertikal PdT-11-2004-B dan *Austrroads Guide to Pavement Technology Part 4I Eartworks Materials* AGPT04I-09.

Sumber: MDP 2024

Gambar 2.9 Bagan Desain fondasi jalan minimum

## 2.14 Desain Perkerasan Lentur

Desain perkerasan berdasarkan beban lalu lintas rencana dapat dipilih berdasarkan material yang digunakan sebagai berikut.

- a. Bagan Desain Perkerasan Lentur dengan 150 mm CTB.
- b. Bagan Desain dengan 200 mm CTB.
- c. Bagan Desain dengan 250 mm CTB.
- d. Bagan Desain dengan 300 mm CTB.
- e. Bagan Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Fondasi Agregat (Aspal Pen 60/70 dan PG70).
- f. Bagan Desain Penyesuaian Tebal Lapis Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen (Hanya untuk Bagan Desain-3A).
- g. Bagan Desain Perkerasan Lentur dengan HRS.
- h. Bagan Desain Perkerasan Berbutir dengan Laburan.
- i. Bagan Desain Perkerasan dengan Stabilisasi Tanah Semen (Soil Cement).

Solusi lain dapat dipilih untuk menyesuaikan dengan kondisi setempat. Namun demikian, disarankan untuk tetap menggunakan bagan tersebut di atas sebagai langkah awal untuk semua desain.

Walaupun metode mekanistik dan data beban lalu lintas yang rinci (dari studi WIM) memungkinkan analisis beban berdasarkan spektrum beban aktual, namun dengan pertimbangan kepraktisan, pada manual ini beban lalu lintas dinyatakan dalam beban ekuivalen standar (ESA). Dengan demikian, regangan-regangan kritis yang terjadi dihitung berdasarkan beban sumbu standar.

Prosedur desain berdasarkan analisa struktural perkerasan multi lapisan berdasarkan beban sumbu standar. Lokasi regangan kritis yang terjadi pada model perkerasan dan kondisi beban standar ditunjukkan pada Gambar 2.10.

## 2.15 Metode Desain Perkerasan Lentur dengan Lapis Beraspal

Basis dari prosedur desain perkerasan lentur dengan campuran beraspal yang digunakan pada manual ini adalah karakteristik mekanik material dan analisis struktur perkerasan secara mekanistik. Metode ini menghubungkan masukan berupa beban roda, struktur perkerasan dan sifat mekanik material, dengan keluaran berupa respons perkerasan terhadap beban roda seperti tegangan, regangan atau lendutan.

Respon struktural tersebut digunakan untuk memprediksi kinerja struktur perkerasan dalam hal deformasi permanen dan retak lelah. Karena prediksi tersebut didasarkan pada kinerja material di laboratorium dan pengamatan di lapangan, pendekatan ini disebut juga sebagai metode mekanistik empiris.

Keunggulan utama metode desain mekanistik adalah dimungkinkannya analisis pengaruh perubahan masukan desain, seperti perubahan material dan beban lalu lintas, secara cepat dan rasional. Sejumlah kelebihan metode ini dibandingkan dengan metode empiris murni antara lain adalah:

- a. Dapat digunakan secara analitis untuk mengevaluasi perubahan atau variasi beban kendaraan terhadap kinerja perkerasan.
- b. Kinerja perkerasan dengan bahan-bahan baru dapat dievaluasi berdasarkan sifat-sifat mekanik bahan bersangkutan.
- c. Dapat digunakan untuk menganalisis pengaruh perubahan sifat material akibat lingkungan dan iklim terhadap kinerja perkerasan.
- d. Mengevaluasi respons perkerasan terkait dengan moda kerusakan perkerasan secara spesifik (retak lelah dan deformasi permanen).

Secara umum, model struktur perkerasan yang digunakan dalam manual ini adalah struktur multi lapisan yang bersifat elastik linier, isotropik (untuk material berpegikat, bounded material) dan anisotropik untuk material tanpa pengikat (unbounded material), lapis CTB dianggap telah mengalami retak (kondisi post cracking).

Untuk material isotropik dua parameter elastik yang digunakan adalah modulus elastik  $E$  dan rasio Poisson ( $\sigma$ ). Untuk material cross-anisotropic diperlukan 5 (lima) elastik parameter yaitu  $E_v$ ,  $E_h$ ,  $\mu_{vh}$ ,  $\mu_{hh}$ , dan modulus geser ( $f$ ). Dengan  $E_v$  dan  $E_h$  masing-masing adalah modulus dalam arah vertikal dan horizontal. Parameter  $\mu_{vh}$  dan  $\mu_{hh}$  masing-masing adalah rasio Poisson dalam arah vertikal akibat horizontal. Atas pertimbangan praktis, rasio Poisson pada kedua arah tersebut di anggap identik.

Karakteristik material granular yang non-linear didekati dengan membagi lapis granular dalam beberapa lapisan dengan modulus  $E$  yang berbeda.

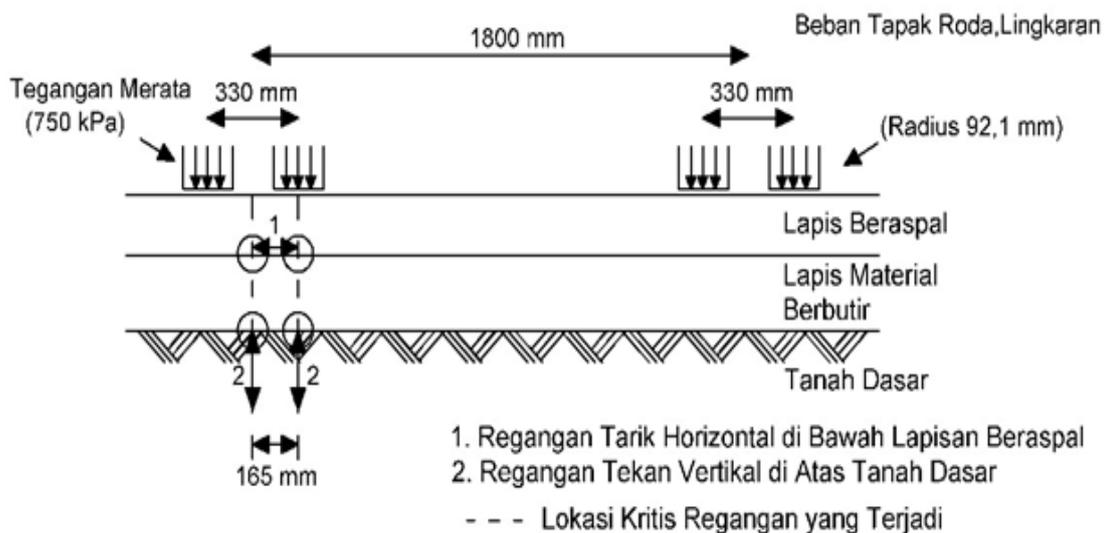
Prosedur yang digunakan didasarkan pada asumsi bahwa 2 (dua) regangan yang kritikal terkait dengan kinerja perkerasan adalah:

- a. Regangan tekan vertikal pada permukaan tanah dasar.

- b. Regangan tarik horizontal pada serat terbawah lapis berpengikat (aspal atau pengikat lain seperti semen dan kapur).

Regangan tekan vertikal yang terjadi pada permukaan tanah dasar digunakan sebagai kriteria desain untuk mengendalikan akumulasi deformasi permanen. Regangan tarik horizontal pada bagian bawah lapis berpengikat digunakan sebagai kriteria untuk mengendalikan kerusakan akibat lelah pada lapis bersangkutan.

Kedua regangan kritikal tersebut merupakan fungsi dari sifat-sifat mekanik tanah dasar dan bahan perkerasan, struktur perkerasan (tebal dan karakteristik material lapisan) dan beban lalu lintas. Model yang menghubungkan nilai regangan dengan jumlah kumulatif izin beban rencana disebut sebagai model kinerja struktural (retak lelah dan deformasi permanen) atau fungsi transfer (*transfer function*).



Sumber: MDP 2024

**Gambar 2.10** Model perkerasan pada prosedur mekanistik empiris

## 2.16 Karakterisasi Material

### 2.16.1 Material Berpengikat

**Tabel 2.26** Karakterisasi modulus bahan berpengikat yang digunakan untuk pengembangan bagan desain dan untuk analisis mekanistik

Jenis Bahan	Modulus Tipikal	Rasio Poisson
HRS-WC	800 MPa	0,40
HRS-BC	900 MPa	
AC-WC (2 x 75 tumbukan)	1.100 MPa	
AC-WC (2 x 50 tumbukan)	1.000 MPa	
AC-BC (2 x 75 tumbukan)	1.200 MPa	
AC-Base (2 x 75 tumbukan)	1.500 MPa	
AC-WC PG70 (2 x 75 tumbukan)	1.300 MPa	
AC-BC PG70 (2 x 75 tumbukan)	1.400 MPa	
Bahan bersemen (CTB)	3.000 MPa ( <i>pre cracking</i> )	0,20
Bahan bersemen (CTB)	500 MPa retak ( <i>post cracking</i> )	0,20 (mulus) 0,35 (retak)
Tanah dasar (d disesuaikan musim)	10 x CBR (MPa)	0,45 (tanah kohesif)
		0,35 (tanah non-kohesif)

Sumber: MDP 2024

### 2.16.2 Koreksi Temperatur

**Tabel 2.27** Faktor koreksi modulus campuran beraspal

Temperatur Perkerasan Aspal (WMAPT)	Faktor Koreksi Modulus
42	0,923
41	1,000
40	1,083
39	1,174
38	1,271

Sumber: MDP 2024

### 2.16.3 Material Berbutir

**Tabel 2.28** Karakteristik modulus lapisan teratas bahan berbutir

Tebal Lapisan Aspal di Atas Lapisan Berbutir	Modulus Bahan Berbutir (MPa)
	(Langsung di Bawah AC: WC/BC/Base)
40 mm	350
75 mm	350
100 mm	350
125 mm	320
150 mm	280
175 mm	250
200 mm	220
225 mm	180
≥ 250 mm	150

Sumber: MDP 2024

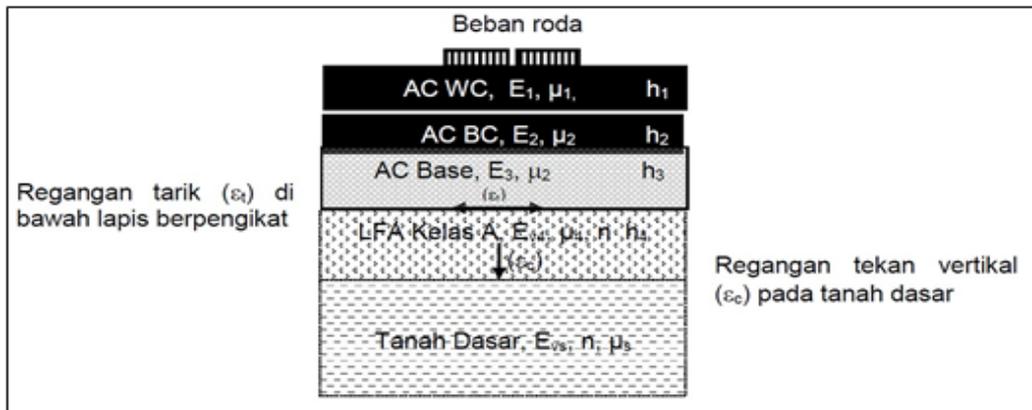
### 2.16.4 Parameter Kelelahan Lapisan Beraspal

**Tabel 2.29** Parameter kelelahan (fatigue) K\*

Bahan lapisan aspal	Volume aspal (Vb) (%)	Parameter K untuk kondisi iklim Indonesia
HRS WC	15,05	0,008708
HRS Base	14,22	0,007919
AC WC (2 x 75 tumbukan)	12,20	0,006407
AC WC (2 x 50 tumbukan)	14,01	0,007522
AC BC (2 x 75 tumbukan)	11,50	0,005886
AC Base (2 x 75 tumbukan)	11,50	0,005432
AC WC PG70 (2 x 75 tumbukan)	12,20	0,006033
AC BC PG70 (2 x 75 tumbukan)	11,50	0,005569

Sumber: MDP 2024

## 2.17 Prosedur Desain Perkerasan Lentur



Parameter elastik material yang digunakan adalah:

Untuk material isotropik:

$E_i$  : modulus elastik lapisan  $i$ ; dan

$\mu_i$  : rasio Poisson lapis  $i$ .

Untuk material anisotropik:

$E_{vi}$  : modulus elastik arah vertikal lapis  $i$ ;

$E_{hi}$  : modulus elastik arah horizontal lapis  $i$ ;

$N$  : derajat anisotropik ( $E_v/E_h$ )

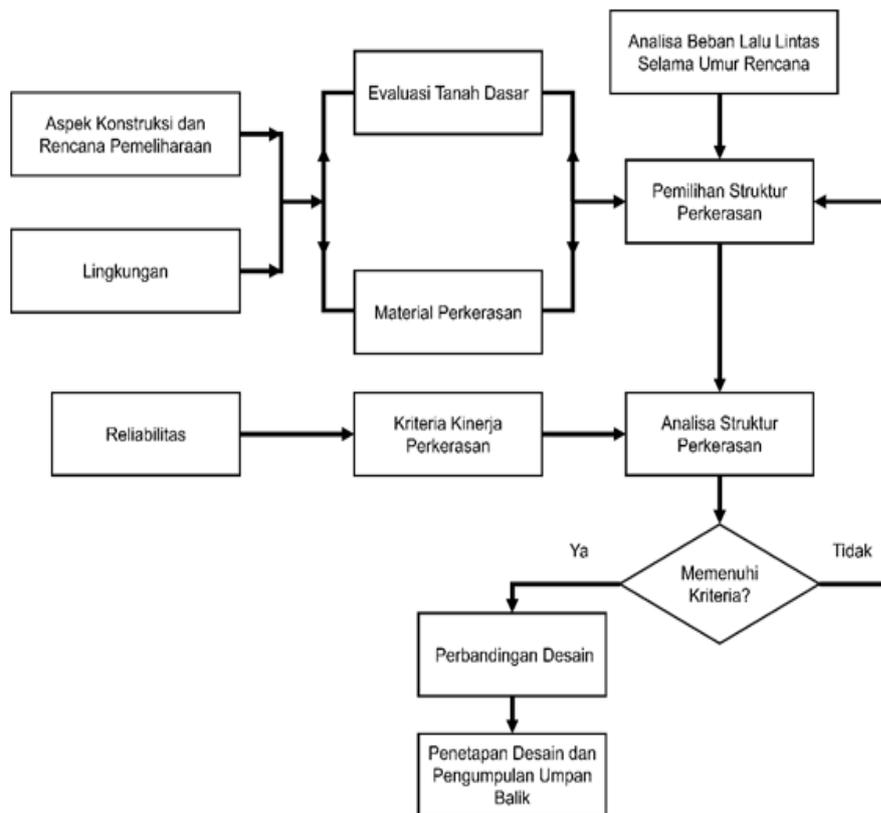
$\mu_i$  : rasio Poisson (dalam semua arah); dan

$f_i$  : modulus geser lapis  $i = \frac{E_{vi}}{1+\mu_i}$  7.9.

Sumber: MDP 2024

**Gambar 2.11** Tipikal sistem perkerasan

Seperti ditunjukkan pada bagan alir prosedur perencanaan (Gambar 2.12), proses desain bersifat iteratif (*trial and error*). Dimulai dengan memilih suatu struktur yang diperkirakan akan mampu menerima beban rencana. Selanjutnya dilakukan analisis untuk mendapatkan besaran regangan kritis untuk melihat apakah struktur tersebut dapat menerima beban rencana. Apabila ternyata seluruh atau salah satu regangan kritis tersebut menunjukkan bahwa struktur tersebut tidak dapat menerima beban rencana maka dilakukan perubahan struktur (dapat berupa perubahan dimensi atau material, atau keduanya). Analisis diulangi untuk menghitung regangan-regangan kritis dan seterusnya hingga diperoleh struktur yang memenuhi kriteria desain.



Sumber: MDP 2024

**Gambar 2.12** Prosedur desain perkerasan lentur menggunakan pendekatan mekanistik

## 2.18 Bagan Desain Perkerasan Lentur

Penyusunan Bagan Desain dimaksudkan untuk membantu perencana teknis jalan dalam menentukan struktur perkerasan jalan yang dapat digunakan pada ruas jalan yang akan dibangun. Bagan Desain Struktur Perkerasan Lentur disusun menggunakan karakteristik material sesuai dengan Tabel 2.30, Tabel 2.32, dan Tabel 2.33 dengan faktor reliabilitas 90%.

Pemilihan struktur perkerasan berdasarkan bagan desain yang tersedia pada manual ini harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan, dan kepraktisan pelaksanaan. Pemilihan alternatif desain berdasarkan manual ini harus didasarkan pada discounted lifecycle cost terendah. Perencana teknis dapat menghitung dan menentukan sendiri struktur perkerasan yang dibutuhkan dengan memperhatikan hal sebagai berikut:

- a. Apabila perencana teknis menggunakan material yang tidak terdapat pada manual ini, maka perencana teknis harus melakukan pengujian parameter mekanistik untuk mendapatkan karakteristik mekanistik sebagai input desain.
- b. Melakukan perhitungan desain struktur perkerasan berdasarkan metoda mekanistik empiris dengan tahapan sesuai menggunakan perangkat lunak yang dapat memodelkan struktur perkerasan multi lapisan yang bersifat elastik linier, isotropik untuk material berpengikat, (*bounded material*), dan anisotropik untuk material tanpa pengikat (*unbounded material*).

### 2.18.1 Perkerasan Lentur dengan CTB

Bagan desain perkerasan lentur dengan CTB dikembangkan berdasarkan ketentuan dan asumsi berikut:

- a. Untuk menjamin kesatuan lapisan maka CTB harus dilaksanakan dalam satu lapisan. Pelaksanaan dengan lebih dari satu lapisan berpotensi menimbulkan pemisahan lapisan akibat rendah atau hilangnya ikatan pada antarmuka lapisan lapisan CTB yang akan lapisan CTB sehingga ketahanan lapisan terhadap retak lelah akan berkurang secara signifikan.
- b. Dengan menggunakan alat pemadat yang normal digunakan untuk pelaksanaan perkerasan, kemampuan pelaksanaan pemadatan lapisan tunggal CTB terbatas hingga 200 mm.
- c. Perlu diperhatikan alat penghampar agar menghasilkan material yang homogen.
- d. Berdasarkan pengalaman di beberapa negara, perkerasan dengan aspal beton dengan ketebalan kurang dari 175 mm yang dihampar di atas lapisan CTB cenderung rentan terhadap retak refleksi akibat penyusutan lapisan CTB. Oleh sebab itu, dirasa perlu untuk membatasi tebal aspal di atas CTB tidak boleh kurang dari 175 mm.

Namun demikian, pengalaman antara lain di Pantura menunjukkan bahwa dengan alat pemadat vibrating pad foot roller dengan berat, amplitudo dan ketebalan pad yang cukup maka pemadatan lapisan tunggal CTB hingga 300 mm adalah dimungkinkan. Dengan penambahan ketebalan CTB diharapkan akan dapat dilakukan

pengoptimalan ketebalan lapisan beraspal. Hal ini kemudian dituangkan di dalam Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan yang berlaku di Bina Marga.

Selain itu, perkerasan dengan CTB yang menggunakan kadar semen yang tepat dan tebal lapis aspal beton tidak lebih dari 100 mm di beberapa daerah dilaporkan menunjukkan kinerja yang baik. Namun apabila untuk mengantisipasi terjadinya retak refleksi khususnya untuk perkerasan yang melayani beban lalu lintas berat, maka salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan memasang lapisan SAMI di atas CTB sebelum dihampar campuran beraspal. Pada bagan desain yang disusun, lapis CTB dianggap telah mengalami retak (kondisi post cracking). Atas pertimbangan tersebut, maka Bagan Desain-3 meliputi hal-hal sebagai berikut:

- a. Varian ketebalan CTB 150 mm dipertahankan atas pertimbangan dapat dilaksanakan dengan alat pemadat yang normal digunakan pada pelaksanaan konstruksi perkerasan jalan.
- b. Terdapat varian ketebalan CTB 200 mm, 250 mm, dan 300 mm.
- c. Ketebalan lapis aspal beton di atas CTB tidak kurang dari 100 mm.

Bagan Desain perkerasan lentur dengan 150 mm CTB (aspal pen 60/70 dan PG70)

	STRUKTUR PERKERASAN									
	F(1) 1	F(1) 2	F(1) 3	F(1) 4	F(1) 5	F(1) 6	F(1) 7	F(1) 8	F(1) 9	F(1) 10
	Untuk beban rencana < 30 juta ESA5 menggunakan Aspal Pen 60-70				Untuk beban rencana ≥ 30 juta ESA5 direkomendasikan menggunakan Aspal PG70 <sup>(3)</sup>					
Beban rencana 20 tahun (10 <sup>6</sup> ESA5)	> 1 - 6	> 6 - 10	> 10 - 20	>20 - 30	> 30 - 40	> 40 - 50	> 50 - 80	> 80 - 100	> 100 - 150	> 150 - 200
Jenis permukaan berpengikat	AC									
Jenis lapis fondasi	Cement Treated Base (CTB)									
	Tebal Perkerasan (mm)									
AC WC	40	40	50	40	40	40	40	50	40	40
AC BC	60	75	80	65	60	60	80	80	60	60
	-	-	-	70	-	-	-	-	-	-
AC Base <sup>(1)</sup>	-	-	-	-	90	100	100	100	75	80
	-	-	-	-	-	-	-	-	75	90
CTB	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Lapis Fondasi Agregat Kelas B	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen <sup>(2)</sup>	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

- (1) Khusus untuk AC Base dengan lalu lintas rencana diatas 30 juta ESA5 **dapat** tidak menggunakan aspal PG70.  
(2) Dapat menggunakan timbunan pilihan berbutir kasar yang mempunyai CBR minimum 30% dengan PI 6 - 15 dan ukuran butir maksimum 50 mm atau LFA Kelas C atau stabilisasi semen (UCS 10 kg/cm<sup>2</sup>). Bilamana untuk ketiga jenis material atau alat yang diperlukan untuk stabilisasi tidak bisa terpenuhi, maka lapisan ini dapat diganti menjadi LFA Kelas B dengan ketebalan 200 mm bila harganya sama atau lebih rendah dari ketiga material tersebut.  
(3) Khusus untuk AC WC dan AC BC.

Sumber: MDP 2024

**Gambar 2.13** Bagan Desain perkerasan lentur dengan 150 mm CTB (aspal pen 60/70 dan PG70)

Bagan Desain perkerasan lentur dengan 200 mm CTB (aspal pen 60/70 dan PG70)

	STRUKTUR PERKERASAN							
	F(2) 1	F(2) 2	F(2) 3	F(2) 4	F(2) 5	F(2) 6	F(2) 7	F(2) 8
	Untuk beban rencana < 30 juta ESA5 menggunakan Aspal Pen 60-70			Untuk beban rencana ≥ 30 juta ESA5 direkomendasikan menggunakan Aspal PG70 <sup>(3)</sup>				
Beban rencana 20 tahun (10 <sup>6</sup> ESA5)	> 1 - 8	> 8 - 15	> 15 - 30	> 30 - 50	> 50 - 75	> 75 - 95	> 95 - 150	> 150 - 200
Jenis permukaan berpengikat	AC							
Jenis lapis fondasi	Cement Treated Base (CTB)							
	Tebal Perkerasan (mm)							
AC WC	40	50	50	40	40	40	50	40
AC BC	60	70	80	70	60	70	80	60
	-	-	-	70	-	-	-	-
AC Base <sup>(1)</sup>	-	-	-	-	100	100	100	75
	-	-	-	-	-	-	-	75
CTB	200	200	200	200	200	200	200	200
Lapis Fondasi Agregat Kelas B	150	150	150	150	150	150	150	150
Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen <sup>(2)</sup>	200	200	200	200	200	200	200	200

- (1) Khusus untuk AC Base dengan lalu lintas rencana diatas 30 juta ESA5 **dapat** tidak menggunakan aspal PG70.  
(2) Dapat menggunakan timbunan pilihan berbutir kasar yang mempunyai CBR minimum 30% dengan PI 6 - 15 dan ukuran butir maksimum 50 mm atau LFA Kelas C atau stabilisasi semen (UCS 10 kg/cm<sup>2</sup>). Bilamana untuk ketiga jenis material atau alat yang diperlukan untuk stabilisasi tidak bisa terpenuhi, maka lapisan ini dapat diganti menjadi LFA Kelas B dengan ketebalan 200 mm bila harganya sama atau lebih rendah dari ketiga material tersebut.  
(3) Khusus untuk AC WC dan AC BC.

Sumber: MDP 2024

**Gambar 2.14** Bagan Desain perkerasan lentur dengan 200 mm CTB (aspal pen 60/70 dan PG70)

### Bagan Desain perkerasan lentur dengan 250 mm CTB (aspal pen 60/70 dan PG70)

	STRUKTUR PERKERASAN						
	F(3) 1	F(3) 2	F(3) 3	F(3) 4	F(3) 5	F(3) 6	F(3) 7
	Untuk beban rencana < 30 juta ESA5 menggunakan Aspal Pen 60-70			Untuk beban rencana ≥ 30 juta ESA5 direkomendasikan menggunakan Aspal PG70 <sup>(3)</sup>			
Beban rencana 20 tahun (10 <sup>6</sup> ESA5)	> 1 - 9	> 9 - 15	> 15 - 30	> 30 - 50	> 50 - 75	> 75 - 110	> 110 - 200
Jenis permukaan berpegang	AC						
Jenis lapis fondasi	Cement Treated Base (CTB)						
	Tebal Perkerasan (mm)						
AC WC	40	40	50	40	40	40	40
AC BC	60	70	80	60	70	65	80
	-	-	-	70	-	-	-
AC Base <sup>(1)</sup>	-	-	-	-	80	100	100
	-	-	-	-	-	-	-
CTB	250	250	250	250	250	250	250
Lapis Fondasi Agregat Kelas B	150	150	150	150	150	150	150
Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen <sup>(2)</sup>	200	200	200	200	200	200	200

- (1) Khusus untuk AC Base dengan lalu lintas rencana diatas 30 juta ESA5 **dapat** tidak menggunakan aspal PG70
- (2) Dapat menggunakan timbunan pilihan butir kasar yang mempunyai CBR minimum 30% dengan PI 6 - 15 dan ukuran butir maksimum 50 mm atau LFA Kelas C atau stabilisasi semen (UCS 10 kg/cm<sup>2</sup>). Bilamana untuk ketiga jenis material atau alat yang diperlukan untuk stabilisasi tidak bisa terpenuhi, maka lapisan ini dapat diganti menjadi LFA Kelas B dengan ketebalan 200 mm bila harganya sama atau lebih rendah dari ketiga material tersebut.
- (3) Khusus untuk AC WC dan AC BC

Sumber: MDP 2024

**Gambar 2.15** Bagan Desain Desain perkerasan lentur dengan 250 mm CTB (aspal pen 60/70 dan PG70)

### Bagan Desain Desain perkerasan lentur dengan 300 mm CTB (aspal pen 60/70 dan PG70)

	STRUKTUR PERKERASAN							
	F(4) 1	F(4) 2	F(4) 3	F(4) 4	F(4) 5	F(4) 6	F(4) 7	F(4) 8
	Untuk beban rencana < 30 juta ESA5 menggunakan Aspal Pen 60-70			Untuk beban rencana ≥ 30 juta ESA5 direkomendasikan menggunakan Aspal PG70 <sup>(3)</sup>				
Beban rencana 20 tahun (10 <sup>6</sup> ESA5)	> 1 - 10	> 10 - 17	>17 - 30	> 30 - 40	>40 - 60	>60 - 90	>90 - 150	>150 - 200
Jenis permukaan berpegang	AC							
Jenis lapis fondasi	Cement Treated Base (CTB)							
	Tebal Perkerasan (mm)							
AC WC	40	40	50	50	40	50	50	50
AC BC	60	70	75	80	60	60	60	75
	-	-	-	-	70	-	-	-
AC Base <sup>(1)</sup>	-	-	-	-	-	80	100	100
	-	-	-	-	-	-	-	-
CTB	300	300	300	300	300	300	300	300
Lapis Fondasi Agregat Kelas B	150	150	150	150	150	150	150	150
Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen <sup>(2)</sup>	200	200	200	200	200	200	200	200

- (1) Khusus untuk AC Base dengan lalu lintas rencana diatas 30 juta ESA5 **dapat** tidak menggunakan aspal PG70.
- (2) Dapat menggunakan timbunan pilihan butir kasar yang mempunyai CBR minimum 30% dengan PI 6 - 15 dan ukuran butir maksimum 50 mm atau LFA Kelas C atau stabilisasi semen (UCS 10 kg/cm<sup>2</sup>). Bilamana untuk ketiga jenis material atau alat yang diperlukan untuk stabilisasi tidak bisa terpenuhi, maka lapisan ini dapat diganti menjadi LFA Kelas B dengan ketebalan 200 mm bila harganya sama atau lebih rendah dari ketiga material tersebut.
- (3) Khusus untuk AC WC dan AC BC.

Sumber: MDP 2024

**Gambar 2.16** Bagan Desain Desain perkerasan lentur dengan 300 mm CTB (aspal pen 60/70 dan PG70)

## 2.18.2 Perkerasan Lentur dengan Lapis Fondasi Agregat

Bagan Desain Desain perkerasan lentur – aspal dengan lapis fondasi agregat  
(aspal pen 60/70 dan PG70)

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF(1) 1	FFF(1) 2	FFF(1) 3	FFF(1) 4	FFF(1) 5	FFF(1) 6	FFF(1) 7	FFF(1) 8	FFF(1) 9
	Untuk beban rencana < 30 juta ESA5 menggunakan Aspal Pen 60-70					Untuk beban rencana ≥ 30 juta ESA5 direkomendasikan menggunakan Aspal PG70 <sup>(1)</sup>			
Beban rencana 20 tahun (10 <sup>6</sup> ESA5)	< 2	> 2 - 5	> 5 - 10	> 10 - 15	> 15 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 150	> 150 - 200
	Tebal Perkerasan (mm)								
AC WC	60 <sup>(2)</sup>	40	40	40	40	40	40	50	40
AC BC	-	65	75	75	60	60	75	80	60
	-	80	80	-	-	-	-	-	-
AC Base <sup>(3)</sup>	-	-	-	100	80	85	100	100	80
	-	-	-	-	80	100	100	100	80
	-	-	-	-	-	-	-	-	90
Lapis Fondasi Agregat Kelas A <sup>(4)</sup>	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Lapis Fondasi Agregat Kelas B	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen <sup>(5)</sup>	-	-	200	200	200	200	200	200	200

(1) Khusus untuk AC WC dan AC BC.

(2) Tumbukan *Marshall* sebanyak 2 x 50 tumbukan.

(3) Khusus untuk AC Base dengan lalu lintas rencana di atas 30 juta ESA5 **dapat** tidak menggunakan aspal PG70.

(4) Untuk perkerasan dengan jumlah lajur lebih dari 2 per arahnya, tebal lapis fondasi agregat kelas A minimal 300 mm.

(5) Dapat menggunakan timbunan pilihan butir kasar yang mempunyai CBR minimum 30% dengan PI 6 - 15 dan ukuran butir maksimum 50 mm atau LFA Kelas C atau stabilisasi semen (UCS 10 kg/cm<sup>2</sup>). Bilamana untuk ketiga jenis material atau alat yang diperlukan untuk stabilisasi tidak bisa terpenuhi, maka lapisan ini dapat diganti menjadi LFA Kelas B dengan ketebalan 200 mm bila harganya sama atau lebih rendah dari ketiga material tersebut.

Sumber: MDP 2024

**Gambar 2.17** Bagan Desain Desain perkerasan lentur – aspal dengan lapis fondasi agregat  
(aspal pen 60/70 dan PG70)

Bagan Desain Penyesuaian tebal lapis timbunan pilihan butir kasar atau LFA kelas C .  
atau stabilisasi semen (hanya untuk bagan desain-3A)  
beban rencana 20 tahun > 5 juta ESA5

		Tebal (mm)
Subgrade 6 < CBR < 10	Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen	200
Subgrade 10 ≤ CBR < 30	Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen	150
Subgrade CBR ≥ 30	Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen	-

Sumber: MDP 2024

**Gambar 2.18** Bagan Desain Penyesuaian tebal lapis timbunan pilihan butir kasar atau  
LFA kelas C .  
atau stabilisasi semen (hanya untuk bagan desain-3A)  
beban rencana 20 tahun > 5 juta ESA5

## 2.19 Penelitian Terdahulu

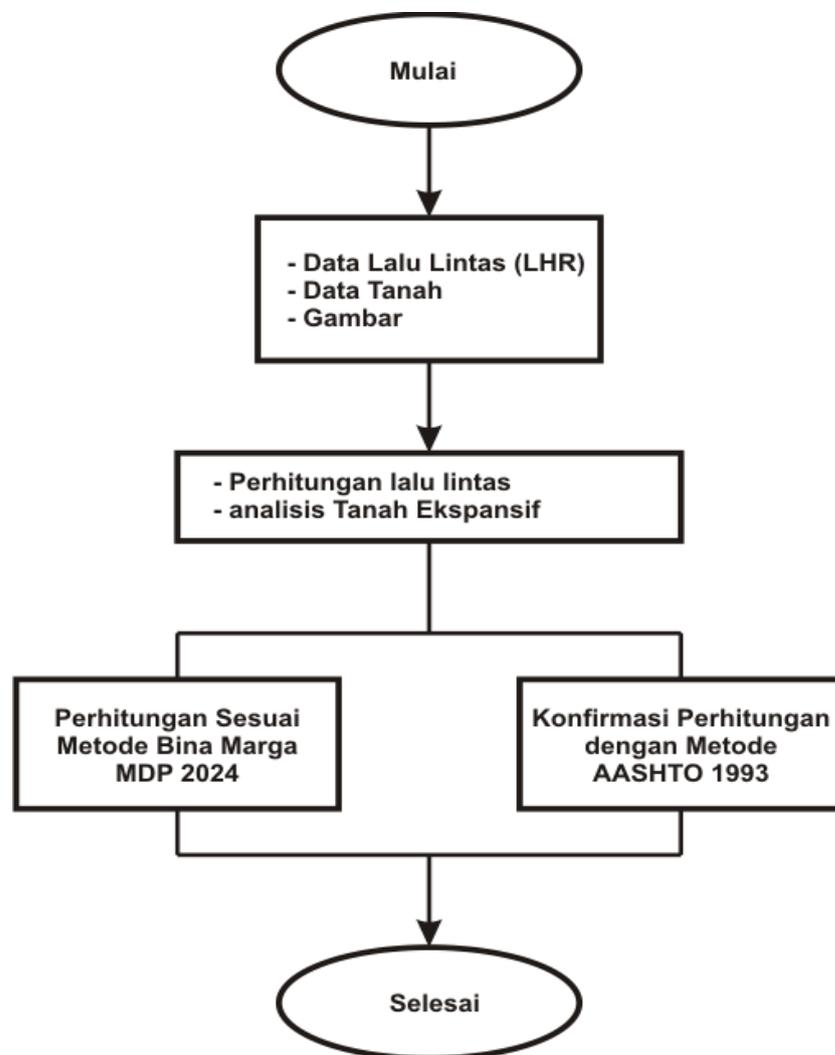
Judul	Peneliti	Tahun	Metode Penelitian	Hasil
Analisis Kinerja Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Raya Negara Sumbar-Riau Segmen 2 (Km 2) Kabupaten Lima Puluh Kota	Alfajri	2024	Kuantitatif	Kinerja lalu lintas pada ruas Jalan ditentukan oleh beberapa factor yaitu kapasitas jalan, volume kendaraan, kondisi geometri jalan, hambatan samping, serta tata guna lahan.
Korelasi nilai cbr laboratorium dan nilai cbr lapangan dari uji dcp tanah <i>subgrade</i> pada pembangunan ruas jalan nanga pinoh – ela hilir – Batas kalimantan tengah 1	Tri Nugroho Darmawan, R. M. Rustamaji, Vivi Bachtiar	2022	Kuantitatif	Peneliti ini membandingkan CBR Desain dan nilai CBR dari uji DCP menggunakan perhitungan analisa regresi dan korelasi, Data hipotesis memiliki nilai thitung < ttabel yang menunjukkan H0 diterima, yang berarti tidak ada pengaruh yang signifikan antara nilai CBR Desain dan nilai CBR dari uji DCP.
Analisis perbandingan perencanaan perkerasan Lentur ( <i>flexible pavement</i> ) menggunakan metode bina Marga 2017 dan AASTHO 1993 (studi kasus jalan jepara – keling)	Ilham Romadlon. Eka hendrawan ardi yatno	2024	Kuantitatif	Antara metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 diantara kedua metode tersebut yang paling cocok di gunakan dalam pembuatan ruas Jalan Jepara - Keling yaitu dengan metode Bina Marga 2017 dikarenakan adanya beberapa faktor ekonomis yang diperhitungkan. Dari segi ketebalan metode Bina Marga lebih tipis yaitu 4,0 cm sedangkan untuk AASHTO yaitu 17,0 cm, dari segi bahan

				juga metode Bina Marga lebih sedikit mempergunakan bahan-bahan yang diperlukan antara base dan sub base, tapi untuk kualitas hasil dari pekerjaan walaupun dalam segi ketebalan maupun segi bahan lebih relatif ekonomis tetapi metode Bina Marga 2017 mempunyai kualitas yang tidak kalah baik dari metode AASHTO.
Perbandingan perhitungan tebal perkerasan lentur Dengan metode aashto 1993 dan manual desain Perkerasan jalan 2017 ruas jalan baruah gunuang Puskesmas Baruah Gunuang Kabupaten Lima Puluh Kota	Sakinah Nasution	2023	Kuantitatif	Hasil perbandingan RAB pada lapisan perkerasan lentur dari kedua metode yaitu metode AASHTO 1993 sebesar Rp.1.092.155.000,00 sedangkan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 adalah senilai Rp 2.467.678.000,00. Dapat disimpulkan penggunaan metode AASHTO 1993 lebih hemat biaya dibandingkan dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017.
Analisis perbandingan tebal perkerasan lentur dengan metode Manual desain perkerasan bina marga 2017 dan metode aashto 1993 Pada jalan simpang gedangan Sidoarjo	Arrasis Sandekala, Doni Haidra Nur, ST, MT	2023	Kuantitatif	Hasil lapisan perkerasan dengan metode MDP 2017 didapat lebih efisien untuk digunakan dari pada metode AASHTO 1993, Sedangkan dari segi harga untuk metode AASHTO 1993 di dapat lebih ekonomis daripada metode MDP 2017.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metodologi Penelitian

Secara umum, metodologi penelitian diartikan sebagai proses atau cara ilmiah untuk mendapatkan data yang akan digunakan untuk keperluan penelitian. Metodologi berisi tentang metode–metode ilmiah, langkahnya, jenis–jenisnya sampai kepada batas– batas dari metode ilmiah. Bagan alir penelitian sebagai berikut:



**Gambar 3.1** Bagan Alir penelitian

### 3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mengetahui dan menganalisis Desain Rekonstruksi Jalan Simpang 3 Tol Pejagan-Batas Kabupaten Tegal/Brebes KM Pkl 107+865 Sampai Dengan KM 110+950. Data merupakan faktor penting dalam penentuan jenis pekerjaan yang akan digunakan dalam suatu perencanaan pekerjaan konstruksi. Pada perencanaan ini data diperoleh Lalu Lintas Harian Tahunan (LHRT) dari Tim Inti (Core Team) Perencanaan Dan Pengawasan Teknis Jalan Dan Jembatan Provinsi Jawa Tengah dan data penyelidikan tanah yang dilakukan oleh PT. Aria Jasa Reksatama (KSO). Dalam tahapan ini, data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Data Lalu Lintas Harian Tahunan (LHRT);
2. Data Hasil penyelidikan tanah;
3. Data Gambar Kerja.

#### 3.2.1 Data Lalu lintas

Data lalu lintas yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari Tim Inti (*Core Team*) Perencanaan Dan Pengawasan Teknis Jalan Dan Jembatan Provinsi Jawa Tengah. Data lalu lintas pada tahun 2023 sebagai berikut:

**Tabel 3.1** Lalu lintas Harian rata-rata Tahunan

NO	KENDARAAN	URAIAN	GOLONGAN KENDARAAN	URAIAN	KONFIGURASI SUMBU	KELOMPOK SUMBU	LHR
1	Veh1	Sepeda Moyor, Skuter, Kendaraan Roda 3	1	Sepeda motor dan kendaraan roda-3			46.607
2	Veh2	Sedan, Jeep dan Station Wagon	2	Kendaraan ringan - sedan, jeep, dan station wagon	1.1	2	9.682
3	Veh3	Opelet, Pick Up, Sub urban, Combi dan Mini Bus	3	Kendaraan ringan – angkutan umum sedang	1.1	2	1.250
4	Veh4	Pick Up, Mikro Truk dan Mobil Hantaran	4	Kendaraan ringan - pick up, micro truck	1.1	2	2.654
6	Veh5b	Bus Besar	5B	Bus besar	1.2	2	979
7	Veh6a	Truk Ringan 2 (dua) Sumbu	6A	Truk 2 sumbu-truk ringan	1.1	2	685
8	Veh6b	Truk Sedang 2 (dua) Sumbu	6B	Truk 2 sumbu-truk sedang	1.2	2	920
9	Veh7a	Truk 3 (tiga) sumbu	7A2	Truk 3 sumbu-berat	1.22	2	761
10	Veh7b	Truk gandeng	7B1	Truk 5 sumbu-berat	1.2+2.2	4	41
11	Veh7c	Truk tempelan (semi trailer)	7C2B	Truk 5 sumbu-berat	1.22-222	3	110
12	Veh8	KTB: Sepeda, becak, dokar, kretek, andong	8	Kendaraan tak bermotor			130
<b>TOTAL</b>							<b>63.819</b>

Sumber: Tim Inti Perencanaan Dan Pengawasan Teknis Jalan Dan Jembatan Provinsi Jawa Tengah

### 3.2.2 Data CBR Hasil Dari *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP)

Hasil Pengujian di 17 titik DCP tersebut dapat dilihat pada lampiran. Berikut adalah rangkuman interpretasi dari nilai CBR berdasarkan hasil pengujian DCP sebagai berikut:

Berikut hasil CBR dari pengujian DCP di Pelebaran Jalan Simpang 3 Tol Pejagan–Bts Kabupaten Tegal/Brebes.

**Tabel 3.2** Hasil CBR dari Pengujian DCP 1 - 17

No	Titik	DCP D / n Average	Konus 30°	
			Log CBR Average	CBR(%) Average
1	DCP 1	1,977	1,0191	10,45
2	DCP 2	1,450	1,1706	14,81
3	DCP 3	1,163	1,2783	18,98
4	DCP 4	1,120	1,2966	19,80
5	DCP 5	2,132	0,9821	9,60
6	DCP 6	2,397	0,9248	8,41
7	DCP 7	1,728	1,0848	12,16
8	DCP 8	1,581	1,1281	13,43
9	DCP 9	1,147	1,2850	19,27
10	DCP 10	1,663	1,1034	12,69
11	DCP 11	3,414	0,7521	5,65
12	DCP 12	1,488	1,1578	14,38
13	DCP 13	2,159	0,9759	9,46
14	DCP 14	1,588	1,1262	13,37
15	DCP 15	2,283	0,9487	8,89
16	DCP 16	4,931	0,5725	3,74
17	DCP 17	1,780	1,0704	11,76

Sumber : PT. Aria Jasa Reksatama

### 3.2.3 Data CBR Hasil Dari *Test Pit*

Berikut adalah hasil CBR laboratorium dari hasil test pit di 3 lokasi. Contoh pada Titik TP 1, setelah dilakukan untuk uji CBR pada kondisi *soaked* (dengan rendaman) di dapat nilai CBR 7,16 %. Uji CBR di lakukan untuk setiap lapis sebanyak 65x tumbukan.

**Tabel 3.3.** Hasil Pengujian CBR dari sampel test pit Pelebaran Jalan Simpang 3 Tol Pejagan–Bts Kabupaten Tegal/Brebes

No	Titik	CBR Rendaman (Soaked)
		( % )
1	TP 1	7,16
2	TP 2	7,49
3	TP 3	6,35

Sumber : PT. Aria Jasa Reksatama

### 3.2.4 Hasil Uji Laboratorium

Hasil pengujian laboratorium dari sampel *test pit* sebanyak 3 titik dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 3.4.** Hasil Uji Laboratorium Jalan Simpang 3 Tol Pejagan – Bts Kabupaten Tegal/Brebes

No. Sample				(TP 1)	(TP 2)	(TP 3)	
Type				Soil	Soil	Soil	
Index	Properties	Symbol	Unit				
1.	Specific of gravity	Gs	-	2,679	2,687	2,663	
2.	Liquid Limit	LL	%	35,70	38,02	35,13	
	Plastic Limit	PL	%	15,33	16,67	12,46	
	Plasticity Index	PI	%	20,37	21,35	22,67	
3.	Grainsize	Passing	No.4	%	94,57	95,7	96,6
			No.10	%	91,03	93,36	92,3
			No.40	%	77,85	78,89	79,4
			No.200	%	63,65	53,37	61,7
		Gradation	Gravel	%	5,43	4,30	3,40
			Sand	%	27,38	39,99	30,60
			Silt	%	16,60	8,01	10,15
			Clay	%	50,59	47,70	55,85
4.	Clasification	AASHTO			A-6	A-6	A-6
		USCS			CL	CL	CL

No. Sample				(TP 1)	(TP 2)	(TP 3)	
Type				Soil	Soil	Soil	
Index Properties		Symbol	Unit				
Engineering Properties							
5.	Compaction	Dry Density	$\gamma_k$	gr/cm <sup>3</sup>	1,507	1,484	1,506
		Wet Density	$\gamma_b$	gr/cm <sup>3</sup>	1,856	1,844	1,849
		Water Content	Wopt	%	23,17	24,31	22,74
6.	CBR Soaked (Dengan Rendaman)	CBR <sub>design</sub>	%	7,16	7,49	6,35	

Sumber : PT. Aria Jasa Reksatama

## BAB IV

### ANALISIS DAN PERHITUNGAN

#### 4.1 Kapasitas Jalan Eksisting

Jenis Jalan	=	Kolekor Primer 1
Panjang jalan	=	26,64 km
Lebar Jalan	=	6 m
Bahu Jalan	=	-
Pertumbuhan lalu lintas	=	3,5 % per tahun

C dihitung dari perkalian  $C_0$  dengan faktor-faktor koreksi lebar lajur jalan, pemisahan arah lalu lintas, dan hambatan samping, dihitung menggunakan Persamaan :

$$C = C_0 \times F_{CL} \times F_{CPA} \times F_{CHS}$$

$$C = 4000 \times 0,91 \times 1,00 \times 0,84$$

$$C = 3.058 \text{ SMP/jam}$$

Keterangan :

C adalah kapasitas segmen atau segmen khusus, SMP/jam.

$C_0$  adalah kapasitas dasar segmen, SMP/jam.  $C_0$  adalah C pada kondisi ideal yaitu kondisi

dimana

$F_{CL}=1$ ,  $F_{CPA}=1$ , dan  $F_{CHS}=1$ .

$F_{CL}$  adalah faktor koreksi kapasitas akibat lebar lajur jalan yang tidak ideal.

$F_{CPA}$  adalah faktor koreksi kapasitas akibat pemisahan arah arus lalu lintas. Faktor ini hanya berlaku untuk jalan tak terbagi.

$F_{CHS}$  adalah faktor koreksi kapasitas akibat adanya hambatan samping dan ukuran bahu jalan yang tidak ideal.

#### 4.1.1 Kapasitas Dasar

$C_0$  untuk segmen jalan ditetapkan dari Tabel 4-1.  $C_0$  untuk segmen jalan khusus ditetapkan dari Tabel 4-2.

Nilai  $C_0$  : 4000

**Tabel 4.1** Nilai  $C_0$

Tipe alinemen	$C_0$	$C_0$
	SMP/jam 2/2-TT	SMP/jam/lajur 4/2-T
Datar	4000	2200
Bukit	3850	2100
Gunung	3700	2000

Sumber : PKJI 2023

Nilai  $\theta_V$  dan  $\theta_H$ : 5 dan 0,25

**Tabel 4.2** Nilai  $\theta_V$  dan  $\theta_H$

Tipe alinemen	$\theta_V$ (m/km)	$\theta_H$ (rad/km)
Datar	<10 (5)	<1,00 (0,25)
Bukit	10–30 (25)	1,00–2,50 (2,00)
Gunung	>30 (45)	>2,50 (3,50)

Sumber : PKJI 2023

Nilai  $FC_L$  : 0,91

**Tabel 4.3** Nilai  $FC_L$

Tipe jalan	Lebar lajur atau jalur efektif ( $L_{LE}$ atau $L_{JE}$ ), m		$FC_L$
4/2-T & 6/2-T	Per Lajur	3,00	0,91
		3,25	0,96
		3,50	1,00
		3,75	1,03
2/2-TT	Total dua arah	5,00	0,69
		6,00	0,91
		7,00	1,00
		8,00	1,08
		9,00	1,15
		10,00	1,21
		11,00	1,27

Sumber : PKJI 2023

Nilai  $FC_{PA}$  : 1,00

**Tabel 4.4** Nilai  $FC_{PA}$

Pemisahan arah arus (%-%):		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
<b>FC<sub>PA</sub></b>	Tipe jalan 2/2-TT	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88

Sumber : PKJI 2023

Nilai  $FC_{HS}$  : 0,88

**Tabel 4.5** KHS Eksisting

KHS	Total frekuensi kejadian Hambatan Samping	Ciri-ciri khusus
<b>Sangat Rendah</b>	< 50	Pedalaman, jalan melalui wilayah perdesaan, pertanian, atau daerah yang belum berkembang, tanpa kegiatan
<b>Rendah</b>	50 - 149	Pedalaman, jalan melalui wilayah perdesaan dimana terdapat beberapa bangunan dan kegiatan samping jalan
<b>Sedang</b>	150 – 249	Perdesaan, jalan melalui wilayah perkampungan, terdapat kegiatan permukiman
<b>Tinggi</b>	250 – 349	Perdesaan, jalan melalui wilayah perkampungan, ada beberapa kegiatan pasar
<b>Sangat Tinggi</b>	>350	Mendekati perkotaan, banyak pasar atau kegiatan niaga

Sumber : PKJI 2023

**Tabel 4.6** Nilai KHS

Tipe jalan	KHS	Faktor koreksi akibat hambatan samping (FCHS)			
		Lebar bahu efektif LBE, m			
		≤0,5	1	1,5	≥2,0
4/2-T	Sangat rendah	0,99	1,00	1,01	1,03
	Rendah	0,96	0,97	0,99	1,01
	Sedang	0,93	0,95	0,96	0,99
	Tinggi	0,90	0,92	0,95	0,97
	Sangat Tinggi	0,88	0,90	0,93	0,96
2/2-TT	Sangat rendah	0,97	0,99	1,00	1,02
	Rendah	0,93	0,95	0,97	1,00
	Sedang	0,88	0,91	0,94	0,98

Tipe jalan	KHS	Faktor koreksi akibat hambatan samping (FCHS)			
		Lebar bahu efektif LBE, m			
		≤0,5	1	1,5	≥2,0
	Tinggi	0,84	0,87	0,91	0,95
	Sangat Tinggi	0,80	0,83	0,88	0,93

Sumber : PKJI 2023

## 4.2 Kinerja Lalu Lintas

### 4.2.1 Ekuivalensi Mobil Penumpang

Nilai  $q$  harus dihitung dalam satu satuan yang sama untuk merepresentasikan berbagai jenis kendaraan. Pada PKJI, satuan kendaraan dikonversi untuk disamakan menjadi satuan mobil penumpang, yaitu SMP/jam. Untuk mengubah dari satuan kend/jam menjadi SMP/jam digunakan nilai EMP yang dapat dilihat pada Tabel 3-9 sampai dengan Tabel 3-12. Kendaraan-kendaraan diklasifikasikan menjadi beberapa kelas yaitu SM, MP, KS, BB, dan TB. KTB dianggap sebagai hambatan samping yang pengaruhnya diperhitungkan terhadap kapasitas dalam faktor koreksi kapasitas akibat hambatan samping ( $FC_{HS}$ ).

Tabel 4.7 Nilai  $q$

NO	GOLONGAN KENDARAAN	URAIAN	LHR 2023	LHR 2025	q TOTAL (KEND/JAM)	EMP	q
1	SM	Kendaraan bermotor roda 2 (dua) dan 3 (tiga) dengan panjang	46.607	49.927	2.080	0,5	1.040
2	MP	mobil penumpang 4 (empat) tempat duduk, mobil penumpang 7 (tujuh) tempat duduk, mikrobus, mobil angkutan barang kecil, mobil angkutan barang sedang dengan panjang ≤5,5 m	13.586	14.554	606	1	606
4	BB	BB: Bus besar 2 (dua) dan 3 (tiga) sumbu dengan panjang sampai 12,0 m	2.584	2.768	115	1,5	173

NO	GOLONGAN KENDARAAN	URAIAN	LHR 2023	LHR 2025	q TOTAL (KEND/JAM)	EMP	q
5	TB	TB: Mobil angkutan barang 3 (tiga) sumbu, truk gandeng, dan truk tempel (semitrailer) dengan panjang >12,0 m	912	977	41	2,5	102
6	KTB	KTB: Sepeda, becak, kendaraan ditarik hewan	130	139	6		-
<b>TOTAL</b>			<b>63.819</b>	<b>68.365</b>	<b>2.849</b>		<b>1.921</b>

Sumber : analisis

**Tabel 4.8** Nilai EMP

Tipe alinemen	qtotal (Kend/jam)	EMP <sub>KS</sub>	EMP <sub>BB</sub>	EMP <sub>TB</sub>	EMP <sub>SM</sub>		
					Lebar jalur lalu lintas (m)		
					<6 m	6–8 m	>8 m
<b>Datar</b>	0–799	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800–1349	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	1350–1899	1,5	1,6	2,5	0,9	0,7	0,5
	≥1900	1,3	1,5	2,5	0,6	0,5	0,4
<b>Bukit</b>	0–649	1,8	1,6	5,2	0,7	0,5	0,3
	650–1099	2,4	2,5	5	1	0,8	0,5
	1100–1599	2	2	4	0,8	0,6	0,4
	≥1600	1,7	1,7	3,2	0,5	0,4	0,3
<b>Gunung</b>	0–449	3,5	2,5	6	0,6	0,4	0,2
	450–899	3	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900–1349	2,5	2,5	5	0,7	0,5	0,3
	≥1350	1,9	2,2	4	0,5	0,4	0,3

Sumber : PKJI 2023

#### 4.2.2 Derajat Kejenuhan (DJ)

Derajat kejenuhan, DJ, dihitung menggunakan Persamaan

$$DJ = \frac{q}{c} = \frac{1921}{3058} = 0,63$$

Keterangan:

q adalah arus lalu lintas yang sedang dievaluasi kinerjanya, SMP/jam.

C adalah kapasitas segmen jalan, SMP/jam.

DJ adalah derajat kejenuhan segmen jalan, nilainya ≤1,0.

### 4.2.3 Kecepatan Mobil Penumpang (vMP)

$$v_{B,MP} = (v_{BD,MP} + v_{BL,MP}) \times F_{vB,HS} \times F_{vB,KFJ}$$

$$= (65-3) \times 0,85 \times 0,93 = 49,01 \text{ km/jam}$$

Keterangan:

- $v_{B,MP}$  adalah kecepatan arus bebas MP pada kondisi lapangan, km/jam.
- $v_{BD,MP}$  adalah arus bebas dasar MP yang nilainya dapat diperoleh dari Tabel 4.9. Jika diketahui data tentang  $\theta_H$  dan  $\theta_V$  segmen jalan, maka nilai arus bebas dasar MP,  $v_{BD,MP}$ , yang lebih akurat dapat diperoleh dari Tabel 4.10
- $v_{BL,MP}$  adalah koreksi kecepatan arus bebas MP akibat lebar lajur efektif yang tidak ideal (Tabel 4.11), km/jam.
- $F_{vB,HS}$  adalah faktor koreksi kecepatan arus bebas MP akibat hambatan samping dan lebar bahu yang tidak ideal (Tabel 4.12).
- $F_{vB,KFJ}$  adalah faktor koreksi kecepatan arus bebas MP akibat kelas fungsi jalan dan guna lahan (Tabel 4.13).

**Tabel 4.9** Nilai ( $v_{BD}$ )

Tipe Jalan	Tipe alinemen	$v_{BD}$ (km/jam)				
		MP	KS	BB	TB	SM
6/2-T	- Datar	83	67	86	64	64
	- Bukit	71	56	68	52	58
	- Gunung	62	45	55	40	55
4/2-T	- Datar	78	65	81	62	64
	- Bukit	68	55	66	51	58
	- Gunung	60	44	53	39	55
2/2-TT	- Datar dengan KJP A	68	60	73	58	55
	- Datar dengan KJP B	65	57	69	55	54
	- Datar dengan KJP C	61	54	63	52	53
	- Bukit	61	52	62	49	53
	- Gunung	55	42	50	38	51

Sumber : PKJI 2023

Untuk tipe jalan 2/2-TT,  $v_{BD}$  adalah fungsi dari KJP. Jika KJP tidak tersedia, anggap KJP=B.

**Tabel 4.10** Nilai Kecepatan arus bebas dasar MP ( $v_{BD,MP}$ ) sebagai fungsi dari  $\theta H$  dan  $\theta V$  segmen, untuk tipe jalan 2/2-TT

$\theta V$ , m/km	$v_{BD}$ untuk jenis MP						
	$\theta H$ , rad/km						
	< 0,5	0,5 - 1	1-2	2-4	4-6	6-8	8-10
5	68	65	63	58	52	47	43
15	67	64	62	58	52	47	43
25	66	64	62	57	51	47	43
35	65	63	61	57	50	46	42
45	64	61	60	56	49	45	42
55	61	58	57	53	48	44	41
65	58	56	55	51	46	43	40
75	56	54	53	50	45	42	39
85	54	52	51	48	43	41	38
95	52	50	49	46	42	40	37

Sumber : PKJI 2023

**Tabel 4.11** Nilai Faktor koreksi kecepatan arus bebas MP akibat hambatan samping dan lebar bahu,  $F_{vB,HS}$

Tipe jalan	KHS	$F_{vB,HS}$			
		LBE $\leq$ 0,5 m	LBE=1,0 m	LBE=1,5 m	LBE $\geq$ 2 m
4/2-T	Sangat rendah	1	1	1	1
	Rendah	0,98	0,98	0,98	0,99
	Sedang	0,95	0,95	0,96	0,98
	Tinggi	0,91	0,92	0,93	0,97
	Sangat Tinggi	0,86	0,87	0,89	0,86
2/2-TT	Sangat rendah	1	1	1	1
	Rendah	0,96	0,97	0,97	0,98
	Sedang	0,91	0,92	0,93	0,97
	Tinggi	0,85	0,87	0,88	0,95
	Sangat Tinggi	0,76	0,79	0,82	0,93

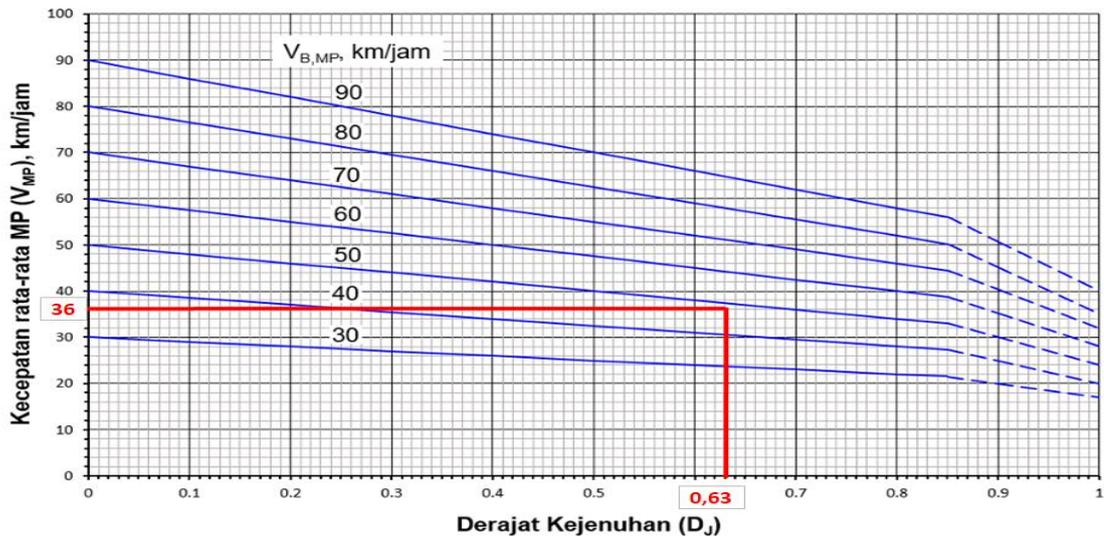
Sumber : PKJI 2023

**Tabel 4.12** Nilai Faktor koreksi kecepatan arus bebas MP akibat kelas fungsi jalan dan guna lahan, FvB,KFJ

Tipe Jalan	Fungsi Jalan	FvB,KFJ				
		Persentase pengembangan samping jalan				
		0%	25%	50%	75%	100%
4/2-T	Arteri	1	0,99	0,98	0,96	0,95
	Kolektor	0,99	0,98	0,97	0,95	0,94
	Lokal	0,98	0,97	0,96	0,94	0,93
2/2-TT	Arteri	1	0,98	0,97	0,96	0,94
	Kolektor	0,94	0,93	0,91	0,9	0,88
	Lokal	0,9	0,88	0,87	0,86	0,84

Sumber : PKJI 2023

Kecepatan rata-rata MP ( $V_{MP}$ ) dihitung menggunakan grafik sebagai berikut :



**Gambar 4.1** Nilai  $V_{MP}$

Jadi Kecepatan rata-rata MP ( $V_{MP}$ ) = 36 km/jam

Waktu tempuh ( $W_t$ ) dihitung menggunakan Persamaan berikut:

$$W_t = \frac{P}{V_{MP}} = \frac{26,64}{36} = 0,74 \text{ jam}$$

Keterangan:

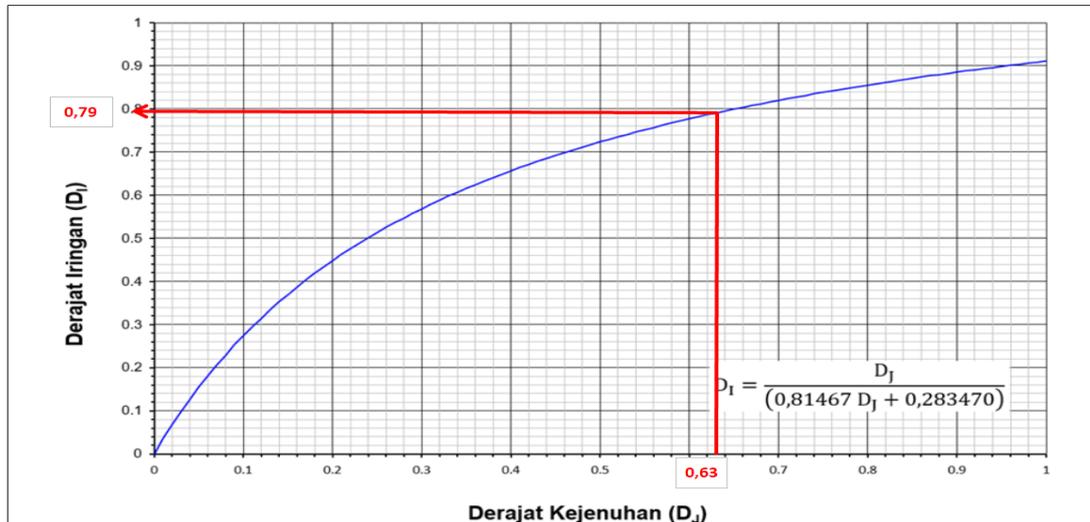
$V_{MP}$  adalah kecepatan tempuh rata-rata MP, km/jam.

$P$  adalah panjang segmen jalan, km.

$W_t$  adalah waktu tempuh rata-rata mobil penumpang, jam.

#### 4.2.4 Derajat Iringan ( $D_I$ )

Jika jumlah kendaraan dalam suatu iringan belum diketahui, maka besarnya  $D_I$  dapat diperkirakan berdasarkan nilai  $D_J$ , dengan menggunakan diagram sebagai berikut:



Gambar 4.2 Nilai Derajat Iringan

Jadi nilai Derajat Iringan ( $D_I$ ) adalah 0,79

#### 4.2.5 Kepadatan atau Kerapatan

Kepadatan atau kerapatan adalah jumlah kendaraan per satuan panjang jalan (kendaraan/km)

$$K = \frac{Q}{U} = \frac{2849}{36} = 79 \text{ kend/km}$$

Keterangan:

Q adalah arus lalu lintas (kendaraan/jam)

U adalah kecepatan (km/jam)

K adalah kerapatan (kendaraan/km)

#### 4.2.6 Tingkat Pelayanan (LoS)

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen Lalu Lintas, tingkat pelayanan pada ruas jalan eksisting adalah “E” dengan Derajat Kejuhan 0,63 serta kecepatan rata-rata 36 km/jam. Oleh karena itu, perlu

dilaksanakan usulan guna meningkatkan kinerja ruas jalan guna meningkatkan tingkat pelayanan di ruas jalan tersebut.

### 4.3 PENINGKATAN KAPASITAS JALAN

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan, dimana Jalan kolektor primer didesain dengan lebar badan jalan paling sedikit 9 (sembilan) meter, maka perlu dilakukan pelebaran jalan menjadi 10 (sepuluh) meter serta perlu dilakukan penurunan hambatan samping dari tinggi menjadi rendah maka didapat:

**Tabel 4.13** Inventarisasi Usulan

Tipe Jalan	C <sub>0</sub>	FC <sub>L</sub> (m)	FC <sub>PA</sub>	FC <sub>HS</sub>
2/2 TT	4000	1,21	1	0,93

*Sumber : analisis*

$$C = C_0 \times FC_L \times FC_{PA} \times FC_{HS}$$

$$C = 4000 \times 1,21 \times 1,00 \times 0,88$$

$$C = 4.501 \text{ SMP/jam}$$

#### 1. Derajat Kejenuhan (DJ)

$$\text{Nilai DJ} = \frac{q}{c} = \frac{1921}{4501} = 0,43$$

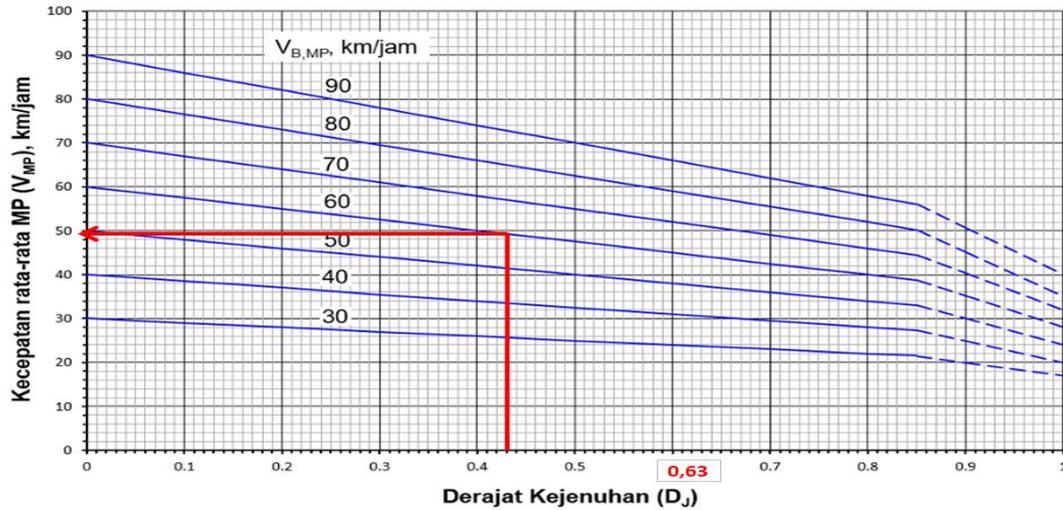
Nilai Derajat kejenuhan yang semula 0,59 meningkat menjadi 0,43

#### 2. Kecepatan Mobil Penumpang (vMP)

$$\begin{aligned} \text{Nilai } v_{B,MP} &= (v_{BD,MP} + v_{BL,MP}) \times F_{vB,HS} \times F_{vB,KFJ} \\ &= (65+3) \times 0,96 \times 0,93 \\ &= 60,71 \end{aligned}$$

Kecepatan arus mobil penumpang yang semula 49,01 km/jam meningkat menjadi 60,71 km/jam

3. Kecepatan rata-rata MP ( $V_{MP}$ ) dihitung menggunakan grafik sebagai berikut :



**Gambar 4.3** Nilai  $V_{MP}$  Umur Rencana

Jadi Kecepatan rata-rata MP ( $V_{MP}$ ) Umur Rencana = 50 km/jam

Kecepatan rata-rata MP yang semula 36 km/jam meningkat menjadi 50 km/jam

Waktu tempuh (WT) dihitung menggunakan Persamaan berikut:

$$W_t = \frac{P}{V_{MP}} = \frac{26,64}{50} = 0,53 \text{ jam}$$

Keterangan:

$V_{MP}$  adalah kecepatan tempuh rata-rata MP, km/jam.

$P$  adalah panjang segmen jalan, km.

$W_t$  adalah waktu tempuh rata-rata mobil penumpang, jam.

Waktu tempuh (WT) semula 0,70 jam meningkat menjadi 0,53 jam

Kepadatan atau kerapatan adalah jumlah kendaraan per satuan panjang jalan (kendaraan/km)

$$K = \frac{Q}{U} = \frac{2849}{50} = 57 \text{ kend/km}$$

Keterangan:

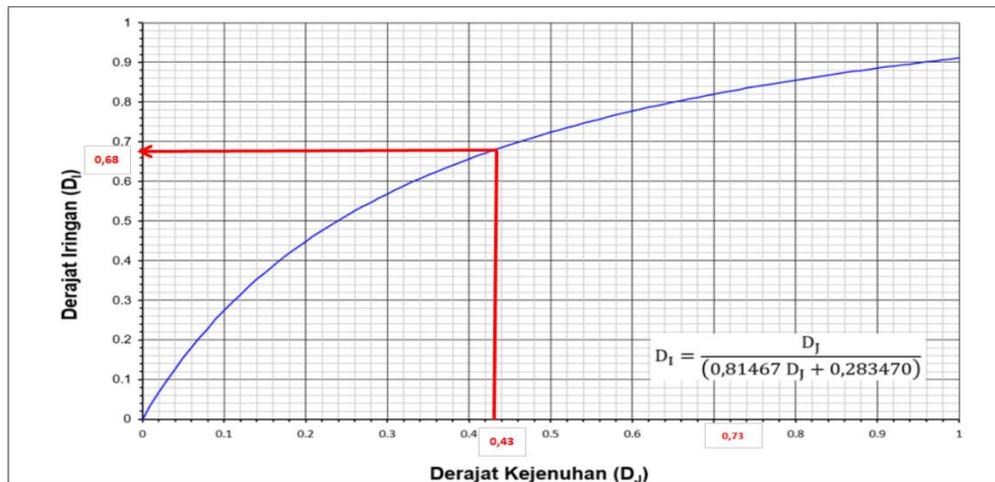
$Q$  adalah arus lalu lintas (kendaraan/jam)

$U$  adalah kecepatan (km/jam)

$K$  adalah kerapatan (kendaraan/km)

#### 4. Derajat Iringan (DI)

Nilai DJ, dengan menggunakan diagram sebagai berikut:



**Gambar 4.4** Nilai DI

Derajat Iringan semula 0,79 naik menjadi 0,68

Dengan hasil tersebut maka Tingkat Pelayanan (LOS) akan meningkat dari E menjadi C dengan kondisi sebagai berikut :

- 1) Arus arus mendekati tidak stabil dengan volume lalu lintas tinggi dan kecepatan sekurang-sekurangnya 50 (lima puluh) kilometer per jam;
- 2) masih ditolerir namun sangat terpengaruh oleh perubahan kondisi arus;
- 3) kepadatan lalu lintas sedang namun fluktuasi volume lalu lintas dan hambatan temporer dapat menyebabkan penurunan kecepatan yang besar;
- 4) pengemudi memiliki kebebasan yang sangat terbatas dalam menjalankan kendaraan, kenyamanan rendah, tetapi kondisi ini masih dapat ditolerir untuk waktu yang singkat.

**Tabel 4.14** Perbandingan Kinerja Jalan

Kondisi	Kapasitas (SMP/jam)	Derajat Kejuhan	Kecepatan (KM/jam)	LoS
Eksisting (lebar 6 m)	3.058	0,63	36	E
Usulan (lebar 10 m)	4.501	0,43	50	D

Sumber : Analisis

#### 4.4 Analisis Hasil Penyelidikan Tanah

##### 4.4.1 Analisis Tanah Ekspansif

Menurut MDP 2024 Tanah ekspansif adalah tanah dengan potensi mengembang (swelling) lebih dari 2,5% (diukur dengan pengujian CBR rendaman SNI 1744:2012 pada kadar air optimum dan kepadatan kering 100%). Tanah ekspansif diklasifikasikan berdasarkan potensi pengembangannya (*swelling*) dan *Weighted Plasticity Index* (WPI) yang dibagi menjadi Rendah, Moderat, Tinggi, Sangat Tinggi, dan Ekstrim. Tanah ekspansif diklasifikasikan sebagai tanah yang mempunyai Pengembangan Potensial.

Berdasarkan Nilai *Plasticity Index* (PI) pada Tabel 3.4 maka dapat dihitung *Weighted Plasticity Index* (WPI) dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{WPI} = \text{PI} \times \text{Prosentase lolos saringan No 40 atau saringan ukuran } 0,425 \text{ mm}$$

**Tabel 4.15** Perhitungan *Weighted Plasticity Index* (WPI)

<i>Plasticity Index</i>	20,37	21,35	22,67
Lolos Saringan No.40/saringan uk 0,425 mm	77,85	78,89	79,4
<i>Weighted Plasticity Index</i> (WPI)	1.585,80	1.684,30	1.800,00
<i>Weighted Plasticity Index</i> (WPI) average	1.690,03		

Sumber : analisis

**Tabel 4.16** Klasifikasi tanah ekspansif

Klasifikasi	<i>Weighted Plasticity Index</i> (WPI) (PI dikali persentase yang lolos saringan ukuran 0,425 mm)	Pengembangan (%) <sup>1</sup>
Ekstrim	>4.200	>10,0
Sangat Tinggi	>3.200 – 4.200	>5,0 – 10,0
Tinggi	>2.200 – 3.200	2,5 – 5,0
Moderat	1.200 – 2.200	0,5 – 2,5
Rendah	<1.200	<0,5

Sumber : MDP 2024

Sesuai Tabel 4.17 maka untuk nilai *Weighted Plasticity Index* (WPI) 1.690,03 masuk ke dalam Kasifikasi Tanah Ekspansif Moderat.

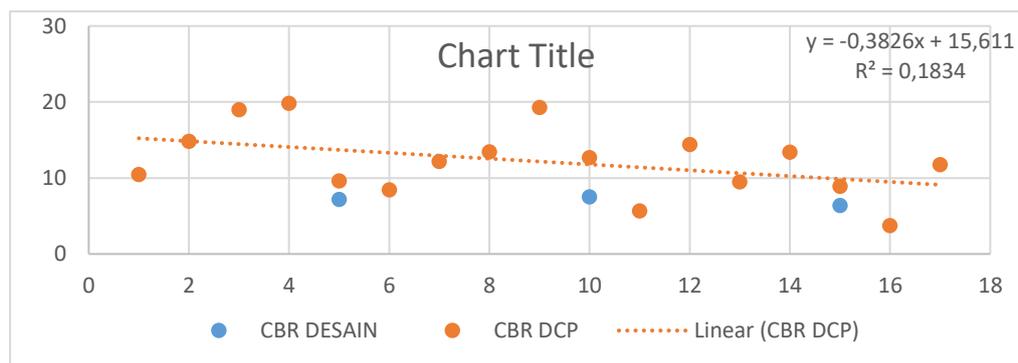
#### 4.4.2 Analisis Hubungan antara Nilai CBR Desain dengan CBR DCP

**Tabel 4.17** Data CBR Desain dan CBR DCP

No	CBR LAB	CBR DCP
1		10,45
2		14,81
3		18,98
4		19,8
5	7,16	9,6
6		8,41
7		12,16
8		13,43
9		19,27
10	7,49	12,69
11		5,65
12		14,38
13		9,46
14		13,37
15	6,35	8,89
16		3,74
17		11,76

Sumber : analisa

Dari tabel 4.18 dapat dilakukan analisis regresi linier untuk melihat bagaimana korelasi dari CBR Lab terhadap nilai CBR-DCP dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 4.5** Grafik Hubungan Nilai CBR Desain dan Nilai CBR-DCP

Sumber : analisa

**Tabel 4.19** Korelasi Data CBR Desain dan CBR DCP

	<i>CBR DCP</i>	<i>CBR RENDAMAN</i>
CBR DESAIN	1	
CBR RENDAMAN	0,833467006	1

Sumber : analisa

**Tabel 4.20** Nilai korelasi

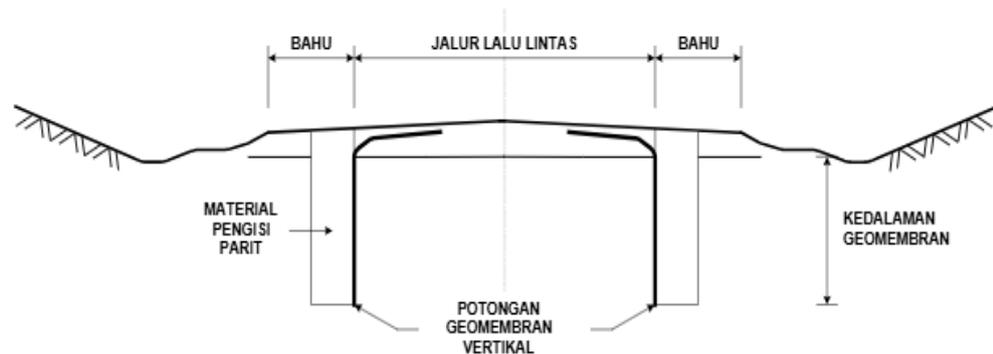
Nilai Koefisien Korelasi	Keterangan
1	Hubungan positif sempurna
0,6 - 1	Hubungan langsung positif baik
0 - 0,6	Hubungan langsung positif lemah
0	Tidak terdapat hubungan linier
-0,6 - 0	Hubungan langsung negatif lemah
-1 - -0,6	Hubungan langsung negati baik
-1	Hubungan negatif sempurna

Berdasarkan hasil perhitungan analisa regresi dan korelasi pada nilai CBR Desain dan nilai CBR dari uji DCP didapatkan persamaan  $y = -0,3826x + 15,611$  dengan koefisien korelasi  $(r) = 0,833467006$  dan koefisien determinasi  $(R^2) = 0,1834$ . Data hipotesis memiliki nilai terhitung  $<$  tabel yang menunjukkan  $H_0$  diterima,

#### 4.4.3. Penanganan Tanah Ekspansif

Salah satu cara penanganan tanah ekspansif dengan menghalangi migrasi lateral kelembaban air adalah menggunakan geomembran sehingga variasi kadar air akibat perubahan musim dapat dihindari atau diminimalkan. Penggunaan geomembran sebagai penghalang kelembaban vertikal pada konstruksi jalan yang diketahui berada pada daerah tanah ekspansif yang bertujuan untuk mengontrol migrasi lateral air ke dan dari tanah di bawah perkerasan, sehingga dapat mencegah pengembangan tanah dasar selama musim hujan dan penyusutan selama musim kering. Suatu penghalang kelembaban (*moisture barrier*) harus terdiri dari material geomembran bersifat kedap air dengan konstruksi komposit berupa bahan polyethylene yang berada di antara dua lembar teranyam (*woven*) atau tak teranyam (*nonwoven*) polypropylene atau bahan polyester Geomembran

harus lembam terhadap bahan kimia dan hidrokarbon dan harus tahan terhadap lumut, akar, sinar ultra violet, serangga dan binatang pengerat.



**Gambar 4.6.** Penampang tipikal sistem penghalang kelembaban vertikal

#### 4.5 Alasan Pemilihan Perkerasan Fleksibel (Aspal) Pada Lokasi Proyek

Pilihan perkerasan jalan merupakan pertimbangan yang harus dievaluasi secara objektif. Pemilihan perkerasan jalan yang kurang tepat akan meningkatkan biaya konstruksi, biaya perawatan, biaya pengguna jalan, hingga dapat berdampak pada kondisi lingkungan dan sosial. Oleh sebab itu, pemilihan perkerasan jalan menjadi salah satu tantangan pengambilan keputusan bagi penyelenggara jalan. Setelah dilakukan evaluasi dari hasil analisis data yang telah diperoleh, untuk mengetahui kemampuan dan stabilitas struktur perkerasan dalam memikul beban lalu lintas, yang mana struktur perkerasannya terletak di atas tanah ekspansif maka dipilihlah struktur perkerasan lentur. Alasan pemilihan tipe perkerasan lentur (aspal) karena dapat dikatakan mempunyai kemampuan dan stabilitas yang baik. Apabila terjadi tekanan akibat berat struktur, perkerasan lentur mampu meredam terjadinya potensi tekanan mengembang yang terjadi pada tanah dasar.

Selain itu juga ekspansi dan kontraksi akibat variasi suhu siang-malam dapat diakomodasi oleh regangan viskous di aspal sehingga tidak memerlukan *joints* (kerangka) sehingga menghemat biaya pekerjaan. Dengan elastisitasnya, lapisan ini mampu menyerap beban yang diberikan oleh kendaraan melalui struktur jalan sebelum menyebarkannya ke bawahnya. Lapisan perkerasan lentur juga memiliki beberapa keunggulan lainnya. Salah satunya adalah daya tahan terhadap perubahan suhu dan cuaca ekstrem. Ini memungkinkan jalan tetap dalam keadaan baik, terlepas dari apakah di musim hujan atau panas. Lapisan perkerasan

lentur juga sangat efektif dalam mengurangi kebisingan lalu lintas. Dalam kota yang ramai, suara kendaraan menjadi masalah yang serius. Namun, dengan keelastisannya, lapisan ini dapat menyerap suara dan membuat jalan terdengar lebih tenang.

#### 4.6 Perencanaan Tebal Perkerasan Metode Bina Marga 2024

Jenis Jalan yang direncanakan	=	Jalan Kelas 1A
Tipe Jalan	=	2/2 TT
Jalan dibuka pada tahun	=	2025
Jenis perkerasan	=	Perkerasan lentur
Susunan lapisan perkerasan	=	<i>Surface course</i> <i>Base Course</i> <i>Sub Base Course</i>
Nilai CBR tanah	=	7,16 %

Perencanaan konstruksi lapisan perkerasan jalan pada tugas akhir Analisis Desain Jalan Simpang 3 Tol Pejagan-Batas Kabupaten Tegal/Brebes KM Pkl. 107+865 sampai dengan KM 110+950 mengacu pada Surat Edaran Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum Nomor 15/SE/Db/2024 tentang Manual Desain Perkerasan Jalan 2024

##### 4.6.1 Menentukan Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan baru dinyatakan pada Tabel 4.21 berikut ini.

**Tabel 4.21** Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur (tahun) <sup>(1)</sup>
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir <sup>(2)</sup>	20
	Lapis Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk lokasi yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang ( <i>overlay</i> ), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, dan terowongan	
	Lapis Fondasi Berpengikat Semen, <i>Cement Treated Based (CTB)</i>	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan	10
Jalan tanpa	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	

Sumber: MDP 2024

Catatan:

1. jika dianggap sulit untuk menggunakan umur rencana di atas, maka dapat digunakan umur rencana berbeda, namun sebelumnya harus dilakukan analisis dengan *discounted lifecycle cost* yang dapat menunjukkan bahwa umur rencana tersebut dapat memberikan *discounted lifecycle cost* terendah. Nilai bunga diambil dari nilai bunga rata-rata dari Bank Indonesia, yang dapat diperoleh dari sumber resmi; dan
2. umur rencana harus memperhatikan kapasitas jalan.

#### 4.6.2 Struktur Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi fondasi jalan. Perencana teknis harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan, dan kepraktisan pelaksanaan. Pemilihan alternatif desain berdasarkan manual ini harus didasarkan pada *discounted lifecycle cost* terendah.

**Tabel 4.22** Pemilihan jenis perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA5 (juta) dalam 20 tahun				
		0 - 1	1 - 4	4 - 10	>10 – 30	>30
AC modifikasi	3, 3A, 3B	-	-	-	-	2
AC dengan CTB		-	-	-	2	-
AC Modifikasi dengan CTB		-	-	-	-	2
AC dengan lapis fondasi agregat	3, 3A, 3B	-	1, 2	1, 2	2	-
HRS tipis di atas lapis fondasi agregat	4	2	2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan lapis fondasi agregat	5	3	3	-	-	-
AC/HRS dengan lapis fondasi <i>Soil Cement</i>	6	2	2	-	-	-
AC/HRS dengan lapis fondasi agregat dan perbaikan tanah dasar (dengan stabilisasi semen)	7	2	2			

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA5 (juta) dalam 20 tahun				
		0 - 1	1 - 4	4 - 10	>10 - 30	>30
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat	8	-	-	-	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah	8A	-	-	1, 2	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat dan jalan kerikil)	9	1	-	-	-	-

Sumber: MDP 2024

#### 4.6.3 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Berdasarkan MDP 2024 pertumbuhan lalu lintas jalan kolektor di pulau jawa sebesar 3,5 %

**Tabel 4.23** Faktor Pertumbuhan lalu lintas

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,8	4,83	5,14	4,75
<b>Kolektor rural</b>	<b>3,5</b>	3,5	3,5	3,5
Jalan desa	1	1	1	1

Sumber: MDP 2024

#### 4.6.4 Faktor Distribusi Arah

**Tabel 4.24** Nilai Faktor Distribusi Arah (DD)

Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu

Sumber: MDP 2024

#### 4.6.5 Faktor distribusi lajur (DL)

**Tabel 4.25** Nilai Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur Tiap Arah	Kendaraan Niaga Pada Lajur Desain (% Terhadap Populasi Kendaraan Niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber: MDP 2024

#### 4.6.6 Nilai Perkiraan Kumulatif Beban Lalu Lintas CESA4 & CESA5

Tabel 4.26 CESA 4 dan CESA 5

Golongan Kendaraan	LHR 2023	LHR 2025	LHR 2028	VDF4 Faktual	VDF4 Normal	VDF5 Faktual	VDF5 Normal	DD	DL	R(i=3,5%)		CESA4		CESA5	
										(3 tahun)	(17 tahun)	Beban Faktual	Beban Normal	Beban Faktual	Beban Normal
										2025-2028	2028-2044	2025-2028	2028-2044	2025-2028	2028-2044
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
1	46.607	49.927	55.354	-	-	-	-	0,50	1,00	3,00	17,05	-	-	-	-
2	9.682	10.372	11.499	-	-	-	-	0,50	1,00	3,00	17,05	-	-	-	-
3	1.250	1.339	1.485	-	-	-	-	0,50	1,00	3,00	17,05	-	-	-	-
4	2.654	2.843	3.152	-	-	-	-	0,50	1,00	3,00	17,05	-	-	-	-
5A	-	-	-	-	-	-	-	0,50	1,00	3,00	17,05	-	-	-	-
5B	979	1.049	1.163	1,2	1,2	1,3	1,3	0,50	1,00	3,00	17,05	689.256	4.341.041	746.694	4.702.795
6A	685	734	814	0,5	0,5	0,4	0,4	0,50	1,00	3,00	17,05	200.945	1.265.583	160.756	1.012.466
6B	920	986	1.093	2,6	0,7	3,5	0,6	0,50	1,00	3,00	17,05	1.403.389	2.379.665	1.889.177	2.039.713
7A1	-	-	-	-	-	-	-	0,50	1,00	3,00	17,05	-	-	-	-
7A2	761	815	904	11,2	3,9	22,3	5,3	0,50	1,00	3,00	17,05	5.000.570	10.966.783	9.956.492	14.903.577
7A3	-	-	-	-	-	-	-	0,50	1,00	3,00	17,05	-	-	-	-
7B1	-	-	-	-	-	-	-	0,50	1,00	3,00	17,05	-	-	-	-
7B2	41	44	49	12,2	5,3	19,6	6,1	0,50	1,00	3,00	17,05	293.468	802.952	471.473	924.153
7B3	-	-	-	-	-	-	-	0,50	1,00	3,00	17,05	-	-	-	-
7C1	-	-	-	-	-	-	-	0,50	1,00	3,00	17,05	-	-	-	-
7C2A	110	118	131	14,2	7,7	23,9	10,7	0,50	1,00	3,00	17,05	916.427	3.129.777	1.542.437	4.349.171
7C2B	-	-	-	-	-	-	-	0,50	1,00	3,00	17,05	-	-	-	-
7C3	-	-	-	-	-	-	-	0,50	1,00	3,00	17,05	-	-	-	-
8	130	139	154	-	-	-	-	0,50	1,00	3,00	17,05	-	-	-	-
<b>Jumlah ESA</b>												8.504.055	22.885.802	14.767.029	27.931.874
<b>ESA</b>												<b>31.389.856</b>		<b>42.698.903</b>	
<b>CESA4</b>												<b>CESA5</b>			

Keterangan rumus setiap kolom

$$(3) = \left(1 + \frac{i}{100}\right)^2$$

$$(4) = \left(1 + \frac{i}{100}\right)^5$$

(5), (6), (7), (8) dari tabel Vehicle Damage

(9), (10) dari Bab mengenai faktor distribusi arah dan distribusi lajur

$$(11) = \frac{(1 + 0,01 i)^3 - 1}{0,01 i}$$

$$(12) = \frac{(1 + 0,01 i)^{17} - 1}{0,01 i}$$

$$(13) = (3) \times (5) \times (9) \times (10) \times (11) \times 365$$

$$(14) = (4) \times (6) \times (9) \times (10) \times (12) \times 365$$

$$(15) = (3) \times (7) \times (9) \times (10) \times (11) \times 365$$

$$(16) = (4) \times (8) \times (9) \times (10) \times (12) \times 365$$

Dari tabel perhitungan diatas didapatkan nilai CESA 5 sebesar 42.698.903

#### 4.6.7 Menentukan Desain Pondasi

##### 4.6.7.1 Menentukan nilai percentil CBR

Tabel 4.27 Nilai CBR

No	Titik	DCP D / n Average	Konus 30°	
			Log CBR Average	CBR(%) Average
1	DCP 1	1,977	1,0191	10,45
2	DCP 2	1,45	1,1706	14,81
3	DCP 3	1,163	1,2783	18,98
4	DCP 4	1,12	1,2966	19,8
5	DCP 5	2,132	0,9821	9,6
6	DCP 6	2,397	0,9248	8,41
7	DCP 7	1,728	1,0848	12,16
8	DCP 8	1,581	1,1281	13,43
9	DCP 9	1,147	1,285	19,27
10	DCP 10	1,663	1,1034	12,69
11	DCP 11	3,414	0,7521	5,65
12	DCP 12	1,488	1,1578	14,38
13	DCP 13	2,159	0,9759	9,46
14	DCP 14	1,588	1,1262	13,37
15	DCP 15	2,283	0,9487	8,89
16	DCP 16	4,931	0,5725	3,74
17	DCP 17	1,78	1,0704	11,76

Sumber: Analisa

Dari tabel diatas nilai percentil dihitung menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel, yaitu dengan memanfaatkan fungsi =PERCENTILE(array, k) dengan “array” menunjukkan kumpulan data dan k adalah persentil (dalam persepuluhan) didapatkan hasil sebesar 7,31

##### 4.6.7.2 Faktor penyesuaian modulus tanah dasar terhadap kondisi musim

Tabel 4.28 Faktor penyesuaian modulus tanah dasar terhadap kondisi musim

Musim	Faktor Penyesuaian Minimum Nilai CBR Berdasarkan Pengujian DCP
Musim hujan dan tanah jenuh	0,90
Masa transisi	0,80
Musim kemarau	0,70

Nilai CBR desain = (CBR hasil pengujian DCP) x faktor penyesuaian

Sumber: MDP 2024

Sesuai dengan Tabel 4.5 maka nilai CBR rencana didapat adalah :

Nilai CBR penyesuaian = (CBR hasil pengujian DCP) x faktor penyesuaian

Nilai CBR penyesuaian =  $0,90 * 7,31 = 6,58$

#### 4.6.8 Desain Perkerasan Lentur

Berdasarkan Tabel 4.26 dengan nilai CESA 5 sebesar 42.698.903 dan Nilai CBR sebesar 6,8 maka alternative desain perkerasan lentur adalah sebagai berikut :

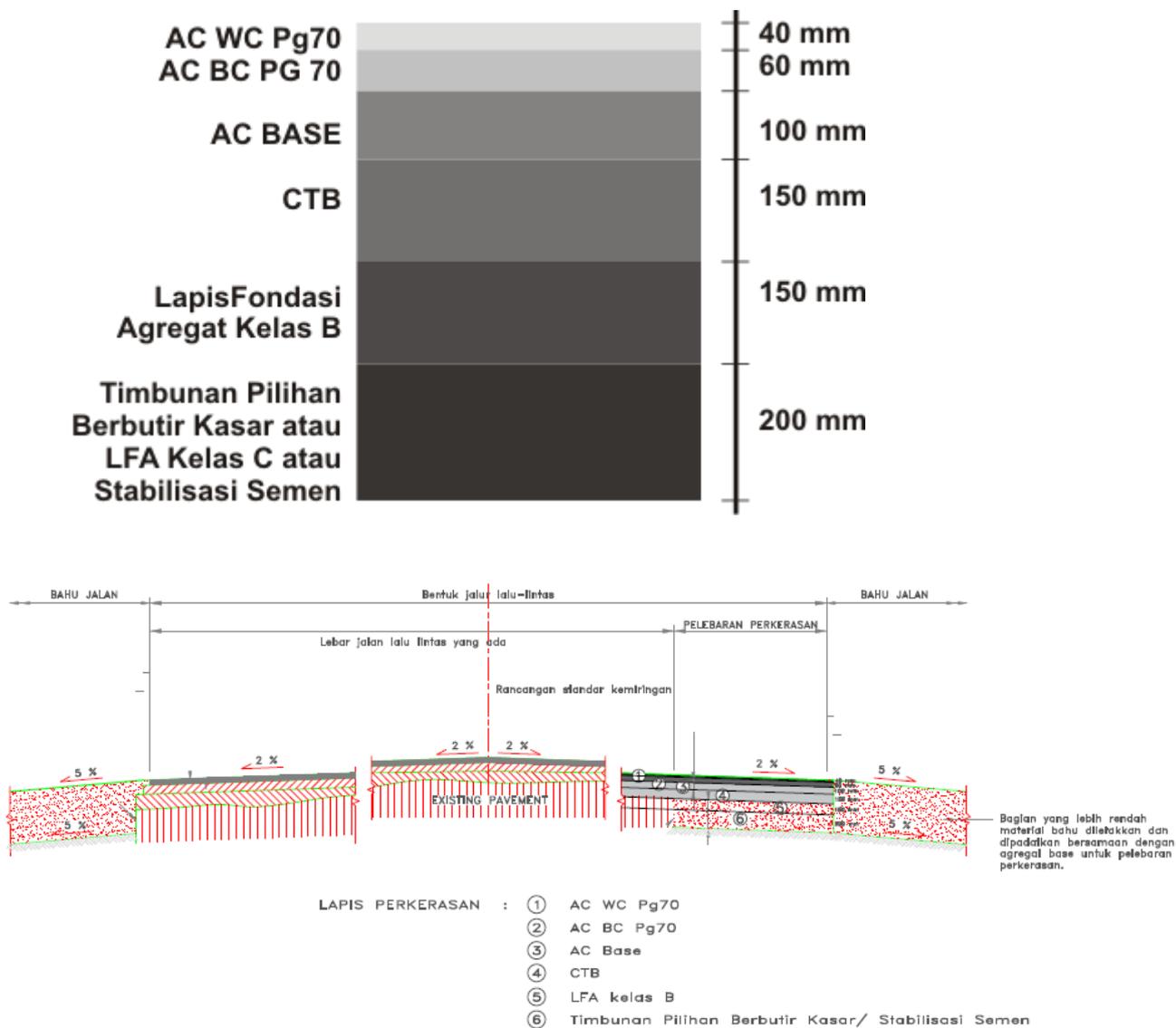
Alternatif 1:

**Tabel 4.29** Bagan Desain Perkerasan Lentur dengan CTB

	STRUKTUR PERKERASAN									
	F(1) 1	F(1) 2	F(1) 3	F(1) 4	F(1) 5	F(1) 6	F(1) 7	F(1) 8	F(1) 9	F(1) 10
	Untuk beban rencana < 30 juta menggunakan Aspal Pen 60-70					Untuk beban rencana ≥ 30 juta ESA5 direkomendasikan menggunakan Aspal PG70 <sup>(3)</sup>				
Beban rencana 20 tahun (10 <sub>6</sub> ESA5)	> 1 - 6	> 6 - 10	> 10 - 20	>20 - 30	> 30 - 40	> 40 - 50	> 50 - 80	> 80 - 100	> 100 - 150	> 150 - 200
Jenis permukaan berpengikat	AC									
Jenis lapis fondasi	Cement Treated Base (CTB)									
	Tebal Perkerasan (mm)									
AC WC	40	40	50	40	40	40	40	50	40	40
AC BC	60	75	80	65	60	60	80	80	60	60
	-	-	-	70	-	-	-	-	-	-
AC Base <sup>(1)</sup>	-	-	-	-	90	100	100	100	75	80
	-	-	-	-	-	-	-	-	75	90
CTB	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Lapis Fondasi Agregat Kelas B	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen <sup>(2)</sup>	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Sumber: Analisa

Hasil desain 1 Perkerasan Lentu dengan 150 mm CTB



**Gambar 4.7** Desain perkerasan lentu dengan CTB

Sumber: Analisa

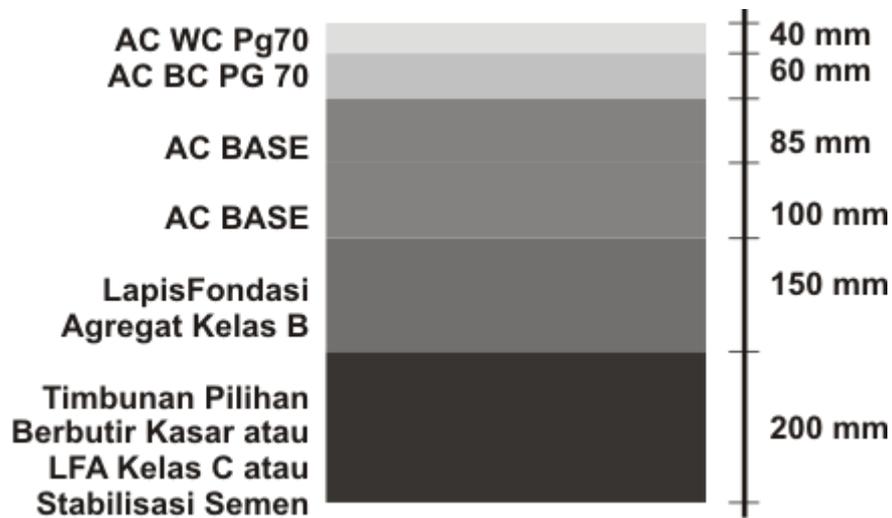
Alternatif 2:

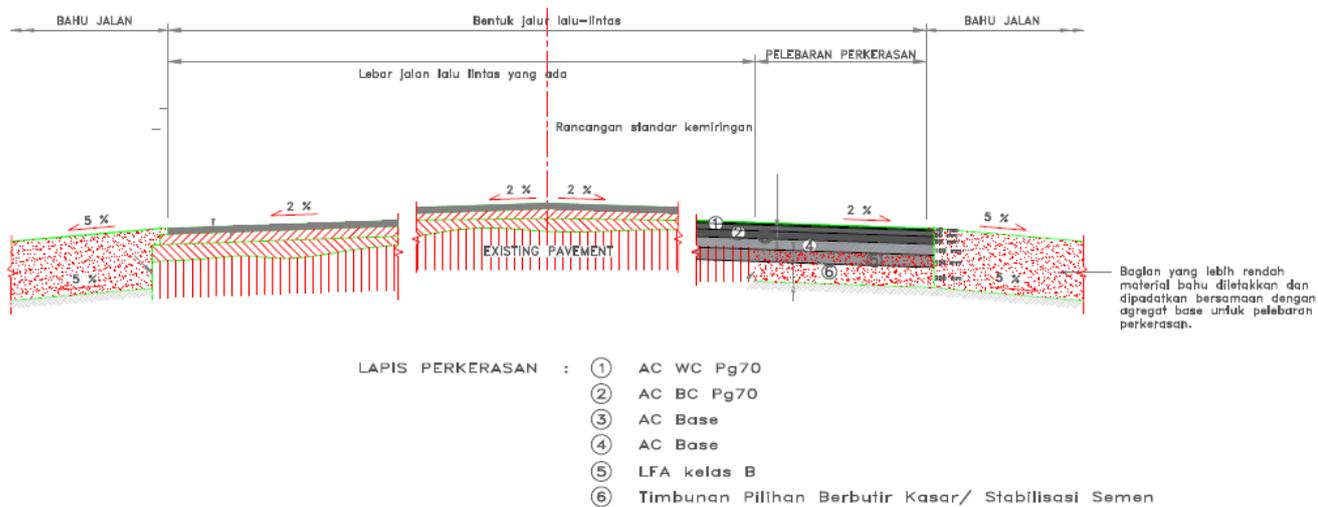
**Tabel 4.30** Bagan Desain Perkerasan Lentur dengan agregat

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF(1) 1	FFF(1) 2	FFF(1) 3	FFF(1) 4	FFF(1) 5	FFF(1) 6	FFF(1) 7	FFF(1) 8	FFF(1) 9
	Untuk beban rencana < 30 juta ESA5 menggunakan Aspal Pen 60-70					Untuk beban rencana ≥ 30 juta ESA5 direkomendasikan menggunakan Aspal PG70(1)			
Beban rencana 20 tahun (10 <sup>6</sup> ESA5)	< 2	> 2 - 5	> 5 - 10	> 10 - 15	> 15 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 150	> 150 - 200
Tebal Perkerasan (mm)									
AC WC	60 <sup>(2)</sup>	40	40	40	40	40	40	50	40
AC BC	-	65	75	75	60	60	75	80	60
	-	80	80	-	-	-	-	-	-
AC Base <sup>(3)</sup>	-	-	-	100	80	85	100	100	80
	-	-	-	-	80	100	100	100	80
	-	-	-	-	-	-	-	-	90
Lapis Fondasi Agregat Kelas A <sup>(4)</sup>	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Lapis Fondasi Agregat Kelas B	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen <sup>(5)</sup>	-	-	200	200	200	200	200	200	200

Sumber: Analisa

Hasil desain 2 Perkerasan Lentur dengan lapis fondasi agregat





**Gambar 4.8** Desain perkerasan lentur dengan agregat

*Sumber: Analisa*

## 4.7 Perencanaan Tebal Perkerasan Metode AASHTO 1993

### 4.7.1 Data Perencanaan

Berikut ini merupakan data yang digunakan dalam analisis perencanaan :

Metode perhitungan	: AASHTO
Fungsi jalan	: Kolektor Primer I
Umur rencana	: 20 tahun
Jenis perkerasan	: lentur
Tipe	: 2/2 TT
Angka pertumbuhan	: 3,5 %

### 4.7.2 Analisis Pertumbuhan Lalu lintas

Kelas jalan ditetapkan pada tahun 2043 berdasarkan data lalu lintas pada tahun 2023, sehingga perlu untuk mengetahui LHR pada tahun 2043. Hasil perhitungan pertumbuhan lalu lintas disajikan secara tabelaris. Untuk menghitung jumlah LHR pada tahun ke-n, dihitung menggunakan rumus :

$$\mathbf{LHR_n = LHR_o (1 + i)^n}$$

**Tabel 4.31** LHR pada Umur Rencana

No	Kendaraan	Golongan	LHR
1	Sedan, jip, station wagon	2	9.682
2	Opelet, pickup, kombi, dan minibus	3	1.250
3	Pickup, truk kecil, dan mobil hantaran	4	2.654
4	Bus besar	5B	979
5	Truk 2 sumbu-truk ringan	6A	685
6	Truk 2 sumbu-truk sedang	6B	920
7	Truk 3 (tiga) sumbu	7A2	761
8	Truk gandengan	7B2	41
9	Truk tempelan (semi trailer)	7C2A	110
<b>Jumlah</b>			<b>17.082</b>

Sumber: Analisa

#### 4.7.3 Perhitungan Angka Ekuivalen Sumbu Kendaraan

Dalam perhitungan angka ekuivalen sumbu kendaraan digunakan tabel 4.31 berikut dalam menentukan konfigurasi sumbu kendaraan.

Menentukan Angka Ekuivalen (E) masing-masing kendaraan adalah sebagai berikut :

$$\text{Angka Ekuivalen Sumbu Tunggal} = \left( \frac{\text{beban satu sumbu tunggal (kg)}}{8160} \right)^4$$

$$\text{Angka Ekuivalen Sumbu Ganda} = 0,86 \left( \frac{\text{beban satu sumbu tunggal (kg)}}{8160} \right)^4$$

##### 1. Sedan, Jeep dan Station Wagon

Berat total maksimum = 2.000 kg

Distribusi beban sumbu depan 50 % dan belakang 50 %.

$$E = \left( \frac{0,5 \times 2000}{8160} \right)^4 + \left( \frac{0,5 \times 2000}{8160} \right)^4 = 0,0005$$

##### 2. Opelet, Pick Up, Sub urban, Combi dan Mini Bus

Berat total maksimum = 2.000 kg

Distribusi beban sumbu depan 50 % dan belakang 50 %.

$$E = \left( \frac{0,5 \times 2000}{8160} \right)^4 + \left( \frac{0,5 \times 2000}{8160} \right)^4 = 0,0005$$

3. Pick Up, Mikro Truk dan Mobil Hantaran

Berat total maksimum = 8.300 kg

Distribusi beban sumbu depan 34 % dan belakang 66 %.

$$E = \left( \frac{0,34 \times 8300}{8160} \right)^4 + \left( \frac{0,66 \times 8300}{8160} \right)^4 = 0,2174$$

4. Bus besar

Berat total maksimum = 9.000 kg

Distribusi beban sumbu depan 34 % dan belakang 66 %.

$$E = \left( \frac{0,34 \times 9000}{8160} \right)^4 + 0,86 \left( \frac{0,66 \times 9000}{8160} \right)^4 = 0,3006$$

5. Truk 2 sumbu-truk ringan

Berat total maksimum = 8.300 kg

Distribusi beban sumbu depan 34 % dan belakang 66 %.

$$E = \left( \frac{0,34 \times 8300}{8160} \right)^4 + \left( \frac{0,66 \times 8300}{8160} \right)^4 = 0,2174$$

6. Truk 2 sumbu-truk sedang

Berat total maksimum = 18.200 kg

Distribusi beban sumbu depan 34 % dan belakang 66 %.

$$E = \left( \frac{0,34 \times 18200}{8160} \right)^4 + 0,86 \left( \frac{0,66 \times 18200}{8160} \right)^4 = 5,0264$$

7. Truk 3 sumbu-berat

Berat total maksimum = 25.000 kg

Distribusi beban sumbu depan 25 % dan belakang 75 %.

$$E = \left( \frac{0,25 \times 25000}{8160} \right)^4 + 0,86 \left( \frac{0,75 \times 25000}{8160} \right)^4 = 2,7416$$

8. Truk gandeng

Berat total maksimum = 31.400 kg

Distribusi beban sumbu depan 18 %, 28 % dan belakang 27 %, 27%.

$$E = \left( \frac{0,18 \times 31400}{8160} \right)^4 + 0,86 \left( \frac{0,28 \times 31400}{8160} \right)^4 + 0,86 \left( \frac{0,27 \times 31400}{8160} \right)^4 + 0,086 \left( \frac{0,27 \times 31400}{8160} \right)^4 = 3,9083$$

9. Truk tempelan (semi trailer)

Berat total maksimum = 42.000 kg

Distribusi beban sumbu depan 18 %, 28% dan belakang 27 %,27%.

$$E = \left(\frac{0,18 \times 42000}{8160}\right)^4 + 0,86 \left(\frac{0,28 \times 42000}{8160}\right)^4 + 0,86 \left(\frac{0,27 \times 42000}{8160}\right)^4 + 0,086 \left(\frac{0,27 \times 42000}{8160}\right)^4 = 10,1830$$

**Tabel 4.32** Tabel Perhitungan Nilai Ekuivalen

No	Kendaraan	Golongan	LHR	Faktor Ekuivalen
1	Sedan, jip, station wagon	2	9.682	0,0005
2	Opelet, pickup, kombi, dan minibus	3	1.250	0,0005
3	Pickup, truk kecil, dan mobil hantaran	4	2.654	0,2174
4	Bus besar	5B	979	0,3006
5	Truk 2 sumbu-truk ringan	6A	685	0,2174
6	Truk 2 sumbu-truk sedang	6B	920	5,0264
7	Truk 3 (tiga) sumbu	7A2	761	2,7416
8	Truk gandengan	7B2	41	3,9083
9	Truk tempelan (semi trailer)	7C2A	110	10,1830
<b>Jumlah</b>			<b>17.082</b>	

Sumber: Analisa

#### 4.7.4 Menentukan Lintas Ekuivalen Kumulatif (W18)

$$\hat{W}18 = 365 \times LHR \times E \times N$$

$$N = \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

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

LHR : Jumlah harian rata-rata

E : Angka ekuivalen beban sumbu untuk jenis kendaraan

i : Pertumbuhan lalu lintas

n : Umur Rencana

N : Faktor Umur Rencana

$$N = \frac{(1+0,035)^{20} - 1}{0,035} = 28,28$$

**Tabel 4.33** Tabel Perhitungan Lintas Ekuivalen Kumulatif (W18)

No	Kendaraan	Golongan	LHR	Faktor Ekuivalen	Hari	Faktor Umur Rencana (N)	W18
1	Sedan, jip, station wagon	2	9.682	0,0005	365	28,28	49.970
2	Opelet, pickup, kombi, dan minibus	3	1.250	0,0005	365	28,28	6.451
3	Pickup, truk kecil, dan mobil hantaran	4	2.654	0,2174	365	28,28	5.955.699
4	Bus besar	5B	979	0,3006	365	28,28	3.037.693
5	Truk 2 sumbu-truk ringan	6A	685	0,2174	365	28,28	1.537.172
6	Truk 2 sumbu-truk sedang	6B	920	5,0264	365	28,28	47.732.826
7	Truk 3 (tiga) sumbu	7A2	761	2,7416	365	28,28	21.535.800
8	Truk gandengan	7B2	41	3,9083	365	28,28	1.654.032
9	Truk tempelan (semi trailer)	7C2A	110	10,1830	365	28,28	11.562.206
<b>Jumlah</b>			<b>17.082</b>				<b>93.071.849</b>

Sumber: Analisa

#### 4.7.5 Menentukan Nilai DD

Nilai DD dapat dipakai 0,3-0,7 pengecualian ini terjadi pada kendaraan berat yang cenderung menuju ke satu arah tertentu. Untuk perencanaan mumnya DD diambil 0,5 kecuali pada kasus dimana kendaraan berat cenderung menuju atu arah tertentu atau pada kasus dimana diperoleh data volume lalu lintas untuk masing masing arah (Sukirman, 2010).

#### 4.7.6 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Pada perhitungan kali ini digunakan faktor distribusi arah (DL) sebesar 1. Berdasarkan data sekunder, diketahui bahwa tipe jalan pada perencanaan ruas jalan adalah 2/2 TT. Sehingga, hasil nilai faktor distribusi lajur sebesar 100%. Nilai DL dapat digunakan dengan tabel berikut :

**Tabel 4.34** Faktor Distribusi Lajur (DL)

1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 – 75

Sumber : AASHTO 1993

#### 4.7.7 Menghitung Lintas Ekivalen Umur Rencana (W18)

**Tabel 4.35** Nilai Lintas Ekivalen Umur Rencana (W18)

No	Kendaraan	LHR	Faktor Ekivalen	Hari	Faktor Umur Rencana (N)	DD	DL	W18
1	Sedan, jip, station wagon	9.682	0,0005	365	30,27	0,5	1	26.743
2	Opelet, pickup, kombi, dan minibus	1.250	0,0005	365	30,27	0,5	1	3.453
3	Pickup, truk kecil, dan mobil hantaran	2.654	0,2174	365	30,27	0,5	1	3.187.338
4	Bus besar	979	0,3006	365	30,27	0,5	1	1.625.696
5	Truk 2 sumbu-truk ringan	685	0,2174	365	30,27	0,5	1	822.655
6	Truk 2 sumbu-truk sedang	920	5,0264	365	30,27	0,5	1	25.545.392
7	Truk 3 (tiga) sumbu	761	2,7416	365	30,27	0,5	1	11.525.412
8	Truk gandengan	41	3,9083	365	30,27	0,5	1	885.196
9	Truk tempelan (semi trailer)	110	10,1830	365	30,27	0,5	1	6.187.798
<b>Jumlah</b>		<b>17.082</b>						<b>49.809.682</b>

Sumber : AASHTO 1993

#### 4.7.8 Modulus Resilient Tanah Dasar

**Tabel 4.36** Penentuan Nilai R

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
>10	3,18

Sumber : AASHTO 1993

$$\begin{aligned} \text{CBR min} &= 3,74 \\ \text{CBR max} &= 19,80 \\ R &= 3,18 \\ \text{CBR Segmen} &= 6,58 \\ \text{CBR} &= 6,58 \\ \text{Mr} &= 6,58 \times 1500 \\ &= 9.870 \text{ psi} \end{aligned}$$

#### 4.7.9 Serviceability

Indeks kemampuan pelayanan awal ( $P_o$ ), untuk perkerasan kaku menggunakan nilai  $P_o$  4,5 dan untuk perkerasan lentur menggunakan nilai  $P_o$  4,2. Untuk menentukan nilai indeks kemampuan pelayanan akhir ( $P_t$ ) dapat berdasarkan fungsional jalan seperti pada tabel berikut.

**Tabel 4.37** Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir

Klasifikasi Jalan			
Lokal	Kolektor	Arteri	Bebas Hambatan
1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
1,5	1,5 – 2,0	2,0	-
1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	-
-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

Sumber : AASHTO 1993

Maka diambil nilai  $P_o$  dan  $P_t$  adalah :

Indeks kemampuan pelayanan awal ( $P_o$ ) = 4,2

Indeks kemampuan pelayanan akhir ( $P_t$ ) = 2

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

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

#### 4.7.10 Reliability (R)

*Reliability* (R) adalah tingkat kepastian atau probabilitas bahwa struktur perkerasan mampu melayani arus lalu lintas selama umur rencana sesuai dengan penurunan kinerja struktur perkerasan yang dinyatakan dengan *serviceability* yang direncanakan.

**Tabel 4.38** Nilai *Reability* (R)

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi Tingkat Reliabilitas	
	Perkotaan	Antar Kota
Bebas Hambatan	85 – 99,9	80 – 99,9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 – 85	50 – 80

Sumber : AASHTO 1993

Untuk klasifikasi jalan kolektor dapat digunakan nilai reabilitas (R) sebesar 90%.

#### 4.7.11 Standar Deviasi

Standar deviasi adalah angka yang mengukur penyebaran kelompok data terhadap nilai rata-rata data tersebut dalam statistika. Standar deviasi atau simpangan baku memperlihatkan jarak setiap titik data dengan nilai rata-rata. Jika jarak atau penyebarannya jauh atau luas, maka bisa dikatakan standar deviasinya tinggi. Sedangkan jika jaraknya mendekati nol (dekat dengan nilai rata-rata), maka standar deviasinya rendah.

Penentuan nilai  $Z_r$  berdasarkan nilai reliability (R) dapat menggunakan tabel dibawah ini.

**Tabel 4.39** Standar Deviasi Normal

85	- 1,037
90	- 1,282
91	- 1,340
92	- 1,405
93	- 1,476
94	- 1,555
95	- 1,645
96	- 1,751
97	- 1,881
98	- 2,054
99	- 2,327

*Sumber : AASHTO 1993*

Nilai R = 90% maka standar deviasi normal ( $Z_r$ ) = -1,282. Nilai standar deviasi keseluruhan ( $S_o$ ) berdasarkan peraturan AASHTO 1993 untuk perkerasan jalan lentur berkisar antara 0,40 – 0,50, maka nilai ( $S_o$ ) diambil 0,45.

#### 4.7.12 Koefisien lapisan (a)

Komposisi lapisan yang akan direncanakan pada masing-masing lapisan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.40** Menentukan a1, a2, dan a3

Koefisien Lapisan			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a 1	a 2	a 3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-					
0,35	-					asbutag
0,31	-					
0,28	-					
0,26	-					
0,30	-					
0,26	-					RA
0,25	-					apen (mekanis)
0,20	-					apen (manual)

Sumber: SNI-1732-1989

Koefisien Lapis			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a 1	a 2	a	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
-	0,28					
-	0,26					Laston Atas
-	0,24					
-	0,23					Lapen (mekanis)
-	0,19					Lapen (manual)
-	0,15					Stabilitas tanah – semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stabilitas tanah kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu pitrun (kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu pitrun (kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu pitrun (kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah lempung berpasir

Sumber: SNI-1732-1989

Lapis permukaan laston  $a_1 = 0,40$ .

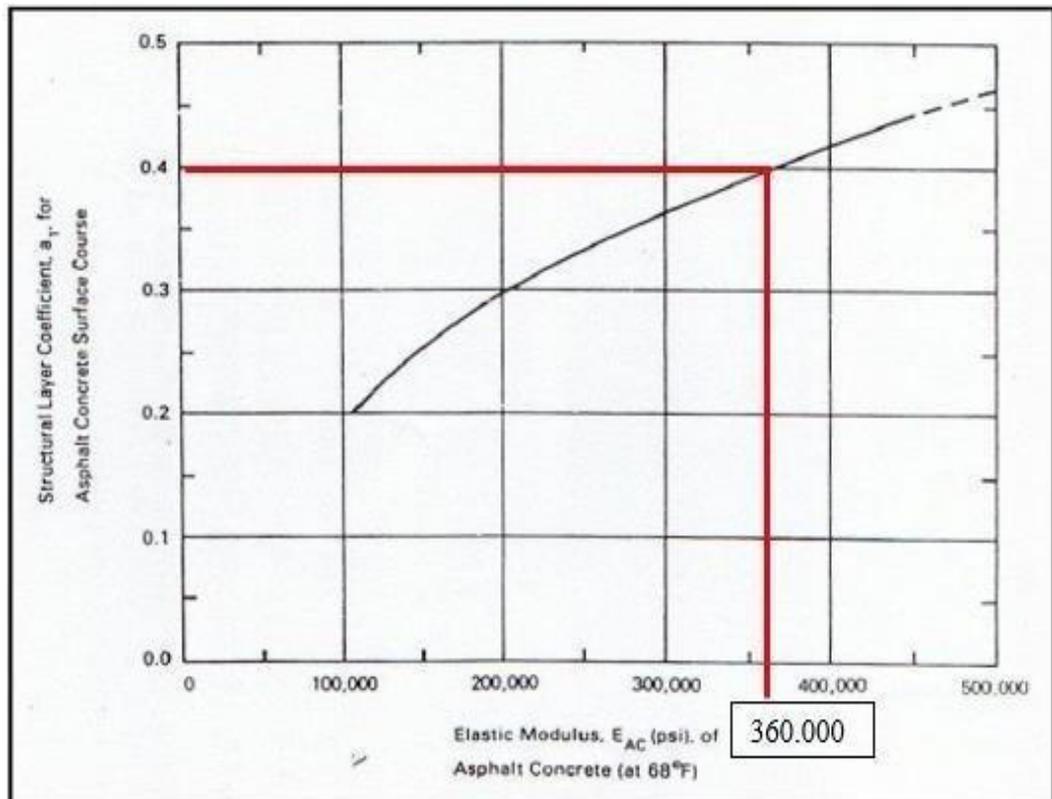
Lapis batu pecah kelas A dengan nilai  $a_2 = 0,14$ .

Lapis sirtu pitrun kelas A dengan nilai  $a_3 = 0,13$ .

#### 4.7.13 Modulus Elastisitas

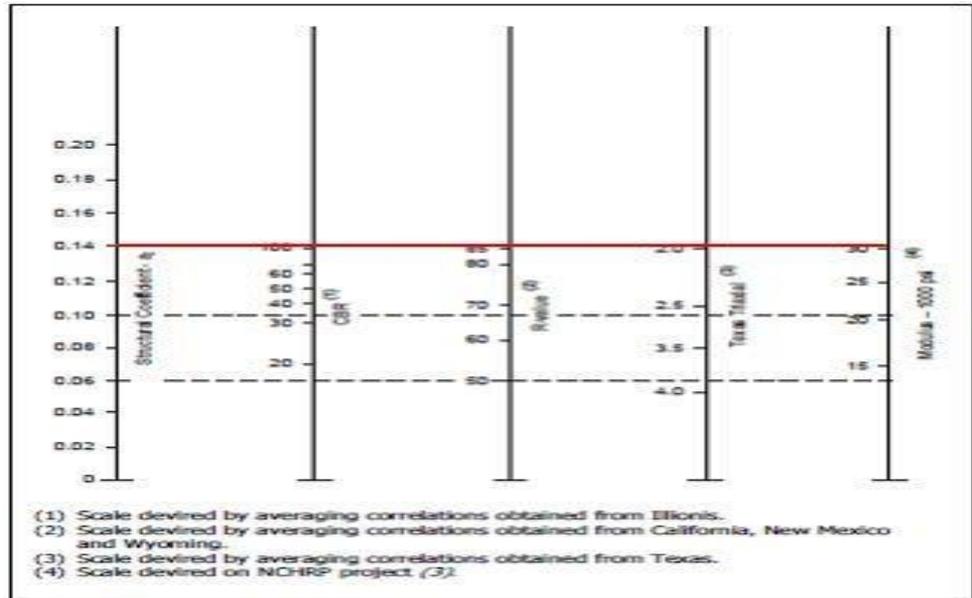
Koefisien kekuatan relatif lapis permukaan ditentukan dengan menggunakan gambar 4.8, gambar 4.9 dan gambar 4.10 yang berdasarkan nilai modulus elastisitas,  $E_{AC}$ psi beton aspal. Penentuan modulus elastisitas tiap lapisan dapat menggunakan nomogram.

1. Lapis Permukaan Beton Aspal  $a_1 = 0,40$  diperoleh nilai  $E_{AC} = 360.000$  Psi



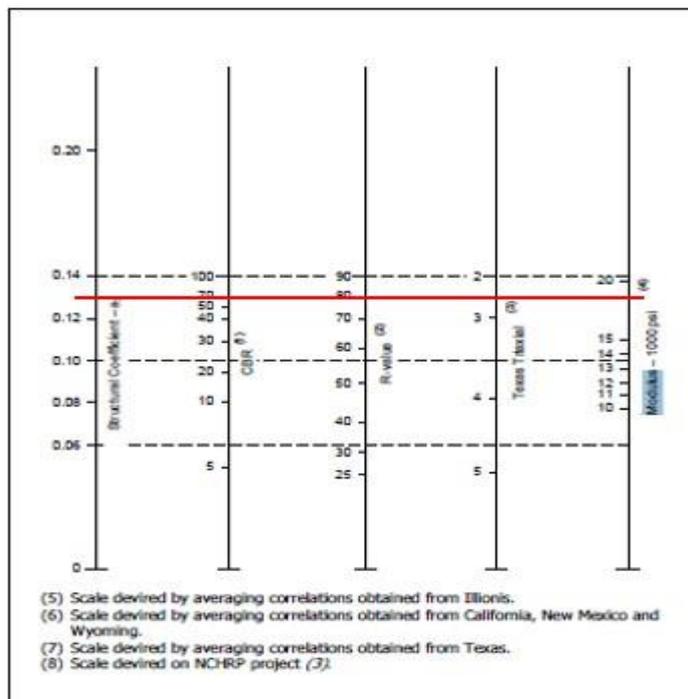
**Gambar 4.9** Grafik Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Permukaan Beton Aspal

2. Lapis Pondasi Granular dengan nilai  $\alpha_2 = 0,14$  diperoleh nilai EBS = 30.000 psi.



**Gambar 4.10** Grafik Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Beraspal ( $\alpha_2$ )

3. Lapis Pondasi Bawah Granular dengan nilai  $\alpha_3 = 0,13$  diperoleh nilai ESB = 18.000 psi.



**Gambar 4.11** Grafik Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Bawah Granular

#### 4.7.14 Menentukan nilai Structural Number (SN)

Parameter untuk menentukan nilai SN dari nomogram :

W <sub>18</sub>	=	49.809.682
R	=	90
S <sub>o</sub>	=	0,45
Mr	=	9.870 psi
E <sub>bs</sub>	=	30.000 psi
E <sub>sb</sub>	=	18.000 psi
ΔPSI	=	2,2

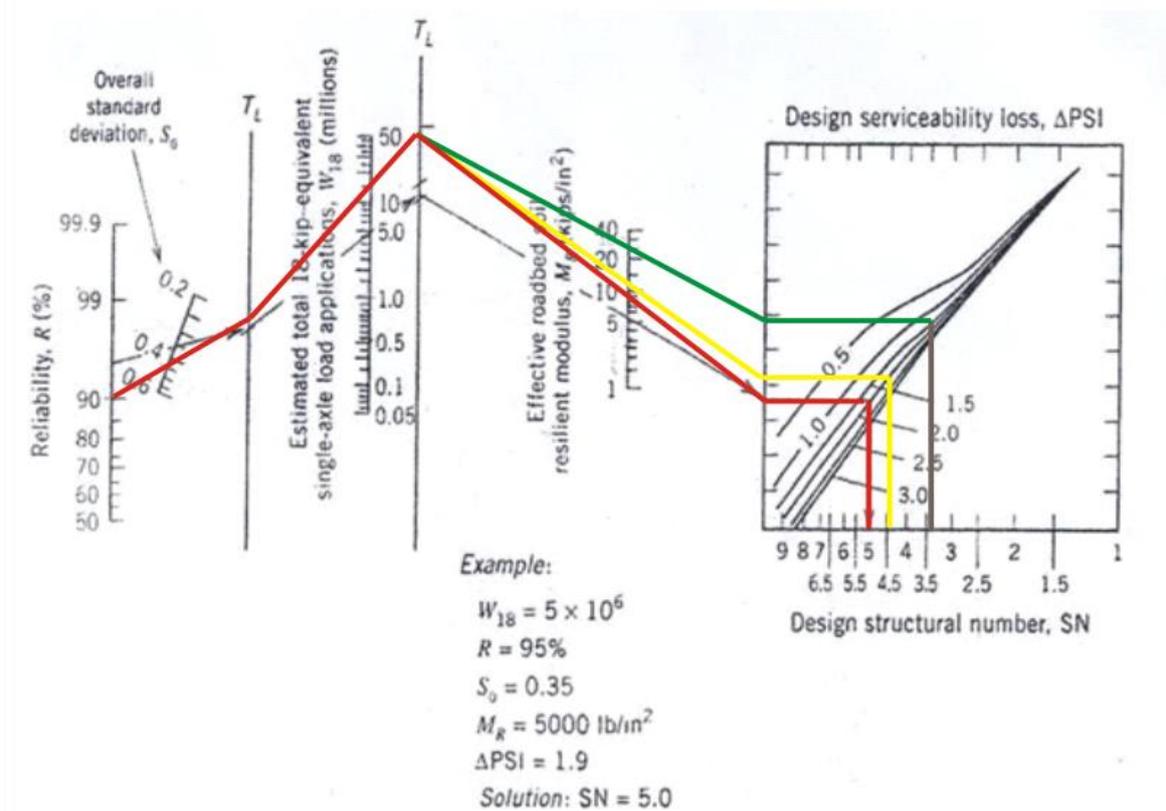


Figure 4.7 Design chart for flexible pavements based on the use of mean values for each input.

Redrawn from *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*, Washington, DC, The American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993. Used by permission.

**Gambar 4.12** Nomogram

#### 4.7.15 Menghitung Tebal Lapisan Perkerasan

**Diketahui:**

Sn total	= 5,00
SN1	= 4,5
SN2	= 3,5
M	= 1,15
a1	= 0,4
a2	= 0,14
a3	= 0,13

1. Lapis permukaan (surface course)

$$D1 = \frac{SN1}{a1} = \frac{4,5}{0,4} = 11,25 \text{ in} = 28 \text{ cm}$$

2. Lapis Pondasi Atas (base course)

$$D2 = \frac{SN2 - a1d1}{a2m2} = \frac{3,5 - 0,4 \times 11,5}{0,14 \times 1,15} = 18,882 = 47 \text{ cm}$$

3. Lapis Pondasi Bawah (sub base course)

$$D3 = \frac{SN_{total} - a1d1 + a2m2d2}{a3m3} = \frac{5 - (0,4 \times 11,25) + (0,14 \times 1,15 \times 18,882)}{0,13 \times 1,15} = 23,68 \text{ in} = 59 \text{ cm}$$

Dari perhitungan diatas didapat tebal masing-masing lapisan perkerasan sebagai berikut :

Lapis permukaan = laston MS 800 (28 cm) ~ 30 cm

Lapis pondasi atas = batu pecah kelas A (47 cm) ~ 50 cm

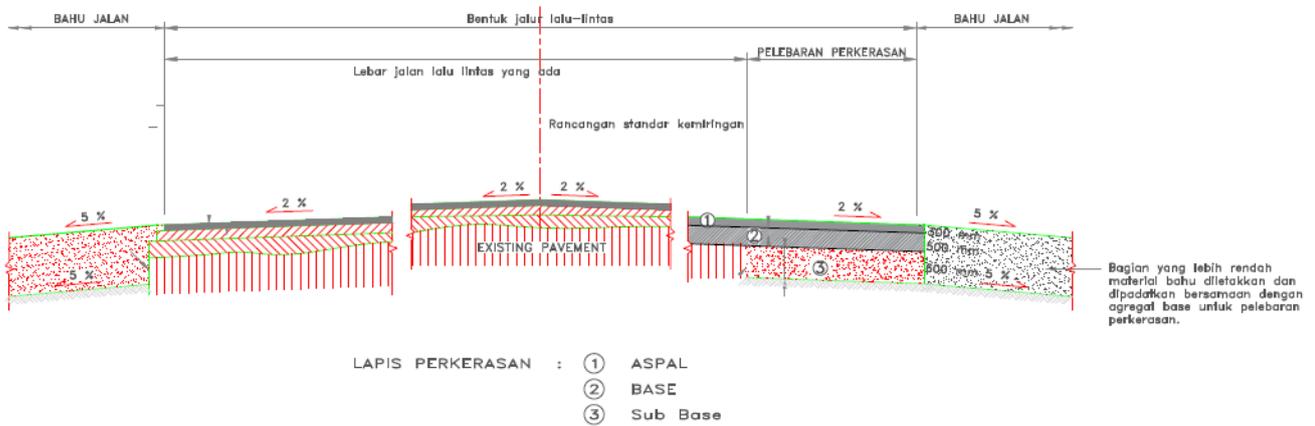
Lapis pondasi bawah = sirtu/pitrun kelas A (59 cm) ~ 60 cm

Syarat tebal lapis perkerasan yaitu :

Tebal minimum lapis permukaan = 17 cm ~ 20 cm

Tebal minimum lapis pondasi(base) = 20 cm

Tebal minimum lapis pondasi bawah (sub base) = 44 cm ~ 50 cm



**Gambar 4.13** Lapis Perkerasan Metode AASHTO

# BAB V

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis Desain Rekonstruksi Jalan Simpang 3 Tol Pejagan–Batas Kabupaten Tegal/Brebes KM Pkl 107+865 Sampai Dengan KM 110+950, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Analisis Kapasitas lalu lintas jalandengan lebar eksisting 6 (enam) meter berdasarkan PKJI 2013 didapatkan hasil bahwa kapasitas eksisting jalan adalah 3058 SMP/jam, Derajat Kejenuhan 0,63, kecepatan rata-rata 36 km/jam, waktu tempuh 0,7 jam, derajat iringan 0,79 kepadatan kendaraan 79 kendaraan/km serta tingkat pelayanan jalan kategori E.
2. Analisis Kapatitas jalan setelah dilakukan pelebaran menjadi 10 (sepuluh) meter serta pengurangan hambatan samping dari tinggi menjadi rendah didapatkan hasil bahwa kapasitas jalan adalah 4501 SMP/jam, Derajat Kejenuhan 0,43, kecepatan rata-rata 50 km/jam, waktu tempuh 0,5 jam, derajat iringan 0,68 kepadatan kendaraan 57 kendaraan/km serta tingkat pelayanan jalan kategori D.
3. Terjadi peningkatan kapasitas jalan sebesar 47, 19 %, peningkatan derajat kejenuhan sebesar 46,51%, peningkatan kecepatan rata-rata sebesar 38,89 %, peningkatan waktu tempuh 40 %, peningkatan derajat iringan sebesar 2,94%, kepadatan kendaraan menurun 38, 59 %, serta peningkatan pelayanan jalan / *level of service* dari kategori E menjdai kategori D.
4. Hasil analisis tanah ekspansif didapatkan bahwa Indek plastisitas sebesar 1690 serta masuk kategori moderat dengan pengembangan sebesar 0,5 sampai 2 %.
5. Hasil analisis korelasi CBR Lab dengan CBR DCP didapatkan hasil 0,833467006 yang berarti memiliki nilai hubungan positif baik, jadi nilai kedua CBR tersebut tidak terjadi perbedaan yang signifikan sehingga nilai CBR keduanya dapat dijadikan dasar perencanaan.
6. Hasil Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 2024 didapatkan 2 alternatif yaitu perkerasan lentur dengan CTB dan perkerasan lentur dengan agregat. Dimana masing-masing memiliki ketebalan lapisan sebagai berikut:
  - a. Perkerasan lentur dengan CTB

Lapis AC WC Pg 70 cm dengan ketebalan 40 mm, lapis AC BC Pg 70 dengan ketebalan 60 mm, lapis AC Base dengan ketebalan 100 mm, lapis CTB dengan ketebalan 150 mm, lapis pondasi agregat kelas B dengan ketebalan 150 mm, serta timbunan pilihan berbutir kasar atau LFA kelas C atau stabilisasi semen dengan ketebalan 200 mm.

b. Perkerasan lentur dengan agregat

Lapis AC WC Pg 70 cm dengan ketebalan 40 mm, lapis AC BC Pg 70 dengan ketebalan 60 mm, lapis AC Base dengan ketebalan 80 mm dan 100 mm, lapis pondasi agregat kelas B dengan ketebalan 150 mm, serta timbunan pilihan berbutir kasar atau LFA kelas C atau stabilisasi semen dengan ketebalan 200 mm.

7. Hasil Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode AASHTO didapatkan hasil tebal lapis perkerasan aspal sebesar 300 mm, lapisan base 500 mm, dan lapisan sub base 600 mm.
8. Hasil perbandingan tebal lapisan perkerasan Metode AASHTO 1993 dan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 dapat disimpulkan Metode AASHTO 1993 memiliki tebal total perkerasan lebih tebal 535 mm dibanding dengan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2024.

## 5.2. Saran

1. Perhitungan kapasitas jalan, korelasi hasil CBR serta perencanaan tebal perkerasan harus dilakukan dengan teliti agar terhindar dari kesalahan-kesalahan kecil yang berakibat fatal.
2. Perencanaan dan pembuatan jalan sebaiknya berpedoman pada standar yang telah ditetapkan dan disesuaikan dengan kebutuhan dan tidak lupa dengan unsur keselamatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Direktorat Jenderal Bina Marga. 2024. *“Manual Desain Perkerasan Jalan 2024”*. 389 hal.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Direktorat Jenderal Bina Marga. 2024. *“Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023”*. 351 hal.
- Ketua Program Studi Teknik Sipil UNDARIS. 2022. *“Buku Pedoman Program Studi Teknik Sipil 2022”*. Ungaran : UNDARIS Fakultas Teknik
- Sukirman, Silvia. 1999. *“Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan”*. Nova. Bandung.
- Tamin, Ofyar. 2000. *“Perencanaan dan Pemodelan Transportasi”*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Imansyah, Dicky. 2020. *“Tinjauan Pelaksanaan Ac-Bc (Asphal Concrete-Binder Course) Dan Ac-Wc (Asphal Concrete-Wearing Course) Pada Peningkatan Jalan Pangeran Ayin”*. Universitas Bina Darma. Palembang.
- Alfajri. 2024. *“Analisis Kinerja Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Raya Negara Sumbar-Riau Segmen 2 (Km 2) Kabupaten Lima Puluh Kota”*. Universitas Andalas. Padang.
- Bachtiar, Vivi. 2024. *“Korelasi nilai cbr laboratorium dan nilai cbr lapangan dari uji dcp tanah subgrade pada pembangunan ruas jalan nanga pinoh – ela hilir – Batas kalimantan tengah 1”*. Universitas Palangka Raya, Palangka Raya.
- Romadlon, Ilham. 2024. *“Analisis perbandingan perencanaan perkerasan Lentur (flexible pavement) menggunakan metode bina Marga 2017 dan AASTHO 1993 (studi kasus jalan jepara – keling)”*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Nasution, Sakinah. 2023. *“Perbandingan perhitungan tebal perkerasan lentur Dengan metode aashto 1993 dan manual desain Perkerasan jalan 2017 ruas jalan baruah gunuang Puskesmas Baruah Gunuang Kabupaten Lima Puluh Kota”*. Universitas Andalas. Padang.
- Sandekala, Arrasis. 2023. *“Analisis perbandingan tebal perkerasan lentur dengan metode Manual desain perkerasan bina marga 2017 dan metode aashto 1993 Pada jalan simpang gedangan Sidoarjo”*. Universitas Brawijaya. Malang.