

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS JALAN MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU  
(RIGID PAVEMENT) PADA RUAS JALAN TOL CISUMDAWU  
SEKSI 4B**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Laporan  
Tugas Akhir S1-Teknik Sipil Pada Fakultas  
Teknik Universitas Sangga Buana YPKP  
Bandung*

**Disusun Oleh:**

**Ricky Muhammad Nur Sidik**  
**2112191145**



**PROGRAM STUDI S1-TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SANGGA BUANA YPKP  
BANDUNG  
2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ricky Muhammad Nur Sidik

NPM 2112191145

Program Studi : S1-Teknik Sipil

Judul Laporan : Analisis Jalan Menggunakan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)  
pada Ruas Jalan Tol Cisumdawu Seksi 4B

Bidang ilmu : Tugas Akhir

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1-Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.

Sumedang, 17 Juli 2023

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing

Dosen CO-Pembimbing

**Chandra Alfriade Siregar, ST.,MT**

**NIK : 432.200.167**

**Muhammad Syukri, ST.,MT**

**NIK : 432.200.200**

Program Studi S1-Teknik Sipil  
Ketua,

**Muhammmad Syukri, ST.,MT**

**NIK : 432.200.200**

## **LEMBAR PERSEMBAHAN**

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan, rahmat dan hidayah, sehingga penulis masih diberikan kesempatan untuk menyelesaikan skripsi ini, sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar S1 di Universitas Sangga Buana YPKP Bandung. Walaupun jauh dari kata sempurna, namun penulis bangga telah mencapai pada titik ini, yang akhirnya skripsi ini bisa selesai diwaktu yang tepat.

Sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terima kasih yang tiada terhingga saya persembahkan skripsi ini kepada Ibu (Nining Widianingsih) dan Ayah (Darjo B.S) yang telah merawat, membesarkan saya, memberikan kasih sayang, memberikan doa, semangat, motivasi, pengorbanan, nasehat kasih sayang serta dukungan moral maupun materil yang tidak pernah henti sampai saat ini. Saya persembahkan juga untuk Kakak Saya (Nicky Kemala Nur Fath) terima kasih telah memberikan semangat dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini semoga doa dan semua perjuangan yang telah dilalui bersama dapat mencapai tujuan yang diharapkan. Terimakasih kepada dosen-dosen Universitas Sangga Buana YPKP Bandung serta dosen pembimbing 1 Bpk Ir. H. Chandra Afriade ST., MT. dan pembimbing 2 Bpk Muhammad Syukri ST., MT. yang sudah membimbing, memberi masukan dan saran selama ini, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Dan terimakasih juga kepada teman-teman seperjuangan Teknik Sipil yang sama-sama berjuang hingga titik saat ini, terimakasih kepada teman-teman saudara-saudari yang dengan caranya masing – masing telah membantu saya untuk menyelesaikan skripsi ini, dan yang lainnya yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, saya persembahkan skripsi ini untuk kalian semua. Tanpa mereka, Saya tidak sampai di titik ini.

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN LAPORAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ricky Muhammad Nur Sidik  
Tempat/Tanggal Lahir : Sumedang/1 November 2000  
NPM : 2112191145  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : S1-Teknik Sipil

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

”ANALISIS JALAN MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU (RIGID PAVEMENT) PADA RUAS JALAN TOL CISUMDAWU SEKSI 4B”

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

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

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

Sumedang, 17 Juli 2023

Saya yang menyatakan,

Ricky Muhammad Nur Sidik

**ANALISIS JALAN MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU  
(RIGID PAVEMENT) PADA RUAS JALAN TOL CISUMDAWU  
SEKSI 4B**

Oleh

Ricky Muhammad Nur Sidik

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik

© Ricky Muhammad Nur Sidik 2023

Universitas Sangga Buana - YPKP

2023

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

## **ABSTRAK**

### **ANALISIS JALAN MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU (RIGID PAVEMENT) PADA RUAS JALAN TOL CISUMDAWU SEKSI 4B**

Ricky Muhammad Nur Sidik

2112191145

Chandra Afriade Siregar, ST.,MT

Muhammad Syukri, ST., MT

Ruas Jalan Tol Cisumdawu merupakan bagian dari sistem transportasi sebagai pelayanan sarana infrastruktur bagi dampak pertumbuhan jumlah penduduk. Guna memenuhi kebutuhan tersebut perencanaan perkerasan baru diperlukan untuk melayani kebutuhan lalu lintas di masa yang akan datang. Perkerasan kaku adalah suatu susunan konstruksi perkerasan dimana sebagai lapisan atas dipergunakan pelat beton, yang terletak di atas pondasi atau langsung diatas tanah dasar MDP 2017. Konsep dari perencanaan perkerasan kaku (beton semen) cara Bina Marga direncanakan terhadap konfigurasi beban sumbu yang mengakibatkan tegangan terbesar pada pelat. Konsep Perencanaan perkerasan Metode MDP 2017 yaitu tebal pelat rencana akan bertambah sesuai pertambahan lalu lintas ekuivalen selama umur rencana dan sebaliknya tebal pelat akan berkurang dengan pengurangan volume lalu lintas ekuivalen. Demikian pula dalam metode MDP 2017, perhitungan didapat hampir sama dengan metode Bina marga, akan tetapi dalam menentukan LHR kendaraan hanya menghitung beban sumbu truk saja. Perencanaan Tebal Pelat beton perkerasan jalan dengan menggunakan metode MDP 2017 didapat 28,5 cm.

Kata kunci: Perkerasan kaku, MDP 2017.

## **ABSTRACT**

### **ROAD ANALYSIS USING RIGID PAVEMENT ON THE CISUMDAWU TOLL ROAD SECTION 4B**

*Ricky Muhammad Nur Sidik*

*2112191145*

*Chandra Afriade Siregar, ST., MT*

*Muhammad Syukri, ST., MT*

*The Cisumdawu Toll Road section is part of the transportation system as an infrastructure service for the impact of population growth. In order to meet these needs new pavement planning is needed to serve traffic needs in the future. Rigid pavement is a pavement construction arrangement in which a concrete slab is used as the top layer, which is located on the foundation or directly on the MDP 2017 subgrade. The concept of planning rigid pavement (cement concrete) the Highways method is planned for the axle load configuration which results in the greatest stress on plate. The concept of pavement planning for the 2017 MDP method is that the thickness of the plan slab will increase according to the increase in equivalent traffic during the design life and conversely the thickness of the slab will decrease with a reduction in equivalent traffic volume. Likewise in the 2017 MDP method, the calculations are almost the same as the Bina Marga method, but in determining the LHR of the vehicle it only calculates the axle load of the truck. Planning Thickness of road pavement concrete slabs using the 2017 MDP method obtained 28.5 cm.*

*Keywords: Rigid Pavement, MDP 2017.*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "ANALISIS JALAN MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU (RIGID PAVEMENT) PADA RUAS JALAN TOL CISUMDAWU SEKSI 4B" sebagai syarat untuk memenuhi syarat sks pada Program Studi S1-Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sangga Buana YPKP, Bandung.

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

Saya menyadari bahwa dalam penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, Saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Didin Saepudin, SE, M.Si selaku Rektor Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
2. Dr. Teguh Nurhadi Suharsono, ST.,M.T, selaku Wakil Rektor I Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
3. Bambang Susanto, SE.,M.Si selaku Wakil Rektor II Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
4. Nurhaeni Sikki, S.A.P.M.A.P selaku Wakil Rektor III Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
5. Slamet Risnanto, ST., M.Kom selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.

6. Muhammad Syukri, ST., MT, selaku Ketua Program Studi S1-Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP bandung, dan selaku Dosen Pembimbing II yang memberikan nasehat serta arahan selama penulis melaksanakan Laporan Tugas Akhir dan penyusun laporannya.
7. Doni Romdhoni Witarsa, ST.,MT selaku Sekretaris Program Studi S1-Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP bandung.
8. Ir. H. Chandra Afriade Siregar, ST.,MT selaku Wali Dosen sekaligus Dosen Pembimbing I Tugas Akhir Universitas Sangga Buana YPKP bandung.
9. Seluruh civitas akademi Fakultas Teknik Program Studi S1-Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
10. Kedua Orang Tua serta Keluarga yang telah memberikan motivasi , bimbingan, dan arahan serta dorongan baik moral, spiritual, maupun materi.

Akhir kata saya sebagai penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya. Saya menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, saya menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dalam penyempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhir kata saya mengucapkan terima kasih dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Sumedang, 17 Juli 2023

Ricky Muhammad Nur Sidik

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN LAPORAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN HAK CIPTA MAHASISWA S1.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1.....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB 2.....</b>	<b>6</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Umum.....	6
2.2 Perkerasan Kaku (Rigid Pavement).....	7

2.3	Metode Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) ....	8
2.3.1	MDP 2017.....	8
2.3.2	Kebijakan Desain .....	9
2.3.3	Jenis Struktur Perkerasan.....	11
2.3.4	Istilah dan Definisi .....	14
3.3.5	Umur Rencana.....	16
2.3.6	Pemilihan Struktur Perkerasan.....	17
2.4	Drainase Perkerasan .....	24
2.4.1	Umum.....	24
2.4.2	Tinggi minimum timbunan untuk drainase perkerasan .....	26
2.4.3	Prosedur Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) .....	27
<b>BAB 3.....</b>		<b>29</b>
<b>METODE PENELITIAN .....</b>		<b>29</b>
3.1	Tinjauan Umum .....	29
3.2	Lalu Lintas .....	30
3.2.1	Beban As dan Faktor Kerusakan Kendaraan .....	31
3.2.2	Nilai Vehicle Damage Factor (VDF).....	32
3.2.3	Volume Lalu Lintas.....	33
3.2.4	Prediksi Pertumbuhan Lalu Lintas .....	34
3.3	Flowchart .....	35
<b>BAB 4.....</b>		<b>36</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>36</b>
4.1	Perencanaan Perkerasan .....	36
4.1.1	Perkerasan Kaku ( <i>Rigid Pavement</i> ) MDP 2017.....	36

4.1.2	Menentukan Struktur Perkerasan .....	62
<b>BAB 5</b>	.....	<b>66</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	.....	<b>66</b>
5.1	Kesimpulan .....	66
5.2	Saran .....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>69</b>

## DAFTAR TABEL

2.1	Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR) .....	16
2.2	Struktur Perkerasan .....	18
2.3	Tinggi minimum tanah dasar di atas muka air tanah dan muka air banjir....	26
3.1	Distribusi Beban As Kendaraan.....	32
3.2	Nilai <i>VDF</i> berdasarkan Bina Marga.....	33
3.3	Prediksi Lalu Lintas (kend/hari) Pada Tahun 2022 .....	34
3.4	Volume Lalu Lintas (kend/hari) Pada Tahun 2022.....	34
4.1	Data Lalu Lintas Berdasarkan Pertumbuhan Lalu Lintas.....	42
4.2	Data Lalu Lintas Berdasarkan Pertumbuhan Lalu Lintas .....	43
4.3	Perkiraan Kumulatif Beban Lalu Lintas ESA5 .....	44
4.4	Perhitungan Jumlah Sumbu Berdasarkan Jenis dan Bebannya.....	50
4.5	Perhitungan Repetisi Sumbu yang Terjadi .....	51
4.6	Perhitungan Repetisi Sumbu Rencana .....	55
4.7	Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi Untuk Perkerasan dgn Bahu Beton....	57
4.8	Analisa Fatik dan Erosi.....	58
4.9	Perhitungan dengan Ekuivalen (TE).....	60
4.10	Perhitungan Faktor Erosi (FE) .....	61

## DAFTAR GAMBAR

<u>2.1</u>	Tipikal struktur perkerasan kaku/ beton semen (MDP 2017) .....	7
<u>2.2</u>	Struktur perkerasan kaku/ beton semen (MDP 2017) .....	8
<u>2.3</u>	Tipikal Struktur Perkerasan Lentur (Lalu Lintas Berat) .....	12
<u>2.4</u>	Tipikal Struktur Perkerasan Kaku .....	13
<u>3.1</u>	Bagan Alir Penelitian .....	35
<u>4.1</u>	Tebal Pondasi Bawah Minimum Untuk Perkerasan Beton Semen .....	38
<u>4.2</u>	CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah .....	39
<u>4.3</u>	Tipikal Struktur Perkerasan Kaku .....	41
<u>4.4</u>	Nilai VDF Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga .....	49
<u>4.5</u>	Tebal Pondasi Bawah Minimum Untuk Perkerasan Beton Semen .....	63
<u>4.6</u>	Struktur Perkerasan Kaku .....	64

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Jalan merupakan salah satu prasarana perhubungan darat yang mempunyai peranan penting bagi pertumbuhan perekonomian, sosial budaya, pengembangan wilayah pariwisata, dan pertahanan keamanan untuk menunjang pembangunan nasional sebagaimana tercantum dalam undang-undang No. 13 tahun 1980 dan didalam peraturan pemerintah No. 26 tahun 1985.

Di Indonesia sekarang ini mengalami pertumbuhan penduduk yang pesat, menyebabkan peningkatan kegiatan dan kebutuhan manusia, mengakibatkan pergerakan manusia semakin bertambah, kebutuhan sarana transportasi dan pertumbuhan arus lalu lintas mengalami peningkatan, sehingga menyebabkan kepadatan dan kemacetan jalan. Hal ini dikarenakan prasarana yang tersedia tidak mampu melayani arus lalu lintas. Untuk itu perlu dilakukan upaya-upaya sehingga kebutuhan transportasi dapat dipenuhi dengan baik.

Negara Indonesia sebagai negara berkembang menghadapi banyak hambatan dan kendala dalam melaksanakan program-program pembangunan. Hambatan dan kesulitan antara lain disebabkan oleh kondisi prasarana yang kurang memadai terutama di dalam sektor transportasi. Peningkatan taraf hidup sosial ekonomi yang cepat mengakibatkan peningkatan mobilitas yang pada gilirannya meningkatkan pula jumlah kendaraan bermotor. Dengan bertambahnya jumlah kendaraan bermotor berarti meningkat pula jumlah repetisi yang menjadi beban perkerasan jalan. Umumnya rusaknya suatu perkerasan jalan bukanlah semata-mata disebabkan oleh beban berat. Dari hasil evaluasi beberapa ahli perencanaan perkerasan jalan dikatakan bahwa kerusakan perkerasan jalan lebih diakibatkan oleh frekuensi repetisi beban yang tinggi.

Transportasi sebagai salah satu sarana penunjang dalam pembangunan suatu negara khususnya daerah Sumedang yang sedang berkembang dan sangat potensial dengan kekayaan sumber daya alam. Dalam hal ini sarana dan prasarana transportasi adalah salah satu faktor yang utama. Untuk itu diperlukan pembangunan jaringan jalan yang memadai agar mampu memberikan pelayanan yang optimal sesuai dengan kapasitas yang diperlukan. Selain perencanaan geometrik jalan, perkerasan jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang harus direncanakan secara efektif dan efisien. Konstruksi perkerasan kaku adalah perkerasan yang pada umumnya menggunakan bahan campuran beton semen sebagai lapisan permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan dibawahnya. Konstruksi lapisan perkerasan ini akan melindungi jalan dari kerusakan akibat air dan beban lalu lintas.

Saat ini jalan beton relatif banyak digunakan di jalan-jalan di kota besar maupun di daerah yang mempunyai tingkat kepadatan lalu lintas tinggi. Beban kendaraan yang relatif besar dan arus lalu lintas yang semakin padat menjadi alasan utama pemilihan jalan beton (*rigid pavement*). Terlebih lagi strukturnya yang lebih kuat, awet, dan bebas perawatan. Jalan beton menjadi solusi yang sangat efektif untuk digunakan di ruas jalan Tol Cisumdawu, dikarenakan kepadatan lalu lintas dan beban kendaraan yang relatif besar. Peningkatan jalan menggunakan perkerasan kaku pada ruas jalan Tol Cisumdawu, dilakukan pada 5 Seksi. Seksi 1 dari arah Cilenyi sampai Seksi 5 Dawuan Majalengka.

Pemilik proyeknya adalah PT Citra Karya Jabar Tol (CKJT). Perhitungan perkerasan jalan secara umum meliputi tebal dan lebar perkerasan. Perhitungan tebal lapisan perkerasan dapat dibedakan menjadi perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan perkerasan lentur (*flexible pavement*). Tebal lapisan perkerasan tersebut dapat dihitung dengan menggunakan :

- MDP 2017.

Oleh karena banyaknya metode yang ada, maka peneliti mencoba untuk membuat perhitungan tebal lapisan perkerasan pada ruas jalan Tol Cisumdawu dengan menggunakan MDP 2017, pada Analisis Jalan Tol Cisumdawu.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Berapakah tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) dengan MDP 2017, pada Analisis Jalan Tol Cisumdawu?
2. Bagaimanakah hasil perhitungan untuk mendapatkan tebal perkerasan yang efisien dan ekonomis?

## **1.3 Batasan Masalah**

Mengingat luasnya pembahasan ini, maka pada penyusunan tugas akhir ini penulis menetapkan batasan-batasan masalah untuk mencapai tujuan dan manfaat penulisan, penulis membatasi permasalahan hanya pada perhitungan tebal lapisan perencanaan perkerasan kaku dan membandingkan mana perhitungan tebal yang efisien dan ekonomis menggunakan MDP 2017, pada analisis Jalan Tol Cisumdawu.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) dengan MDP 2017, pada analisis Jalan Tol Cisumdawu.
2. Untuk menentukan hasil perhitungan untuk mendapatkan tebal perkerasan yang efisien dan ekonomis.

Dari kegiatan studi yang telah dilakukan, hasilnya diharapkan dapat berguna dan diaplikasikan dalam perencanaan jalan beton, baik sebagai teori maupun dalam aplikasi dilapangan, sebagai solusi untuk mengatasi kerusakan yang terjadi pada jalan aspal yang diakibatkan oleh kepadatan dan beban lalu lintas yang padat terutama di kota-kota besar di Indonesia.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Dapat dijadikan bahan referensi dalam analisa perhitungan tebal perkerasan pada proyek sipil umumnya dan proyek jalan khususnya.
2. Untuk mengetahui betapa pentingnya pemilihan metode yang tepat dalam penanganan pekerjaan perkerasan jalan.
3. Bagi peneliti sebagai ilmu pengetahuan, pengalaman dan menambah wawasan mengenai pengaruh pemilihan metode perkerasan jalan.
4. Bagi rekan mahasiswa dapat dijadikan sebagai referensi tambahan dalam menyusun tugas akhir dan bahan kuliah yang berhubungan dengan manajemen konstruksi dan perencanaan tebal perkerasan.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk memberikan gambaran umum, maka penulisan tugas akhir ini dibagi dalam 5 (lima) bab. Pembagian ini dimaksudkan untuk mempermudah pembahasan serta penelaahannya, dimana uraian yang dimuat dalam penulisan ini dapat dengan mudah dimengerti. Pembagian yang dimaksud dilakukan sebagai berikut:

## BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika pembahasan.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini terdiri dari tinjauan pustaka atau landasan teori yang digunakan untuk memberikan penjelasan mengenai studi penelitian ini dan dasar perencanaan serta metode perhitungan perkerasan yang akan dibahas.

## BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan langkah-langkah pemecahan masalah yang akan dibahas, meliputi persiapan pengumpulan data, dan teknik pengumpulan data.

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang penyajian data serta proses tata cara perhitungan tebal perkerasan kaku dari beberapa metode yang telah dipaparkan.

## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulis terhadap perencanaan proyek perkerasan kaku (*rigid pavement*) yang dapat diambil setelah pembahasan seluruh masalah.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Tanah saja biasanya tidak cukup untuk kuat dan tahan, tanpa adanya deformasi yang berarti terhadap beban roda berulang. Untuk itu perlu adanya suatu lapis tambahan yang terletak antara tanah dan roda, atau lapis paling atas dari badan jalan. Lapis tambahan ini dibuat dari bahan khusus yang terpilih (yang lebih baik), yang selanjutnya disebut lapis keras/perkerasan (*pavement*).

Perkerasan adalah struktur yang terdiri dari banyak lapisan yang dibuat untuk menambah daya dukung tanah agar dapat memikul repetisi beban lalu lintas sehingga tanah tadi tidak mengalami deformasi yang berarti (MDP 2017). Perkerasan atau struktur perkerasan didefinisikan sebagai struktur yang terdiri dari satu atau lebih lapisan perkerasan yang dibuat dari bahan yang memiliki kualitas yang baik (MDP 2017). Jadi, Perkerasan dimaksudkan untuk memberikan permukaan yang halus dan aman pada segala kondisi cuaca, serta tebal dari setiap lapisan harus cukup aman untuk memikul beban yang bekerja di atasnya.

Menurut Yoder dan Witczak (MDP 2017), Pada umumnya jenis konstruksi perkerasan jalan ada 2 jenis:

- Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)  
Yaitu pekerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat.
- Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)  
Yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat.

Dari kedua jenis tipe perkerasan ini maka yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah Perkerasan Kaku yang perkerasannya menggunakan semen sebagai bahan pengikat.

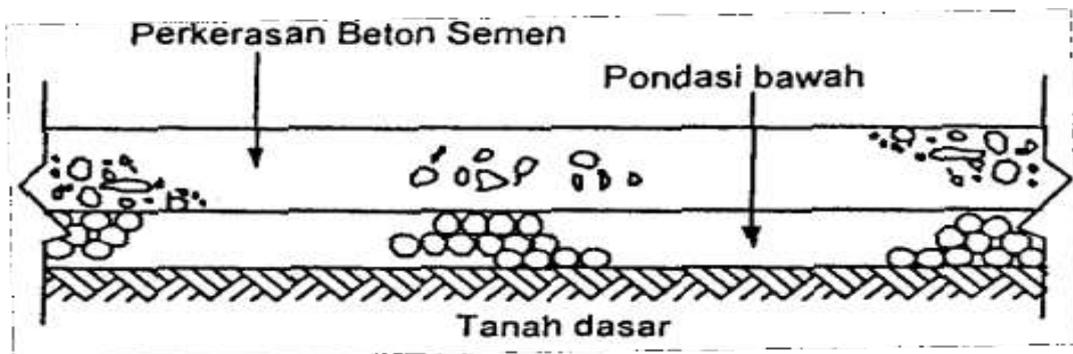
## 2.2 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku/ beton didefinisikan sebagai perkerasan yang menggunakan semen (*Portland Cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton (MDP 2017).

Perkerasan kaku adalah suatu perkerasan yang mempunyai sifat dimana saat pembebanan berlangsung perkerasan tidak mengalami perubahan bentuk, artinya perkerasan tetap seperti kondisi semula sebelum pembebanan berlangsung (MDP 2017). Sehingga dengan sifat ini, maka dapat dilihat apakah lapisan permukaan yang terdiri dari pelat beton tersebut akan pecah atau patah. Perkerasan kaku ini biasanya terdiri 2 lapisan yaitu:

- Lapisan permukaan (*surface course*) yang dibuat dengan pelat beton
- Lapisan pondasi (*base course*)

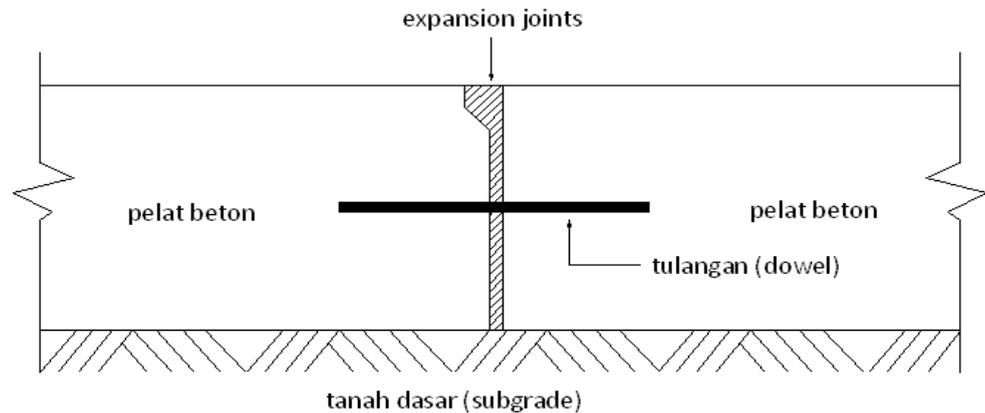
Susunan tipikal lapisan pada perkerasan kaku umumnya seperti terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1: Tipikal struktur perkerasan kaku/ beton semen (MDP 2017).

Pada perkerasan kaku ini, lapisan pondasi bisa ada atau tidak ada pada suatu struktur perkerasan, sebab bila kondisi tanah dasar atau tanah asli baik maka pelat beton ini dapat langsung diletakkan diatas tanah dasar atau tanah asli. Lapisan beton dibuat untuk memikul beban yang bekerja diatasnya, dan meneruskannya ke lapisan pondasi. Lapisan pondasi

diharapkan mampu mendukung lapisan permukaan dan meneruskannya ke tanah dasar (Gambar 2.2).



Gambar 2.2: Struktur perkerasan kaku/ beton semen (MDP 2017).

### 2.3 Metode Perencanaan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Dalam hal ini perencanaan akan mengacu pada MDP 2017 yaitu :

#### 2.3.1 MDP 2017

Lingkup Bagian I manual ini meliputi desain perkerasan lentur dan perkerasan kaku Untuk jalan baru, pelebaran jalan, dan rekonstruksi, serta menjelaskan faktor – faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan struktur perkerasan termasuk detail desain, drainase dan persyaratan konstruksi. Manual ini melengkapi pedoman desain perkerasan PtT-01-2002-B dan Pd T-14-2003, dengan penajaman pada aspek – aspek berikut:

- a) penentuan umur rencana;
- b) *discounted lifecycle cost* yang terendah;
- c) pelaksanaan konstruksi yang praktis;
- d) efisiensi penggunaan material.

Penajaman pendekatan desain yang digunakan dalam melengkapi pedoman desain tersebut di atas adalah dalam hal-hal berikut:

- a) umur rencana optimum berdasarkan analisis *life-cycle-cost*;
- b) koreksi faktor iklim;
- c) analisis beban sumbu;
- d) pengaruh temperatur;
- e) struktur perkerasan *cement treated base*;
- f) prosedur rinci desain fondasi jalan;
- g) pertimbangan desain drainase;
- h) persyaratan analisis lapisan untuk PtT-01-2002-B;
- i) penerapan pendekatan mekanistik;
- j) katalog desain.

Manual ini membantu mencapai pemenuhan struktural dan kepraktisan konstruksi untuk kondisi beban dan iklim Indonesia.

### **2.3.2 Kebijakan Desain**

Desain yang baik harus memenuhi kriteria - kriteria sebagai berikut:

1. menjamin tercapainya tingkat layanan jalan sesuai umur rencana;
2. merupakan *discounted-life-cycle cost* yang terendah;
3. mempertimbangkan kemudahan pelaksanaan dan pemeliharaan;
4. menggunakan material secara efisien dan memanfaatkan material lokal semaksimal mungkin;
5. mempertimbangkan faktor keselamatan jalan;
6. mempertimbangkan kelestarian lingkungan.

Kebijakan desain dalam penggunaan manual ini adalah:

1. Perencana, Pengawas Pelaksanaan dan PPK harus menerapkan kebijakan “tanpa toleransi” dalam pelaksanaan pekerjaan jalan.
2. Desain perkerasan harus mengakomodasi beban kendaraan aktual. Penggunaan beban sumbu yang terkendali (sesuai ketentuan) harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:
  - prosedur pengendalian beban sumbu sudah diterbitkan dan jangka waktu penerapannya telah disetujui oleh semua pemangku kepentingan (*stakeholders*);
  - telah ada tindakan awal penerapan kebijakan tersebut;
  - adanya kepastian bahwa kebijakan tersebut dapat dicapai.
3. Pemilihan solusi desain perkerasan didasarkan pada analisis biaya umur pelayanan (*discounted-Life-cycle-cost*) terendah dengan mempertimbangkan sumber daya konstruksi.
4. Setiap jenis pekerjaan jalan harus dilengkapi dengan drainase permukaan dan drainase bawah permukaan.
5. Lapisan fondasi berbutir harus dapat mengalirkan air dengan baik.
6. Bahu jalan berpenutup (*sealed*) harus dibuat:
  - Jika alinyemen vertikal (*gradient*) jalan lebih dari 4% (potensial terhadap gerusan).
  - Pada area perkotaan.
  - Jika terdapat kerb.
  - Jika proporsi kendaraan roda dua cukup tinggi.  
Bahu jalan berpenutup harus diperkeras seluruhnya dengan kekuatan minimum untuk 10% beban rencana atau sesuai dengan beban yang diperkirakan akan menggunakan bahu jalan.
7. Sistem drainase permukaan harus disediakan secara komprehensif. Drainase bawah permukaan (*subdrain*) perlu dipertimbangkan dalam hal:
  - Terjadi kerusakan akibat air pada perkerasan eksisting;
  - Terdapat aliran air ke perkerasan, seperti aliran air tanah dari galian

atau saluran irigasi;

- Galian konstruksi perkerasan segi-empat (*boxed construction*) yang tidak dilengkapi dengan drainase yang memadai untuk mengalirkan air yang terperangkap dalam galian.
8. Geotekstil yang berfungsi sebagai *separator* harus dipasang dibawah lapis penopang (*capping layer*) atau lapis drainase langsung diatas tanah lunak (tanah rawa) dengan CBR lapangan kurang dari 2% atau di atas tanah gambut.

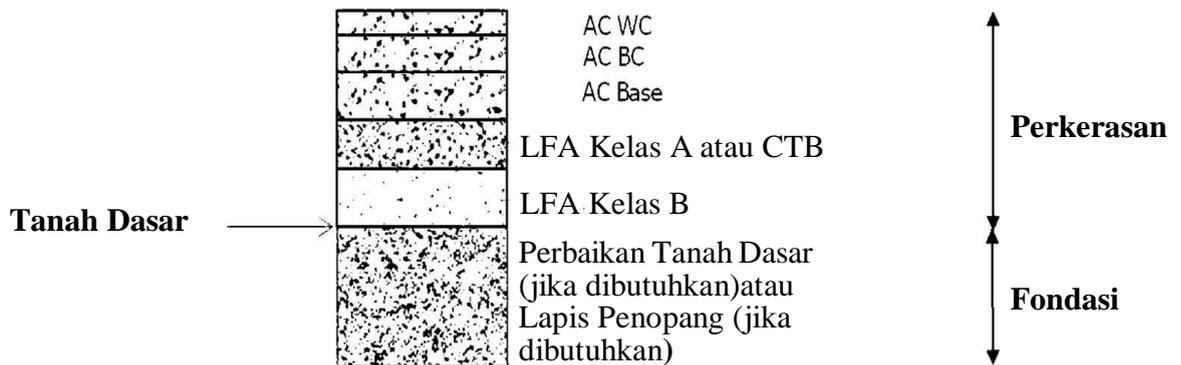
### **2.3.3 Jenis Struktur Perkerasan**

Jenis struktur perkerasan baru terdiri atas:

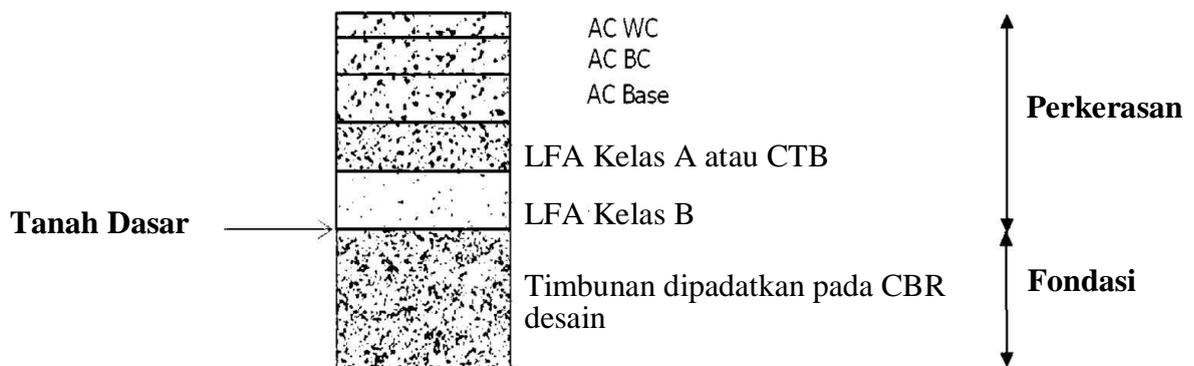
1. Perkerasan pada permukaan tanah asli.
2. Perkerasan pada timbunan.
3. Perkerasan pada galian.

Tipikal struktur perkerasan dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4 berikut ini:

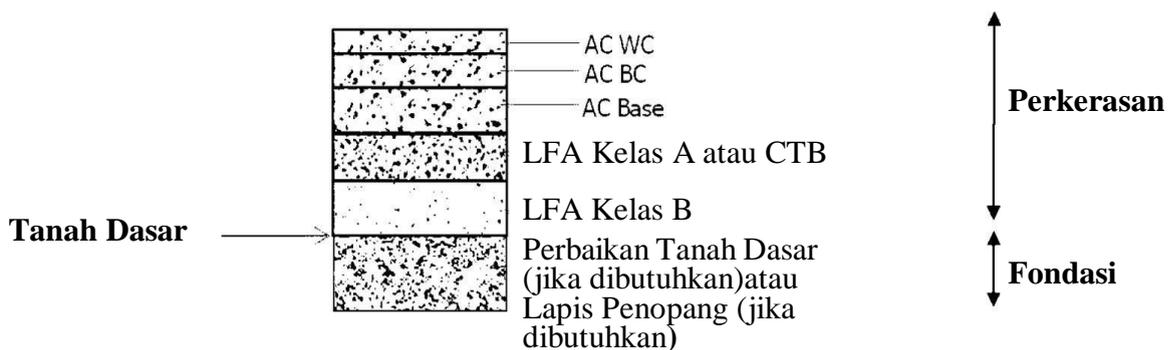
1. Perkerasan Lentur pada Permukaan Tanah Asli (*At Grade*)



2. Perkerasan Lentur Pada Timbunan

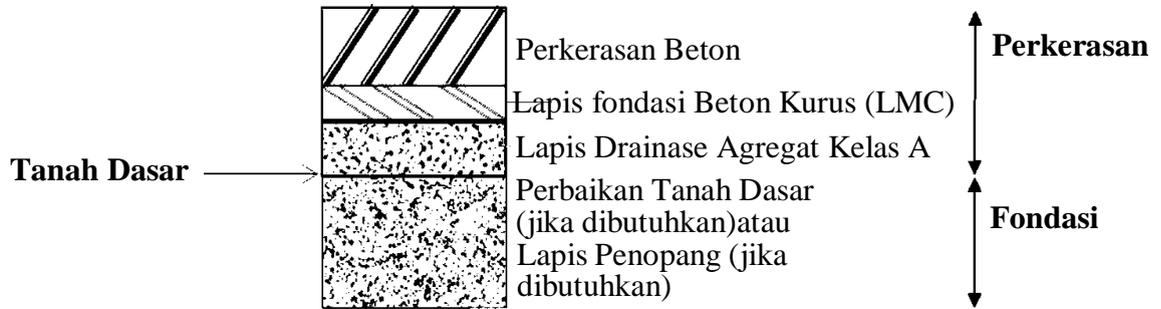


3. Perkerasan Lentur pada Galian

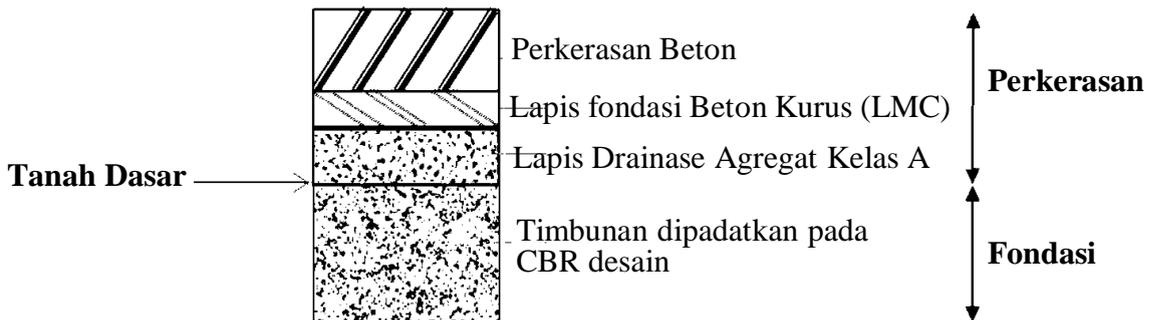


Gambar 2.3 Tipikal Struktur Perkerasan Lentur (Lalu Lintas Berat).

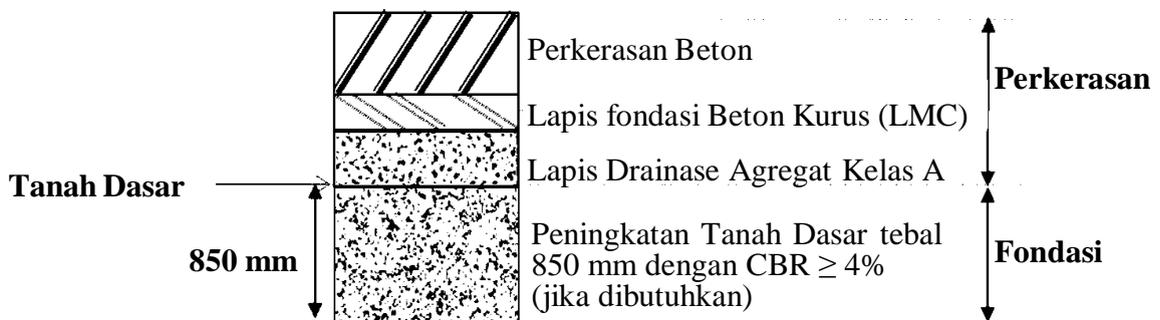
1. Perkerasan Kaku pada Permukaan Tanah Asli (At Grade)



2. Perkerasan Kaku Pada Timbunan



3. Perkerasan Kaku Pada Galian



Gambar 2.4 Tipikal Struktur Perkerasan Kaku.

Acuan :

- 1) PtT-01-2017-B Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur
- 2) Pd T-14-2017 Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Beton Semen
- 3) PdT-05-2017 Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan
- 4) Austroads, Pavement Design, A Guide to the Structural Design of Pavements, 2017.

#### **2.3.4 Istilah dan Definisi**

1. Capping Layer (lapis penopang)  
Lapisan material berbutir atau lapis timbunan pilihan yang digunakan sebagai lantai kerja dari lapis fondasi bawah, dan berfungsi untuk meminimalkan efek dari tanah dasar yang lemah ke struktur perkerasan.
2. Cement Treated Base (CTB)  
Campuran agregat berbutir dengan semen dan air dalam proporsi tertentu, dan digunakan sebagai lapis fondasi.
3. Daya Dukung Karakteristik Tanah Dasar (Characteristic Subgrade Bearing Capacity). Daya dukung yang mewakili keseluruhan data daya dukung dari segmen yang seragam.
4. Drainase Bawah Permukaan (Sub Surface Drainage)  
Sistem drainase yang dipasang di bawah perkerasan dengan tujuan untuk menurunkan muka air tanah atau mengalirkan air yang merembes melalui perkerasan. Suatu faktor yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan perkerasan yang diakibatkan satu lintasan kendaraan tertentu relatif terhadap kerusakan yang ditimbulkan satu lintasan beban sumbu standar dalam satuan setara beban gandar standar (equivalent standard axle load, ESA).

5. Heavy Patching (penambalan berat)  
bagian jalan yang cukup luas yang mengalami rusak berat dengan cara membongkar bagian yang rusak dan menggantinya dengan perkerasan baru hingga kedalaman penuh.
6. Koefisien Variasi  
Standar deviasi dari sekumpulan data dibagi nilai rata-rata, digunakan untuk mengukur keseragaman kumpulan data.
7. Beton kurus (Lean Mix Concrete, LMC)  
Campuran material berbutir dan semen dengan kadar semen yang rendah. Digunakan sebagai bagian dari lapis fondasi perkerasan beton.
8. Tanah Dasar (Subgrade)  
Permukaan tanah asli atau permukaan galian atau permukaan timbunan yang dipadatkan dan merupakan dasar untuk perletakan struktur perkerasan di atasnya.
9. Segmen Seragam (Homogenous Section)  
Bagian dari jalan dengan daya dukung tanah dasar atau lendutan yang seragam, dibatasi dengan koefisien variasi 25% ~ 30%.
10. Traffic Multiplier (TM)  
Faktor yang digunakan untuk mengoreksi jumlah pengulangan beban sumbu (ESA) pangkat empat menjadi nilai faktor pangkat lainnya yang dibutuhkan untuk desain mekanistik dengan *software*. (Contoh: untuk mendapatkan nilai ESA pangkat 5 (ESA untuk kelelahan lapisan aspal) dari nilai ESA pangkat 4, gunakan  $ESA_5 = (TM) \times ESA_4$ .)

#### 11. Tied Shoulder

Bahu jalan yang terbuat dari pelat beton yang tersambung dengan tepi luar pelat beton lajur perkerasan melalui batang pengikat (*tie bar*), atau berupa lajur perkerasan yang diperlebar dan menyatu dengan lajur lalu lintas atau selebar 500 – 600 mm (*widened concrete slab*). Bahu beton juga berfungsi memberikan dukungan lateral terhadap beban roda pada tepi perkerasan.

### 2.3.5 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan baru dinyatakan pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1. Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR).

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

Catatan :

1. Jika dianggap sulit untuk menggunakan umur rencana diatas, 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.
2. Umur rencana harus memperhitungkan kapasitas jalan.

### **2.3.6 Pemilihan Struktur Perkerasan**

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi fondasi jalan. Batasan pada Tabel 2.2 tidak mutlak, perencana harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaan. Pemilihan alternatif desain berdasarkan manual ini harus didasarkan pada *discounted lifecycle cost* terendah.

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 – 4	>4 - 10	>10 – 30	>30 - 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR $\geq$ 2,5%)	44			22	2	22
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A		1, 2			
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3				2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3				2	2
AC tebal $\geq$ 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B			1, 2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A		1, 2			
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3			
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1			
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1				

Tabel 2,2 Pemilihan Struktur Perkerasan

Catatan:

Tingkat kesulitan:

- 1 - kontraktor kecil – medium;
- 2 - kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai;
- 3 - membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus –kontraktor spesialis

Burtu / Burda.

## 1 Sumber Daya Setempat dan Nilai Pekerjaan

Sumber daya setempat dan nilai pekerjaan akan menentukan pilihan jenis perkerasan. Kontraktor lokal pada umumnya mempunyai sumber daya setempat yang terbatas sehingga mungkin hanya mampu menangani jenis dan kelas pekerjaan yang terbatas pula. Pekerjaan kecil mungkin tidak akan diminati oleh kontraktor besar. Dengan demikian, penanganan perkerasan yang sederhana dapat dikerjakan oleh kontraktor kecil. Sedangkan penanganan perkerasan yang kompleks dikerjakan oleh kontraktor besar.

## 2 Perkerasan Aspal Beton dengan Cement Treated Base (CTB)

Untuk jalan yang melayani lalu lintas sedang dan berat dapat dipilih lapis fondasi CTB karena dapat menghemat secara signifikan dibandingkan dengan lapis fondasi berbutir. Biaya perkerasan dengan lapis fondasi CTB pada umumnya lebih murah daripada perkerasan beraspal konvensional dengan lapis fondasi berbutir untuk beban sumbu antara 10 – 30 juta ESA, tergantung pada harga setempat dan kemampuan kontraktor. CTB dapat menghemat penggunaan aspal dan material berbutir, dan kurang sensitif terhadap air dibandingkan dengan lapis fondasi berbutir. LMC (*Lean Mix Concrete*) dapat digunakan sebagai pengganti CTB, dan akan memberikan kemudahan pelaksanaan di area kerja yang sempit misalnya pekerjaan pelebaran perkerasan atau pekerjaan pada daerah perkotaan. Kendaraan bermuatan berlebihan merupakan kondisi nyata yang harus diantisipasi. Beban yang demikian dapat menyebabkan keretakan sangat dini pada lapis CTB. Oleh sebab itu desain CTB hanya didasarkan pada nilai modulus kekakuan CTB (*stiffness modulus*) pada tahap *post fatigue cracking* tanpa mempertimbangkan umur *pre-fatigue cracking*. Konstruksi CTB membutuhkan kontraktor yang kompeten dengan sumber daya peralatan yang memadai. Perkerasan CTB hanya dipilih jika sumber daya yang dibutuhkan tersedia. Ketebalan lapisan aspal dan CTB

yang diuraikan pada Bagan Desain - 3 ditetapkan untuk mengurangi retak reflektif dan untuk memudahkan konstruksi. CTB harus dilaksanakan dalam satu lapisan, tidak boleh dibuat dalam beberapa lapisan.

3 Perkerasan Beton Aspal dengan Lapis Fondasi Berbutir

Perkerasan aspal beton dengan lapis fondasi CTB cenderung lebih murah daripada dengan lapis fondasi berbutir untuk beban sumbu antara 10 -- 30 juta ESA, namun kontraktor yang memiliki sumber daya untuk melaksanakan CTB adalah terbatas. Bagan Desain - 3B menunjukkan desain perkerasan aspal dengan lapis fondasi berbutir untuk beban hingga 200 juta ESA.

4 Perkerasan Beton Aspal dengan Aspal Modifikasi

Aspal modifikasi (SBS) direkomendasikan digunakan untuk lapis aus (*wearing course*) pada jalan dengan repetisi lalu lintas selama 20 tahun >10 juta ESA. Tujuan penggunaan aspal modifikasi adalah untuk memperpanjang umur pelayanan, umur *fatigue* dan ketahanan deformasi lapis permukaan akibat beban lalu lintas berat. Aspal modifikasi hanya boleh digunakan jika sumber daya untuk pencampuran dan penyimpanan secara benar tersedia.

5 Lapis Aus Tipe SMA (Split Mastik Aspal)

Penggunaan lapis aus tipe SMA dengan aspal modifikasi hanya bisa dipertimbangkan jika agregat berbentuk kubikal dengan gradasi dan kualitas yang memenuhi persyaratan campuran SMA tersedia.

6 Lapis Fondasi dengan Aspal Modifikasi

Prosedur desain mekanistik dapat digunakan untuk menilai sifat lapis fondasi (*AC-Base*) yang menggunakan aspal modifikasi. Desain yang dihasilkan dapat digunakan apabila didukung oleh analisis *discounted lifecycle cost*.

7 Perkerasan Kaku

*Discounted lifecycle cost* perkerasan kaku umumnya lebih rendah

untuk jalan dengan beban lalu lintas lebih dari 30 juta ESA4. Pada kondisi tertentu perkerasan kaku dapat dipertimbangkan untuk jalan perkotaan dan pedesaan. Dibutuhkan kecermatan pada desain perkerasan kaku di atas tanah lunak atau kawasan lainnya yang berpotensi menghasilkan pergerakan struktur yang tidak seragam. Untuk daerah tersebut, perkerasan lentur akan lebih murah karena perkerasan kaku membutuhkan fondasi jalan yang lebih tebal dan penulangan.

Keuntungannya antara lain adalah:

- Struktur perkerasan lebih tipis kecuali untuk area tanah lunak.
- Pelaksanaan konstruksi dan pengendalian mutu lebih mudah.
- Biaya pemeliharaan lebih rendah jika mutu pelaksanaan baik.
- Pembuatan campuran lebih mudah.

Kerugiannya antara lain:

- Biaya konstruksi lebih mahal untuk jalan dengan lalu lintas rendah.
- Rentan terhadap retak jika dilaksanakan di atas tanah lunak, atau tanpa daya dukung yang memadai, atau tidak dilaksanakan dengan baik (mutu pelaksanaan rendah).
- Umumnya kurang nyaman berkendara.

## 8 Perkerasan Kaku untuk Lalu Lintas Rendah

Untuk beban lalu lintas ringan sampai sedang, perkerasan kaku akan lebih mahal dibandingkan perkerasan lentur, terutama di daerah pedesaan atau perkotaan tertentu yang pelaksanaan konstruksi jalan tidak begitu mengganggu lalu lintas. Perkerasan kaku dapat menjadi pilihan yang lebih murah untuk jalan perkotaan dengan akses terbatas bagi kendaraan yang sangat berat. Pada area yang terbatas, pelaksanaan perkerasan kaku akan lebih mudah dan cepat daripada perkerasan lentur.

9 Perkerasan Tanpa Penutup (Jalan Kerikil)

Perkerasan tanpa penutup (jalan kerikil) khusus untuk beban lalu lintas rendah ( $\leq 500.000$  ESA4). Tipe perkerasan ini dapat juga diterapkan pada konstruksi secara bertahap di daerah yang rentan terhadap penurunan (*settlement*).

10 Pelebaran Jalan dan Penambalan (*Heavy Patching*)

Pada pelebaran jalan dan penambalan berat, sebaiknya dipilih struktur perkerasan yang sama dengan perkerasan eksisting. Perlu diberikan perhatian khusus agar kemampuan lapisan-lapisan berbutir eksisting dan lapisan berbutir baru untuk mengalirkan air tidak terganggu. Jika perkerasan kaku digunakan untuk pelebaran perkerasan lentur di atas tanah lunak, sebaiknya pelebaran dilakukan satu lajur penuh, karena akan memudahkan pemeliharaan sambungan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Pelebaran jalan sebaiknya dijadwalkan bersamaan dengan rencana rekonstruksi. Umur rencana untuk pelebaran termasuk *overlay* terjadwal mengacu pada Tabel 2.1.

11 Perkerasan pada lahan Gambut

Konstruksi jalan di atas tanah gambut harus menggunakan perkerasan lentur. Perkerasan kaku tidak sesuai jika digunakan di atas tanah gambut karena masalah keseragaman daya dukung dan penurunan yang besar. Untuk membatasi dampak penurunan yang tak seragam untuk menggunakan konstruksi bertahap dan penanganan khusus.

12 Pelaburan (*Surface Dressing*) di atas Lapis Fondasi Berbutir

Burda atau Burtu (*Surface dressing*) sangat tepat biaya jika dilaksanakan dengan tepat mutu. Namun masih sedikit kontraktor yang mampu dan memiliki sumber daya peralatan untuk melaksanakan pelaburan permukaan perkerasan dengan benar. Dibutuhkan peningkatan kapasitas dan kompetensi kontraktor untuk dapat menerapkan teknologi ini secara andal.

13 HRS-WC tebal  $\leq 50$  mm di atas Lapis Fondasi Berbutir

HRS-WC tebal  $\leq 50$  mm diatas Lapis Fondasi Berbutir merupakan solusi yang tepat biaya untuk jalan baru atau rekonstruksi dengan beban lalu lintas sedang ( $<1$  juta ESA) tetapi membutuhkan kualitas konstruksi yang tinggi khususnya untuk LFA Kelas A (Solusi ini kurang efektif dari segi biaya namun jumlah kontraktor yang kompeten melaksanakannya lebih banyak daripada pilihan sub-bab 3.12).

14 Lapis Fondasi Soil Cement

Soil cement dapat digunakan di daerah dengan keterbatasan material berbutir atau kerikil, atau jika biaya stabilisasi tanah lebih menguntungkan. Batasan tebal lapisan yang diuraikan di dalam bagan desain dan batasan kadar semen diperlukan untuk membatasi retak.

15 Jenis penanganan pada pelebaran

Pelebaran jalan harus dijadwalkan bersamaan dengan jadwal penanganan rekonstruksi/*overlay*. Umur rencana pelebaran dengan *overlay* yang terjadwal mengacu pada Tabel 2.1. Jenis perkerasan pada umumnya sama dengan perkerasan eksisting. Perkerasan kaku dapat dibuat berdekatan dengan perkerasan lentur di atas tanah biasa namun tidak untuk perkerasan di atas tanah lunak.

## 2.4 DRAINASE PERKERASAN

### 2.4.1 Umum

Drainase bawah permukaan (*sub surface pavement drainage*) harus memenuhi ketentuan-ketentuan berikut:

- Seluruh lapis fondasi bawah (*subbase*) harus dapat mengalirkan air atau cukup *permeable*. Desain pelebaran perkerasan harus memastikan bahwa air dari lapis granular terbawah perkerasan eksisting dapat dialirkan dengan baik.
- Lintasan drainase yang kurang dari 500 mm dari tepi luar lapis granular ke tepi *verge* timbunan dapat mengalirkan air.
- *French drains* dalam arah melintang pada setiap titik terendah arah memanjang dan setiap 10 m dianggap dapat mengalirkan air dari lapis fondasi bawah.
- Jika lapis fondasi bawah lebih rendah dari ketinggian tanah disekitarnya, maka harus dipasang *subdrain* (apabila memungkinkan hindari kondisi seperti ini dengan membuat desain geometrik yang baik).
- Jika *subdrain* tidak tersedia, atau jika muka air tanah lebih tinggi dari 600 mm di bawah tanah dasar, maka sesuaikan tebal lapisan berbutir dengan menggunakan nilai faktor “m”
- *Subdrain* harus dibuat berdekatan dengan saluran U atau struktur lain yang berpotensi menghalangi aliran air dari setiap lapisan fondasi bawah. Sulingan pada dinding saluran tepi tidak dapat diandalkan untuk berfungsi sebagai *subdrain*.
- *Subdrain* harus dipasang dengan kemiringan seragam tidak kurang dari 0.5% untuk memastikan bahwa air dapat bebas mengalir melalui *subdrain* ke titik-titik pembuangan. Selain itu, harus disediakan akses untuk memudahkan pembersihan *subdrain* pada interval jarak tidak lebih dari 60 m. Level *inlet* dan *outlet subdrain* harus lebih tinggi dari level banjir Untuk jalan dengan median pemisah, sistim *subdrain* pada median harus dibuat jika kemiringan

permukaan jalan mengarah ke median (pada superelevasi). Perencana perkerasan harus menjelaskan kriteria drainase perkerasan kepada perencana drainase dan harus memastikan bahwa drainase yang dikehendaki diuraikan dengan jelas pada gambar rencana.

**Dampak drainase perkerasan terhadap lapisan perkerasan.**

Secara umum perencana harus menerapkan desain yang dapat menghasilkan “faktor m”  $\geq 1,0$  kecuali jika kondisi di lapangan tidak memungkinkan. Apabila drainase bawah permukaan tidak dapat disediakan maka tebal lapis fondasi agregat harus disesuaikan dengan menggunakan nilai koefisien drainase “m” sesuai ketentuan Bagan desain yang dalam manual ini ditetapkan dengan asumsi bahwa drainase berfungsi dengan baik.

#### 2.4.2 Tinggi minimum timbunan untuk drainase perkerasan

Tinggi minimum permukaan tanah dasar di atas muka air tanah dan level muka air banjir.

Kelas Jalan (berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan)	Tinggi tanah dasar diatas muka air tanah (mm)	Tinggi tanah dasar didas muka air banjir (mm)
Jalan Bebas Hambatan	1200 (jika ada drainase bawah permukaan di median)	500 (banjir 50 tahunan)
	1700 (tanpa drainase bawah permukaan di median)	
Jalan Raya	1200 (tanah lunak jenuh atau gambut tanpa lapis drainase) 800 (tanah lunak jenuh atau gambut dengan lapis drainase) 600 (tanah dasar normal)	500 (banjir 50 tahunan)
Jalan Sedang	600	500 (banjir 10 tahunan)
Jalan Kecil	400	NA

Tabel 2.3 Tinggi minimum tanah dasar di atas muka air tanah dan muka air banjir.

Apabila timbunan terletak di atas tanah jenuh air sedangkan ketentuan tersebut di atas tidak dapat dipenuhi maka harus disediakan lapis drainase (*drainage blanket layer*). Lapisan tersebut berfungsi untuk mencegah terjadinya perembesan material halus tanah lunak ke dalam lapis fondasi (*subbase*). Kontribusi daya dukung lapis drainase terhadap daya dukung struktur perkerasan tidak diperhitungkan.

### **2.4.3** **Prosedur Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)**

- a. Pilih jenis perkerasan beton semen, bersambung tanpa ruji, bersambung dengan ruji, atau menerus dengan tulangan.
- b. Tentukan menggunakan bahu beton atau tidak.
- c. Tentukan jenis dan tebal pondasi bawah berdasarkan nilai *CBR* rencana dan perkirakan jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana.
- d. Tentukan *CBR* efektif berdasarkan nilai *CBR* rencana dan pondasi bawah yang dipilih.
- e. Pilih kuat tarik lentur atau kuat tekan beton pada umur 28 hari.
- f. Pilih faktor keamanan beban (FKB).
- g. Taksir tebal pelat beton (taksiran awal dengan tebal tertentu berdasarkan pengalaman atau menggunakan contoh yang tersedia).
- h. Tentukan tegangan ekuivalen (TE) dan faktor erosi (FE) untuk STRT.
- i. Tentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekuivalen (TE) oleh kuat tarik-lentur.
- j. Untuk setiap rentang beban kelompok sumbu tersebut, tentukan beban per roda dan kalikan dengan faktor keamanan beban (FKB) untuk menentukan beban rencana per roda. Jika beban rencana per roda  $\geq 65$  KN (6,5 ton), anggap dan gunakan nilai tersebut sebagai batas tertinggi.
- k. Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik 2.4, yang dimulai dari beban roda tertinggi dari jenis sumbu STRT tersebut.
- l. Hitung presentase dari repetisi fatik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
- m. Dengan menggunakan faktor erosi (FE), tentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi.
- n. Hitung presentase dari repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.

- o. Ulangi langkah k sampai dengan n untuk setiap beban per roda pada sumbu tersebut sampai jumlah repetisi beban ijin yang terbaca.
- p. Hitung jumlah tolak fatik dengan menjumlahkan presentase fatik dari setiap beban roda pada STRT tersebut. Dengan cara yang sama hitung jumlah total erosi dari setiap beban roda pada STRT tersebut.
- q. Ulangi langkah h sampai dengan langkah p untuk setiap jenis kelompok sumbu lainnya.
- r. Hitung jumlah total kerusakan akibat fatik dan jumlah total kerusakan akibat erosi untuk seluruh jenis kelompok sumbu.
- s. Ulangi langkah g sampai dengan langkah r hingga diperoleh ketebalan tertipis yang menghasilkan total kerusakan akibat fatik dan atau erosi  $\leq 100\%$ . Tebal tersebut sebagai tebal perkerasan beton semen yang direncanakan.

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tinjauan Umum

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan untuk perencanaan jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan pada suatu ruas jalan yang direncanakan. Besarnya volume lalu lintas sangat diperlukan untuk menentukan jumlah lebar lajur pada satu jalur jalan dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan diperlukan untuk menentukan kelas beban atau MST (muatan sumbu terberat) yang berpengaruh langsung dalam merencanakan konstruksi perkerasan.

Pengumpulan data yang digunakan adalah pengumpulan data sekunder. Pengumpulan data sekunder diperoleh dari konsultan perencana dan dinas-dinas yang terkait, studi kepustakaan, dan peraturan-peraturan yang ditetapkan.

Berikut ini adalah data-data perencanaan yang didapat dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Bina Marga Balai Besar Pelaksanaan Jalan Tol Cisumdawu. Pelaksanaan Jalan Tol Cisumdawu untuk menentukan tebal slab sebagai berikut:

- Sumber data beban = Hasil survey *FWD*
- Umur rencana = 20 tahun (2022-2042)
- Jenis perkerasan (BBTT) = Beton bertulang tanpa tulangan
- Lebar jalan = 8 m (1 jalur)
- Jumlah jalur = 4/2 D
- Faktor lajur (DL) = 0.80
- Faktor arah (DD) = 0.50
- *CBR* tanah dasar = 3,1 %
- *CBR base A* = 90 %
- Tebal *base A* = 15 cm

- Tebal *lean concrete* = 15 cm
- *CBR* efektif = 43 %
- Kuat lentur beton = 4,4 Mpa
- Kuat tekan beton ( $f_c$ ) = 400 kg/cm<sup>2</sup> fs 45 kg/cm<sup>2</sup>
- Kuat tekan lapis pondasi ( $f_c$ ) = 150 psi
- Jenis dan tebal lapis pondasi = *Flowable Fill (Mortar Base)* D= 10-20 cm
- Faktor keamanan beban  $F_{KB}$  = 1.10
- Bahu jalan = Ya (*Granular* dipadatkan)

Dalam tugas akhir ini di gunakan satu metode perkerasan untuk menentukan tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*). Adapun satu metode perencanaan perkerasan kaku tersebut yaitu: MDP 2017. Tahapan yang di lakukan pada perencanaan ini ialah dengan mengumpulkan beberapa data yang di perlukan untuk merencanakan tebal perkerasan pada jalan tersebut yang diantaranya:

- Data LHR
- Data *CBR* tanah dasar
- Data pertumbuhan lalu-lintas
- Data beban as kendaraan
- Data umur rencana

### 3.2 Lalu Lintas

Survey lalu lintas untuk mengetahui beban lalu lintas kendaraan dan jumlah total volume lalu lintas di sekitar lokasi perencanaan sebagai dasar untuk memperkirakan dan merencanakan beban yang akan melalui jalan tersebut.

### 3.2.1 Beban As dan Faktor Kerusakan Kendaraan

Pada umumnya lokasi jalan Tol Cisumdawu tersebut terletak di daerah perbukitan (*flat*), dan secara geologis tanah di route tersebut terdiri dari tanah lempung bercampur sedikit pasir. Hal tersebut sangat berpengaruh untuk mengetahui beban as kendaraan yang akan melewati jalan tersebut nantinya, serta dapat mengetahui faktor kerusakan yang diakibatkan kendaraan yang melintas. Faktor kerusakan dalam perencanaan sangat berpengaruh penting untuk perencanaan suatu

perkerasan jalan. Angka ekivalen beban sumbu kendaraan adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal/ganda kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban standar sumbu tunggal seberat 8.16 Ton (18000 lb).

- Sumbu Tunggal = [ beban sumbu tunggal (kg) / 8160 ]<sup>4</sup>
- Sumbu Ganda = 0.086 [ beban sumbu ganda (kg) / 8160 ]<sup>4</sup>

Cara menghitung konfigurasi beban as masing-masing jenis kendaraan beserta angka ekivalen kendaraan dalam keadaan kosong (*min*) dan dalam keadaan bermuatan (*max*) yang akan dijadikan parameter dalam perencanaan jalan Tol Cisumdawu ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Konfigurasi sumbu dan tipe	Berat kosong (ton)	Beban muatan maksimum (ton)	Berat total maksimum (ton)	UE 18 KSAL kosong	UE 18 KSAL maksimum
1.1 HP	1.5	0.5	2.0	0.0001	0.0004
1.2 BUS	3	6	9	0.0037	0.3006
1.2L TRUK	2.3	6	8.3	0.0013	0.2147
1.2H TRUK	4.2	14	18.2	0.0143	5.0264
1.22 TRUK	5	20	25	0.0044	2.7416
1.2+2.2 TRAILER	6.4	25	31.4	0.0085	4.9283
1.2-2 TRAILER	6.2	20	26.2	0.0192	6.1179
1.2-22 TRAILER	10	32	42	0.0327	10.183

Tabel 3.1: Distribusi beban as kendaraan

### 3.2.2 Nilai Vehicle Damage Factor (VDF)

Sesuai dengan kondisi di Indonesia yang sering dipakai untuk menentukan Nilai *VDF* adalah berdasarkan Bina Marga dan *NAASRA*.

- Bina Marga MST-10

Mengacu pada buku Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen No. SNI 1732-1989-F dan Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan Raya dengan alat *Benkelmean Beam* No. 01/MN/BM/83.

Nilai *VDF* berdasarkan jenis dan golongan kendaraan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Jenis kendaraan	Golongan kendaraan	Nilai <i>VDF</i>
Sedan	Gol. 2	0.0147
Mini Bus	Gol. 3	
Pick Up	Gol. 4	
Bus Kecil	Gol. 5A	0.0149
Bus Besar	Gol. 5B	0.2555
Truk 2 sumbu kecil	Gol. 6A	1.3818
Truk 2 sumbu besar	Gol. 6B	4.5223
Truk 3 sumbu	Gol. 7A2	6.1988
Truk 3 sumbu	Gol. 7A1	5.0763
Truk 4 sumbu	Gol. 7C1	10.3525
Truk 5 sumbu triple	Gol. 7C2B	13.1533
Truk 5 sumbu tandem	Gol. 7C2A	20.0974
Truk 6 sumbu	Gol. 7C3	24.3490

Tabel 3.2: Nilai *VDF* berdasarkan Bina Marga.

### 3.2.3 Volume Lalu Lintas

Pada perencanaan ini dibutuhkan *analysis traffic* yang berguna untuk menentukan pembagian ruas jalan sesuai kebutuhan pada lokasi perencanaan. Hasil *analysis traffic* yang dilakukan oleh PBC Metro Medan menunjukkan bahwa ruas jalan yang sesuai dengan kebutuhan jalan tersebut dibagi menjadi 2 (dua) *segmen* yaitu:

- a. Arah Cilenyi (segmen 1)
- b. Arah Dawuan (segmen 2)

### 3.2.4 Prediksi Pertumbuhan Lalu Lintas

LHRT JENIS KENDARAAAN												
Arah Cilenyi	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7A1	7A2	7b	7C
Lajur-1	15091	2316	849	586	85	123	178	480	26	175	0	189
Lajur-2	3093	6916	960	1183	78	158	308	1699	4	1041	0	155
Arah Pamulihan	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7A1	7A2	7b	7C
Lajur-2	2832	6739	866	972	102	136	173	1495	4	1000	0	150
Lajur-1	14501	2650	1060	483	99	92	101	352	1	168	0	17
Total 2 Arah	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7A1	7A2	7b	7C
	35518	18621	3734	3224	365	508	760	4026	36	2384	0	510

Tabel 3.3: Prediksi lalu lintas (kend/hari) pada tahun 2023.

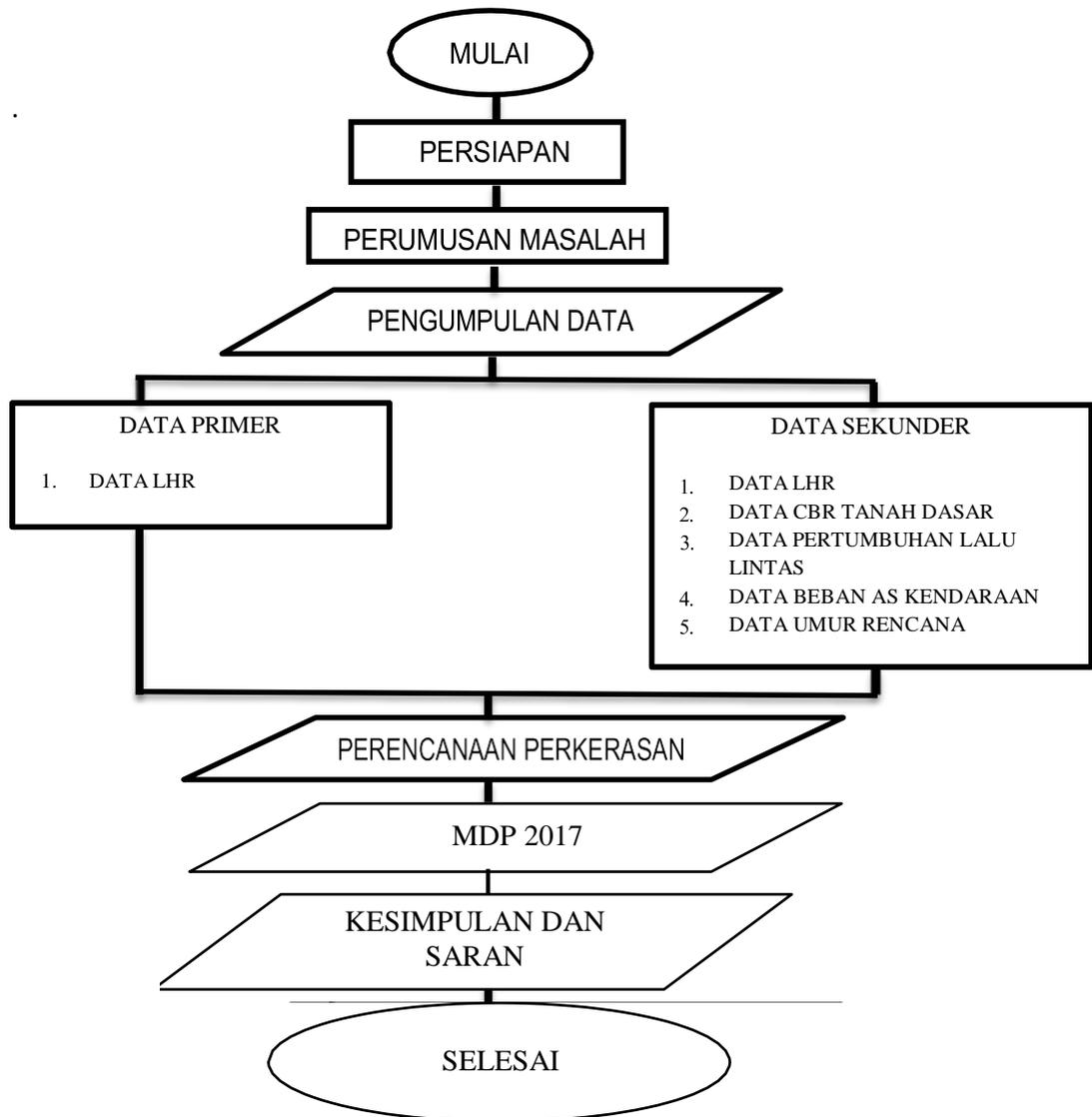
Prediksi tahun s/d tahun	% per tahun
2023 – 2026	5%
2027 – 2043	4%

Tabel 3.4: Volume lalu lintas (kend/hari) pada tahun 2022.

Keterangan:

1. Sepeda kumbang, Sepeda motor, Roda 3 7A1. Truk 3 sumbu tunggal
2. Sedan, Jeep, Station wagon 7A2. Truk 3 sumbu tandem
3. Oplet, Pick-Up Oplet, Mini bus, Combi 7b. Truk gandengan
3. Pick-Up, Mikro truk, Mobil hantaran 7C1. Truk 4 sumbu 5a. Bus kecil 7C2a. Truk 5 sumbu tandem 5b. Bus besar 7C2b. Truk 5 sumbu triple 6a. Truk ringan 2 sumbu 7C3. Truk 6 sumbu 6b. Truk sedang 2 sumbu 8. Kendaraan tidak bermotor

### 3.3 Flowchart



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Perencanaan Perkerasan

Dalam merencanakan suatu perkerasan jalan raya dibutuhkan pengetahuan yang baik dalam merencanakannya, baik dalam segi material pengisi bahan-bahan tiap lapisan perkerasan dan juga proses pengerjaan struktur perkerasan jalan raya tersebut. Setiap orang dapat merencanakan perkerasan jalan raya dengan asumsi- asumsi sesuai keinginan, namun rancangan perkerasan tersebut belum tentu memberikan hasil yang diinginkan oleh perencana baik dari segi kesanggupan perkerasan dalam menahan beban kendaraan maupun ketahanan perkerasan dari kerusakan (*failure*). Perkerasan jalan merupakan campuran antara material pengisi lapisan jalan dengan bahan pengikat sebagai perekat antar partikel material tersebut untuk membentuk suatu lapisan yang kokoh dalam mendukung beban yang ada diatas perkerasan tersebut.

##### 4.1.1 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) MDP 2017

Perkerasan kaku menurut metode Bina Marga ini meliputi dari beberapa unsur-unsur yang sangat penting yang diantaranya, menentukan penilaian CBR tanah dasar terlebih dahulu, memperkirakan distribusi sumbu kendaraan niaga dan jenis/beban sumbu, tentukan atau pilih jenis pondasi bawah, menentukan CBR efektif, pilih menggunakan bahu beton atau tidak, menentukan faktor keamanan beban FKB.

Dengan demikian maka di dapat hasil perhitungan tebal perencanaan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) dengan menggunakan MDP (2017) sebagai berikut:

A. Data-data perencanaan:

- Umur rencana = 20 tahun (2023-2043)
- CBR tanah dasar = 3,1 %
- CBR base A = 90 %
- Tebal base A = 15 cm
- CBR gabungan = 6,99 %  
 $((LC \times \text{Tebal base A})^{1/3}) + ((0,85 \times \text{CBR tanah dasar})^{1/3})^3$
- Tebal lean concrete = 15 cm
- Jumlah sumbu = 84526
- Repetisi yang terjadi = 21,610,377
- CBR efektif = 43 %
- Kuat lentur beton = 4,4 Mpa
- Faktor keamanan beban  $F_{KB}$  = 1.10
- Bahu jalan = Ya (Granular dipadatkan)
- Pertumbuhan lalu lintas = 2023 – 2026 = 5 %  
 (Tabel 3.3) 2027 – 2043 = 4 %

Maka di dapat hasil pertumbuhan lalu lintas selama

$$20 \text{ tahun } (R) = \frac{25.311 \%}{4\%} \left( R = \frac{((1+4\%)^{20}) - 1}{4\%} \times \frac{((2043-2027)+1)}{20} \right)$$

- Faktor distribusi c = 0.8

Hasil ketebalan tertipis akan menjadi ketebalan yang di pakai. Namun harus ketebalan yang menghasilkan total kerusakan akibat fatik dan erosi harus  $\leq 100\%$ . Tebal tersebut nantinya akan menjadi tebal perkerasan kaku yang direncanakan.

B. Data Lalu Lintas (*Traffic*) Batas Segmen Medan-Lubuk Pakam Lihat Tabel 4.1.

C. Analisa Lalu-Lintas Lihat Tabel 4.2.

D. Perhitungan Repetisi Sumbu yang Terjadi Lihat Tabel 4.3.

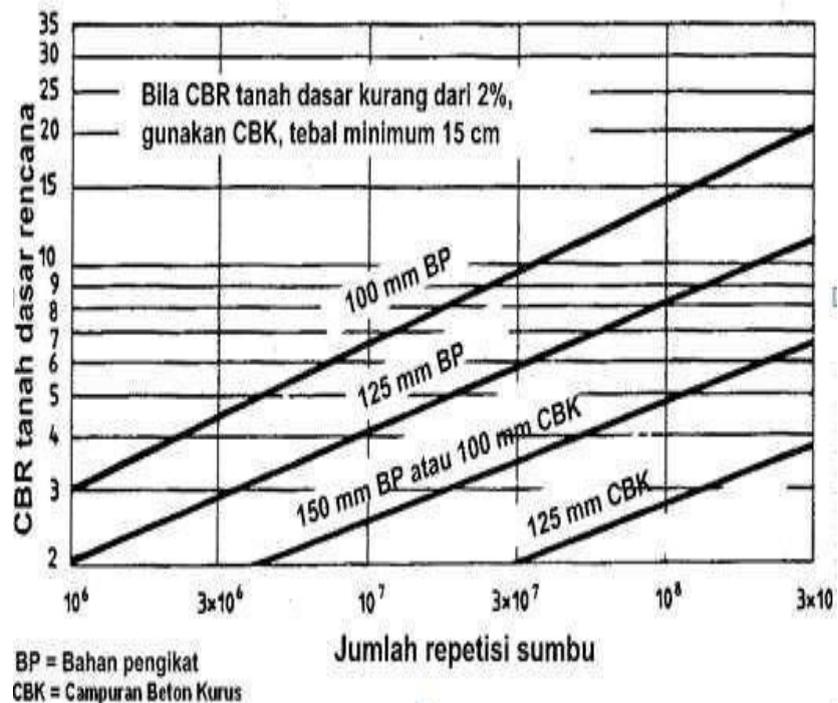
E. Perhitungan Tebal Pelat Beton Lihat Tabel 4.4.

Sumber data beban : Hasil *survey FWD*

Jenis perkerasan : Beton bertulang tanpa tulangan (BBTT)  
 Jenis bahu : *Granular* dipadatkan  
 Umur rencana : 20 tahun  
 JSK : 21,610,377  
 Faktor keamanan beban : 1.10  
 Kuat tekan beton ( $f_c$ ) umur 26 hari: 400 kg/cm<sup>2</sup>  $f_s$  45 kg/cm<sup>2</sup>  
 Kuat tarik lentur beton ( $f_c$ ) umur 28 hari: 4.4 Mpa  
 Jenis dan tebal lapis pondasi: *Flowable Fill (Mortar Base)* Tebal 10-20 cm  
 Kuat tekan lapis pondasi ( $f_c$ ) umur 28 hari: 150 psi  
 CBR tanah dasar: 3.1 %  
 CBR efektif: 43%  
 Tebal taksiran pelat beton: 30 cm (Asumsi)

F. Kontrol Analisa Fatik dan Erosi Lihat Tabel 4.5.

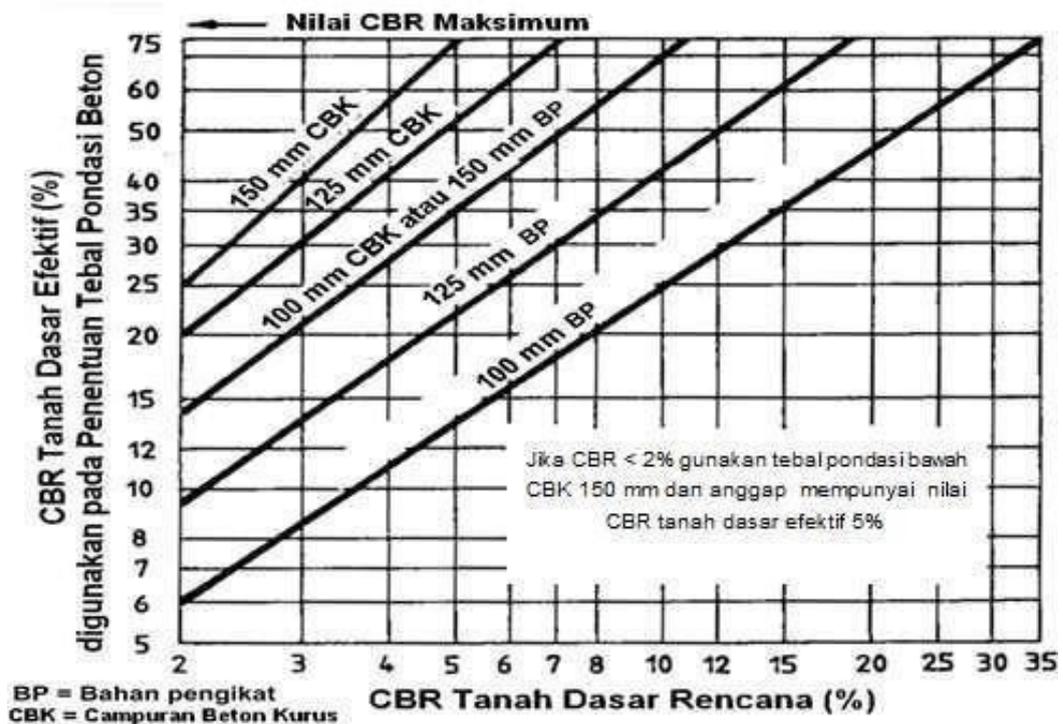
Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dan CBR tanah dasar efektif dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 : Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen.

Lapis pondasi ini terletak di antara tanah dasar dan pelat beton semen mutu tinggi. Sebagai bahan *subbase* dapat digunakan *unbound granular* (sirtu) atau *bound granular* (*CTSB, cement treated subbase*). Pada umumnya fungsi lapisan ini tidak terlalu struktural, maksudnya keberadaan dari lapisan ini tidak untuk menyumbangkan nilai struktur perkerasan beton semen. Fungsi utama dari lapisan ini adalah sebagai lantai kerja yang rata dan *uniform*. Apabila *subbase* tidak rata, maka pelat beton juga tidak rata. Bahan pondasi bawah dapat berupa:

- Bahan berbutir.
- Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*).
- Campuran beton kurus (*Lean-Mix Concrete*).

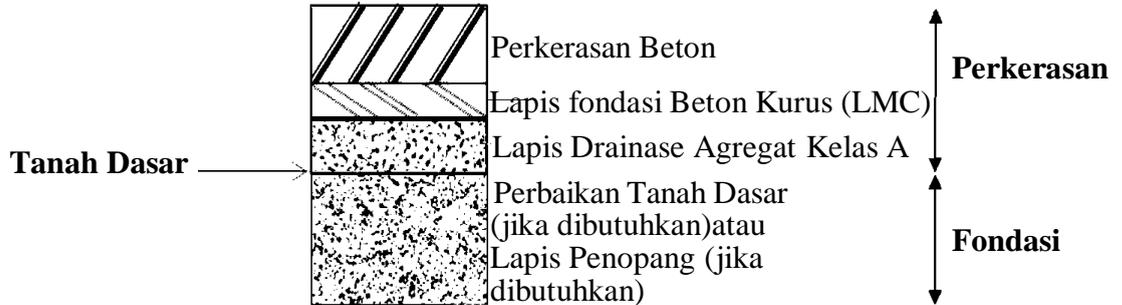


Gambar 4.2 : CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah.

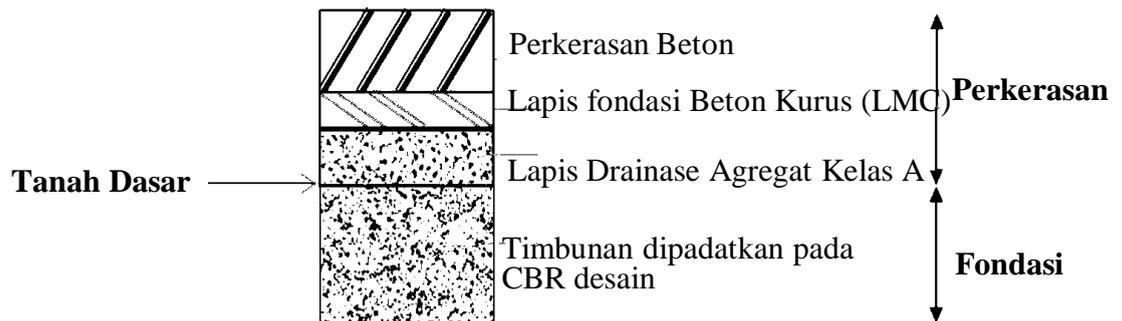
Tanah dasar adalah bagian dari permukaan badan jalan yang dipersiapkan untuk menerima konstruksi di atasnya yaitu konstruksi perkerasan. Tanah dasar ini berfungsi sebagai penerima beban lalu lintas yang telah disalurkan/ disebarkan oleh konstruksi perkerasan. Persyaratan yang harus dipenuhi dalam penyiapan tanah dasar (*subgrade*) adalah lebar, kerataan, kemiringan melintang keseragaman daya dukung dan keseragaman kepadatan. Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian *CBR* insitu sesuai dengan Pd T-14-2017 atau *CBR* laboratorium sesuai dengan Pd T-14-2017, masing-masing untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Apabila tanah dasar mempunyai nilai *CBR* lebih kecil dari 2 %, maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai *CBR* tanah dasar efektif 5 %. Pada konstruksi perkerasan kaku fungsi tanah dasar tidak terlalu menentukan, dalam arti kata bahwa perubahan besarnya daya dukung tanah dasar tidak berpengaruh terlalu besar pada nilai konstruksi (tebal) perkerasan kaku.

Tipikal struktur perkerasan dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut ini:

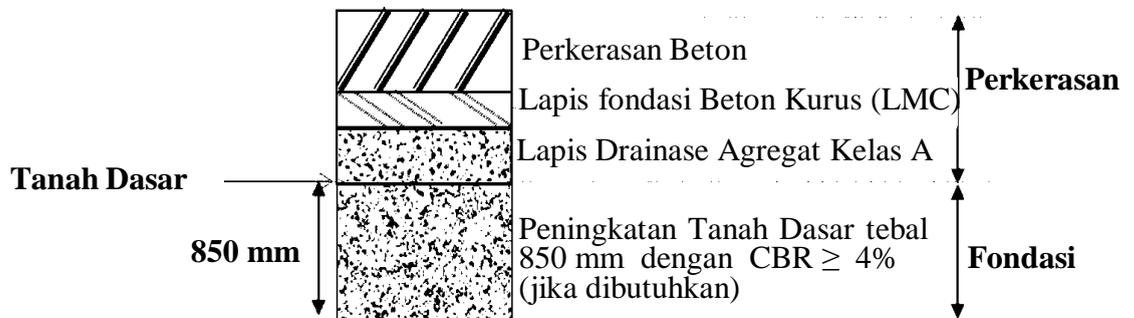
1. Perkerasan Kaku pada Permukaan Tanah Asli (At Grade)



2. Perkerasan Kaku Pada Timbunan



3. Perkerasan Kaku Pada Galian



Gambar 4.3 Tipikal Struktur Perkerasan Kaku.

Tabel 4.1: Data lalu-lintas berdasarkan pertumbuhan lalu-lintas.

Jenis kendaraan	Golongan Kendaraan	Jumlah Sb	Tahun 2023
Mobil penumpang	2, 3, 4	2	13429
Bus ringan 1.2	5A	2	192
Bus besar 1.2	5B	2	267
Truk ringan 1.2	6A	2	399
Truk berat 1.2	6B	2	2114
Truk tandem 1.22	7A2	2	1252
Truk gandengan 1.2-2	7A1	3	19
Truk trailer 1.2-22	7C1	3	268
Truk trailer 1.22-22	7C2a	3	30
Truk trailer 1.2-222	7C2b	3	54
Truk trailer1.22-222	7C3	3	126

Data LHR yang digunakan yaitu data lalu-lintas tahun 2023. Data ini diperoleh dari hasil survei lalu lintas pada ruas jalan Tol Cisumdawu yang dilakukan oleh instansi terkait.

Dari data LHR yang ada dapat diprediksi nilai pertumbuhan lalu lintas yang akan terjadi. Setelah mengetahui prediksi nilai pertumbuhan lalu lintas maka dapat diprediksi jumlah kendaraan yang akan melintas selama umur rencana (20 tahun). Data LHR Jalan Tol Cisumdawu tahun 2023 sampai dengan tahun 2043 dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2: Data lalu-lintas berdasarkan pertumbuhan lalu-lintas.

Jenis kendaraan	Golongan Kendaraan	Jumlah Sb	Tahun 2023	Tahun 2028	Tahun 2033	Tahun 2038	Tahun 2043
Mobil penumpang	2, 3, 4	2	13429	17139	20852	25370	30867
Bus ringan 1.2	5A	2	192	245	298	362	440
Bus besar 1.2	5B	2	267	340	414	504	613
Truk ringan 1.2	6A	2	399	509	620	754	917
Truk berat 1.2	6B	2	2114	2698	3282	3993	4858
Truk tandem 1.22	7A2	2	1252	1597	1943	2365	2877
Truk gandengan 1.2-2	7A1	3	19	24	29	36	43
Truk trailer 1.2-22	7C1	3	268	342	416	506	615
Truk trailer 1.22-22	7C2a	3	30	39	47	58	70
Truk trailer 1.2-222	7C2b	3	54	68	83	101	123
Truk trailer 1.22-222	7C3	3	126	161	196	238	290

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat kita analisis data lalu-lintas berdasarkan pertumbuhan lalu-lintas (*WIM*). Menghitung kumulatif beban (*ESA5*) untuk umur rencana 20 tahun (2023-2043) dengan menggunakan *VDF* dan angka lalu-lintas regional.

Tabel 4.3 Perkiraan Kumulatif Beban Lalu Lintas *ESA5*

Golongan Kendaraan	LHR 2023	LHR 2027	VDF5 Faktual	VDF5 Normal	ESA5 ("23-26")	ESA5 ("27-43")
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
2,3,4	13429	15710	-	-	-	-
5A	192	224,6	-	-	-	-
5B	267	312,35	1,0	1,0	7,7.E+02	9.E+02
6A	399	466,77	0,5	0,5	1,2.E+03	1,4.E+03
6B	2114	2473,08	9,2	5,1	6,1.E+03	7,2.E+03
7A2	1252	1464,66	19,0	5,6	3,6.E+03	4,2.E+03
7A1	19	22,23	14,4	6,4	5,5.E+01	6,4.E+01
7C1	268	313,52	19,8	9,7	7,8.E+02	9.E+02
7C2a	30	35,1	33,0	10,2	8,6.E+01	1.E+02
7C2b	54	63,17	24,2	8,5	1,6.E+02	1,8.E+02
7C3	126	147,4	34,4	7,7	3,6.E+02	4,3.E+02
Jumlah <i>ESA5</i>					1,3.E+04	1,5.E+04
<b>CESA5</b> ("23-43")					2,8.E+04	

Laju Pertumbuhan lalu-lintas pada tahun 2023-2043 adalah :

$$\text{Persentase pertumbuhan} = \frac{LHR\ 2027 - LHR\ 2023}{LHR\ 2023} \times 100\%$$

$$\text{Persentase pertumbuhan} = \frac{15710 - 13429}{13429} \times 100\%$$

$$\text{Persentase pertumbuhan} = 0.17 \times 100\%$$

$$\text{Persentase pertumbuhan} = 17\%$$

Laju pertumbuhan lalu-lintas pertahun 5% (Tabel 3.3) tahun 2023-2026 dan 4% (Tabel 3.3) tahun 2027-2043. Maka perhitungan data pada tabel diatas adalah sebagai berikut.

#### 1. LHR

Data awal pada tahun 2023; tahun pertama setelah pembukaan untuk lalu lintas 2027 (4 tahun setelah 2023).

$$\text{LHR}_{2027} = \text{LHR}_{2023} \times (1 + 0,04)^4$$

- Pada jenis kendaraan Mobil penumpang (2,3,4)

$$\text{LHR}_{2027} = \text{LHR}_{2023} \times (1 + 0,04)^4$$

$$\text{LHR}_{2027} = 13429 \times (1 + 0,04)^4$$

$$\text{LHR}_{2027} = 15710$$

- Pada jenis kendaraan Bus ringan 1.2 (5A)

$$\text{LHR}_{2027} = \text{LHR}_{2023} \times (1 + 0,04)^4$$

$$\text{LHR}_{2027} = 192 \times (1 + 0,04)^4$$

$$\text{LHR}_{2027} = 224,6$$

- Pada jenis kendaraan Bus besar 1.2 (5B)

$$\text{LHR}_{2027} = \text{LHR}_{2023} \times (1 + 0,04)^4$$

$$\text{LHR}_{2027} = 267 \times (1 + 0,04)^4$$

$$\text{LHR}_{2027} = 312,35$$

- Pada jenis kendaraan Truk ringan 1.2 (6A)

$$\text{LHR}_{2027} = \text{LHR}_{2023} \times (1 + 0,04)^4$$

$$\text{LHR}_{2027} = 399 \times (1 + 0,04)^4$$

$$\text{LHR}_{2027} = 466,77$$

- Pada jenis kendaraan Truk berat 1.2 (6B)

$$\text{LHR}_{2027} = \text{LHR}_{2023} \times (1 + 0,04)^4$$

$$\text{LHR}_{2027} = 2114 \times (1 + 0,04)^4$$

$$\text{LHR}_{2027} = 2473,08$$

- Pada jenis kendaraan Truk tandem 1.22 (7A2)

$$\text{LHR}_{2027} = \text{LHR}_{2023} \times (1 + 0,04)^4$$

$$\text{LHR}_{2027} = 1252 \times (1 + 0,04)^4$$

$$\text{LHR}_{2027} = 1464,66$$

- Pada jenis kendaraan Truk gandengan 1.2-2 (7A1)  
 $LHR_{2027} = LHR_{2023} \times (1 + 0,04)^4$   
 $LHR_{2027} = 19 \times (1 + 0,04)^4$   
 $LHR_{2027} = 22,23$
- Pada jenis kendaraan Truk trailer 1.2-22 (7C1)  
 $LHR_{2027} = LHR_{2023} \times (1 + 0,04)^4$   
 $LHR_{2027} = 268 \times (1 + 0,04)^4$   
 $LHR_{2027} = 313,52$
- Pada jenis kendaraan Truk trailer 1.22-22 (7C2a)  
 $LHR_{2027} = LHR_{2023} \times (1 + 0,04)^4$   
 $LHR_{2027} = 30 \times (1 + 0,04)^4$   
 $LHR_{2027} = 35,1$
- Pada jenis kendaraan Truk trailer 1.2-222 (7C2b)  
 $LHR_{2027} = LHR_{2023} \times (1 + 0,04)^4$   
 $LHR_{2027} = 54 \times (1 + 0,04)^4$   
 $LHR_{2027} = 63,17$
- Pada jenis kendaraan Truk trailer 1.22-222 (7C3)  
 $LHR_{2027} = LHR_{2023} \times (1 + 0,04)^4$   
 $LHR_{2027} = 126 \times (1 + 0,04)^4$   
 $LHR_{2027} = 147,4$

## 2. VDF5 Faktual dan VDF5 Normal

Jenis kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua				
	Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0	3,0
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	16,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-	-
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0	6,0
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13,7	21,6	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0	8,0
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-	-
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	28,8	9,3	13,5	-	-	-	-	-
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-	-

Gambar 4.4 nilai VDF masing-masing jenis kendaraan niaga

Sumber : MDP 2017

VDF5 Faktual dan VDF5 Normal dapat dilihat pada gambar tabel diatas, untuk pilihannya yaitu Jawa.

### 3. ESA5 (,23-,26)

- Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas  $R_{(2023-2026)}$  dihitung dari formula

$$R = \frac{(1+0,01 i)^{UR-1}}{0,01 i} \text{ dengan UR yaitu 4 tahun.}$$

$$R_{(2023-2026)} = \frac{(1+0,01 \times 25,311)^4-1}{0,01 \times 25,311} = 5,791$$

- $ESA5 (,23-,26) = LHR\ 2023 \times VDF5\ Faktual \times 0,50 \times 1 \times R_{(2023-2026)}$

- Pada jenis kendaraan Bus besar 1.2 (5B)

$$ESA5 (,23-,26) = 267 \times 1,0 \times 0,50 \times 1 \times 5,791$$

$$ESA5 (,23-,26) = 773,1$$

- Pada jenis kendaraan Truk ringan 1.2 (6A)

$$ESA5 (,23-,26) = 399 \times 1,0 \times 0,50 \times 1 \times 5,791$$

$$ESA5 (,23-,26) = 1155,3045$$

- Pada jenis kendaraan Truk berat 1.2 (6B)

$$ESA5 (,23-,26) = 2114 \times 1,0 \times 0,50 \times 1 \times 5,791$$

$$ESA5 (,23-,26) = 6121,087$$

- Pada jenis kendaraan Truk tandem 1.22 (7A2)

$$ESA5 (,23-,26) = 1252 \times 1,0 \times 0,50 \times 1 \times 5,791$$

$$ESA5 (,23-,26) = 3625,166$$

- Pada jenis kendaraan Truk gandengan 1.2-2 (7A1)

$$ESA5 (,23-,26) = 19 \times 1,0 \times 0,50 \times 1 \times 5,791$$

$$ESA5 (,23-,26) = 55,0145$$

- Pada jenis kendaraan Truk trailer 1.2-22 (7C1)

$$ESA5 (,23-,26) = 268 \times 1,0 \times 0,50 \times 1 \times 5,791$$

$$ESA5 (,23-,26) = 775,994$$

- Pada jenis kendaraan Truk trailer 1.22-22 (7C2a)

$$ESA5 (,23-,26) = 30 \times 1,0 \times 0,50 \times 1 \times 5,791$$

$$ESA5 (,23-,26) = 86,865$$

- Pada jenis kendaraan Truk trailer 1.2-222 (7C2b)

$$\text{ESA5 } (,23-,26) = 54 \times 1,0 \times 0,50 \times 1 \times 5,791$$

$$\text{ESA5 } (,23-,26) = 156,357$$

- Pada jenis kendaraan Truk trailer 1.22-222 (7C3)

$$\text{ESA5 } (,23-,26) = 126 \times 1,0 \times 0,50 \times 1 \times 5,791$$

$$\text{ESA5 } (,23-,26) = 364,833$$

#### 4. ESA5 (,27-,43)

- Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas  $R_{(2027-2043)}$  dihitung dari formula

$$R = \frac{(1+0,01 i)^{UR}-1}{0,01 i} \text{ dengan UR yaitu 16 tahun.}$$

$$R_{(2027-2043)} = \frac{(1+0,01 \times 25,311)^{16}-1}{0,01 \times 25,311} = 142,105$$

- $\text{ESA5 } (,27-,43) = \text{LHR } 2027 \times \text{VDF5 Normal} \times 0,50 \times 1 \times R_{(2027-2043)}$

- Pada jenis kendaraan Bus besar 1.2 (5B)

$$\text{ESA5 } (,27-,43) = 312,35 \times 1,0 \times 0,50 \times 1 \times 5,791$$

$$\text{ESA5 } (,27-,43) = 904,4$$

- Pada jenis kendaraan Truk ringan 1.2 (6A)

$$\text{ESA5 } (,27-,43) = 466,77 \times 1,0 \times 0,50 \times 1 \times 5,791$$

$$\text{ESA5 } (,27-,43) = 1351,53$$

- Pada jenis kendaraan Truk berat 1.2 (6B)

$$\text{ESA5 } (,27-,43) = 2473,08 \times 1,0 \times 0,50 \times 1 \times 5,791$$

$$\text{ESA5 } (,27-,43) = 7160,8$$

- Pada jenis kendaraan Truk tandem 1.22 (7A2)

$$\text{ESA5 } (,27-,43) = 1464,66 \times 1,0 \times 0,50 \times 1 \times 5,791$$

$$\text{ESA5 } (,27-,43) = 4240,9$$

- Pada jenis kendaraan Truk gandengan 1.2-2 (7A1)

$$\text{ESA5 } (,27-,43) = 22,23 \times 1,0 \times 0,50 \times 1 \times 5,791$$

$$\text{ESA5 } (,27-,43) = 64,37$$

- Pada jenis kendaraan Truk trailer 1.2-22 (7C1)

$$\text{ESA5 } (,27-,43) = 313,52 \times 1,0 \times 0,50 \times 1 \times 5,791$$

$$\text{ESA5 } (,27-,43) = 907,8$$

- Pada jenis kendaraan Truk trailer 1.22-22 (7C2a)

$$ESA5 (,27-,43) = 35,1 \times 1,0 \times 0,50 \times 1 \times 5,791$$

$$ESA5 (,27-,43) = 101,63$$

- Pada jenis kendaraan Truk trailer 1.2-222 (7C2b)

$$ESA5 (,27-,43) = 63,17 \times 1,0 \times 0,50 \times 1 \times 5,791$$

$$ESA5 (,27-,43) = 182,9$$

- Pada jenis kendaraan Truk trailer 1.22-222 (7C3)

$$ESA5 (,27-,43) = 147,4 \times 1,0 \times 0,50 \times 1 \times 5,791$$

$$ESA5 (,27-,43) = 426,8$$

#### Bagan Desain – 4 Perkerasan Kaku Untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Berat

(Persyaratan desain perkerasan kaku dengan sambungan dan ruji (*dowel*) serta bahu beton (*tied shoulder*), dengan atau tanpa tulangan distribusi retak)

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat ( <i>overloaded</i> ) (10E6)	< 4.3	< 8.6	< 25.8	< 43	< 86
Dowel dan bahu beton			Ya		
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Fondasi LMC			100		
Lapis Drainase (dapat mengalir dengan baik)			150		

Tabel 4.4: Perhitungan jumlah sumbu berdasarkan jenis dan bebannya.

Jenis kendaraan	Konfigurasi beban sumbu (Ton)						Jumlah kendaraan (bh)	Jumlah sumbu / kendaraan	Jumlah sumbu	STRT		STRG		STdRG		STrRG	
	RD	RB	RGD	RGB	RGD	RGB				BS	JS	BS	JS	BS	JS	BS	JS
1	2						3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Mobil penumpang	1.26	1.32					30867	2	61733	1.26 1.32	30867 30867						
Bus ringan 1.2	1.37	2.44					440	2	881	1.37	440	2.44	440				
Bus besar 1.2	3.55	4.06					613	2	1226	3.55	613	4.06	613				
Truk ringan 1.2	3.56	6.69					917	2	1834	3.56	917	6.69	917				
Truk berat 1.2	4.57	9.22					4858	2	9716	4.57	4858	9.22	4858				
Truk tandem 1.22	4.11	7.98	8.03				2877	2	5754	4.11	2877	0.00	0.00	16.02	2877		
Truk gandengan 1.2-2	4.14	7.63	8.54				43	3	130	4.14	43	7.63 8.54	43 43				
Truk trailer 1.2-22	4.67	9.40	7.59	7.67			615	3	1846	4.67	615	9.40	615	15.26	615		
Truk trailer 1.22-22	4.02	9.95	9.73	9.682	9.79		70	3	210	4.02	70	0.00	0.00	19.67 19.47	70 70		
Truk trailer 1.2-222	5.03	11.07	8.51	8.92	9.02		123	3	369	5.03	123	11.07	123			26.45	123
Truk trailer 1.22-222	5.28	11.99	11.89	10.08	10.15	10.14	290	3	869	5.28	290			23.87	290	30.37	290
Jumlah							41714		84569	0,455			0,714	0,619		0,474	

Berikut ini keterangan olahan data pada Tabel 4.4 yaitu :

RD = roda depan

RB = roda belakang

RGD = roda gandeng depan

RGB = roda gandeng belakang

BS = beban sumbu

JS = jumlah sumbu

STRT = sumbu tunggal roda tunggal

STRG = sumbu tunggal roda ganda

STdRG= sumbu tandem roda ganda

- Berikut ini perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas :

$$UR = 20$$

$$i = 4\%$$

$$\text{sehingga, } R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{e^{\log(1+i)}}$$

$$R = 25,311\%$$

- Jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama umur rencana 20 tahun.

$$\begin{aligned} \text{JSKN} &= 365 \times \text{JSKNH} \times R \times c \\ &= 30,86777 \times 10^6 \end{aligned}$$

$$\text{JSKN rencana} = 21,607,438 \times 10^6$$

Tabel 4.5 Perhitungan repetisi sumbu yang terjadi

Jenis Kendaraan	LHR Survei	Satuan
Mobil penumpang (2,58 ton)	30867	Kend/hari
Bus ringan 1.2 (3,81 ton)	440	Kend/hari
Bus besar 1.2 (7,61 ton)	613	Kend/hari
Truk ringan 1.2 (10,25 ton)	917	Kend/hari
Truk berat 1.2 (13,79 ton)	4858	Kend/hari
Truk tandem 1.22 (20,12 ton)	2877	Kend/hari
Truk gandengan 1.2-2 (20,31 ton)	43	Kend/hari
Truk trailer 1.2-22 (29,33 ton)	615	Kend/hari

Truk trailer 1.22-22 (43,172 ton)	70	Kend/hari
Truk trailer 1.2-222 (42,55 ton)	123	Kend/hari
Truk trailer 1.22-222 (59,53 ton)	290	Kend/hari

Seperti pada tabel 4.4, didapat jumlah sumbu dari jumlah kendaraan (3) dikalikan dengan jumlah sumbu kendaraan (4) :

- Pada jenis kendaraan mobil penumpang (2, 3, 4)  
 Jumlah sumbu kendaraan =  $30867 \times 2$   
 = 61733
- Pada jenis kendaraan Bus ringan 1.2 (5A)  
 Jumlah sumbu kendaraan =  $440 \times 2$   
 = 881
- Pada jenis kendaraan Bus besar 1.2 (5B)  
 Jumlah sumbu kendaraan =  $613 \times 2$   
 = 1226
- Pada jenis kendaraan Truk ringan 1.2 (6A)  
 Jumlah sumbu kendaraan =  $917 \times 2$   
 = 1834
- Pada jenis kendaraan Truk berat 1.2 (6B)  
 Jumlah sumbu kendaraan =  $4858 \times 2$   
 = 9716
- Pada jenis kendaraan Truk tandem 1.22 (7A2)  
 Jumlah sumbu kendaraan =  $2877 \times 2$   
 = 5754
- Pada jenis kendaraan Truk gandengan 1.2-2 (7A1)  
 Jumlah sumbu kendaraan =  $43 \times 3$   
 = 130
- Pada jenis kendaraan Truk trailer 1.2-22 (7C1)  
 Jumlah sumbu kendaraan =  $615 \times 3$   
 = 1846

- Pada jenis kendaraan Truk trailer 1.22-22 (7C2a)  
 Jumlah sumbu kendaraan =  $70 \times 3$   
 $= 210$
- Pada jenis kendaraan Truk trailer 1.2-222 (7C2b)  
 Jumlah sumbu kendaraan =  $123 \times 3$   
 $= 369$
- Pada jenis kendaraan Truk trailer 1.22-222 (7C3)  
 Jumlah sumbu kendaraan =  $290 \times 3$   
 $= 869$

Sehingga jumlah semua kendaraan = 41714 dan jumlah akhir sumbu = 84569.

Repetisi beban sumbu dengan mempertimbangkan kemungkinan terjadinya kelebihan beban (*overload*) pada ruas jalan yang ditinjau. Kelebihan beban diperkirakan sebesar 10% dari beban rencana. Berdasarkan data-data pada Tabel 4.4 maka dapat dihasilkan repetisi sumbu rencana pada Tabel 4.6 yang telah sesuai dengan perhitungan peneliti.

- a. Beban Sumbu (ton) : dari yang terbesar bebannya sampai terkecil.
- b. Jumlah Sumbu : cari di JS dengan menjumlahkan keseluruhan sesuai beban yang dicari, contohnya pada beban sumbu 5,28 ton terdapat 1 beban yaitu 290 ton.
- c. Proporsi Beban : dari semua jumlah sumbu perbagian di bagi total persetiap jumlah sumbu, contohnya  $\frac{290}{72580} = 0,004$
- d. Proporsi Sumbu : Total setiap jenis sumbu dibagi dari total keseluruhan jenis sumbu.

Sehingga dihasilkan repetisi yang terjadi dengan rumus sebagai berikut:

Repetisi yang terjadi = Proporsi beban x Proporsi sumbu x Lalu-lintas rencana

- STRT  
 Jumlah sumbu = 0,455  
 Proporsi beban = 1.00
- STRG  
 Jumlah sumbu = 0,714  
 Proporsi beban = 1.00

- STdRG

Jumlah sumbu = 0,619

Proporsi beban = 1.00

- STrRG

Jumlah sumbu = 0,474

Proporsi beban = 1.00

Perhitungan repetisi beban sumbu tiap jenis sumbu kendaraan selama umur rencana untuk dianalisa apakah mengalami kegagalan fatik atau kegagalan erosi dalam melayani JSKN selama umur rencana. Repetisi yang terjadi merupakan hasil kali antara proporsi beban, proporsi sumbu dan lalu lintas rencana. Perhitungan repetisi sumbu rencana didapat dari JSKNH dikali dengan Proporsi Sumbu dikali dengan Proporsi Beban, perhitungan Proporsi Beban didapat dari Jumlah sumbu dalam satu kelompok beban dibagi dengan Jumlah total sumbu dalam satu tipe sumbu, dan proporsi sumbu didapat dari Jumlah sumbu dalam satu tipe sumbu kendaraan dibagi dengan Jumlah total semua jenis sumbu kendaraan. Hasil perhitungan repetisi beban sumbu kendaraan adalah sebesar 21.610.377 yang diperlihatkan pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6: Perhitungan repetisi sumbu rencana.

Jenis sumbu	Beban sumbu (Ton)	Jumlah sumbu	Proporsi beban	Proporsi sumbu	Lalu-lintas rencana	Repetisi yang terjadi (7) = (4)*(5)*(6)
1	2	3	4	5	6	7
STRT	5.28	290	0.004	0.859	21,607,438	74,243
	5.03	123	0.002	0.859	21,607,438	37,122
	4.67	615	0.008	0.859	21,607,438	148,486
	4.57	4858	0.067	0.859	21,607,438	1,243,573
	4.14	43	0.001	0.859	21,607,438	18,561
	4.11	2877	0.040	0.859	21,607,438	742,432
	4.02	70	0.001	0.859	21,607,438	18,561
	3.56	917	0.013	0.859	21,607,438	241,290
	3.55	613	0.008	0.859	21,607,438	148,486
	1.37	440	0.006	0.859	21,607,438	111,365
	1.32	30867	0.425	0.859	21,607,438	7,888,336
1.26	30867	0.425	0.859	21,607,438	7,888,336	
TOTAL		72580	1.00			
STRG	11.07	123	0.016	0.090	21,607,438	31,115
	9.40	615	0.081	0.090	21,607,438	157,518
	9.22	4858	0.638	0.090	21,607,438	1,240,699
	7.63	43	0.006	0.090	21,607,438	11,668
	6.69	917	0.121	0.090	21,607,438	235,305
	4.06	613	0.081	0.090	21,607,438	157,518
	2.44	440	0.058	0.090	21,607,438	112,791
TOTAL		7611	1.00			

Tabel 4.6: *Lanjutan.*

Jenis sumbu	Beban sumbu (Ton)	Jumlah sumbu	Proporsi beban	Proporsi sumbu	Lalu-lintas rencana	Repetisi yang terjadi (7) = (4)*(5)*(6)
1	2	3	4	5	6	7
STdRG	23.87	290	0.074	0.046	21,607,438	73,552
	19.67	70	0.018	0.046	21,607,438	17,891
	19.47	70	0.018	0.046	21,607,438	17,891
	16.02	2877	0.734	0.046	21,607,438	729,554
	15.26	615	0.157	0.046	21,607,438	156,049
TOTAL		3922	1.00			
STrRG	30.37	290	0.702	0.005	21,607,438	75,842
	26.45	123	0.298	0.005	21,607,438	32,195
TOTAL		413	1.00			
GRAND TOTAL (Komulatif)		84526	1.00			21,610,377 (2.16 x 10 <sup>7</sup> )

Untuk mendapatkan nilai repetisi ijin maka diharuskan untuk menentukan nilai tegangan ekuivalen (TE) dan faktor erosi (FE). Nilai tegangan ekuivalen digunakan untuk menentukan faktor rasio tegangan pelat beton. Nilai tegangan ekuivalen dan faktor erosi untuk perkerasan dengan bahu beton dapat dilihat pada Tabel 4.7. Sehingga grand total (komulatif) jumlah sumbu adalah 84526 dan repetisi yang terjadi adalah 21,610,377 (2.16 x 10<sup>7</sup>).

Tabel 4.7: Tegangan ekuivalen dan faktor erosi untuk perkerasan dengan bahu beton.

Tebal <i>Slab</i>  (mm)	<i>CBR</i> Efektif Tanah Dasar  (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji / Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
300	5	0.49	0.86	0.79	0.58	1.57	2.17	2.42	2.52	1.32	1.93	2.16	2.32
300	10	0.48	0.81	0.73	0.55	1.55	2.15	2.36	2.44	1.30	1.91	2.10	2.24
300	15	0.47	0.78	0.70	0.53	1.53	2.14	2.33	2.40	1.29	1.89	2.07	2.20
300	20	0.46	0.77	0.69	0.52	1.52	2.13	2.31	2.37	1.28	1.88	2.05	2.18
300	25	0.48	0.76	0.67	0.51	1.51	2.12	2.29	2.35	1.27	1.87	2.03	2.15
300	35	0.46	0.73	0.64	0.49	1.49	2.10	2.25	2.30	1.25	1.85	1.99	2.09
<b>300</b>	<b>43</b>	<b>0.455</b>	<b>0.714</b>	<b>0.619</b>	<b>0.474</b>	1.485	2.089	2.223	2.268	<b>1.239</b>	<b>1.839</b>	<b>1.969</b>	<b>2.058</b>
<b>300</b>	<b>50</b>	<b>0.45</b>	<b>0.70</b>	<b>0.60</b>	<b>0.46</b>	1.48	2.08	2.20	2.24	<b>1.23</b>	<b>1.83</b>	<b>1.95</b>	<b>2.03</b>
300	75	0.45	0.67	0.57	0.45	1.46	2.06	2.15	2.17	1.21	1.81	1.90	1.95

Faktor erosi yang digunakan adalah dengan ruji/ beton bertulang, dikarenakan perbandingan antara beton yang menggunakan ruji dan tidak menggunakan ruji memiliki perbandingan faktor erosi yang berbeda, yang dimana faktor erosi untuk perkerasan dengan bahu beton menggunakan ruji memiliki faktor erosi yang lebih kecil, sedangkan untuk perkerasan tanpa adanya ruji memiliki faktor erosi yang lebih besar.

Kemudian melakukan analisis fatik dan erosi berdasarkan perhitungan beban rencana per roda, faktor tegangan dan erosi, repetisi ijin fatik dan erosi serta persen rusak fatik dan erosi. Persen rusak fatik dan erosi diperoleh dari hasil pembagian repetisi yang terjadi dengan repetisi ijin dan dikalikan dengan 100%. Hasil dari persen rusak fatik dan erosi pada masing-masing sumbu diakumulasi. Apabila total persen rusak fatik dan erosi > 100%, maka dihitung ulang dengan mempertebal pelat beton perkerasan sedangkan apabila persentase rusak fatik dan erosi ≤ 100%, maka dapat digunakan sebagai tebal pelat beton perkerasan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.8 di bawah ini.

Tabel 4.8: Analisa fatik dan erosi.

Jenis sumbu	Beban sumbu (ton)	Beban sumbu (kN)	F <sub>KB</sub> (Tabel 2.3)	Beban rencana per-roda (kN)	Repetisi yang terjadi	Faktor tegangan dan erosi			Analisa fatik		Analisa erosi		
						TE	FRT	FE	Repetisi ijin	Persen rusak (%)	Repetisi ijin	Persen rusak (%)	
(1)	(2)	(2a)	(2b)	(3)	(4)	(5a)	(5b)	(5c)	(6)	(7)=(4)x100/(6)	(8)	(9)=(4)x100/(8)	
STRT	5.28	51.81	1.10	28	74243	0.455	0.103	1.239	TT	0.007	TT	0.001	
	5.03	49.33	1.10	27	37122	0.455	0.103	1.239	TT	0.004	TT	0.000	
	4.67	45.79	1.10	25	148486	0.455	0.103	1.239	TT	0.015	TT	0.001	
	4.57	44.83	1.10	25	1243573	0.455	0.103	1.239	TT	0.124	TT	0.012	
	4.14	40.63	1.10	22	18561	0.455	0.103	1.239	TT	0.002	TT	0.000	
	4.11	40.30	1.10	22	742432	0.455	0.103	1.239	TT	0.074	TT	0.007	
	4.02	39.43	1.10	22	18561	0.455	0.103	1.239	TT	0.002	TT	0.000	
	3.56	34.89	1.10	19	241290	0.455	0.103	1.239	TT	0.024	TT	0.002	
	3.55	34.81	1.10	19	148486	0.455	0.103	1.239	TT	0.015	TT	0.001	
	1.37	13.40	1.10	7	111365	0.455	0.103	1.239	TT	0.011	TT	0.001	
	1.32	12.96	1.10	7	7888336	0.455	0.103	1.239	TT	0.789	TT	0.079	
	1.26	12.34	1.10	7	7888336	0.455	0.103	1.239	TT	0.789	TT	0.079	
										TT		TT	

1.2	11.07	108.58	1.10	60	31115	0.714	0.161	1.839	TT	0.311	TT	0.889
	9.40	92.19	1.10	51	157518	0.714	0.161	1.839	TT	1.575	TT	4.501
1.3	9.22	90.44	1.10	50	1240699	0.714	0.161	1.839	TT	12.407	TT	35.449
	7.63	74.81	1.10	41	11668	0.714	0.161	1.839	TT	0.117	TT	0.333
STRG	6.69	65.63	1.10	36	235305	0.714	0.161	1.839	TT	2.353	TT	6.723
	4.06	39.81	1.10	22	157518	0.714	0.161	1.839	TT	1.575	TT	4.501
	2.44	23.96	1.10	13	112791	0.714	0.161	1.839	TT	1.128	TT	3.223

Tabel 4.8: *Lanjutan.*

Jenis sumbu	Beban sumbu (ton)	Beban sumbu (kN)	F <sub>KB</sub> (Tabel 2.3)	Beban rencana per roda (kN)	Repetisi yang terjadi	Faktor tegangan dan erosi			Analisa fatik		Analisa erosi	
						TE	FRT	FE	Repetisi ijin	Persen rusak (%)	Repetisi ijin	Persen rusak (%)
(1)	(2)	(2a)	(2b)	(3)	(4)	(5a)	(5b)	(5c)	(6)	(7)=(4)x100/(6)	(8)	(9)=(4)x100/(8)
STdRG	23.87	234.10	1.10	64	73552	0.619	0.153	1.969	TT	0.817	TT	1.471
	19.67	192.90	1.10	53	17891	0.619	0.153	1.969	TT	0.199	TT	0.358
	19.47	190.94	1.10	53	17891	0.619	0.153	1.969	TT	0.199	TT	0.358
	16.02	157.05	1.10	43	729554	0.619	0.153	1.969	TT	8.106	TT	14.591
	15.26	149.64	1.10	41	156049	0.619	0.153	1.969	TT	1.734	TT	3.121
STrRG	30.37	297.79	1.10	55	75842	0.474	0.118	2.058	TT	0.008	TT	12.640
	26.45	259.39	1.10	48	32195	0.474	0.118	2.058	TT	0.003	TT	5.366
TOTAL										32.388		93.707
										OK		OK

Dari hasil perhitungan analisa fatik dan erosi pada Tabel 4.8, diperoleh rusak fatik sebesar 32,388% sedangkan rusak akibat erosi sebesar 93,707%. Sehingga angka tersebut masih memenuhi persyaratan, karena kerusakan fatik maupun kerusakan akibat erosi tidak melebihi 100%. Nilai tersebut merupakan nilai aman dan tidak perlu dinaikkan untuk perhitungan tebal pelat beton. Berdasarkan perhitungan tersebut, ketebalan pelat beton memenuhi persyaratan untuk digunakan.

Untuk menentukan tebal perkerasan yang dipilih dapat digunakan atau tidak maka dilakukan analisa fatik dan erosi. Caranya yaitu dengan menentukan tebal pondasi bawah minimum dan CBR efektif. Tebal pondasi bawah minimum ditentukan oleh gambar diagram berdasarkan jumlah repetisi sumbu dan CBR tanah dasar rencana.

Nilai CBR efektif tanah dasar yang didapat adalah 43%. Kemudian penentuan tebal dengan menghitung tegangan ekivalen dan faktor erosi dengan menggunakan Tabel 4.7.

Menggunakan tebal pelat 30 cm :

- Menentukan Tegangan Ekivalen ( TE ) dan Faktor Erosi (FE)

Nilai Tegangan Ekivalen dan Faktor Erosi dengan nilai CBR efektif = 43% dicari dengan cara interpolasi, dengan ruji. Contoh interpolasi untuk mencari nilai Tegangan Ekivalen dengan CBR 43%, TE STRT = 0,455, FE STRT = 1,239 ; CBR 50%, TE STRT = 0,45, FE STRT = 1,23 didapat CBR 43% sebagai berikut:

Tegangan Ekivalen

$$TE_{STRT} = [0,455 + \left(\frac{46-43}{50-43}\right) (0,45 - 0,455)]$$

$$= 0,453$$

Tabel 4.9: *Perhitungan Tegangan Ekivalen (TE)*

TE STRT				TE STRG			
X1	43	Y1	0,455	X1	43	Y1	0,714
X	46	Y	0,453	X	46	Y	0,708
X2	50	Y2	0,45	X2	50	Y2	0,7

TE STdRG				TE STrRG			
X1	43	Y1	0,619	X1	43	Y1	0,474
X	46	Y	0,611	X	46	Y	0,468
X2	50	Y2	0,6	X2	50	Y2	0,46

Sumber : Hasil Perhitungan Penulis

Faktor Erosi

$$FE_{STRT} = [1,239 + \left(\frac{46-43}{50-43}\right) (1,23 - 1,239)]$$

$$= 1,235$$

Tabel 4.10: Perhitungan Faktor Erosi (FE)

FE STRT				FE STRG			
X1	43	Y1	1,239	X1	43	Y1	1,839
X	46	Y	1,235	X	46	Y	1,835
X2	50	Y2	1,23	X2	50	Y2	1,83

FE STdRG				TE STrRG			
X1	43	Y1	1,969	X1	43	Y1	2,058
X	46	Y	1,961	X	46	Y	2,046
X2	50	Y2	1,95	X2	50	Y2	2,03

Sumber : Hasil Perhitungan Penulis

- Menentukan Faktor Rasio Tegangan (FRT)

Pada Tabel 4.8: Tegangan ekivalen dan faktor erosi untuk perkerasan dengan bahu beton. Untuk menghitung Faktor Rasio Tegangan (FRT) digunakan rumus berikut:

$$FRT = \frac{TE}{f_{cf}}$$

Keterangan :

TE = Tegangan Ekivalen

f<sub>cf</sub> = asumsi kuat tarik lentur beton (f'cf) umur 28 hari = 4 Mpa

FRT = Faktor Rasio Tegangan;

FE = Faktor Erosi;

TT = Tidak Terbatas

Sehingga :

$$FRT_{STRT} = \frac{0,453}{4} = 0,11325$$

$$FRT_{STRG} = \frac{0,708}{4} = 0,177$$

$$FRT_{STdRG} = \frac{0,611}{4} = 0,15275$$

$$FRT_{STrRG} = \frac{0,468}{4} = 0,117$$

- Pada Tabel 4.8 didapatkan hasil Analisa fatik bahwa persen rusak  $32.388\% < 100\%$  dan pada Analisa erosi  $93.707 < 100\%$ . Maka tebal pelat beton 30 cm dapat digunakan.

#### 4.1.2 Menentukan Struktur Perkerasan

##### 1. Menentukan struktur fondasi

- Desain fondasi jalan minimum untuk CBR tanah dasar 3,1% didapatkan kelas kekuatan tanah dasar adalah SG3 dan untuk struktur perkerasan kaku berupa stabilitas semen dengan ketebalan 30 cm atau 300 mm.

**Bagian Desain – 2 Desain Fondasi Jalan Minimum<sup>(1)</sup>**

CBR Tanah dasar (%)	Kelas kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan lentur			Perkerasan kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun			Stabilisasi Semen <sup>(6)</sup>
			< 2	2 - 4	> 4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Divisi 5 – Pekerjaan Tanah)	Tidak diperlukan perbaikan			150 mm stabilisasi di atas 150 mm material timbunan pilihan.
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2,5		(pemadatan lapisan ≤	175	250	

Tanah ekspansif (potensi permukaan > 5%)		200 mm tebal gembur)	400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan diatas tanag lunak <sup>(2)</sup>	SG1 <sup>(3)</sup>	Lapis penopang <sup>(4)(5)</sup>	1000	1100	1200	
		-atau- lapis penopang dan geogrid <sup>(4)(5)</sup>	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir <sup>(4)(5)</sup>	1000	1250	1500	

Sumber : MDPJ 2017

- Dalam suatu perencanaan jika dipilih stabilisasi semen atau kapur maka nilai daya dukung material (CBR) dipilih nilai terkecil dari nilai berikut. Daya dukung yang diperoleh dari formula :

$$\begin{aligned}
 CBR_{\text{stabilisasi}} &= CBR_{\text{tanah asal}} \times 2^{(\text{tebal lapis stabilisasi dalam mm})/150} \\
 &= 3,1\% \times 2^{\left(\frac{300}{150}\right)} \\
 &= 12,4\%
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan CBR perencanaan stabilisasi tanah dasar adalah sebesar 12,4 %.

## 2. Menentukan struktur lapisan perkerasan

### Bagan Desain – 4 Perkerasan Kaku Untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Berat

(Persyaratan desain perkerasan kaku dengan sambungan dan ruji (*dowel*) serta bahu beton (*tied shoulder*), dengan atau tanpa tulangan distribusi retak)

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat ( <i>overloaded</i> ) (10E6)	< 4.3	< 8.6	< 25.8	< 43	< 86
Dowel dan bahu beton	Ya				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Fondasi LMC	100				
Lapis Drainase (dapat mengalir dengan baik)	150				

Sumber : MDPJ 2017

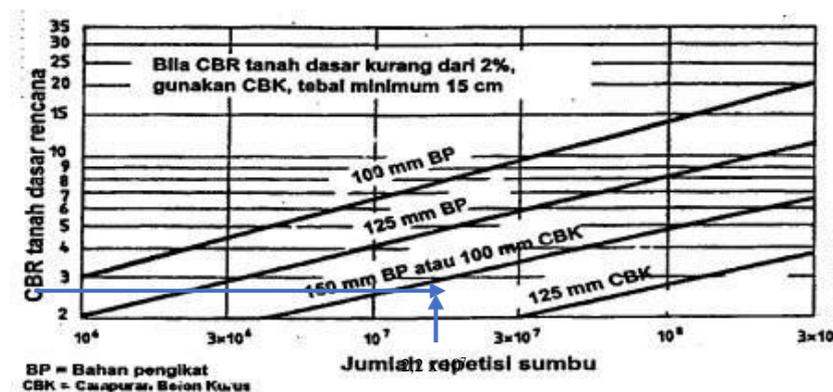
Berdasarkan tabel diatas maka didapatkan struktur untuk lalu lintas sebagai berikut :

- Umur rencana = 20 tahun (2023-2043)
- Tebal pelat beton = 285 mm
- Jenis Fondasi (Stabilisasi Semen) = 300 mm
- Lapis beton kurus (LMC) = 100 mm
- Lapis drainase (LFA kls A) = 150 mm

### 3. Perencanaan plat beton

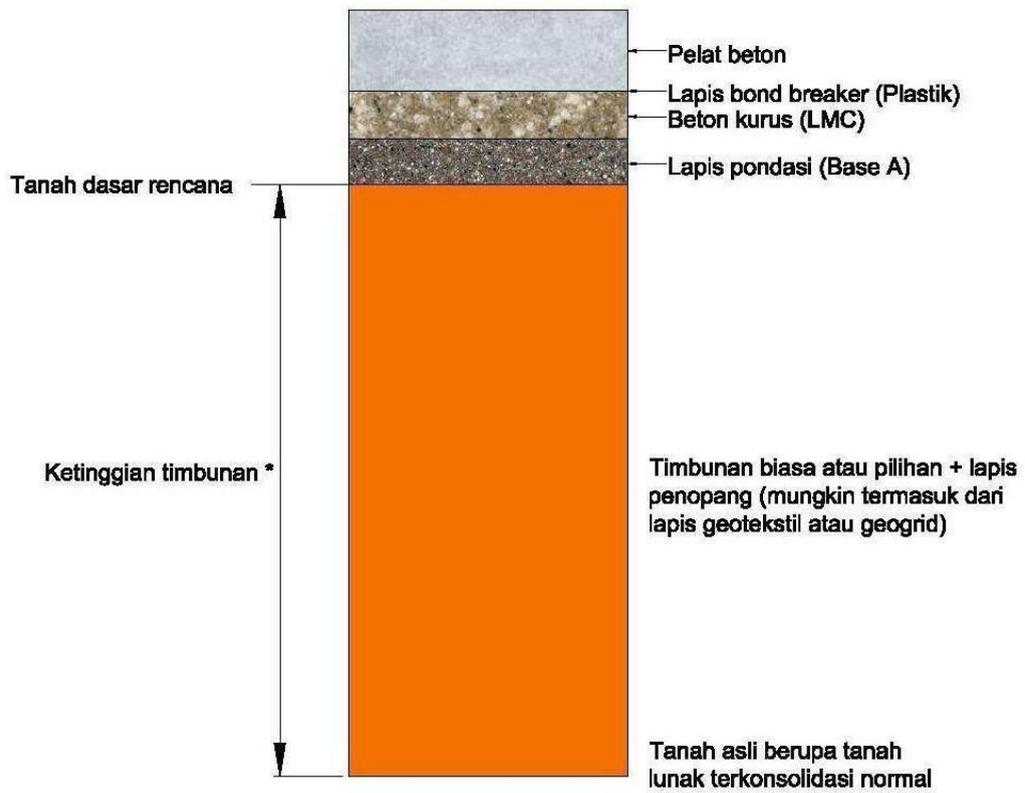
Menganalisis tulangan direncanakan dengan perkerasan beton bertulang tanpa tulangan (BBTT), desain perkerasan kaku menggunakan jumlah kelompok sumbu kendaraan berat (*Heavy Vehicle Axle Group*, HVAG) metoda ini mengacu pada PD T-14-2003. Parameter-parameter yang dibutuhkan untuk perencanaan sambungan sebagai berikut :

- Tebal pelat = 28,5 cm
- Jumlah sumbu kendaraan (JSK) = 21,610,377 =  $21,6 \times 10^6$
- Faktor Keamanan beban (FKB) = 1.10
- Kuat tarik lentur beton ( $f'_c$ ) umur 28 hari = 4,4 MPa
- CBR Tanah dasar = 3,1%
- Tebal lapis pondasi bawah = 150 atau 100 mm
- CBR Efektif = 43%



Gambar 4.5 Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen

Sumber : MDPJ 2017



Gambar 4.6 Struktur perkerasan kaku

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Dari data LHR yang ada dapat diprediksi nilai pertumbuhan lalu lintas yang akan terjadi. Berdasarkan data LHR Jalan Tol Cisumdawu tahun 2023 sampai tahun 2043, didapatkan laju pertumbuhan 2023-2026 = 5%; laju pertumbuhan 2027-2042 = 4%;
2. Perencanaan perkerasan kaku (*rigid pavement*) menggunakan jenis perkerasan beton bertulang tanpa tulangan (BBTT).
3. Kumulatif beban (ESA5) untuk umur rencana 20 tahun (2023 – 2026) dengan menggunakan VDF5 berjumlah 1,3.E+04 dan untuk (2027 – 2043) dengan menggunakan VDF5 berjumlah 1,5.E+04. Sehingga CESA5 (2023 – 2043) berjumlah 2,8.E+04.
4. Jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama umur rencana 20 tahun JSKN rencana = 21,607,438 x 10<sup>6</sup> dengan faktor pertumbuhan lalu lintas = 25,311%
5. Grand total (komulatif) jumlah sumbu adalah 84526 dan repetisi yang terjadi adalah 21,610,377 (21.6 x 10<sup>6</sup>).
6. Faktor erosi yang digunakan adalah dengan ruji/ beton bertulang, dikarenakan perbandingan antara beton yang menggunakan ruji dan tidak menggunakan ruji memiliki perbandingan faktor erosi yang berbeda.
7. Rusak fatik sebesar 32,388% sedangkan rusak akibat erosi sebesar 93,707%. Sehingga angka tersebut masih memenuhi persyaratan, karena kerusakan fatik maupun kerusakan akibat erosi tidak melebihi 100%. Nilai tersebut merupakan nilai aman dan tidak perlu dinaikkan untuk perhitungan tebal pelat beton. Berdasarkan perhitungan tersebut, ketebalan pelat beton memenuhi persyaratan untuk digunakan.

8. Hasil dari pengujian DCP didapatkan CBR lapangan diperoleh nilai CBR yaitu 6,99% ; CBR tanah dasar = 3,1% ; nilai daya dukung material CBR perencanaan stabilisasi tanah dasar = 12,4% ; CBR Efektif = 46% ; kelas kekuatan tanah dasar adalah SG3 dan untuk struktur perkerasan kaku berupa stabilitas semen dengan ketebalan 30 cm atau 300 mm ; disesuaikan dengan perhitungan perencanaan tebal perkerasan dengan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017; dapat disimpulkan bahwa pada jalan memiliki CBR normal untuk desain perkerasan kaku.
9. Hasil perencanaan menggunakan metode MDP 2017 diperoleh :
- tebal perkerasan = 28,5 cm
  - Tebal lapis pondasi bawah = 150 atau 100 mm
  - Subbase agregat kelas A = 15 cm
  - Faktor Keamanan beban (FKB) = 1.10
  - Kuat tarik lentur beton ( $f_c$ ) umur 28 hari = 4,4 Mpa
  - Memiliki bahu beton

## 5.2 Saran

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Metode-metode praktis yang telah dilaksanakan di lapangan, sebaiknya tetap mengacu pada standar yang telah ditetapkan untuk menghindari kegagalan teknis.
2. Pembangunan perkerasan kaku pada ruas jalan Tol Cisumdawu ini sangatlah berperan penting dalam memajukan perekonomian masyarakat, terlebih masyarakat yang bergantung pada sistem transportasi. Maka hendaknya dapat dikelola dengan sebaiknya, baik pada saat perencanaan, pelaksanaan pembangunan maupun perawatan nantinya.
3. Untuk mendapatkan tebal perkerasan yang optimum lebih baik melakukan penyelidikan nilai *CBR* tanah sehingga nantinya nilai *CBR* tanah yang efektif dapat tercapai untuk menentukan tebal perkerasan.
4. Dalam perancangan dan pelaksanaan suatu bangunan teknik sipil, kemungkinan besar akan ditemui berbagai permasalahan yang kompleks yang berbeda antara kondisi yang satu dan lainnya, sehingga seorang perancang, diharapkan memiliki "*feeling engineering*" yang didukung oleh pengetahuan yang luas, dan pengalaman yang didapatkan di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- MDP (2017) *Kajian Metoda Perencanaan Pelapisan Ulang Campuran Beraspal (AC) Di Atas Perkerasan Beton.*
- MDP 2017, *The Design and Performance of Road Pavements.* Transport and Road Research Laboratory, London.
- Direktorat Jenderal Bina Marga (2017) *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*
- MDP (2017) *Pavement Analysis and Design.* Second Edition, New Jersey: Pearson Education.
- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (2017) *Manual Desain Perkerasan Jalan.*
- MDP 2017, *Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements. Canadian Edition/Metric.*
- MDP (2017) *Rekayasa Jalan,* Bandung: Penerbit ITB.
- MDP (2017) *Principles of Pavement Design.* Jhon Wiley & Sons, Inc. Toronto.