

TUGAS AKHIR

**STUDI KOMPARASI PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN KAKU PADA
JALAN POROS DESA TRIJAYA DENGAN METODE MANUAL DESAIN
PERKERASAN JALAN 2017 DAN AASHTO 1993**



Dibuat Untuk Memenuhi Persyaratan Program Studi S-1
Program Studi Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Batanghari

Disusun Oleh:

HERNANDO SAPUTRA

1800822201091

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BATANGHARI JAMBI**

2023


HALAMAN PERSETUJUAN
STUDI KOMPARASI PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN KAKU PADA
JALAN POROS DESA TRIJAYA DENGAN METODE MANUAL DESAIN
PERKERASAN JALAN 2017 DAN AASHTO 1993



Disusun Oleh :
HERNANDO SAPUTRA
1800822201091


Dengan ini Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari menyatakan Tugas Akhir dengan judul dan penyusunan sebagaimana diatas telah disetujui sesuai prosedur, ketentuan dan kelaziman yang berlaku dan dapat diajukan dalam Seminar Tugas Akhir Program Strata Satu (S-1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari.

Pembimbing I


Dr. Ir. H. Amsori, M. Das., M. Eng

Jambi, Februari 2023

Pembimbing II


Ari Setiawan, ST, MT

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI KOMPARASI PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN KAKU PADA JALAN POROS DESA TRIJAYA DENGAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN 2017 DAN AASHTO 1993

Tugas Akhir ini telah dipertahankan di hadapan Panitia Penguji Tugas Akhir dan Komprehensif dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program studi Teknik Sipil Universitas Batanghari.

Nama : Hernando Saputra

Npm : 1800822201091

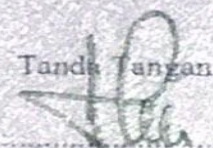
Hari/Tanggal : Rabu / 25 Januari 2023

Jam : 08 : 00 s/d Selesai

Tempat : Ruang Sidang Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi


PANITIA PENGUJI


Jabatan	Nama	Tanda Tangan
---------	------	--------------

Ketua	: Elvira Handayani, ST, MT	
-------	----------------------------	---

Sekretaris	: Ari Setiawan, ST, MT	
------------	------------------------	---

Penguji Anggota	: Ria Zulfiati, ST, MT	
-----------------	------------------------	---


Penguji Anggota	: Emelda Raudhati, ST, MT	
-----------------	---------------------------	---

Penguji Anggota	: Dr. Ir. H. Amsori, M. Das, M. Eng	
-----------------	-------------------------------------	---

Disahkan Oleh :

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Dr. Ir. H. Fakhru Rozi Yamali, ME


Elvira Handayani, ST, MT

MOTTO

“Boleh jadi kamu tidak menyenangi sesuatu padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi pula kamu menyukai sesuatu padahal ia amat buruk bagimu, Allah mengetahui sedang kamu tidak mengetahui”

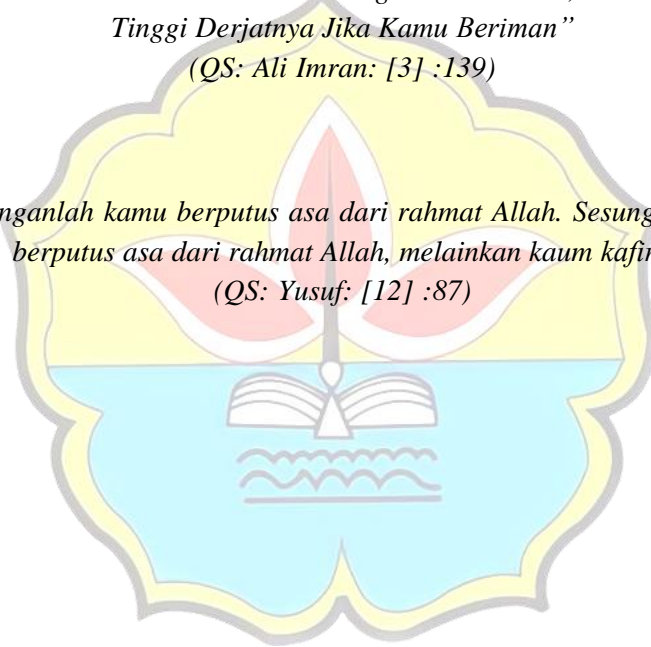
(QS: Al-Baqarah: [2] :216)

“Janganlah Kamu Merasa Lemah Dan Janganlah Bersedih, Sebab Kamu Paling Tinggi Derjatnya Jika Kamu Beriman”

(QS: Ali Imran: [3] :139)

“...Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus asa dari rahmat Allah, melainkan kaum kafir”

(QS: Yusuf: [12] :87)



KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Studi komparasi perencanaan tebal perkerasan kaku pada Jalan Poros Desa Trijaya STA 8+500 – 9+500 dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan AASHTO 1993” tepat pada waktunya. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan kurikulum pada jenjang Strata 1 (S-1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari.

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk mempelajari cara pembuatan skripsi pada Universitas Batanghari Jambi guna untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik jurusan Teknik Sipil.

Dalam mengerjakan Tugas Akhir ini, Penulis banyak mendapatkan bimbingan, bantuan dan saran dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Fakhrol Rozi Yamali, ME selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.
2. Bapak Drs. Guntar Marolop S, M.Si selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.

3. Bapak Ir. H. Azwarman, M.T selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.
4. Bapak Ir. H. Mayson, M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.
5. Ibu Elvira Handayani, ST, MT selaku Ketua Prodi Teknik Sipil.
6. Bapak Dr. Ir. H. Amsori M.Das, M.Eng selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan, memotivasi, membimbing dalam menyelesaikan proposal penelitian ini.
7. Bapak Ari Setiawan ST. MT. pembimbing II yang telah banyak memberikan motivasi, bimbingan, kritikan, dan saran.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, Penulis telah berusaha dengan segala daya dan upaya, namun penulis menyadari akan keterbatasan pengetahuan, kemampuan, pengalaman dan waktu sehingga Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, maka dengan segenap hati dan sikap terbuka penulis menerima segala kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Jambi, Februari 2023

(Penulis)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR ISTILAH	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Maksud dan Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1. Perkerasan Kaku	6
2.1.1. Teori Perkerasan Kaku	6
2.1.2. Keuntungan dan Kerugian Perkerasan Kaku.....	7
2.2. Persyaratan Teknis Manual Desain Perkerasan Jalan 2017	8
2.2.1. Pemilihan Struktur Perkerasan	8
2.2.2. Pertumbuhan Lalu Lintas.....	10

2.2.3.	Lalu Lintas	11
2.2.4.	Beban Sumbu Standar Kumulatif	12
2.2.5.	Perhitungan Perencanaan Perkerasan Kaku.....	15
2.2.6.	Penentuan Daya Dukung Efektif Tanah Dasar	20
2.2.7.	Umur Rencana.....	22
2.2.8.	Perencanaan Penulangan	22
2.3	Persyaratan Teknis AASHTO 1993	26
2.3.1	Vehicle Demage factor (VDF) Desain.....	26
2.3.2	Traffic Desain.....	27
2.3.3	Lalu Lintas	28
2.3.4	Daya Dukung Tanah Efektif Tanah Dasar Dan Modulus Reaksi Tanah Dasar.....	29
2.3.5	Realibilitas.....	30
2.3.6	Serviceability.....	32
2.3.7	Modulus Elastisitas Beton dan Flexural Strength.....	33
2.3.8	Koefisien Drainase	34
2.3.9	Load Transfer	35
2.3.10	Persamaan Penentuan Tebal Plat.....	36
2.3.11	Perhitungan Penulangan	37
2.3.12	Koefisien Gesekan Antara Plat Beton Dengan Lapisan Pondasi Di Bawahnya (F) Dapat Dilihat Pada Tabel 2.23.....	38
2.4	Penentuan Lebar Jalan.....	39
2.4.1	Lajur	39

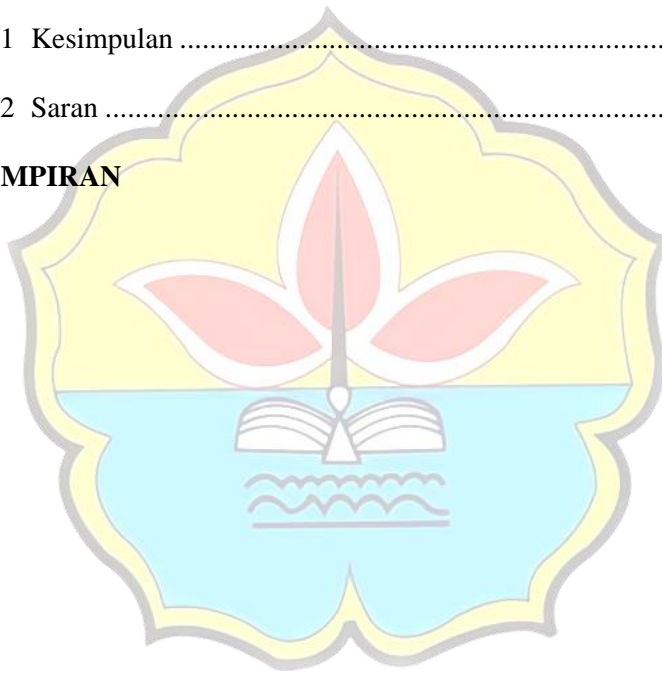
2.4.2 Jalur.....	40
2.5 Studi yang Pernah Dilakukan	42
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1. Lingkup Penelitian.....	45
3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	45
3.3. Pengambilan Data Lalu-Lintas Harian Rata-Rata LHR	46
3.4. Pengambilan Data CBR Tanah Dasar	47
3.5. Prosedur Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan	48
3.6. Bagan Aliran Penelitian.....	50
BAB IV PEMBAHASAN	
4.1 Data lalu Lintas.....	53
4.2 Jumlah Kelompok Sumbu	53
4.3 Data CBR Tanah Dasar	54
4.4 Perhitungan Nilai CBR Dengan Cara Analistis.....	55
4.5 Langkah-langkah Perhitungan Tebal Plat Jalan Metode	
Manual Desain perkerasan Jalan.....	56
4.5.1 Pemilihan Struktur Perkerasan	56
4.5.2 Penentuan Tebal Lapis Pondasi	57
4.5.3 Perhitungan Tebal Plat Jalan	57
4.6 Langkah-Langkah Perhitungan Tebal Plat Jalan Metode	
AASHTO 1993	59
4.6.1 Analisis Lalu Lintas.....	59
4.6.2 Penentuan Nilai Standard Normal Deviation (Z_R)	
Dan <i>Reliability</i> (R).....	60

4.6.3	<i>Servicability</i>	60
4.6.4	<i>Flexural Strength</i>	61
4.6.5	Koefisien Drainase (C_d).....	61
4.6.6	Load Transfer Coefficient	63
4.6.7	Modulus Elastisitas Beton	63
4.6.8	Penentuan Nilai Modulus Reaksi Tanah Dasar (K).....	64
4.6.9	Perhitungan Tebal Plat Jalan Perkerasan Kaku	66

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

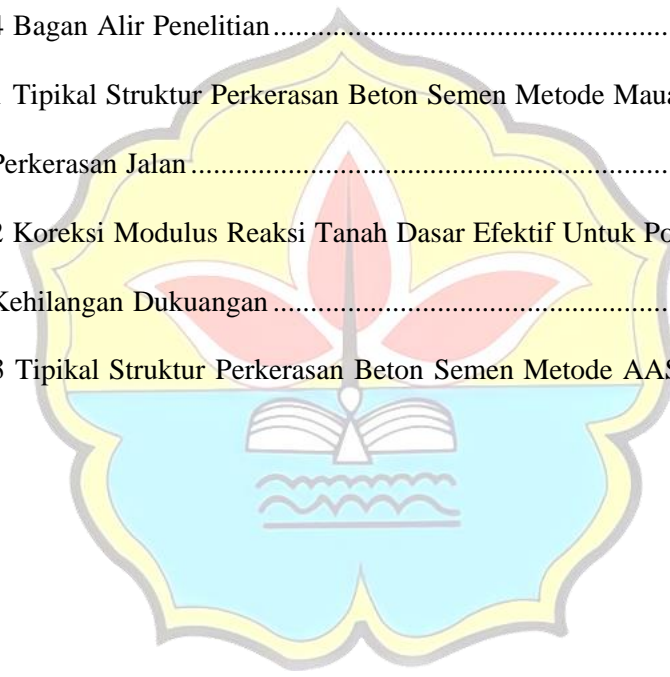
5.1	Kesimpulan	68
5.2	Saran	59

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tipikal Struktur Perkerasan Beton Semen.....	7
Gambar 2.2 Koreksi Modulus Tanah Dasar Efektif untuk Potensial Kehilangan Dukungan.....	29
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian.....	46
Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengambilan Data LHR	47
Gambar 3.3 Peta Lokasi Titik DCP	48
Gambar 3.4 Bagan Alir Penelitian.....	52
Gambar 4.1 Tipikal Struktur Perkerasan Beton Semen Metode Mauual Desain Perkerasan Jalan.....	58
Gambar 4.2 Koreksi Modulus Reaksi Tanah Dasar Efektif Untuk Potensial Kehilangan Dukuangan.....	65
Gambar 4.3 Tipikal Struktur Perkerasan Beton Semen Metode AASHTO 1993.	67



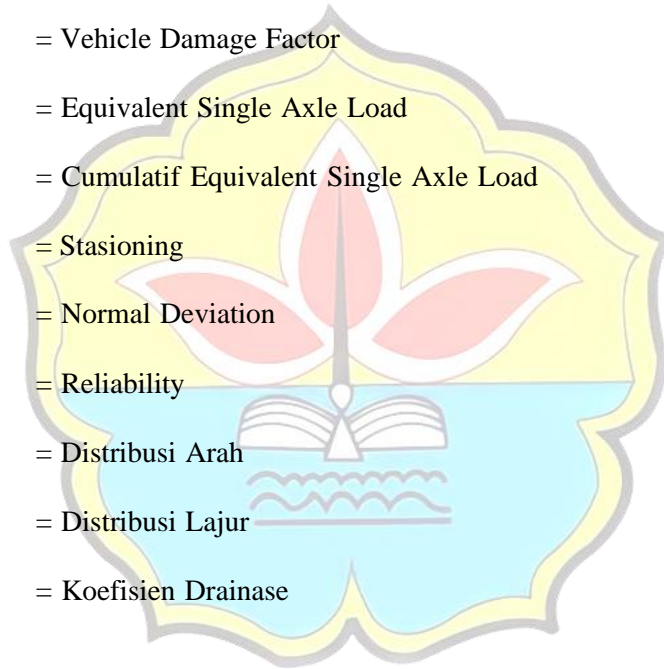
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pemilihan Struktur Perkerasan Jalan	9
Tabel 2.2 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%).....	11
Tabel 2.3 Nilai VDF Masing masing Jenis Kendaraan Niaga Pulau Sumatera	13
Tabel 2.4 VDF Masing masing Jenis Kendaraan Niaga.....	14
Tabel 2.5 Distribusi Beban Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga untuk Jalan Lalu Lintas Berat	15
Tabel 2.6 Desain Perkerasan Kaku untuk Jalan Beban Lalu Lintas Berat	17
Tabel 2.7 Desain Perkerasan Kaku untuk Jalan Beban Lalu Lintas Rendah.....	18
Tabel 2.8 Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan Lalu Lintas Rendah.....	18
Tabel 2.9 Desain Pondasi Jalan Minimum	19
Tabel 2.10 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru.....	22
Tabel 2.11 Hubungan Kuat Beton dengan Angka Ekuivalen Baja dan Beton.....	24
Tabel 2.12 Nilai Koefisien Gesekan	24
Tabel 2.13 VDF Desain	26
Tabel 2.14 Faktor Distribusi Lajur	28
Tabel 2.15 Tipe Material	29
Tabel 2.16 Reliabilitas yang disarankan	31
Tabel 2.17 Nilai Penyimpangan Normal Standar Deviasi untuk Tingkat Reliabilitas Tertentu	32
Tabel 2.18 Terminal Serviceability Index	33
Tabel 2.19 Mutu Drainase	33
Tabel 2.20 Koefisien Pengaliran.....	34

Tabel 2.21 Koefisien Drainase.....	35
Tabel 2.22 <i>Load Tranfer Coefficient</i>	35
Tabel 2.23 Hubungan antara Kuat Tekan Beton dan Angka Ekuivalen Baja dan Beton.....	38
Tabel 2.24 Koefisien Gesekan antara Plat Beton dengan Lapisan Pondasi Dibawahnya	38
Tabel 2.25 Lebar Lajur Jalan Ideal	40
Tabel 2.26 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan	41
Tabel 4.1 Kendaraan Niaga	53
Tabel 4.2 Perhitungan Jumlah Sumbu	54
Tabel 4.3 Nilai R Untuk Perhitungan CBR Segmen	55
Tabel 4.4 Perhitungan Nilai <i>Equivalent Single Axle Load (ESAL)</i> Selama Umur Rencana 40 Tahun	56
Tabel 4.5 Perhitungan Nilai Kumulatif Kelompok Sumbu Kendaraan Berat Selama Umur Rencana 40 Tahun.....	57
Tabel 4.6 Perhitungan Nilai ESAL.....	59
Tabel 4.7 Koefisien Pengaliran (C)	61
Tabel 4.8 Jumlah Hari Hujan Per 5 Tahun Terakhir	62
Tabel 4.9 Penentuan Nilai Koefisien Drainase.....	63

DAFTAR ISTILAH

AASHTO	= American Association Of State Highway And Transportation Officials
MDJP	= Manual Desain Perkerasan Jalan
CBR	= California Bearing Ratio
DCP	= Dynamic Cone Penetrometer
LHR	= Lalu Lintas Harian Rata-Rata
VDF	= Vehicle Damage Factor
ESAL	= Equivalent Single Axle Load
CESAL	= Cumulatif Equivalent Single Axle Load
STA	= Stasioning
ZR	= Normal Deviation
R	= Reliability
D _D	= Distribusi Arah
D _L	= Distribusi Lajur
C _d	= Koefisien Drainase



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan adalah alat transportasi yang sering dilalui oleh manusia untuk melakukan kegiatan sehari-hari dibandingkan dengan transportasi lain seperti udara dan air. Sedangkan jalan raya adalah sebagai prasarana transportasi yang dimanfaatkan untuk mengarahkan lalu lintas perpindahan barang dan dari satu daerah ke daerah yang lain dan salah satu prasarana yang sangat dibutuhkan dalam menunjang pembangunan pada masa sekarang ini. Hal tersebut menyebabkan volume kendaraan pada jalan tersebut harus memiliki perkerasan jalan yang sesuai.

Perkerasan jalan adalah konstruksi jalan yang sangat penting sebagai kelancaran transportasi darat sehingga menciptakan keamanan dan kenyamanan bagi penggunaannya. Maka dalam perencanaan perkerasan jalan harus direncanakan dengan baik sesuai standart dan syarat-syarat yang ada digunakan di Indonesia.

Sejalan dengan perkembangannya, dalam merencanakan perkerasan jalan, ketebalan perkerasan mesti dirancang dengan benar lalu akhirnya jalan yang akan dirancang dapat memberikan fasilitas yang baik pada lalu lintas sebanding dengan fungsi umur rencananya. Demi mencapai tujuan tersebut diperlukan metode desain perkerasan yang tepat.

Perkerasan jalan adalah suatu bagian yang begitu penting pada perencanaan jalan raya. jenis perkerasan kaku (Rigid pavement) Merupakan pilihan yang tepat sebagai perkerasan di Negera kita pada saat ini yang ramai digunakan, dikarenakan cukup kuat dan juga lebih awet dibandingkan perkerasan lentur.

Jalan raya di Kabupaten Muaro Jambi merupakan prasarana transportasi untuk aktivitas penduduk yang melibatkan kegiatan ekonomi, hasil pertanian/perkebunan, sosial, budaya, serta pendidikan. seiring bertambahnya tahun mengakibatkan volume kendaraan semakin meningkat. Terutama kendaraan membawa hasil pertanian/perkebunan, salah satunya adalah Jalan poros Ds. Trijaya dengan perkerasan kaku menjadi solusi yang tepat, untuk mengatasi jalan yang sering rusak karena kendaraan berat. Jalan poros Ds. Trijaya menghubungkan Ds. Trijaya – Ds. Tanjung Sari, Kecamatan Bahar Selatan sepanjang 23,745 km dan lebar jalan 7 meter untuk 2 jalur.

Ada beberapa metode yang bisa digunakan dalam perencanaan perkerasan kaku. Metode-metode tersebut dapat juga menjadi acuan untuk membandingkan perencanaan perkerasan kaku dengan cara metode apa yang lebih baik digunakan. Oleh karena itu, pada penyusunan tugas akhir ini penulis membahas tentang “Studi Komparasi Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Dengan Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan jalan 2017 dan AASHTO 1993” (Studi Kasus: RuasJalan Poros Desa Trijaya STA 8+500 – 9+500, Kec. Bahar Utara, Kab. MuaroJambi).

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang diambil adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menghitung tebal perkerasan kaku dengan menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan AASHTO 1993 untuk perkerasan jalan baru?

2. Bagaimana Perbandingan tebal perkerasan kaku dari 2 metode yang lebih efektif/ekonomis?

1.3. Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini yaitu untuk perbandingan tebal perkerasan kaku dengan dua Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan AASHTO 1993 pada ruas jalan poros Desa Trijaya STA 8+500 – 9+500, Kec. Bahar Utara, Kab. Muaro Jambi.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menghitung tebal lapis perkerasan kaku dari Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan AASHTO 1993.
2. Untuk mendapatkan perbandingan tebal perkerasan kaku antara Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan AASHTO 1993 dan Lapangan
3. Memilih metode perencanaan yang efektif/ekonomis berkaitan dengan lokasi penelitian.

1.4. Batasan masalah

Agar tugas akhir ini lebih terarah dan sesuai dengan tujuan, maka diperlukan suatu batasan masalah sebagai berikut :

Perencanaan perkerasan kaku di jalan poros Desa Trijaya, STA 8+500 – 9+500 Kec. Bahar Utara, Kab. Muaro Jambi dengan menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan AASHTO 1993.

1. Umur rencana untuk perkerasan kaku adalah 40 tahun menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan AASHTO 1993.

2. Data CBR digunakan dari uji DCP (*dynamic cone penetrometer*) hasil survey lapangan di ruas jalan Ds. Trijaya STA 8+500 – 9+500
3. LHR yang digunakan adalah hasil survey 1 hari (24 jam) di ruas jalan Poros Ds. Trijaya
4. Perencanaan saluran drainase tidak dilakukan
5. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) tidak dilakukan.
6. Perhitungan pembesian Dowel, Tiebars tidak dilakukan.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini merupakan hasil dari survei dan masukan- masukan dari teori yang ada dalam dunia konstruksi dan bermanfaat memberikan arahan-arahan yang sesuai dalam penelitian ini. Hasil dari penelitian ini diharapkan juga bisa menjadi referensi untuk penelitian efektifitas serta menjadi referensi untuk pembelajaran kedepannya kepada teman-teman mahasiswa teknik tentang perkembangan teknologi didunia kontruksi saat ini. Dan dapat menjadi bahan rujukan bagi instansi yang berwenang.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk penulisan Tugas Akhir dengan judul “Studi Komparasi Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Dengan Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan jalan 2017 dan AASHTO 1993”. ini tersusun dari 5 bab, dan tiap-tiap bab terdiri dari beberapa pokok bahasan dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1 : PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan skripsi.

BAB 2 : LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan mengenai dasar-dasar teori tentang tebal perkerasan kaku pada jalan poros Desa Trijaya Dengan Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan jalan 2017 dan AASHTO 1993.

BAB 3 : METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan alur kerja penelitian pada skripsi ini dari tahap pengumpulan data hingga *output* berupa kesimpulan.

BAB 4 : PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai hasil analisis dari perhitungan tebal perkerasan kaku Metode Manual Desain Perkerasan jalan 2017 dan AASHTO 1993 dan umur rencana, serta membandingkan antara kedua metode tersebut.

BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menarik kesimpulan berdasarkan analisis data, dan saran yang berisikan tindak lanjut terhadap hasil yang diperoleh dari penulisan tugas akhir ini.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Perkerasan Kaku

2.1.1 Teori Perkerasan Kaku Jalan

Rigid pavement atau perkerasan kaku adalah jenis perkerasan jalan yang menggunakan beton sebagai bahan utama perkerasan tersebut, merupakan salah satu jenis perkerasan jalan yang digunakan selain dari perkerasan lentur (*asphalt*). Perkerasan ini umumnya dipakai pada jalan yang memiliki kondisi lalu lintas yang cukup padat dan memiliki distribusi beban yang cukup besar, seperti pada jalan-jalan lintas antar provinsi, jembatan layang (*fly over*) jalan tol, maupun pada persimpangan bersinyal. (Rahmat, Irna, Dito, 2017).

Beberapa jenis perkerasan kaku beton semen adalah sebagai berikut :

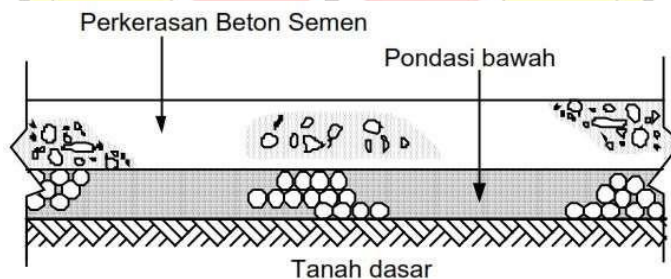
1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan (BBTT)
2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan (BBDT)
3. Perkerasan kaku beton semen menerus tanpa tulangan (BMTT)
4. Perkerasan kaku beton semen menerus dengan tulangan (BMDT)
5. Perkerasan beton pra-tegang

Pada perkerasan beton semen, daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Sifat daya dukung dan keseragaman tanah dasar berpengaruh pada keawetan dan kekuatan perkerasan beton semen. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan adalah kadar air pemadatan, kepadatan, dan perubahan kadar air selama masa pelayanan. Lapis pondasi bawah pada perkerasan beton semen bukan

merupakan bagian utama yang memikul beban, tetapi merupakan bagian yang berfungsi sebagai :

- a. Pengendalian pengaruh kembang susut tanah dasar.
- b. Pencegah intrusi dan pemompaan pada sambungan, retakan dan tepi-tepi pelat.
- c. Memberi dukungan yang mantap dan seragam padapelat.
- d. Sebagai perkerasan lantai kerja selama pelaksanaan.

Pelat beton semen mempunyai sifat yang cukup kaku serta dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas dan menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan-lapisan di bawahnya. Bila diperlukan tingkat kenyamanan yang tinggi, permukaan perkerasan beton semen dapat dilapisi dengan lapis campuran beraspal setebal 5 cm (Bina Marga 2003).



Gambar 2.1 Tipikal struktur perkerasan beton semen

(Sumber : Bina marga, 2003)

2.1.2 Keuntungan dan Kerugian Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku untuk jalan dengan beban lalu lintas lebih dari 30 juta ESA4 umumnya memiliki *discounted lifecycle cost* lebih rendah. Pada kondisi tertentu perkerasan kaku juga dapat dipertimbangkan untuk jalan perkotaan dan

pedesaan. Biasanya perkerasan kaku kurang nyaman untuk digunakan berkendara, namun bias diatasi dengan diberi lapisan aspal di permukaannya untuk kenyamanan berkendara (Manual desain perkerasan jalan, 2017).

Keuntungan perkerasan kaku antara lain adalah :

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

Kerugiannya antara lain :

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

2.2 Persyaratan Teknis Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

2.2.1 Pemilihan Struktur Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umurrencana, dan kondisi pondasi jalan. Pemilihan alternatif desain berdasarkan manual ini harus didasarkan pada *discounted lifecycle cost* terendah.

Tabel 2.1 Pemilihan Struktur Perkerasan Jalan

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%)	4	-	-	2	2	2
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	-	-	-	-

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

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

Desain tebal perkerasan didasarkan pada nilai ESA pangkat 4 dan pangkat

5 tergantung pada model kerusakan (*deterioration model*) dan pendekatan desain

yang digunakan. Digunakan nilai ESA yang sesuai sebagai input dalam proses perencanaan (Manual desain perkerasan jalan, 2017).

- a. Pangkat 4 digunakan pada desain perkerasan lentur berdasarkan Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T-01-2002-B atau metode AASHTO 1993 (pendekatan statistik empirik).
- b. Pangkat 4 digunakan untuk bagan desain pelaburan tipis (seperti Burtu atau Burda), perkerasan tanpa penutup (*Unsealed granular pavement*) dan perencanaan tebal *overlay* berdasarkan grafik lendutan untuk kriteria alur (*rutting*).
- c. Pangkat 5 digunakan untuk desain perkerasan lentur (kaitannya dengan faktor kelelahan aspal beton dalam desain dengan pendekatan mekanistik empiris) termasuk perencanaan tebal *overlay* berdasarkan grafik lengkung lendutan (*curvature curve*) untuk kriteria retak lelah (*fatigue*).
- d. Desain perkerasan kaku menggunakan tabel 2.5 jumlah kelompok sumbu kendaraan berat (*Heavy Vehicle Axle Group*, HVAG) dan nilai ESAL sebagai satuan beban lalu lintas untuk perkerasan beton.

2.2.2 Pertumbuhan lalu-lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas dilihat berdasarkan data-data pertumbuhan (*historical growth data*) dari tabel 2.2 dapat digunakan untuk perencanaan jalan tahun 2015 – 2035.

Tabel 2.2 Faktor Lajur Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,8	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*) berdasarkan (Manual desain perkerasan jalan, 2017) sebagai berikut:

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01i} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan :

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = umur rencana (tahun)

2.2.3 Lalu Lintas

Lalu-lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu-lintas dan konfigurasi sumbu, beban sumbu standar kumulatif, dan nilai VDF (*Vehicle Damage Factor*) menggunakan data terakhir yang dikalikan dengan faktor pengali pertumbuhan laju lalu lintas tahunan.

Persentase jenis kendaraan pada jalur rencana adalah jumlah kendaraan yang melintasi jalur jalan yang sesuai dengan karakteristik jalan itu sendiri. jumlah kendaraan yang melewati lajur rencana masing-masing beratnya diperhitungkan dengan nilai koefisien distribusi arah kendaraan (c). (Nuryati. 2014)

2.2.4 Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, berdasarkan (Manual desain perkerasan jalan, 2017) ditentukan sebagai berikut:

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

ESA_{TH-1} :Komulatif lintasan sumbu setandar ekivalen (*Equivalent single axel*) pada tahun pertama

LHR_{JK} :Lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari)

VD_{JK} :Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga Tabel 2.3 dan Table 2.4

DD :Faktor distribusi arah.

DL :Faktor distribusi laju

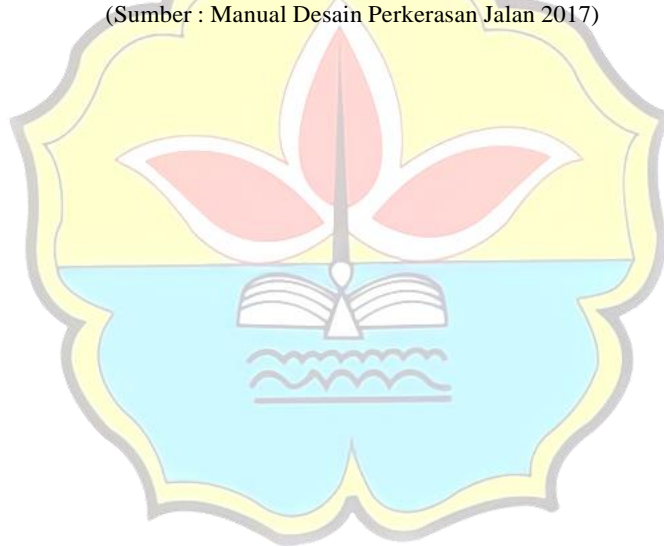
$CESAL$:Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana.

R :Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

Tabel 2.3 Nilai VDF masing – masing jenis kendaraan niaga di Pulau Sumatra

Jenis Kendaraan	Sumatra			
	Beban aktual		Normal	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
5B	1.0	1.0	1.0	1.0
6A	0.55	0.5	0.55	0.5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4
7A2	10,5	20	4,3	5,6
7B1	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7	9,6
7C2A	19,8	39	6,1	8,1
7C2B	20,7	42,8	6,1	8
7C3	24,5	51,7	6,4	8

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 2017)



Tabel 2.4 VDF (*Vehicle Damage Factor*) masing-masing jenis kendaraan niaga

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi sumbu	Muatan ² yang diangkut	Kelompok sumbu	Distribusi tipikal (%)		Faktor Ekuivalen Beban (VDF)	
Klasifikasi Lama	Alternatif					Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali	VDF4 Pangkat 4	VDF5 Pangkat 5
1	1	Sepeda motor	1.1	Muatan ² yang diangkut	2	30,4			
2, 3, 4	2, 3, 4	Sedan / Angkot / Pickup / Station wagon	1.1		2	51,7			
5a	5a	Bus kecil	1.2		2	3,5	5,00	0,3	0,2
5b	5b	Bus besar	1.2		2	0,1	0,20	1,0	1,0
6a.1	6.1	Truk 2 sumbu – cargo ringan	1.1	muatan	2	4,6	6,60	0,3	0,2
6a.2	6.2	Truk 2 sumbu – ringan	1.2	tanah, pasir,				2	0,8
6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu – cargo sedang	1.2	muatan	2	-	-	0,7	0,7
6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu – sedang	1.2	tanah, pasir,	2	-	-	1,6	1,7
6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu – berat	1.2	muatan	2	3,8	5,50	0,9	0,8
6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu – berat	1.2	tanah, pasir,	2			7,3	11,2
7a1	9.1	Truk 3 sumbu – ringan	1.22	muatan	3	3,9	5,60	7,6	11,2
7a2	9.2	Truk 3 sumbu – sedang	1.22	tanah, pasir,	3			28,1	64,4
7a3	9.3	Truk 3 sumbu – berat	1.1.2		3	0,1	0,10	28,9	62,2
7b	10	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2		4	0,5	0,70	36,9	90,4
7c1	11	Truk 4 sumbu – trailer	1.2-22		4	0,3	0,50	13,6	24,0
7c2.1	12	Truk 5 sumbu – trailer	1.2-22		5	0,7	1,00	19,0	33,2
7c2.2	13	Truk 5 sumbu – trailer	1.2-222		5			30,3	69,7
7c3	14	Truk 6 sumbu – trailer	1.22-222		6	0,3	0,50	41,6	93,7

Catatan : Data didasarkan pada survey beban lalu lintas Arteri Pulau Jawa – 2011

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 2017)

2.2.5 Perhitungan Perencanaan Perkerasan Kaku

Perencanaan perkerasan kaku untuk jalan dengan beban lalu lintas berat didasarkan pada penentuan kelompok sumbu kendaraan niaga yang kemudian beban dari kelompok sumbu kendaraan niaga dikaitkan dengan tabel 2.6 mengenai perencanaan perkerasan kaku untuk jalan dengan beban lalu lintas berat. Perencanaan perkerasan kaku untuk jalan dengan beban lalu lintas rendah melihat di tabel 2.7 setelah diketahui nilai Ekuivalen Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga (HVAG).

a. Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga (HVAG)

Tabel 2.5 Distribusi Beban Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga untuk Jalan Lalu Lintas Berat (untuk desain perkerasan kaku)

Beban Kelompok Sumbu	Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga			
	STRT	STRG	STdRG	STrRg
(kN)	Kelompok Sumbu Sebagai Persen Dari Kendaraan Niaga			
Oct-20	7,6	-	-	-
20-30	16,5	0,2	-	-
30-40	18,4	0,5	-	-
40-50	11,8	1,1	-	-
50-60	19,0	2,2	-	-
60-70	7,6	4,9	-	-
70-80	10,2	7,4	-	-
80-90	0,7	6,9	-	-
90-100	1,1	2,6	-	-
100-110	-	1,8	-	-
110-120	-	1,6	0,3	-
120-130	-	3,0	0,1	-
130-140	-	3,3	0,4	-
140-150	-	1,5	0,7	-
150-160	-	0,3	1,0	-
160-170	-	3,6	1,1	-
170-180	-	0,1	1,1	-
180-190	-	-	0,5	-
190-200	-	-	1,6	-

200-210	-	0,4	2,7	0,13
210-220	-	2,4	0,8	-
220-230	-	0,1	1,0	-
230-240	-	0,1	0,9	-
240-250	-	-	0,7	-
250-260	-	-	0,3	-
260-270	-	-	1,9	-
270-280	-	-	1,0	-
280-290	-	-	1,2	-
290-300	-	-	1,0	-
300-310	-	-	-	-
310-320	-	-	0,7	0,13
320-330	-	-	0,4	0,13
330-340	-	-	-	-
340-350	-	-	-	-
350-360	-	-	0,4	-
360-370	-	-	-	-
370-380	-	-	0,9	0,13
380-390	-	-	0,4	-
400-410	-	-	-	0,26
410-420	-	-	-	0,26
420-430	-	-	-	0,13
430-440	-	-	-	-
440-450	-	-	-	0,4
450-460	-	-	-	0,13
460-470	-	-	-	-
470-480	-	-	-	0,13
480-490	-	-	-	-
490-500	-	-	-	-
510-520	-	-	-	0,13
520-530	-	-	-	-
530-540	-	-	-	-
540-550	-	-	-	-
550-560	-	-	-	0,13%
Proporsi Sumbu	55,80%	26,40%	12,20%	1,13%

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 2017)

Catatan: Berlaku untuk perhitungan desain ketebalan perkerasan kaku Sumber data RSDP3 Activity #201 studi sumbu kendaraan niaga di Demak, Jawa Tengah Tahun 2011 (PANTURA).

Catatan :

STRT : Sumbu tunggal roda tunggal

STRG : Sumbu tunggal roda ganda

STdRT : Sumbu tandem roda ganda

STrRG : Sumbu tridem roda ganda

1 kN = 9,81 Ton (biasanya untuk memudahkan perhitungan diambil 19)

b. Desain Perkerasan Kaku

Tabel 2.6 Desain Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Berat
(Bagan Desain 4)

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (overload) (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 : Manual Desain Perkerasan Jalan 2017) (Persyaratan

desain perkerasan kaku dengan sambungan dan ruji (*dowel*)

serta bahu beton (*tied shoulder*), dengan atau tanpa tulangan distribusi retak). Bagan beban di dalam Pd T-14-2003 tidak boleh digunakan untuk desain perkerasan karena didasarkan pada ketentuan berat kelompok kendaraan yang tidak realistis dengan kondisi Indonesia. Tabel 2.5 Menunjukkan pembebanan kelompok sumbu kendaraan niaga yang mewakili kondisi di Indonesia. (Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Tabel 2.7 Desain Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Rendah (Bagan Desain 4 A)

	Tanah Dasar			
	Tanah Lunak Dengan Lapis Penopang		Didapatkan Normal	
Bahu pelat beton (<i>tied shoulder</i>)	Ya	Tidak	Ya	Tidak
	Tebal Pelat Beton (mm)			
Akses terbatas hanya mobil penumpang dan motor	160	175	135	150
Dapat diakses oleh truk	180	200	160	175
Tulangan distribusi retak	Ya		Ya jika daya dukung fondasi tidak seragam	
Dowel	Tidak dibutuhkan			
LMC	Tidak dibutuhkan			
Lapis Fondasi Kelas A (ukuran butir nominal maksimum 30 mm)	125 mm			
Jarak sambungan melintang	4 m			

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 2017)

Jalan desa atau jalan dengan volume lalu lintas kendaraan niaga rendah seperti dinyatakan dalam tabel 2.7. Perkiraan lalu lintas untuk jalan lalu lintas rendah. (Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Tabel 2.8 Perkiraan Lalu Lintas Untuk Jalan Lalu Lintas Rendah

Deskripsi Jalan	LHR dua arah (kend/hari)	Kendaraan berat (% dari lalu lintas)	Umur Rencana (th)	Pertumbuhan Lalu Lintas (%)	Faktor Pengali Pertumbuhan Kumulatif Lalu Lintas	Kelompok Sumbu/ Kendaraan Berat	Kumulatif HVAG (kelompok sumbu)	Faktor ESA/HVAG	Beban Lalu Lintas Desain (aktual) (ESA4)
Jalan desa minor dengan akses kendaraan berat terbatas	30	3	20	1	22	2	14.45*	3,16	$4,5 \times 10^4$
Jalan kecil dua arah	90	3	20	1	22	2	21.681	3,16	7×10^4
Jalan lokal	500	6	20	1	22	2,1	252.945	3,16	8×10^7
Akses lokal daerah industri atau <i>quarry</i>	500	8	20	3.5	28,2	2,3	473.478	3,16	$1,5 \times 10^6$
Jalan kolektor	2000	7	20	3.5	28,2	2,2	1.585.122	3,16	5×10^6

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 2017)

c. Penentuan Struktur Pondasi Jalan

Penentuan struktur pondasi jalan dilihat pada nilai CBR tanah dasar yang kemudian disesuaikan dengan spesifikasi yang sudah disediakan pada table 2.9

Tabel 2.9 Desain Pondasi Jalan Minimum

CBR Tanah Dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada jalur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			Stabilisasi Semen ⁽⁷⁾
			< 2	2 - 4	> 4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 - Pekerjaan Tanah) (pemandatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan			300
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2.5		175	250	400	
Tanah ekspansif (potensi pemuai > 5%)			400	500	500	
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾	SG1 ⁽³⁾	Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁷⁾	1000	1100	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
		-atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾⁽⁷⁾	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum - ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir ⁽⁴⁾⁽⁷⁾	1000	1250	1500	

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 2017)

Catatan:

1. Desain harus mempertimbangkan semua hal yang kritikal; syarat tambahan mungkin berlaku
2. Ditandai dengan kepadatan dan CBR lapangan yang rendah
3. Menggunakan nilai CBR insitu, karena nilai CBR rendaman tidak relevan

4. Permukaan lapis penopang di atas tanah SG1 dan gambut diasumsikan mempunyai daya dukung setara nilai CBR 2.5%, dengan demikian ketentuan perbaikan tanah SG2.5 berlaku. Contoh: untuk lalu lintas rencana > 4 jt ESA, tanah SG1 memerlukan lapis penopang setebal 1200 mm untuk mencapai daya dukung setara SG2.5 dan selanjutnya perlu ditambah lagi setebal 350 mm untuk meningkatkan menjadi setara SG6.
5. Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asal dipadatkan pada kondisi kering.
6. Untuk perkerasan kaku, material perbaikan tanah dasar berbutir halus (klasifikasi A4 sampai dengan A6) harus berupa stabilisasi semen.

2.2.6 Penentuan Daya Dukung Efektif Tanah Dasar

California Beraing rasio (CBR) adalah kemampuan tanah menahan beban diatas permukaan tanah yang dinyatakan dalam nilai CBR dengan satuan (%), untuk mengetahui daya dukung tanah dasar perlu dilakukan suatu pengujian atau penelitian. Daya dukung tanah dasar tersebut diperhitungkan berdasarkan pengolahan atas hasil test DCP yang dilakukan dengan cara mengukur berapa dalam (mm) ujung konus masuk ke dalam tanah dasar tersebut setelah mendapatkan tumbukan palu geser pada landasan batang utamanya (Nisak, Saputra, 2019)

Jalan dalam arah memanjang dapat melintasi berbagai jenis tanah dan kondisi medan yang berbeda. mutu daya dukung lapisan tanah dasar bervariasi dari jelek sampai dengan baik atau sebaliknya. oleh karena itu sebaiknya

pengujian CBR dilakukan setiap jarak 250 meter dan ditambah ketika ditemuinya perubahan jenis tanah atau kondisi lingkungan (Silvia Sukirman, 2010)

Daya dukung efektif tanah dasar dapat ditentukan menggunakan metode CBR, biasanya menggunakan solusi tanah normal atau tanah lunak. Pada tanah dasar normal, daya dukung efektif tanah dasar dapat dihitung dengan rumus 2.3. Pada tanah dasar lunak dapat dibangun perkerasan kaku dengan ditopang oleh pondasi *micro pile*, atau penggalian dan penggantian seluruh tanah lunak.

a. Tanah Dasar Normal

Apabila pondasi perkerasan terdiri dari beberapa lapis atau tanah dasar asli terdiri dari beberapa lapis dengan kekuatan tertinggi terletak pada lapis paling atas maka CBR tanah dasar ditentukan sesuai rumus berikut :

$$CBR_{ekivalen} = \left(\frac{\sum_i h_i CBR_i^{0.33}}{\sum_i h} \right)^3 \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan, h_i = tebal lapis I dan $\sum h_i = 1$ meter.

Semakin dalam posisi tanah dasar dan kekuatan tanah dasar semakin meningkat, maka formula tersebut tidak berlaku. Dalam kasus ini nilai CBR karakteristik adalah nilai CBR lapis teratas tanah dasar. (Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

b. Tanah Lunak

Perkerasan kaku sebaiknya tidak digunakan di atas tanah lunak, kecuali jika dibangun dengan pondasi *micro pile*. Apabila perkerasan kaku dibangun di atas tanah lunak maka pondasi perkerasan tanah lunak harus terdiri atas :

- a) penggalian dan penggantian seluruh tanah lunak atau,

- b) lapis penopang dengan nilai CBR tidak lebih dari 6% dan timbunan dengan tinggi tidak kurang dari 1,5 meter. Lapis penopang harus diberikan waktu untuk mengalami konsolidasi (pra-pembebanan). (Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

2.2.7 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan pada pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu-lintas serta nilai ekonomi jalan, lihat (Tabel 2.10). Umur rencana harus dapat memberikan *discounted lifecycle cost* terendah.

Tabel 2.10 Umur rencana perkerasan jalan baru

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun) ⁽¹⁾
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir ⁽²⁾ .	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

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 2017)

2.2.8 Perencanaan Penulangan

Tujuan utama penulangan antara lain :

- a. Membatasi lebar retakan agar kekuatan plat dapat bertahan lebih lama sehingga meminimalisir biaya pemeliharaan.

- b. Mengurangi sambungan melintang dengan memperpanjang penggunaan plat sehingga dapat meningkatkan kenyamanan pengguna jalan.

Perkerasan beton bersambung tanpa tulangan memiliki syarat jarak sambungan susut antara 4 - 5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan memiliki jarak sambungan susut antara 8 - 15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan. Sambungan susut berupa ruji polos (*dowel*) dengan diameter 28 mm, panjang 45 cm, dan jarak antara ruji 30 cm. Setengah panjang ruji harus dicat atau dilumuri bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton. (Pd T-14-2003)

a. Penulangan Memanjang

Tulangan memanjang yang dibutuhkan pada perkerasan beton semen menerus dengan tulangan dihitung dengan persamaan berikut :

$$PS = \frac{100 \times f_{ct} \times [1,3 - (0,2 \times u)]}{f_y - n \times f_{ct}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

Ps :persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang beton (%)

f_{ct} :kuat tarik langsung beton = (0,4 – 0,5 f_{cf}) (Kg/cm²)

f_y :tegangan leleh rencana baja (kg/cm²)

n :angka ekuivalensi antara baja dan beton (E_s/E_c), dari tabel 2.11 atau bisa dihitung dengan rumus

μ : koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

E_s : modulus elastisitas baja = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm²)

E_c : modulus elastisitas beton = $14850 \sqrt{f'_c}$ (kg/cm²)

Tabel 2.11 Hubungan Kuat tekan beton dengan angka ekivalen baja dan beton (n)

f'_c	N
175 -225	10
235 -285	8
290 - ke atas	6

(Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen (Pd T-14-2003))

Tabel 2.12 Nilai Koefisien Gesekan (μ)

No.	Lapis pemecah ikatan	Koefisien gesekan (μ)
1	Lapis resap ikat aspal di atas permukaan pondasi bawah	1,0
2	Laburan parafin tipis pemecah ikat	1,5
3	Karet kompon (<i>A chlorinated rubber curing compound</i>)	2,0

(Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen (Pd T-14-2003))

Persentase minimum dari tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6% luas penampang beton. Jumlah optimum tulangan memanjang, perlu dipasang agar jarak dan lebar retakan dapat dikendalikan. Secara teoritis jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut :

$$Lcr = \frac{fct^2}{n.p^2.u.fb (ss.Ec-f)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

L_{cr} : jarak teoritis antara retakan (cm).

P : perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton.

U : perbandingan keliling terhadap luas tulangan = $4/d$.

F_b : tegangan lekat antara tulangan dengan beton = $(1,97\sqrt{f'})/d$ (kg/cm²)

E_s : koefisien susut beton = $(400 \cdot 10^{-6})$

N : angka ekivalensi antara baja dan beton (E_s/E_c), dari tabel 2.11 atau bisa dihitung dengan rumus

Agar didapat retakan-retakan yang halus dan jarak antara retakan yang optimum, maka harus memenuhi syarat – syarat antara lain :

- Persentase tulangan dan perbandingan antara keliling dan luas tulangan harus besar
- Perlu menggunakan tulangan ulir (*deformed bars*) untuk memperoleh tegangan lekat yang lebih tinggi.

Jarak retakan teoritis yang dihitung dengan persamaan di atas harus memberikan hasil antara 150 dan 250 cm. Jarak antar tulangan 100 mm - 225 mm. Diameter batang tulangan memanjang berkisar antara 12 mm dan 20 mm. (Pd-T- 14-2003)

b. Penulangan Melintang

Luas tulangan melintang (A_s) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung menggunakan rumus (2.6) berikut :

$$A_s = \frac{u.L.M.g.h}{2.f.s} \dots\dots\dots (2.6)$$

Rekomendasi tulangan melintang adalah sebagai berikut :

1. Diameter batang ulir > 12 mm.
2. Jarak maksimum antar tulangan adalah 75 cm.(Pd-T-14-2003)

c. Penempatan Tulangan

Penulangan melintang pada perkerasan kaku harus ditempatkan pada kedalaman lebih besa dari 65 mm dari permukaan untuk teba pelat ≤ 20 cm dan maksimum sampai sepertiga tebal pelat untuk tebal pelat > 20 cm. Tulangan memanjang dipasang di atas tulangan melintang. (Pd-T-14-2003).

2.3 Persyaratan Teknis AASHTO 1993

2.3.1 Vehicle Damage Factor (VDF) Desain

Data sekunder nilai VDF sesuai penggolongan jenis kendaraan yang diambil dari beberapa sumber dapat dilihat pada tabel 2.13

Tabel 2.13 *Vehicle Damage Factor (VDF) Desain*

No	Type Kendaraan	Vehicle Damage Factor (VDF)							
		A	B	C	D	E	F	G	H
1	Sedan, Jeep, st. Wagon	0,0005	0,0024	0,0001	0,0010	0,0005	0,0020	0,0020	0,0012
2	Pick-Up, Combi	0,2174	0,2738	0,158	0,0010	0,3106	0,1960	0,3590	0,2165
3	Truck 2 as(L), micro truck, mobil hantaran	0,2174	0,2738	0,1580	0,2060	0,3106	0,1960	0,3590	0,2165
4	Bus Kecil	0,2174	0,2738	0,1580	0,2060	0,3106	0,1960	0,3590	0,2165
5	Bus Besar	0,3006	0,3785	0,6984	4,4526	0,1592	0,9290	0,3710	1,0413
6	Truck2 as (H)	2,4159	3,0421	2,6883	4,4526	2,3286	1,5690	4,4460	2,9918
7	Truck 3 as	2,7416	5,4074	5,3847	3,4216	2,6209	8,0290	9,8050	5,3443
8	Truck 4 as, Truck Gandeng	3,9083	4,8071	5,7962	8,9003	7,0588	8,1950	6,4443	6,4443
9	Truck 5, Trailer	4,1718	7,2881	4,2155	3,6923	4,3648	1,0290	41,269	4,1269

(Sumber : Pekerjaan Jalan Beton Semen Portland Perencanaan Metode AASHTO 1993)

Keterangan :

- A : Bina Marga MST 10 Ton
- B : NAASRA MST 10 Ton
- C : PUSTRAN 2002 (*overloaded*)
- D : CIPULARANG 2002
- E : PANTURA 2003 MST 10 Ton
- F : PUSTRANS 2004 Semarang – Demak
- G : PUSTRANS 2004 Yogyakarta – Sleman/Tempel
- H : VDF rata – rata

2.3.2 Traffic Design

Umur rencana *rigid pavement* umumnya diambil 20 dan 40 tahun untuk konstruksibaru. Lalu lintas rencana pada AASHTO 1993 dapat diketahui melalui nilai ESAL atau *Equivalent Single Axle Load*. Berikut rumus umum lalu lintas rencana (ESAL) :

$$W_{18} = \sum_{NI}^{Nn} LHR_j \times DF_j \times D_A \times D_L \times 365 \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

W_{18} = *Traffic design* pada lajur lalu lintas, *Equivalent Single Axle Load*.

LHR_j = Jumlah lalu lintas harian rata-rata 2 arah untuk jenis kendaraan j.

VDF_j = *Vehicle Damage Factor* untuk jenis kendaraan j.

D_D = Faktor distribusi arah.

D_L = Faktor distribusi lajur.

N_1 = lalu lintas pada tahun pertama jalan dibuka. N_n

= Lalu lintas pada akhir umur rencana.

Terdapat faktor distribusi arah (D_D) yang nilainya 0,3 – 0,7, umumnya diambil 0,5 dan faktor distribusi lajur (D_L) mengacu pada tabel 2.14 (Suryawan, 2009)

Tabel 2.14 Faktor distribusi lajur (D_L)

Jumlah Lajur Setiap Arah	DL (%)
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

(Sumber : Perkerasan Jalan Beton Semen Portland
Perencanaan Metode AASHTO 1993)

2.3.3 Lalu Lintas

Data lalu lintas yang digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan kaku adalah data lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Jumlah beban gandar tunggal standar kumulatif didapatkan dari perkalian beban gandar standar kumulatif pada jalur rencana selama 1 tahun (W_{18}) dengan besaran faktor laju pertumbuhan lalu lintas (*traffic growth*). Rumusan lalu lintas kumulatif menurut metode AASHTO 1993 sebagai berikut :

$$W_t = W_{18} \times \frac{(1+g)^n - 1}{g} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

W_t = Jumlah beban gandar tunggal standar kumulatif

- W_{18} = Beban gandar standar kumulatif selama 1 tahun (ESAL)
- N = Umur pelayanan, atau umur rencana UR (tahun)
- G = perkembangan lalu lintas (%)

2.3.4 Daya Dukung Tanah Efektif Tanah Dasar Dan Modulus Reaksi

Tanah Dasar

CBR dalam perencanaan perkerasan kaku digunakan untuk penentuan nilai parameter modulus reaksi tanah dasar (k) menggunakan gabungan formula dan grafik penentuan modulus reaksi tanah dasar berdasar ketentuan CBR tanah dasar. Nilai CBR yang umum digunakan di Indonesia berdasarkan besaran 6% untuk lapis tanah dasar. (Suryawan, 2009).

$$M_R = 1.500 \times CBR \dots\dots\dots (2.9)$$

$$K = \frac{M_R}{19,4} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

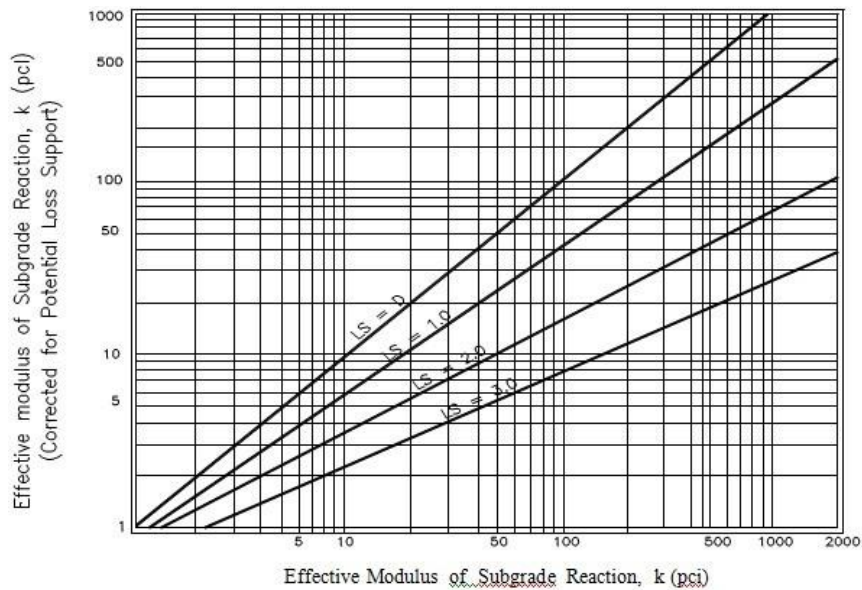
M_R = Resilient modulus

Tabel 2.15 Tipe Material

No	Tipe Material	LS
1.	Cement Treaded Granular Base (E - 1.000.000 - 2.000.000 psi)	0 - 1
2.	Cement Aggregate Mixtures (E - 5.000.000 - 1.000.000 psi)	0 - 1
3.	Asphalt Treadet Base (E - 350.000 - 1.000.000 psi)	0 - 1
4.	Bituminous Stabilised Mixtures (E - 40.000 - 300.000 psi)	0 - 1
5.	Lime Stabilized (E - 20.000 - 70.000 psi)	1 - 3
6.	Unbound Granular Materials (E - 15.000 - 45. 000 psi)	1 - 3
7.	Fine Grained / Narual Subgrade Materials (E - 3.000 - 40.000 psi)	2 - 3

(Sumber : Perkerasan Jalan Beton Semen Portland
Perencanaan Metode AASHTO 1993)

Koreksi Modulus Reaksi Tanah Dasar Efektif, menggunakan grafik pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Koreksi modulus reaksi tanah dasar efektif untuk potensial kehilangan dukungan (Sumber: AASHTO 1993)

2.3.5 Reliabilitas

Angka reliabilitas adalah kemungkinan (*probabilitas*) bahwa perkerasan yang direncanakan akan tetap memuaskan selama umur rencana. Angka reliabilitas ditetapkan antara 50% hingga 99,99%, angka tersebut merupakan tingkat kehandalan desain untuk mengatasi dan mengakomodasi kemungkinan melehetnya besaran – besaran desain yang dipakai. Semakin tinggi reliabilitas yang dipakai semakin tinggi pula kemungkinan terjadinya selisih (deviasi) desain. Parameter - parameter desain yang terkait antara lain : (Suryawan, 2009)

a. Peramalan kinerja perkerasan

Kinerja perkerasan dapat diramalkan pada *Terminal Serviceability* p_t =2,5 (untuk jalan raya utama), $p_t = 2,0$ (untuk jalan lalu lintas rendah), dan *Initial Serviceability* $p_o = 4,5$ (rentang yang digunakan antara 0 – 5)

b. Peramalan lalu lintas

Peramalan lalu lintas juga dilakukan berdasarkan studi tersendiri dengan cara survei pribadi, bukan hanya berdasarkan rumus empirik. Tingkat kehandalan dan keakuratan berdasarkan studi tersendiri lebih baik dibandingkan secara empiris, linear atau data sekunder.

c. Pelaksanaan konstruksi

Dalam pelaksanaan konstruksi perkerasan kaku, spesifikasi sudah mengkategorikan tingkat atau syarat agar perkerasan sesuai standar desain. Desain yang digunakan adalah syarat minimum dalam spesifikasi.

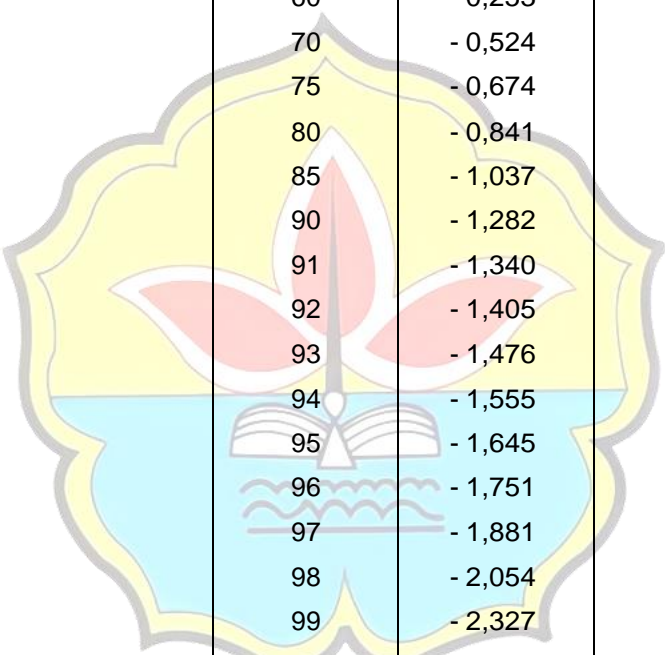
Berikut tabel reliabilitas yang disarankan menurut klasifikasi jalannya :

Tabel 2.16 Reliabilitas (R) yang disarankan

Klasifikasi jalan	Reliability : R (%)	
	Urban	Rural
Jalan tol	85 – 99,9	80 – 99,9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 – 80	50 – 80

(Sumber: Perkerasan Jalan Beton Semen Portland
Perencanaan Metode AASHTO 1993)

Tabel 2.17 Nilai penyimpangan normal standar deviasi untuk tingkat
reliabilitas tertentu (Z_R)



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

(Sumber : Perkerasan Jalan Beton Semen Portland
Perencanaan Metode AASHTO 1993)

Selain *Standart Normal Deviation* terdapat parameter lain yang berpengaruh pada penentuan tebal plat rencana, parameter tersebut adalah *Standar Deviation*. *Standart Deviation* untuk perkerasan kaku adalah $S_o = 0,30 - 0,40$

2.3.6 Serviceability

Penentuan *serviceability* berdasarkan tabel 2.17 untuk penentuan *terminal serviceability index* (P_t).

Tabel 2.18 *Terminal serviceability index* (P_t)

Percent of people stating unacceptable	p_t
12	3,0
55	2,5
85	2,0

(Sumber : Perkerasan Jalan Beton Semen Portland
Perencanaan Metode AASHTO 1993)

Parameter *serviceability* :

- a. *Initial serviceability* : $p_o = 4,5$
- b. *Terminal serviceability index* jalur utama (*major highways*) : $p_t = 2,5$
- c. *Terminal serviceability index* jalan lalu lintas rendah : $p_t = 2,0$
- d. *Total loss of serviceability* : $\Delta PS = p_o - p_t$

2.3.7 Modulus Elastisitas Beton dan *Flexural Strength*

$$E_c = 57.000 \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots$$

(2.11)

Dimana :

E_c = Modulus elastisitas beton (psi)

$f'c$ = Kuat tekan beton, silinder (psi)

Kuat tekan beton ditetapkan sesuai spesifikasi pekerjaan. Di Indonesia umumnya digunakan $f'c = 350$ kg. *Flexural Strength* sesuai spesifikasi di Indonesia umumnya digunakan $Sc = 45$ kg/ = 640 psi (Suryawan, 2009)

2.3.8 Koefisien Drainase

Menurut AASHTO 1993 terdapat 2 variabel yang digunakan dalam menentukan nilai koefisien drainase.

- a. Variabel pertama yaitu mutu drainase sesuai tabel 2.19

Tabel 2.19 Mutu drainase

Quality of drainage	Water removed within
Excellent	2 jam
Good	1 hari
Fair	1 minggu
Poor	1 bulan
Very poor	Air tidak terbebaskan

(Sumber : Perkerasan Jalan Beton Semen Portland
Perencanaan Metode AASHTO 1993)

Tabel 2.20 Koefisien Pengaliran (C)

Tipe daerah pengaliran		C
Jalan	Beraspal	0.7 – 0.95
	Beton	0.8 – 0.95
	Batu	0.7 – 0.95

(Sumber : Perkerasan Jalan Beton Semen Portland
Perencanaan Metode AASHTO 1993)

- b. Variabel kedua merupakan persentase kualitas drainase struktur perkerasan dalam satu tahun terkena air sampai mendekati jenuh air (*saturated*), dari tabel 2.21 dapat diketahui Koefisien drainase (C_d) yang dihubungkan dengan kualitas drainase.

Tabel 2.21 Koefisien Drainase (C_d)

Quality of drainage	Percent of time pavement structure is exposed to moisture levels approaching saturation			
	< 1 %	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Excellent	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Good	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Fair	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Poor	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Very poor	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

(Sumber : Perkerasan Jalan Beton Semen Portland
Perencanaan Metode AASHTO 1993)

2.3.9 Load Transfer

Penentuan Nilai *load transfer* (J) dapat dilihat pada tabel 2.21

Tabel 2.22 *Load transfer coefficient*

Shoulder	Asphalt		Tied PCC	
	Yes	No	Yes	No
Pavement type				
1. Plain jointed & jointed reinforced	3.2	3.8 – 4.4	2.5 – 3.1	3.6 – 4.2
2. CRCP	2.9 – 3.2	N/A	2.3 – 2.9	N/A

(Sumber : Perkerasan Jalan Beton Semen Portland
Perencanaan Metode AASHTO 1993)

Perkerasan kaku menerus dengan tulangan menggunakan nilai *Load transfer coefficient* (J) antara 2,3 – 2,9, dengan rekomendasi menggunakan 2,6. Nilai ini merupakan nilai J terendah untuk desain perkerasan kaku menerus dengan tulangan yang sudah sangat baik dalam menahan kenaikan distribusi kapasitas pembebanan perkerasan jalan.

Perkerasan kaku bersambung dengan tulangan, dowel, dan bahu beton, menggunakan *load transfer coefficient* antara 2,5 – 3,1. Tidak disarankan menggunakan nilai J terendah dari rentang tersebut untuk perkerasan kaku bersambung dengan tulangan. (AASHTO, 1993)

2.3.10 Persamaan Penentuan Tebal Pelat

Parameter – parameter tersebut yang sudah diketahui nilainya kemudian diaplikasikan dalam persamaan menggunakan asumsi tebal plat beton (D), berikut persamaan penentuan tebal plat beton :

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_o + 7,35 \log_{10} (D + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} + \dots \dots \dots (2.12)$$

$$(4,22 - 0,32 p_t) \times \log_{10} \frac{S'_c C_d \times \left[D^{0,75} - 1,132 \right]}{215,63 \times J \times \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{(E_c : k)^{0,25}} \right]}$$

Dimana:

W_{18} = Traffic design, Equivalent Single Axle Load (ESAL)

- Z_R = Standar normal deviasi
- S_o = Standar deviasi
- D = Tebal pelat beton (inches)
- ΔPSI = *Serviceability loss* = $p_o - p_t$
- p_o = *Initial serviceability*
- p_t = *Terminal serviceability index*
- S_c = *Flexural strength* sesuai spesifikasi pekerjaan (psi)
- C_d = *Drainage coefficient*
- J = *Load transfer coefficient*
- E_c = Modulus elastisitas (psi)
- k = modulus reaksi tanah dasar (pci)

2.3.11 Perhitungan Penulangan

Perkerasan beton menerus dengan tulangan (CRCP) adalah perkerasan jalan yang mengutamakan tulangan longitudinal yang menerus pada sepanjang perkerasan jalan. Tulangan longitudinal ini berfungsi mengontrol retakan yang terjadi di perkerasan jalan. Memungkinkan digunakan tulangan melintang atau *deformed wire fabric* pada perkerasan beton agar menahan geser terhadap lapis dasar perkerasan yang dapat menyebabkan keretakan. (AASHTO, 1993)

a. Tulangan Memanjang

Kebutuhan tulangan memanjang dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$P_s = \frac{100 f_t (1,3 - 0,2 F)}{f_y - n f_t} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

- P_s = persentase tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap penampang beton terhadap
- f_t = kuat tarik lentur beton yang digunakan = $0,4 - 0,5f_c$
- f_y = tegangan leleh rencana baja

n = angka ekivalen antara baja dan beton

F = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

Penentuan angka ekivalen baja dan beton (n) serta f_r dapat dilihat pada tabel



2.3.12. Koefisien gesekan antara plat beton dengan lapisan pondasi dibawahnya (F) dapat dilihat pada tabel 2.23

Tabel 2.23 Hubungan antara kuat tekan beton dan angka ekivalen baja & beton (n) serta f_r

F_c (kg/cm ²)	F_c (MPa)	n	f_r (MPa)
115	11,3	13	2,1
120 - 135	11,8 - 13,2	12	2,2
140 - 165	13,7 - 16,2	11	2,4
170 - 200	16,7 - 19,6	10	2,6
205 - 250	20,1 - 24,5	9	2,9
260 - 320	25,5 - 31,4	8	3,3
330 - 425			
450	32,4 - 41,7	7	3,7
	44,1	6	4,1

(Sumber : Perkerasan Jalan Beton Semen Portland
Perencanaan Metode AASHTO 1993)

Tabel 2.24 Koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan pondasi dibawahnya

Type material dibawah slab	Friction factor (F)
Burtu, Lapen dan konstruksi sejenis	2,2
Aspal beton, Lataston	1,8
Stabilisasi kapur	1,8
Stabilisasi aspal	1,8
Stabilisasi semen	1,8
Koral sungai	1,5
Batu pecah	1,5
Sirtu	1,2
Tanah	0,9

(Sumber : Perkerasan Jalan Beton Semen Portland
Perencanaan Metode AASHTO 1993)

Kebutuhan tulangan melintang pada perkerasan beton menerus dapat dihitung dengan persamaan yang sama seperti pada perhitungan penulangan perkerasan beton bersambung dengan tulangan (BBDT).

b. Tulangan Melintang

Perhitungan kebutuhan tulangan melintang diawali dengan mencari luas tulangan dengan rumus sebagai berikut :

$$A_s = \frac{11,76 F L h}{f_s} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana:

A_s : Luas tulangan yang diperlukan (mm^2 / m)

F : Koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya

L : jarak antar sambungan (m)

H : tebal plat beton (mm)

F_s : tegangan tarik ijin baja (MPa) ($0,6f_y$)

A_s min. Menurut SNI 1991 untuk segala keadaan = 0,14 % dari luas penampang beton. (Suryawan, 2009)

2.4 Penentuan Lebar Jalan

2.4.1 Lajur

Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan dan memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Lebar lajur tergantung pada kecepatan

kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dalam tabel 2.25.

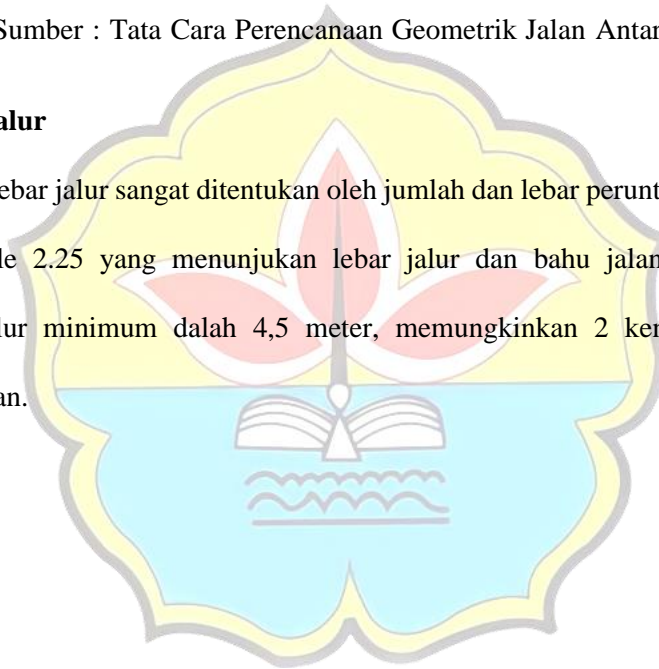
Tabel 2.25 Lebar Lajur Jalan Ideal

FUNGSI	KELAS	LEBAR LAJUR IDEAL (m)
Arteri	I	3,75
	II,111A	3,50
Kolektor	III A. III B	3,00
Lokal	III C	3,00

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

2.4.2 Jalur

Lebar jalur sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar peruntukannya dapat dilihat pada table 2.25 yang menunjukkan lebar jalur dan bahu jalan sesuai VLHR-nya. Lebar jalur minimum dalah 4,5 meter, memungkinkan 2 kendaraan kecil saling berpapasan.



Tabel 2.26 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	ARTERI				KOLEKTOR				LOKAL			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)
<3.000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3.000-10.000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10.001-25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	**)	**)	-	-	-	-
>25.000	2n+3,5*)	2,5	2×7,0*)	2,0	2n+3,5*)	2,0	**)	**)	-	-	-	-

Keterangan:

**)= Mengacu pada persyaratan ideal

*) = 2 jalur terbagi, masing – masing $n \times 3,5$ m, di mana n= Jumlah lajur per jalur

- = Tidak ditentukan

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

2.5 Studi yang Pernah Dilakukan

Berikut adalah beberapa penelitian yang digunakan sebagai acuan penelitian ini antara lain dapat dilihat sebagai berikut:

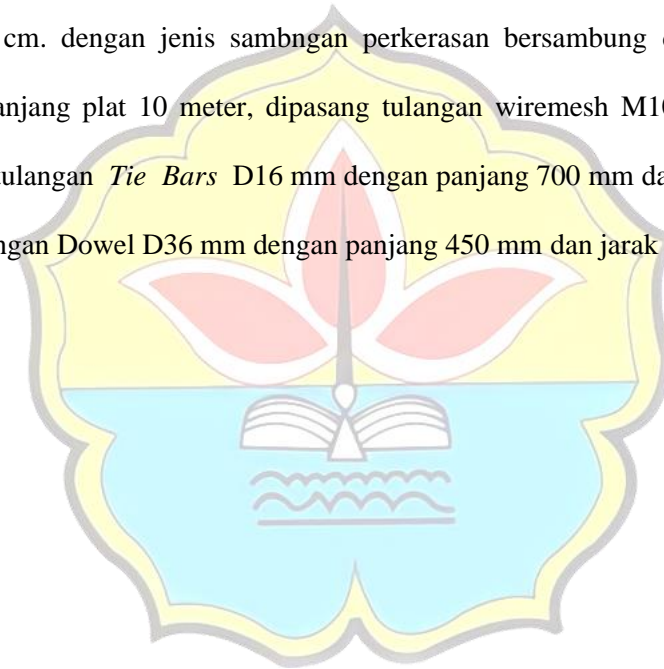
1. Ardiansyah, Sudiby (2020), Analisis Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Lajur Pengganti Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Jakarta-Cikampek II *Elevated*. Meneliti perbandingan alternatif desain perkerasan kaku menggunakan metode MDPJ 2017 dan AASHTO 1993 pada pembuatan lajur pengganti dalam pembangunan Jalan Tol Jakarta-Cikampek II *elevated*. Pada penelitian ini mencakup pengambilan data sekunder. Data sekunder meliputi data lalu-lintas, uji tanah dan CBR dan Hidrologi. Dari penelitian dihasilkan Berdasarkan MDPJ 2017 bahwa kondisi CBR 6% Menyebabkan perbaikan tanah dasar struktur pondasi pada perkerasan kaku sebesar 305 mm. dan lapis pondasi (*lean concrete*) 100 mm. Berdasarkan perhitungan AASHTO 1993 diperoleh tebal plat beton 320 mm perhitungan tebal plat beton menggunakan data parameter perencanaan tebal plat beton. Terjadinya perbedaan nilai tebal plat beton disebabkan adanya perbedaan parameter yang digunakan pada MDPJ 2017 adalah umur rencana, volume JSKN, Struktur fondasi jalan, CBR tanah dasar, parameter yang digunakan pada AASHTO 1993 adalah analisis lalu lintas, nilai reliabilitas, standar normal deviasi, kehilangan kemampuan pelayanan, modulus elastisitas beton dan modulus reaksi tanah.
2. Apriliyanto (2015), Study Perencanaan Jalan Perkotaan Menuju Ke Kawasan Perumahan Padat Dengan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavment*). Meneliti perkembangan lalu lintas 10 tahun kedepan di Jl.KH Shiddiq- Jl.Kh Agus Salim.

mengevaluasi dan merencanakan kembali perkerasan kaku di Jl.KH Shiddiq- Jl.Kh Agus Salim pada jangka 10 tahun. pada penelitian ini , menghitung kapasitas pelayanan jalan (DS), alinyemen hirzontal, tebal perkerasan kaku menggunakan metode AASHTO 1993. Dari hasil analisis data/perhitungan didapat $DS = 0.804(U)$ dan $DS = 1,058(S)$ alinyemen horizontal perbandingan LC lapangan dan LC analisa= 161,00 meter : 47.097 meter (maka tidak perlu redesain). Untuk tebal perkerasan kaku salab thickness = 7 inchi.

3. Yeremias (2015), Studi Perencanaan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavment*) Pada Ruas Jalan Agela-Danga Kabupaten Nagekeo. Meneliti perencanaan tebal perkerasan kaku pada ruas jalan Aegela-Danga menggunakan metode Nasraa. Dari penelitian dihasilkan menggunakan beton semen bersambung dengantulangan dan beton yang digunakan untuk struktur atas adalah K-350 dengan ketebelan 18 cm, sedangkan untuk pondasi bawah menggunakan mutu beton K- 125 dengan ketebalan 10 cm, berdasarkan perhitungan LHR 2013 jalan ruas Aegela-Danga termasuk jalan kelas III jalan lokal skunder tipe II.
4. Heri (2017), Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Dengan Metode Naasra Dan Rencana Anggaran Biaya Pada Jalan Sambera-Santan Kalimantan Timur. Meneliti tebal perkerasn yang tepat, kepadatan tanah dasar, umur rencana dan klasifikasi jalan. Pada penelitian ini melakukan survey lalu lintas dilakukam 7x16 jam. Pada pengambilan data CBR dari panjang Jalan 3+600 di ambil 36 Titik. Didapat niali CBR rata-rata sebesar 6,03%. Dikarenakan CBR yang umum digunakan di Indonesia sebesar 6% untuk lapis tanah dasar yang mengacu pada peraturan departemen pekerjaan umum. Maka, tidak perlu dilakukan penanganan

khusus untuk lapis tanah dasar yang ingin direncanakan. Hasil perhitungan yang telah dilakukan untuk umur rencana 20 tahun, diperoleh tebal plat rencana 190 mm dengan lapis pondasi bawah 125 mm.

5. Sigit, Asmuni, Susuiana (2021), Perencanaan Perkerasan Kaku Dengan Metode AASHTO 1993 Studi Kasus Jalan Batanghari II Kabupaten Muaro Jambi. Meneliti tebal perkerasan kaku pada jalan Batanghari II pada STA 18+500 dengan CBR rencana 6% dengan nilai W18 dalam setahun 455.664,051. Dari penelitian ini didapat nilai ESAL dalam 30 tahun sebesar 30.273.794, 429 ESAI, dengan tebal plat beton 28 cm. dengan jenis sambngan perkerasan bersambung dengan tulangan dengan panjang plat 10 meter, dipasang tulangan wiremesh M10-150 mm. serta dipasang tulangan *Tie Bars* D16 mm dengan panjang 700 mm dan jarak 750 mm. Serta tulangan Dowel D36 mm dengan panjang 450 mm dan jarak 300 mm.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lingkup Penelitian

Penelitian ini menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan Metode AASHTO 1993 untuk merencanakan tebal perkerasan kaku umur rencana 40 tahun dengan panjang jalan 23,745 km dan lebar jalan 7 meter. Sebagai data pendukung untuk mengetahui sifat daya dukung tanah digunakan data nilai CBR. Data CBR yang digunakan adalah data Primer yang diambil secara langsung dari lapangan.

Landasan penelitian ini berdasarkan kajian pustaka (*literature review*) dari beberapa jurnal dan buku referensi serta buku pedoman perencanaan perkerasan jalan yang tercantum pada daftar pustaka. Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder yang sudah diolah dan kemudian bisa langsung digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan jalan.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

1. Lokasi penelitian di Jalan Desa Trijaya Kecamatan Bahar Selatan Kab. Muaro Jambi.
2. Data teknis jalan lama pada lokasi perencanaan adalah :
 - a. Panjang jalan 23,745 km
 - b. Lebar jalan 7 m
 - c. Penelitian dimulai pada bulan Mei 2021



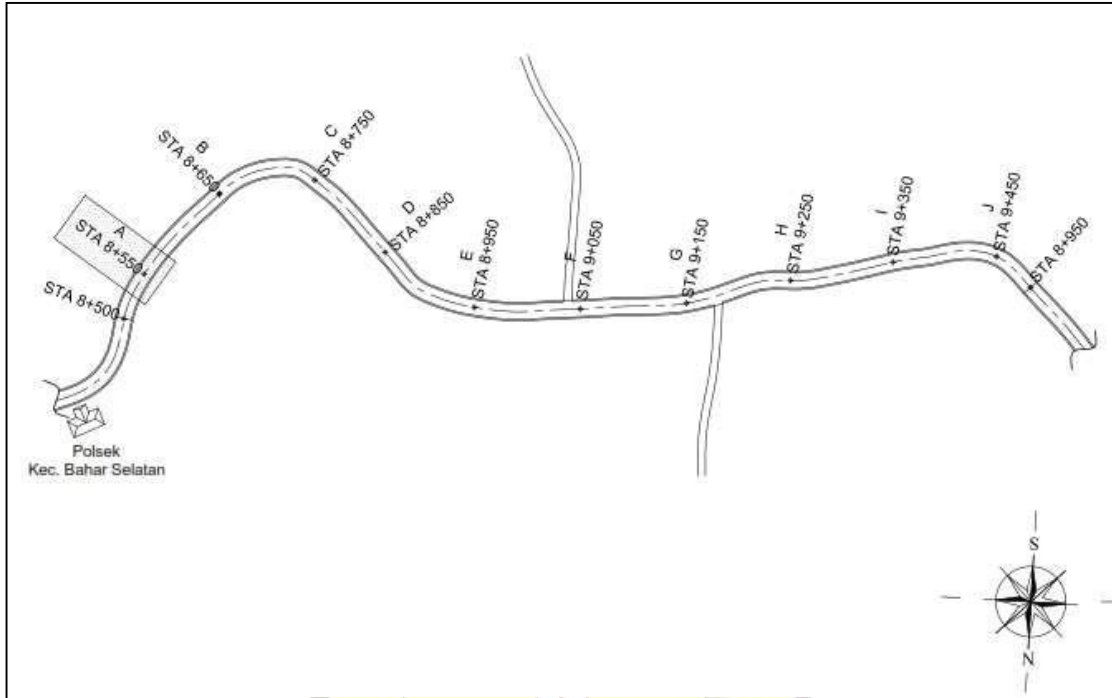
Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian
Sumber : *Google map, 2022*

3.3 Pengambilan Data Lalu-lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Metode untuk mendapatkan data volume lalu-lintas adalah dengan metode pencacah arus lalu-lintas (*Traffic Counting*) cara atau langkah –langkah pengambilan sampel:

- Mencatat semua jenis kendaraan yang lewat pada masing-masing arah
- Kendaraan dicatat dalam interval 20 menit

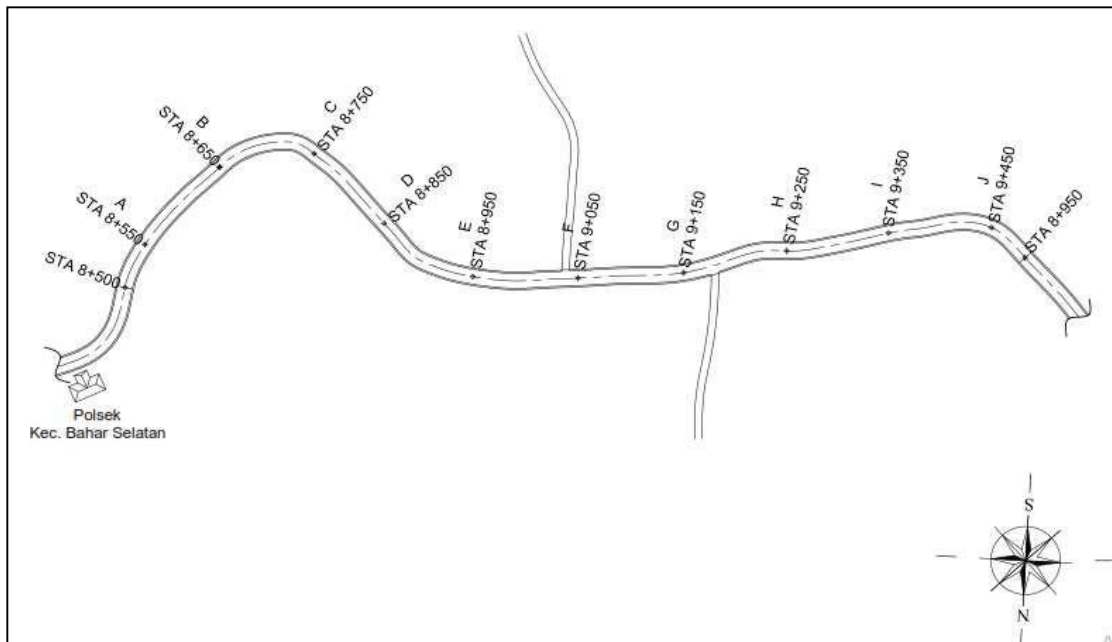
Pengambilan sampel dilakukan selama 24 jam sesuai dengan pengamatan dilapangan. Pengambilan data ini dilakukan dengan bantuan teman yang berjumlah 1 orang. Pengambilan sampel dilakukan pada Sta 8+550 dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengambilah Data Lalu-lints Harian Rata-Rata (LHR)
 Sumber : Data yang telah diolah, 2022

3.4 Pengambilan Data CBR Tanah Dasar

Pada Penelitian CBR tanah dasar menggunakan alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP). Metode penelitian yang diambil adalah metode zig-zag untuk proses pengujian dilapangan. Metode zig-zag sendiri adalah pengambilan nilai DCP pada dua ruas yang berbeda, yaitu ruas kanan jalan pada Sta. 8+550, dan ruas kiri jalan pada Sta. 8+650, secara berkala sampai pengambilan station terakhir, dengan mengambil 10 titik uji DCP, yang setiap titiknya terhitung per 100 meter dengan metode zig-zag dengan panjang station dilapangan sekitar 1,000 Km. Asumsi pengambilan titik dengan metode zig-zag dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Peta Lokasi titik *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)*

Sumber : Data yang telah diolah, 2022

3.5 Prosedur Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan

Langkah – langkah dalam perencanaan tebal perkerasan kaku sebagai berikut :

a. Studi pustaka

Mempelajari dan mencari informasi tentang teori perencanaan tebal perkerasan kaku.

b. Pengumpulan data

Data primer berupa data yang diambil langsung dari lapangan. Data

Sekunder berupa data yang tidak diambil langsung dari lapangan dengan.

c. Pengolahan data

Data primer menentukan lokasi perencanaan pada peta melalui *google maps* serta survey data lalu lintas harian rata – rata (LHR) di ruas jalan Poros Desa Trijaya, Kecamatan Bahar Selatan.

Data primer berupa :

- a. Nilai VDF pada tabel 2.3 dan tabel 2.13
- b. Nilai CBR yang digunakan berdasarkan hasil survey lapangan
- c. Data LHR di ruas jalan poros Desa Trijaya, Kecamatan Bahar Selatan.

d. Pembahasan

Parameter dan prosedur untuk menentukan tebal lapis perkerasan kaku harus sesuai dengan metode yang digunakan. Berikut adalah parameter dan prosedur dari Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan AASHTO 1993.

1) Perencanaan perkerasan kaku berdasarkan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 :

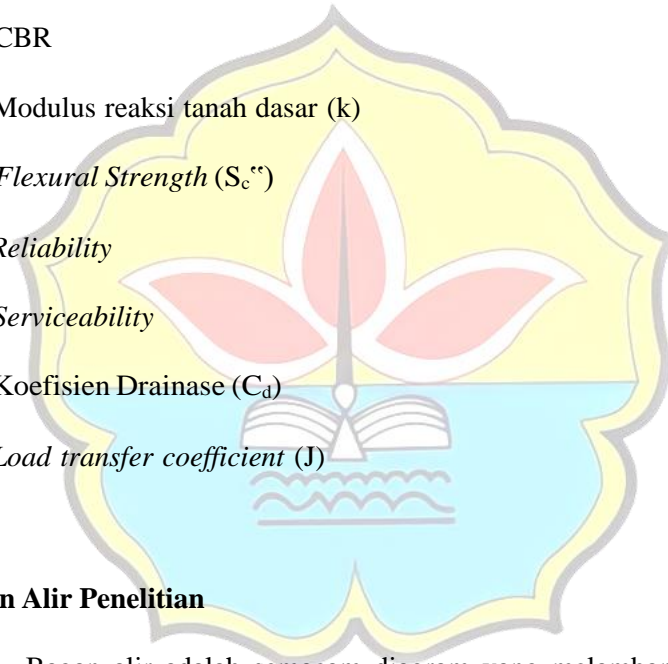
- a) Pemilihan Struktur Perkerasan Jalan (Tabel 2.1 Pemilihan Struktur Perkerasan Jalan 2017 :
- b) Penentuan umur rencana (Tabel 2.10 umur Rencana Perkerasan)
- c) Penentuan volume kelompok sumbu kendaraan niaga. (Tabel 2.5 Distribusi beban kelompok sumbu kendaraan niaga (HVAG)
- d) Penentuan Nilai *Equivalent Single Axle load* (ESAL)
- e) Penentuan struktur pondasi perkerasan.

- f) Penentuan daya dukung efektif tanah dasar menggunakan solusi tanah normal atau tanah lunak.
- g) Penentuan struktur lapisan perkerasan (Tabel 2.6 dan tabel 2.7 – Bagan 4 atau bagan 4A)

2) Parameter – parameter perencanaan perkerasan kaku dengan Metode

AASHTO 1993 :

- a) Data lalu lintas
- b) Lalu lintas rencana
- c) CBR
- d) Modulus reaksi tanah dasar (k)
- e) *Flexural Strength* (S_c'')
- f) *Reliability*
- g) *Serviceability*
- h) Koefisien Drainase (C_d)
- i) *Load transfer coefficient* (J)



3.6 Bagan Alir Penelitian

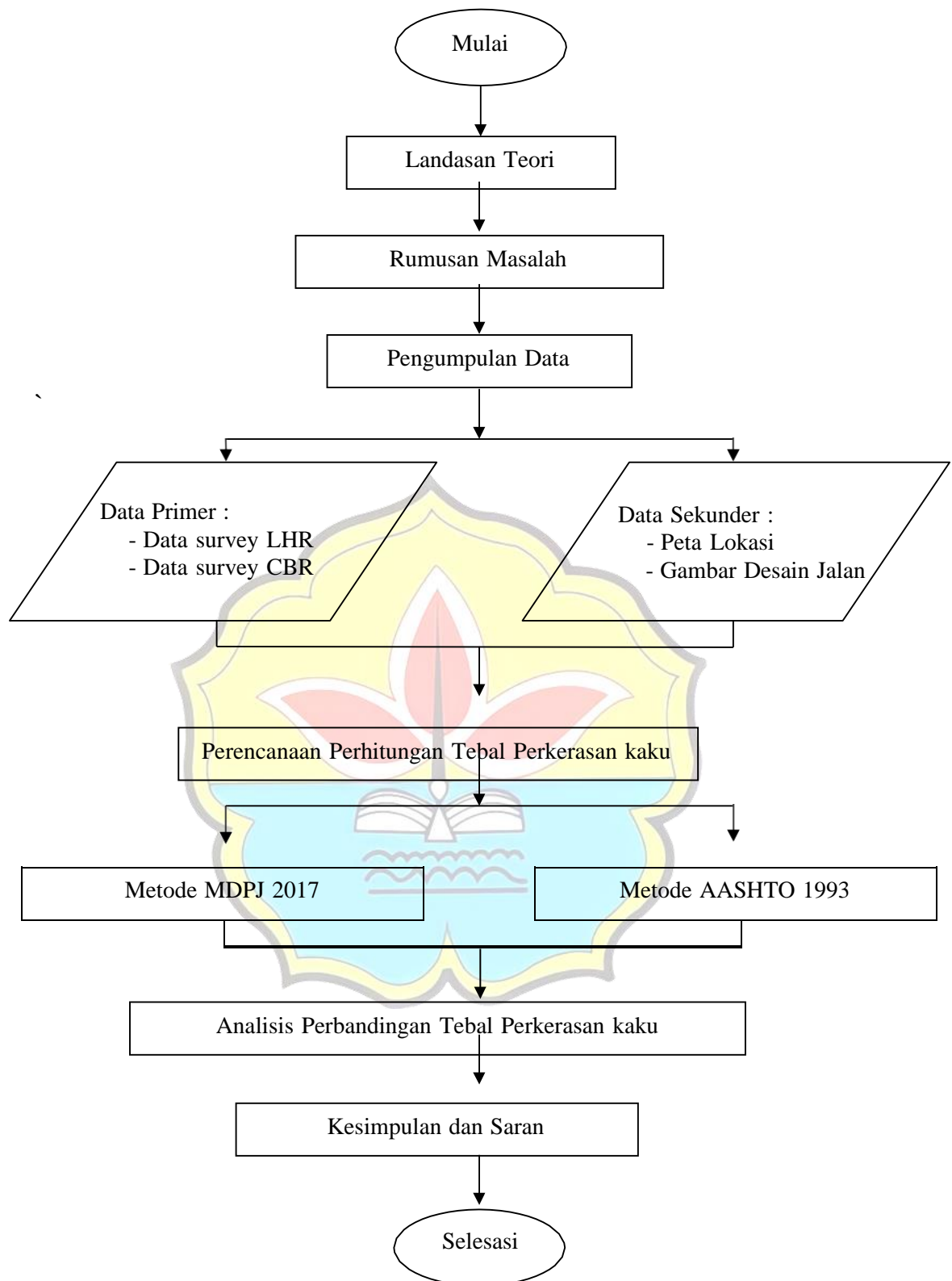
Bagan alir adalah semacam diagram yang melambangkan algoritme, *workflow*, atau tahap yang mengemukakan tahapan dalam bentuk simbol- simbol grafis, dan urutannya dihubungkan dengan panah.

Penelitian mencakup pengambilan data sekunder dan primer. Data sekunder meliputi Peta lokasi, gambar rencana dan data primer meliputi data lalu- lintas, CBR tanah dasar. Analisis tebal perkerasan kaku pada penelitian ini

menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 Dan AASHTO1993.

Dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan tugas akhir ini diperlukan bagan alir penelitian agar mempermudah penulis dalam perencanaanya. Adapun bagan alir penelitian berdasarkan uraian yang di sajikan diatas dapat dilihat pada Gambar 3.4 sebagai berikut.





Gambar 3.4 Bagan alir penelitian

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1. Data Lalu Lintas

Data lalu lintas yang digunakan adalah data dari hasil survei selama 24 jam di kawasan jalan Poros Desa Trijaya dan dari hasil survei lapangan di kawasan jalan Poros Desa Trijaya. Data lalu lintas dapat dilihat pada table 4.1

Tabel 4.1 Kendaraan niaga

Gol. Kendaraan	LHR 2022
Sedan. Jeep (2)	348
Pick Up, Mobil Hantaran (4)	83
Truk 2 Sumbu (4 Roda) (6a)	109
Truk 2 Sumbu (6 Roda) (6b)	373

Sumber : Data Yang Telah Diolah Tahun 2023

Berdasarkan pada tabel 4.1 LHR pada tahun 2022 terdapat kendaraan yang sering melintas yaitu truck 2 sumbu (6 Roda) (6b) sebesar 373 kendaraan dan kendaraan yang jarang melintas yaitu pick up, mobil hantaran (4) sebesar 83 kendaraan selama 24 jam.

4.2. Jumlah Kelompok Sumbu

Setelah mendapatkan nilai LHR pada tabel 4.1 maka akan mencari jumlah kelompok sumbu LHR tahun 2022 dapat di lihat pada tabel 4.2 perhitungan jumlah kelompok sumbu. Nilai LHR rata-rata dikalikan jumlah kelompok sumbu untuk mendapatkan nilai kelompok sumbu:

Tabel 4.2 Tabel perhitungan jumlah sumbu

Gol. Kendaraan	Jumlah Kelompok Sumbu	LHR 2022	Kelompok Sumbu
Sedan. Jeep (2)	2	348	696
Pick Up, Mobil Hantaran (4)	2	83	166
Truk 2 Sumbu (4 Roda) (6a)	2	109	218
Truk 2 Sumbu (6 Roda) (6b)	2	373	746

Sumber : Data Yang Telah Diolah Tahun 2023

Contoh perhitungan misal mengitung jumlah kelompok sumbu jenis kendaraan
jumlah kelompok sumbu x rata-rata LHR = 2 x 348 = 696 sumbu kendaraan

4.3. Data CBR Tanah Dasar

Pengukuran CBR tanah dasar menggunakan alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) di Desa Trijaya, Kecamatan Bahar Selatan. Data nilai CBR yang digunakan pada perhitungan didapat dari hasil survei lapangan di ruas jalan Desa Trijaya.

Perhitungan nilai CBR rata-rata, nilai CBR minimum, dan nilai CBR maksimum

Data CBR = 4, 6, 9, 9, 11, 8, 5, 6, 4,4 , 8

CBR Rata-Rata = $\frac{4 + 6 + 9 + 9 + 11 + 8 + 5 + 6 + 4,4 + 8}{10}$

10

= 7,040 %

Dari hasil survey CBR tanah dasar dengan menggunakan alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) di jalan poros Ds. Triajya Sta 8+500 -9+500 didapatkan nilai CBR tanah dasar rata-rata sebesar 7,040 %

4.4. Perhitungan nilai CBR dengan cara analistis

Perhitungan nilai CBR dicari dengan cara analistis. sebelum menggunakan rumus, dicari nilai R terlebih dahulu tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam 1 segmen. Besarnya nilai R seperti yang diperlihatkan pada table 4.3:

Tabel 4.3 Nilai R untuk perhitungan CBR segmen

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

$$\begin{aligned}
 \text{CBR tanah dasar} &= \text{CBR Rata - Rata} - \frac{\text{CBR Max} - \text{CBR Min}}{R} \\
 &= 7,040\% - \frac{100\% - 4\%}{3,18} \\
 &= 4,839 \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas dengan menggunakan cara analistis di dapatkan nilai CBR sebesar 4,839 %. Jadi, nilai CBR yang digunakan pada perhitungan tebal plat beton adalah nilai CBR menggunakan cara analistis dengannilai CBR sebesar 4,839 %

**4.5. Langkah-Langkah Perhitungan Tebal Plat Jalan Metode Manual
Desain Perkerasan Jalan 2017**

4.5.1. Pemilihan struktur perkerasan

Perhitungan tebal plat jalan diawali dengan perhitungan nilai *Equivalent*

Single Axle Load (ESAL) selama umur rencana 40 tahun.

Tabel 4.4 Perhitungan nilai *Equivalent Single Axle Load* (ESAL) selama umur rencana 40 tahun

Jenis Kendaraan	LHR 2022	LHR 2023	LHR 2027	VDF5 faktual	VDF5 Normal	ESA5 (23-27)	ESA5 (27-63)
1	2	3	4	5	6	7	8
Sedan. Jeep (2)	348						
Pick Up, Mobil Hantaran (4)	83						
Truk 2 Sumbu (4 Roda) (6a)	109	110	115	0,50	0,50	4,0x10 ⁴	3,7x10 ⁵
Truk 2 Sumbu (6 Roda) (6b)	373	377	392	7,40	4,60	2,0x10 ⁶	1,1x10 ⁷
Jumlah ESAL5						2,1x10 ⁶	1,2x10 ⁷
CESAL5 ('23-'63)						1,4x10 ⁷	

Sumber : Data Yang Telah Diolah Tahun 2023

Data awal tahun 2022; tahun pertama pembukaan jalan untuk lalu lintas 2023; permulaan priode beban normal pada tahun 2027 (5 tahun setelah 2022).

Berikut keterangan perumusan dari table 4.4 :

$$(3) = (2) \times (1 + 0,01)^1$$

$$(4) = (2) \times (1 + 0,01)^5$$

(5) & (6) Dari table Nilai VDF masing-masing kendaraan

$$(7) = (3) \times (5) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times R(2023-2027)$$

$$(8) = (4) \times (6) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times R(2027-2063)$$

Dari perhitungan tersebut diperoleh nilai CESAL (Cumulative Equivalent Single Axle Load) sebesar 14 juta dengan umur rencana 40 tahun dan di tinjau dari

table 2.1 pemilihan struktur perkerasan jalan, maka dipilih perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan $CBR \geq 2,5\%$).

4.5.2. Penentuan tebal lapis pondasi

Tebal lapis pondasi untuk perkerasan kaku sesuai ketentuan pada table 2.9 bahwa nilai CBR 4,839% termasuk dalam kelas kekuatan tanah dasar SG4 dengan perbaikan tanah dasar struktur pondasi dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Divisi 3- Pekerjaan Tanah). Diketahui tebal lapis pondasi adalah sebesar 300 mm.

4.5.3. Perhitungan tebal plat jalan

Jumlah kelompok sumbu masing-masing jenis kendaraan diperlukan untuk perencanaan perkerasan kaku dengan umur rencana 40 tahun. Table 4.5 menjelaskan perhitungan untuk mencari nilai kumulatif kelompok sumbu kendaraan berat selama umur rencana 40 tahun.

Tabel 4.5 Perhitungan nilai kumulatif kelompok sumbu kendaraan berat selama umur rencana 40 tahun

Jenis Kendaraan	LHR 2022	LHR 2023	Jumlah Sumbu	Kelompok Sumbu 2023	Jumlah kelompok sumbu 2023-2063
1	2	3	4	5	6
Sedan. Jeep (2)	348				
Pick Up, Mobil Hantaran (4)	83				
Truk 2 Sumbu (4 Roda) (6a)	109	110	2	220	$1,6 \times 10^6$
Truk 2 Sumbu (6 Roda) (6b)	373	377	2	753	$5,5 \times 10^6$
Kumulatif kelompok sumbu kendaraan berat 2023-2063					$7,1 \times 10^6$

Sumber : Data Yang Telah Diolah Tahun 2023

Pembukaan jalan Baru pada tahun 2022

$$(5) = (4) \times (3)$$

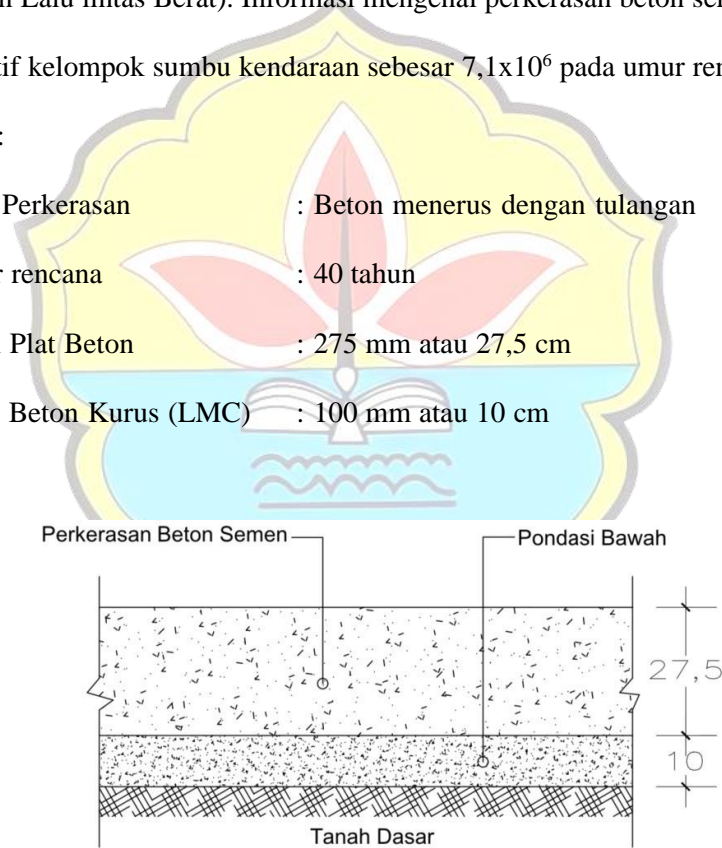
$$(6) = (5) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times 1 \times R40$$

$$R40 = \frac{(1+0,01 \times 1\%)^{40}-1}{0,01 \times 1\%}$$

- Pertumbuhan lalu lintas (i) = 1%
- Faktor distribusi arah (DD) = 0,5
- Faktor distribusi lajur (DL) = 1

Mengacu pada Tabel 2.6 (bagian desain 4. Desain Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalu lintas Berat). Informasi mengenai perkerasan beton semen dengan nilai kumulatif kelompok sumbu kendaraan sebesar $7,1 \times 10^6$ pada umur rencana 2023-2063 adalah :

Jenis Perkerasan	: Beton menerus dengan tulangan
Umur rencana	: 40 tahun
Tebal Plat Beton	: 275 mm atau 27,5 cm
Lapis Beton Kurus (LMC)	: 100 mm atau 10 cm



Gambar 4.1 Tipikal Struktur perkerasan Beton Semen Metode Manual
Desain Perkerasan Jalan

4.6. Langkah-Langkah Perhitungan Tebal Plat Jalan Metode AASHTO 1993

Perhitungan tebal plat jalan dengan metode AASHTO 1993 perencanaan jalan Poros Desa Trijaya Sta 8+500 – 9+500 Kec. Bahar Selatan Kab. Muaro Jambi adalah sebagai berikut :

4.6.1. Analisis Lalu Lintas

Perhitungan Nilai ESAL berdasarkan jenis kendaraan. Nilai ESAL rencana didapatkan dengan memasukan Distribusi arah (D_D) yang diambil nilai sebesar 0,5 dan Distribusi lajur (D_L) sebesar 100% karena memiliki 1 lajur, hal tersebut mengacu pada table 2.13. Selanjutnya D_D dan D_L dikalikan dengan VDF dan LHR

Tabel 4.6. Perhitungan Nilai ESAL

Jenis Kendaraan	Jumlah Kelompok Sumbu	LHR 2022	Jumlah Sumbu	Jumlah Sumbu	Jumlah Sumbu
1	2	3	4	5	6
Sedan. Jeep (2)	2	348	-	-	
Pick Up, Mobil Hantaran (4)	2	83	-	-	
Truk 2 Sumbu (4 Roda) (6a)	2	109	218	0,2458	48.895,76
Truk 2 Sumbu (6 Roda) (6b)	2	373	746	2,9918	203.659,30
				Total Wt	208.548,88

Sumber : Data Yang Telah Diolah Tahun 2023

Keterangan :

$$(4) = (2) \times (3)$$

$$(5) = (3) \times (5) \times D_D \times D_L \times 365$$

$$= (3) \times (5) \times 0,5 \times 100\% \times 365$$

Jumlah beban gandar tunggal standar kumulatif (W_{18}) didapat dengan mengalikan beban gandar standar kumulatif (W_t) dengan besaran kenaikan lalu lintas (*traffic growth*) yaitu sebesar 1%

$$\begin{aligned} W_{18} &= W_t \times \frac{(1+g)^n - 1}{g} \\ &= 208.448,88 \times \frac{(1+0,01)^{40} - 1}{0,01} \\ &= 10.190.309,77 \end{aligned}$$

4.6.2. Penentuan nilai Standard Normal Deviation (Z_R) dan *Reliability* (R)

Nilai Z_R masuk kedalam perhitungan *Reliability*, nilai *Reliability* didapat dari tabel 2.15 dengan melihat pada klarifikasi jalan. Selanjutnya, setelah ditemukan nilai *Reliability* dapat ditentukan nilai Z_R pada tabel 2.17.

$$R = 70\%$$

$$Z_R = -0,524$$

Nilai Standar Deviasi (S_o) untuk perkerasan kaku ditentukan antara $S_o = 0,3 - 0,4$ (AASHTO 1993). Jadi, dipilih $S_o = 0,35$

4.6.3. *Serviceability*

Terminal *Serviceability* Index (P_t) mengacu pada tabel 2.17 Diambil nilai $P_t = 2,5$. Karena merupakan jalan dengan beban lalu lintas berat. *Initial Serviceability* untuk perkerasan kaku, $P_o = 4,5$ (AASHTO 1993).

Serviceability loss didapat dari $P_o - P_t$.

$$\Delta PSI = 4,5 - 2,5 = 2$$

4.6.4. Flexural Strength

Modulus of Rupture sesuai spesifikasi pekerjaan di Indonesia adalah sebesar 45Kg/cm² = 640 Psi. (Suryawan, 2009)

4.6.5. Koefisien Drainase (Ca)

Penetapan koefisien drainase didasarkan atas 2 variabel, berikut kedua variabelnya :

a. Penetapan variabel mutu drainase

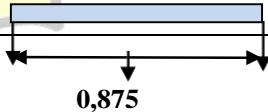
Perkerasan jalan beton memiliki koefisien pengaliran (C) pada range 0,7 – 0,95. Jika dilihat dari tabel 2.19 dan 2.20 pendekatan koefisien pengaliran, mutu drainase adalah *excellent* dengan nilai koefisien pengaliran (C) sebesar 0,875 dari range 0,80 – 0,95.

b. Penetapan variabel prosen perkerasan terkena air

Presentase perkerasan dapat ditentukan melalui bebrapa pendekatan Koefisien Pengaliran (C) dan data hari hujan selama 5 tahun terakhir.

Tabel 4.7 Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien Pegaliran	C	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
Jalan Beton	0,80 - 0,95						
Interval C terpilih	0,80 - 0,95						
C yang mewakili	0,875						



Sumber : Perkerasan Jalan Beton Semen Portland
Perencanaan Metode AASHTO 1993

Tabel 4.8. Jumlah Hari Hujan per 5 tahun Terakhir

No	Tahun	Hari Hujan
1	2017	122
2	2018	118
3	2019	86
4	2020	121
5	2021	134
Rata - Rata		116

Sumber : Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Provinsi Jambi

$$T_{\text{Jam}} = 3 \text{ jam per hari}$$

$$T_{\text{hari}} = 116 \text{ hari hujan dalam setahun (Tabel 4.8)}$$

$$C = 0,875 = 87,5 \%$$

$$W_L = 100 - C = 100 - 87,5 = 12,5\% = 0,125$$

$$P_{\text{heff}} = \frac{T_{\text{jam}}}{24} \times \frac{T_{\text{hari}}}{365} \times 0,125 \times 100$$

$$= \frac{3}{24} \times \frac{116}{365} \times 0,125 \times 100$$

$$= 0,496\% < 1\%$$

Dari pendekatan formula Pheff di atas, dapat digunakan angka persentase struktur perkerasan dalam satu tahun terkena air sampai tingkat *saturated* sebesar <1%

c. Penetapan koefisien drainase

Penetapan koefisien drainase menggunakan 2 pendekatan variabel antara lain :

- Prosen struktur perkerasan dalam 1 tahun terkena air sampai tingkat *saturated* didapatkan <1% dilihat dari tabel 2.21.

- Pemilihan mutu drainase berkisar dari *good* sampai *fair* dengan pertimbangan air yang mungkin masih akan masuk dan selanjutnya dikaitkan pada table 2.20

Tabel 4.9. Penentuan nilai koefisien drainase

Koefisien drainase	Cd	1,1	1,15	1,2
Good	1,15 - 1,20			
Fair	1,10 - 1,15			
Interval Cd terpilih	1,15	← 1,15 →		
Cd yang mewakili	1,15	1,15		

Sumber : Perkerasan Jalan Beton Semen Portland
Perencanaan Metode AASHTO 1993

Meninjau pada 2 pendekatan variabel di atas dan dari Tabel 4.8 didapatkan koefisien drainase (C_d) sebesar 1,15.

4.6.6. Load Transfer Coefficient

Jalan yang direncanakan adalah jenis perkerasan Continuously Reinforced Concrete Pavement, sehingga nilai load transfer coefficient sebesar 2,3 – 3,9. Diambil nilai 2,6 yang merupakan nilai terendah untuk desain perkerasan kaku menerus dengan tulangan (lihat table 2.21).

4.6.7. Modulus Elastisitas Beton

Kuat tekan beton (f'_c) menggunakan nilai sebesar $350 \text{ kg/cm}^2 = 4977 \text{ psi}$.

Berikut perhitungan penentuan modulus elastisitas beton :

$$f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ kg/cm}^2 = 14,22 \text{ psi}$$

$$f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 = 4977 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 57000 \sqrt{f'_c} \\
 &= 57000 \sqrt{4977} \\
 &= 4.021.227,79 \text{ psi, dibulatkan menjadi sebesar } 4.020.000 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

4.6.8. Penentuan Nilai Modulus Reaksi Tanah dasar (k)

Perhitungan nilai modulus reaksi tanah dasar adalah hasil turunan dari formula ketentuan CBR tanah dasar dan gabungan antara formula dengan grafik.

Berikut perhitungan formula dan grafik modulus reaksi tanah dasar (k)

$$\begin{aligned}
 M_r &= 1500 \times \text{CBR} \\
 &= 1500 \times 4,83 \% \\
 &= 7245
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{M_r}{19,4} \\
 &= \frac{7245}{19,4} \\
 &= 373,45 \text{ Pci}
 \end{aligned}$$

Setelah mendapat nilai k sebesar 373,45 Pci, nilai tersebut dimasukkan dalam grafik koreksi modulus efektif reaksi tanah dasar pada gambar 4.2 serta factor *loss of support* Cement Aggregate Mixtures (E - 5.000.000 - 1.000.000 psi) dilihat pada table 2.15.

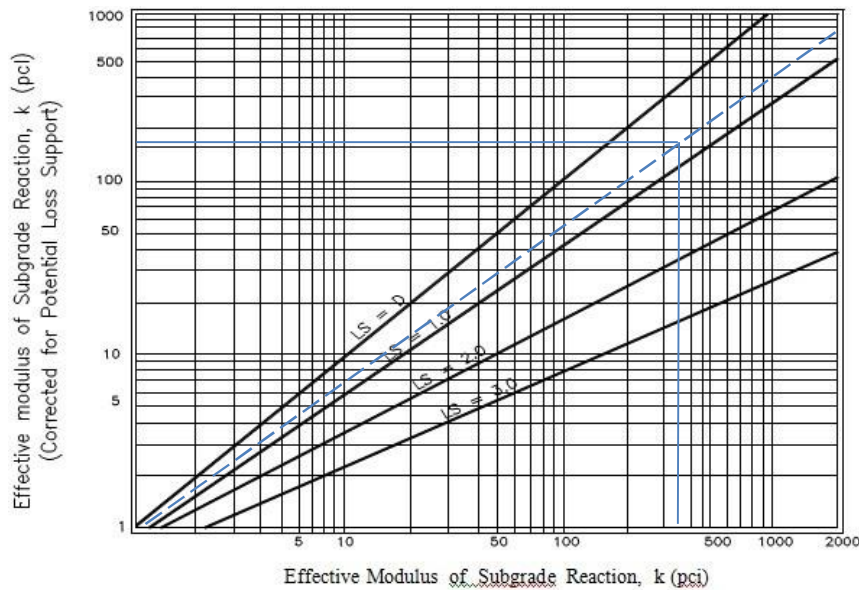
Tipe material menggunakan campuran agregat beton (Cement Aggregate Mixtures), Maka LS antara 0 – 1. Dengan begitu akan dilakukan perhitungan interpolasi agar mendapatkan nilai yang pas.

$$y = \frac{x_1 - x_0}{x_0 - x_1} y_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} y_1$$

$$y = \frac{4.020.000 - 5.000.000}{1.000.000 - 5.000.000} 0 + \frac{4.020.000 - 1.000.000}{5.000.000 - 1.000.000} 1$$

$$y = 0,755$$

Setelah dilakukan interpolasi antara 0-1 maka didapatkan nilai LS sebesar 0,755



Gambar 4.2 Koreksi modulus reaksi tanah dasar efektif untuk potensial kehilangan dukungan

Pada gambar 4.2 koreksi efektif modulus reaksi tanah dasar didapatkan nilai efektif sebesar 210 pci.

4.6.9. Perhitungan Tebal Plat Jalan Perkerasan Kaku

Berikut data perencanaan yang digunakan untuk menghitung tebal plat jalan perkerasan kaku :

- a. *Equivalent Single Axle Load (W18)* = 10.190.309,77
- b. *Srandard normal deviation (Zr)* = -524
- c. *Standard deviation (So)* = 0,35

- d. D perkiraan = 10
- e. *Serviceability Loss* : $\Delta PSI = P_o - P_t$ = 2
- f. *Initial Serviceability* (P_o) = 4,5
- g. *Terminal Serviceability* (P_t) = 2,5
- h. *Flexural Strength* ($S'c$) = 45 kg/cm² = 640 psi
- i. Koefisien frainase (C_d) = 1,15
- j. *Load transfer coefficient* (J) = 2,6
- k. Modulus elstisitas beton (E_c) = 4.020.000 psi.
- l. Modulus reaksi tanah dasar (k) = 210 pci

Setelah di dapatkan data seperti di atas, maka menghitung tebal perkerasan

kaku menggunakan persamaan di bawah ini :

$$\log_{10} w_{18} = ZR \times S_o + 7,35 \log_{10} (D + 1) - 0,06 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{3} \right] + \frac{10 \cdot 4,5 - 1,5}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D + 1)^{8,46}}}}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} +$$

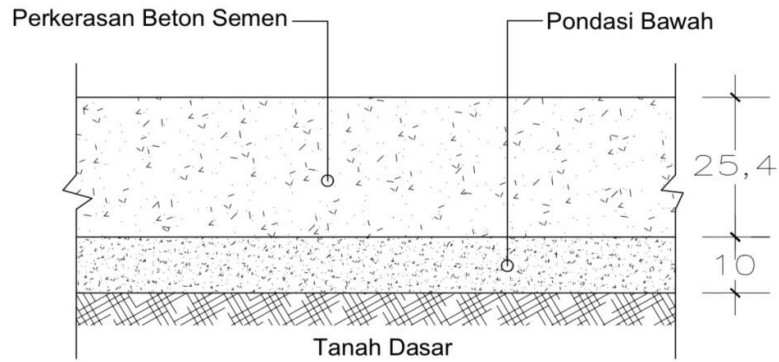
$$(4,220,23 P_t) \times \log \frac{S'c C_d \times [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times J \times [D^{0,75} - \frac{18,42}{(E_c : K)^{0,25}}]}$$

$$= -0,524 \times 0,35 + 7,35 \log_{10} (10 + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} [3]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(10 + 1)^{8,46}}} +$$

$$(4,22 - 0,32 \times 2,5) \times \log_{10} \frac{640 \times 1,15 \times [10^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times 2,6 \times [10^{0,75} - \frac{18,42}{(4.020,000 : 210)^{0,25}}]}$$

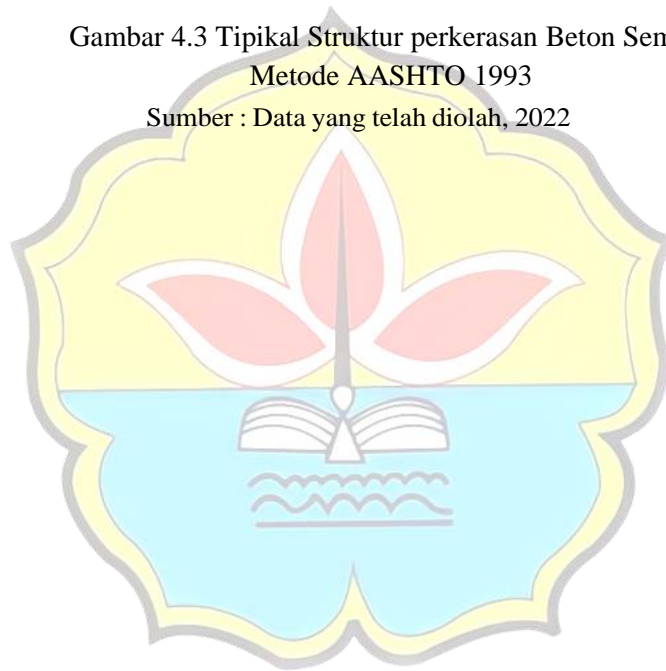
$$7,008 = 7,790 \text{ (OK)}$$

Dari perhitungan persamaan di atas dihasilkan tebal plat perkerasan kaku sebesar 10 inchi atau 25,4 cm



Gambar 4.3 Tipikal Struktur perkerasan Beton Semen
Metode AASHTO 1993

Sumber : Data yang telah diolah, 2022



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan AASHTO 1993, Maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Tebal struktur perkerasan kaku jalan poros Ds. Trijaya Sta 8+500 – 9+500 berdasarkan perhitungan dengan metode Manual Desain Perkerasan Jaalan 2017 adalah tebal plat 27,5 cm dan tebal lapis beton kurus atau (LMC) sebesar 10 cm. Sedangkan perhitungan dengan metode AASHTO 1993 adalah tebal plat 25,4 cm dan tebal lapis beton kurus atau (LMC) sebesar 10 cm.
2. Berdasarkan hasil perhitungan dibandingkan dengan dua metode tersebut, metode Manual Desain Perkerasan Jalan Lebih Tebal 2,1 cm dari perhitungan metode AASHTO 1993. Oleh karena itu dari segi biaya tebal metode AASHTO 1993 lebih ekonomis dibandingkan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017
3. Perencanaan tebal perkerasan kaku yang dibandingkan untuk metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan AASHTO 1993. Perhitungan pada metode manual desain perkerasan jalan 2017 jauh lebih sedikit dibandingkan metode AASHTO 1993 dikarenakan tidak ada menentukan parameter Reliability (R), Standar Normal Deviasi (ZR), Standar Deviasi (SO), dan Parameter Serviceability seperti (Pt) dan (Po).

5.2. Saran

Berdasarkan dari kesimpulan yang didapat maka sebaiknya untuk perencanaan tebal perkerasan kaku dengan umur rencana 40 tahun untuk menghitung LHR dihitung dari 1 tahun sebelum proyek dilaksanakan.



DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Officials. 1993. *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. Washington, D. C. : American Association of State Highway and Transportation Officials
- Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga. 2003. *Manual Desain Pekerjaan Jalan*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Bina Marga. 2017. *Manual Desain Perkerasan Jalan*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Sukirman, S. (2010). *Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur*. Nova, Bandung
- Suryawan, A. 2009. *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavment) (Perencanaan Metode AASHTO 1993)* Cetakan ke-2. Yogyakarta : Beta Offset
- Rahmat, Irna Hendriyani, Ryandi Dito Pratama. 2017. *Kajian Kuat Lentur Beton Pada Perkerasan Kaku Jalan Tol Balikpapan Samarinda*. *Media Ilmiah Teknik Sipil*
- Sri Nuryati. 2014. *Analisis Tebal Lapis Perkerasan Dengan Metode Binamarga 1978 dan AASHTO 1986*. *Universitas Islam 45 Bekasi*
- Khairun Nisak, Hendra Saputra, 2019. *Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Dan Rencana Anggaran Biaya Pada Jalan Pangkalan Nyirih, Rupert*. *Jurnal Teknik Sipil dan Aplikasi (Tekla)*