

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN KAKU PADA RUAS
JALAN TOL BINJAI - LANGSA (STA 0+500 – STA 1+000)
(Studi Kasus)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Falkutas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

Pradana Bayu Putra
1707210025



FALKUTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2021



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Pradana Bayu Putra
NPM : 1707210025
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Pada Ruas Jalan Tol
Binjai-Langsa (STA 0+500 – STA 1+000)

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, September 2021

Dosen Pembimbing

Ir. Hj. Zurkiyah, M.T

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

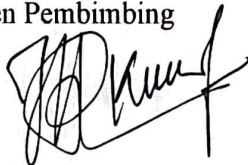
Nama : Pradana Bayu Putra
NPM : 1707210025
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Pada Ruas Jalan Tol
Binjai-Langsa (STA 0+500 – STA 1+000)
Bidang Ilmu : Transportasi

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

Medan, 28 September 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Ir. Hj. Zurkiyah, M.T

Dosen Pembanding I



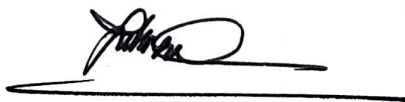
Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

Dosen Penguji II



Hj. Irma Dewi S.T, M.Si

Ketua Prodi Teknik Sipil



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir ini di ajukan oleh :

Nama : Pradana Bayu Putra
Tempat , Tanggal Lahir : Medan, 4 November 1999
NPM : 1707210025
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil


Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul “Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Pada Ruas Jalan Tol Binjai-Langsa (STA 0+500 – STA 1+000)”

Bukan merupakan plagiatisme, 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 hakikatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari di duga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang di bentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat dengan pembatalan kelulusan atau kesarjanaan saya.

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

Medan, 27 Maret 2021
Saya yang menyatakan


Pradana Bayu Putra

ABSTRAK

PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN KAKU PADA RUAS JALAN TOL BINJAI-LANGSA (STA 0+500 – STA 1+000) (STUDI KASUS)

Pradana Bayu Putra
1707210025
Ir. Hj. Zurkiyah, M.T

Umumnya jenis perkerasan yang digunakan pada jalan tol di Indonesia adalah perkerasan kaku (*rigid pavement*), Termasuk di proyek jalan tol Binjai-Langsa zona 1 sta 0+500-sta 1+000. Penelitian ini bermaksud untuk mengetahui berapa tebal lapis perkerasan *rigid pavement*, daya dukung efektif tanah dasar, dan dimensi sambungan yang digunakan sesuai dengan jumlah kendaraan niaga yang lewat selama umur rencana. Perencanaan dilakukan dengan Manual Desain Perkerasan Jalan revisi 2017 dengan kombinasi dari Pd T-14-2003 dan diklat perkerasan kaku (PUPR) tentang konsep dasar konstruksi perkerasan kaku final (2017). Data yang digunakan untuk perhitungan menggunakan data lalu lintas harian rata-rata (LHR), nilai superelevasi, dan nilai CBR tanah dasar. Hasil dari analisa menyatakan bahwa tebal pelat beton sebesar 285 mm, beton kurus (LMC) sebesar 100 mm, lapis drainase 150 mm. Untuk daya dukung efektif tanah harus melakukan stabilisasi semen setebal 300mm, tinggi timbunan minimum 1920 mm dan 2410 mm. Terakhir untuk dimensi sambungan *dowel* memiliki diameter sebesar 36 mm dan panjang 450 mm, sedangkan diameter *tie bars* sebesar 16 mm dan panjang 700 mm.

Kata kunci: Perencanaan jalan, *rigid pavement*, tebal perkerasan

ABSTRACT

PLANNING OF RIGID PAVEMENT ON THE BINJAI-LANGSA TOLL ROAD (STA 0+500 – STA 1+000) (CASE STUDY)

Pradana Bayu Putra

1707210025

Ir. Hj. Zurkiyah, M.T

Generally, the type of pavement used on toll roads in Indonesia is rigid pavement, including the Binjai-Langsa toll road project zone 1 sta 0+500-sta 1+000. This study intends to find out how thick the rigid pavement layer is, the effective bearing capacity of the subgrade, and the dimensions of the connection used according to the number of commercial vehicles that pass during the design life. Planning was carried out using the 2017 revised road pavement design manual method with a combination of Pd T-14-2003 and rigid pavement training (PUPR) on the basic concepts of final rigid pavement construction (2017). The data used for the calculation uses average daily traffic data (LHR), superelevation values, and subgrade CBR values. The results of the analysis state that the thickness of the concrete slab is 285 mm, the thin concrete (LMC) is 100 mm, and the drainage layer is 150 mm. For effective bearing capacity, the soil must be stabilized with cement thickness of 300mm, minimum embankment height of 1920 mm and 2410 mm. Finally, the dimensions of the dowel connection have a diameter of 36 mm and a length of 450 mm, while the tie bars have a diameter of 16 mm and a length of 700 mm.

Keywords: Road planning, rigid pavement, pavement thickness

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-NYA kepada kita semua sehingga kita dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Pada Ruas Jalan Tol Binjai-Langsa (STA 0+500 – STA 1+000)”.

Dimana Tugas Akhir ini adalah suatu silabus mata kuliah yang harus dilaksanakan oleh Mahasiswa/i Teknik Sipil dan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Selama penulisan laporan dan penyelesaian tugas akhir ini, dengan segenap hati penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah banyak membantu terutama kepada:

1. Ibu Ir. Hj. Zurkiyah, M.T, selaku dosen pembimbing dan koordinator konsentrasi bidang transportasi, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas bimbingan, saran serta motivasi yang diberikan
2. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku dosen pembimbing I sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Ibu Hj. Irma Dewi S.T, M.Si, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Ibu Rizki Elfrida S.T., M.T sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Segenap Dosen Progran Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
7. Teristimewa untuk kedua orang tua penulis Bapak Bayu Adi Putra dan Ibu Satri Wistari, yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan yang tidak ternilai

kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

8. Keluarga besar Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, khususnya teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Sipil angkatan 2017 yang selalu memberikan motivasi, dukungan, serta canda dan tawa

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak luput dari berbagai kesalahan dan kekurangan, sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penelitian yang akan dilakukan.

Akhir kata, penulis mengharapkan semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca. Dan akhirnya kepada Allah SWT, penulis serahkan segalanya demi tercapainya keberhasilan yang sepenuhnya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Medan, 27 Maret 2021
Penulis

Pradana Bayu Putra

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pengertian Jalan	6
2.2 Jalan Tol	7
2.3 Perkerasan Jalan	8
2.4 Perkerasan Kaku	9
2.5 Beton Semen	13
2.6 Jenis Perkerasan Kaku	14
2.7 Tebal Perkerasan Kaku	22
2.8 Persyaratan Teknis Perencanaan	23
2.8.1 Umur rencana	23
2.8.2 Lalu lintas	24
2.8.3 Struktur Fondasi Jalan	26
2.8.4 Daya Dukung Efektif Tanah	33
	viii

2.8.5 Struktur Lapisan Perkerasan	36
2.8.6 Jenis Sambungan Dan Detail Desain	37
2.8.7 Fatik dan erosi	42
BAB 3 METODE PENELITIAN	44
3.1 Bagan Alir Penelitian	44
3.2 Metode Analitis	45
3.3 Tahapan Persiapan	45
3.4 Tahapan kerja penelitian	46
3.5 Metode Pengumpulan Data	46
3.6 Lokasi Penelitian	47
3.7 Sumber Data	47
3.7.1 Data Primer	47
3.7.2 Data Sekunder	50
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1 Prosedur Desain	51
4.2 Menentukan Umur Rencana	51
4.3 Menentukan Volume Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga	52
4.3.1 Jumlah Kelompok Sumbu	52
4.3.2 Faktor Distribusi Lajur (DL)	53
4.3.3 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas	54
4.3.4 Beban Kumulatif Kelompok Sumbu	55
4.4 Menentukan Struktur Fondasi Jalan	57
4.4.1 Penentuan Segmen Tanah Dasar Yang Seragam	57
4.4.2 Desain Fondasi Jalan Minimum	61
4.5 Menentukan Daya Dukung Efektif Tanah Dasar	63
4.5.1 Tinggi Minimum Timbunan Untuk Drainase Perkerasan	63
4.5.2 Desain Timbunan	63
4.6 Menentukan Struktur Lapisan Perkerasan Kaku	64
4.7 Menentukan Jenis Sambungan	66
4.7.1 Dimensi Sambungan	66
4.7.1.1 Dimensi ruji	66
4.7.1.2 Dimensi <i>Tie Bars</i>	68

4.8 Menentukan Detail Desain Sambungan	68
4.8.1 <i>Dowel</i>	68
4.8.2 <i>Tie bars</i>	69
4.8.3 Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang	71
4.8.4 Detail Pembesian Per Segmen	72
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perkerasan kaku pada permukaan tanah asli	10
Gambar 2.2	Perkerasan kaku pada timbunan	10
Gambar 2.3	Perkerasan kaku pada galian	10
Gambar 2.4	Tipe dan lokasi sambungan pada perkerasan kaku	14
Gambar 2.5	Skema perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan	15
Gambar 2.6	Ruji dan Batang pengikat pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan	16
Gambar 2.7	Skema perkerasan kaku bersambung dengan tulangan	17
Gambar 2.8	Perkerasan bersambung dengan tulangan	18
Gambar 2.9	Skema perkerasan kaku menerus dengan tulangan	19
Gambar 2.10	Sambungan pelaksanaan melintang dan tulangan pada perkerasan menerus dengan tulangan	19
Gambar 2.11	Skema perkerasan kaku prategang	21
Gambar 2.12	Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen	32
Gambar 2.13	Tipikal sambungan memanjang	38
Gambar 2.14	Ukuran standar penguncian sambungan memanjang	38
Gambar 2.15	Sambungan susut melintang tanpa ruji	40
Gambar 2.16	Sambungan susut melintang dengan ruji	40
Gambar 2.17	Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur	41
Gambar 2.18	Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan	41
Gambar 2.19	Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton	42
Gambar 2.20	Analisis erosi dan jumlah repetisi beban ijin, berdasarkan faktor erosi, tanpa bahu beton	43
Gambar 2.21	Analisis erosi dan jumlah repetisi beban berdasarkan faktor erosi, dengan bahu beton	43
Gambar 3.1	Diagram Alir Rancangan	44
Gambar 3.2	Sta 0+500	47
Gambar 3.3	Sta 1+000	47

Gambar 3.4	Data LHR, hari Selasa (29 Juni 2021)	48
Gambar 3.5	Data LHR, hari Selasa (29 Juni 2021)	49
Gambar 4.1	Grafik penentuan CBR 90%	61
Gambar 4.2	Struktur perkerasan kaku	65
Gambar 4.3	Sambungan <i>Dowel</i>	69
Gambar 4.4	Sambungan <i>tie bars</i> dengan kunci trapesium	70
Gambar 4.5	Sambungan <i>tie bars</i> dengan kunci setengah lingkaran	70
Gambar 4.5	Penguncian Trapesium	71
Gambar 4.6	Penguncian Setengah Lingkaran	71
Gambar 4.7	detail pembesian per segmen	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Prosedur desain perkerasan kaku	21
Tabel 2.2	Umur rencana perkerasan baru	22
Tabel 2.3	Faktor laju pertumbuhan lalu lintas	23
Tabel 2.4	Faktor Distribusi Lajur (DL)	24
Tabel 2.5	Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana	25
Tabel 2.6	Faktor keamanan beban (FKB)	26
Tabel 2.7	Contoh data CBR dari satu segmen yang seragam yang telah diurut mulai dari nilai terkecil	28
Tabel 2.8	Desain Fondasi Jalan Minimum	30
Tabel 2.9	Tinggi minimum tanah dasar di atas muka air tanah dan muka air banjir	33
Tabel 2.10	Perkerasan Kaku untuk jalan dengan beban lalu lintas berat	36
Tabel 2.11	Diameter ruji	39
Tabel 2.12	Ukuran, panjang, dan jarak ruji	40
Tabel 3.1	Data CBR tanah dasar pada proyek jalan tol Bijai – Langsa STA 0+500 s/d STA 1+000 oleh PT Hutama Karya Infrastruktur Zona 1.	50
Tabel 4.1	Prosedur desain berdasarkan batasan masalah	51
Tabel 4.2	Jumlah kelompok sumbu	52
Tabel 4.3	Beban kumulatif kelompok sumbu	55
Tabel 4.4	Urutan Nilai CBR Tanah Dasar Dari Terkecil dan Menentukan Persentasenya.	58
Tabel 4.5	Diameter ruji	67

DAFTAR SINGKATAN & NOTASI

At	= Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm^2)
ACPA	= <i>American Concrete Pavement Association</i>
b	= Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).
BP	= Bahan Pengikat
CBK	= Campuran Beton Kurus
CBR	= <i>California Bearing Ratio</i>
CESA	= <i>Cumulative Equivalent Standard Axles</i>
CRCP	= <i>Continuous Reinforced Concrete Pavement</i>
DL	= Distribusi lajur
ESA	= <i>Equivalent Standard Axle</i>
FKB	= Faktor Keamanan Beban
h	= Tebal pelat (m).
hi	= Tebal lapis
i	= Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)
i dan $\sum hi$	= 1 meter
l	= Panjang batang pengikat (mm).
JPCP	= <i>Jointed unreinforced (plain) concrete pavement</i>
JRCP	= <i>Jointed Reinforced Concrete Pavement</i>
LMC	= <i>Lean-Mix Concrete</i>
MDPJ	= Manual Desain Perkerasan Jalan
R	= Faktor pertumbuhan kumulatif
UR	= Umur rencana
ϕ	= Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan sarana transportasi darat yang paling banyak digunakan oleh masyarakat untuk melakukan mobilitas keseharian dibandingkan dengan transportasi air dan udara, sehingga volume kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut harus mampu didukung oleh perkerasan jalan pada ruas jalan yang dilewatinya. Oleh karena itu, kondisi jalan sangat berpengaruh bagi kenyamanan, keamanan serta keselamatan bagi pengguna jalan. Dan dimana fungsinya untuk mendukung berat dari beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pula pada konstruksi jalan itu sendiri (Ridwan & Romadhon, 2019).

Menurut (Bela dkk, 2018), jalan raya adalah jalur - jalur tanah di atas permukaan bumi yang dibuat oleh manusia dengan bentuk, ukuran - ukuran dan jenis konstruksinya sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengangkut barang dari suatu tempat ke tempat lainnya dengan mudah dan cepat. Pembangunan jalan merupakan salah satu hal yang selalu beriringan dengan kemajuan teknologi dan pemikiran manusia yang menggunakannya, karena jalan merupakan fasilitas penting bagi manusia agar dapat mencapai suatu daerah yang ingin dicapai. Jalan sebagai sistem transportasi yang mempunyai peranan penting terutama dalam mendukung bidang ekonomi, sosial, budaya dan lingkungan yang dikembangkan melalui pendekatan pengembangan wilayah agar tercapai suatu keseimbangan dan pemerataan pembangunan antar daerah.

Jenis perkerasan jalan, dapat berupa Perkerasan lentur (*flexible pavement*), Perkerasaan kaku (*rigid pavement*), dan Perkerasan Komposit, yang menggabungkan perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Khusus untuk perkerasan kaku (*rigid pavement*) yang terbuat dari beton semen baik bertulang maupun tanpa tulangan dan lebih banyak digunakan pada ruas jalan yang mempunyai volume kendaraan berat yang tinggi serta sering mengalami banjir (Masherni dkk, 2020).

Dengan telah dikembangkannya Perkerasan kaku (*rigid pavement*) untuk pembangunan prasarana jalan di daerah perkotaan maupun di pedesaan, maka pemerintah terus menggalakkan pembangunannya baik pada ruas jalan negara, jalan provinsi, jalan kabupaten maupun jalan desa ataupun lingkungan, mengingat perkerasan jalan ini lebih mampu mendukung beban kendaraan berat serta tahan terhadap genangan air.

Pada saat ini jalan beton relatif banyak digunakan di wilayah perkotaan maupun di daerah - daerah yang mempunyai tingkat kepadatan lalu lintas tinggi. Kerusakan jalan sering diakibatkan oleh beban kendaraan yang melebihi beban maksimum yang diijinkan dan faktor lingkungan. Dalam merencanakan jalan raya, nilai tebal perkerasan harus ditentukan dengan sedemikian rupa, sehingga jalan yang akan direncanakan dapat memberikan pelayanan yang baik pada lalu lintas sesuai dengan fungsi umur rencananya. Untuk mencapai keinginan tersebut disadari tidaklah mudah, maka perencanaan jalan raya harus disusun sedemikian rupa sehingga dapat memberikan kemudahan dalam mengakses pergerakan lalu lintas yang sesuai dengan fungsi dan tujuan jalan raya, memperlancar perkembangan perekonomian (Rachardi dkk, 2018).

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan pada bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain- lain. Jalan beton semen merupakan jalan yang lapisan permukaannya dibuat dari beton semen. Menurut (F. Lukman dkk, 2017) perkerasan dan struktur perkerasan merupakan struktur yang terdiri dari satu atau beberapa lapis perkerasan dari bahan – bahan yang di proses, dimana fungsinya untuk mendukung berat dari beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pula pada konstruksi jalan itu sendiri.

Berdasarkan PP No. 15 Tahun 2005 tentang jalan tol, dijelaskan bahwa definisi jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol. Tol merupakan sejumlah uang tertentu yang dibayarkan untuk penggunaan jalan tol. Besarnya tarif tol berbeda untuk setiap golongan kendaraan dan ketentuan tersebut telah ditetapkan berdasarkan keputusan presiden. Sedangkan ruas jalan tol adalah bagian atau penggal dari jalan tol tertentu yang pengusahaannya dapat dilakukan oleh badan usaha tertentu. Jalan bebas hambatan yang dikenal dengan jalan tol

memiliki beberapa kelebihan dibandingkan jalan biasa/jalan non-tol. Beberapa kelebihan ini meliputi:

1. Berkurangnya waktu tempuh jika dibandingkan pada jalan non-tol. Saat melewati persimpangan, pengguna jalan diharuskan berhenti dan menunggu. Kondisi tersebut menyebabkan banyak waktu yang terbuang.
2. Pertimbangan keselamatan lalu-lintas diprioritaskan. Tingkat kecelakaan pada jalan tol dipengaruhi oleh faktor geometrik jalan. Sebagai contoh, dengan pelebaran lajur, pelebaran bahu jalan, tersedianya lajur pendakian dan pemisah tengah (median) dapat mengurangi tingkat kecelakaan lalu-lintas.

Jalan tol Binjai - Langsa merupakan klasifikasi jalan arteri yang menghubungkan Medan - Binjai - Langsa menggunakan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Perencanaan konstruksi perkerasan merupakan hal yang sangat penting dalam pembangunan jalan apalagi jalan tol. Oleh karena itu, dalam merencanakan suatu konstruksi tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) diperlukan penelitian yang kompleks dan spesifik sehingga akan diperoleh perencanaan tebal perkerasan beton semen serta tulangan berupa *dowel* dan *tie bar* yang mampu mendukung beban yang melintasi ruas jalan tersebut.

Berdasarkan uraian diatas maka memilih judul “Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Pada Ruas Jalan Tol Binjai - Langsa (STA 0+500 – STA 1+000)” sebagai judul tugas akhir.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan yang telah diuraikan di latar belakang masalah ada beberapa hal yang menjadi pokok permasalahan dalam penelitian ini yaitu:

1. Berapa tebal lapis perkerasan kaku (*rigid pavement*) pada ruas Jalan Tol Binjai – Langsa (sta 0+500 – sta 1+000)?
2. Berapa daya dukung efektif tanah yang digunakan pada ruas Jalan Tol Binjai - Langsa (sta 0+500 – sta 1+000)?
3. Berapa dimensi sambungan perkerasan kaku yang digunakan pada ruas Jalan Tol Binjai - Langsa (sta 0+500 – sta 1+000)?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam Penelitian ini ruang lingkup penulis sebagai berikut:

1. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2017.
2. Tidak membahas mengenai mutu, perhitungan bahu jalan, dan tidak membahas perhitungan CBR untuk menghindari penyimpangan pengolahan data yang terlalu jauh dan agar pembahasan tidak terlalu luas serta sesuai dengan kelengkapan perolehan data.
3. Tidak membahas mengenai perhitungan struktur bawah jalan tol karena lokasi jalan tol yang diteliti berhubungan langsung dengan permukaan tanah.
4. Hanya membahas mulai dari menentukan umur rencana, volume kelomok sumbu, struktur fondasi, daya dukung tanah, struktur lapisan perkerasan, jenis sambungan, dan detail desain sambungan.

1.4 Tujuan Penelitian

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mempunyai tujuan yakni:

1. Mengetahui tebal lapis perkerasan kaku (*rigid pavement*) pada ruas Jalan Tol Binjai - Langsa (sta 0+500 – sta 1+000).
2. Mengetahui daya dukung efektif tanah yang digunakan pada ruas Jalan Tol Binjai - Langsa (sta 0+500 – sta 1+000)?
3. Mengetahui dimensi sambungan perkerasan kaku yang digunakan pada ruas Jalan Tol Binjai - Langsa (sta 0+500 – sta 1+000).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang akan dilaksanakan ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan wawasan bagi para pembaca menyangkut hal-hal yang berkaitan dengan perencanaan tebal lapisan perkerasan kaku dengan metode manual desain perkerasan jalan (MDPJ) 2017.

2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mengetahui umur rencana, volume kelomok sumbu, struktur fondasi, daya dukung tanah, struktur lapisan perkerasan, jenis sambungan, dan detail desain sambungan.
3. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya.

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, ruang lingkup, 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 kebutuhan alat-alat berat 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. 5

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang penyajian data serta proses tata cara perhitungan kebutuhan alat-alat berat yang telah dipaparkan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulis terhadap perencanaan proyek kebutuhan alat-alat berat yang dapat diambil setelah pembahasan seluruh masalah

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Jalan

Menurut (Ghony dkk, 2020), jalan merupakan prasarana angkutan transportasi darat meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap. Hal ini sangat penting dalam memperlancar kegiatan hubungan ekonomi dan kegiatan sosial lainnya. Perkembangan ekonomi tersebut diikuti dengan pertumbuhan lalu lintas yang terjadi, baik dari segi jumlah kendaraan dan beban yang diangkut melebihi kapasitas.

Istilah umum Jalan sesuai dengan Undang- Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan, sebagai berikut: Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, diatas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan atau air, serta diatas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel, Jalan Umum adalah jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum, Jalan Khusus adalah jalan yang dibangun oleh instansi, badan usaha, perseorangan, atau kelompok masyarakat untuk kepentingan sendiri dan jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol (Ardiansyah dkk, 2020).

Karena jalan adalah sarana transportasi darat yang meliputi sebagai bagian jalan, termasuk bagian pelengkap, suatu tempat atau area yang berbentuk jalur yang digunakan sebagai prasarana transportasi, baik menggunakan kendaraan maupun jalan kaki, maka harus memenuhi persyaratan sesuai dengan fungsinya

Fungsi transportasi adalah memindahkan barang atau orang dari satu tempat ketempat lain, dengan cara aman, nyaman, lancar, dan ekonomis. Aman berarti barang atau orang yang dipindahkan tidak rusak atau cidera karena kecelakaan atau gangguan lainnya, dan nyaman berarti selama proses memindahkan/ perjalanan pemakai jalan merasa enak dan bisa menikmati tanpa ada gangguan.

Sehingga barang atau orang bisa sampai pada tujuan sesuai dengan waktu yang direncanakan. Selain persyaratan tersebut di atas proses pemindahan orang/ barang harus ekonomis, berarti biaya pemakaian jalan rendah. Hal ini bisa tercapai apabila jarak yang diambil jarak yang terletak dan semua standar yang digunakan diambil standar minimal dalam batas aman.

2.2 Jalan Tol

Jalan tol merupakan bagian sistem jaringan jalan umum lintas alternatif yang penggunaannya diwajibkan membayar tol. namun dalam keadaan tertentu jalan tol tidak merupakan lintas alternatif (*UU 38/2004 pasal 44*). Pembangunan jalan tol dilakukan untuk memperlancar lalu lintas di daerah yang telah berkembang, meningkat hasil guna dan daya guna pelayanan distribusi barang dan jasa guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi, meringankan beban dana pemerintah hasil pembangunan dan keadilan (*UU 38/2004 pasal 43 ayat 1*)

Berdasarkan PP No. 15 Tahun 2005 tentang jalan tol, dijelaskan bahwa definisi jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol. Tol merupakan sejumlah uang tertentu yang dibayarkan untuk penggunaan jalan tol. Besarnya tarif tol berbeda untuk setiap golongan kendaraan dan ketentuan tersebut telah ditetapkan berdasarkan keputusan presiden. Sedangkan ruas jalan tol adalah bagian atau penggal dari jalan tol tertentu yang pengusahaannya dapat dilakukan oleh badan usaha tertentu. Jalan bebas hambatan yang dikenal dengan jalan tol memiliki beberapa kelebihan dibandingkan jalan biasa/jalan non-tol. Beberapa kelebihan ini meliputi:

1. Berkurangnya waktu tempuh jika dibandingkan pada jalan non-tol. Saat melewati persimpangan, pengguna jalan diharuskan berhenti dan menunggu. Kondisi tersebut menyebabkan banyak waktu yang terbuang.
2. Pertimbangan keselamatan lalu-lintas diprioritaskan. Tingkat kecelakaan pada jalan tol dipengaruhi oleh faktor geometrik jalan. Sebagai contoh, dengan pelebaran lajur, pelebaran bahu jalan, tersedianya lajur pendakian dan pemisah tengah (median) dapat mengurangi tingkat kecelakaan lalu-lintas.

Di dunia, tidak semua jalan bebas hambatan memerlukan bayaran. Jalan bebas hambatan tanpa berbayar dinamakan *freeway* atau *expressway* sedangkan jalan bebas hambatan berbayar dinamakan dengan *tollway* atau *toll road*.

2.3 Perkerasan jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan konstruksi yang dipasang diatas tanah dasar badan jalan pada jalur lalu lintas yang bertujuan untuk menerima dan menahan beban langsung dari lalu lintas. Perkerasan kaku merupakan lapisan beton yang berfungsi sebagai base course dan surface course pada perkerasan jalan raya dan cocok digunakan pada jalan raya yang melayani lalu lintas tinggi berkecepatan tinggi. Secara struktural kinerja perkerasan harus dipelihara agar tetap mempunyai masa layan atau umur rencana yang sesuai dengan yang dirancang sebelumnya sehingga perkerasan tersebut masih mampu menahan beban lalu lintas. Secara fungsional dapat diukur dari tingkat pelayanan suatu perkerasan yang berkaitan dengan kenyamanan pengguna jalan (Ardiansyah & Sudibyo, 2020)

Menurut (Putranto dkk, 2020), jenis perkerasan jalan, dapat berupa Perkerasan lentur (*flexible pavement*), Perkerasaan kaku (*rigid pavement*), dan Perkerasan Komposit, yang menggabungkan perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Khusus untuk perkerasan kaku (*rigid pavement*) yang terbuat dari beton semen baik bertulang maupun tanpa tulangan dan lebih banyak digunakan pada ruas jalan yang mempunyai volume kendaraan berat yang tinggi serta sering mengalami banjir.

Dengan telah dikembangkannya Perkerasan kaku (*rigid pavement*) untuk pembangunan prasarana jalan di daerah perkotaan maupun di pedesaan, maka pemerintah terus menggalakkan pembangunannya baik pada ruas jalan negara, jalan provinsi, jalan kabupaten maupun jalan desa ataupun lingkungan, mengingat perkerasan jalan ini lebih mampu mendukung beban kendaraan berat serta tahan terhadap genangan air.

Menurut Sukirman (1999), bahan ikat yang dipakai adalah berupa aspal, semen dan tanah liat. Perkerasan jalan mempunyai persyaratan kuat, awet, kedap air, rata, tidak licin, murah dan mudah dikerjakan. Adapun jenis-jenis konstruksi perkerasan jalan yang sering digunakan, yaitu:

1 Perkerasan kaku

Perkerasan kaku adalah suatu perkerasan dengan bahan baku agregat dan menggunakan semen sebagai bahan ikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Pada perkerasan kaku daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton.

2. Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipampatkan dan menggunakan aspal sebagai bahan ikatnya. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu-lintas dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya.

3. Perkerasan komposit

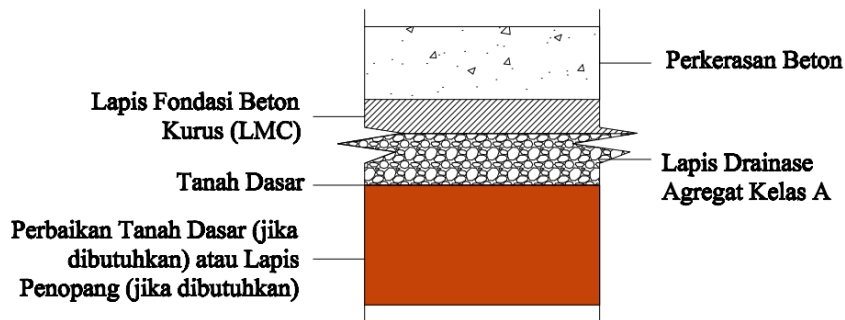
Perkerasan komposit adalah kombinasi antara perkerasan kaku dengan perkerasan lentur. Perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur

2.4 Perkerasan Kaku

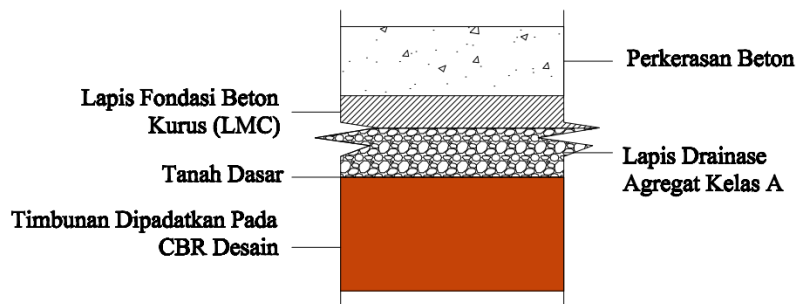
perkerasan kaku mempunyai kekakuan (modulus elastisitas) yang jauh lebih tinggi dari perkerasan aspal (sekitar 10 kali nya). Setiap konstruksi yang menerima beban dari atas, akan menyalurkan atau menyebarkan beban tersebut ke bawah. Dalam hal konstruksi perkerasan jalan, salah satu fungsinya adalah untuk menyalurkan dan menyebarkan beban lalu-lintas yang diterima kelapisan di bawahnya sampai ke lapisan tanah dasar (*subgrade*). Beban yang disalurkan ke lapisan dibawahnya, menghasilkan tekanan yang lebih kecil, disebabkan makin luasnya area yang menampung beban tersebut, sehingga mampu dipikul oleh lapisan tanah dasar.

Dengan kekakuan atau modulus elastisitas beton semen yang lebih besar, konstruksi perkerasan kaku mempunyai kemampuan penyebaran beban yang lebih tinggi dari perkerasan lentur. Sebagai akibatnya, lendutan menjadi lebih kecil serta tegangan yang bekerja pada tanah dasar juga rendah, karena itu perkerasan kaku tidak memerlukan daya dukung pondasi yang kuat. Keseragaman daya dukung

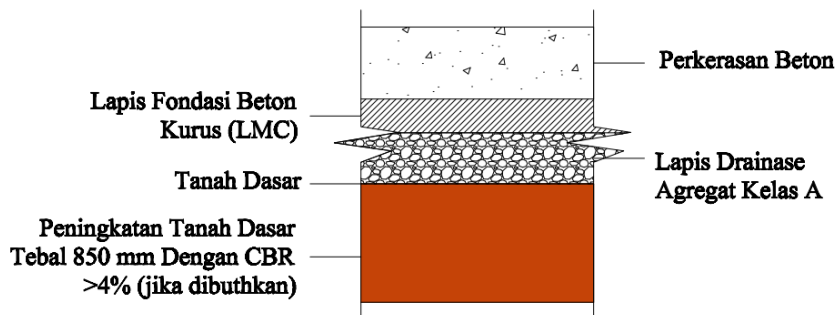
tanah dasar sangat penting diperhatikan, dimana tidak boleh ada perubahan yang mencolok dari daya dukung tersebut. Hal ini sangat bertolak belakang dengan prinsip perencanaan perkerasan lentur dimana lapisan pondasi (*base*) dan lapisan pondasi bawah (*subbase*) memerlukan kekuatan yang tinggi untuk mendistribusikan tegangan dari beban roda yang bekerja pada lapisan aspal. Berikut lapisan/tipikal struktur perkerasan kaku, dapat dilihat pada Gambar 2.1 s/d 2.3.



Gambar 2.1: Perkerasan kaku pada permukaan tanah asli (MDPJ 2017)



Gambar 2.2: Perkerasan kaku pada timbunan (MDPJ 2017)



Gambar 2.3: Perkerasan kaku pada galian (MDPJ 2017)

Menurut (Pd T-14-2003), perkerasan beton semen dibedakan kedalam 4 jenis :

1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan.
2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan.
3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan.
4. Perkerasan beton semen pra-tegang.

Perkerasan beton semen adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal.

Pada perkerasan beton semen, daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Sifat, daya dukung dan keseragaman tanah dasar sangat mempengaruhi 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 adalah bukan merupakan bagian utama yang memikul beban, tetapi merupakan bagian yang berfungsi sebagai berikut :

1. Mengendalikan pengaruh kembang susut tanah dasar.
2. Mencegah intrusi dan pemompaan pada sambungan, retakan dan tepi-tepi pelat.
3. Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat.
4. 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.

Dalam perkerasan kaku ada beberapa persyaratan umum yang wajib diperhatikan dalam merencanakan perkerasan kaku, di antaranya:

1. Tanah dasar

Kapasitas daya dukung tanah ditentukan oleh CBR insitu sesuai SNI 03-1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai SNI 03-1744-1989. Masing-masing dari standar tersebut mengatur tentang perencanaan tebal perkerasan lama perkerasan

jalan baru. Jika tanah dasar mempunyai nilai CBR di bawah 2%, maka perlu digunakan pondasi bawah yang terbuat dari beton setebal 15 cm sehingga nilai CBR tanah tersebut meningkat dan dianggap lebih dari 5%. Adapun campuran bahan-bahan yang dipakai untuk membuat pondasi bawah beton ini yaitu material berbutir, stabilisasi dengan beton giling padat, dan campuran beton kurus.

2. Beton Semen

Kekuatan beton semen dinyatakan dalam nilai kuat tarik uji lentur saat usianya mencapai 28 hari setelah pembuatan. Nilai ini didapatkan dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik sesuai ASTM C-78 yang besarnya secara tipikal berkisar antara 3-5 MPa atau 30-50 kg/cm². Pembangunan beton semen ini juga bisa diperkuat menggunakan serat baja untuk menaikkan nilai kuat tarik lenturnya dan mengendalikan risiko keretakan pada plat. Beton dapat diperkuat dengan serat baja (*steel-fibre*) untuk meningkatkan kuat tarik lenturnya dan mengendalikan retak pada pelat khususnya untuk bentuk tidak lazim. Serat baja dapat digunakan pada campuran beton, untuk jalan plaza tol, putaran dan perhentian bus. Panjang serat baja antara 15 mm dan 50 mm yang bagian ujungnya melebar sebagai anker dan/atau sekrup penguat untuk meningkatkan ikatan.

3. Lalu Lintas

Penentuan terhadap beban lalu lintas dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama usia perencanaan. Sedangkan analisis terhadap lalu lintas dilakukan menurut hasil perhitungan volume lalu lintas dan konfigurasi sumbu berdasarkan data terbaru minimal 2 tahun terakhir. Kendaraan-kendaraan yang ditinjau dan dimasukkan ke dalam data ialah kendaraan yang mempunyai bobot total paling sedikit seberat 5 ton.

4. Bahu

Bagian bahu perkerasan kaku bisa dibuat dari material lapisan pondasi bawah dengan atau tanpa lapisan penutup beraspal atau lapisan beton semen. Bahu beton semen ialah bahu yang dikunci dan diikat pada lajur lalu lintas yang memiliki ukuran lebar minimal 1,5 m atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu lintas selebar 0,6 m termasuk saluran dna kereb.

5. Sambungan

Sambungan pada perkerasan kaku mempunyai panel yang bentuknya diusahakan sepersegi mungkin dengan perbandingan panjang dan lebar maksimal sebesar 1,25. Jarak maksimum sambungan memanjang ialah 3-4 m serta jarak maksimum sambungan melintang maksimum adalah 5 m atau 25 kali tebal plat. Antar sambungan ini kemudian dihubungkan pada satu titik untuk menghindari terjadinya retak refleksi pada lajur yang bersebelahan. Sudut sambungan yang kurang dari 60 derajat wajib dihindari dengan cara mengatur panjang terakhir 0,5 m dan dibuat tegak lurus terhadap bagian tepi perkerasan. Semua bangunan lain juga harus dari perkerasan menggunakan sambungan muai selebar 12 mm mencakup keseluruhan tebal plat.

2.5 Beton semen

Perkerasan jalan beton semen atau perkerasan kaku, terdiri dari plat beton semen, dengan atau tanpa lapisan pondasi bawah, di atas tanah dasar. Dalam konstruksi perkerasan kaku, plat beton semen sering juga dianggap sebagai lapis pondasi, jika di atasnya terdapat lapisan aspal (Pd T-14-2003).

Plat beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, akan mendistribusikan beban lalu lintas ke tanah dasar yang melingkupi daerah yang cukup luas. Dengan demikian, bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari plat beton itu sendiri. Hal ini berbeda dengan perkerasan lentur dimana kekuatan perkerasan diperoleh dari tebal lapis pondasi bawah, lapis pondasi dan lapis permukaan; dimana masing-masing lapisan memberikan kontribusinya (Pd T-14-2003).

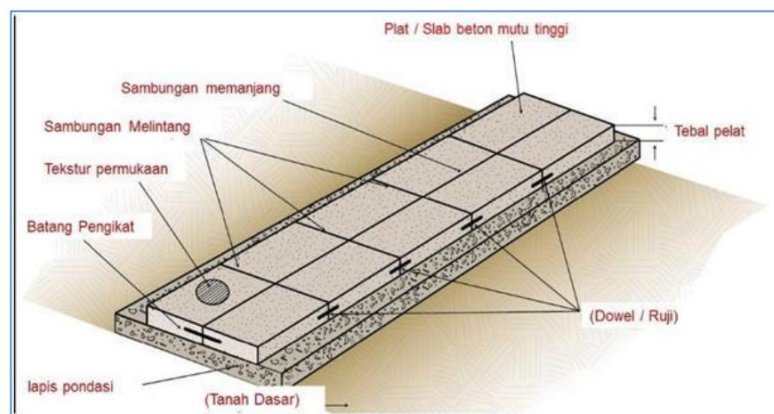
Dalam perencanaan perkerasan jalan beton semen, kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3–5 MPa (30-50 kg/cm²).

Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5–5,5 MPa (50-55 kg/cm²). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5 kg/cm²) terdekat.

Beton dapat diperkuat dengan serat baja (*steel-fibre*) untuk meningkatkan kuat tarik lenturnya dan mengendalikan retak pada pelat khususnya untuk bentuk tidak lazim. Serat baja dapat digunakan pada campuran beton, untuk jalan plaza tol, putaran dan perhentian bus. Panjang serat baja antara 15 mm dan 50 mm yang bagian ujungnya melebar sebagai angker dan/atau sekrup penguat untuk meningkatkan ikatan. Secara tipikal serat dengan panjang antara 15 dan 50 mm dapat ditambahkan ke dalam adukan beton, masing-masing sebanyak 75 dan 45 kg/m³. Semen yang akan digunakan untuk pekerjaan beton harus dipilih dan sesuai dengan lingkungan dimana perkerasan akan dilaksanakan (Pd T-14-2003).

2.6 Jenis Perkerasan Kaku

Menurut (Diklat perkerasan kaku PUPR 2017), perkerasan kaku yang berupa pelat beton dilengkapi dengan beberapa sambungan, seperti sambungan susut melintang, sambungan memanjang, sambungan pelaksanaan serta sambungan muai. Masing-masing sambungan dan letaknya ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4: Tipe dan lokasi sambungan pada perkerasan kaku (diklat perkerasan kaku PUPR 2017)

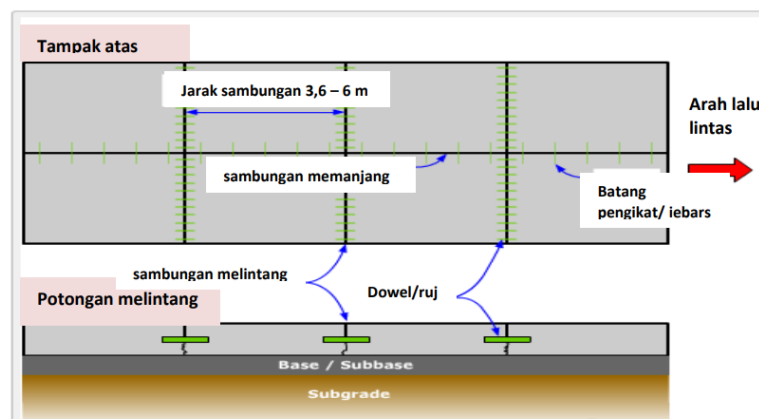
Ada beberapa tipe perkerasan kaku yang telah dikenal, akan tetapi ada dua hal yang paling penting. Pertama kekuatan terhadap beban lalu lintas yang dinyatakan dengan kuat tarik lentur dari beton. Jika penulangan digunakan, penulangan itu digunakan untuk mengontrol retak dan bukan untuk memikul beban lalu lintas. Hal yang kedua ialah bahwa perkerasan kaku menyusut akibat dari penyusutan beton

itu sendiri sewaktu dalam proses mengeras, serta memuai dan menyusut akibat pengaruh temperatur, dan pergerakan ini harus diperhitungkan

1. Perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan atau “*jointed unreinforced (plain) concrete pavement*” (JPCP).

Perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan adalah jenis yang paling umum digunakan karena biaya yang relatif murah dalam pelaksanaannya dibanding jenis lainnya. Survei yang dilakukan oleh *American Concrete Pavement Association* (ACPA) pada tahun 1999, di Amerika Serikat 70% dari badan pengelola jalan negara (*State Highway Agencies*) menggunakan perkerasan bersambung tanpa tulangan. Di daerah dimana korosi terhadap tulangan akan menjadi masalah,

Sambungan susut umumnya dibuat setiap antara 3,6 m dan 6 m (di Indonesia umumnya antara 4,5 m dan 5 m). Sambungan ini mempunyai jarak yang relatif dekat sehingga retak tidak akan terbentuk di dalam pelat sampai akhir umur pelayanan dari perkerasan tersebut. Karena itu pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan, pemuaian dan penyusutan perkerasan diatasi melalui sambungan, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5: Skema perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan (diklat perkerasan kaku PUPR 2017)

Pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan, tidak ada tulangan pada pelat, kecuali ruji yang diletakkan pada sambungan susut tersebut, dan batang pengikat (*tie bar*) yang terletak pada sambungan memanjang, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6: Ruji dan Batang pengikat pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan (diklat perkerasan kaku PUPR 2017)

Ruji adalah baja polos lurus yang dipasang pada setiap jenis sambungan melintang dengan maksud sebagai sistem penyalur beban, sehingga pelat yang berdampingan dapat bekerja sama tanpa terjadi perbedaan penurunan yang berarti. Sedangkan batang pengikat (*tie bars*) adalah batang baja ulir yang dipasang pada sambungan memanjang dengan maksud untuk mengikat pelat agar tidak bergerak horizontal.

Satu kinerja yang penting dari perkerasan bersambung tanpa tulangan ialah penyalur beban yang melintang sepanjang sambungan. Jika sambungan mengalami *faulting* (perbedaan ketinggian dari kedua sisi pelat pada sambungan), maka pengemudi akan mengalami “*bumping*” pada sambungan dan menyebabkan ketidaknyamanan sewaktu mengemudi. Dua metode digunakan untuk melengkapi penyaluran beban pada sambungan perkerasan JPCP, yaitu agregat *interlocking* dan ruji.

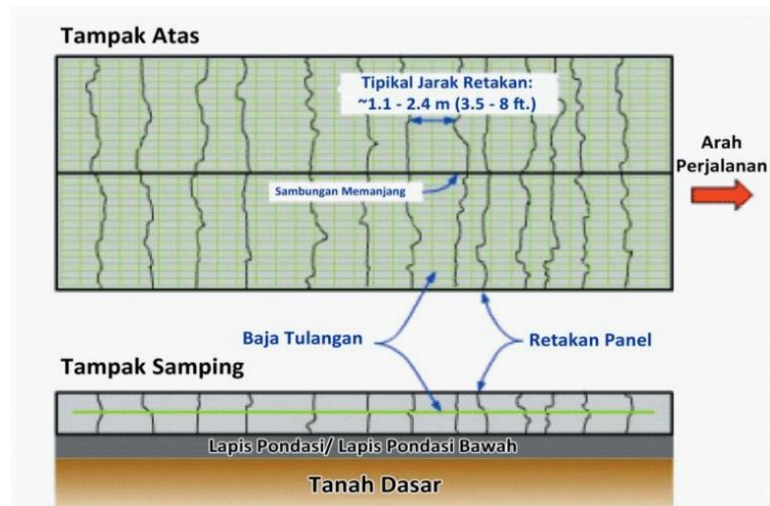
Jika ruji tidak digunakan, maka penyaluran beban pada sambungan, bisa didapat melalui kekuatan geser dari agregat *interlocking*. Sambungan dengan agregat *interlocking* dibentuk selama pelaksanaan dengan menggergaji seperempat sampai sepertiga tebal pelat perkerasan untuk membuat perlemahan pada pelat di daerah tersebut. Retak akan terus menjalar melalui tebal pelat yang tidak digergaji ketika perkerasan mengalami penyusutan. Permukaan bidang retak ini akan kasar, sebab retak itu menjalar sekitar agregat melalui pasta atau mortar semen, dan selama retak tersebut tetap sempit, maka sambungan bisa menyalurkan beban dari satu pelat ke pelat lainnya melalui bearing stress dari masing masing partikel agregat yang dilalui retakan tersebut. Penyaluran beban akan menyesuaikan jika bukaan sambungan terlalu lebar atau jika agregat mengalami keausan. Kualitas dan

ketahanan erosi dari bahan yang mendukung pelat pada sambungan juga mempengaruhi penyaluran beban.

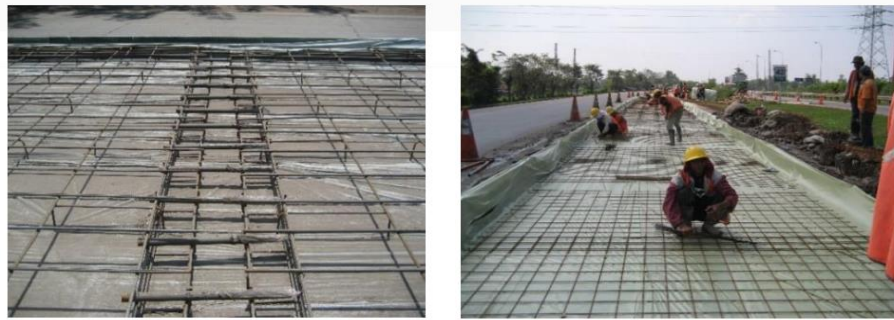
2 Perkerasan Kaku Bersambung Dengan Tulangan (*Jointed Reinforced Concrete Pavement- Jrcp*)

Perkerasan kaku bersambung dengan tulangan atau JRCP serupa dengan perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan (JPCP) kecuali ukuran pelat lebih panjang dan ada tambahan tulangan pada pelatnya. Jarak sambungan umumnya antara 7,5 m dan 12 m, meskipun ada juga yang jarak sambungannya sebesar 30 m. Hasil survei oleh ACPA pada tahun 1999, sekitar 20% dari pengelola jalan negara (*State Highway Agency*) di Amerika Serikat menggunakan perkerasan kaku bersambung dengan Tulangan (JRCP)

Pada pelat dan jarak sambungan yang lebih panjang, ruji sangat disarankan karena bukaan sambungan akan menjadi lebih lebar dan agregat *interlocking* akan menjadi tidak efektif sebagai penyalur beban pada sambungan. Prosentase tulangan yang digunakan dalam arah memanjang umumnya antara 0,1% dan 0,2 % dari luas penampang melintang beton, sedangkan penulangan dalam arah melintang lebih kecil. Perkerasan bersambung dengan tulangan terdapat pada Gambar 2.7-2.8.



Gambar 2.7: Skema perkerasan kaku bersambung dengan tulangan(diklat perkerasan kaku PUPR 2017)



Gambar 2.8: Perkerasan bersambung dengan tulangan (diklat perkerasan kaku PUPR 2017)

Perkerasan kaku bersambung dengan tulangan ini masih tetap menggunakan ruji. Selanjutnya karena panjang pelat lebih besar dari pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan, retak tetap terjadi pada interval yang sama, karena itu perkerasan bersambung dengan tulangan masih mempunyai satu atau dua retakan pada pelatnya.

Keuntungan dari perkerasan kaku bersambung dengan tulangan adalah jumlah sambungan yang lebih sedikit, tetapi biayanya lebih mahal karena adanya penggunaan tulangan serta kinerja sambungan yang kurang baik dan adanya retak pada pelat. Karena jarak antar sambungan yang lebih besar dari perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan, maka bukaan dan penutupan sambungan menjadi lebih lebar.

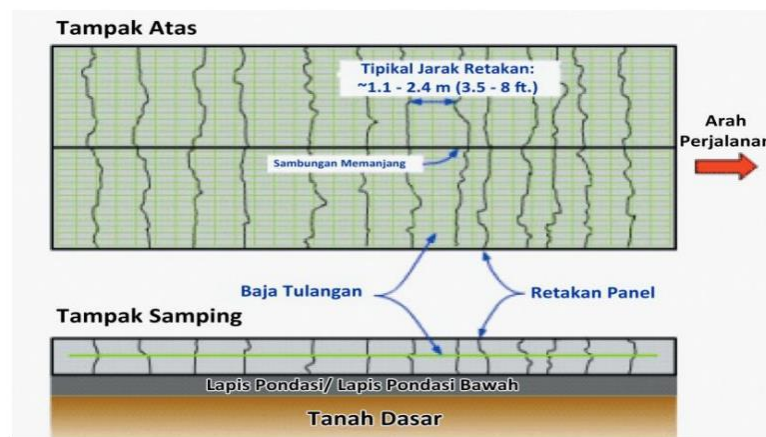
3. Perkerasan Kaku Menerus Dengan Tulangan (*Continuous Reinforced Concrete Pavement - Crcp*)

Perkerasan kaku menerus dengan tulangan adalah pelat dengan jumlah tulangan yang cukup banyak tanpa sambungan susut. Jumlah tulangan yang digunakan pada arah memanjang umumnya antara 0,6 % dan 0,8 % dari luas penampang melintang beton, dan jumlah tulangan dalam arah melintang lebih kecil dari arah memanjang. Pengalaman menunjukkan jika jumlah tulangan yang digunakan pada perkerasan kaku menerus dengan tulangan lebih kecil dari 0,6 %, maka potensi terjadinya kerusakan punch out akan menjadi lebih besar.

Retak rambut terjadi pada perkerasan kaku menerus dengan tulangan, tetapi bukan merupakan masalah bagi kinerjanya. Karakteristik retak terdiri dari beberapa retakkan, umumnya dengan jarak antara 0,6 m - 2,4 m. Retak-retak tersebut

“dipegang” oleh tulangan yang ada sehingga agregat *interlocking*-nya serta penyaluran gaya geser masih dapat terjadi. Jika *interlocking* geser agregat tidak dijaga, maka kerusakan "*punch out*" pada tepi perkerasan akan terjadi, yang merupakan tipikal kerusakan perkerasan kaku menerus dengan tulangan.

Perkerasan kaku menerus dengan tulangan memerlukan angker pada awal dan akhir dari perkerasan, untuk menahan ujung-ujungnya dari kontraksi akibat dari penyusutan, serta membantu perkembangan retak sesuai dengan yang diinginkan. Gambar 2.9-2.10, memperlihatkan perkerasan kaku menerus dengan tulangan.



Gambar 2.9: Skema perkerasan kaku menerus dengan tulangan (diklat perkerasan kaku PUPR 2017)



Gambar 2.10: Sambungan pelaksanaan melintang dan tulangan pada perkerasan menerus dengan tulangan (diklat perkerasan kaku PUPR 2017)

Perkerasan kaku menerus dengan tulangan ini akan memberikan kenyamanan berkendara yang lebih baik, karena permukaannya lebih rata, serta mempunyai umur yang lebih panjang dari tipe perkerasan lainnya. Survey yang dilakukan oleh ACPA tahun 1999, menemukan hanya delapan negara bagian di Amerika Serikat

yang membangun perkerasan kaku menerus dengan tulangan ini. Studi yang dilakukan pada tahun 2000 tentang kinerja perkerasan kaku di Amerika Serikat bagian tenggara terhadap jalan CRCP di negara bagian Alabama, Florida, Mississippi, Carolina utara dan Carolina Selatan, membuktikan kinerja CRCP sangat bagus. Pada saat survey dilakukan umur perkerasan tersebut antara 21 dan 30 tahun dan telah melayani lalu lintas berat, serta mempunyai kondisi sangat bagus sampai luar biasa dengan nilai serviceability 4 atau lebih.

Biaya untuk perkerasan kaku menerus dengan tulangan lebih mahal dari perkerasan bersambung tanpa tulangan atau perkerasan bersambung dengan tulangan, disebabkan oleh jumlah tulangan yang digunakan cukup banyak. Akan tetapi perkerasan kaku menerus dengan tulangan telah terbukti mempunyai pembiayaan yang efektif pada jalan dengan lalu lintas yang tinggi, disebabkan oleh kinerja jangka panjangnya yang lebih baik dibandingkan dengan jenis perkerasan kaku lainnya

4. Perkerasan Kaku Prategang (*Prestres Concrete Pavement*)

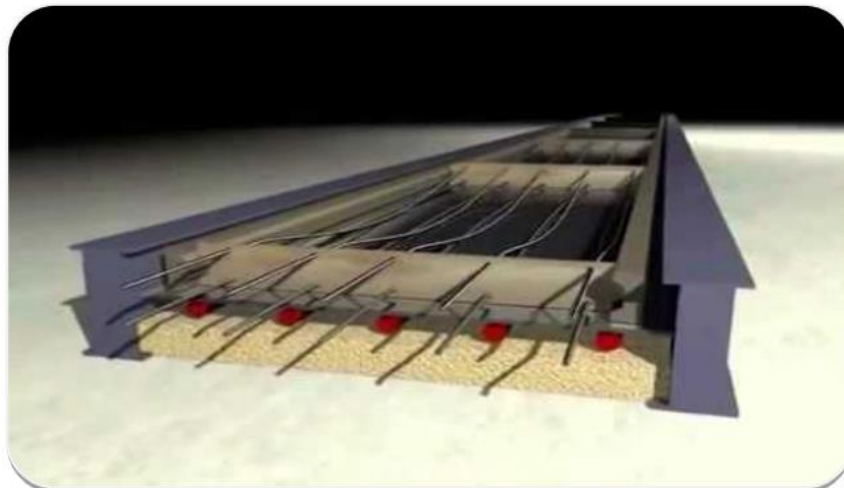
Perkerasan kaku prategang diperkenalkan di akhir tahun 1940 an dan pertama kali digunakan di lapangan terbang. Sekitar tahun 1959 dua pelat pratekan digunakan di lapangan terbang militer Priggs di Texas. Perkerasan kaku tanpa tulangan setebal 60 cm diganti dengan perkerasan kaku prategang setebal 23 cm. Di lapangan terbang internasional Chicago O'Hare, yaitu perkerasan kaku prategang setebal antara 20,3 cm dan 22,8 cm diletakan diatas perkerasan kaku menerus dengan tulangan lama dengan tebal 30,5 cm.

Beberapa dari proyek tersebut mempunyai *strand* untuk prategang hanya dalam satu arah saja, sehingga cenderung terjadi retak searah dengan *strand*, akibat tidak adanya tegangan tekan dalam arah melintang. Perkerasan kaku prategang dengan tebal 15 cm yang diberi tegangan tekan dalam ke dua arah, dengan panjang proyeknya 1600 m di Texas; masih dalam kondisi baik setelah berumur 17 tahun.

Puslitbang Jalan dan Jembatan, telah membuat jalur percobaan dengan perkerasan kaku prategang pada tahun 2011 di Buntu, Jawa Tengah, sepanjang 80 m, Lebar 7 meter dan tebal 20 cm. Potensi dari perkerasan kaku prategang, berkaitan dengan dua hal, yaitu:

1. Penggunaan bahan yang lebih efisien
2. Sambungan yang di butuhkan menjadi lebih sedikit dan kemungkinan terjadinya retak akan lebih kecil, sehingga biaya pemeliharaan lebih sedikit dan umur perkerasan akan lebih lama.

Pada perkerasan kaku konvensional, tegangan akibat beban roda dibatasi oleh kuat tarik lentur dari beton, jadi tebal perkerasan ditentukan oleh tegangan tarik yang terjadi akibat beban roda tidak melampaui kuat tarik lentur dari beton. Pada jenis perkerasan kaku konvensional, beton antara serat atas dan serat bawah dari pelat tidak dimaksimalkan untuk menahan tegangan akibat beban roda, yang hasilnya penggunaan bahan konstruksi tersebut tidak efisien. Sedangkan pada perkerasan beton prategang, kuat tarik lentur beton ditingkatkan dengan memberikan tegangan tekan dan tidak dibatasi lagi oleh kuat tarik lentur betonnya. Dengan demikian tebal perkerasan kaku yang dibutuhkan untuk beban tertentu akan lebih tipis dari tebal perkerasan kaku konvensional. Perkerasan kaku jenis prategang, yang umum dilaksanakan, mempunyai ukuran panjang pelat sekitar 130 m. Tetapi di Amerika telah dibangun dengan panjang pelat 230 m, dan di Eropa dengan panjang pelat lebih dari 300 m. Tebal perkerasan kaku prategang sekitar 40% sampai 50% dari tebal perkerasan kaku konvensional. Skema dari perkerasankaku prategang ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11: Skema perkerasan kaku prategang (diklat perkerasan kaku PUPR 2017)

2.7 Tebal Perkerasan Kaku

Menurut (MDPJ 2017), tebal perkerasan kaku yaitu dimensi ukuran plat beton dalam suatu perkerasan jalan. Dalam pelaksanaannya, tebal *rigid pavement* tidaklah boleh sembarangan menentukan dimensinya karena akan berpengaruh kekuatan plat itu sendiri dan efisiensi penggunaan biaya & material.

Dalam Perencanaan tebal perkerasan kaku dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2017, dalam prosedur desain 9-1 sub bab 9.2 poin ke-8 dinyatakan bahwa tebal plat beton diarahkan dalam perencanaannya menggunakan metode Pd T-14-2003. Yang dimana meliputi penentuan dimensi pelat beton, penulangan pelat, posisi *dowel & tie bar*, ketentuan sambungan dan sebagainya. Prosedur desain perkerasan kaku dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Prosedur desain perkerasan kaku (MDPJ 2017).

No	Langkah-langkah	Acuan
1	Tentukan umur rencana	Bab 2
2	Tentukan volume kelompok sumbu kendaraan niaga	Bab 4 dan lampiran D
3	Tentukan struktur fondasi jalan dari bagan desain	Bab 6
4	Tentukan daya dukung efektif tanah dasar menggunakan solusi tanah normal atau tanah lunak	Bab 6
5	Tentukan struktur lapisan perkerasan sesuai bagan desain	Bab 7
6	Tentukan jenis sambungan	Bab 7
7	Tentukan jenis bahu jalan	Lampiran F
8	Tentukan detail desain yang meliputi dimensi pelat beton, penulangan pelat, posisi <i>dowel & tie bar</i> , ketentuan sambungan dan sebagainya.	Pd T-14-2003
9	Tetapkan kebutuhan daya dukungan tepi perkerasan	Bab 8

2.8 Persyaratan Teknis Perencanaan

2.8.1 Umur rencana

Umur rencana jalan adalah waktu yang ditentukan dari jalan mulai dibuka (mulai digunakan) sampai jalan perlu dilakukan perbaikan (*overlay*). Dalam perencanaan jalan umumnya UR yang digunakan adalah 10 tahun.

Menurut (Pd T-14-2003), umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu-lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara lain dengan metode *Benefit Cost Ratio*, *Internal Rate of Return*, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah. Umumnya perkerasan beton semen dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun.

Dalam ketentuan manual desain perkerasan jalan revisi 2017 disebutkan bahwa menentukan umur rencana perkerasan baru harus berdasarkan ketentuan yang berlaku. Umur rencana perkerasan baru dinyatakan pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2: Umur rencana perkerasan baru (MDPJ 2017)

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

2.8.2 Lalu lintas

1. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Menurut Sukirman, faktor pertumbuhan lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang memakai jalan dari tahun ke tahun yang dipengaruhi oleh perkembangan daerah, bertambahnya kesejahteraan masyarakat, naiknya kemampuan membeli kendaraan faktor pertumbuhan lalu lintas dapat dinyatakan dalam persen / tahun. Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Faktor laju pertumbuhan lalu lintas (MDPJ 2017)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	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

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

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

Dengan pengertian

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = umur rencana (tahun)

2. Lalu lintas pada lajur rencana

Menurut (MDPJ 2017), lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (CESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL).

Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu. Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu (MDPJ 2017).

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur-lajur dalam. Faktor distribusi jalan yang ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Faktor Distribusi Lajur (DL) (MDPJ 2017)

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

3. Lajur rencana dan koefisien distribusi

Dalam (Pd T-14-2003) Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu-lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana (Pd T-14-2003)

Lebar Perkerasan (Lp)	Jumlah Lajur (nl)	Koefisien Distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50 \text{ m}$	1 Lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25 \text{ m}$	2 Lajur	0,70	0,50

Tabel 2.5: *Lanjutan*

Lebar Perkerasan (Lp)	Jumlah Lajur (nl)	Koefisien Distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$8,25 \text{ m} \leq Lp < 11,25 \text{ m}$	3 Lajur	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} \leq Lp < 15,00 \text{ m}$	4 Lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq Lp < 18,75 \text{ m}$	5 Lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq Lp < 22,00 \text{ m}$	6 Lajur	-	0,40

4. Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan seperti terlihat pada Tabel 2.6

Tabel 2.6: Faktor keamanan beban (FKB) (Pd T-14-2003).

No	Penggunaan	Nilai FKB
1	Jalan bebas hambatan utama (major freeway) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu-lintas dari hasil survai beban (<i>weight-in-motion</i>) dan adanya kemungkinan route alternatif, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15.	1,2
2	Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah.	1,0

2.8.3 Struktur Fondasi Jalan

1. Tanah dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR insitu sesuai dengan SNI 03- 1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989, 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 % (Pd T-14-2003).

Persyaratan umum persiapan tanah dasar Tanah dasar perkerasan harus memenuhi kriteria berikut:

1. harus mempunyai nilai CBR rendaman rencana minimum.
2. dibentuk dengan benar, sesuai dengan bentuk geometrik jalan.
3. dipadatkan dengan baik pada ketebalan lapisan sesuai dengan persyaratan.
4. tidak peka terhadap perubahan kadar air.
5. mampu mendukung beban lalu lintas pelaksanaan konstruksi.

2. CBR Desain tanah dasar

Ruas jalan yang didesain harus dikelompokkan berdasarkan kesamaan segmen yang mewakili kondisi tanah dasar yang dapat dianggap seragam (tanpa perbedaan yang signifikan). Secara umum disarankan untuk menghindari pemilihan segmen seragam yang terlalu pendek. Jika nilai CBR yang diperoleh sangat bervariasi, perancang harus membandingkan manfaat dan biaya antara pilihan membuat segmen seragam yang pendek berdasarkan variasi nilai CBR tersebut, atau membuat segmen yang lebih panjang berdasarkan nilai CBR yang lebih konservatif (MDPJ, 2017).

Hal penting lainnya yang harus diperhatikan adalah perlunya membedakan daya dukung rendah yang bersifat lokal (setempat) dengan daya dukung tanah dasar yang lebih umum (mewakili suatu lokasi). Tanah dasar lokal dengan daya dukung rendah biasanya dibuang dan diganti dengan material yang lebih baik atau ditangani secara khusus. Metode perhitungan CBR karakteristik yang sering digunakan adalah metode persentil (MDPJ, 2017).

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

Prosedur perhitungan untuk presentil ke – 10 adalah sebagai berikut:

1. Susun data CBR secara berurutan dari nilai terkecil hingga terbesar.
2. Hitung jumlah total data nilai CBR (n).

3. Hitung 10% dari (n), nilai yang diperoleh disebut sebagai indeks.
4. Jika indeks yang diperoleh dari langkah (iii) merupakan bilangan pecahan, lakukan pembulatan ke bilangan terdekat dan lanjutkan ke langkah v(a). Jika indeks yang dihasilkan berupa bilangan bulat, lanjutkan ke langkah
5. Dari kumpulan data yang sudah diurutkan (langkah 1), hitung mulai dari data terkecil hingga mencapai data diurutkan yang diperoleh dari langkah 3. Nilai CBR pada urutan tersebut adalah nilai CBR persentil ke – 10. v
6. Dari kumpulan data yang sudah diurutkan (langkah 1), hitung mulai dari data terkecil hingga mencapai data diurutkan yang diperoleh dari langkah 3. Nilai CBR persentil ke – 10 adalah nilai rata-rata dari dua nilai CBR yaitu CBR pada urutan tersebut dan urutan berikutnya.

Sebagai contoh, data CBR dari satu segmen yang seragam yang telah diurut mulai dari nilai terkecil terdapat pada Tabel 2.7

Tabel 2.7: Contoh data CBR dari satu segmen yang seragam yang telah diurut mulai dari nilai terkecil (MDPJ 2017)

No Urut	CBR (%)	No Urut	CBR (%)
1	3	11	5,5
2	3	12	5,5
3	4	13	5,5
4	4	14	6
5	4	15	6
6	5	16	6
7	5	17	6,5
8	5	18	6,5
9	5	19	7
10	5,5	20	7

Daftar tersebut di atas menunjukkan CBR dari satu segmen tanah dasar yang seragam dengan 20 data CBR ($n = 20$). Data disusun dari nilai terendah hingga tertinggi. Untuk persentil ke – 10, indeks persentil adalah $10\% \times 20 = 2$ (langkah iii). Karena 2 adalah bilangan bulat maka berlaku langkah v.(b): CBR pada persentil tersebut adalah rata-rata CBR pada nomor urut 2 dan 3 yaitu $(3+4)/2 = 3,5$. Dengan demikian, nilai CBR karakteristik segemen seragam tersebut adalah 3,5%. Secara statistik ini berarti bahwa pada segmen tersebut terdapat 10% data CBR yang

nilainya sama atau lebih kecil dari 3,5%. Atau, 90% data CBR segmen seragam tersebut nilainya lebih besar atau sama dengan 3,5%.

Cara yang diuraikan di atas adalah salah satu cara untuk menetapkan nilai karakteristik berdasarkan metode persentil. Prosedur metode persentil lainnya yang juga sering digunakan adalah cara grafik. Selain itu, dapat juga menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel, yaitu dengan memanfaatkan fungsi =PERCENTILE(array, k) dengan “array” menunjukkan kumpulan data dan k adalah persentil (dalam persepuluhan). Sebagai contoh, =PERCENTILE(A1:A20, 0.1) akan menghitung persentil ke 10 dari kumpulan data yang terletak pada sel A1 sampai dengan A20. Penggunaan cara ini terhadap contoh data tersebut di atas menghasilkan CBR karakteristik = 3.90%. Masing-masing cara tersebut tidak memberikan jawaban yang identik, tetapi perbedaan di antaranya tidak signifikan.

3. Persyaratan Umum Persiapan Tanah Dasar

Menurut (MDPJ 2017), tanah dasar perkerasan harus memenuhi kriteria berikut:

1. Harus mempunyai nilai CBR rendaman rencana minimum.
2. Dibentuk dengan benar, sesuai dengan bentuk geometrik jalan.
3. Dipadatkan dengan baik pada ketebalan lapisan sesuai dengan persyaratan.
4. Tidak peka terhadap perubahan kadar air.
5. Mampu mendukung beban lalu lintas pelaksanaan konstruksi.

Dalam semua kasus, selain yang diuraikan untuk lapis penopang, tingkat kepadatan yang disyaratkan pada timbunan dan tanah dasar harus dicapai. Persyaratan tambahan untuk perkerasan kaku di atas tanah lunak .

4. Umur Rencana Fondasi Perkerasan

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

1. Fondasi perkerasan tidak dapat ditingkatkan selama masa pelayanan, kecuali dengan cara rekonstruksi menyeluruh.

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

5. Desain Fondasi Jalan Minimum

Untuk desain fondasi jalan minimum dalam bagan terdapat pada Tabel 2.8:

Tabel 2.8: Desain Fondasi Jalan Minimum (MDPJ 2017).

CBR tanah dasar %	Kelas kekuatan tanah dasar	Uraian struktur fondasi	Perkerasan lentur			Perkerasan kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			Stabilisasi semen
			<2	2 - 4	>4	
			Tebak minimum perbaikan tanah dasar			
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan spesifikasi umum, devisi 3-pekerjaan tanah) (pemadatan lapisan $\leq 200\text{mm}$ tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan			300
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2.5		175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemuai > 5%)			400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak	SG1	Lapis penopang	1000	1100	1200	
		Atau lapis penopang dan geogrid	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan jalan raya minor (nilai minimum - ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir	1000	1250	1500	

6. CBR Rencana Untuk Stabilisasi Tanah Dasar

Perbaikan tanah dasar dapat berupa material timbunan pilihan, stabilisasi kapur, atau stabilisasi semen. Pelebaran perkerasan pada galian biasanya meliputi pembentukan tanah dasar yang sempit atau tidak teratur sehingga menyulitkan pelaksanaan stabilisasi. Dalam kasus yang demikian sebaiknya digunakan perbaikan dengan material timbunan pilihan. Dalam perencanaan jika dipilih stabilisasi kapur atau semen maka nilai daya dukung material (CBR) dipilih nilai terkecil dari tiga nilai berikut:

1. Daya dukung rendaman 4 hari dari material yang distabilisasi.
2. Empat kali daya dukung tanah asal sebelum distabilisasi.
3. Daya dukung yang diperoleh dari formula berikut:

$$CBR_{stabilisasi} = CBR_{tanah\ asli} \times 2^{(tebal\ lapis\ stabilisasi\ dalam\ mm)/150} \quad (2.2)$$

Tebal total tanah dasar stabilisasi adalah 150 mm untuk pemadatan biasa atau sampai dengan 300 mm apabila disyaratkan dan digunakan alat pemadat pad foot dengan berat statik 18 ton.

7. Tebal Pondasi bawah

Bahan pondasi bawah dapat berupa :

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

Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen. Untuk tanah ekspansif perlu pertimbangan khusus perihal jenis dan penentuan lebar lapisan pondasi dengan memperhitungkan tegangan pengembangan yang mungkin timbul. Pemasangan lapis pondasi dengan lebar sampai ke tepi luar lebar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi perilaku tanah ekspansif (Pd T-14-2003).

Dalam manual desain perkerasan jalan (MDPJ) 2017 dijelaskan bahwa CBR efektif tanah dasar hendaknya tidak kurang dari 6%. Gunakan stabilisasi apabila

diperlukan. Pedoman perencanaan Pd T-14-2003 mensyaratkan nilai CBR ekivalen tanah dasar normal ditentukan sebagai berikut:

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

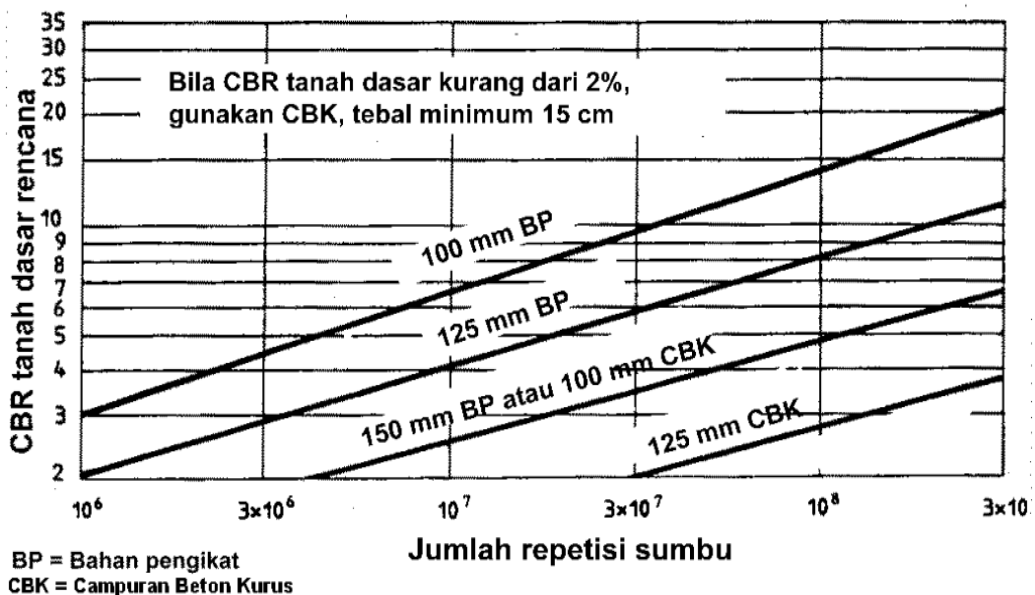
$$CBR \text{ Ekivalen} = \left(\frac{\sum h_i CBR_i^{0.33}}{\sum h_i} \right)^3 \quad (2.3)$$

Dengan ketentuan :

h_i = tebal lapis

i dan $\sum h_i$ = 1 meter

Tebal lapisan pondasi minimum 10 cm yang paling sedikit mempunyai mutu sesuai dengan SNI No. 03-6388-2000 dan AASHTO M-155 serta SNI 03-1743-1989. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12: Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen (Pd T-14-2003)

8. Pondasi bawah dengan bahan pengikat (*Bound Sub-base*)

Pondasi bawah dengan bahan pengikat (BP) digunakan salah satu dari:

- a. Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat yang sesuai dengan hasil perencanaan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Jenis bahan pengikat dapat meliputi semen, kapur, serta abu terbang dan/atau slag yang dihaluskan.
- b. Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).
- c. Campuran beton kurus giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 MPa (55 kg/cm²).

9. Pondasi bawah dengan campuran beton kurus (*Lean-Mix Concrete*)

Campuran Beton Kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50 kg/cm²) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 MPa (70 kg/cm²) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10 cm.

2.8.4 Daya Dukung Efektif Tanah

1. Tinggi Minimum Timbunan Untuk Drainase Perkerasan

Tinggi minimum permukaan tanah dasar di atas muka air tanah dan level muka air banjir adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 2.9

Tabel 2.9: Tinggi minimum tanah dasar di atas muka air tanah dan muka air banjir (MDPJ 2017)

Kelas Jalan (berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan)	Tinggi tanah dasar diatas muka air tanah (mm)	Tinggi tanah dasar diatas muka air banjir (mm)
Jalan Bebas Hambatan	1200 (jika ada drainase bawah permukaan di median)	500 (banjir 50 tahunan)

Tabel 2.9: *Lanjutan*

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

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. Menentukan Tebal Timbunan

Tinggi timbunan dapat terdiri atas lapisan perbaikan tanah, lapis penopang, lapisan timbunan pilihan, lapis drainase dan kemiringan permukaan atau superelevasi di atas tanah lunak. Untuk timbunan diatas tanah lunak faktor-faktor berikut ini harus dipenuhi:

1. Umur desain fondasi 40 tahun, tinggi minimum keseluruhan timbunan untuk perkerasan kaku agar dapat menahan pergerakan berlebihan akibat pembebanan dinamis.
2. Tebal minimum lapisan penopang untuk menahan alur (*rutting*) pada tanah dasar akibat lalu lintas konstruksi.
3. CBR efektif tanah dasar adalah nilai terkecil dari CBR dan CBR yang ditentukan dari.
4. Memenuhi persyaratan tinggi minimum tanah dasar di atas muka air tanah dan muka air banjir.

Tinggi tersebut merupakan tinggi minimum. Penambahan tinggi harus dilakukan terhadap elevasi alinyemen vertikal yang ditunjukkan dalam Gambar Teknik untuk mengantisipasi:

1. Penurunan pasca konstruksi.
2. Perbedaan superelevasi atau lereng melintang dari titik terendah ke garis kendali alinyemen vertikal termasuk untuk desain pelebaran yang akan datang.

Contoh: Jalan raya di atas tanah lunak jenuh, pada permukaan tanah asli, kumulatif beban lalu lintas 40 tahun= 200 juta ESA, muka air tanah efektif pada level permukaan (tipikal daerah persawahan), muka air banjir rencana 10 tahunan = 500 mm di atas muka tanah, superelevasi 5%, lebar perkerasan 7000 mm, jenis perkerasan: beton. Tetapkan tinggi minimum timbunan (mm)

- | | |
|--|--------|
| 1. Lapis penopang hingga setara CBR 2.5% | : 1200 |
| Lapis penopang di atas permukaan setara CBR 2.5% | : 350 |
| Perbedaan elevasi akibat super elevasi (5% x 7000) | : 350 |
| Total | : 1900 |
| | |
| 2. Tinggi permukaan akhir di atas permukaan tanah asli lunak | : 1750 |
| untuk mencegah deformasi plastis akibat beban dinamis | |
| Penyesuaian untuk superelevasi | : 350 |
| Total | : 2100 |
| | |
| 3. Persyaratan tinggi minimum di atas muka air tanah yang | : 800 |
| dilengkapi dengan lapis drainase | |

Perkiraan penurunan setelah konstruksi	: 100
Tebal lapis drainase 150 Perbedaan tinggi superelevasi	: 350
Total	: 1400
4. Tinggi minimum di atas muka air banjir	: 500
Perkiraan penurunan setelah konstruksi	: 100
Muka air banjir di atas elevasi tanah asli	: 500
Perbedaan tinggi superelevasi	: 350
Total	: 1450

2.8.5 Struktur Lapisan Perkerasan

Jika perkerasan kaku untuk jalan dengan beban lalu lintas berat, maka penerapan kelompok sumbu kendaraan niaga 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. Dengan syarat desain perkerasan kaku dengan sambungan dan ruji (*dowel*) serta bahu beton (*tied shoulder*), dengan atau tanpa tulangan distribusi retak. Maka ketentuan tebal pelat beton ditentukan pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10: Perkerasan Kaku untuk jalan dengan beban lalu lintas berat (MDPJ 2017)

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (<i>overload</i>) (10E6)	< 4.3	< 8.6	< 25.8	< 43	< 86
<i>Dowel</i> 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				

2.8.6 Jenis Sambungan Dan Detail Desain.

1. Sambungan Memanjang Dengan Batang Pengikat (*Tie Bars*)

Sambungan memanjang ialah sambungan antar dua pelat yang memungkinkan pelat melenting tanpa terjadi pemisahan atau retak pada pelat tersebut. Sambungan memanjang digunakan untuk melepaskan tegangan lenting dan umumnya diperlukan bila lebar pelat lebih dari 4,6 meter. Lebar pelat yang lebih kecil atau sama dengan 4,6 meter menunjukkan kinerja yang memuaskan tanpa sambungan memanjang, walaupun ada kemungkinan terjadinya beberapa retak memanjang.

Tie bar menggunakan batang tulangan baja ulir untuk menjaga agar tepi/ujung-ujung pelat beton yang berdampingan tetap dalam kontak yang baik antara satu dengan yang lain (Pd T-14-2003).

lain dan membantu terjadinya ikatan sempurna antar sambungan. Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3 - 4 m. Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU24 dan berdiameter 16 mm. Ukuran batang pengikat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$A_t = 204 \times b \times h \quad (2.4)$$

$$l = (38,3 \times \varphi) + 75 \quad (2.5)$$

Dengan pengertian :

A_t = Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm^2)

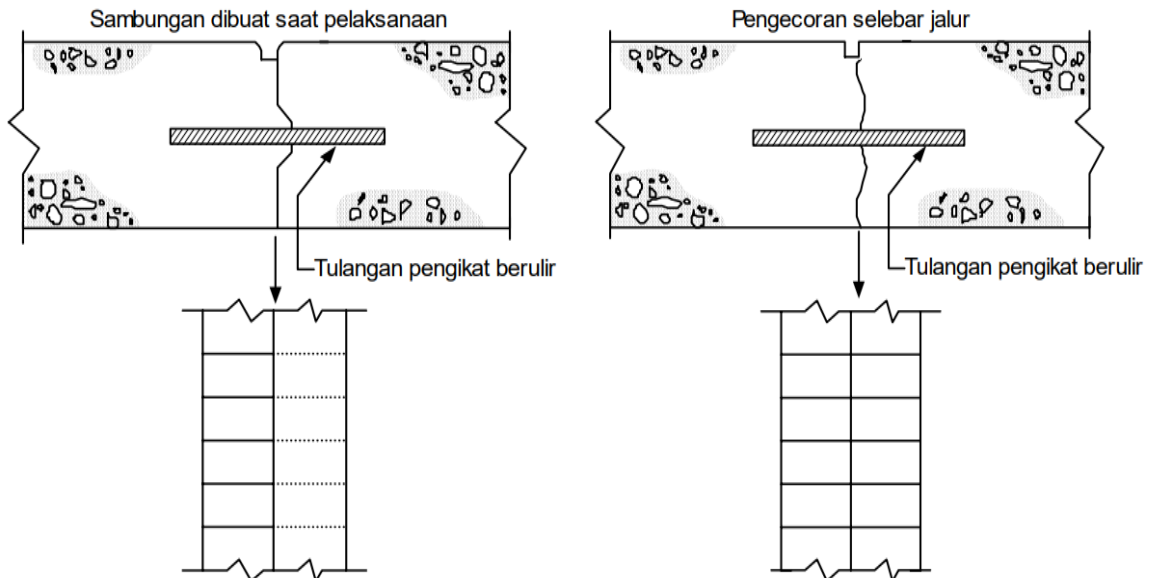
b = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).

h = Tebal pelat (m).

l = Panjang batang pengikat (mm).

φ = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

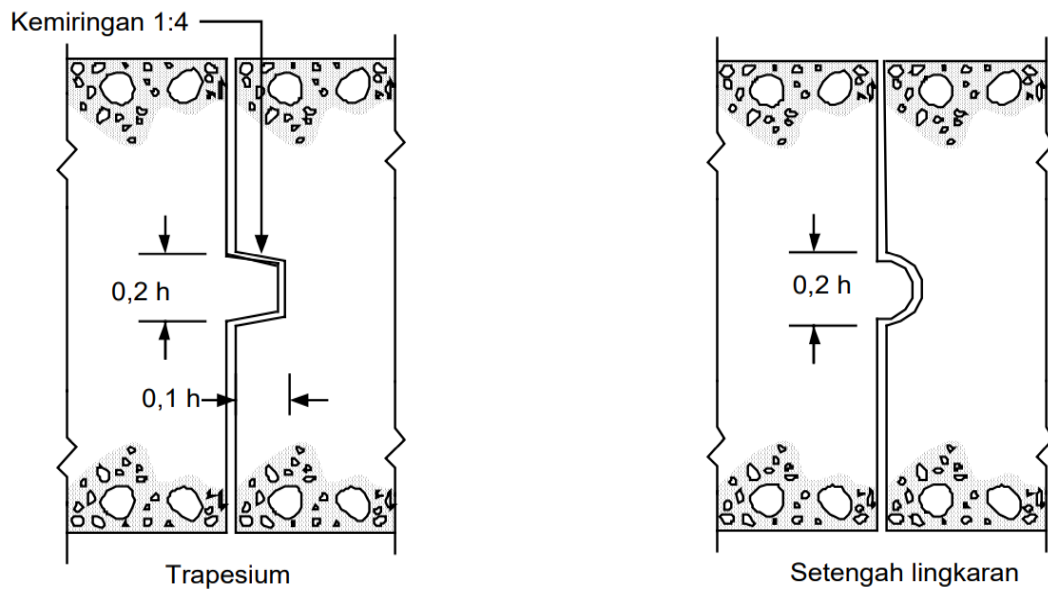
Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm. Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada Gambar 2.13



Gambar 2.13: Tipikal sambungan memanjang (Pd T-14-2003)

2. Sambungan pelaksanaan memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14: Ukuran standar penguncian sambungan memanjang (Pd T-14-2003)

3.

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.5 dan 2.6. Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4 - 5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8 - 15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan. Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11: Diameter ruji

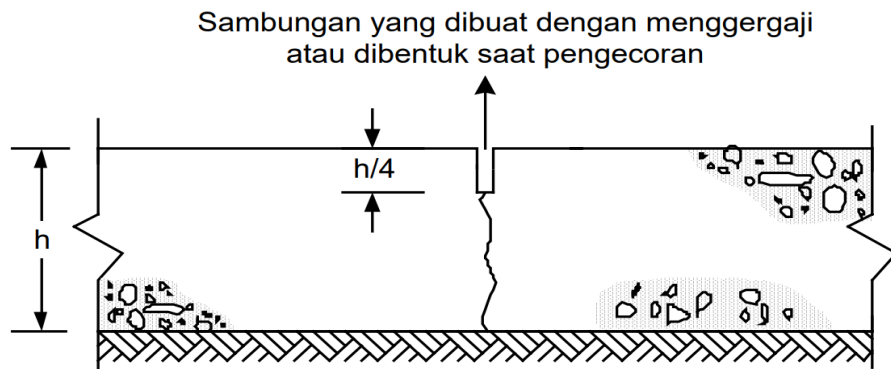
No	Tebal pelat beton, h (mm)	Diameter ruji (mm)
1	$125 < h < 140$	20
2	$140 < h < 160$	24
3	$160 < h < 190$	28
4	$190 < h < 220$	33
5	$220 < h < 250$	36

Ataupun jika tidak terdapat ukuran diameter ruji dari tabel 2.9 maka dapat menggunakan ketentuan dari Kementrian Pekerjaan Umum no SPL.KS21.224.00. Untuk ukuran, panjang, dan jarak ruji dapat dilihat pada Tabel 2.12

Tabel 2.12: Ukuran, panjang, dan jarak ruji (Kementerian PU no SPL.KS21.224.00)

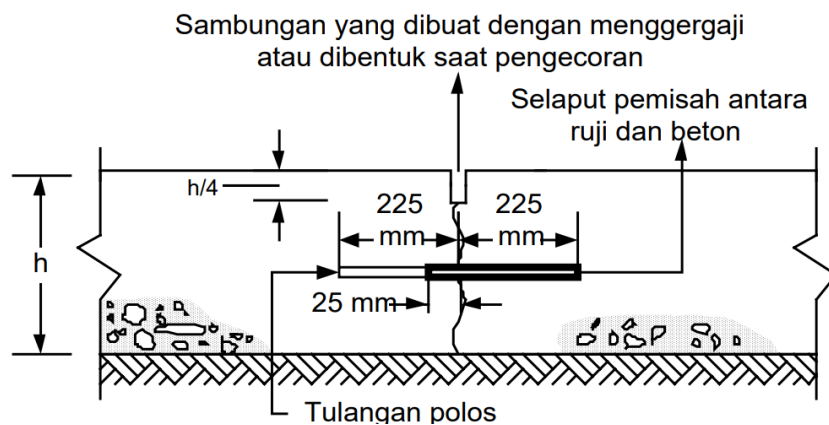
	Dowel
Diameter yang disarankan	1/8 tebal pelat
Diamter minimum	32 mm
Panjang tipikal disarankan	455 mm
Jarak	305 mm

Sambungan susut melintang tanpa ruji dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15: Sambungan susut melintang tanpa ruji
(Pd T-14-2003)

Sambungan susut melintang dengan ruji dapat dilihat pada Gambar 2.16.

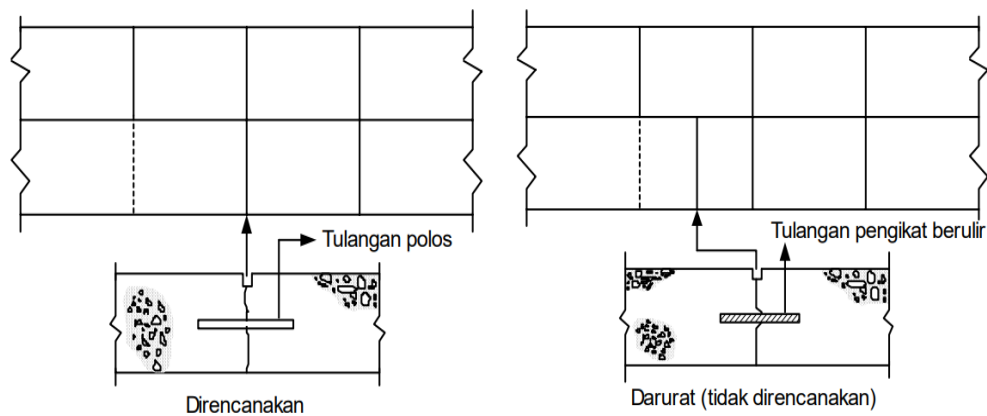


Gambar 2.16: Sambungan susut melintang dengan ruji
(Pd T-14-2003)

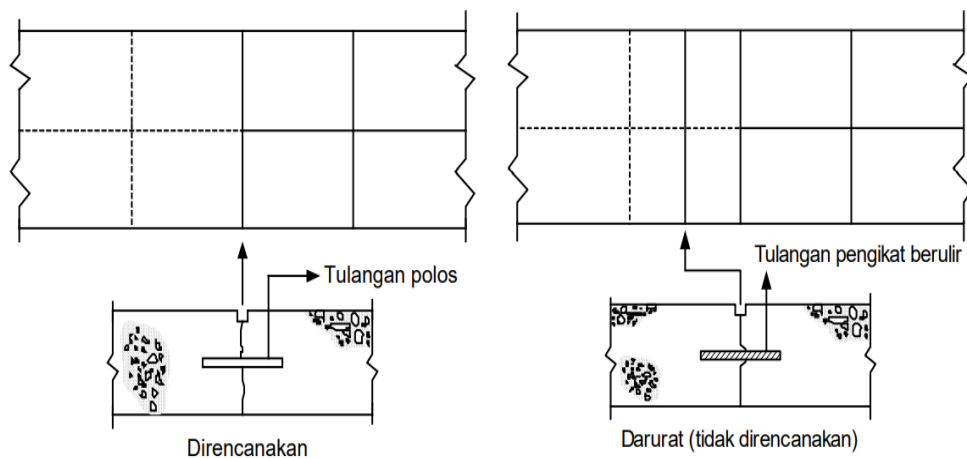
4. Sambungan pelaksanaan melintang

Sambungan harus dibuat / dipotong sebelum terjadi retakan karena susut. Bila perlu, pengergajian dapat dilakukan dalam kondisi cuaca apapun pada waktu siang maupun malam. Pengergajian harus ditangguhkan bila di dekat tempat sambungan ada retakan (Pd T-14-2003).

Sambungan pelaksanaan tersebut di atas harus dilengkapi dengan batang pengikat berdiameter 16 mm, panjang 69 cm dan jarak 60 cm, untuk ketebalan pelat sampai 17 cm. Untuk ketebalan lebih dari 17 cm, ukuran batang pengikat berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm. Tipikal sambungan pelaksanaan melintang diperlihatkan pada Gambar 2.17 dan Gambar 2.18.



Gambar 2.17: Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur (Pd T-14-2003)

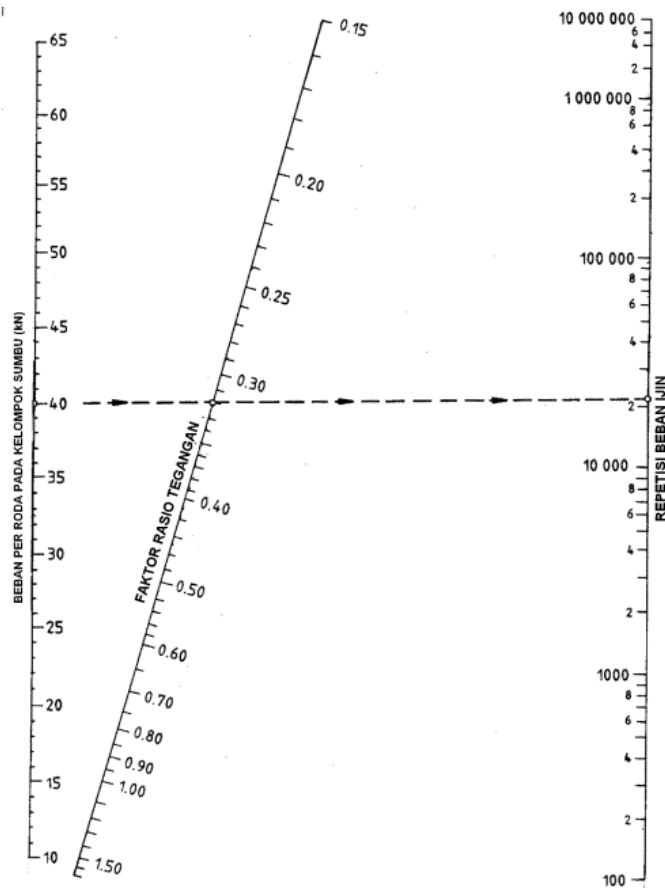


Gambar 2.18: Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan (Pd T-14-2003)

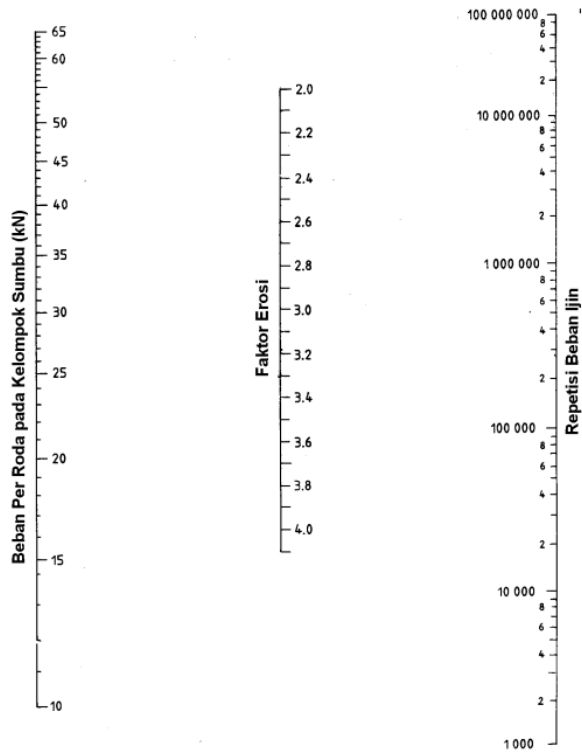
2.8.7 Fatik dan erosi

Tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu-lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal taksiran dinaikan dan proses perencanaan diulangi. Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%.

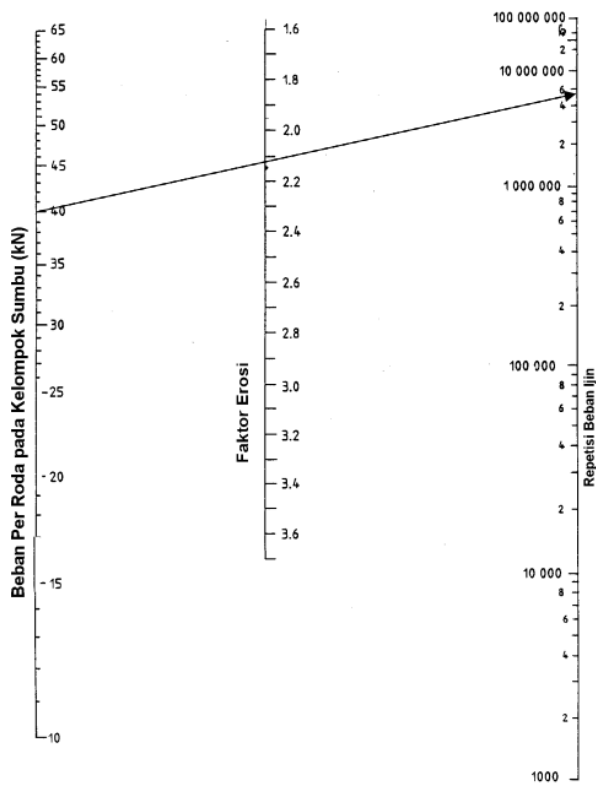
Berikut adalah gambar analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton, sebagaimana terlihat pada Gambar 2.19 s/d 2.21.



Gambar 2.19: Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton (Pd T-14-2003)



Gambar 2.20: Analisis erosi dan jumlah repetisi beban ijin, berdasarkan faktor erosi, tanpa bahu beton (Pd T-14-2003)



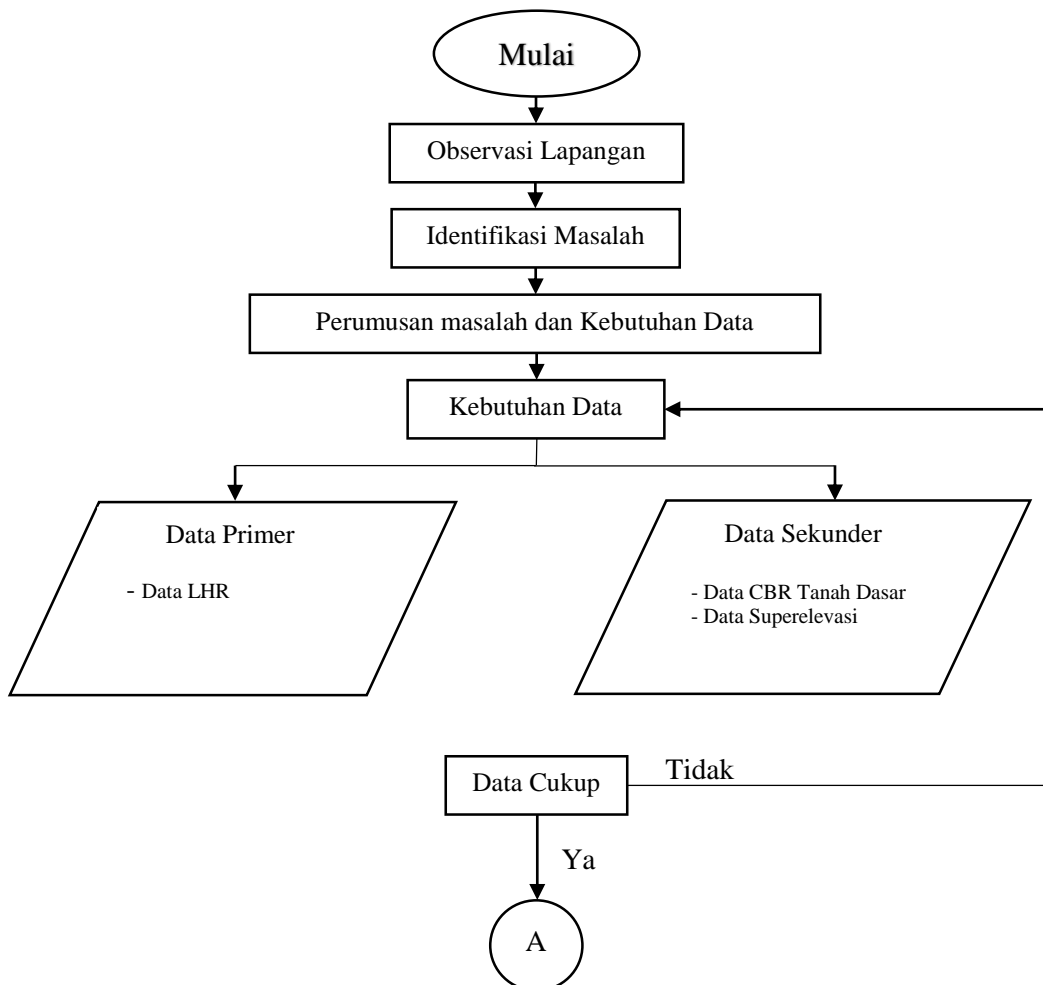
Gambar 2.21: Analisis erosi dan jumlah repetisi beban berdasarkan faktor erosi, dengan bahu beton (Pd T-14-2003)

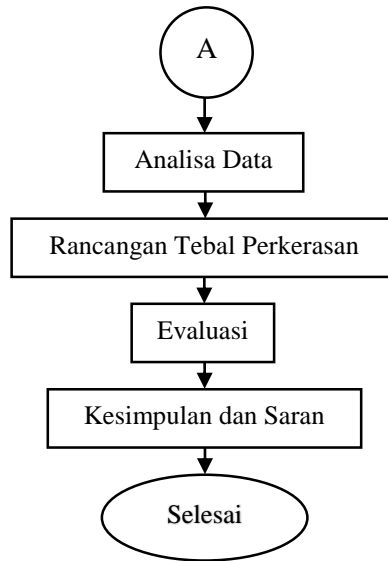
BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, terdapat beberapa prosedur atau tahap-tahapan yang harus dilakukan secara terkonsep dan terstruktur agar ketika memulai penelitian dapat terlaksana sesuai dengan konsep yang telah direncanakan sebelumnya, untuk mendapatkan data serta prosedur pengolahan data dalam mencapai hasil penelitian. Sebagaimana yang direncanakan untuk pengolahan datanya, maka berikut ini digambarkan rangkaian prosedur yang dimuat dalam bagan alir untuk memudahkan pada proses pekerjaan penelitian ini menjadi terarah dan tersistematis. Adapun langkah-langkah penelitian pelaksanaan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1: Diagram Alir Rancangan

3.2 Metode Analitis

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif adalah metode pengukuran data kuantitatif melalui perhitungan ilmiah berasal dari survei secara langsung di lapangan dan beberapa data penunjang perhitungan dari instansi yang terkait.

3.3 Tahapan Persiapan

Tahapan persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan data dan pengolahan data. Dalam tahap ini dilakukan penyusunan rencana agar diperoleh waktu yang efektif dan efisien dalam mengerjakan penelitian ini. Pada tahap ini juga dilakukan pengamatan pendahuluan agar dapat gambaran umum dalam mengidentifikasi dan merumuskan masalah yang ada di lapangan. Lingkup pekerjaan yang dilakukan pada tahap persiapan adalah sebagai berikut:

- a. Studi pustaka terhadap materi terkait dengan penelitian yang dilakukan.
- b. Menentukan kebutuhan data.
- c. Mendata instansi/institusi yang dapat dijadikan sumber data.

3.4 Tahapan kerja penelitian

Untuk mendapatkan data yang diinginkan serta memperoleh hasil yang diharapkan dalam penelitian ini, berikut diberikan tahapan-tahapan pekerjaan penelitian, yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi/*survey* pendahuluan untuk menentukan ruang lingkup pembahasan dan pembatasan masalah yang akan dibahas, identifikasi data yang dibutuhkan, teknik/cara pengumpulan data, dan rujukan beberapa studi terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini.
2. Selanjutnya penelitian ini dimulai dengan proses identifikasi masalah kemudian dirumuskan menjadi tujuan penelitian.
3. Lalu proses pelaksanaan *survey* yaitu proses pengumpulan data yang akan diolah sehingga dapat digunakan sebagai input dalam proses analitis selanjutnya. Pengumpulan data dan analisis dalam penelitian ini secara garis besar terkait dengan data-data pendukung dalam perencanaan tebal perkerasan *rigid*.
4. Tahap selanjutnya adalah pengolahan data. Analisis untuk tebal perkerasan *rigid* dengan metode manual desain perkerasan jalan (MDPJ) 2017.
5. Setelah tahap-tahap di atas dilakukan, maka akan diperoleh beberapa kesimpulan berupa tebal perkerasan *rigid*, jenis perkerasan *rigid*, dan dimensi penulangan.

3.5 Metode Pengumpulan Data

Perencanaan dan penelitian dalam menyelesaikan skripsi ini dalam pengumpulan data dilakukan dengan dua (2) cara, sebagai berikut:

1. Data primer adalah data yang didapatkan dari hasil penelitian sendiri. adapun yang termasuk dalam data primer adalah: data LHR, membuat dokumentasi visual di lapangan.
2. Data sekunder adalah data yang di dapatkan dari hasil penelitian atau pengujian orang dari perusahaan atau instansi terkait, seperti: CBR tanah dasar dan Superelevasi.

3.6 Lokasi Penelitian

Proyek jalan tol Binjai-Langsa Sta 0+500 - Sta 1+000 yang bertepatan di Jl. Beringin, Serba Jadi, Kec. Sunggal, Kota Binjai, Sumatera Utara. Proyek dilaksanakn oleh PT. Hutama Karya Infrastruktur Zona 1. Lokasi penelitian di Proyek jalan tol Binjai-Langsa Sta 0+500 – Sta 1+000 terdapat pada Gambar 3.2 dan 3.3.



Gambar 3.2: Sta 0+500



Gambar 3.3: Sta 1+000

3.7 Sumber Data

3.7.1 Data Primer

LHR dilakukan di Jalan Tengku Amir Hamza, Kecamatan Binjai Utara, Kota Binjai, Sumatera Utara. Jalan tersebut satu satunya jalur menuju kota Langsa, dengan begitu adanya proyek jalan tol penghubung Kota Binjai - Langsa nantinya menjadi jalur alternatif lainnya, maka dari itu data lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang digunakan adalah di Jl Tengku Amir Hamza, Binjai. Gambar 3.4 dan 3.5 merupakan LHR tertinggi dalam seminggu.



Departemen Pekerjaan Umum
Direktorat Jenderal Bina Marga

**FORMULIR SURVAI PERHITUNGAN LALU LINTAS
(FORMULIR LAPANGAN)**

Nama provinsi : Sumatera Utara
No provinsi : 12
Tanggal : 29
Bulan : Juni
Tahun : 2021
Nama jalan : Jl. Tengku Amir Hamza, Binjai

Arah lalu lintas, dari : ke :

Gol	5b Bus Besar	6a & 6b Truk kecil, sedang, besar 2 sumbu	7a Truk 3 sumbu	7b Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	7c1 Truk 4 sumbu - trailer	7c2 Truk 5 sumbu - trailer	7c3 Truk 6 sumbu - trailer	Keterangan Cuaca: 1. Cerah 2. Mendung 3. Gerimis 4. Hujan
PAGI								
07.00 - 07.15		10	2					
07.15 - 07.30	2	9	2					
07.30 - 07.45	2	16	2		1			
07.45 - 08.00	1	8	1		2			2
08.00 - 08.15	2	21	5					
08.15 - 08.30	3	9	5				1	
08.30 - 08.45	1	33	2		3	1		
08.45 - 09.00	1	20	5		3			
SIANG								
12.00 - 12.15	1	12	5					
12.15 - 12.30		32	10					
12.30 - 12.45	1	40	7					
12.45 - 13.00	2	24	9		1			4
13.00 - 13.15		27	8		1			
13.15 - 13.30	1	11	14					
13.30 - 13.45		9	4					
13.45 - 14.00		11	5		1			
Sore								
16.00 - 16.15	3	17	5				1	
16.15 - 16.30	4	20	11				1	
16.30 - 16.45	5	26	5				1	
16.45 - 17.00	2	26	5					4
17.00 - 17.15		15	10					
17.15 - 17.30		25	3		1			
17.30 - 17.45	5	31	5					
17.45 - 18.00	4	20	9			1		

Gambar 3.4 Data LHR, hari Selasa (29 Juni 2021)



Departemen Pekerjaan Umum
Direktorat Jenderal Bina Marga

**FORMULIR SURVAI PERHITUNGAN LALU LINTAS
(FORMULIR LAPANGAN)**

Nama provinsi : Sumatera Utara
No provinsi : 12
Tanggal : 29
Bulan : Juni
Tahun : 2021
Nama jalan : Jl. Tengku Amir Hamza, Binjai

Arah lalu lintas, dari : ke :

Gol	5b Bus Besar	6a & 6b Truk kecil, sedang, besar 2 sumbu	7a Truk 3 sumbu	7b Truk 2 sumbu dan trailer, penarik 2 sumbu	7c1 Truk 4 sumbu - trailer	7c2 Truk 5 sumbu - trailer	7c3 Truk 6 sumbu - trailer	Keterangan Cuaca: 1. Cerah 2. Mendung 3. Gerimis 4. Hujan
Waktu								
PAGI								
07.00 - 07.15	3	10	3		1	1		
07.15 - 07.30	3	22	6		2			
07.30 - 07.45	1	25	10		1			
07.45 - 08.00	1	16	5					2
08.00 - 08.15	2	48	6		1			
08.15 - 08.30		22	4					
08.30 - 08.45	3	28	6		4			
08.45 - 09.00	2	30	13		1			
SIANG								
12.00 - 12.15	1	10	9		1			
12.15 - 12.30	2	39	10		4			
12.30 - 12.45	2	33	12		2		2	
12.45 - 13.00	3	20	7		1		1	
13.00 - 13.15	3	35	5		2			4
13.15 - 13.30		23	5		1			
13.30 - 13.45	2	19	3		1			
13.45 - 14.00	1	20	1		1			
Sore								
16.00 - 16.15	1	35	4		1			
16.15 - 16.30	1	30	5		1			
16.30 - 16.45	2	24	5		1			
16.45 - 17.00	1	48	5		1		2	4
17.00 - 17.15	4	31	3		1			
17.15 - 17.30	2	45	1		1			
17.30 - 17.45	2	17	2					
17.45 - 18.00	1	35	4		2	1		

Gambar 3.5 Data LHR, hari Selasa (29 Juni 2021)

3.7.2 Data Sekunder

Data sekunder didapat dari perusahaan kontraktor utama yaitu PT Utama Karya Infrastruktur (HKI) di zona 1. Untuk data yang di peroleh dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1: Data CBR tanah dasar pada proyek jalan tol Bijai – Langsa STA 0+500 s/d STA 1+000 oleh PT Utama Karya Infrastruktur Zona 1.

STA	CBR (%)
0 + 500	3,74
0 + 525	3,06
0 + 530	4,50
0 + 535	3,89
0 + 540	4,16
0 + 550	1,50
0 + 525	6,48
0 + 560	4,67
0 + 565	2,09
0 + 570	5,24
0 + 575	5,50
0 + 580	6,51
0 + 585	6,42
0 + 590	4,92
0 + 595	5,66
1 + 000	7,22

Untuk superelevasi yang di rencanakan pada proyek jalan tol Binjai-Langsa sebesar 5%.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Prosedur Desain

Prosedur dalam menggunakan bagan desain untuk mencapai hasil yang maksimal secara teknis dan optimal secara ekonomis terdapat pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1: Prosedur desain berdasarkan batasan masalah

No	Langkah-langkah
1	Menentukan umur rencana
2	Menentukan volume kelompok sumbu kendaraan niaga
3	Menentukan struktur fondasi jalan sesuai bagan desain
4	Menentukan daya dukung efektif tanah dasar menggunakan solusi tanah normal atau tanah lunak
5	Menentukan struktur lapisan perkerasan sesuai bagan desain
6	Menentukan jenis sambungan
7	Menentukan detail desain yang meliputi dimensi pelat beton, posisi <i>dowel & tie bar</i> , ketentuan sambungan dan sebagainya.

4.2 Menentukan Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan. Maka sebelum melakukan perhitungan tebal perkerasan kak, hendaklah menentukan umur

rencana perkerasan sesuai pedoman pada manual desain perkerasan jalan (MDPJ) 2017. Pada Tabel 2.2 untuk umur rencana perkerasan kaku sudah ditetapkan berdasarkan jenis perkerasan dan elemen perkerasannya.

Karena proyek jalan tol Binjai-Langsa menggunakan perkerasan kaku, maka:
Umur rencana (UR) = 40 tahun

4.3 Menentukan Volume Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga

4.3.1 Jumlah Kelompok Sumbu

Pertama, menentukan jumlah kelompok sumbu yang di kalikan dengan jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang akan menghasilkan kelompok sumbu pada tahun 2021, maka akan di jabarkan hasilnya pada Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Jumlah kelompok sumbu

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kelompok Sumbu	LHR Tertinggi	Kelompok Sumbu 2021
1	Bus besar	2	81	162
2	Truk 2 sumbu	2	1140	2280
3	Truk 3 sumbu	3	282	846
4	Truk 2 sumbu & trailer penarik 2 sumbu	0	0	0
5	Truk 4 sumbu - trailer	4	49	196
6	Truk 5 sumbu - trailer	5	7	35
7	Truk 6 sumbu - trailer	6	6	36

Cara menghitung kelompok sumbu kendaraan sebagai berikut:

Jumlah kelompok sumbu	= Jumlah kelompok sumbu X LHR tertinggi
Bus besar	= 2 x 81 = 162
Truk 2 sumbu	= 2 x 1140 = 2280
Truk 3 sumbu	= 2 x 282 = 846
Truk 2 sumbu & trailer penarik 2 sumbu	= 2 x 0 = 0
Truk 4 sumbu - trailer	= 2 x 49 = 196
Truk 5 sumbu - trailer	= 2 x 7 = 35
Truk 6 sumbu - trailer	= 2 x 6 = 36

4.3.2 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Untuk menentukan faktor distribusi lajur (DL) dapat mengacu pada Tabel 2.4.

Dikarenakan jumlah lajur yang direncanakan sebanyak dua pada setiap jalur, didapatkan nilai distribusi lajur (DL) adalah 80. Dari tabel nilai distribusi lajur dalam bentuk persen (%), maka:

$$DL = 80 \left(\frac{1}{100} \right)$$

$$DL = 0,80$$

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

Maka:

$$\text{Distribusi lajur (DL)} = 0,80$$

$$\text{Distribusi arah (DD)} = 0,50$$

4.3.3 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas.

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data–data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia data maka Tabel 2.3 dapat digunakan.

Lokasi jalan tol yang direncanakan berada di Jl Tengku Amir Hamza, Binjai, Sumatera Utara. Untuk faktor pertumbuhan lalu lintas yang digunakan adalah kolom Sumatera, baris arteri dan perkotaan adalah 4,83.

$$i = 4,83 \left(\frac{1}{100} \right)$$

$$i = 0,048$$

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

Diketahui :

$$UR = 40$$

$$i = 0,048$$

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

$$R = \frac{(1 + 0,01 \times 0,048)^{40} - 1}{0,01 (0,048)}$$

$$R = \frac{0,01938}{0,00048}$$

$$R = 40,37906$$

Keterangan :

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

UR = umur rencana

i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

4.3.4 Beban Kumulatif Kelompok Sumbu

Selanjutnya menentukan beban kumulatif kelompok sumbu selama umur rencana. Dengan cara mengalikan kelompok sumbu 2021,365 hari,distribusi lajur, distribusi arah, dan umur rencana. Maka akan di jabarkan hasilnya pada Tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3: Beban kumulatif kelompok sumbu

No	Jenis Kendaraan	Kelompok Sumbu	Jumlah Kelompok Sumbu Tahun 2021-2061
1	Bus besar	162	955045,4143
2	Truk 2 sumbu	2280	13441379,9
3	Truk 3 sumbu	846	4987459,386

Tabel 4.3: *Lanjutan*

No	Jenis Kendaraan	Kelompok Sumbu	Jumlah Kelompok Sumbu Tahun 2021-2061
5	Truk 4 sumbu - trailer	196	1155487,044
4	Truk 2 sumbu & trailer penarik 2 sumbu	0	0
6	Truk 5 sumbu - trailer	35	206336,9722
7	Truk 6 sumbu - trailer	36	212232,3143
Kumulatif			20957941,04

Cara menghitung jumlah kelompok sumbu 40 tahun:

Diketahui :

DL = 0,8

DD = 0,5

R = 40,37906

Jumlah kelompok sumbu 40 tahun = kelompok sumbu x 365 x DL x DD x R

Bus besar = 162 x 365 x 0,8 x 0,5 x 40,37906
= 955045,4143

Truk 2 sumbu = 2280 x 365 x 0,8 x 0,5 x 40,37906
= 13441379,9

Truk 3 sumbu = 846 x 365 x 0,8 x 0,5 x 40,37906
= 4987459,386

Truk 2 sumbu & trailer penarik 2 sumbu	= 0 x 365 x 0,8 x 0,5 x 40,37906 = 0
Truk 4 sumbu - trailer	= 196 x 365 x 0,8 x 0,5 x 40,37906 = 1155487,044
Truk 5 sumbu - trailer	= 35 x 365 x 0,8 x 0,5 x 40,37906 = 206336,9722
Truk 6 sumbu - trailer	= 36 x 365 x 0,8 x 0,5 x 40,37906 = 212232,3143
Kumulatif sumbu kendaraan 40 tahun	= 955045,4143 + 13441379,9 + 4987459,386 + 0 + 1155487,044 + 206336,9722 + 212232,3143 = 20957941,04 = 20,95 x 10 ⁶

4.4 Menentukan Struktur Fondasi Jalan

4.4.1 Penentuan Segmen Tanah Dasar Yang Seragam

Menentukan segmen tanah dasar yang seragam menggunakan metode persentil sesuai dengan anjuran pada manual desain perkerasan jalan (MDPJ) 2017. Nilai CBR yang dipilih adalah adalah nilai persentil ke 10, yang berarti 10% data segmen yang bersangkutan lebih kecil atau sama dengan nilai CBR pada persentil tersebut. Atau 90% dari data CBR pada segmen seragam tersebut lebih besar atau sama dengan nilai CBR pada persentil tersebut. Untuk data CBR dapat dilihat pada tabel 3.1.

Dari data nilai CBR yang di dapat langkah selanjutnya melakukan metode perhitungan CBR karakteristik yang diurutkan dari yang terkecil hingga terbesar lalu menentukan persentasenya. Terdapat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Urutan Nilai CBR Tanah Dasar Dari Terkecil & Menentukan Persentasenya.

No	CBR (%)	Jumlah angka sama atau lebih besar	Persentase sama atau lebih besar (%)
1	1,50	16	100%
2	2,09	15	94%
3	3,06	14	88%
4	3,74	13	81%
5	3,89	12	75%
6	4,16	11	69%
7	4,50	10	63%
8	4,67	9	56%
9	4,92	8	50%
10	5,24	7	44%
11	5,50	6	38%
12	5,66	5	31%
13	6,42	4	25%
14	6,48	3	19%
15	6,51	2	13%
16	7,22	1	6%

Cara menentukan persentase sama atau lebih besar:

$$\begin{aligned}
 CBR\ 1,50\% &= \frac{16}{(16 \times 100\%)} \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CBR\ 2,09\% &= \frac{15}{(16 \times 100\%)} \\ &= 94\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CBR\ 3,06\% &= \frac{14}{(16 \times 100\%)} \\ &= 88\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CBR\ 3,74\% &= \frac{14}{(16 \times 100\%)} \\ &= 88\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CBR\ 3,89\% &= \frac{12}{(16 \times 100\%)} \\ &= 75\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CBR\ 4,16\% &= \frac{11}{(16 \times 100\%)} \\ &= 69\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CBR\ 4,50\% &= \frac{11}{(16 \times 100\%)} \\ &= 69\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CBR\ 4,67\% &= \frac{9}{(16 \times 100\%)} \\ &= 56\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CBR\ 4,92\% &= \frac{9}{(16 \times 100\%)} \\ &= 56\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CBR\ 5,24\% &= \frac{7}{(16 \times 100\%)} \end{aligned}$$

$$= 44\%$$

$$\begin{aligned} CBR 5,50\% &= \frac{6}{(16 \times 100\%)} \\ &= 44\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CBR 5,66\% &= \frac{5}{(16 \times 100\%)} \\ &= 31\% \end{aligned}$$

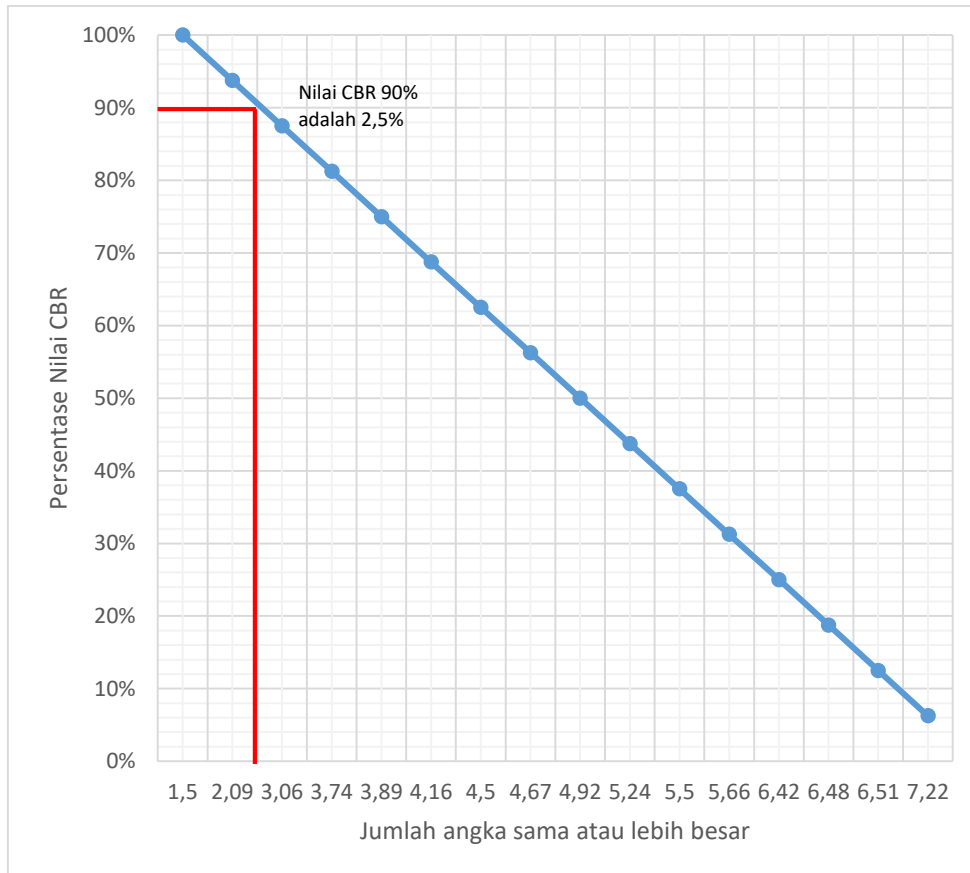
$$\begin{aligned} CBR 6,42\% &= \frac{4}{(16 \times 100\%)} \\ &= 25\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CBR 6,48\% &= \frac{3}{(16 \times 100\%)} \\ &= 25\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CBR 6,51\% &= \frac{2}{(16 \times 100\%)} \\ &= 13\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CBR 7,22\% &= \frac{1}{(16 \times 100\%)} \\ &= 6\% \end{aligned}$$

Selanjutnya mencari nilai CBR 90% dengan cara grafik. Dengan cara sumbu y dengan nilai 90% akan di tarik lurus horizontal hingga mengenai grafik. Setelah itu tarik garis vertikan ke bawah, dan ujung garis akan menunjukkan angka CBR. Gambar 4.1 merupakan grafik penentuan CBR 90% :



Gambar 4.1: Grafik penentuan CBR 90%

Dari grafik diatas didapatkan CBR 90% dari segmen tanah dasar yang seragam dengan nilai 2,5%.

4.4.2 Desain Fondasi Jalan Minimum

Setelah mencari nilai segmen tanah dasar yang seragam, selanjutnya menentukan apakah perlu atau tidak perbaikan tanah dasar untuk fondasi. Untuk menentukannya dapat melihat Tabel 2.8 tentang desain fondasi jalan minimum.

Jika :

Nilai CBR $\leq 6\%$, diperlukan perbaikan tanah dasar

Nilai CBR $> 6\%$, tidak diperlukan perbaikan tanah dasar

Dikarenakan CBR yang didapat sebesar 2,5%, maka tanah dasar perlu perbaikan berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan. Untuk ketentuan stabilisasi semen sebagai berikut:

1. Tebal total tanah dasar stabilisasi adalah 150 mm s/d 300 mm.
2. Menggunakan alat pemadat *padfoot* dengan berat statik 18 ton.
3. Material perbaikan tanah dasar berbutir halus (klasifikasi A4 sampai dengan A6).
4. Harus menentukan nilai CBR rencana untuk stabilisasi tanah dasar

Rumus menentukan daya dukung material (CBR) stabilisasi sebagai berikut:

$$CBR_{stabilisasi} = CBR_{tanah\ asli} \times 2^{(tebal\ lapis\ stabilisasi\ dalam\ mm)/150}$$

Diketahui:

$$CBR\ tanah\ asli = 2,5\%$$

$$Tebal\ lapis\ stabilisasi = 150\ mm\ s/d\ 300\ mm$$

Percobaan pertama jika asumsi tebal stabilisasi sebesar 150mm

$$CBR_{stabilisasi} = 2,5 \times 2^{150/150}$$

$$CBR_{stabilisasi} = 2,5 \times 2$$

$$CBR_{stabilisasi} = 5\%,\ \text{belum\ melebihi\ nilai\ CBR\ } 6\%$$

Percobaan kedua jika asumsi tebal stabilisasi sebesar 300mm

$$CBR_{stabilisasi} = 2,5 \times 2^{300/150}$$

$$CBR_{stabilisasi} = 2,5 \times 2^2$$

$$CBR_{stabilisasi} = 6,5\%,\ \text{sudah\ melebihi\ nilai\ CBR\ } 6\%$$

Maka untuk stabilisasi harus memiliki nilai CBR sebesar 6,5% dikarenakan sudah melibihi batas minimum nilai CBR tanah dasar.

4.5 Menentukan Daya Dukung Efektif Tanah Dasar

4.5.1 Tinggi Minimum Timbunan Untuk Drainase Perkerasan

Tinggi minimum timbunan sangat penting guna menjaga perkerasan tetap dalam keadaan kering walaupun ketika muka air banjir sedang naik. Karena seperti yang kita tau bahwa beton sangat rentan terhadap air. Permukaan tanah dasar di atas muka air tanah dan muka air banjir adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 2.9

Karena pada perencanaan adalah tentang jalan bebas hambatan, maka hasil yang di dapat adalah:

Tinggi tanah dasar diatas muka air tanah = 1200 mm (jika ada drainase bawah permukaan di median)
= 1700 mm (tanpa drainase bawah permukaan di median)

Tinggi tanah dasar diatas muka air banjir = 500 mm (banjir 50 tahunan)

4.5.2 Desain Timbunan

Diketahui:

Kumulatif beban lalu lintas 40 tahun = 20 juta ESA
Muka air tanah efektif level permukaan = 1200 mm (jika ada drainase bawah permukaan di median)
= 1700 mm (tanpa drainase bawah permukaan di median)
Muka air banjir rencana 10 tahunan (asumsi) = 500 mm
Lapis drainase = 150 mm
Superelevasi = 5%
Lebar perkerasan = 9200 mm
Batas izin penurunan = 100 mm

1. Persyaratan tinggi minimum di atas muka air tanah yang dilengkapi dengan drainase bawah permukaan di median = 1200 mm

(Tabel 4.11)

Perkiraan penurunan setelah konstruksi	= 100 mm
Tebal lapis drainase	= 150 mm
Perbedaan tinggi superelevasi	= 460 mm
Total	= 1920 mm
2. Persyaratan tinggi minimum di atas muka air tanah tanpa dilengkapi dengan drainase bawah permukaan di median (Tabel 4.11)	
Perkiraan penurunan setelah konstruksi	= 100 mm
Tebal lapis drainase	= 150 mm
Perbedaan tinggi superelevasi	= 460 mm
Total	= 2410 mm
3. Tinggi minimum di atas muka air banjir (Tabel 4.11)	
Perkiraan penurunan setelah konstruksi	= 100 mm
Muka air banjir di atas elevasi tanah asli	= 500 mm
Perbedaan tinggi superelevasi	= 460 mm
Total	= 1560 mm

Dari perhitungan di atas dipilih tinggi minimum timbunan sebagai berikut.

1. 1920 mm jika menggunakan drainase bawah permukaan di median.
2. 2410 mm jika tanpa dilengkapi dengan drainase bawah permukaan di median.

Penambahan tinggi harus dilakukan terhadap elevasi alinyemen vertikal yang ditunjukkan dalam gambar teknik untuk mengantisipasi:

1. Penurunan pasca konstruksi.
2. Perbedaan superelevasi atau lereng melintang dari titik terendah ke garis kendali alinyemen vertikal.

4.6 Menentukan Struktur Lapisan Perkerasan Kaku

Sesuai dengan ketentuan Binamarga dalam manual desain perkerasan jalan (MDPJ) 2017.

Diketahui:

Umur rencana = 40 Tahun

Jumlah kelompok sumbu = 20957941,04

Karena jumlah kelompok sumbu lebih dari $4,3 \times 10^6$, maka termasuk ke dalam kategori lalu lintas berat, untuk penentuan struktur & tebal perkerasan kaku pada lalu lintas berat terdapat pada Tabel 2.10. Jumlah kelompok sumbu selama 40 tahun didapatkan sebesar 20957941,04. Maka termasuk kedalam struktur perkerasan R3 yaitu $< 25,8 \times 10^6$. Jadi struktur perkerasan kaku nya yaitu:

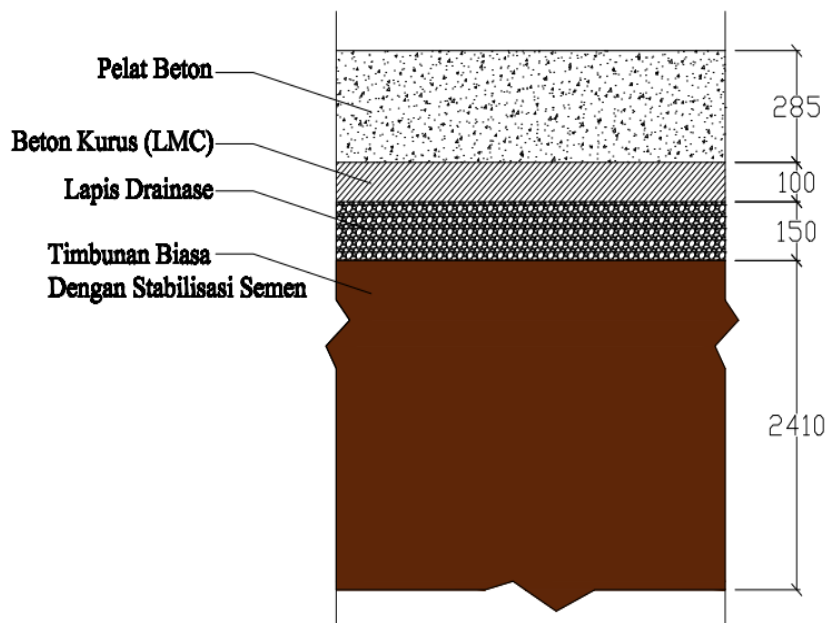
Tebal pelat beton = 285 mm

lapis fondasi LMC = 100 mm

Lapis drainase = 150 mm

Dowel & bahu beton = Ya

Gambar 4.2 merupakan struktur perkerasan kaku hasil perencanaan, sebagai berikut:



Gambar 4.2: Struktur perkerasan kaku

4.7 Menentukan Jenis Sambungan

Karena jumlah kelompok sumbu 40 tahun sebesar 20 juta ESA, maka masuk ke dalam kategori lalu lintas berat. Lalu lintas berat dalam bagan desain struktur perkerasan mengharuskan sambungan menggunakan *dowel* dan *tie bars*.

1. *Dowel*

Berfungsi untuk menghambat retakan yang terjadi supaya tidak menjalar ke segmen selanjutnya dengan setengah besi *dowel* di cat atau di lapis plastik biar tidak terkunci mati oleh beton. Memakai besi polos.

2. *Tie bars*

Berfungsi untuk menahan gaya-gaya tarik maksimum, dan menjaga tepi pelat beton yang berdampingan tetap dalam kontak yang baik antara satu dengan yang lain. Memakai besi berulir.

4.7.1 Dimensi Sambungan

Dikarenakan menggunakan sambungan, maka selanjutnya menghitung dimensi ruji dan *tie bars*.

Tebal pelat = 285 mm

Jenis perkerasan kaku = Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT)

4.7.1.1 Dimensi ruji

Menurut Pd T-14-2003, Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4 - 5 m. Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton. Berikut Tabel 4.5 memaparkan diameter ruji:

Tabel 4.5: Diameter ruji (*Principles of pavement design by Yoder & Witczak, 1975*)

Tebal Pelat Perkerasan	Ruji		
	Diameter	Panjang	Jarak
150	19	450	300
175	25	450	300
200	25	450	300
225	32	450	300
250	32	450	300
275	32	450	300
300	38	450	300
325	38	450	300
360	38	450	300

Ataupun jika tidak terdapat ukuran diameter ruji dari tabel diatas maka dapat menggunakan rumus dibawah ini:

$$\text{Diameter ruji} = \frac{1}{8} \times \text{Tebal pelat beton}$$

$$\text{Diameter ruji} = \frac{1}{8} \times 285$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter ruji} &= 35,625 \\ &= 36 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka:

Jarak sambungan melintang = 4 – 5 m

Diameter ruji = 36 mm

Panjang ruji = 450 mm

Jarak antar ruji = 300 mm

4.7.1.2 Dimensi *Tie Bars*

Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3m sampai 4m. Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dan berdiameter 16 mm.

Rumus menentukan panjang *tie bars*:

$$I = (38,3 \times \emptyset) + 75$$

$$I = (38,3 \times 16) + 75$$

$$I = 687,8 \text{ mm}$$

$$I = 700 \text{ mm}$$

Keterangan:

I = Panjang *tie bars*

\emptyset = Diameter batang ulir

Sesuai ketentuan di Pd T-14-2003, jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm, Maka:

Jarak sambungan memanjang = 3 – 4 m

Diameter *tie bars* = 16 mm

Panjang *tie bars* = 700 mm

Jarak antar *tie bars* = 750 mm

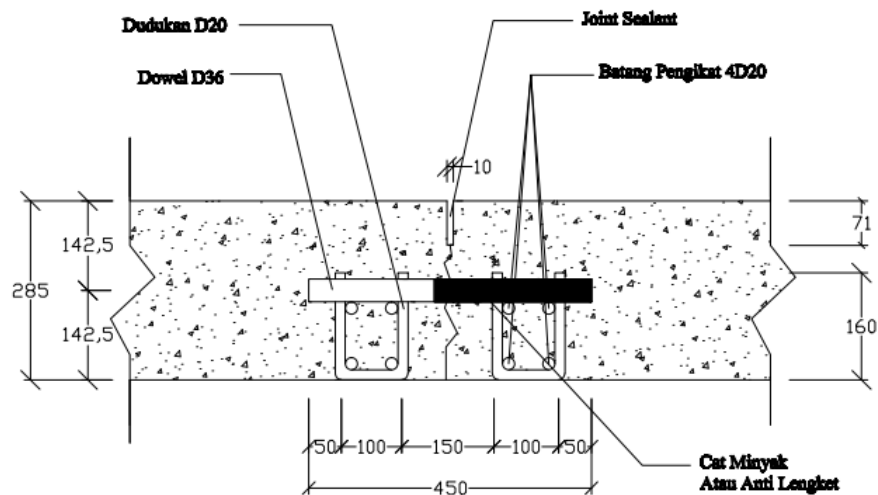
4.8 Menentukan Detail Desain Sambungan

4.8.1 *Dowel*

Jarak sambungan melintang = 4 – 5 m

Diameter ruji	= 36 mm
Panjang ruji	= 450 mm
Jarak antar ruji	= 300 mm

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton. Sambungan ruji dilengkapi dengan batang pengikat 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm. Gambar ketentuan sambungan dowel terdapat pada Gambar 4.3 sebagai berikut:

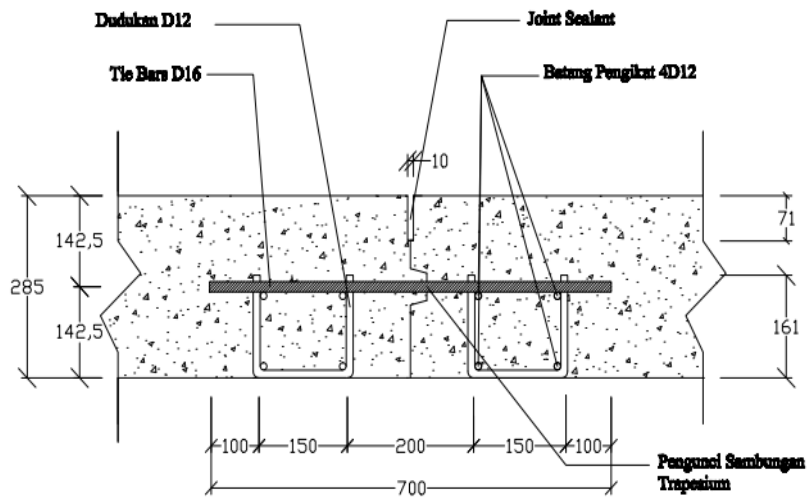


Gambar 4.3: Sambungan *Dowel*

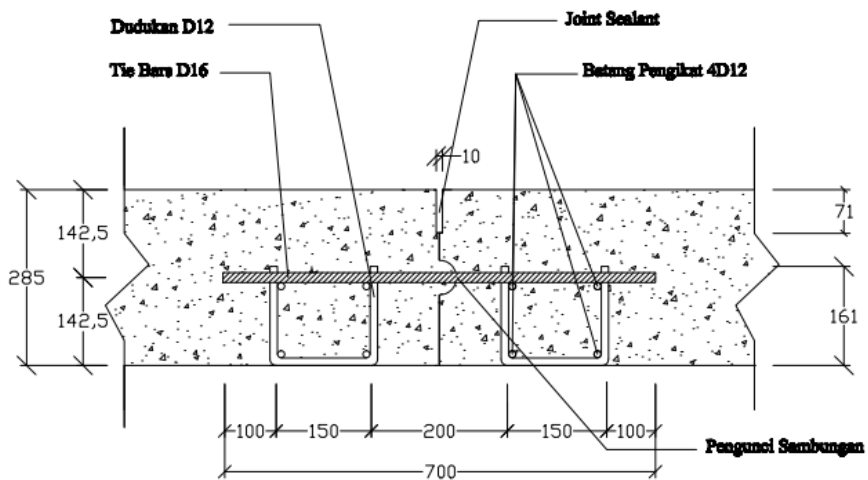
4.8.2 *Tie bars*

Jarak sambungan memanjang	= 3 – 4 m
Diameter <i>tie bars</i>	= 16 mm
Panjang <i>tie bars</i>	= 700 mm
Jarak antar <i>tie bars</i>	= 750 mm

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran. Gambar detail sambungan *tie bars* dengan bentuk penguncian trapesium dan setengah lingkaran terdapat pada Gambar 4.4 dan 4.5 sebagai berikut:



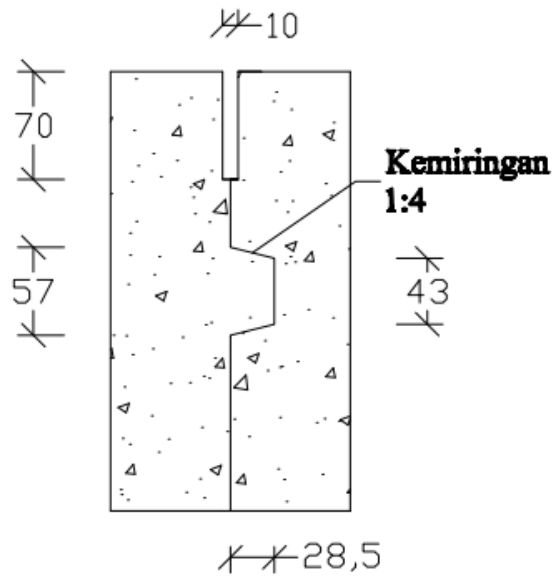
Gambar 4.4: Sambungan *tie bars* dengan kuncian trapesium



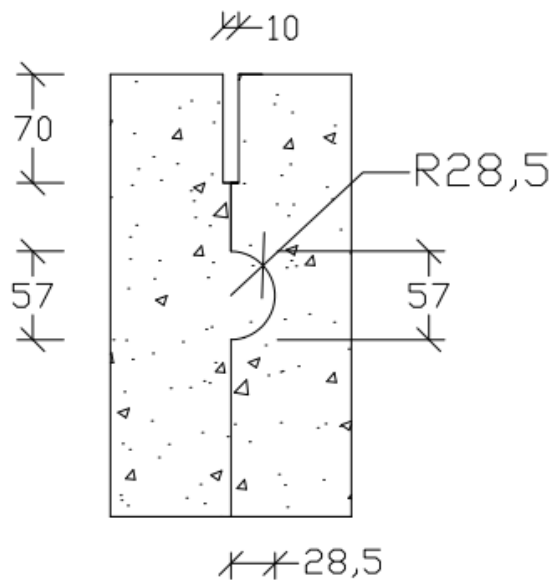
Gambar 4.5: Sambungan *tie bars* dengan kuncian setengah lingkaran

4.8.3 Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang

Untuk ukuran standar penguncian haruslah mengikuti acuan dari Pd T-14-2003. Gambar 4.6 dan 4.7 menunjukkan ukuran penguncian sesuai dengan tebal pelat beton.



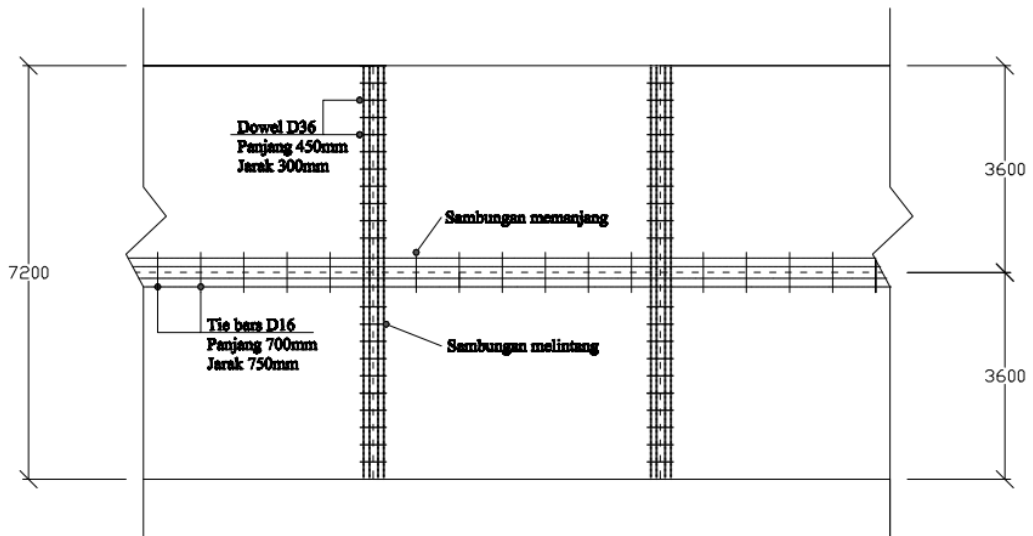
Gambar 4.5: Penguncian Trapesium



Gambar 4.6: Penguncian Setengah Lingkaran

4.8.4 Detail Pembesian Per Segmen

Setelah mengetahui jarak antar sambungan, maka selanjutnya menentukan pola sambungannya. Gambar 4.7 merupakan detail pembesian per segmen.



Gambar 4.7: detail pembesian per segmen

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan perencanaan tebal perkerasan kaku untuk ruas jalan tol Binjai-Langsa, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk tebal lapis perkerasan kaku adalah 285 mm untuk pelat beton, 100 mm untuk beton kurus, 150 mm untuk lapis drainase.
2. Fondasi harus melakukan perbaikan tanah dasar yang disertai dengan stabilisasi semen setebal 300mm dengan nilai CBR stabilisasi sebesar minimum 6,5%. Timbunan tanah setinggi minimum 1920 mm jika menggunakan drainase bawah permukaan di median, dan 2410 mm jika tanpa dilengkapi dengan drainase bawah permukaan di median.
3. Sambungan menggunakan *dowel & tie bars*. Untuk dimensi & perletakan *dowel* yaitu:
 - A. Jarak sambungan melintang = 4 – 5 m
 - B. Diameter ruji = 36 mm
 - C. Panjang ruji = 450 mm
 - D. Jarak antar ruji = 300 mm

Untuk dimensi & perletakan *tie bars* yaitu:

- A. Jarak sambungan memanjang = 3 – 4 m
- B. Diameter *tie bars* = 16 mm
- C. Panjang *tie bars* = 700 mm
- D. Jarak antar *tie bars* = 750 mm

5.2 Saran

Dari perencanaan yang telah di buat, saran yang dapat berikan adalah sebagai berikut :

1. Usahakan dalam survey menghitung LHR harus benar benar dilaksanakan dengan benar supaya dapat data jumlah kendaraan niaga atau komersil yang akurat.
2. Hati-hati dalam menentukan desain fondasi, dikarenakan jika salah perhitungan dapat mempengaruhi struktur perkerasan secara keseluruhan.
3. Melaksanakan perencanaan harus tetap mengacu pada standar yang telah ditetapkan untuk menghindari kegagalan teknis.
4. Usahakan tetap teliti dalam merencanakan perkerasan kaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, R., & Sudibyo, T. (2020). *Analisis Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Lajur Pengganti pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Jakarta-Cikampek II Elevated*. Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan, 5(1).
- Bela, A., Kristafi A, A., & Rahma, P. (2018). *Analisa Tebal Perkerasan Kaku Pada Ruas Jalan Kalipare Donomulyo Sta 0+000-1+000 Kabupaten Malang*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur.
- Darmawan , I., & Prastyanto, C. (2019). *Perancangan Geometrik dan Perkerasan Jalan Tol Probolinggo – Banyuwangi Segmen Probolinggo – Paiton dengan Menggunakan Perkerasan Kaku*. Jurnal Teknik ITS, 8(2).
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003. *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003*. Jakarta
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004. *Survai Pencacahan Lalu Lintas Dengan Cara Manual Pd T-19-2004*. Jakarta
- F. Lukman, A., Triana, D., & M. Sari, M. (2017). *Rancangan Tebal Perkerasan Kaku Jalan Lingkar Selatan Kota Cilegon*. Civtech, 1.
- Febriani, D. T. (2019). *Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Kaku Pada Tanah Lunak Di Jalan Antar Kota Menggunakan Metode Aashto Tahun 1993*. Jurnal Civronlit Unbari.
- Ghony .T. L, D., Suprpto, B., & Rachmawati, A. (2020). *Studi Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Pada Ruas Jalan Ngoro – Pekukuhan (STA 3 +000 – 13 + 000) Kabupaten Mojokerto*. Jurnal Rekayasa Sipil, 8(2).
- Hadijah, I., & Harizalsyah, M. (2017). *Perencanaan Jalan Dengan Perkerasan Kaku Menggunakan Metode Analisa Komponen Bina Marga (Studi Kasus : Kabupaten Lampung Tengah Provinsi Lampung)*. Tapak V, 6(2).
- Hakim, L. (2018). *Perencanaan Geometrik Dan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Pada Jalan Kelompok Tani Melambang Kecamatan Tenggarong Kabupaten Kutai Kartanegara*.

- Kementrian Pekerjaan Umum. (2017). *Manual Desain Perkerasan Jalan*. Direktorat Jendral Bina Marga
- Lusyana, Ali, S., & Putra, F. (2019). *Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Dengan Metoda Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen (Pd T-14-2003) dan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017, Pada Ruas Jalan Padang - Bukittinggi, Batang Anai*. 6th ACE Conference.
- Oktiawan, F., Sarya, G., & Hartatik, N. (2018). *Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Jalan Lingkar Dalam Barat Surabaya*.
- Putranto, Y., & Ridwansyah, A. (2016). *Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Pada Ruas Jalan Tol Karanganyar – Solo*
- Rachardi, & Kurniawan, R. (2018). Analisis Tebal Perkerasan Jalan Rigid Di Kecamatan Sinar Peninjauan. *Jurnal Deformasi*, 3-2.
- Ridwan, A., & Romadhon, F. (2019). *Analisis Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Jalan Plosoklaten - Gedangsewu Kabupaten Kediri*. *Jurnal Aplikasi Pelayaran Dan Kepelabuhanan*, 9(2), 1.
- Suganda, I., saputra, H., & Zulkarnain. (2018). *Perencanaan Tebal Perkerasaan Kaku dengan Metode Manual Desain Perkerasaan 2017*. Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT).
- Sumina, & Priyanto, K. (2020). Perbandingan Perencanaan Perkerasan Jalan Rigid Pavement Dengan Menggunakan Metode SNI Pd T-14-2003 Dan NAASRA. *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 25(2).
- Zohri, S., Sutrisno, W., & Priyanto, A. (2018). *Analisis Tebal Perkerasan Kaku Pada Jalan Tol Pasuruan – Probolinggo Berdasarkan Metode Bina Marga (Manual Desain Perkerasan 2017) Dan Aashto (1993)*.

LAMPIRAN



Departemen Pekerjaan Umum
Direktorat Jenderal Bina Marga

**FORMULIR SURVAI PERHITUNGAN LALU LINTAS
(FORMULIR LAPANGAN)**

Nama provinsi : Sumatera Utara
No provinsi : 12
Tanggal : 28
Bulan : Juni
Tahun : 2021
Nama jalan : Jl. Tengku Amir Hamza, Binjai

Arah lalu lintas, dari : ke :

Gol	5b Bus Besar	6a & 6b Truk kecil, sedang, besar 2sumbu	7a Truk 3 sumbu	7b Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	7c1 Truk 4 sumbu - trailer	7c2 Truk 5 sumbu - trailer	7c3 Truk 6 sumbu - trailer	Keterangan Cuaca: 1. Cerah 2. Mendung 3. Gerimis 4. Hujan
PAGI								
07.00 - 07.15	1	10	3		1	1		
07.15 - 07.30	2	30	9		1		1	
07.30 - 07.45	1	15	2		1			
07.45 - 08.00	3	28	2		1			1
08.00 - 08.15	2	14	1		1			
08.15 - 08.30	3	20	1			2		
08.30 - 08.45	2	16	4		2			
08.45 - 09.00	1	20	1		1			
SIANG								
12.00 - 12.15		9			1			
12.15 - 12.30	2	17	2		1			
12.30 - 12.45		31	1		2		2	
12.45 - 13.00	3	10	2		1		1	
13.00 - 13.15	3	24	1		2			4
13.15 - 13.30	2	13			1	1		
13.30 - 13.45		25	3		1			
13.45 - 14.00	1	20	2					
Sore								
16.00 - 16.15	1	20	4		3		1	
16.15 - 16.30		17	7		2			
16.30 - 16.45	1	25	4		1		1	
16.45 - 17.00	1	16	4		1			2
17.00 - 17.15	2	31	4		1			
17.15 - 17.30	2	20	1		1			
17.30 - 17.45	1	17	2					
17.45 - 18.00	4	35	3		2			



Departemen Pekerjaan Umum
Direktorat Jenderal Bina Marga

**FORMULIR SURVAI PERHITUNGAN LALU LINTAS
(FORMULIR LAPANGAN)**

Nama provinsi : Sumatera Utara
No provinsi : 12
Tanggal : 28
Bulan : Juni
Tahun : 2021
Nama jalan : Jl. Tengku Amir Hamza, Binjai

Arah lalu lintas, dari : Langsa

ke : Binjai

Gol	5b Bus Besar	6a & 6b Truk kecil, sedang, besar 2 sumbu	7a Truk 3 sumbu	7b Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	7c1 Truk 4 sumbu - trailer	7c2 Truk 5 sumbu - trailer	7c3 Truk 6 sumbu - trailer	Keterangan Cuaca: 1. Cerah 2. Mendung 3. Gerimis 4. Hujan
PAGI								
07.00 - 07.15	1	10	2	1	1	1		
07.15 - 07.30	1	31	1					
07.30 - 07.45	1	16	1	1				
07.45 - 08.00	2	26	1	2				1
08.00 - 08.15	1	18	1	2		1	1	
08.15 - 08.30	1	19					1	
08.30 - 08.45	1	9	2			1		
08.45 - 09.00	2	20	8					
SIANG								
12.00 - 12.15		31	5		2			
12.15 - 12.30	1	10	10		2		1	
12.30 - 12.45	1	24	7		1			
12.45 - 13.00	1	16	4					4
13.00 - 13.15	2	27	8		1		1	
13.15 - 13.30	1	19	9				1	
13.30 - 13.45	2	18	1					
13.45 - 14.00	1	35	5		1			
Sore								
16.00 - 16.15		25	5					
16.15 - 16.30	2	20	10					
16.30 - 16.45	3	25	12					
16.45 - 17.00	2	16	6				1	
17.00 - 17.15	1	31	10				1	2
17.15 - 17.30	1	25	7					
17.30 - 17.45		17	5		1			
17.45 - 18.00	3	20	3			1	1	



Departemen Pekerjaan Umum
Direktorat Jenderal Bina Marga

**FORMULIR SURVAI PERHITUNGAN LALU LINTAS
(FORMULIR LAPANGAN)**

Nama provinsi : Sumatera Utara
No provinsi : 12
Tanggal : 29
Bulan : Juni
Tahun : 2021
Nama jalan : Jl. Tengku Amir Hamza, Binjai

Arah lalu lintas, dari : ke :

Binjai

Langsa

Gol	5b Bus Besar	6a & 6b Truk kecil, sedang, besar 2 sumbu	7a Truk 3 sumbu	7b Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	7c1 Truk 4 sumbu - trailer	7c2 truk 5 sumbu - trailer	7c3 Truk 6 sumbu - trailer	Keterangan Cuaca: 1. Cerah 2. Mendung 3. Gerimis 4. Hujan	
PAGI									
07.00 - 07.15	10		2					2	
07.15 - 07.30	9		2						
07.30 - 07.45	16		2	1					
07.45 - 08.00	8		1	2					
08.00 - 08.15	21		5						
08.15 - 08.30	9		5				1		
08.30 - 08.45	33		2		3				
08.45 - 09.00	20		5		3				
SIANG									
12.00 - 12.15	12		5						4
12.15 - 12.30	32		10						
12.30 - 12.45	40		7						
12.45 - 13.00	24		9		1				
13.00 - 13.15	27		8		1				
13.15 - 13.30	11		14						
13.30 - 13.45	9		4						
13.45 - 14.00	11		5		1				
Sore									
16.00 - 16.15	3	17	5			1		4	
16.15 - 16.30	4	20	11			1			
16.30 - 16.45	5	26	5			1			
16.45 - 17.00	2	26	5						
17.00 - 17.15		15	10		1				
17.15 - 17.30		25	3				1		
17.30 - 17.45	5	31	5						
17.45 - 18.00	4	20	9			1			



Departemen Pekerjaan Umum
Direktorat Jenderal Bina Marga

**FORMULIR SURVAI PERHITUNGAN LALU LINTAS
(FORMULIR LAPANGAN)**

Nama provinsi : Sumatera Utara
No provinsi : 12
Tanggal : 29
Bulan : Juni
Tahun : 2021
Nama jalan : Jl. Tengku Amir Hamza, Binjai

Arah lalu lintas, dari : ke :

Langsa Binjai

Gol	5b Bus Besar	6a & 6b Truk kecil, sedang, besar 2 sumbu	7a Truk 3 sumbu	7b Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	7c1 Truk 4 sumbu - trailer	7c2 truk 5 sumbu - trailer	7c3 Truk 6 sumbu - trailer	Keterangan Cuaca: 1. Cerah 2. Mendung 3. Gerimis 4. Hujan
PAGI								
07.00 - 07.15	3	10	3		1	1		
07.15 - 07.30	3	22	6		2			
07.30 - 07.45	1	25	10		1			
07.45 - 08.00	1	16	5					2
08.00 - 08.15	2	48	6		1			
08.15 - 08.30		22	4					
08.30 - 08.45	3	28	6		4			
08.45 - 09.00	2	30	13		1			
SIANG								
12.00 - 12.15	1	10	9		1			
12.15 - 12.30	2	39	10		4			
12.30 - 12.45	2	33	12		2		2	
12.45 - 13.00	3	20	7		1		1	4
13.00 - 13.15	3	35	5		2			
13.15 - 13.30		23	5		1			
13.30 - 13.45	2	19	3		1			
13.45 - 14.00	1	20	1		1			
Sore								
16.00 - 16.15	1	35	4		1			
16.15 - 16.30	1	30	5		1			
16.30 - 16.45	2	24	5		1			
16.45 - 17.00	1	48	5		1		2	4
17.00 - 17.15	4	31	3		1			
17.15 - 17.30	2	45	1		1			
17.30 - 17.45	2	17	2					
17.45 - 18.00	1	35	4		2	1		



Departemen Pekerjaan Umum
Direktorat Jenderal Bina Marga

**FORMULIR SURVAI PERHITUNGAN LALU LINTAS
(FORMULIR LAPANGAN)**

Nama provinsi : Sumatera Utara
No provinsi : 12
Tanggal : 30
Bulan : Juni
Tahun : 2021
Nama jalan : Jl. Tengku Amir Hamza, Binjai

Arah lalu lintas, dari : Langsa ke : Binjai

Gol	5b Bus Besar	6a & 6b Truk kecil, sedang, besar 2 sumbu	7a Truk 3 sumbu	7b Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	7c1 Truk 4 sumbu - trailer	7c2 Truk 5 sumbu - trailer	7c3 Truk 6 sumbu - trailer	Keterangan Cuaca: 1. Cerah 2. Mendung 3. Gerimis 4. Hujan
PAGI								
07.00 - 07.15	1	9	5		1			
07.15 - 07.30	2	16	5		1		1	
07.30 - 07.45	1	16	2		1	2		
07.45 - 08.00	2	19	1		2			1
08.00 - 08.15	2	17	1					
08.15 - 08.30	3	12	1		2			
08.30 - 08.45		18	3					
08.45 - 09.00	1	17	2		1			
SIANG								
12.00 - 12.15	1	18	1		1			
12.15 - 12.30	2	21	4				1	
12.30 - 12.45	2	18	5			1		
12.45 - 13.00		14	4					1
13.00 - 13.15	3	18	8		2	1		
13.15 - 13.30	2	10	4		1			
13.30 - 13.45	2	24	5		4			
13.45 - 14.00	1	16	4		1			
Sore								
16.00 - 16.15	1	10	5		1			
16.15 - 16.30	2	10	5					
16.30 - 16.45		17	6		1		2	
16.45 - 17.00	2	24	6					
17.00 - 17.15	1	11	1		1			2
17.15 - 17.30	2	19	3		1			
17.30 - 17.45	2	31			2			
17.45 - 18.00	3	25	3					



Departemen Pekerjaan Umum
Direktorat Jenderal Bina Marga

**FORMULIR SURVAI PERHITUNGAN LALU LINTAS
(FORMULIR LAPANGAN)**

Nama provinsi : Sumatera Utara
No provinsi : 12
Tanggal : 30
Bulan : Juni
Tahun : 2021
Nama jalan : Jl. Tengku Amir Hamza, Binjai

Arah lalu lintas, dari : ke :

Arah lalu lintas, dari : ke :

Gol	5b Bus Besar	6a & 6b Truk kecil, sedang, besar 2 sumbu	7a Truk 3 sumbu	7b Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	7c1 Truk 4 sumbu - trailer	7c2 Truk 5 sumbu - trailer	7c3 Truk 6 sumbu - trailer	Keterangan Cuaca: 1. Cerah 2. Mendung 3. Gerimis 4. Hujan
Waktu								
PAGI								
07.00 - 07.15	1	11	2				1	
07.15 - 07.30	1	30	2		1			
07.30 - 07.45	1	16	2		1			
07.45 - 08.00		21	1		2	2		1
08.00 - 08.15	2	21	5			1		
08.15 - 08.30	1	31	5					
08.30 - 08.45	3	20	2				1	
08.45 - 09.00	3	20	5		1			
SIANG								
12.00 - 12.15	1	20	5		1			
12.15 - 12.30	1	17	10		1			
12.30 - 12.45		25	7					
12.45 - 13.00	1	16	9			1		
13.00 - 13.15	1	31	8		2			1
13.15 - 13.30		20	14		1			
13.30 - 13.45	1	17	4					
13.45 - 14.00	1	35	5		1			
Sore								
16.00 - 16.15	1	17	5			1		
16.15 - 16.30	1	20	11				1	
16.30 - 16.45	1	26	5					
16.45 - 17.00	2	31	5		1	2		2
17.00 - 17.15	2	20	10					
17.15 - 17.30	1	17	3			1		
17.30 - 17.45		25	5					
17.45 - 18.00	3	20	9					



Departemen Pekerjaan Umum
Direktorat Jenderal Bina Marga

**FORMULIR SURVAI PERHITUNGAN LALU LINTAS
(FORMULIR LAPANGAN)**

Nama provinsi : Sumatera Utara
No provinsi : 12
Tanggal : 1
Bulan : Juli
Tahun : 2021
Nama jalan : Jl. Tengku Amir Hamza, Binjai

Arah lalu lintas, dari : Langsa ke : Binjai

Gol	5b Bus Besar	6a & 6b Truk kecil, sedang, besar 2 sumbu	7a Truk 3 sumbu	7b Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	7c1 Truk 4 sumbu - trailer	7c2 Truk 5 sumbu - trailer	7c3 Truk 6 sumbu - trailer	Keterangan Cuaca: 1. Cerah 2. Mendung 3. Gerimis 4. Hujan
PAGI								
07.00 - 07.15	1	17	5		1	1	1	
07.15 - 07.30	2	20	1					
07.30 - 07.45	1	33			1	2	1	
07.45 - 08.00	2	20	5		1			2
08.00 - 08.15	1	35	6					
08.15 - 08.30	1	30			1			
08.30 - 08.45	1	24	2					
08.45 - 09.00	1	48	13			1	1	
SIANG								
12.00 - 12.15	2	45	9		1		1	
12.15 - 12.30	1	17					1	
12.30 - 12.45	1	33	2					
12.45 - 13.00		20						
13.00 - 13.15	3	35	5				1	2
13.15 - 13.30	2	23				1		
13.30 - 13.45	1	19	3					
13.45 - 14.00	1	20	1					
Sore								
16.00 - 16.15	1	35	4					
16.15 - 16.30	2	35	5			1	1	
16.30 - 16.45		23	6		1			
16.45 - 17.00	2	19	3			1		4
17.00 - 17.15	1	20	3				1	
17.15 - 17.30	2	45			1			
17.30 - 17.45	1	17	2					
17.45 - 18.00	3	35				1		



Departemen Pekerjaan Umum
Direktorat Jenderal Bina Marga

**FORMULIR SURVAI PERHITUNGAN LALU LINTAS
(FORMULIR LAPANGAN)**

Nama provinsi : Sumatera Utara
No provinsi : 12
Tanggal : 1
Bulan : Juli
Tahun : 2021
Nama jalan : Jl. Tengku Amir Hamza, Binjai

Arah lalu lintas, dari : Binjai ke : Langsa

Gol	5b Bus Besar	6a & 6b Truk kecil, sedang, besar 2 sumbu	7a Truk 3 sumbu	7b Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	7c1 Truk 4 sumbu - trailer	7c2 Truk 5 sumbu - trailer	7c3 Truk 6 sumbu - trailer	Keterangan Cuaca: 1. Cerah 2. Mendung 3. Gerimis 4. Hujan
PAGI								
07.00 - 07.15		12	1		1			
07.15 - 07.30	1	32	1			1	1	
07.30 - 07.45	2	12	2					
07.45 - 08.00	1	32	5			1		
08.00 - 08.15	2	23	7					2
08.15 - 08.30	2	19	2					
08.30 - 08.45	1	20	2			1		
08.45 - 09.00	1	45	5					
SIANG								
12.00 - 12.15		12	8				2	
12.15 - 12.30		32	5		2			
12.30 - 12.45	2	40	2					
12.45 - 13.00	1	24	7					
13.00 - 13.15	1	27	5			1		
13.15 - 13.30	1	11	3					2
13.30 - 13.45	1	9	3					
13.45 - 14.00	1	11	5					
Sore								
16.00 - 16.15		23	10		1			
16.15 - 16.30	2	19	2					
16.30 - 16.45	2	20	7		1			
16.45 - 17.00	2	45	9		1			
17.00 - 17.15	1	20	2		1			4
17.15 - 17.30	2	35	7					
17.30 - 17.45	3	9	5					
17.45 - 18.00	3	21	9		1			



Departemen Pekerjaan Umum
Direktorat Jenderal Bina Marga

**FORMULIR SURVAI PERHITUNGAN LALU LINTAS
(FORMULIR LAPANGAN)**

Nama provinsi : Sumatera Utara
No provinsi : 12
Tanggal : 2
Bulan : Juli
Tahun : 2021
Nama jalan : Jl. Tengku Amir Hamza, Binjai

Arah lalu lintas, dari : ke :

Langsa Binjai

Gol	5b Bus Besar	6a & 6b Truk kecil, sedang, besar 2 sumbu	7a Truk 3 sumbu	7b Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	7c1 Truk 4 sumbu - trailer	7c2 Truk 5 sumbu - trailer	7c3 Truk 6 sumbu - trailer	Keterangan Cuaca: 1. Cerah 2. Mendung 3. Gerimis 4. Hujan
PAGI								
07.00 - 07.15	3	10	3			1		
07.15 - 07.30	3	22	9		2			
07.30 - 07.45	1	25	10					
07.45 - 08.00	1	16	12					1
08.00 - 08.15	1	48	7		1			
08.15 - 08.30		22	4					
08.30 - 08.45	3	28	5					
08.45 - 09.00	2	30	5		1			
SIANG								
12.00 - 12.15	1	10	1		1			
12.15 - 12.30	2	20	2					
12.30 - 12.45	2	21	2			2		
12.45 - 13.00	1	34	5		1			1
13.00 - 13.15	4	12	5		2			
13.15 - 13.30	2	11	4					
13.30 - 13.45	2	19	3		1	1		
13.45 - 14.00	1	20	3		1			
Sore								
16.00 - 16.15	2	35	4		1			
16.15 - 16.30	1	30	2					
16.30 - 16.45	1	24	4		1	1		
16.45 - 17.00	1	48	7				2	1
17.00 - 17.15	1	31	2		1			
17.15 - 17.30	2	45	8					
17.30 - 17.45	2	17	3					
17.45 - 18.00	1	35	4		2	1		



Departemen Pekerjaan Umum
Direktorat Jenderal Bina Marga

**FORMULIR SURVAI PERHITUNGAN LALU LINTAS
(FORMULIR LAPANGAN)**

Arah lalu lintas, dari :

Binjai

ke :

Langsa

Nama provinsi : Sumatera Utara
No provinsi : 12
Tanggal : 2
Bulan : Juli
Tahun : 2021
Nama jalan : Jl. Tengku Amir Hamza, Binjai

Gol	5b Bus Besar	6a & 6b Truk kecil, sedang, besar 2 sumbu	7a Truk 3 sumbu	7b Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	7c1 Truk 4 sumbu - trailer	7c2 Truk 5 sumbu - trailer	7c3 Truk 6 sumbu - trailer	Keterangan Cuaca: 1. Cerah 2. Mendung 3. Gerimis 4. Hujan
PAGI								
07.00 - 07.15		10	1		1			
07.15 - 07.30	1	9	6					
07.30 - 07.45	1	16	2		1	1	1	
07.45 - 08.00	4	8	5		2			1
08.00 - 08.15	2	21	8					
08.15 - 08.30	5	9	4				1	
08.30 - 08.45	1	33	3		3	1		
08.45 - 09.00	1	20	3		3			
SIANG								
12.00 - 12.15	1	12	5		4			
12.15 - 12.30	1	32	7		2	1	2	
12.30 - 12.45	2	40	6					
12.45 - 13.00		24	5		1	1		1
13.00 - 13.15	1	27	1		1	1		
13.15 - 13.30	1	11	5					
13.30 - 13.45	4	9	7					
13.45 - 14.00		11	8		1			
Sore								
16.00 - 16.15	1	17	5			1		
16.15 - 16.30	1	20	4					
16.30 - 16.45	1	26	3			1		
16.45 - 17.00		26	6					
17.00 - 17.15		15	7		1			1
17.15 - 17.30	1	25	8				1	
17.30 - 17.45	2	31	6					
17.45 - 18.00	4	20	5			1		



Departemen Pekerjaan Umum
Direktorat Jenderal Bina Marga

**FORMULIR SURVAI PERHITUNGAN LALU LINTAS
(FORMULIR LAPANGAN)**

Nama provinsi : Sumatera Utara
No provinsi : 12
Tanggal : 3
Bulan : Juli
Tahun : 2021
Nama jalan : Jl. Tengku Amir Hamza, Binjai

Arah lalu lintas, dari : Binjai ke : Langsa

Gol	5b Bus Besar	6a & 6b Truk kecil, sedang, besar 2 sumbu	7a Truk 3 sumbu	7b Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	7c1 Truk 4 sumbu - trailer	7c2 Truk 5 sumbu - trailer	7c3 Truk 6 sumbu - trailer	Keterangan Cuaca: 1. Cerah 2. Mendung 3. Gerimis 4. Hujan
PAGI								
07.00 - 07.15		10	4			1		
07.15 - 07.30	2	9	7		1			
07.30 - 07.45	2	16	2		1			
07.45 - 08.00	1	8	8		2	1		1
08.00 - 08.15	2	21	3					
08.15 - 08.30	3	9	5					
08.30 - 08.45	1	33	2		3	1		
08.45 - 09.00	1	20	5		3			
SIANG								
12.00 - 12.15	1	12	5		1			
12.15 - 12.30		32	10		2			
12.30 - 12.45	1	40	7					
12.45 - 13.00	2	24	4		1			
13.00 - 13.15		27	7		1			
13.15 - 13.30	1	11	2					
13.30 - 13.45		9	8					
13.45 - 14.00		11	3		1			
Sore								
16.00 - 16.15	3	17	5			1		
16.15 - 16.30	4	20	11					
16.30 - 16.45	2	26	5			1		
16.45 - 17.00	1	26	5					
17.00 - 17.15	4	15	10		1			1
17.15 - 17.30	2	25	3				1	
17.30 - 17.45	5	31	5					
17.45 - 18.00	4	20	9			1		



Departemen Pekerjaan Umum
Direktorat Jenderal Bina Marga

**FORMULIR SURVAI PERHITUNGAN LALU LINTAS
(FORMULIR LAPANGAN)**

Nama provinsi : Sumatera Utara
No provinsi : 12
Tanggal : 3
Bulan : Juli
Tahun : 2021
Nama jalan : Jl. Tengku Amir Hamza, Binjai

Arah lalu lintas, dari : Langsa ke : Binjai

Gol	5b Bus Besar	6a & 6b Truk kecil, sedang, besar 2 sumbu	7a Truk 3 sumbu	7b Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	7c1 Truk 4 sumbu - trailer	7c2 Truk 5 sumbu - trailer	7c3 Truk 6 sumbu - trailer	Keterangan Cuaca: 1. Cerah 2. Mendung 3. Gerimis 4. Hujan
Waktu								
PAGI								
07.00 - 07.15	3	10	3		1			
07.15 - 07.30	3	22	6			1		
07.30 - 07.45	1	25	4		1			
07.45 - 08.00	1	16	7					1
08.00 - 08.15	2	48	2					
08.15 - 08.30		22	8					
08.30 - 08.45	3	28	3		4			
08.45 - 09.00	2	30	13		1			
SIANG								
12.00 - 12.15	1	10	9		1			
12.15 - 12.30	2	39	10					
12.30 - 12.45	2	33	12				2	
12.45 - 13.00	3	20	7				1	
13.00 - 13.15	3	35	5		2			1
13.15 - 13.30		23	5					
13.30 - 13.45	2	19	3		1			
13.45 - 14.00	1	20	1					
Sore								
16.00 - 16.15	2	35	4		1			
16.15 - 16.30	1	30	1					
16.30 - 16.45	4	24	3		1			
16.45 - 17.00	2	48	5				2	1
17.00 - 17.15	4	31	7		1			
17.15 - 17.30	2	45	2					
17.30 - 17.45	2	17	5					
17.45 - 18.00	1	35	4		2	1		



Departemen Pekerjaan Umum
Direktorat Jenderal Bina Marga

**FORMULIR SURVAI PERHITUNGAN LALU LINTAS
(FORMULIR LAPANGAN)**

Nama provinsi : Sumatera Utara
No provinsi : 12
Tanggal : 4
Bulan : Juli
Tahun : 2021
Nama jalan : Jl. Tengku Amir Hamza, Binjai

Arah lalu lintas, dari : Binjai ke : Langsa

Gol	5b Bus Besar	6a & 6b Truk kecil, sedang, besar 2 sumbu	7a Truk 3 sumbu	7b Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	7c1 Truk 4 sumbu - trailer	7c2 Truk 5 sumbu - trailer	7c3 Truk 6 sumbu - trailer	Keterangan Cuaca: 1. Cerah 2. Mendung 3. Gerimis 4. Hujan
PAGI								
07.00 - 07.15		10	3					
07.15 - 07.30	1	9	2					
07.30 - 07.45	2	16	1	1				
07.45 - 08.00	1	8	4	2				2
08.00 - 08.15	1	21	2					
08.15 - 08.30	3	9	4				1	
08.30 - 08.45	1	33	2		3	1		
08.45 - 09.00	1	20	5		3			
SIANG								
12.00 - 12.15	1	12	1		4			
12.15 - 12.30		32	4		2			
12.30 - 12.45	1	40	2					
12.45 - 13.00	2	24	4		1			4
13.00 - 13.15		27	2		1			
13.15 - 13.30	1	11	3					
13.30 - 13.45		9	4					
13.45 - 14.00		11	5		1			
Sore								
16.00 - 16.15	3	17	5			1	1	
16.15 - 16.30	4	20	1			1		
16.30 - 16.45	5	26	4			1	1	
16.45 - 17.00	2	26	2					4
17.00 - 17.15	1	15	4		1			
17.15 - 17.30	4	25	2				1	
17.30 - 17.45	2	31	1					
17.45 - 18.00	4	20	9			1		



Departemen Pekerjaan Umum
Direktorat Jenderal Bina Marga

**FORMULIR SURVAI PERHITUNGAN LALU LINTAS
(FORMULIR LAPANGAN)**

Nama provinsi : Sumatera Utara
No provinsi : 12
Tanggal : 4
Bulan : Juli
Tahun : 2021
Nama jalan : Jl. Tengku Amir Hamza, Binjai

Arah lalu lintas, dari : Binjai ke : Langsa

Gol	5b Bus Besar	6a & 6b Truk kecil, sedang, besar 2.sumbu	7a Truk 3 sumbu	7b Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	7c1 Truk 4 sumbu - trailer	7c2 Truk 5 sumbu - trailer	7c3 Truk 6 sumbu - trailer	Keterangan Cuaca: 1. Cerah 2. Mendung 3. Gerimis 4. Hujan
PAGI								
07.00 - 07.15		20	1					
07.15 - 07.30	2	14	1					
07.30 - 07.45	1	20	2	1				
07.45 - 08.00	1	26	1	2				2
08.00 - 08.15	2	26	2					
08.15 - 08.30	3	15	3				1	
08.30 - 08.45	1	33	1		3	1		
08.45 - 09.00	1	20	5		3			
SIANG								
12.00 - 12.15	1	12	5		4			
12.15 - 12.30		32	1		2			
12.30 - 12.45	1	40	2				2	
12.45 - 13.00	1	32	3		1			4
13.00 - 13.15	2	40	1		1			
13.15 - 13.30	1	24	1				1	
13.30 - 13.45	2	9	4					
13.45 - 14.00	2	11	5		1			
Sore								
16.00 - 16.15	3	17	5				1	
16.15 - 16.30	4	20	11				1	
16.30 - 16.45	5	26	1				1	
16.45 - 17.00	2	26	2					4
17.00 - 17.15	1	15	3		1			
17.15 - 17.30	1	25	3				1	
17.30 - 17.45	1	31	5					
17.45 - 18.00	1	20	9			1		

FOTO DOKUMENTASI



Gambar L1: Lokasi Survei LHR



Gambar L2: Lokasi Perencanaan *Rigid Pavement*



Gambar L3: Survei LHR

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama Lengkap : Pradana Bayu Putra
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 04 November 1999
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat : Jl Marelan V pasar II Barat GG Arjuna No 06
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Bayu Adi Putra
Ibu : Satri Wistari
No Hp : 0895 1404 0117
Email : Pradana.bayuputra04@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1707210025
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utra
Alamat Perguruan Tinggi : Jl Kapten Muchtar Basri No.3, Medan, 20238

PENDIDIKAN FORMAL

Sekolah Dasar	SDN 066435	2005-2011
Sekolah Menengah Pertama	SMPN 1 Labuhan Deli	2011-2014
Sekolah Menengah AtasSMA	Dharmawangsa	2014-2017