

TUGAS AKHIR

PENINGKATAN STRUKTUR JALAN DENGAN METODE BINA MARGA 2003 DAN MDPJ 2024 PADA RUAS JALAN JEMBATAN MERAH-MUARASOMA (Studi Kasus)

*Diajukan Untuk Memenuhi Tugas-Tugas Dan Syarat-Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas
Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

KHAILA HAFIZA RIZKI NASUTION

2107210106



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2025

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Khaila Hafiza Rizki Nasution
NPM : 2107210106
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Peningkatan Struktur Jalan Dengan Metode Bina Marga
2003 Dan MDPJ 2024 Pada Ruas Jalan Jembatan Merah-
Muarasoma. (Studi Kasus)
Bidang Ilmu : Transportasi

Telah berhasil ditampilkan 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, 1 September 2025

Disetujui Untuk Disampaikan

Kepada Panitia Ujian:

Dosen Pembimbing:



Irma Dewi, S.T., M.Si

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Khaila Hafiza Rizki Nasution
NPM : 2107210106
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Peningkatan Struktur Jalan Dengan Metode Bina Marga
2003 Dan MDPJ 2024 Pada Ruas Jalan Jembatan Merah-
Muarasoma. (Studi Kasus)
Bidang Ilmu : Transportasi

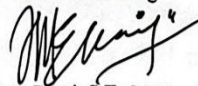
Telah berhasil ditampilkan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 1 September 2025

Disetujui Untuk Disampaikan

Kepada Panitia Ujian:

Dosen Pembimbing:



Irma Dewi, S.T., M.Si

Dosen Pembimbing I



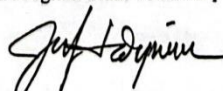
Muhammad Husin Gultom, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II



Rizki Efrida, S.T., M.T

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Josef Hadipramana, S.T., Msc., PhD

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Khaila Hafiza Rizki Nasution
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 24 Juni 2003
NPM : 2107210106
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul: “ Peningkatan Struktur Jalan Dengan Metode Bina Marga 2003 Dan MDPJ 2024 Pada Ruas Jalan Jembatan Merah-Muarasoma. (Studi Kasus)

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena/hubungan material dan nonmaterial serta segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada tidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya siap diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan atau keserjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 1 September 2025

Saya yang menyatakan dibawah ini



Khaila Hafiza Rizki Nasution

ABSTRAK

Peningkatan Struktur Jalan Pada Ruas Jembatan Merah-Muarasoma Kabupaten Mandailing Natal (Studi Kasus)

Khaila Hafiza Rizki Nasution
2107210106
Irma Dewi, S.T.,M.Si

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang memegang peran penting dalam sektor perhubungan terutama untuk kesinambungan distribusi barang dan jasa. Kehadiran sistem transportasi jalan memungkinkan perjalanan darat menjadi lebih efisien, terjamin keamanannya, serta memberikan kenyamanan bagi penggunaanya Untuk mengetahui tebal perkerasan kaku (rigid pavement) dengan menggunakan Metode MDPJ 2024 dan Metode Bina Marga (2003), pada peningkatan Jalan Jembatan Merah. Menentukan hasil perhitungan sehingga mendapatkan tebal perkerasan yang optimal dengan menggunakan Metode MDPJ 2024 dan Metode Bina Marga (2003). Perencanaan tebal perkerasan kaku (Rigit Pavement) dengan MDPJ 2024, dengan panjang jalan 450m, lebar badan jalan 6m, dan bahu jalan 0,5m. Kedua metode Bina Marga 2003 dan Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 menghasilkan spesifikasi yang sama untuk CBR tanah dasar 6%, tebal perkerasan kaku 30 cm, meskipun tahapan perencanaan kedua metode sejalan, MDPJ 2024 lebih direkomendasikan perencanaan perkerasan kaku jalan raya di Indonesia di karenakan penggunaan material lebih efisien berdasarkan riset terbaru, metodologi yang telah diperbarui dan disesuaikan dengan kondisi terkini, merupakan standar resmi terbaru dari Direktorat Jenderal Bina Marga, dan telah melalui pengujian dengan kondisi aktual di lapangan.

Kata kunci : Peningkatan jalan, Perkerasan kaku, MDPJ 2024.

ABSTRACT

Improvement of Road Structure on the Red Bridge-Muarasoma Section in Mandailing Natal Regency (Case Study)

Khaila Hafiza Rizki Nasution
2107210106
Irma Dewi S,T., M.Si

Roads are land transportation infrastructure that play an important role in the transportation sector, especially for the continuity of the distribution of goods and services. The presence of a road transportation system allows land travel to be more efficient, guaranteed safety, and provides comfort for its users. To determine the thickness of rigid pavement using the MDPJ 2024 Method and the Bina Marga Method (2003), on the improvement of Jembatan Merah Road. To determine the calculation results to obtain optimal pavement thickness using the MDPJ 2024 Method and the Bina Marga Method (2003). Planning the thickness of rigid pavement with MDPJ 2024, with a road length of 450m, a road width of 6m, and a road shoulder of 0.5m. Both the Bina Marga 2003 method and the Road Pavement Design Manual 2024 produce the same specifications for a base soil CBR of 6%, a rigid pavement thickness of 30 cm, although the planning stages of both methods are in line, MDPJ 2024 is more recommended for rigid pavement planning of highways in Indonesia because the use of materials is more efficient based on the latest research, the methodology has been updated and adjusted to current conditions, is the latest official standard from the Directorate General of Highways, and has been tested with actual conditions in the field.

Keywords: Road improvement, Rigid pavement, MDPJ 2024.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Subhana Wa Ta'ala yang telah memberi rahmat dan karunia yang melimpah sehingga penulis dapat menjalankan penulisan tugas akhir dengan lancar. Kemudian sholawat dan salam kepada nabi besar kita nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman kegelapan hingga zaman terang benderang seperti pada saat ini. Alhamdulillah nikmat jasmani dan rohani berkat dari keduanya penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir dengan Judul “Peningkatan Struktur Jalan Pada Ruas Jembatan Merah-Muarasoma Kabupaten Mandailing Natal (Studi Kasus)”. Penelitian ini sebagai syarat untuk meraih gelar sarjana program Teknik Sipil kampus Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Terimakasih banyak kepada pihak- pihak yang telah tulus membantu penulis, sehingga penulis ucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Hj. Irma Dewi S.T., M.Si, selaku dosen pembimbing, yang telah membimbing penulis hingga bisa menyelesaikan penelitian pada tugas akhir ini.
2. Bapak Muhammad Husin Gultom S.T, M.T Selaku dosen Pembimbing I dan Penguji yang memberi koreksi pada penelitian tugas akhir ini agar lebih lancar.
3. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan sekaligus selaku Dosen Pembimbing II
4. Bapak Dr. Josef Hadipramana S.T, M.Sc.,Ph.D selaku Ketua 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. Bapak Dr. Ade Faisal Selaku Wakil Dekan I, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Jajaran Bapak/Ibu Selaku Dosen Program Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Seluruh Bapak dan Ibu Pegawai Staf Biro Administrasi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

9. Teristimewa sekali kepada cinta pertama saya Ayahanda Ali Usman Nasution S,Pd dan surga saya Ibunda Sulistiani S,E yang telah bersusah payah membesarkan, memberi dukungan, baik dengan doa maupun nasihat serta membiayai studi penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan studinya dengan baik.
10. Kepada kedua adik yang penulis sayangi Hafiz Muhammad Rizki Nasution dan Muhammad Hanif Aulia Nasution, sehingga dapat mendukung penulis untuk berjuang lebih keras dan menjadi alasan untuk selalu semangat.
11. Kepada diri saya sendiri Khaila Hafiza Rizki Nasution Terimakasih sudah berhasil menyelesaikan studi ini hingga selesai. Perjalanan masih panjang dan harus tetap semangat, berjanjilah untuk tidak menyerah dan putus asa ada harapan dan senyuman kedua orangtua yang menantimu.
12. Kepada seluruh rekan-rekan kelas C1 pagi stambuk 2021 fakultas Teknik program studi teknik sipil yang telah menemani serta menjadi pendukung pengerjaan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bisa memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman-teman mahasiswa Teknik Sipil khususnya. Aamiin.
Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 1 September 2025



Khaila Hafiza Rizki Nst
(2107210106)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR NOTASI	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Perkerasan Jalan	5
2.1.1 Jenis-Jenis Perkerasan Pada Jalan Raya	6
2.2 Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)	7
2.2.1 Komponen Konstruksi Perkerasan Kaku	10
2.3 Lalu Lintas	14
2.4 Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi	15
2.5 Umur Rencana	15
2.6 Pertumbuhan Lalu Lintas	16
2.7 Lalu Lintas Rencana	17
2.8 Faktor Keamanan Beban	17
2.9 Bahu	18
2.10 Perencanaan Tulangan	22
2.11 Perkerasan Jalan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2024	22
	ix

2.12	Tanah Dasar	33
2.13	Beton	34
2.14	Desain Ketebalan Beton Pada Perkerasan Kaku	34
2.15	Tulangan	36
2.16	Sambungan	39
2.17	Penutup Sambungan	45
BAB 3 METODE PENELITIAN		46
3.1	Bagan Alir Penelitian	46
3.2	Peta Lokasi Penelitian	47
3.3	Persiapan	48
3.4	Pengumpulan Data	48
3.4.1	Data Primer	48
3.4.2	Data Sekunder	54
3.5	Metode Pengolahan Data	54
3.6	Metode Analisa Data	55
3.7	Analisa Data	55
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		56
4.1	Hasil Dan Pembahasan	56
4.1.1	Perhitungan Beban As Masing-Masing Kendaraaan	56
4.1.2	Volume Lalu Lintas	61
4.1.3	Beban Sumbu Standar Kumulatif dan Sumbu Kendaraan Niaga	62
4.2	CBR Tanah Dasar (Subgrade)	65
4.3	Data Uji Beton	65
4.4	Data Perencanaan Tebal Perkerasan	65
4.5	Tebal Perkerasan dengan Metode Manual Desain Jalan 2024	66
4.5.1	Penentuan Umur Rencana dan Jenis Perkerasan	66
4.5.2	Jenis dan Tebal Fondasi bawah	66
4.5.3	Menentukan CBR Efektif berdasar nilai CBR	83
4.5.4	Perhitungan Tebal Perkerasan Beton Semen	80
4.6	Perhitungan Sambungan dan Tulangan	86
4.6.1	Perhitungan Batang Pengikat (Tie Bar)	87
4.6.2	Sambungan Dengan Dowel	87

4.6.3	Perhitungan Penulangan	87
4.7	Perhitungan Tebal Perkerasan dengan Metode Bina Marga (2003)	89
4.7.1	Perhitungan Tebal Pelat Beton	91
4.7.2	Perhitungan Penulangan	94
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		97
5.1	Kesimpulan	97
5.2	Saran	97
DAFTAR PUSTAKA		98
LAMPIRAN		100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Susunan lapisan perkerasan lentur.	6
Gambar 2.2	Susunan lapis perkerasan kaku.	7
Gambar 2.3	Lapisan perkerasan jalan komposit.	7
Gambar 2.4	Tipikal struktur perkerasan kaku/ beton semen (Pd T-14-2003).	8
Gambar 2.5	Struktur perkerasan kaku/ beton semen (Pd T-14-2003).	9
Gambar 2.6	Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen.	12
Gambar 2.7	CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah.	12
Gambar 2.8	Pembebanan pelat beton.	14
Gambar 2.9	Nomogram 1, analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan dengan atau tanpa bahu beton (Pd T 14-2003).	19
Gambar 2.10	Nomogram 2, analisis erosi dan jumlah repetisi beban ijin berdasarkan faktor erosi, tanpa bahu beton (Pd T 14-2003).	20
Gambar 2.11	Nomogram 3, analisis erosi dan jumlah repetisi beban berdasarkan faktor erosi, dengan bahu beton (Pd T 14-2003).	21
Gambar 2.12	CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Fondasi Bawah.	26
Gambar 2.13	Nilai Koefisien Gesekan (μ) (MDPJ, 2024).	27
Gambar 2.14	Tipikal Sambungan Memanjang (MDPJ, 2024).	40
Gambar 2.15	Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang.	40
Gambar 2.16	Sambungan Susut Melintang Tanpa Ruji (MDPJ, 2024)	41
Gambar 2.17	Sambungan Susut Melintang dengan Ruji (MDPJ, 2024).	41
Gambar 2.18	Diameter Ruji (MDPJ, 2024).	42
Gambar 2.19	Diameter Ruji (Lanjutan) (MDPJ, 2024)	42
Gambar 2.20	Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur (MDPJ, 2024).	42
Gambar 2.21	Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan.	43
Gambar 2.22	Contoh persimpangan yang membutuhkan sambungan isolasi.	43
Gambar 2.23	Sambungan Isolasi (MDPJ, 2024).	44
Gambar 2.24	Tampak Atas Penempatan Sambungan Isolasi Pada Manhole.	45
Gambar 2.25	Tampak Atas Penempatan Sambungan Isolasi Pada Lubang	

Masuk (MDPJ, 2024).	45
Gambar 3.2 Bagan alir penelitian.	46
Gambar 3.3 Lokasi Penelitian.	47
Gambar 3.4 Denah Lokasi Penelitian.	47
Gambar 4.1 Tebal Pondasi Bawah Minimum Untuk Perkerasan Semen	67
Gambar 4.2 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah	93
Gambar 4.3 Grafik Perencanaan Tebal Taksiran Beton	93
Gambar 4.4 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah	94

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur.	9
Tabel 2.2 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi kendaraan niaga pada lajur rencana.	15
Tabel 2.3 Faktor pertumbuhan lalu lintas (R), (Pd T-14-2003).	16
Tabel 2.4 Faktor keamanan beban (FKB) (Pd T-14-2003).	18
Tabel 2.5 Nilai koefisien gesekan (μ).	22
Tabel 2.6 Umur Rencana jalan Baru (UR) (MDP, 2024)	23
Tabel 2.7 Faktor Penyesuaian Modulus Tanah Dasar terhadap Kondisi Musim (MDPJ, 2024).	25
Tabel 2.8 Tebal Fondasi Bawah Minimum Untuk Perkerasan Beton Semen.	25
Tabel 2.9 Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Lalu Lintas Berat.	28
Tabel 2.10 Ketebalan Beton Minimum (MDPJ, 2024).	29
Tabel 2.11 Konfigurasi Kendaraan (MDPJ, 2024).	30
Tabel 2.12 Faktor Distribusi Lajur (DL) (MDPJ, 2024).	32
Tabel 2.13 Koefisien untuk Prediksi Tegangan Ekuivalen (Se).	35
Tabel 2.14 Koefisien untuk Prediksi Faktor Erosi (F3) untuk beton JPCP.	36
Tabel 2.15 Hubungan Kuat Tekan Beton dan Angka Ekuivalen Baja	37
Tabel 2.16 Diameter Ruji (MDPJ, 2024).	42
Tabel 3.2 Data LHR kondisi Perkerasan Lentur pada Tahun 2023.	49
Tabel 3.3 Data LHR di Jalan Jembatan Merah 2025 (Survey Lapangan dari jam 06.00 - 18.00 , H1, Senin).	50
Tabel 3.4 Data LHR di Jalan Jembatan Merah 2025 (Survey Lapangan dari jam 06.00 - 18.00 , H3, Rabu).	51
Tabel 3.5 Data LHR di Jalan Jembatan Merah 2025 (Survey Lapangan dari jam 06.00 - 18.00 , H3, Kamis).	51
Tabel 3.6 Data LHR di Jalan Jembatan Merah 2025 (Survey Lapangan dari jam 06.00 - 18.00 , H3, Jumat).	52
Tabel 3.7 Data LHR di Jalan Jembatan Merah 2025 (Survey Lapangan dari jam 06.00 - 18.00 , H3, Minggu).	53

Tabel 4.1 Beban As Masing-masing Kendaraan.	57
Tabel 4.2 Beban As Masing-masing Kendaraan (Lanjutan)	58
Tabel 4.3 Beban As Masing-masing Kendaraan (Lanjutan)	59
Tabel 4.4 Beban As Masing-masing Kendaraan (Lanjutan)	60
Tabel 4.5 Beban As Masing-masing Kendaraan (Lanjutan)	61
Tabel 4.6 Volume Lalu Lintas (kend/hari) Tahun 2025	61
Tabel 4.7 Nilai CESA4 dan CESA5	63
Tabel 4.8 Jumlah Sumbuh Kendaraan Niaga	64
Tabel 4.9 Data CBR	65
Tabel 4.10 Data Uji Beton	65
Tabel 4.11 Tebal Pondasi Bawah Minimum	66
Tabel 4.12 Nilai Koefisien Gesekan	67
Tabel 4.13 Ketebalan Beton Minimum	68
Tabel 4.14 Konfigurasi Sumbu Kendaraan	68
Tabel 4.15 Koefisien Untuk Prediksi Tegangan Ekuivalen	69
Tabel 4.16 Koefisien Untuk Prediksi Faktor Erosi F3	69
Tabel 4.17 Koefisien Untuk Prediksi Faktor Erosi F3 Untuk Beton	70
Tabel 4.18 Hasil Hitung Repetisi Beban Yang diizinkan (STRT)	73
Tabel 4.19 Hasil Hitung Repitisi Beban (STdRT)	73
Tabel 4.20 Hasil Hitung Repitisi Beban (STRG)	74
Tabel 4.21 Hasil Hitung Repitisi Beban (STdRG)	75
Tabel 4.22 Hasil Hitung Repitisi Beban (STrRG)	76
Tabel 4.23 Hasil Hitung Repitisi Beban (SQdRG)	76
Tabel 4.24 Hasil Hitung Faktor Fatigue dan Erosi (STRT)	77
Tabel 4.25 Hasil Hitung Faktor Fatigue dan Erosi (STdRT)	77
Tabel 4.26 Hasil Hitung Faktor Fatigue dan Erosi (STRG)	78
Tabel 4.27 Hasil Hitung Faktor Fatigue dan Erosi (STdRG)	78
Tabel 4.28 Hasil Hitung Faktor Fatigue dan Erosi (STrRG)	79
Tabel 4.29 Hasil Hitung Faktor Fatigue dan Erosi (SQdRG)	79
Tabel 4.30 Data Menghitung CBR Tanah Ekuivalen	80
Tabel 4.31 Hasil Hitung Repitisi Sumbu Rencana (4x5x6)	81
Tabel 4.32 Analisis Fatik dan Erosi Untuk Tebal <i>Slab</i> 250 mm	82

Tabel 4.33 Analisis Fatik dan Erosi Untuk Tebal <i>Slab</i> 300 mm	83
Tabel 4.34 Analisis Fatik dan Erosi Untuk Tebal <i>Slab</i> 300 mm lanjutan	84
Tabel 4.35 Tebal Yang dibutuhkan Untuk susunan Kontruksi	85
Tabel 4.37 Data CBR Lapangan	90
Tabel 4.38 Nilai R untuk Penilaian Segmen	91

DAFTAR NOTASI

f_c'	= Kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm^2)
f_{ct}	= Kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm^2)
K	= Konstanta 0,7 untuk agregat yang tidak pecah dan 0,75 untuk agregat pecah
R	= Faktor pertumbuhan lalu lintas
I	= Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun (%)
UR	= Umur rencana (tahun)
UR _m	= Waktu tertentu dalam tahun, sebelum UR selesai
JSKN	= Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana
JSKNH	= Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka
C	= Koefisien distribusi kendaraan
As	= Luas penampang tulangan baja (mm^2/m lebar pelat)
f_s	= Kuat-tarik ijin tulangan (MPa)
g	= Gravitasi (m/detik^2)
h	= Tebal pelat beton (m)
L	= Jarak antara sambungan yang tidak diikat atau tepi bebas pelat (m)
M	= Berat per satuan volume pelat (kg/m^3)
μ	= Koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah
C _d	= Koefisien distribusi
F	= Koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya

DAFTAR SINGKATAN

PCA	= Portland Cement Association
AASHT	= American Association of State Highway Transportation Officials
STRT	= Sumbu Tunggal Roda Tunggal
STdRG	= Sumbu Tandem Roda Tunggal
STrRG	= Sumbu Tridem Roda Ganda
STRG	= Sumbu Tunggal Roda Ganda
SGRG	= Sumbu Tandem / Ganda Roda Ganda
JSKN	= Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga
JSKNH	= Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga Harian
CBR	= California Bearing Ratio
WIM	= Weigh In Motion
SNI	= Standart Nasional Indonesia
ASTM	= American Standart Testing and Material
FKB	= Faktor Keamanan Beban
TE	= Tegangan Ekivalen
FE	= Faktor Erosi
VDF	= Vehicle Damage Factor
LHR	= Lintas Harian Rencana
RD	= Roda Depan
RB	= Roda Belakang
RGD	= Roda Gandeng Depan
RGB	= Roda Gandeng Belakang
BS	= Beban Sumbu
JS	= Jumlah Sumbu
BP	= Bahan Pengikat
CBK	= Campuran Beton Kurus

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang memegang peran penting dalam sektor perhubungan terutama untuk kesinambungan distribusi barang dan jasa. Infrastruktur jalan memiliki peran krusial untuk mendorong perkembangan ekonomi, dengan meningkatnya permintaan akan sarana transportasi yang dapat mengakses kawasan-kawasan terpencil yang menjadi pusat produksi. Kehadiran sistem transportasi jalan memungkinkan perjalanan darat menjadi lebih efisien, terjamin keamanannya, serta memberikan kenyamanan bagi penggunanya (Herzanita & Juwita, 2020).

Proses pembangunan merupakan kegiatan berkelanjutan yang bertujuan meningkatkan kualitas hidup dan kesejahteraan masyarakat secara menyeluruh. Kemajuan di bidang sains dan teknologi mendorong berkembangnya daya cipta individu, yang menjadi modal dasar untuk mewujudkan pembangunan yang lebih optimal. Sejalan dengan perkembangan tersebut, terjadi peningkatan kualitas, efektivitas, dan produktivitas dalam berbagai aspek pembangunan, termasuk dalam pengembangan infrastruktur jalan raya yang terus mengalami pembaruan. Peningkatan jalan di perlukan sebagai salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan lalu lintas ataupun konstruksi bangunan sipil sendiri. Permasalahan lalu lintas yang di maksud antara lain kecelakaan lalu lintas, keamanan, kenyamanan pengguna jalan, dan kapasitas yang kurang memadai. Sedangkan dari segi konstruksi bangunan sipil itu sendiri antara lain untuk mengembalikan nilai kekuatan tingkat kekedapan terhadap air dan tingkat kecepatan mengalirkan air masuk ke drainase atau ke saluran, serta melengkapi sarana bangunan pelengkap jalan yang kurang lengkap (Dewangga Andya Mahendra Putra, 2023).

Penggunaan perkerasan beton (*rigid pavement*) kini semakin populer, terutama di kawasan perkotaan dan area dengan volume kendaraan tinggi. Pemilihan jalan berbahan beton ini didasari oleh dua faktor utama yaitu, beratnya muatan kendaraan yang melintas serta meningkatnya intensitas arus lalu lintas.

Konstruksi jalan jenis ini banyak ditemui baik di kota-kota besar maupun jalur-jalur dengan kepadatan tinggi. Terlebih lagi strukturnya yang lebih kuat, awet, dan bebas perawatan. Jalan beton menjadi solusi yang sangat efektif untuk digunakan di Jalan Jembatan Merah, beban kendaraan yang relatif besar. Dari hasil *inventori* jalan yang dilakukan, dapat dilihat kondisi *existing* jalan pada ruas Jalan Jembatan Merah dikategorikan sebagai jalan yang rusak sedang hingga rusak berat. Kondisi ini dapat diamati dari kerusakan berupa terlepasnya lapisan aspal yang mengakibatkan munculnya lubang-lubang di permukaan jalan. Peningkatan jalan menggunakan perkerasan kaku pada ruas Jalan Jembatan Merah, dilakukan pada satu segmen. Sehingga panjang total perkerasan yang direncanakan adalah 450m.

Pemilik proyeknya adalah UPTD PUPR Kota Nopan. Pada pengerjaan proyek jalan ini, Jalan yang tadinya hanya aspal biasa atau perkerasan lentur diganti dengan menggunakan beton atau perkerasan kaku.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana perencanaan tebal perkerasan kaku (*Rigit Pavement*) dengan menggunakan MDPJ 2024 dan Bina Marga 2003 ?
2. Bagaimana mendapatkan tahapan perencanaan yang optimal antara metode MDPJ 2024 dan Bina Marga 2003 ?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam menentukan karakteristik pemakaian jalan pada Jalan Muarasoma adalah:

1. Studi dilakukan pada Jalan Jembatan Merah Kabupaten Mandailing Natal oleh UPTD PUPR Kabupaten Mandailing Natal.
2. Perencanaan tebal perkerasan kaku (*Rigit Pavement*) dengan MDPJ 2024, dengan panjang jalan 450m, lebar badan jalan 6m, dan bahu jalan 0,5m.
3. Penelitian ini berfokus pada lebar dan tebal perkerasan jalan yang memperhitungkan:
 - a. Volume kendaraan.
 - b. Jumlah lalu lintas harian.
 - c. *Dynamic Cone Penetration dan California Bearing Ratio*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) dengan menggunakan Metode Bina Marga (2003) dan Metode MDPJ 2024.
2. Untuk mendapatkan tahapan yang optimal dengan menggunakan Metode Bina Marga (2003) dan Metode MDPJ 2024.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Dapat dijadikan bahan referensi dalam analisa perhitungan tebal perkerasan pada proyek sipil umumnya dan proyek jalan khususnya.
2. Untuk mengetahui betapa pentingnya pemilihan metode yang tepat dalam penanganan pekerjaan perkerasan jalan.
3. Bagi peneliti sebagai ilmu pengetahuan, dan menambah wawasan.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun tahapan – tahapan tersebut dapat dilihat pada gambar bagan alir dibawah ini :

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB 3 METODE PENELITIAN

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

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Jalan

Struktur jalan raya terbentuk dari susunan perkerasan yang bertumpu pada tanah asli (*subgrade*) sebagai pondasinya. Dalam konteks perencanaan, konstruksi perkerasan memiliki dua skenario berbeda, yaitu rancangan untuk membangun jalan dari nol dan rancangan untuk memperbaiki atau meningkatkan kondisi jalan yang sudah ada perkerasannya (Rachman et al., 2024). Di antara berbagai aspek dalam perencanaan jalan, terdapat satu komponen penting yang harus dirancang secara optimal untuk mencapai hasil yang efektif dan ekonomis.

Pada konstruksi perkerasan kaku, lapisan atas perkerasan sering kali terbuat dari beton semen, dengan lapisan material granular di bawahnya. Ketika lapisan atas terbuat dari beton semen dan ditopang oleh material granular di bawahnya, struktur ini dikenal sebagai perkerasan kaku. Kombinasi lapisan tersebut menciptakan sistem perlindungan yang tangguh, mampu menahan dampak negatif dari air dan intensitas lalu lintas yang padat (Pada et al., 2024).

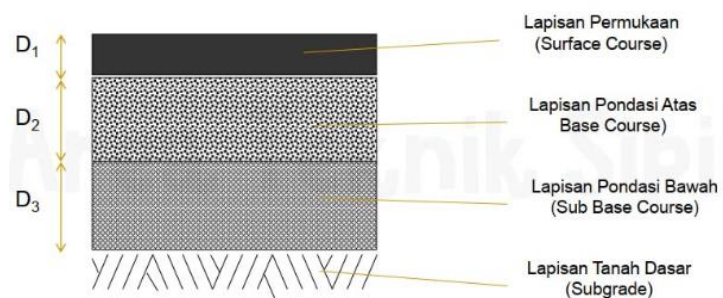
Kondisi jalan muarasoma sangat membutuhkan perkerasan kaku (*Rigit Pavement*) di karenakan banyak nya beban truk yang melintas dan mobil yang bermuatan cukup banyak, Oleh karena itu, diperlukan lapisan tambahan yang ditempatkan di antara permukaan tanah dan roda kendaraan, atau berada di bagian teratas badan jalan. Lapisan tambahan ini terbuat dari material pilihan berkualitas tinggi yang kemudian dikenal sebagai lapisan keras atau perkerasan (*pavement*). Desain perkerasan yang strategis menjadi kunci perlindungan jalan dari dampak merusak yang ditimbulkan oleh air dan tingginya intensitas lalu lintas kendaraan Berdasarkan temuan inventarisasi jalan, kondisi jalan ruas Jalan Jembatan Merah saat ini masuk dalam kategori rusak sedang hingga berat. Hal ini terlihat dari banyaknya aspal yang terkelupas sehingga menyebabkan seringnya muncul jalan berlubang. Pada salah satu bagian ruas Jalan Jembatan Merah digunakan perkerasan kaku untuk perbaikan jalan.

2.1.1 Jenis-Jenis Perkerasan Pada Jalan Raya

perkerasan. Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas:

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

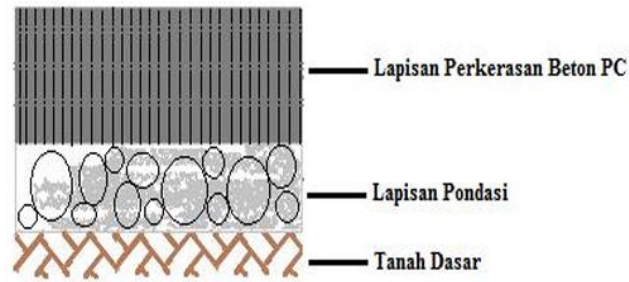
Perkerasan lentur sutau konstruksi jalan yang memanfaatkan aspal sebagai material pengikatnya. Dimana setiap lapisannya memiliki kemampuan untuk mendistribusikan beban kendaraan hingga ke lapisan tanah dasar. Perkerasan lentur terdiri dari empat komponen utama: tanah dasar atau *subgrade* sebagai fondasi alami, lapis pondasi bawah (*subbase course*) sebagai lapisan penguat pertama, lapis pondasi atas (*base course*) sebagai penyokong utama, dan lapis permukaan (*surface course*) sebagai pelindung terluar (Arthono & Permana, 2022).



Gambar 2.1: Susunan lapisan perkerasan lentur (Sukirman, 2003).

2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

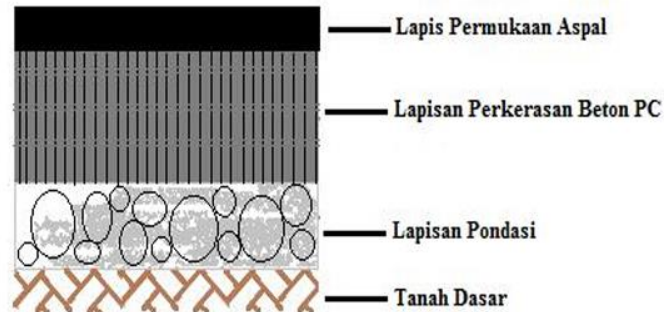
Perkerasan kaku adalah lapisan beton, dimana lapisan tersebut berfungsi sebagai *base course* sekaligus sebagai *surface course*. Perkerasan kaku merupakan sistem konstruksi jalan yang mengandalkan semen Portland sebagai bahan pengikatnya, dimana plat beton tanpa perkuatan tulangan di atas lapisan tanah dasar. Konstruksi ini bisa langsung diletakkan di atas tanah dasar atau menggunakan lapisan pondasi bawah sebagai tambahan. Keunggulan sistem ini terletak pada kemampuan pelat betonnya yang mampu menanggung mayoritas beban lalu lintas yang melintasi permukaannya. Perkerasan kaku terdiri dari 3 lapisan yaitu, tanah dasar (*subgrade*), lapis pondasi bawah (*subbase course*), pelat beton (*concrete slab*) (Arthono & Permana, 2022).



Gambar 2.2: Susunan lapis perkerasan kaku (Sukirman, 2003).

3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan komposit merupakan gabungan dari perkerasan kaku dan lapisan perkerasan lentur di atasnya, dimana kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas. Untuk itu, spesifikasi ketebalan lapisan aspal menjadi krusial guna untuk memastikan konstruksi memiliki durabilitas yang cukup sekaligus menghindarkan terjadinya retakan reflektif dari perkerasan beton yang mendasarinya (Arthono & Permana, 2022).



Gambar 2.3: Lapisan perkerasan jalan komposit (Sukirman, 2003).

2.2 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku atau *rigid pavement* merupakan konstruksi jalan yang menggunakan beton sebagai lapisan permukaannya. Konstruksi ini terdiri dari pelat beton yang dapat diletakkan secara langsung di atas tanah dasar atau dapat juga ditempatkan di atas lapisan pondasi, tergantung pada perencanaan dan kebutuhan konstruksi (Fadilla et al., 2024). Perkerasan ini umumnya dipakai pada jalan yang memiliki kondisi lalu lintas yang cukup padat dan memiliki distribusi beban yang

besar, seperti pada jalan-jalan lintas antar provinsi, jembatan layang pada persimpangan bersinyal.

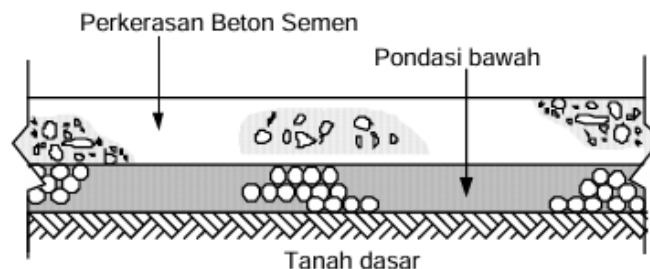
Perkerasan kaku memiliki karakteristik yang lebih baik dalam hal penyaluran beban ke tanah dasar dibandingkan dengan perkerasan lentur (aspal). Hal ini dikarenakan kemampuan pelat beton untuk mendistribusikan tekanan secara lebih merata dan efisien ke lapisan di bawahnya, sehingga mengurangi konsentrasi tegangan pada satu titik tertentu (Bakri, 2020).

Pada perkerasan kaku, beban lalu lintas didistribusikan secara merata ke seluruh permukaan perkerasan, sehingga tekanan yang diterima oleh tanah dasar relatif lebih kecil. Perkerasan kaku mempunyai kekakuan dan stiffness, akan mendistribusikan beban pada daerah yang relatif luas pada *subgrade*, beton sendiri bagian utama yang menanggung beban struktural dan jalan tol (Sari et al., 2021).

Perkerasan kaku ini biasanya terdiri 2 lapisan yaitu:

1. Lapisan permukaan (*surface course*) yang dibuat dengan pelat beton
2. Lapisan pondasi (*base course*)

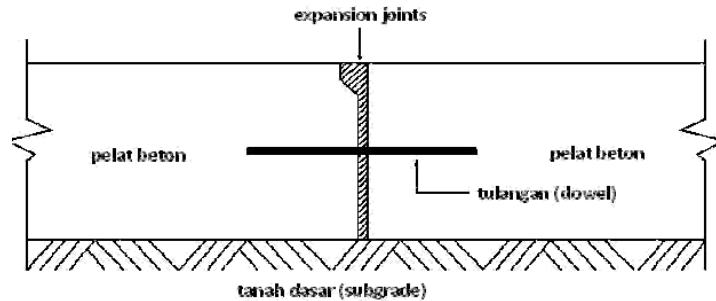
Susunan tipikal lapisan pada perkerasan kaku umumnya seperti terlihat pada (Gambar 2.4).



Gambar 2.4: Tipikal struktur perkerasan kaku/ beton semen (Pd T-14-2003).

Pada perkerasan kaku, adanya lapisan pondasi bergantung pada kondisi tanah dasar atau tanah asli. Jika kondisi tanah dasar atau tanah asli cukup baik, pelat beton dapat diletakkan langsung di atasnya tanpa memerlukan lapisan pondasi tambahan (Anisarida et al., 2024). Pelat beton ini berfungsi untuk menahan beban yang diterimanya dan menyalurkannya ke lapisan pondasi. Lapisan pondasi diharapkan

mampu menahan lapisan permukaan dan menyalurkan beban ke tanah dasar di bawahnya (Gambar 2.5)



Gambar 2.5: Struktur perkerasan kaku/ beton semen (Pd T-14-2003).

Tabel 2.1: Perbedaan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur (Pd T-14-2003).

No	Perkerasan Kaku	Perkerasan Lentur
1	Komponen perkerasan terdiri dari tanah dasar, lapis pondasi bawah dan pelat beton semen Portland.	Komponen perkerasan terdiri dari lapis pondasi bawah, lapis pondasi, dan lapis permukaan.
2	Bahan ikat semen Portland (PC).	Bahan ikat <i>asphalt</i> .
3	Kebanyakan digunakan untuk kelas tinggi.	Digunakan untuk semua kelas jalan dan tingkat volume lalu lintas
4	Pencampuran adukan beton mudah dikontrol.	Pengontrolan kualitas campuran lebih rumit
5	Umur rencana dapat mencapai 20-40 tahun.	Umur rencana sekitar 10-12 tahun.
6	Lebih tahan terhadap drainase yang buruk.	Kurang tahan terhadap drainase yang buruk.
7	Biaya awal pembangunan lebih tinggi.	Biaya awal pembangunan lebih rendah.
8	Biaya pemeliharaan kecil. Namun, jika terjadi kerusakan biaya pemeliharaan lebih tinggi.	Biaya pemeliharaan lebih besar.
9	Tebal konstruksi perkerasan kaku adalah tebal pelat beton tidak termasuk pondasi.	Kekuatan perkerasan ditentukan oleh Kerjasama setiap lapis perkerasan..

Pemilihan tipe perkerasan kaku memiliki pilihan yang beraneka ragam. Hardiyatmo (2015) menyatakan perkerasan kaku atau perkerasan semen Portland dikategorikan menjadi dua yaitu perkerasan beton dengan sambungan dan tanpa sambungan. Adapun yang disebut perkerasan beton konvensional adalah sebagai berikut.

1. Perkerasan kaku tak bertulang bersambungan (*Jointed Plain Concrete Pavement, JPCP*).
2. Perkerasan kaku bertulang bersambungan (*Jointed Reinforced Concrete Pavement, JRCP*).
3. Perkerasan kaku bertulang kontinyu (*Continuous Reinforced Concrete Pavement, CRCP*).

Selain tipe konvensional, terdapat juga tipe perkerasan beton prategang dan beton pracetak. Perkerasan beton panel pracetak (*precast panel concrete pavement*) adalah perkerasan beton yang pelatnya dicetak di luar proyek. Panel-panel pracetak dihubungkan satu sama lain dengan batang-batang dowel dan tie-bar atau dapat dibuat prategang setelah penempatannya. *Precast panel concrete pavement* membutuhkan lapis pondasi di bawah panel-panel beton yang harus rata saat pelaksanaannya.

2.2.1 Komponen Konstruksi Perkerasan Kaku

Adapun komponen konstruksi perkerasan beton semen (*rigid pavement*) adalah sebagai berikut:

1. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar adalah bagian dari permukaan badan jalan yang dipersiapkan untuk menerima konstruksi di atasnya yaitu konstruksi perkerasan. Tanah dasar ini berfungsi sebagai penerima beban lalu lintas yang telah disalurkan/ disebarkan oleh konstruksi perkerasan (Desyana Nur Fitriani et al., 2024). Persyaratan yang harus dipenuhi dalam penyiapan tanah dasar (*subgrade*) adalah lebar, kerataan, kemiringan melintang keseragaman daya dukung dan keseragaman kepadatan. Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR insitu sesuai dengan Pd T-14-2003 atau CBR laboratorium sesuai dengan Pd T-14-2003, masing-masing

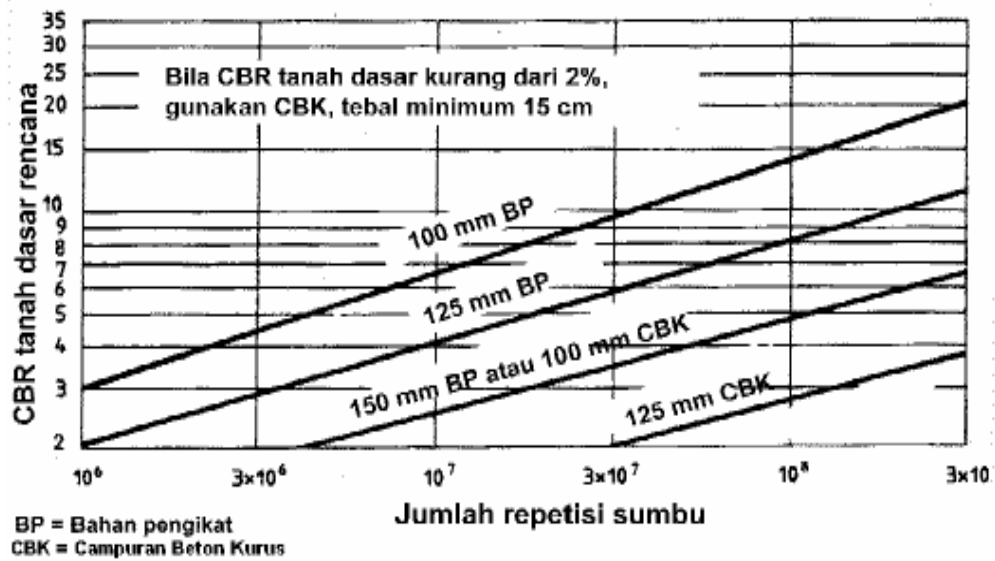
untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2 %, maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5 %. Pada konstruksi perkerasan kaku fungsi tanah dasar tidak terlalu menentukan, dalam arti kata bahwa perubahan besarnya daya dukung tanah dasar tidak berpengaruh terlalu besar pada nilai konstruksi (tebal) perkerasan kaku (Desyana Nur Fitriani et al., 2024).

2. Lapis Pondasi (*Subbase*)

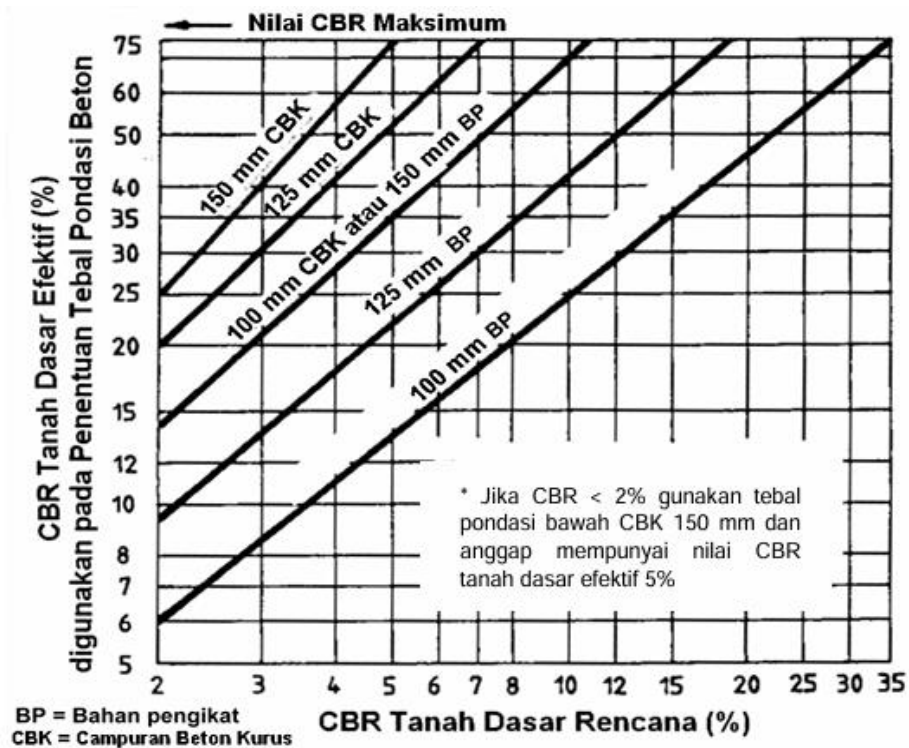
Lapis pondasi terletak di antara tanah dasar dan pelat beton semen mutu tinggi. Sebagai bahan *subbase* dapat digunakan *unbound granular (sirtu)* atau *bound granular (CTSB, cement treated subbase)*. Pada umumnya fungsi lapisan ini tidak terlalu struktural, maksudnya keberadaan dari lapisan ini tidak untuk menyumbangkan nilai struktur perkerasan beton semen. Fungsi utama dari lapisan ini adalah sebagai lantai kerja yang rata atau *uniform* (Afriansyah, 2023). Apabila *subbase* tidak rata, maka pelat beton juga tidak rata. Bahan pondasi bawah dapat berupa:

- a. Bahan berbutir.
- b. Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*).
- c. 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 (Malik & Imam, 2023). Tebal lapisan pondasi minimum 10 cm yang paling sedikit mempunyai mutu sesuai dengan Pd T-14-2003 dan AASHTO M-155. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (Syah et al., 2023). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dan CBR tanah dasar efektif dapat dilihat pada Gambar 2.6 dan 2.7.



Gambar 2.6: Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen (Pd T-14-2003).



Gambar 2.7: CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah (Pd T-14-2003).

3. Beton Semen

Kekuatan beton semen 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). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0.25 MPa (2.5 kg/cm²). Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton dapat didekati dengan persamaan berikut:

$$f_{cf} = K(f_c')^{0.50} \text{ dalam MPa} \quad (2.1)$$

$$f_{cf} = 3.13 K(f_c')^{0.50} \text{ dalam kg/cm}^2 \quad (2.2)$$

Dimana:

f_c' : kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm²)

f_{cf} : kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm²)

K : konstanta 0,7 untuk agregat yang tidak pecah dan 0,75 untuk agregat pecah

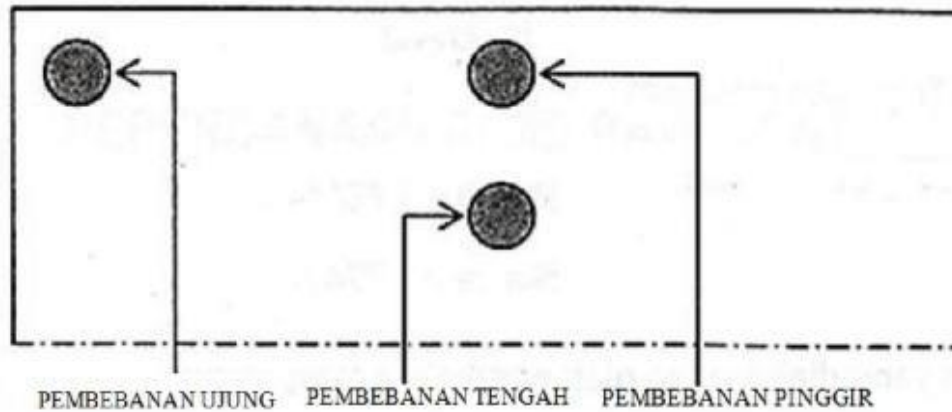
Pada perkerasan beton semen terdapat dua jenis tulangan, yaitu tulangan pada pelat beton untuk memperkuat pelat beton tersebut dan tulangan sambungan untuk menyambung kembali bagian-bagian pelat beton yang telah terputus (diputus). Kedua tulangan tersebut memiliki bentuk, lokasi serta fungsi yang berbeda satu sama lain.

Tegangan-tegangan yang terjadi pada pelat perkerasan beton adalah:

1. Tegangan akibat pembebanan oleh roda (lalu lintas):
 - a. Pembebanan ujung
 - b. Pembebanan pinggir
2. Tegangan akibat perubahan temperature dan kadar air. Tegangan ini mengakibatkan:
 - a. Pengembangan
 - b. Penyusutan
 - c. Lipatan atau lentingan (*wrap*)

3. Tegangan akibat timbulnya gejala pumping

Gejala pumping ini dapat diatasi dengan menggunakan lapisan pondasi bawah pada perkerasan beton.



Gambar 2.8: Pembebanan pelat beton (Sulaksono, 2000).

2.3 Lalu Lintas

Penentuan beban lalu-lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Lalu-lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu-lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir. Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton. Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut:

1. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT).
2. Sumbu tunggal roda ganda (STRG).
3. Sumbu tunggal roda ganda (STdRG).
4. Sumbu tridem roda ganda (STrRG).

2.4 Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

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 2.2.

2.5 Umur Rencana

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.

Tabel 2.2: 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
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25 \text{ m}$	3 lajur	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} \leq L_p < 15,00 \text{ m}$	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75 \text{ m}$	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00 \text{ m}$	6 lajur	-	0,40

2.6 Pertumbuhan Lalu Lintas

Volume lalu-lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap di mana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu-lintas yang dapat ditentukan berdasarkan Pers. 2.3

$$R = \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i} \quad (2.3)$$

Dimana:

R : Faktor pertumbuhan lalu lintas.

i : Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun (%).

UR : Umur rencana (tahun).

Faktor pertumbuhan lalu-lintas yaitu (R) dapat juga ditentukan berdasarkan Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Faktor pertumbuhan lalu lintas (R), (Pd T-14-2003).

Umur rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan (i) per tahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

Apabila setelah waktu tertentu (Urm tahun) pertumbuhan lalu-lintas tidak terjadi lagi, maka R dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$R = \frac{(1+i)^{UR-1}}{i} + (UR - URm) \{(1+i)^{URm} - 1\} \quad (2.4)$$

Dimana :

R : Faktor pertumbuhan lalu lintas.

i : Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %.

URm : Waktu tertentu dalam tahun, sebelum UR selesai.

2.7 Lalu Lintas Rencana

Lalu lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan. Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil dari survei beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dapat dihitung dengan cara seperti Pers. 2.5.

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \quad (2.5)$$

Dimana :

JSKN : Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana.

JSKNH : Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka.

R : Faktor pertumbuhan komulatif dari rumus pertumbuhan lalu lintas atau tabel
tabel faktor pertumbuhan lalu lintas, yang besarnya tergantung dari pertumbuhan
pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana.

C : Koefisien distribusi kendaraan.

2.8 Faktor Keamanan Beban

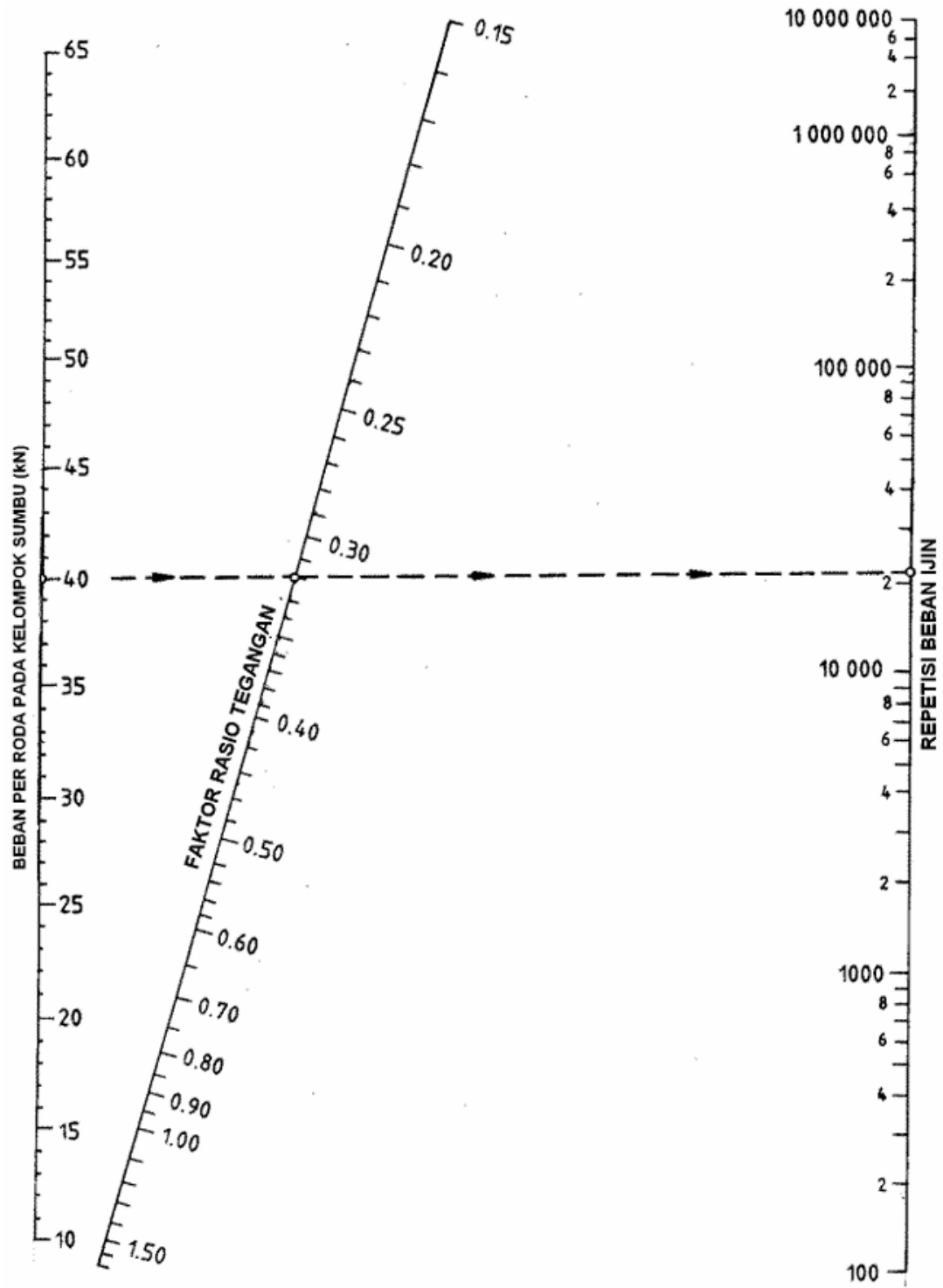
Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat reabilitas perencanaan seperti terlihat pada Tabel. 2.4.

Tabel 2.4: Faktor keamanan beban (FKB) (Pd T-14-2003).

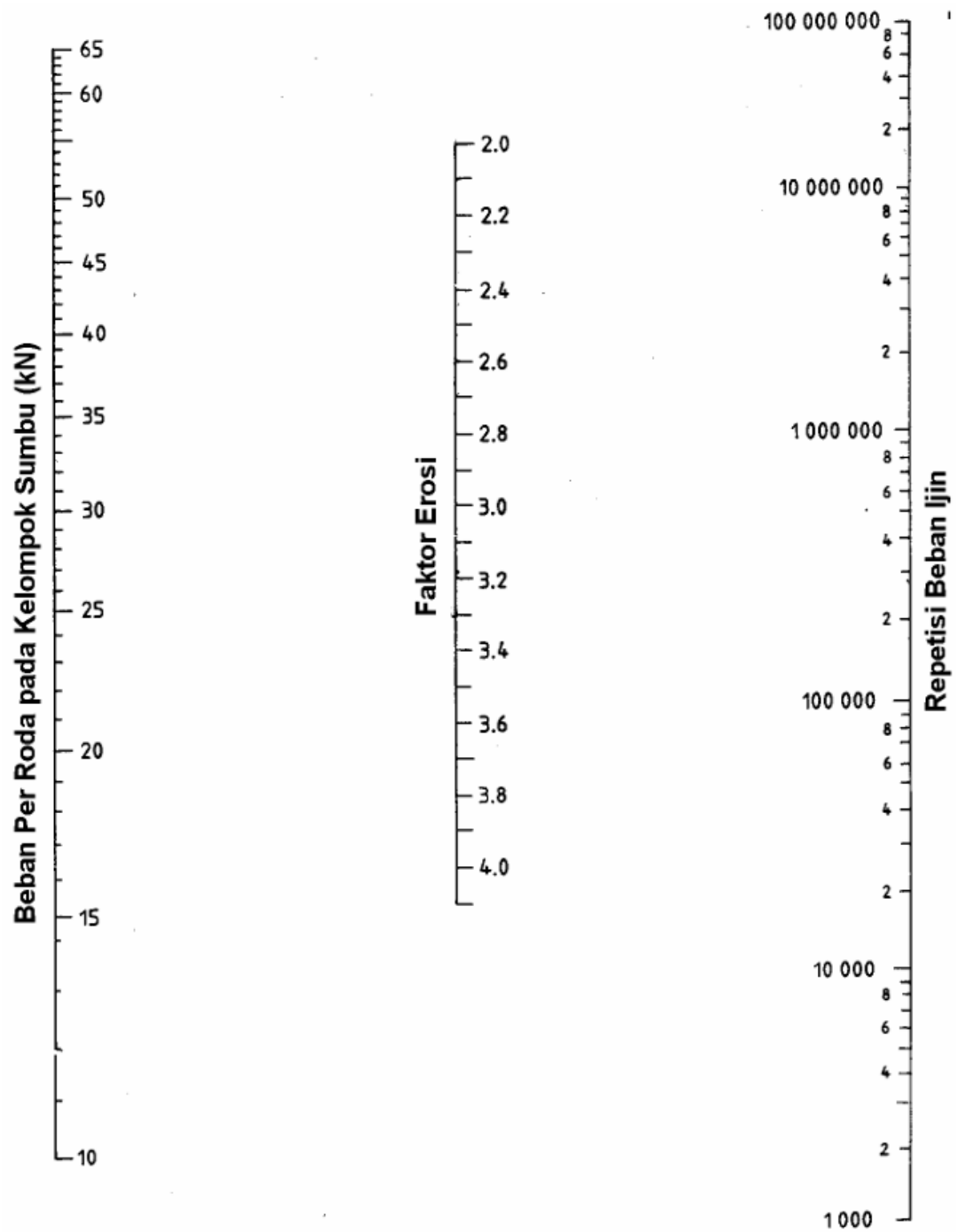
No	Penggunaan	Nilai FKB
1	Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu-lintas dari hasil survei beban (<i>weigh-in-motion</i>) dan adanya kemungkinan route alternatif, 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

2.9 Bahu

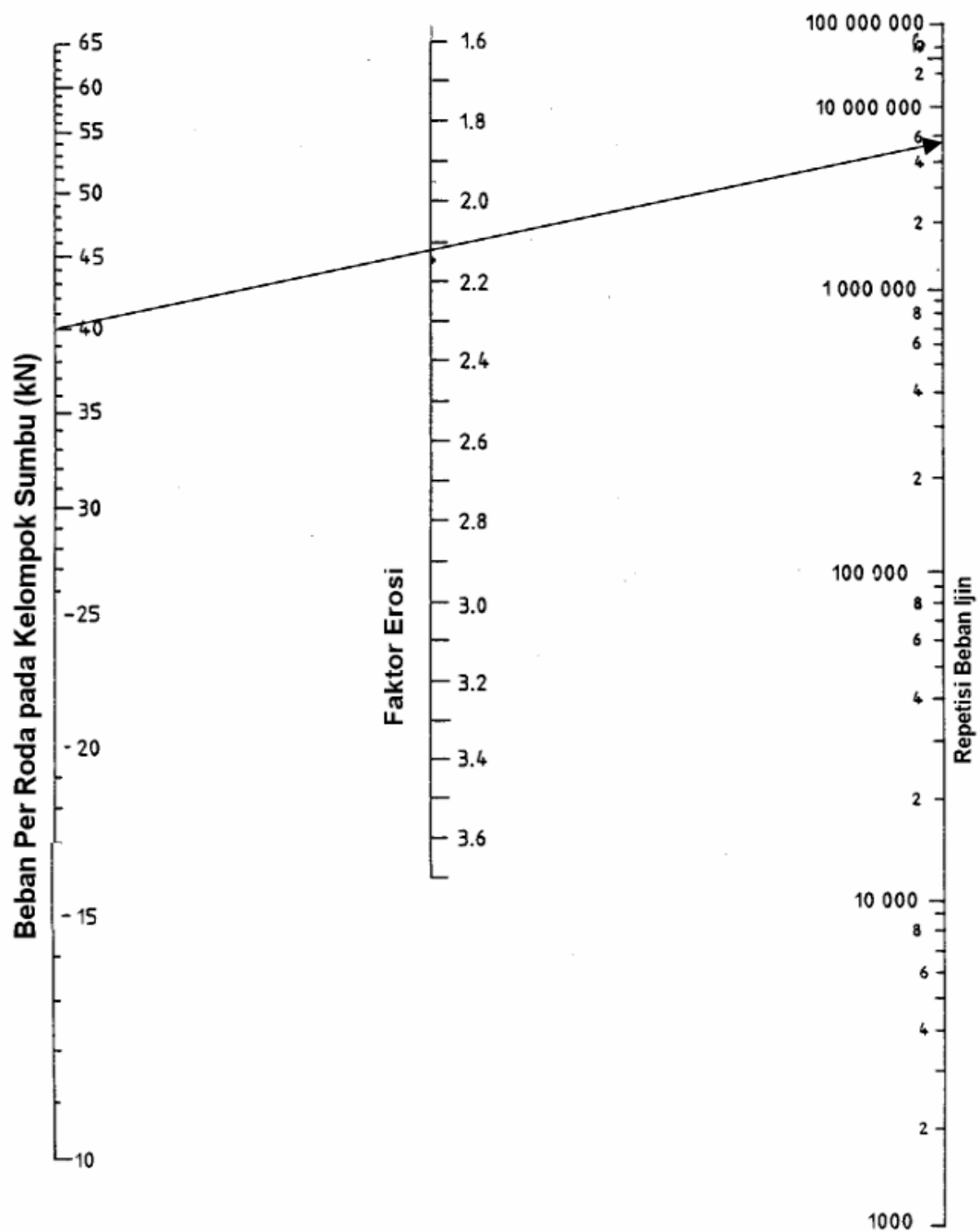
Bahu dapat terbuat dari bahan lapisan pondasi bawah dengan atau tanpa lapisan penutup beraspal atau lapisan beton semen. Perbedaan kekuatan antara bahu dengan jalur lalu-lintas akan memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan. Hal tersebut dapat diatasi dengan bahu beton semen, sehingga akan meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi tebal pelat (Cepu et al., 2024). Yang dimaksud dengan bahu beton semen, sehingga akan meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi tebal pelat. Yang dimaksud dengan bahu beton semen dalam pedoman ini adalah bahu yang dikunci dan diikatkan dengan lajur lalu-lintas dengan lebar minimum 1,50 m, atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu-lintas selebar 0,60 m, yang juga dapat mencakup saluran dan kereb (Risman, 2017).



Gambar 2.9: Nomogram 1, analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan dengan atau tanpa bahu beton (Pd T 14-2003).



Gambar 2.10: Nomogram 2, analisis erosi dan jumlah repetisi beban ijin berdasarkan faktor erosi, tanpa bahu beton (Pd T 14-2003).



Gambar 2.11: Nomogram 3, analisis erosi dan jumlah repetisi beban berdasarkan faktor erosi, dengan bahu beton (Pd T 14-2003).

2.10 Perencanaan Tulangan

Luas penampang tulangan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$A_s = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s} \quad (2.6)$$

Dimana:

A_s = luas penampang tulangan baja (mm²/m lebar pelat)

f_s = kuat-tarik ijin tulangan (MPa)

G = gravitasi (m/detik²)

H = tebal pelat beton (m)

L = jarak antara sambungan yang tidak diikat atau tepi bebas pelat (m)

M = berat per satuan volume pelat (kg/m³)

μ = koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah. Ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Nilai koefisien gesekan (μ).

No	Lapisan Pemecah Ikatan	Koefisien Gesekan (μ)
1	Lapis resap ikat aspal diatas permukaan pondasi bawah	1,0
2	Laburan parafin tipis pemecah ikat	1,5
3	Karet kompon (<i>Achlorinated rubber curing compound</i>)	2,0

2.11 Perkerasan Jalan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2024

1. Umur rencana

Umur Rencana adalah jumlah waktu dalam tahun yang dihitung dari sejak jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas sampai diperlukan perbaikan besar atau perlu diberi lapis ulang. Umur rencana untuk jenis perkerasan Kaku (*rigid pavement*) berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2024 adalah 20 sampai 40 tahun (Saputro et al., 2024).

Tabel 2.6: Umur Rencana jalan Baru (UR) (MDPJ, 2024)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun) ⁽ⁱ⁾
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), 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. Kekuatan tanah dasar

Penentuan daya dukung tanah dasar secara akurat dan desain fondasi perkerasan merupakan syarat penting untuk menghasilkan perkerasan berkinerja baik. Dari segi pelaksanaan, persiapan tanah dasar yang benar mutlak dilakukan dan dengan demikian harus menjadi perhatian kontraktor pelaksanaan dan pengawas lapangan.

a. Investigasi Tanah Dasar

1. Material setempat harus digunakan semaksimal mungkin untuk menyeimbangkan galian dan timbunan (*cut and fill*). Dalam hal keseimbangan tersebut tidak dapat sepenuhnya diterapkan, perencana teknis harus merekomendasikan lokasi sumber bahan (*borrow area*) lokasi pembuangan kelebihan hasil galian yang memenuhi syarat.
2. Penentuan titik-titik pengambilan contoh tanah berdasarkan peta geologi, investigasi geologi (geolistrik, dan lain-lain), profil memanjang alinyemen jalan, dan mass haul diagram.
3. Pengambilan benda uji tanah untuk mengetahui sifat-sifat tanah dan pengujian lain yang diperlukan sesuai dengan jenis dan kondisi tanah yang dihadapi. Perlu diperhatikan jarak antara titik-titik uji yang rapat pada segmen yang terindikasi

mempunyai jenis tanah yang serupa untuk memastikan keseragaman segmen.

4. Pada lokasi rencana galian, penyelidikan harus mencapai level minimum 1 m di bawah rencana permukaan tanah dasar.
5. Pada lokasi galian yang dalam sehingga pengambilan contoh tanah yang mencukupi untuk pengujian CBR laboratorium tidak dapat dilakukan maka dilakukan interpretasi dari pengujian sifat-sifat tanah dan berdasarkan hasil pengujian sondir dan N-SPT.
6. Hasil investigasi harus dapat menyatakan dengan jelas lokasi-lokasi peralihan jenis tanah pada arah memanjang.

b. Pengujian Daya Dukung

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

3. Pengukuran Daya Dukung dengan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer Test*).

ketelitian yang sama dengan pengujian di laboratorium. Pengujian DCP hanya dilakukan pada kondisi berikut:

1. Tanah rawa jenuh air sehingga tidak mungkin dapat dipadatkan sehingga pengujian CBR laboratorium menjadi tidak relevan. Dalam hal ini nilai CBR yang diperoleh dari pengujian DCP memberikan nilai yang lebih dapat diandalkan.
2. Pada kawasan tanah aluvial kering, khususnya daerah persawahan, kemungkinan terdapat lapisan dengan kepadatan rendah (antara 1200- 1500 kg/m³) di bawah permukaan tanah yang kering. Pengujian DCP harus dilakukan untuk memastikan kondisi faktual terbasah di lapangan dan harus diperhitungkan dalam desain. Untuk keamanan, dalam proses desain harus diasumsikan bahwa lapisan tersebut jenuh selama musim penghujan.

Nilai modulus tanah dasar yang diperoleh dari DCP harus disesuaikan dengan kondisi musim. Faktor penyesuaian minimum ditunjukkan pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7: Faktor Penyesuaian Modulus Tanah Dasar terhadap Kondisi Musim (MDPJ, 2024).

Musim	Faktor Penyesuaian minimum nilai CBR berdasarkan pengujian DCP
Musim hujan dan tanah jenuh	0.90
Masa transisi	0.80
Musim kemarau	0,70

Nilai CBR desain = (CBR hasil pengujian DPC) x Faktor Penyesuaian.

5. Fondasi Bawah

Bahan fondasi bawah dapat berupa:

a. Bahan dengan Pengikat (BP)

1. Stabilisasi semen (Cement Treated Based, CTB);
2. Beton kurus giling padat (Lean Rolled Concrete)
3. Campuran beraspal.

b. Beton Kurus (BK/*Lean Mix Concrete*).

Beton kurus harus mempunyai mutu sesuai dengan SNI 6388:2015 dan AASHTO M-155 serta SNI 1743:2008. Bilamana diperoleh konstruksi hasil perencanaan rentan terhadap terjadinya erosi maka direkomendasikan tebal lapis fondasi beton kurus dengan tebal minimum 150 mm. Tebal lapis fondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 2.8.

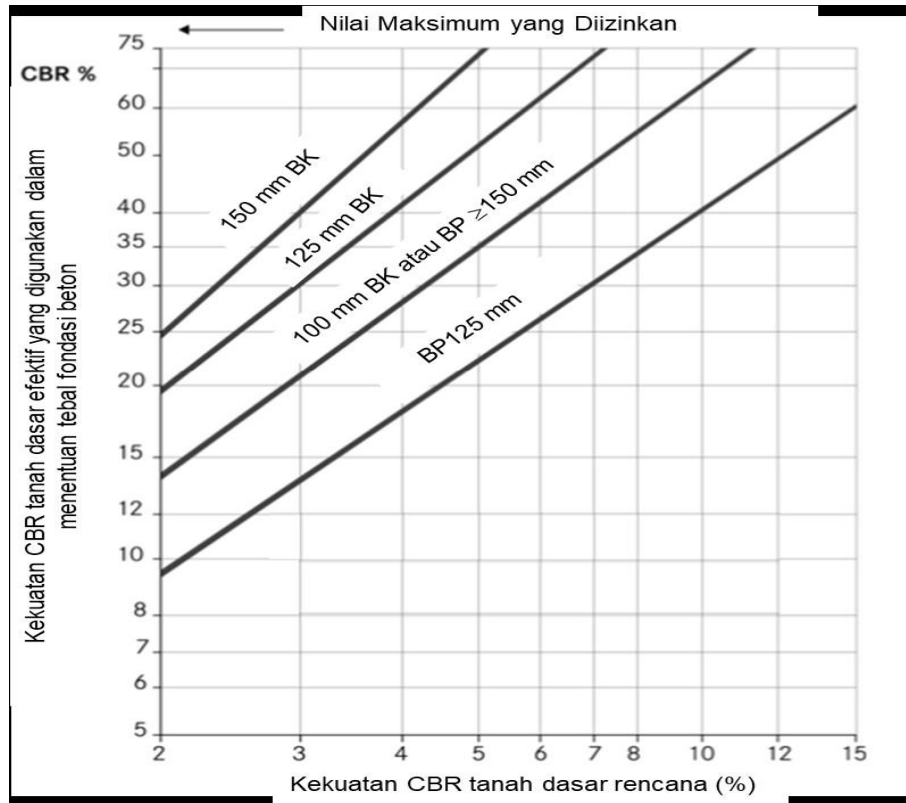
Tabel 2.8: Tebal Fondasi Bawah Minimum Untuk Perkerasan Beton Semen (MDPJ, 2024).

Lalu Lintas Desain (JSKN)	Jenis Lapis Fondasi
Sampai dengan 10^6	BP 125 mm
10^6 sampai dengan 1×10^6	BK 100 mm atau BP 150 mm
5×10^6 sampai dengan 1×10^7	BK 125 mm
Lebih dari 1×10^7	BK 150 mm

Dengan Catatan:

BP : Bahan Pengikat

BK : Beton Kurus



Gambar 2.12: CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Fondasi Bawah (MDPJ, 2024).

A. Lapis Fondasi Bawah Dengan Bahan Pengikat (*Bound Sub-Base*)

Lapis fondasi bawah dengan bahan pengikat (BP) dapat digunakan salah satu dari:

1. Stabilisasi material berbutir (*Cement Treated Based, CTB*) harus mempunyai kuat tekan sebesar 3,5 – 4,5 MPa.
2. Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).
3. Campuran beton kurus padat giling yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 MPa (55 kg/cm²).

B. Lapis Fondasi Bawah dengan Campuran Beton Kurus (*Lean-Mix Concrete*)

Campuran Beton Kurus (BK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik

pada umur 28 (dua puluh delapan) hari pada rentang 8 – 11 MPa.

C. Lapis Pemecah Ikatan Fondasi Bawah dan Pelat

Perencanaan ini didasarkan pada anggapan bahwa tidak ada ikatan antara pelat beton dengan lapis fondasi bawah di bawahnya. Lapis pemisah (bond breaker) dapat berupa lapisan membran kedap air dengan ketebalan 125 mikron atau bahan lain untuk jenis pemecah ikatan dan koefisien geseknya dapat dilihat pada Tabel 2.13.

Gambar 2.13: Nilai Koefisien Gesekan (μ) (MDPJ, 2024).

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

5. Kekuatan Beton

Mutu beton semen harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (flexural strength) umur 28 (dua puluh delapan) hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya minimal 4,5 MPa. Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5 kg/cm²) terdekat.

Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton harus dilakukan berdasarkan pengujian laboratorium dengan material yang digunakan pada proyek yang akan dikerjakan. Namun, bilamana belum tersedia dapat didekati dengan rumus berikut:

$$f_{cf} = K (f_c') \text{ dalam Mpa} \quad (2.1)$$

Keterangan:

f_c' : Kuat tekan beton karakteristik 28 (dua puluh delapan) hari (kg/cm²)

f_{cf} : Kuat Tarik lentur beton 28 (dua puluh delapan) hari (kg/cm²)

K : Konstanta 0,75 (agregat pecah)

Kuat tarik lentur dapat juga ditentukan dari hasil uji kuat tarik belah beton yang dilakukan menurut SNI 2491:2014 sebagai berikut:

$$f_{cf} = 1,37 f_{cs} \text{ dalam Mpa} \quad (2.2)$$

Keterangan:

f_{cs} : Kuat tarik belah beton 28 (dua puluh delapan) hari

6. Jenis bahu jalan

Perbedaan kekuatan antara bahu dengan jalur lalu lintas akan memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan. Sehingga, bahu harus terbuat dari bahan yang sama dengan perkerasan beton semen, hal ini dilakukan untuk meningkatkan kinerja perkerasan.

Yang dimaksud dengan bahu beton semen dalam Bab ini adalah bahu yang dikunci dan diikatkan dengan lajur lalu lintas dengan lebar minimum 1,50 m, atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu lintas selebar 0,60 m, yang juga dapat mencakup saluran dan kereb (creb and gutter).

7. Persyaratan Mutu Material Selain Mutu Beton (MDPJ 2024)

Tabel 2.9: Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Lalu Lintas Berat (MDPJ, 2024).

Jenis Perkerasan	Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan (Jointed Plain Concrete Pavement), beton semen bersambung dengan tulangan (JRCP), dan beton semen menerus dengan tulangan (CRCP).
Sambungan Melintang	Harus dipotong dengan kedalaman seperempat sampai dengan sepertiga tebal beton. Dipasang ruji (dowel), berupa baja tulangan polos (BjTP 280), dengan jarak antar tulangan 300 mm, panjang dowel 450 mm, dan diameter dowel minimal seperdelapan tebal beton.
Sambungan Memanjang	Dipasang batang pengikat (tie bar), berupa baja tulangan sirip (BjTS 420A), dengan jarak antar tulangan 600 mm, panjang tie bar 700 mm, dan diameter tie bar minimum 16 mm.
Bahu Jalan	Dalam bentuk satu kesatuan dengan pelat beton lajur lalu lintas (monolit) dengan lebar minimum 600 mm atau dengan batang pengikat (tie bar) untuk lebar bahu jalan minimum 1500 mm dan harus menggunakan beton dengan kereb dan saluran beton (cerb and gutter) kualitas yang sama dengan lajur utama.

Lapis Fondasi	Lapis fondasi disesuaikan dengan ketentuan pada manual Desain Perkerasan Jalan 2017 Subbab 8.3.2.
Lapis Drainase	Lapis fondasi agregat kelas A yang berfungsi sebagai lapis drainase dengan tebal 200 mm untuk 2 lajur per arah dan untuk yang lebih dari 2 lajur per arah setebal 300 mm.
Lapis pemecah ikatan fondasi bawah dengan pelat (base bond breaker)	Berupa membran kedap air dengan tebal minimum 125 mikron khusus pada lapis fondasi berupa beton kurus.
Rasio dimensi slab beton (Panjang-Lebar)	Sekitar 1,25 (khusus untuk beton semen bersambung tanpa tulangan (Jointed Plain Concrete Pavement)).

Tabel 2.10: Ketebalan Beton Minimum (MDPJ, 2024).

Jenis Perkerasan	Lalu Lintas Rencana		
	$1 \times 10^6 \leq \text{JSKN} < 1 \times 10^7$	$1 \times 10^7 \leq \text{JSKN} < 5 \times 10^7$	$\text{JSKN} \geq 5 \times 10^7$
JPCP	150 mm	200 mm	250 mm
JRCP	150 mm	180 mm	230 mm
CRCP	150 mm	180 mm	230 mm

8. Lalu Lintas

Lalu lintas harian rata-rata adalah jumlah rata-rata lalu lintas kendaraan bermotor yang dicatat selama 24 jam sehari untuk kedua jurusan. Ada dua jenis LHR yaitu LHR tahunan (LHRT) dan LHR (Sukirman, 2003).

Volume lalu lintas harian rata-rata ini merupakan jumlah kendaraan untuk masing-masing jenisnya. Secara umum jenis kendaraan yang berpengaruh terhadap tebal perkerasan dibagi menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Truk atau kendaraan barang
2. Bus atau angkutan penumpang umum
3. Mobil atau kendaraan pribadi

Data jumlah kendaraan tersebut dapat diketahui melalui survey traffic counting (survey perhitungan jumlah kendaraan dengan menggunakan alat counter yang biasanya dilakukan selama 24 jam).

Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton. Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 6 (enam) jenis kelompok sumbu sebagai berikut:

1. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT).
2. Sumbu tunggal roda ganda (STRG).
3. Sumbu tandem roda tunggal (STdRT).
4. Sumbu tandem roda ganda (STdRG).
5. Sumbu tridem roda ganda (STrRG).
6. Sumbu empat roda ganda (SQdRG).

Tabel 2.11: Konfigurasi Kendaraan (MDPJ, 2024).

Kelas Kendaraan	JSKN	STRT	STRG	STdRT	STdRG	STrRG	SQrRG
Gol. 5B	2	1	1	-	-	-	-
Gol. 6A	2	2	1	-	-	-	-
Gol. 6B	2	1	1	-	-	-	-
Gol. 7A1	2	-	1	1	-	-	-
Gol. 7A2	2	1	-	-	1	-	-
Gol. 7B1	4	1	3	-	-	-	-
Gol. 7B2	4	-	3	1	-	-	-
Gol. 7C1	3	1	1	-	1	-	-
Gol. 7C2A	3	1	-	-	2	-	-
Gol. 7C2B	3	1	1	-	-	1	-
Gol. 7C3	3	1	-	-	1	1	-
Gol. 7C4	3	1	-	-	1	-	1

Semua roda yang dimaksud adalah roda ban konvensional. Pembebanan kumulatif pada perkerasan jalan selama periode waktu tertentu pada dasarnya adalah perhitungan setiap kelompok gandar yang melintasi perkerasan jalan selama periode waktu tersebut, bersama dengan jenis dan bebannya. Pembebanan kumulatif ini ditentukan oleh:

- a. jumlah kumulatif kelompok gandar yang melintasi perkerasan selama periode tersebut.
- b. proporsi setiap jenis kelompok total gandar.
- c. untuk setiap jenis kelompok gandar, distribusi frekuensi beban kelompok

Gambaran umum prosedur untuk menentukan lalu lintas desain diantaranya:

- a. Menentukan umur rencana.
- b. Menghitung jumlah rata-rata kendaraan harian.
- c. Menghitung jumlah JSKN setiap jenis kendaraan berat harian.
- d. Menghitung kumulatif jumlah JSKN pada jalur desain selama umur rencana menggunakan persamaan.

$$JSKN = (\sum LHRJK \times JSKNJK) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (2.5)$$

Keterangan:

- LHRJK : lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari)
- JSKNJK : Sumbu Total Kendaraan Niaga tiap jenis kendaraan niaga
- DD : Faktor distribusi arah
- DL : Faktor distribusi lajur
- JSKN : Jumlah Sumbu Total Kendaraan Niaga selama umur rencana
- R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

9. Perkiraan faktor ekuivalen beban (*Vehicle Damage Factor*)

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

10. Faktor distribusi lajur dan kapasitas lajur

Faktor distribusi lajur untuk kendaraan niaga (truk dan bus) ditetapkan dalam tabel 2.16. beban desain pada setiap lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur pada setiap tahun selama umur rencana.

Tabel 2.12: Faktor Distribusi Lajur (DL) (MDPJ, 2024).

Jumlah Lajur Setiap Arah	Kendaraan Niaga pada Lajur Desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

1. Beban sumbu standar kumulatif atau Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai:

$$ESA = (\Sigma \text{ jenis kendaraan LHRT} \times \text{VDF}) \quad (2.6)$$

$$CESA = ESA \times 365 \times R \quad (2.7)$$

$$R = \frac{(1+0.01)^{UR}-1}{0.01i} \quad (2.8)$$

Dimana:

- ESA : lintasan sumbu standar ekivalen untuk 1 hari
LHRT : lintas harian rata-rata tahunan untuk jenis kendaraan tertentu
CESA : kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana
R : faktor pengali pertumbuhan lalu lintas
i : tingkat pertumbuhan tahunan (%)
UR : umur rencana (tahun)

2. Reliabilitas Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (Lsf). Faktor keamanan beban ini digunakan sebesar 90% dengan nilai faktor keamanan beban (LSF) untuk JPCP sebesar 1,2 dan CRCP sebesar 1,1.
3. Lalu lintas pada lajur rencana diberikan dalam kumulatif beban gandar standar. Untuk mendapatkan lalu lintas pada lajur rencana ini digunakan perumusan berikut:

$$w_{18} = DD \times DL \times \hat{w}_{18} \quad (2.9)$$

Dimana:

DD = faktor distribusi arah

DL = faktor distribusi lajur

$\hat{w}_{18}$ = beban gandar standar kumulatif untuk dua arah

$$W_t = w_{18} \times \frac{(1+g)^n - 1}{0.01i} \quad (2.10)$$

2.12 Tanah Dasar

Perkerasan berfungsi untuk memberikan permukaan yang halus pada kendaraan untuk segala musim. Kinerja perkerasan tersebut dipengaruhi oleh karakteristik tanah dasar. Tanah sebagai pondasi secara langsung menerima beban lalu lintas dari lapis perkerasan yang berada di atasnya yang disebut tanah dasar (*subgrade*). Tanah dasar merupakan bagian dasar dimana pondasi bawah (*subbase*), pondasi (*base*) atau perkerasan berada, maka mutu dari struktur perkerasan bergantung pada stabilitas struktur tanah dasar (Hangge et al., 2021).

Tanah dasar merupakan tanah dengan ketebalan tertentu yang dipadatkan. Umumnya, tanah dasar yang berfungsi sebagai alas atau pondasi jalan yang terdiri dari material galian atau urugan dipadatkan dengan kedalaman tertentu di bawah dasar struktur perkerasan. Semakin kaku perkerasan, maka penyebaran tekanan roda ke tanah dasar semakin mengecil (Hangge et al., 2022).

2.13 Beton

Beton semen Portland umumnya digunakan pada perkerasan kaku. Kekuatan semen Portland akan bertambah dengan berjalannya waktu. Waktu pengerasan yang diambil untuk penentuan kuat tekan ultimit dalam perancangan,

umumnya 28 hari setelah pengecoran, walaupun kekuatan 7 hari juga sering digunakan sebagai indikasi awal dari kekuatan batasnya (*ultimit*).

2.14 Desain Ketebalan Beton Pada Perkerasan Kaku

Dua hal yang perlu dipertimbangkan dalam membuat desain tebal perkerasan beton, diantaranya:

a. Retak Lelah (*Fatigue*)

Jumlah repetisi beban yang diizinkan (*Nf*) untuk nilai beban sumbu tertentu dapat dihitung menggunakan formula sebagai berikut:

$$\log_{10} Nf = \left(\frac{0,9719 - Sr}{0,0828} \right) \text{ Jika } Sr > 0,55 \quad (2.11)$$

$$Nf = \left(\frac{4,258}{Sr - 0,4325} \right)^{3,268} \text{ Jika } 0,45 \leq Sr \leq 0,55 \quad (2.12)$$

$$Sr = \frac{4,258}{0,944 f_{cf}} \left(\frac{PLSF}{4,45F1} \right)^{0,94} \quad (2.13)$$

Keterangan:

Se	: tegangan ekuivalen beton (MPa)
fcf	: kuat lentur karakteristik desain pada umur beton 28 hari (MPa)
P	: beban kelompok sumbu (kN)
LSF	: faktor load safety
F1	: 9 untuk sumbu tunggal dengan roda tunggal (STRT)
	: 18 untuk sumbu tunggal dengan roda ganda (STRG)
	: 18 untuk sumbu tandem dengan roda tunggal (STdRT)
	: 36 untuk sumbu tandem dengan roda ganda (STdRG)
	: 54 untuk sumbu tridem dengan roda ganda (STrRG)
	: 72 untuk sumbu empat dengan roda ganda (SQdRG) <i>Nf</i>

- : tak terhingga jika nilai S_r kurang dari 0,45
- D : tebal pelat beton (mm)
- Ef : CBR Tanah Dasar Efektif (%)

b. Kerusakan Erosi

Jumlah beban yang diizinkan (N_e) untuk nilai beban sumbu tertentu dapat dihitung menggunakan formula sebagai berikut:

- F2 : penyesuaian untuk efek pada sisi pelat
 : 0,06 untuk pelat dengan bahu bukan beton
 : 0,94 untuk pelat dengan bahu beton
- F3 : faktor erosi
- F4 : penyesuaian beban untuk erosi karena kelompok sumbu
 : 9 untuk sumbu tunggal dengan roda tunggal (STRT)
 : 18 untuk sumbu tunggal dengan roda ganda (STRG)
 : 18 untuk sumbu tandem dengan roda tunggal (STdRT)
 : 36 untuk sumbu tandem dengan roda ganda (STdRG)
 : 54 untuk sumbu tridem dengan roda ganda (STrRG)
 : 54 untuk sumbu empat dengan roda ganda (SQdRG)

Tabel 2.13: Koefisien untuk Prediksi Tegangan Ekuivalen (S_e) (MDPJ, 2024).

Koefisien	Dengan Bahu Beton			
	Jenis Kelompok Gandar			
	STRT	STRG	STdRG & STdRT	STrRG & SQdRG
a	-0,051	0,330	0,088	-0,145
b	26,0	206,5	301,5	258,6
c	0,0899	-0,4684	-0,1846	0,0080
d	35774	28661	4418	1408
e	-0,0376	0,1650	0,0939	0,0312
f	14,57	2,82	-59,93	-61,25
g	-861548	-686510	280297	488079
h	0,0031	-0,0186	-0,0128	-0,0058
i	1,3098	1,9606	4,1791	4,7428
j	-4009	-2717	1768	2564

Tabel 2.14: Koefisien untuk Prediksi Faktor Erosi (F3) untuk beton JPCP (MDPJ, 2024).

Koefisien	Dengan Bahu Beton			
	Jenis Kelompok Gandar			
	STRT	STRG	STdRG & STdRT	STrRG & SQdRG
a	0,345	0,914	1,564	2,104
b	534,6	539,8	404,1	245,4
c	-0,1711	-0,1416	-0,1226	-0,2473
d	-44,908	-44900	-32024	-15007
e	0,0347	0,0275	0,0256	0,0469
f	20,49	16,37	-9,79	8,86
g	1676710	1654590	1150280	518916
h	-0,0038	-0,0032	-0,0052	-0,0075
i	-1,3829	0,9584	2,1997	1,5517
j	-913	-765	469	-599

2.15 Tulangan

Tujuan utama penulangan adalah:

- Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan.
- Memungkinkan penggunaan pelat beton yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan.

Jumlah tulangan yang diperlukan dipengaruhi oleh jarak sambungan susut, sedangkan dalam hal beton bertulang menerus, diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut.

A. Tulangan Pada Perkerasan Beton Semen Bersambung Dengan Tulangan

Pada perkerasan semen bersambung dengan tulangan diperlukan tulangan dengan luas penampang tulangan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$A_s = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s} \quad (2.14)$$

Keterangan:

- As : Luas penampang tulangan baja (mm²/m lebar pelat)
 Fs : Kuat tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya sebesar 0,6 kali tegangan leleh
 G : Percepatan gravitasi (m/detik²)
 H : Tebal pelat beton (m)
 L : Jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi bebas pelat (m)
 M : Berat per satuan volume pelat (kg/m³)
 μ : Koefisien gesekan antara pelat beton dan fondasi bawah

B. Tulangan Pada Perkerasan Beton Semen Menerus Dengan Tulangan

a. Penulangan Memanjang

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

$$P_s = \frac{(100 \times f_{ct} \times (1,3 - 0,2\mu))}{f_y - n \times f_{ct}} \quad (2,15)$$

Keterangan:

- Ps : Persentase persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang beton (%)
 f_{ct} : Kuat tarik langsung beton = (0,4-0,5 f_{cf}) (kg/cm²)
 f_y : Tegangan leleh rencana baja (kg/cm²)
 n : Koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

Tabel 2.15: Hubungan Kuat Tekan Beton dan Angka Ekuivalen Baja (MDPJ, 2024)

f'c (kg/cm ²)	N
175-225	10
235-285	8
≥290	6

Persentase minimum dari tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6% luas penampang beton. Jumlah optimum tulangan memanjang, perlu dipasang agar jarak dan lebar retakan dapat dikendalikan.

Secara teoritis jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut:

$$Lcr = \frac{f^2_{ct}}{n \times p^2 \times u \times f_b (\epsilon_s \times E_c - f_{ct})} \quad (2.16)$$

Keterangan:

Lcr : jarak teoritis antara retakan (cm)

P : perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton

u : perbandingan keliling terhadap luas tulangan = $4/d$

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

εs : koefisien susut beton = (400×10^{-6})

fc : kuat tarik langsung beton = $(0,4-0,5 f_{cf})$ (kg/cm²)

n : angka ekuivalensi antara baja dan beton = (E_s/E_c)

Ec : modulus elastisitas beton = $14.850\sqrt{f'_c}$ (kg/cm²)

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

Untuk menjamin agar didapat retakan-retakan yang halus dan jarak antara retakan yang optimum, maka:

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

b. Penulangan melintang

Luas tulangan melintang (As) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung menggunakan Persamaan 2.16. Tulangan melintang direkomendasikan sebagai berikut:

- a. Diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12 mm.

- b. Jarak maksimum tulangan dari sumbu ke sumbu 75 cm.
- c. Penempatan tulangan.

2.16 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk:

- a. Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan.
- b. Pengaruh lenting (curling/warping) serta beban lalu lintas.
- c. Memudahkan pelaksanaan.
- d. Mengakomodasi gerakan pelat.

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain:

- a. Sambungan memanjang.
- b. Sambungan melintang.
- c. Sambungan isolasi.

Semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu harus diberi bahan pengisi (*joint filler*).

A. Sambungan Memanjang dengan Batang Pengikat (*Tie Bars*)

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 BJTU- 24 dan berdiameter 16 mm.

Ukuran batang pengikat dihitung dengan persamaan 2.17 dan 2.18.

$$At = 204 \times b \times h \quad (2.17)$$

$$l = (38,3 \times \phi) + 75 \quad (2.18)$$

Keterangan:

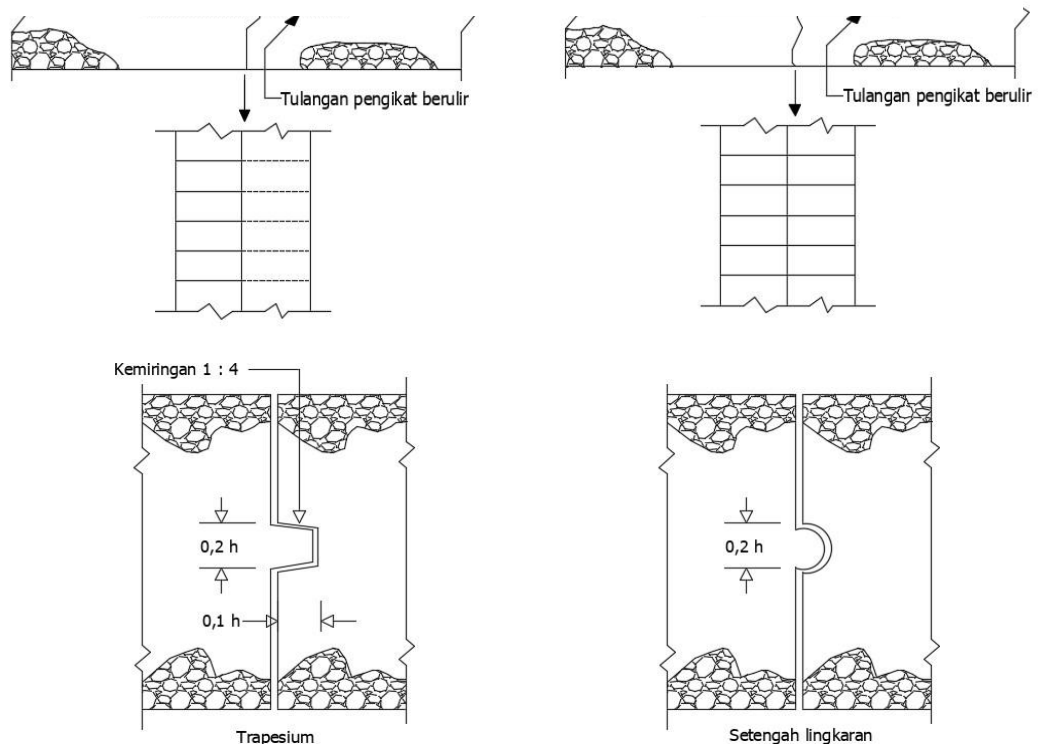
- At : Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm²)
- b : Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m)
- h : Tebal pelat (m)
- l : Panjang batang pengikat (mm)
- ϕ : Diameter batang pengikat yang dipilih (mm)

Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 70 cm. Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada Gambar 2.14.

B. Sambungan Pelaksanaan Memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.15

Gambar 2.14: Tipikal Sambungan Memanjang (MDPJ, 2024).



Gambar 2.15: Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang (MDPJ, 2024).

Sebelum penghamparan pelat beton di sebelahnya, permukaan sambungan pelaksanaan harus dicat dengan aspal atau kapur tembok untuk mencegah terjadinya ikatan beton lama dengan yang baru.

C. Sambungan Susut Memanjang

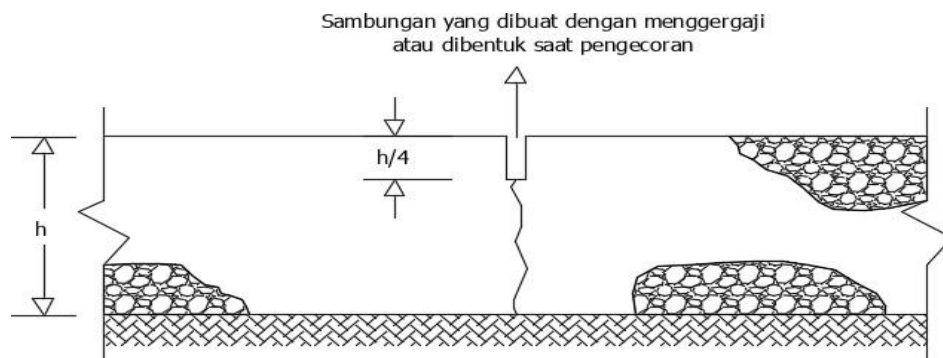
Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih plastis dengan kedalaman sepertiga dari tebal pelat.

D. Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang

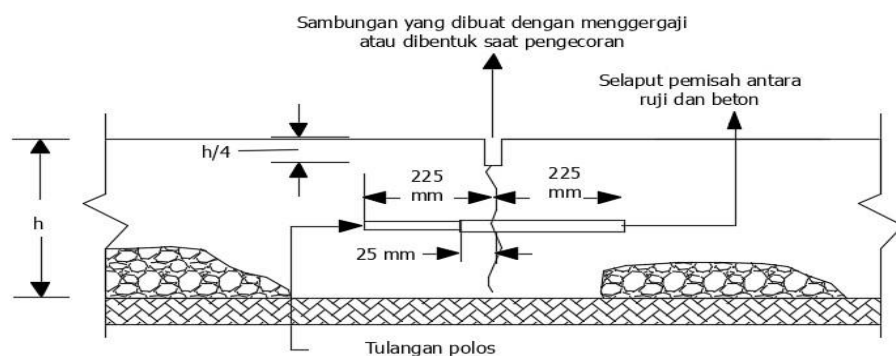
Ujung sambungan ini harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang jalan dan tepi perkerasan. Untuk mengurangi beban dinamis, sambungan melintang harus dipasang dengan kemiringan 1:10 searah perputaran jarum jam.

E. Sambungan Susut Melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.16 dan Gambar 2.17.



Gambar 2.16: Sambungan Susut Melintang Tanpa Ruji (MDPJ, 2024)



Gambar 2.17: Sambungan Susut Melintang dengan Ruji (MDPJ, 2024).

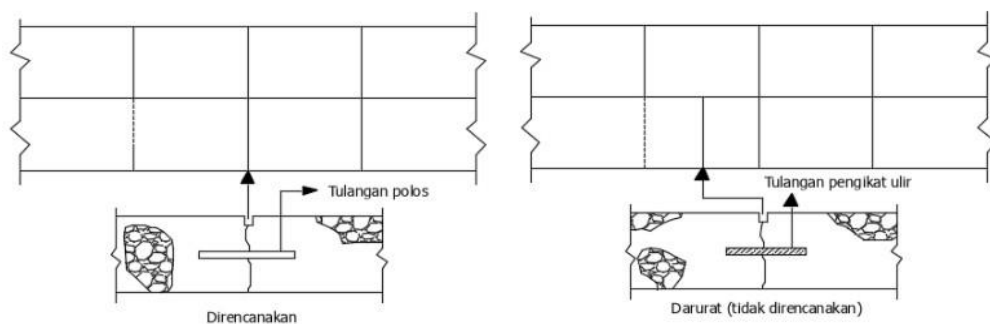
Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada Tabel 2.18 dan 2.19.

Gambar 2.18: Diameter Ruji (MDPJ, 2024).

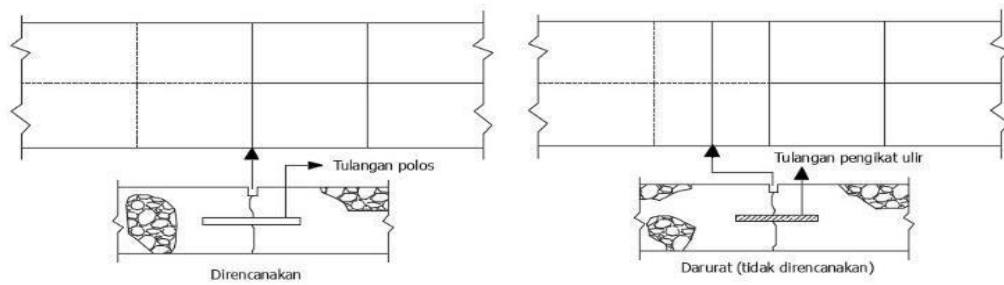
No	Tebal Pelat Beton, h (mm)	Diameter Ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36
6	$250 < h \leq 300$	38

F. Sambungan Pelaksanaan Melintang

Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan (darurat) harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan pada sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan di tengah tebal pelat. 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.



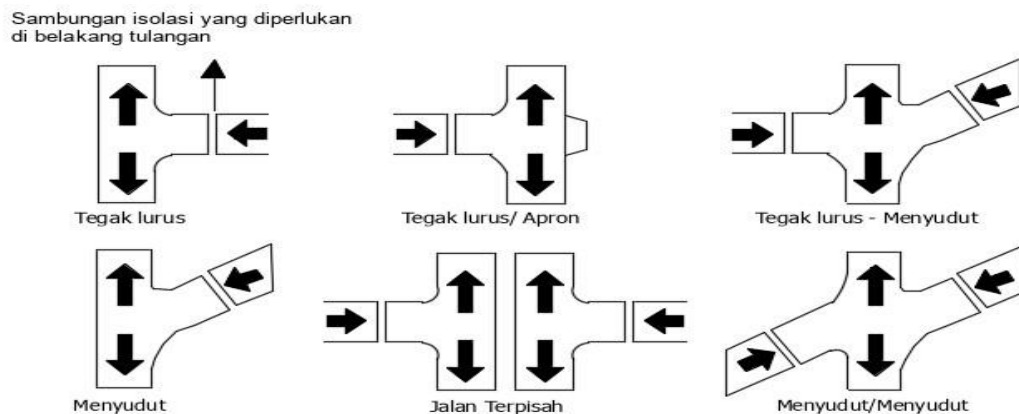
Gambar 2.19: Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur (MDPJ, 2024).



Gambar 2.20: Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan (MDPJ, 2024).

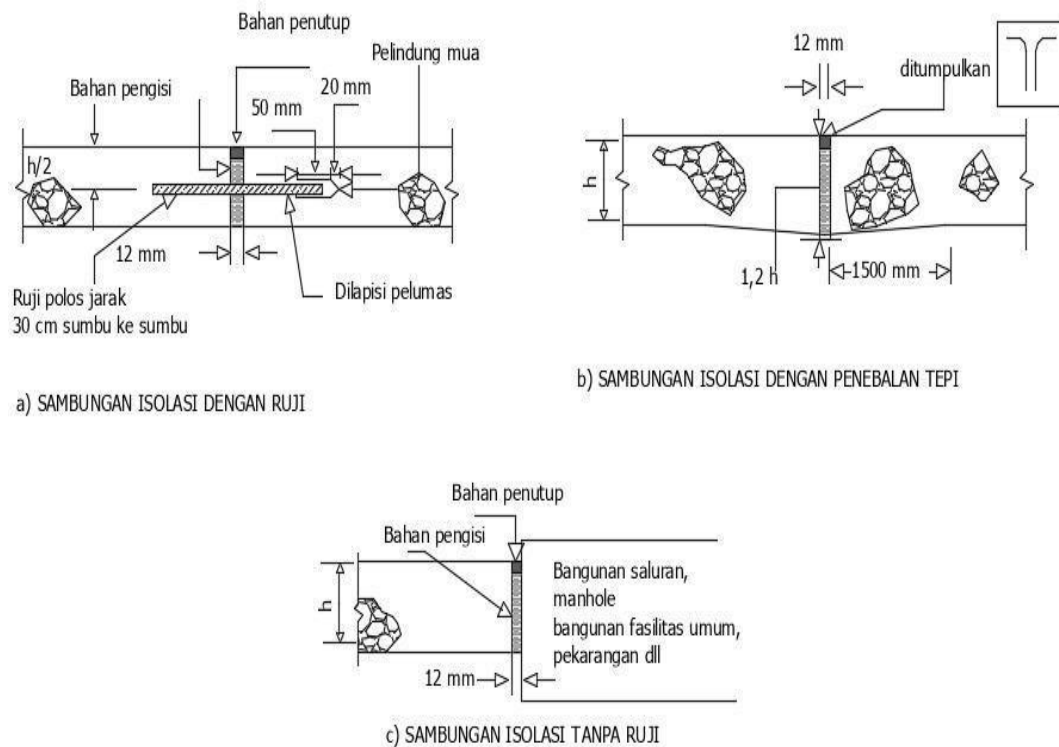
G. Sambungan Isolasi

Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya *manhole*, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan, dan lain sebagainya. Contoh persimpangan yang membutuhkan sambungan isolasi diperlihatkan pada Gambar 2.22.



Gambar 2.21: Contoh persimpangan yang membutuhkan sambungan isolasi (MDPJ, 2024).

Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5-7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*) sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.23.

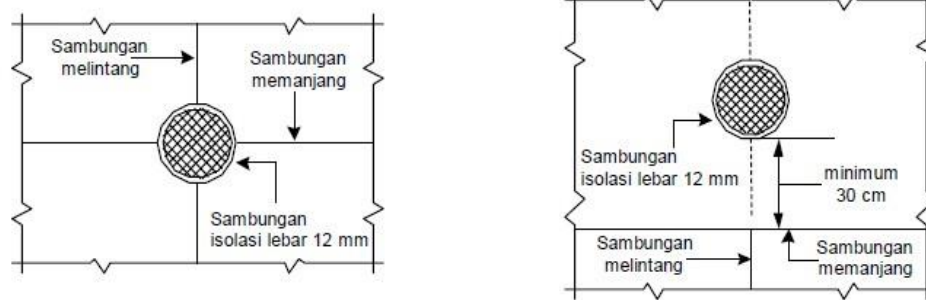


Gambar 2.22: Sambungan Isolasi (MDPJ, 2024).

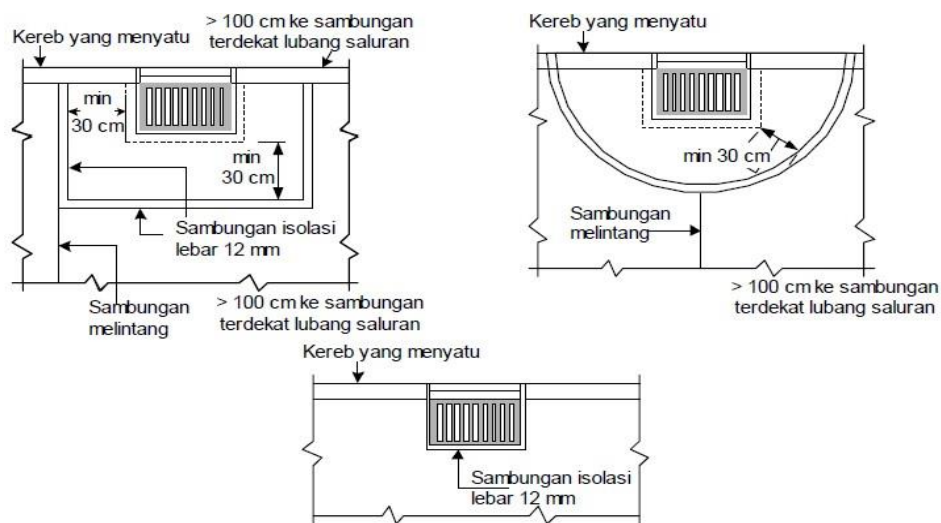
Isolasi yang digunakan pada bangunan lain, seperti jembatan perlu pemasangan ruji sebagai transfer beban. Pada ujung ruji harus dipasang pelindung muai agar ruji dapat bergerak bebas. Pelindung muai harus cukup panjang sehingga menutup ruji 50 mm dan masih mempunyai ruang bebas yang cukup dengan panjang minimum lebar sambungan isolasi ditambah 6 mm.

Sambungan isolasi pada persimpangan dan ram tidak perlu diberi ruji tetapi diberikan penebalan tepi untuk mereduksi tegangan. Setiap tepi sambungan ditebalkan 20% dari tebal perkerasan sepanjang 1,5 m.

Sambungan isolasi yang digunakan pada lubang masuk ke saluran, manhole, tiang listrik, dan bangunan lain yang tidak memerlukan penebalan tepi dan ruji, ditempatkan di sekeliling bangunan tersebut.



Gambar 2.23: Tampak Atas Penempatan Sambungan Isolasi Pada Manhole (MDPJ, 2024).



Gambar 2.24: Tampak Atas Penempatan Sambungan Isolasi Pada Lubang Masuk (MDPJ, 2024).

2.17 Penutup Sambungan

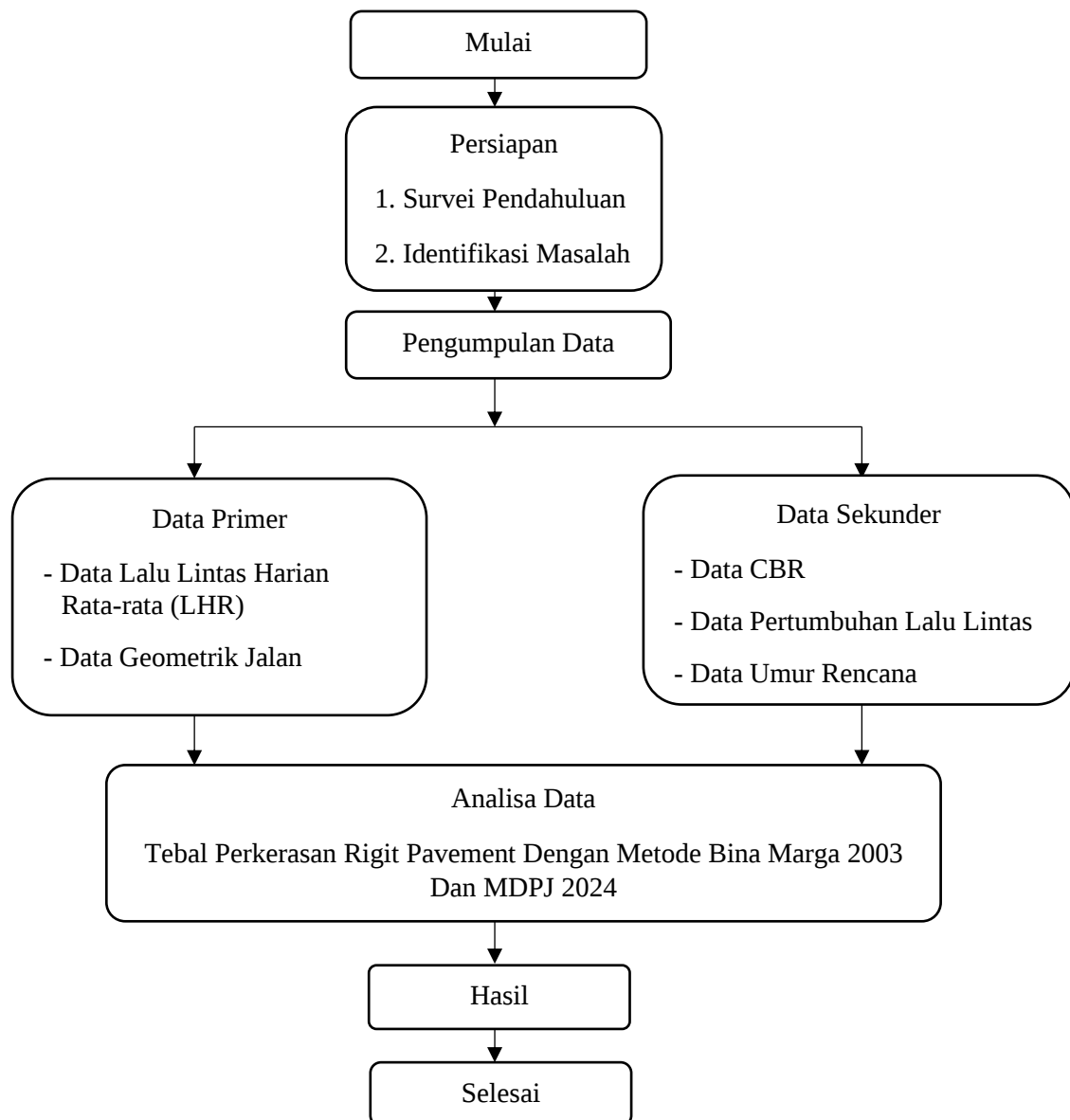
Penutup sambungan dimaksudkan untuk mencegah masuknya air benda lain ke dalam sambungan perkerasan. Benda-benda lain yang masuk ke dalam sambungan dapat menyebabkan kerusakan berupa gompal dan pelat beton yang saling menekan ke atas (*blow up*).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

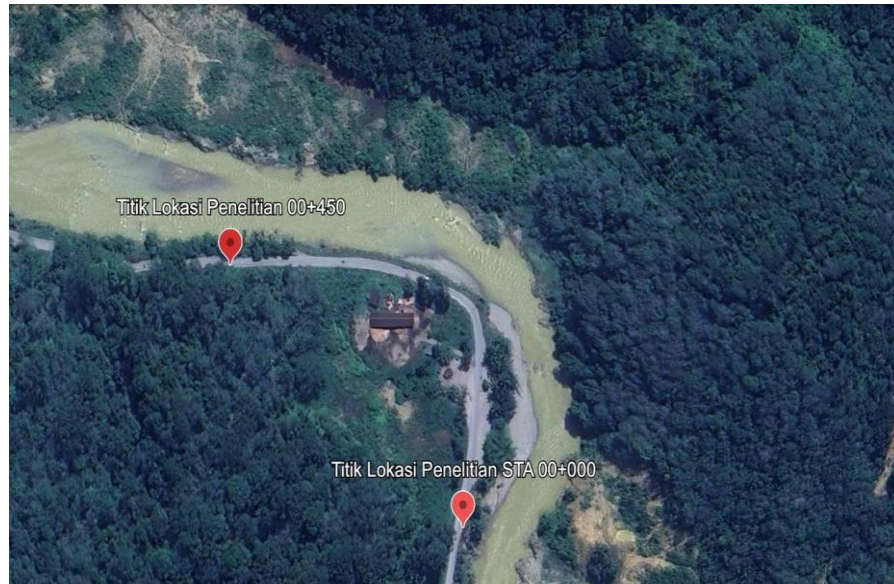
Tahapan penyusunan tugas akhir ini mengikuti Langkah-langkah yang terlihat dalam bagan alir berikut.



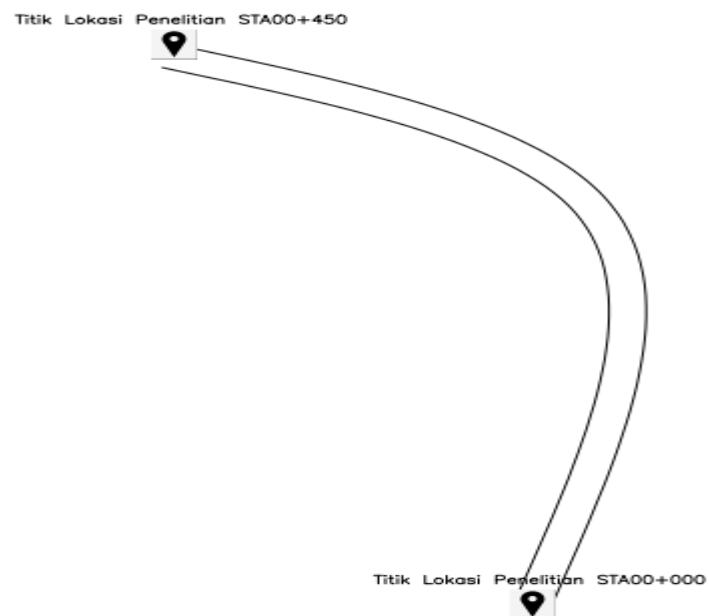
Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

3.2 Peta Lokasi Penelitian

Studi perbandingan metode lapis perkerasan kaku ini berlokasi di ruas Jalan Jembatan Merah , Kab. Mandailing Natal , STA 00+000 s/d 0+450.



Gambar 3.2: Lokasi Penelitian.



Gambar 3.3: Denah Lokasi Penelitian.

3.3 Persiapan

Tahap persiapan adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan sebelum memulai pengumpulan dan pengolahan data. Pada tahap awal ini, hal-hal penting yang harus segera dilakukan disusun dengan tujuan untuk mengefektifkan waktu dan pekerjaan.

Tahap persiapan ini meliputi kegiatan-kegiatan berikut:

- a. Studi literatur terhadap materi untuk menentukan tebal perkerasan kaku jalan raya.
- b. Menentukan kebutuhan data.
- c. Survei pada instansi-instansi yang dapat dijadikan narasumber data.
- d. Pengadaan persyaratan administrasi untuk perencanaan data.
- e. Survei lokasi untuk mendapatkan gambaran umum kondisi proyek.

Persiapan di atas harus dilakukan dengan cermat untuk menghindari pekerjaan yang berulang, sehingga tahap pengumpulan data menjadi optimal.

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan kegiatan yang sangat penting dan sangat berpengaruh terhadap keberhasilan dari analisis yang dilakukan, karena seluruh tahap-tahap dalam menentukan tebal perkerasan kaku jalan raya sangat tergantung pada keadaan data.

Tujuan dari tahapan ini adalah untuk mendapatkan seluruh data yang akan digunakan dalam menentukan tebal perkerasan kaku jalan raya pada jalan Jembatan Merah Muarasoma.

Data yang diperlukan untuk merencanakan tebal perkerasan kaku jalan Jembatan Merah Muarasoma meliputi data primer dan data sekunder.

3.4.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil survei dan penelitian di lapangan. Dalam penulisan Tugas Akhir ini, data primer mencakup data volume lalu lintas harian rata-rata (LHR), tebal perkerasan kaku jalan raya, dan data geometrik jalan atau data pendukung jalan lainnya. Data yang diperoleh dari hasil pengamatan

tersebut akan digunakan untuk mengestimasi jumlah lalu lintas harian rata-rata kendaraan yang melewati jalan tersebut. Menurut Sukirman (1999), perhitungan lalu lintas harian rata-rata (LHR) dapat dilakukan selama 3 x 16 jam atau 3 x 24 jam secara terus menerus. Perhitungan ini memperhatikan faktor hari, bulan, dan musim, di mana data LHR yang representatif dapat diperoleh. Untuk mengetahui semua fasilitas dan kondisi geometri jalan serta kondisi kepadatan lalu lintas di Jalan Jembatan Merah – Muarasoma, berikut data-data yang telah peneliti survei di lapangan.

A. Survei Volume Lalu Lintas

Pada perencanaan ini, data LHR diperoleh langsung dari pengamatan di lapangan pada STA 00+025, yaitu data yang diambil adalah jumlah kendaraan tertinggi per jenisnya setiap hari. Jumlah keseluruhan LHR inilah yang akan digunakan dalam desain. Untuk lebih jelasnya, LHR yang diperoleh dari pengamatan di lapangan dapat dilihat pada tabel-tabel berikut.

1. Tabel LHR kondisi Perkerasan Kaku (*Rigit Pavement*)

Tabel 3.1: Data LHR kondisi Perkerasan kaku pada Tahun 2025 (*Rigit Pavement*).

Jenis kendaraan	Jumlah Kendaraan (kend / hari)
Mobil Penumpang	1112
Bus	114
Truk(2as,3as,5as)	715
Total	1941

2. Tabel LHR kondisi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Tabel 3.2: Data LHR di Jalan Jembatan Merah 2025 (Survey Lapangan dari jam 06.00 - 18.00 , H1, Senin).

Jam	Mobil Penumpang	Bus	Truk 2 as	Truk 3 as	Truk 5 as
06:00	10	3	24	2	0
07:00	25	0	1	0	1
08:00	12	1	8	1	2
09:00	25	0	3	1	0
10:00	23	4	2	0	1
11:00	20	0	1	0	0
12:00	13	1	7	1	2
13:00	20	0	2	12	0
14:00	18	0	15	2	1
15:00	19	4	5	8	1
16:00	14	4	2	2	0
17:00	20	3	5	1	3
18:00	21	0	0	0	0
Jumlah	240	20	75	32	11

Tabel 3.3: Data LHR di Jalan Jembatan Merah 2025 (Survey Lapangan dari jam 06.00 - 18.00 , H1, Selasa).

Jam	Mobil Penumpang	Bus	Truk 2 as	Truk 3 as	Truk 5 as
06:00	16	3	24	0	0
07:00	15	0	1	0	1
08:00	18	1	8	0	0
09:00	15	0	3	1	0
10:00	16	2	2	0	0
11:00	15	0	1	0	0
12:00	13	2	7	1	2
13:00	21	0	2	12	0
14:00	19	0	10	2	1
15:00	17	2	5	8	0
16:00	15	4	2	2	1
17:00	21	3	5	1	2
18:00	18	0	0	0	0
Jumlah	220	17	70	29	7

Tabel 3.4: Data LHR di Jalan Jembatan Merah 2025 (Survey Lapangan dari jam 06.00 - 18.00 , H3, Rabu).

Jam	Mobil Penumpang	Bus	Truk 2 as	Truk 3 as	Truk 5 as
06:00	13	3	24	0	0
07:00	12	1	1	0	1
08:00	14	1	8	0	1
09:00	10	0	3	1	0
10:00	19	2	2	0	1
11:00	11	0	1	0	0
12:00	13	2	7	1	2
13:00	16	0	2	12	0
14:00	15	1	10	2	1
15:00	12	2	5	8	0
16:00	14	4	2	2	1
17:00	19	3	5	1	2
18:00	10	0	0	0	0
Jumlah	178	19	70	29	10

Tabel 3.5: Data LHR di Jalan Jembatan Merah 2025 (Survey Lapangan dari jam 06.00 - 18.00 , H3, Kamis).

Jam	Mobil Penumpang	Bus	Truk 2 as	Truk 3 as	Truk 5 as
06:00	13	3	24	0	0
07:00	12	1	1	0	1
08:00	12	1	8	0	0
09:00	10	0	3	1	0
10:00	12	2	2	0	0
11:00	11	4	1	0	0
12:00	10	2	7	1	2
13:00	13	0	2	6	0
14:00	13	1	5	2	1
15:00	12	2	6	8	0
16:00	14	0	2	2	1
17:00	10	3	5	1	2
18:00	8	0	0	0	0
Jumlah	150	19	66	23	7

Tabel 3.6: Data LHR di Jalan Jembatan Merah 2025 (Survey Lapangan dari jam 06.00 - 18.00 , H3, Jumat).

Jam	Mobil Penumpang	Bus	Truk 2 as	Truk 3 as	Truk 5 as
06:00	13	3	24	0	0
07:00	12	1	1	0	1
08:00	14	0	8	0	0
09:00	10	0	3	1	0
10:00	19	2	2	0	0
11:00	11	0	1	0	0
12:00	13	1	7	1	1
13:00	10	0	2	8	0
14:00	15	1	1	2	1
15:00	10	1	5	8	0
16:00	14	1	2	2	1
17:00	19	0	5	1	1
18:00	10	0	0	0	0
Jumlah	170	10	61	25	5

Tabel 3.7: Data LHR di Jalan Jembatan Merah 2025 (Survey Lapangan dari jam 06.00 - 18.00 , H1, Sabtu).

Jam	Mobil Penumpang	Bus	Truk 2 as	Truk 3 as	Truk 5 as
06:00	14	3	24	0	0
07:00	14	1	1	0	1
08:00	14	1	8	0	0
09:00	13	0	3	1	1
10:00	19	2	2	0	0
11:00	11	0	1	0	0
12:00	13	2	7	1	1
13:00	16	0	2	12	0
14:00	15	1	10	2	1
15:00	12	2	5	8	0
16:00	14	4	2	2	1
17:00	19	3	5	1	1
18:00	10	0	0	1	0
Jumlah	185	19	70	30	6

Tabel 3.8: Data LHR di Jalan Jembatan Merah 2025 (Survey Lapangan dari jam 06.00 - 18.00 , H3, Minggu).

Jam	Mobil Penumpang	Bus	Truk 2 as	Truk 3 as	Truk 5 as
06:00	13	2	10	0	0
07:00	12	1	1	0	1
08:00	14	1	3	0	0
09:00	10	0	3	1	1
10:00	10	1	2	0	0
11:00	11	0	1	0	1
12:00	13	2	7	1	2
13:00	16	0	2	12	0
14:00	15	1	5	2	1
15:00	12	1	5	8	0
16:00	14	1	2	2	1
17:00	19	0	5	1	2
18:00	10	0	0	1	0
Jumlah	169	10	50	30	9

B. Geometrik Jalan

Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara dengan kontraktor, diketahui bahwa ruas jalan yang diamati berstatus sebagai jalan lokal perkotaan. Ruas Jalan Jembatan Merah – Muarasoma memiliki tipe jalan 2 lajur 2 arah terbagi (2/2UD). Kondisi geometrik jalan adalah sebagai berikut:

1) Data Umum

- a. Lokasi : Jembatan Merah - Muarasoma
- b. Tipe Jalan : Dua lajur dua arah (2/2UD)
- c. Panjang Jalan : 1,50 Km
- d. Lebar Jalan : 6 m
- e. Lebar Lajur : 3 m
- f. Lebar Bahu Jalan : 0,5 m
- g. Umur Rencana : 20 Tahun
- h. Jalan di buka sepenuhnya : 2028

2) Data lalu lintas

Data lalu lintas harian rata rata (LHR) tahun 2024 berdasarkan hasil survey pada kawasan Jembatan Merah – Muarasoma sebagai berikut , di ambil pada hari lalu lintas yang terpadat yaitu:

a. Kendaraan (lampiran data lalu lintas)

LHR diambil pada hari terpadat setiap kendaraannya yaitu:

Mobil Penumpang	: 240 Kendaraan/Hari/2 Arah
Bus	: 20 Kendaraan/Hari/2 Arah
Truk 2 as	: 75 Kendaraan/Hari/2 Arah
Truk 3 as	: 32 Kendaraan/Hari/2 Arah
Truk 5 as	: 11 Kendaraan/Hari/2 Arah

b. Perkembangan Lalu lintas selama pelaksanaan $i = 5\%/Tahun$

c. Perkembangan Lalu Lintas akhir umur rencana $i = 6\%/Tahun$

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi yang terkait seperti Dinas Pekerjaan Umum Pemerintah Kota Medan. Data sekunder yang dibutuhkan meliputi nilai CBR, Data Umur Rencana, dan Data Pertumbuhan Lalu Lintas.

Berikut ini adalah data-data perencanaan yang didapat dari Dinas Pekerjaan Umum Pemerintah Kota Medan sebagai berikut:

- | | |
|------------------------------------|------------|
| a. CBR tanah dasar | = 6 % |
| b. Kuat tekan beton (f'_c) | = 30 Mpa |
| c. Pertumbuhan lalu lintas (i) | = 6 % |
| d. Umur rencana (UR) | = 20 tahun |

3.5 Metode Pengolahan Data

Berdasarkan data primer dan data sekunder tersebut, langkah selanjutnya untuk menentukan tebal perkerasan yang direncanakan adalah dengan menghitung lalu lintas harian rata-rata (LHR), pengaruh CBR tanah dasar, dan tingkat pertumbuhan lalu lintas. Pengolahan data dilakukan secara manual berdasarkan teori-teori yang telah dikemukakan.

3.6 Metode Analisa Data

Metode yang digunakan dalam menganalisis data penelitian ini adalah metode analisis komponen dan pedoman perencanaan tebal perkerasan kaku jalan raya dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga.

3.7 Analisa Data

Analisis perencanaan tebal perkerasan kaku (*Rigit Pavement*) jalan raya meliputi langkah-langkah berikut:

- a. Menentukan umur rencana (UR).
- b. Menentukan CBR.
- c. Menentukan faktor pertumbuhan lalu lintas (i).
- d. Data lalu lintas (LHR - Lalu lintas Harian Rata-rata)
- e. Menentukan kuat tekan beton ($f'c$)
- f. Menganalisis penentuan lapisan perkerasan kaku jalan Jembatan Merah.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Dan Pembahasan

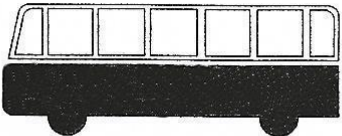
Penelitian yang dilakukan di Jalan Jembatan Merah, Kabupaten Mandailing Natal pada hari Senin 15 April 2025 s/d 21 April 2025, mulai pukul 06.00 – 18.00 WIB, menghasilkan data jumlah LHR (Lalu lintas Harian Rata-rata) dan data geometrik jalan yang merupakan data mentah, sehingga masih harus disusun terlebih dahulu untuk kemudian diadakan perhitungan masing- masing data di lokasi survei, untuk mengetahui tahap perencanaan perkerasan rigid pada Jalan Jembatan Merah.

Pengolahan data ini akan mencakup perhitungan volume lalu lintas, klasifikasi kendaraan, serta analisis dimensi geometrik jalan yang meliputi lebar lajur, lebar bahu, dan kemiringan melintang. Hasil akhir dari pengolahan data ini akan menjadi dasar yang sangat penting dalam tahap perencanaan teknis, khususnya untuk merancang struktur perkerasan jalan tipe rigid (kaku) yang sesuai dengan kondisi aktual di lokasi. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk mengumpulkan data semata, tetapi juga merupakan langkah awal yang krusial dalam upaya peningkatan kualitas infrastruktur jalan di kawasan tersebut, guna menunjang kelancaran arus transportasi dan mendorong pertumbuhan ekonomi lokal secara berkelanjutan.

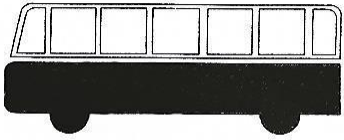
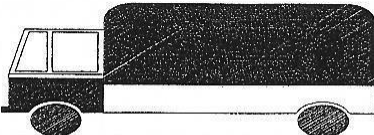
4.1.1 Perhitungan Beban As Masing-Masing Kendaraan

Jenis kendaraan yang diperoleh merupakan hasil dari pengujian jembatan Merah. Hasil pengujian jembatan Merah dibuat sama dengan penggolongan kendaraan pada jalan tol yaitu Golongan I, Golongan II, Golongan III, Golongan IV, Golongan V. Perhitungan beban as masing-masing kendaraan menggunakan formulasi pada konfigurasi beban as masing-masing kendaraan. Hasil perhitungan konfigurasi beban as kendaraan seperti ditunjukkan dalam distribusi beban as kendaraan, maka hasil perhitungan beban as masing-masing kendaraan yang akan digunakan sebagai parameter perencanaan ditunjukkan dalam Tabel 4.1.

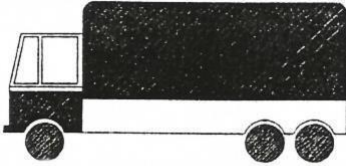
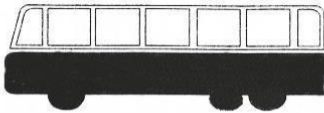
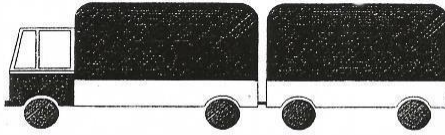
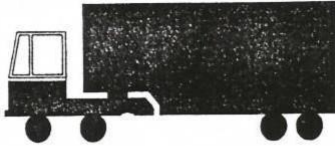
Tabel 4.1: Beban As Masing-masing Kendaraan.

Pickup (Gol.I)	 Sedan, Jeep, Station Wagon,	
Beban Kendaraan (ton)	3,75	
Distribusi beban as	0,50	0,50
Beban as (ton)	1,875	1,875
Bus Ringan (Gol.I)	 Bus Ringan (BR 1.2)	
Beban Kendaraan (ton)	6,16	
Distribusi beban as	0,34	0,66
Beban as (ton)	2,094	4,066

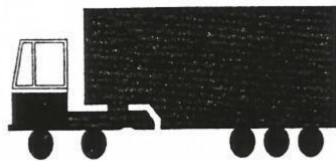
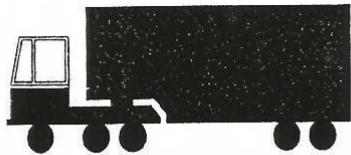
Tabel 4. 2 Beban As Masing-masing Kendaraan (Lanjutan)

Bus Besar (Gol.I)	 Bus Besar (BB 1.2)	
Beban Kendaraan (ton)	9,23	
Distribusi beban as	0,34	0,66
Beban as (ton)	3,138	6,94
Truk Ringan (Gol.II)	 Truk Ringan (TR 1.2)	
Beban Kendaraan (ton)	9,4	
Distribusi beban as	0,34	0,66
Beban as (ton)	3,196	6,094
Truk Berat (Gol.II)	 Truk Berat (TB 1.2)	
Beban Kendaraan (ton)	11,47	
Distribusi beban as	0,34	0,66
Beban as (ton)	3,899	7,570

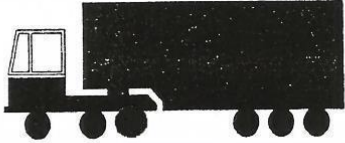
Tabel 4.3 Beban As Masing-masing Kendaraan (Lanjutan)

T 1.22 (Gol.III)	 T 1.22		
Beban Kendaraan (ton)	15,53		
Distribusi beban as	0,25	0,375	0,375
Beban as (ton)	3,883	5,824	5,824
BB 1.22 (Gol. III)	 Bus Besar (BB 1.22)		
Beban Kendaraan (ton)	12,8		
Distribusi beban as	0,25	0,375	0,375
Beban as (ton)	3,200	4,800	5,824
T 1.2-2.2 (Gol. IV)	 T 1.2 - 2.2		
Beban Kendaraan (ton)	29,29		
Distribusi beban as	0,18	0,24	0,24
Beban as (ton)	5,272	7,0296	7,0296
T 1.2-22 (Gol. IV)	 T 1.2 - 22		

Tabel 4.4 Beban As Masing-masing Kendaraan (Lanjutan)

Beban Kendaraan (ton)	31,09				
Distribusi beban as	0,15	0,25	0,30	0,30	
Beban as (ton)	4,664	7,773	9,327	9,372	
T 1.22-2 (Gol. IV)	 T 1.22 - 2				
Beban Kendaraan (ton)	30,50				
Distribusi beban as	0,15	0,30	0,30	0,25	
Beban as (ton)	4,575	9,150	9,150	7,625	
T 1.22-22 (Gol. V)	 T 1.2 - 222				
Beban Kendaraan (ton)	37.74				
Distribusi beban as	0,11	0,215	0,225	0,225	0,225
Beban as (ton)	4,151	8,114	8,4915	8,4915	8,4915
T 1.22-22 (Gol. V)	 T 1.22 - 22				
Beban Kendaraan (ton)	40,30				
Distribusi beban as	0,11	0,22	0,225	0,22	0,225
Beban as (ton)	4,433	8,666	9,068	8,666	9,068

Tabel 4.5 Beban As Masing-masing Kendaraan (Lanjutan)

T 1.22-222 (Gol. V)	 T 1.22 - 222					
Beban Kendaraan (ton)	45,50					
Distribusi beban as	0,09	0,17	0,17	0,19	0,19	0,19
Beban as (ton)	4,095	7,735	7,735	8,645	8,645	8,645

Berdasarkan hasil penimbangan terhadap beban sumbu pada setiap kelas kendaraan selanjutnya untuk memperoleh besaran ekuivalen beban sumbu standar (ESA) AASHTO untuk setiap sumbu pada setiap kelas kendaraan, sehingga diperoleh besaran nilai VDF AASHTO yang mewakili untuk setiap kelas kendaraan.

4.1.2 Volume Lalu Lintas

Hasil *analysis traffic* yang dilakukan saat studi analisis data pada ruas jalan Jembatan Merah sekitar dengan counting ditunjukkan dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Volume Lalu Lintas (kend/hari) Tahun 2025

Golongan dan Jenis Kendaraan	LHR 2025
(1) Mobil penumpang	1112
(2) Bus	114
(3) Truk 2 As	462
(4) Truk 3 As	198
(5) Truk 5 As	55

Akurasi data lalu lintas penting untuk menghasilkan desain perkerasan yang efektif. Dari data LHR akan ditentukan Lalu lintas Tahun rencana dan akan dikonversi dengan faktor ekuivalen beban untuk menghasilkan Beban Sumbu Standar Kumulatif.

4.1.3 Beban Sumbu Standar Kumulatif dan Sumbu Kendaraan Niaga

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Standard Axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana.

Adapun Sumbu Kendaraan Niaga Dalam pedoman desain perkerasan kaku Pd T-14-2003, desain perkerasan kaku didasarkan pada distribusi kelompok sumbu kendaraan niaga (*heavy vehicle axle group HVAG*).

Umur Rencana ditetapkan selama 20 tahun. Data LHR tahun 2025 tersebut kemudian dijadikan dasar perhitungan Beban Sumbu Standar Kumulatif dan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) yang melintas selama umur rencana.

Tabel 4.7 Nilai CESA4 dan CESA5 Untuk Perencanaan 20 Tahun

PERKIRAAN KUMULATIF BEBAN LALU LINTAS CESA4 & CESA5															
Golongan Kendaraan	LHR 2021	LHR 2022	LHR 2025	VDF4 Faktual	VDF4 Normal	VDF5 Faktual	VDF Normal	DD	DL	R (i=4,8%)		CESA4		CESA5	
										(3 tahun) (2022-2025)	(17 tahun) (2025-2041)	FAKTUAL (2022-2025)	NORMAL (2025-2041)	Beban Faktual (2022-2025)	Beban Normal (2025-2041)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
1	75178	75214,08544	75322,44572					0,5	0,8	3,15	25,39	0	0	0	0
2	8838	8842,24224	8854,981182					0,5	0,8	3,15	25,39	0	0	0	0
3	3080	3081,4784	3085,917859					0,5	0,8	3,15	25,39	0	0	0	0
4	0	0	0					0,5	0,8	3,15	25,39	0	0	0	0
5A	635	635,3048	636,2200781					0,5	0,8	3,15	25,39	0	0	0	0
5B	589	589,28272	590,1316945	1,2	1,2	1,3	1,3	0,5	0,8	3,15	25,39	325213,3475	2625099,34	352314,4598	2843857,619
6A	1497	1497,71856	1499,87631	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,8	3,15	25,39	344400,3829	2779975,745	275520,3063	2223980,596
6B	921	921,44208	922,7695936	3,8	0,8	5,5	0,7	0,5	0,8	3,15	25,39	1610330,608	2736521,214	2330741,669	2394456,062
7A1	338	338,16224	338,6494274	7,8	2,8	12,3	3,2	0,5	0,8	3,15	25,39	1213062,351	3514988,704	1912906,014	4017129,947
7A2	0	0	0	16,3	4,6	33,6	6,3	0,5	0,8	3,15	25,39	0	0	0	0
7A3								0,5	0,8	3,15	25,39	0	0	0	0
7B1		0	0					0,5	0,8	3,15	25,39	0	0	0	0
7B2		0	0	12,9	5,9	18,9	6,9	0,5	0,8	3,15	25,39	0	0	0	0
7B3		0	0					0,5	0,8	3,15	25,39	0	0	0	0
7C1	0	0	0	6,7	4,5	9,6	5,7	0,5	0,8	3,15	25,39	0	0	0	0
7C2A	0	0	0	12,8	6,6	21,5	8,6	0,5	0,8	3,15	25,39	0	0	0	0
7C2B	0	0	0	14,8	6,4	26,8	8,9	0,5	0,8	3,15	25,39	0	0	0	0
7C3	0	0	0	14,8	7	44,2	9,6	0,5	0,8	3,15	25,39	0	0	0	0
7C4		0	0	20,8				0,5	0,8	3,15	25,39	0	0	0	0
8		0	0					0,5	0,8	3,15	25,39	0	0	0	0
											JUMLAH ESA	3493006,689	11656585	4871482,45	11479424,22
											ESA	2,E+07		2,E+07	
												CESA4		CESA5	

Dengan telah diketahuinya jumlah CESA (Kumulatif beban sumbu standar ekuivalen selama umur rencana) selanjutnya dapat menentukan prosedur perhitungan tebal perkerasan menggunakan bagan yang terdapat pada MDP 2024. Pada perhitungan tabel diatas dapat diketahui LHR tahun rencana, LHR setelah peningkatan dan LHR pada periode sudah terkendali dengan $i=4,8\%$ untuk $R=20$ tahun.

Tabel 4.8 Perkiraan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga dan Repitisi Sumbu Rencana

ANALISIS JUMLAH SUMBU KENDARAAN NIAGA (JSKN)																
Jenis Kendaraan	Konfigurasi Beban Sumbu (ton)					Jumlah Kendaraan (bh)	Jumlah Sumbu per Kendaraan (bh)	Jumlah Sumbu (bh)	STRT		STRG		STdRG		STrRG	
	Roda Depan	Roda Belakang	Roda Ganda Depan	Roda Ganda Belakang	Roda Ganda Belakang				BS (ton)	JS (bh)	BS (ton)	JS (bh)	BS (ton)	JS (bh)	BS (ton)	JS (bh)
1	2					3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Mobil Pribadi	2	2	0	0	0	8832	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mobil Penumpang	2	2	0	0	0	3080	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Mobil Hantar	2	4	0	2	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
									3	0						
Bus Kecil	2	4	0	2	0	635	2	1270	3	635	5	635	0	0	0	0
Truk 2 as Kecil	2	4	0	2	0	1497	2	2994	2	1497	0	0	0	0	0	0
									4	1497						
Truk 2 as Besar	2	4	0	2	0	921	2	1842	5	921	8	921	0	0	0	0
Truk 3as	4	4	0	2	0	338	2	676	6	338	0	0	14	338	0	0
Truk Gandeng	6	12	4	6	0	118	4	0	6	0	0	0	14	0	0	0
									5	0						
									5	0						
Semi Trailer	6	12	2	6	0	309	3	0	6	0	0	0	14	0	20	0
Total								6782		4888		1556		338		0
STRT : Sumbu Tunggal Roda Tunggal						a. Umur Rencana (UR)		=	20 Tahun			JSKNH	6782			
STRG : Sumbu Tunggal Roda Ganda						b. Pertumbuhan Lalu Lintas (i)		=	10,00%							
STdRG : Sumbu Tunggal tandem Roda Ganda						c. $R = \frac{((1+i)^{UR}-1)}{i}$		=	57,27							
STrRG : Sumbu Tunggal trailer Roda Ganda						d. Koefisien distribusi Kendaraan (C)		=	0,5							
						f. $JSKN = 365 \times JSKNH \times R \times C$		=	70890126	Sumbu	7,E+07					
						e. JSKN Rencana ($0,7 \times JSKN$)		=	49623088	Sumbu	5,E+07					

Dengan Lalu lintas Rencana (JSKN) $\geq 5 \times 10^7$ berdasar perhitungan (Pd T-14-2003) Tabel 4.4 menggunakan Perkerasan kaku untuk jalan dengan lalu lintas berat dipilih jenis Perkerasan Beton Semen bersambung tanpa Tulangan (*Jointed Plain Concrete Pavement*).

4.2 CBR Tanah Dasar (Subgrade)

Berikut merupakan rekap data CBR (*California Bearing Ratio*) untuk nilai daya dukung tanah dari hasil pengambilan data lapangan.

Tabel 4.9 Data CBR

Uraian	Hasil	Spesifikasi
CBR	90%	90 Min

4.3 Data Uji Beton

Data beton yang digunakan sebagai perencanaan tebal perkerasan kaku seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.8

Tabel 4.10 Data Uji Beton

Mutu Beton	Kuat tekan (f_{cf}) umur beton 28 hari (Mpa)	Kuat Tarik lentur (f_r) beton umur 28 hari (MPa)
FC 25	25 Mpa	4,5 Mpa

4.4 Data Perencanaan Tebal Perkerasan

- Peranan Jalan : Jalan Arteri
- Tipe Jalan : 2 Lajur 2 arah
- Jenis Perkerasan Kaku : Beton Bersambung tanpa Tulangan
- Sumber data Lalu lintas : Perhitungan data lapangan
- Mutu Beton : FC 25
- Kuat Tarik Lentur Beton (f_{cf}) : 4,1 MPa
- Masa Konstruksi Peningkatan (n_1) : 1 tahun
(LaluLintas tetap berjalan)
- Umur Rencana (n_2) : 20 tahun
- Faktor Keamanan Beban : 1,2
- CBR Tanah Dasar (*Subgrade*) : 6%
- CBR *Subgrade* efektif : 75%
- Tipe dan Tebal *Subbase* : *Lean Mix Concrcrete* tebal 100 mm

- Bahu Jalan : Dengan Bahu Beton

4.5 Perhitungan Perkerasan dengan Metode Manual Desain Jalan 2024

Dalam menentukan tebal perkerasan digunakan metode perkerasan kaku antara lain sebagai berikut.

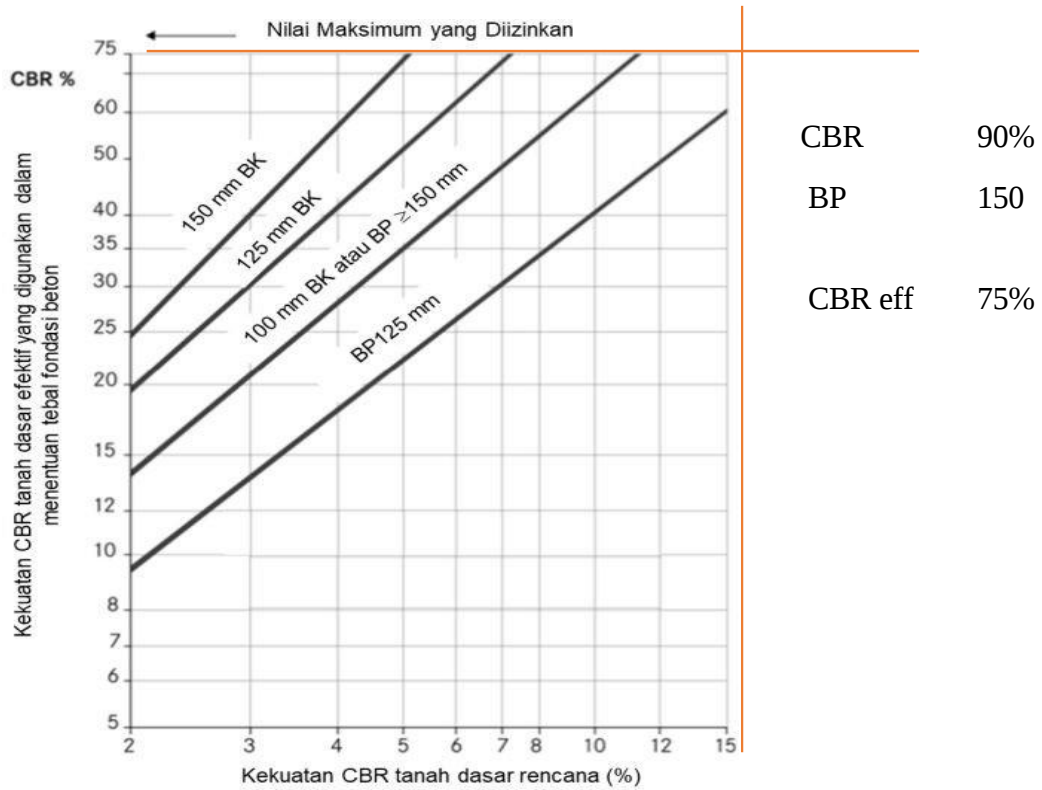
4.5.1 Penentuan Umur Rencana dan Jenis Perkerasan

Umur rancangan yang digunakan sebagai parameter perencanaan pada peningkatan jalan Jembatan Merah adalah 20 tahun, dengan Lalu lintas Rencana (JSKN) $\geq 5 \times 10^7$ menggunakan Perkerasan kaku untuk jalan dengan lalu lintas berat dipilih jenis Perkerasan Beton Semen bersambung tanpa Tulangan (*Jointed Plain Concrete Pavement*) JPCP dengan ketebalan minimum 250 mm.

4.5.2 Jenis dan Tebal Fondasi bawah

Tabel 4.11 Tebal fondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen

Lalu Lintas Desain (JSKN)	Jenis Lapis Fondasi
Sampai dengan 10^6	BP 125 mm
10^6 Sampai dengan 5×10^6	BK 100 mm atau BP 150 mm
5×10^6 Sampai dengan 1×10^7	BK 125 mm
Lebih dari 1×10^7	BK 150 mm



Gambar 4.1 CBR tanah dasar efektif dan tebal fondasi bawah

Tabel 4.12 Nilai koefisien gesekan (μ)

No.	Lapis Pemecah Ikatan	Koefisien Gesekan (m)
1	Lapis resap ikat aspal diatas permukaan	1.0
2	Fondasi bawah	1.5
3	Laburan lilin (paraffin) tipis pemecah ikat Karet kompon perawatan beton (a chlorinated rubber curing compound)	2.0

Tabel 4.13 Ketebalan beton minimum

Jenis Perkerasan	Lalu Lintas Rencana		
	$1 \times 10^6 \leq \text{JSKN} < 1 \times 10^7$	$1 \times 10^7 \leq \text{JSKN} < 5 \times 10^7$	$\text{JSKN} \geq 5 \times 10^7$
JPCP 150 mm 200 mm 250 mm	150	200	250
JRCP 150 mm 180 mm 230 mm		180	230
CRCP 150 mm 180 mm 230 mm		180	230

Tabel 4.14 Konfigurasi sumbu kendaraan

Kelas Kendaraan	JSKN	STRT	STRG	STdRT	STdRG	STrRG	SQdRG
5B	2	1	1				
6A	2	2					
6B	2	1	1				
7A1	2		1	1			
7A2	2	1			1		
7A3	2				1	1	
7B1	4	1	3				
7B2	4		3	1			
7B3	4	1	2		1		
7C1	3	1	1		1		
7C2A	3	1			2		
7C2B	3	1	1			1	
7C3	3	1			1	1	
7C4	3	1			1		1

Tabel 4.15 Koefisien untuk prediksi tegangan ekuivalen (Se)

Koefisien	Dengan Bahu Beton Jenis Kelompok Gandar					
	STRT	STdRT	STRG	STdRG	STrRG	SQdRG
a	-0.051	-0.051	0.33	0.088	-0.145	-0.145
B	26.0	26.0	206.5	301.5	258.6	258.6
C	0.0899	0.0899	-0.4684	-0.1846	0.008	0.008
D	35,774	35,774	28661	4418	1,408	1,408
E	-0.0376	-0.0376	0.165	0.0939	0.0312	0.0312
F	14.57	14.57	2.82	-59.93	-61.25	-61.25
G	-861,548	-861,548	-686,510	280,297	488,079	488,079
H	0.0031	0.0031	-0.0186	-0.0128	-0.0058	-0.0058
I	1.3098	1.3098	-1.9606	4.1791	4.7428	4.7428
J	-4009	-4009	-2717	1768	2,564	2,564

Tabel 4.16 Koefisien untuk prediksi faktor erosi (F3) untuk beton JPCP

Koefisien	Dengan Bahu Beton Jenis Kelompok Gandar					
	STRT	STRG	STdRG	STdRT	STrRG	SQdRG
A	0.345	0.914	1.564	1.564	2.104	2.104
B	534.6	539.8	404.1	404.1	245.4	245.4
C	-0.1711	-0.1416	-0.1226	-0.1226	-0.2473	-0.2473
D	-44,908	-44,900	-32,024	-32,024	-15,007	-15,007
E	0.0347	0.0275	0.0256	0.0256	0.0469	0.0469
F	20.49	16.37	-9.79	-9.79	8.86	8.86
G	1,676,710	1,654,590	1,150,280	1,150,280	518,916	518,916
H	-0.0038	-0.0032	-0.0052	-0.0052	-0.0075	-0.0075
I	-1.3829	-0.9584	2.1997	2.1997	1.5517	1.5517
J	-913	-765	469	469	-599	-599

Tabel 4.17 Koefisien untuk prediksi faktor erosi (F3) untuk beton CRCP

Koefisien	Dengan Bahu Beton Jenis Kelompok Gandar					
	STRT	STRG	STdRG	STdRT	STrRG	SQdRG
A	-0.184	0.44	0.952	0.952	1.65	1.65
B	602.3	609.8	544.9	544.9	359.4	359.4
C	-0.0085	-0.0484	-0.0404	-0.0404	-0.1765	-0.1765
D	-50,996	-52,519	-47,500	-47,500	-28,901	-28,901
E	-0.0122	0.0017	0.0179	0.0179	0.0435	0.0435
F	8.99	9.62	-31.54	-31.54	-15.97	-15.97
G	1,874,370	1,949,350	1,719,950	1,719,950	1,085,800	1,085,800
H	0.0008	-0.0007	-0.0051	-0.0051	-0.0084	-0.0084
I	-0.4759	-0.6314	3.3789	3.3789	3.2908	3.2908
J	-374	-326	1675	1675	758	758

Diketahui Distribusi Beban Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN)
Beban Faktual pada daerah tersebut adalah sebagai berikut:

ACEH – SUMATERA UTARA BEBAN FAKTUAL						
Beban	STRT	STRG	STdRT	STdRG	STrRG	SQdRG
Kelompok	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Sumbu (kN)						
10	0,04	0,15	4,84	0	0,76	0
20	16,52	0,05	0	0	0	0
30	22,12	11,87	0	0	0	0
40	11,83	16,3	1,61	0	0	0
50	18,18	13,62	4,84	0,04	0	0
60	13,47	12,45	3,23	0,3	0	0
70	15,03	8,85	0	0,91	0	0
80	2,04	6,11	3,23	2,23	0	0
90	0,59	4,62	8,06	2,7	0	0
100	0,19	3,93	16,13	3,23	0,76	0
110	0	3,98	11,29	3,31	1,53	0
120	0	3,73	3,23	2,84	0	0
130	0	2,84	11,29	3,32	0	0
140	0	9,08	1,61	3,56	0	0
150	0	2,21	9,68	4,22	3,82	0
160	0	0,08	4,84	4,14	1,53	0
170	0	0,08	11,29	4,47	1,53	0
180	0	0,05	0	4,67	1,53	0
190	0	0,02	3,23	4,51	2,29	0
200	0	0,02	1,61	5,05	5,34	0
210	0	0	0	5,06	3,05	0
220	0	0	0	5,14	3,05	0
230	0	0	0	6,87	4,58	0
240	0	0	0	4,21	5,34	0
250	0	0	0	3,54	3,82	0
260	0	0	0	3,27	6,11	0
270	0	0	0	3,03	6,11	0
280	0	0	0	2,5	1,53	0
290	0	0	0	2,1	8,4	0
300	0	0	0	2,11	3,05	0
310	0	0	0	12,39	3,82	0
320	0	0	0	0,17	2,29	0
330	0	0	0	0,02	6,11	0
340	0	0	0	0,02	4,58	0

350	0	0	0	0,02	1,53	0
360	0	0	0	0,01	0	0
370	0	0	0	0	3,82	0
380	0	0	0	0	0	0
390	0	0	0	0	2,29	0
400	0	0	0	0	3,82	0
410	0	0	0	0	1,53	0
420	0	0	0	0	0,76	0
430	0	0	0	0	0,76	0
440	0	0	0	0	0	0
450	0	0	0	0	1,53	0
460	0	0	0	0	0,76	0
470	0	0	0	0	0	0
480	0	0	0	0	0	0
490	0	0	0	0	0	0
500	0	0	0	0	0,76	0
510	0	0	0	0	0	0
520	0	0	0	0	0	0
530	0	0	0	0	0	0
540	0	0	0	0	0	0
550	0	0	0	0	0,76	0
560	0	0	0	0	0,76	0
Jumlah	100	100	100	100	100	0

Tabel 4.18 Hasil hitung repetisi beban – (STRT)

STRT				
Beban Sumbu KN	Proporsi Beban	Proporsi Kelompok Sumbu	Desain Lalu Lintas (JSKN)	Repetisi Beban Yang Diiijinkan
100	0,00	0,38	5,41E+07	39.345,70
90	0,01	0,38	5,41E+07	122.178,76
80	0,02	0,38	5,41E+07	422.448,60
70	0,15	0,38	5,41E+07	3.112.452,20
60	0,13	0,38	5,41E+07	2.789.403,26
50	0,18	0,38	5,41E+07	3.764.762,54
40	0,12	0,38	5,41E+07	2.449.787,72
30	0,22	0,38	5,41E+07	4.580.668,17
20	0,17	0,38	5,41E+07	3.421.005,34
10	0,00	0,38	5,41E+07	8.283,31

Tabel 4.19 Hasil hitung repetisi beban - (STdRT)

STdRT				
Beban Sumbu KN	Proporsi Beban	Proporsi Kelompok Sumbu	Desain Lalu Lintas (JSKN)	Repetisi Beban Yang Diiijinkan
140	0,02	0,14	5,41E+07	123.361,42
130	0,11	0,14	5,41E+07	865.062,35
120	0,03	0,14	5,41E+07	247.489,05
110	0,11	0,14	5,41E+07	865.062,35
100	0,16	0,14	5,41E+07	1.235.912,82
90	0,08	0,14	5,41E+07	617.573,30
80	0,03	0,14	5,41E+07	247.489,05
70	0,00	0,14	5,41E+07	0,00
60	0,03	0,14	5,41E+07	247.489,05
50	0,05	0,14	5,41E+07	370.850,47

Tabel 4.20 Hasil hitung repetisi beban - (STRG)

STRG				
Beban Sumbu	Proporsi Beban	Proporsi Kelompok Sumbu	Desain Lalu Lintas (JSKN)	Repetisi Beban Yang Diiijinkan
KN				
160	0,00	0,46	5,41E+07	20.079,60
150	0,02	0,46	5,41E+07	554.698,83
140	0,09	0,43	5,41E+07	2.118.171,55
130	0,03	0,43	5,41E+07	662.511,81
120	0,04	0,43	5,41E+07	870.129,94
110	0,04	0,43	5,41E+07	928.449,65
100	0,04	0,43	5,41E+07	916.785,71
90	0,05	0,43	5,41E+07	1.077.748,08
80	0,06	0,43	5,41E+07	1.425.333,50
70	0,09	0,43	5,41E+07	2.064.517,43
60	0,12	0,43	5,41E+07	2.904.321,13
50	0,14	0,43	5,41E+07	3.177.257,33
40	0,16	0,43	5,41E+07	3.802.444,53
30	0,12	0,43	5,41E+07	2.769.019,42
20	0,00	0,43	5,41E+07	11.663,94
10	0,00	0,43	5,41E+07	34.991,82

Tabel 4.21 Hasil hitung repetisi beban (STdRG)

STdRG				
Beban Sumbu KN	Proporsi Beban	Proporsi Kelompok Sumbu	Desain Lalu Lintas (JSKN)	Repetisi Beban Yang Diiijinkan
320	0,00	0,01	5,41E+07	1.012,49
310	0,12	0,01	5,41E+07	73.792,51
300	0,02	0,01	5,41E+07	12.566,76
290	0,02	0,01	5,41E+07	12.507,21
280	0,03	0,01	5,41E+07	14.889,53
270	0,03	0,01	5,41E+07	18.046,11
260	0,03	0,01	5,41E+07	19.475,51
250	0,04	0,01	5,41E+07	21.083,58
240	0,04	0,01	5,41E+07	25.073,97
230	0,07	0,01	5,41E+07	40.916,43
220	0,05	0,01	5,41E+07	30.612,88
210	0,05	0,01	5,41E+07	30.136,41
200	0,05	0,01	5,41E+07	30.076,85
190	0,05	0,01	5,41E+07	26.860,71
180	0,05	0,01	5,41E+07	27.813,64
170	0,04	0,01	5,41E+07	26.622,48
160	0,04	0,01	5,41E+07	24.657,06
150	0,04	0,01	5,41E+07	25.133,53
140	0,04	0,01	5,41E+07	21.202,69
130	0,03	0,01	5,41E+07	19.773,30
120	0,03	0,01	5,41E+07	16.914,51
110	0,03	0,01	5,41E+07	19.713,74
100	0,03	0,01	5,41E+07	19.237,27
90	0,03	0,01	5,41E+07	16.080,69
80	0,02	0,01	5,41E+07	13.281,46
70	0,01	0,01	5,41E+07	5.419,79
60	0,00	0,01	5,41E+07	1.786,74
50	0,00	0,01	5,41E+07	238,23
40	0,00	0,01	5,41E+07	0,00
30	0,00	0,01	5,41E+07	0,00
20	0,00	0,01	5,41E+07	0,00
10	0,00	0,05	5,41E+07	0,00

Tabel 4.22 Hasil hitung repetisi beban (STrRG)

STrRG				
Beban Sumbu KN	Proporsi Beban	Proporsi Kelompok Sumbu	Desain Lalu Lintas (JSKN)	Repetisi Beban Yang Dijijinkan
400	0,04	0,00	5,41E+07	0,00
390	0,02	0,00	5,41E+07	0,00
380	0,00	0,00	5,41E+07	0,00
370	0,04	0,00	5,41E+07	0,00
360	0,00	0,00	5,41E+07	0,00
350	0,02	0,00	5,41E+07	0,00
340	0,05	0,00	5,41E+07	0,00

Tabel 4.23 Hasil hitung repetisi beban (SQdRG)

SQdRG				
Beban Sumbu KN	Proporsi Beban	Proporsi Kelompok Sumbu	Desain Lalu Lintas (JSKN)	Repetisi Beban Yang Dijijinkan
30	0,00	0,00	5,41E+07	0,00
20	0,00	0,00	5,41E+07	0,00
10	0,00	0,00	5,41E+07	0,00

Nf	Sr	Se	D	CB R Ef	Ln Ef	(Ln Ef)^2	(Ln fF)^3	P
UNLIMITE D	0,26 2	0,4 4	300	70	4,24849 5	18,0497 1	76,6841 1	90

Tabel 4.24 Hasil hitung faktor fatigue dan erosi – STRT F1 9 F2 0,94
 LSF 1,2 F4 9 fcf 4,5
 Ekuivalensi Faktor Fatigue Se 0,438 Ekuivalensi Faktor Erosi F3 1,462

Beban sumbu	Repetisi Beban LSF	Sr	Repetisi Beban ijin	Repetisi yang diijinkan	Fatigue	Repetisi yang diijinkan	Kerusakan		
P (KN)				Nf		Ne			
100	120	0,289	39.345,70	unlimited	0	3,56E+14	0,00		
90	108	0,262	122.178,76	unlimited	0	3,56E+14	0,00		
80	96	0,235	422.448,60	unlimited	0	3,34E+14	0,00		
Total					0,00	Ok	0,00		Ok

Tabel 4.25 Hasil hitung faktor fatigue dan erosi – STdRT F1 18 F2 0,94
 LSF 1,2 F4 18 fcf 4,5
 Ekuivalensi Faktor Fatigue Se 0,438 Ekuivalensi Faktor Erosi F3 2,156

Beban sumbu	Repetisi Beban	Sr	Repetisi Beban ijin	Repetisi yang diijinkan	Fatigue	Repetisi yang diijinkan	Kerusakan		
P (KN)				Nf		Ne			
140	168	0,207	123.361,42	unlimited	0	2,33E+06	5,29		
130	156	0,193	865.062,35	unlimited	0	5,08E+06	17,02		
120	144	0,179	247.489,05	unlimited	0	1,59E+07	1,55		
110	132	0,165	865.062,35	unlimited	0	2,36E+08	0,37		
100	120	0,151	1.235.912,82	unlimited	0	3,56E+14	0,00		
Total					0,00	Ok	24,24		Ok

Tabel 4.26 Hasil hitung faktor fatigue dan erosi –

LSF		1,2	Ekuivalensi Faktor Fatigue Se		0,667	Ekuivalensi Faktor Erosi F3		2,063
Beban sumbu	Repetisi Beban	Sr	Repetisi Beban ijin	Repetisi yang diijinkan	Fatigue	Repetisi yang diijinkan	Kerusakan	
P (KN)				Nf		Ne		
160	192	0,357	20.079,60	unlimited	0,00	1,83E+06	1,10E+00	
150	180	0,336	554.698,83	unlimited	0	3,40E+06	1,63E+01	
130	156	0,294	2.118.171,55	unlimited	0	2,71E+07	7,80E+00	
120	144	0,272	662.511,81	unlimited	0	4,90E+09	1,35E-02	
110	132	0,251	870.129,94	unlimited	0	3,56E+14	2,45E-07	
100	120	0,230	928.449,65	unlimited	0	3,56E+14	2,61E-07	
Total					0	Ok	2,52E+01	Ok

Tabel 4.27 Hasil hitung faktor fatigue dan erosi –

LSF		1,2	Ekuivalensi Faktor Fatigue Se		0,568	Ekuivalensi Faktor Erosi F3		2,156
Beban sumbu	Repetisi Beban	Sr	Repetisi Beban ijin	Repetisi yang diijinkan	Fatigue	Repetisi yang diijinkan	Kerusakan	
P (KN)				Nf		Ne		
320	384	0,304	1.012,49	unlimited	0,00	7,64E+05	1,33E-01	
310	372	0,295	73.792,51	unlimited	0,00	9,75E+05	7,57E+00	
300	360	0,286	12.566,76	unlimited	0,00	1,27E+06	9,91E-01	
290	348	0,277	12.507,21	unlimited	0,00	1,69E+06	7,39E-01	
280	336	0,268	14.889,53	unlimited	0,00	2,33E+06	6,39E-01	
270	324	0,259	18.046,11	unlimited	0,00	3,34E+06	5,40E-01	
Total					0	Ok	1,06E+01	Ok

Tabel 4.28 Hasil hitung faktor

fatigue dan erosi –

LSF 1,2

STrRG

F1

54

F2

0,94

F4

54

fcf

4,5

Ekuivalensi Faktor Fatigue

Se

0,442

Ekuivalensi Faktor Erosi F3 2,186

Beban sumbu	Repetisi Beban	Sr	Repetisi Beban ijin	Repetisi yang diijinkan	Fatigue	Repetisi yang diijinkan	Kerusakan	
P (KN)				Nf		Ne		
400	480	0,199	0,00	unlimited	0,00	2,68E+06	0,00E+00	
390	468	0,195	0,00	unlimited	0,00	3,47E+06	0,00E+00	
380	456	0,190	0,00	unlimited	0,00	4,62E+06	0,00E+00	
370	444	0,185	0,00	unlimited	0,00	6,37E+06	0,00E+00	
360	432	0,181	0,00	unlimited	0,00	9,22E+06	0,00E+00	
350	420	0,176	0,00	unlimited	0,00	1,43E+07	0,00E+00	
Total					0	Ok	0,00E+00	Ok

Tabel 4.29 Hasil hitung faktor

fatigue dan erosi –

LSF 1,2

SQdRG

F1

72

F2

0,94

F4

54

fcf

4,5

Ekuivalensi Faktor Fatigue

Se

0,442

Ekuivalensi Faktor Erosi F3 2,186

Beban sumbu	Repetisi Beban	Sr	Repetisi Beban ijin	Repetisi yang diijinkan	Fatigue	Repetisi yang diijinkan	Kerusakan	
P (KN)				Nf		Ne		
30	36	0,013	0,00	unlimited	0,00	3,56E+14	0,00E+00	
20	24	0,009	0,00	unlimited	0,00	3,56E+14	0,00E+00	
10	12	0,005	0,00	unlimited	0,00	3,56E+14	0,00E+00	
0	0	0,000	0,00	unlimited	0,00	3,56E+14	0,00E+00	
0	0	0,000	0,00	unlimited	0,00	3,56E+14	0,00E+00	
0	0	0,000	0,00	unlimited	0,00	3,56E+14	0,00E+00	
Total					0	Ok	0,00E+00	Ok

Jumlah Total Fatigue dan
Erosi

0,00

Ok

60,08

Ok

4.5.4 Perhitungan Tebal Perkerasan Beton Semen

- a. Menghitung CBR tanah dasar Ekuivalen desain menggunakan persamaan:

$$\log_{ekivalen} = \left(\frac{\sum h_i CBR^{0,33}}{Sr - 0,4325} \right)^3 \quad (4.1)$$

Tabel 4.30 Data Menghitung CBR Tanah Ekuivalen

Material	Daya Dukung CBR (%)	Tebal (m)
LFA Kelas A	90	0,2
Timbunan pilihan berbutir kasar	30	0,2
Tanah Dasar	6	

$$CBR_{ekivalen} = \left(\frac{[(0,2 \times 90^{0,33}) + (0,2 \times 30^{0,33}) + (0,6 \times 6^{0,33})]}{(0,2 + 0,2 + 0,6)} \right)^3 = 17,68\%$$

Dengan itu diketahui CBR Ekuivalen atau CBR *improve subgrade* dari lapis fondasi agergat stabilisasi semen beserta tanah dasar pada setiap titiknya di dapatkan nilai 17,68% dimana CBR maksimum penggunaan formula ini adalah 15%. Maka nilai tersebut sudah baik untuk penggunaan CBR ekuivalen pada perencanaan perkerasan kaku ini.

- Rencana menggunakan lapis fondasi bawah Beton Kurus 100 mm.
- Rencana tebal fondasi bawah maka didapatkan CBR Tanah Dasar Efektif adalah 75%.
- Reabilitas pada perencanaan ini adalah 90%, dengan factor keamanan beban (LSF) perkerasan kaku sebesar 1,2.
- Jumlah Sumbu Kendaraan berat JSKN $\geq 5 \times 10^7$ didapat tebal minimum beton adalah 250 mm.
- Perhitungan faktor kelelahan (fatigue) dan faktor erosi dari tebal beton minimum (250 mm).
- Dengan mengetahui retak Lelah dan faktor erosi yang telah dihitung berdasarkan repitisi izin analisis tebal pada perkerasan jalan dapat diketahui

untuk ketebalan jalan yang baik guna mencegah adanya kerusakan yang akan terjadi akibat lalu lintas yang berulang-ulang yang mengakibatkan retak Lelah. Dan mengetahui faktor erosi yang biasanya lebih disebabkan faktor lingkungan yang menyebabkan pengikisan pada permukaan perkerasan.

Tabel 4.31 Hasil Hitung Repetisi Sumbu Rencana (4×5×6)

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Sumbu (kN)	Jumlah Sumbu	Proporsi Beban	Proporsi Sumbu	Lalu Lintas Rencana	Repetisi Yang Terjadi
1	2		3	4	5	6	7
STRT	6	60	338	0,16	0,47	3,92E+07	2,94E+06
	5	50	921	0,09	0,47	3,92E+07	1,66E+06
	4	40	1497	0,17	0,47	3,92E+07	3,13E+06
	3	30	635	0,39	0,47	3,92E+07	7,18E+06
	2	20	1497	0,1	0,47	3,92E+07	1,84E+06
Total	20		4888				1,67E+07
STRG	8	80	921	0,9	0,43	3,92E+07	1,52E+07
	5	50	635	0,16	0,43	3,92E+07	2,69E+06
Total	13		1556				1,78E+07
STdRG	14	140	338	0,08	0,05	3,92E+07	1,57E+05
Total	14		338	0			1,57E+05
STRrG	20	200	0	0	0	3,92E+07	0,00E+00
Total	20		0				
total	67		6782			Kumulatif	3,46E+07

- h. Perhitungan faktor kelelahan (*fatigue*) dan faktor erosi dari tebal beton minimum (250 mm) dengan persamaan 2.11 sampai 2.14. didapatkan hasil seperti dibawah ini.

Tabel 4.32 Analisa Fatik dan Erosi untuk tebal slab 250 mm

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Sumbu (kN)	Repetisi Betan LSF (Beban Rencana)	Repetisi Beban yang diizinkan	Ekuivalensi Faktor Fatigue	0,58	Ekuivalensi Faktor Erosi	1,66
					Repetisi yang diizinkan	Fatigue (%)	Repetisi yang diizinkan	Kerusakan (%)
1	2		3	4				
STRT	9	90	108,00	290456,83	UNLIMITED	0,00	UNLIMITED	0,00
	TOTAL				FATIGUE (%)	0,00	EROSI (%)	0,00
Jenis Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Sumbu (kN)	Repetisi Betan LSF (Beban Rencana)	Repetisi Beban yang diizinkan	Ekuivalensi Faktor Fatigue	0,58	Ekuivalensi Faktor Erosi	2,30
					Repetisi yang diizinkan	Fatigue (%)	Repetisi yang diizinkan	Kerusakan (%)
STdRT	9	90	108,00	0,00	UNLIMITED	0,00	UNLIMITED	0,00
					FATIGUE (%)	0,00	EROSI (%)	0,00
Jenis Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Sumbu (kN)	Repetisi Betan LSF (Beban Rencana)	Repetisi Beban yang diizinkan	Ekuivalensi Faktor Fatigue	0,58	Ekuivalensi Faktor Erosi	2,30
					Repetisi yang diizinkan	Fatigue (%)	Repetisi yang diizinkan	Kerusakan (%)
STRG	15	150	180,00	2657243,17	UNLIMITED	0,00	500.348	531,08
	14	140	168,00	24156,76	UNLIMITED	0,00	827.935	2,92
	13	130	156,00	120783,78	UNLIMITED	0,00	1.503.068	8,04
	12	120	144,00	594860,12	UNLIMITED	0,00	3.172.428	18,75
	11	110	132,00	763957,41	UNLIMITED	0,00	9.003.882	8,48
	10	100	120,00	890780,38	UNLIMITED	0,00	65.462.800	1,36
					FATIGUE (%)	0,00	EROSI (%)	569,27

Tabel 4.33 Analisa Fatik dan Erosi untuk tebal *slab* 300 mm

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Sumbu (kN)	Repetisi Betan LSF (Beban Rencana)	Repetisi Beban yang diizinkan	Ekuivalensi Faktor Fatigue	0,44	Ekuivalensi Faktor Erosi	1,46
					Repetisi yang diizinkan	Fatigue (%)	Repetisi yang diizinkan	Kerusakan (%)
1	2	3	4					
STRT	10	100	108,00	290456,83	<i>UNLIMITED</i>	0,00	<i>UNLIMITED</i>	0,00
	TOTAL				FATIGUE (%)	0,00	EROSI (%)	0,00
Jenis Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Sumbu (kN)	Repetisi Betan LSF (Beban Rencana)	Repetisi Beban yang diizinkan	Ekuivalensi Faktor Fatigue	0,44	Ekuivalensi Faktor Erosi	2,15
					Repetisi yang diizinkan	Fatigue (%)	Repetisi yang diizinkan	Kerusakan (%)
STdRT	9	90	108,00	0,00	<i>UNLIMITED</i>	0,00	<i>UNLIMITED</i>	0,00
					FATIGUE (%)	0,00	EROSI (%)	0,00
Jenis Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Sumbu (kN)	Repetisi Betan LSF (Beban Rencana)	Repetisi Beban yang diizinkan	Ekuivalensi Faktor Fatigue	0,66	Ekuivalensi Faktor Erosi	2,06
					Repetisi yang diizinkan	Fatigue (%)	Repetisi yang diizinkan	Kerusakan (%)
STRG	15	150	180,00	2657243,2	<i>UNLIMITED</i>	0,00	3.587.435	74,07
	14	140	168,00	24156,76	<i>UNLIMITED</i>	0,00	8.243.317	0,29
	13	130	156,00	120783,78	<i>UNLIMITED</i>	0,00	30.448.130	0,4
	12	120	144,00	594860,12	<i>UNLIMITED</i>	0,00	<i>UNLIMITED</i>	0
					FATIGUE (%)	0,00	EROSI (%)	74,76

Tabel 4.34 Analisa Fatik dan Erosi untuk tebal *slab* 300 mm (Lanjutan)

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Sumbu (kN)	Repetisi Betan LSF (Beban Rencana)	Repetisi Beban yang diizinkan	Ekuivalensi Faktor Fatigue	0,56	Ekuivalensi Faktor Erosi	2,15
					Repetisi yang diizinkan	Fatigue (%)	Repetisi yang diizinkan	Kerusakan (%)
STdRG	31	310	372,00	51190,91	UNLIMITED	0,00	1.073.594	4,77
	30	300	360,00	46172,19	UNLIMITED	0,00	1.404.760	3,29
	29	290	348,00	35800,18	UNLIMITED	0,00	1.887.168	1,9
	28	280	336,00	81972,37	UNLIMITED	0,00	2.622.062	3,13
	27	270	324,00	97363,1	UNLIMITED	0,00	3.809.696	2,56
	26	260	312,00	71600,36	UNLIMITED	0,00	5.892.462	1,22
	25	250	300,00	81972,37	UNLIMITED	0,00	10.015.887	0,82
	24	240	288,00	40818,9	UNLIMITED	0,00	19.993.611	0,2
	23	230	276,00	61228,34	UNLIMITED	0,00	56.327.101	0,11
	22	220	264,00	66581,64	UNLIMITED	0,00	742.400.165	0,01
					FATIGUE (%)	0,00	EROSI (%)	18,01
Total					FATIGUE (%)	0,00	EROSI (%)	92,77

- i. Dengan mengetahui retak Lelah dan faktor erosi yang telah dihitung berdasarkan repetisi izin analisis tebal pada perkerasan jalan dapat diketahui untuk ketebalan jalan yang baik guna mencegah adanya kerusakan yang akan terjadi akibat lalu lintas yang berulang-ulang yang mengakibatkan retak Lelah. Dan mengetahui faktor erosi yang biasanya lebih disebabkan faktor lingkungan yang menyebabkan pengikisan pada permukaan perkerasan.
- j. Berdasarkan Hasil perhitungan faktor *fatigue* (retak lelah) dan faktor erosi pada tabel 4.10, yang terjadi dengan tebal minimum sebesar 250 mm didapatkan, hasil faktor erosi sebesar 569,27% dimana faktor tersebut melebihi batas dari ketentuan yaitu $\leq 100\%$ yang artinya tidak memadai untuk beban lalu lintas. Sehingga tebal beton harus ditambahkan sehingga total dari masing-masing faktor *fatigue* dan erosi mencapai kurang dari 100%.
- k. Dari hasil analisis tabel 4.11, tebal beton yang memadai untuk dilintasi beban lalu lintas pada desain perkerasan kaku ini adalah 300 mm dengan total factor *fatigue* sebesar 00,00% dan factor erosi 92,77%. Tebal Beton yang dibutuhkan adalah setebal 300 mm yang dipasang dengan susunan konstruksi sebagai berikut.

Tabel 4.35 Tebal yang dibutuhkan untuk susunan Konstruksi Peningkatan

Material	Tebal (mm)
Beton Semen = F_s 4,4 MPa	300
Lapis Fondasi Bawah, Beton Kuru	100
LFA Kelas A = CBR 90%	200
Timbunan pilihan berbutir kasar = CBR 30%	200
Tanah Dasar = CBR 6%	-

1. Perkerasan beton didesain sebagai beton bersambung tanpa tulangan (*JPCP*) maka:

- Lebar Pelat : 2×3,5 m
- Panjang Pelat : 5,0 m
- Sambungan susut dipasang setiap jarak 5,0 m
- Digunakan Ruji 38 mm, Panjang 45 cm, jarak 30 cm.
- Batang Pengikat digunakan baja Ulir diameter 16 mm dengan Panjang 70 cm, dan jarak 75 cm.

4.6 Perhitungan Sambungan dan Tulangan

Dari hasil perhitungan berdasarkan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 didapatkan tebal pelat beton sebesar 300 mm, kemudian akan direncanakan menggunakan jenis perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan.

Namun dalam penelitian ini diketahui bahwa jenis lalu lintas yang direncanakan termasuk lalu lintas berat dibutuhkan tulangan yang tujuan utamanya adalah sebagai berikut:

- a. Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan.
- b. Memungkinkan penggunaan pelat beton yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan.

Penerapan tulangan pada perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan umumnya dilaksanakan pada:

- a. Pelat dengan bentuk tak lazim (*odd-shaped slabs*), Pelat disebut tidak lazim bila perbandingan antara panjang dengan lebar lebih besar dari 1,25 atau bila pola sambungan pada pelat tidak benar-benar berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang.
- b. Pelat dengan sambungan tidak sejalur (*mismatched joints*).
- c. Pelat berlubang (pits or structures).

4.6.1 Perhitungan Batang Pengikat (Tie Bar)

Sambungan memanjang menggunakan batang pengikat *Tie Bar* dengan spesifikasi sebagai berikut:

Jarak terkecil antar sambungan (b)	: 3 m = 3000 mm
Tebal Pelat (h)	: 0,30 m = 300 mm
Diameter batang pengikat	: 16 mm
Jarak batang pengikat yang di gunakan	: 75cm = 750 mm

Maka ketentuan MDPJ 2024:

Diameter Tie Bars	= D 16 mm
Panjang Tie Bars	= 700 mm
Jarak Tie Bars	= 750 mm

4.6.2 Sambungan Dengan Dowel

Pemilihan batang pengikat atau Dowel ditentukan dengan Dipasang ruji (dowel), berupa baja tulangan polos (BjTP 280), dengan jarak antar tulangan 300 mm, panjang dowel 450 mm, dan diameter dowel minimal seperdelapan tebal beton.

Didapatkan ukuran Dowel yang digunakan untuk perkerasan yaitu:

Diameter	= $1/8 \times 300 = 37,5 \Rightarrow \varnothing 35 \text{ m}$
Panjang	= 450 mm
Jarak	= 300 mm

4.6.3 Perhitungan Penulangan

Dalam menentukan tulangan yang akan digunakan dalam perencanaan kaku ini harus memperhatikan parameter hasil perencanaan.

Tebal pelat = 300 mm

- 1) Lebar pelat = 3,50 m (untuk 2 lajur)
- 2) Panjang Pelat = 7 m
- 3) Kuat Tarik baja leleh (f_y) = 250 MPa (BJ 41)
- 4) Koefisien gesek antara beton dan fondasi bawah (μ) = 1,0

Perhitungan penulangan memanjang dan juga melintan dengan menggunakan hasil dari perhitungan perencanaan sebagai berikut:

a. Tulangan Memanjang

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s} \\ &= \frac{1 \times 7 \times 2400 \times 9,81 \times 0,3}{2 \times (0,6 \times 250)} \\ &= 164,81 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= 0,10\% \times \text{tebal pelat} \times 1000 \\ &= 0,0010 \times 300 \times 1000 \\ &= 300 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter Ø12 – 300 mm = > $A_s = 376,8 \text{ mm}^2$

b. Tulangan Melintang

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s} \\ &= \frac{1 \times 3,5 \times 2400 \times 9,81 \times 0,3}{2 \times (0,6 \times 250)} \\ &= 82,404 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= 0,10\% \times \text{tebal pelat} \times 1000 \\ &= 0,0010 \times 300 \times 1000 \\ &= 300 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter Ø12 – 320 mm = > $A_s = 353,4 \text{ mm}^2$

A_s : Luas penampang tulangan baja (mm²/m lebar pelat)

f_s : Kuat tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya sebesar 0,6 kali tegangan leleh

g : Percepatan gravitasi (m/detik²)

h : Tebal pelat beton (m)

L : Jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi bebas pelat (m)

M : Berat per satuan volume pelat (kg/m³)

μ : Koefisien gesekan antara pelat beton dan fondasi bawah

Dari hasil perhitungan penulangan diatas digunakan tulangan arah memanjang dengan diameter Ø12 – 300 mm dan tulangan arah melintang dengan diameter Ø12

– 320 mm. Pemasangan dowel dan tie bar yang dibutuhkan sesuai dengan ketentuan untuk perencanaan menggunakan metode Manual Desain Pekerjaan Jalan 2024 sebagai berikut:

Tie Bar

Diameter = D 16 mm

Panjang = 700 mm

Jarak = 750 mm

Dowel

Diameter = Ø 35 mm

Panjang = 450 mm

Jarak = 300 mm

4.7 Perhitungan Tebal Perkerasan dengan Metode Bina Marga (2003)

Pada umumnya, umur rencana (n) perkerasan kaku adalah 20 sampai dengan 40 tahun. Dalam analisis ini digunakan umur rencana 20 tahun.

Tabel 4.36: LHR Awal Umur Rencana Tahun 2025 (*Sumber : survei lapangan*).

Jenis kendaraan	Jumlah kendaraan	LHR $(1 + i)^n$	Hasil (kend/hari/2 arah)
Mobil Penumpang	1112	$1112 \times (1 + 0,6)^{20}$	132012581
Bus	114	$114 \times (1 + 0,6)^{20}$	1378175
Truk 2 As	462	$462 \times (1 + 0,6)^{20}$	5585237
Truk 3 As	198	$198 \times (1 + 0,6)^{20}$	2393673
Truk 5 As	55	$55 \times (1 + 0,6)^{20}$	664909

4.7.1 Data Existing Jalan

Adapun data – data existing jalan adalah sebagai berikut:

- Lebar jalan = 6 m
- Panjang jalan = 450 m
- Bahu jalan = tidak ada
- Median = tidak ada
- Umur rencana = 20 tahun

4.7.2 Menghitung Nilai CBR (California Bearing Ratio Segmen)

Adapun penentuan CBR segmen ini menggunakan cara analitis, data CBR lapangan terlampir pada Tabel 4.2.

Tabel 4.37: Data CBR Lapangan (*Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Pemerintahan Kota Nopan*)

Jumlah titik pengamatan (n)	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
<10	3.18

$$\begin{aligned} CBR \text{ rata - rata} &= \frac{CBR \text{ lapangan}}{n} \\ &= \frac{8,7 + 12,8 + 14,54 + 17,4 + 22,25 + 29,6 + 35,6 + 36,6}{8} \\ &= 22,19 \% \end{aligned}$$

Untuk nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam 1 segmen.

Tabel 4.38: Nilai R untuk perhitungan CBR segmen (Sumber : *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Pd-T-14- 2003*).

No	Lokasi	Lokasi	CBR (%)
1	Perkerasan Rigid – Jalan Jembatan Merah	00+00	8,7
2	Perkerasan Rigid – Jalan Jembatan Merah	00+200	12,8
3	Perkerasan Rigid – Jalan Jembatan Merah	200+400	14,54
4	Perkerasan Rigid – Jalan Jembatan Merah	400+600	17,4
5	Perkerasan Rigid – Jalan Jembatan Merah	600+800	22,5
6	Perkerasan Rigid – Jalan Jembatan Merah	800+1000	29,6
7	Perkerasan Rigid – Jalan Jembatan Merah	1.000+1.200	35,6
8	Perkerasan Rigid – Jalan Jembatan Merah	1.200+1.400	36,6

$$\begin{aligned}
 \text{CBR segmen} &= \frac{\text{CBR rata-rata (CBR maks – CBR min)}}{R} \\
 &= \frac{7,56 (14,67 - 1,43)}{2,96} \\
 &= 33,82 \%
 \end{aligned}$$

4.7.1 Perhitungan Tebal Pelat Beton

Diketahui Data yang di peroleh :

$$\begin{aligned}
 \text{CBR tanah dasar} &= 6 \% \text{ Nilai K} \\
 &= 350
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat lentur (fcf)} \rightarrow \text{Kuat tekan beton (f'c)} &= 30 \text{ Mpa} \rightarrow \text{fcf} = K (f'c)^{0,50} = 0,7 \times \\
 (30)^{0,50} &= 3.83 \text{ Mpa} = 4 \text{ Mpa (persamaan 2.1)}
 \end{aligned}$$

$$\text{Bahu Jalan} = \text{Tidak}$$

$$\text{Ruji (Dowel)} = \text{Ya}$$

$$\text{Pertumbuhan lalu lintas (i)} = 6 \% \text{ per tahun}$$

$$\text{Umur rencana (UR)} = 20 \text{ tahun}$$

Koefisien Distribusi Arah (C)	= 0,70 (berdasarkan
Tabel 2.1)	
Faktor Keamanan Beban	= 1,0 (berdasarkan
Tabel 2.3)	

4.7.2 Analisis Beban Sumbu

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

$$JSKN = 365 \times JSKNH \times R$$

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} = \frac{(1+6\%)^{20}-1}{6\%}$$

$$= 36,785$$

$$JSKN = 365 \times 362 \times 36,785$$

$$= 4726136,8$$

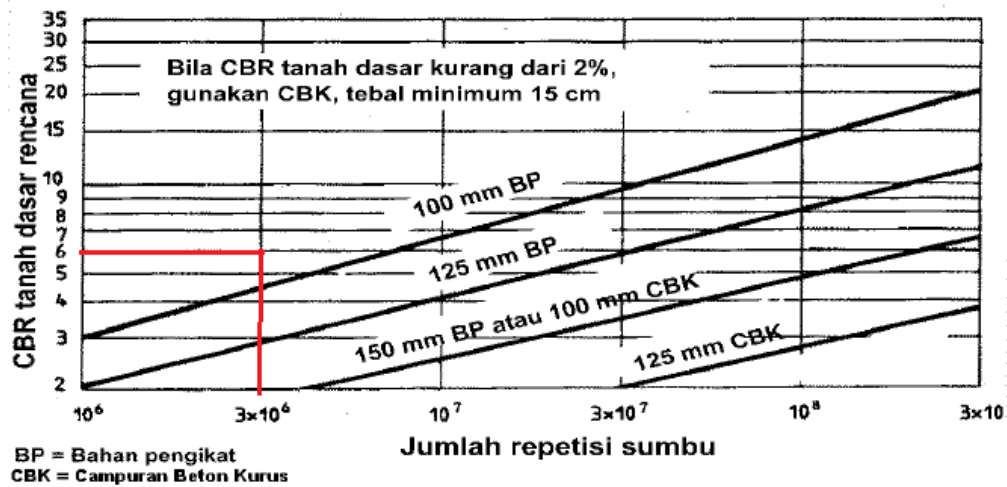
$$= 4,73 \times 10^6$$

4.7.3 Perhitungan Tebal Pelat Beton

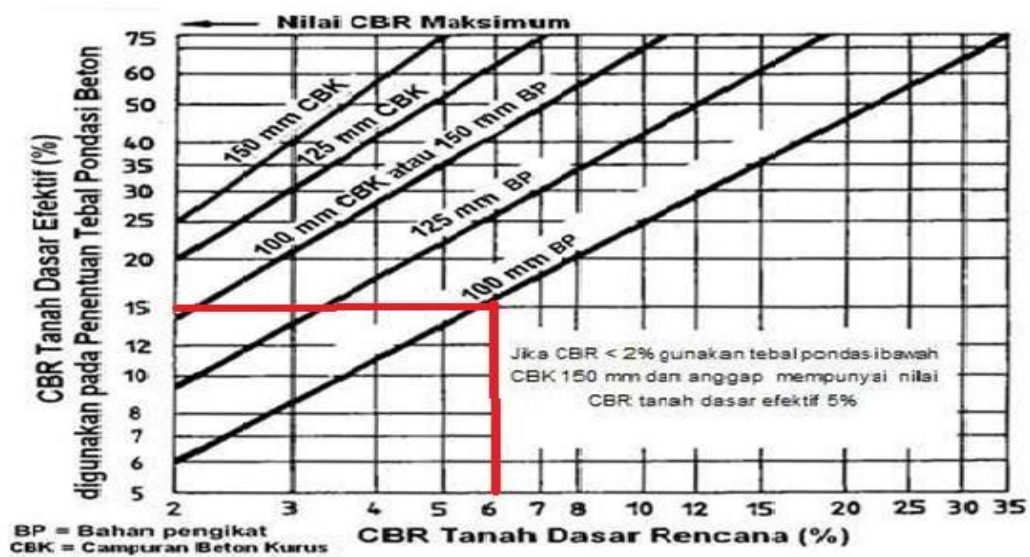
Sumber data beban	= Hasil survei
Jenis perkerasan	= BBDT dengan ruji
Jenis	
Umur rencana	= 20 tahun
JSK	= $3,31 \times 10^6$
Faktor keamanan beban	= 1,0
Kuat tarik lentur beton (fcf) umur 28 hari	= 4 MPa

Jenis dan tebal lapis pondasi

= CBK 100 mm



Gambar 4.2 : Tebal Pondasi Bawah Minimum Untuk Perkerasan Beton Semen
(sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Pd-T-14-2003)



Gambar 4.3: CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah (Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Pd-T-14-2003).

CBR tanah dasar
proyek).

= 6 % (dari hasil data

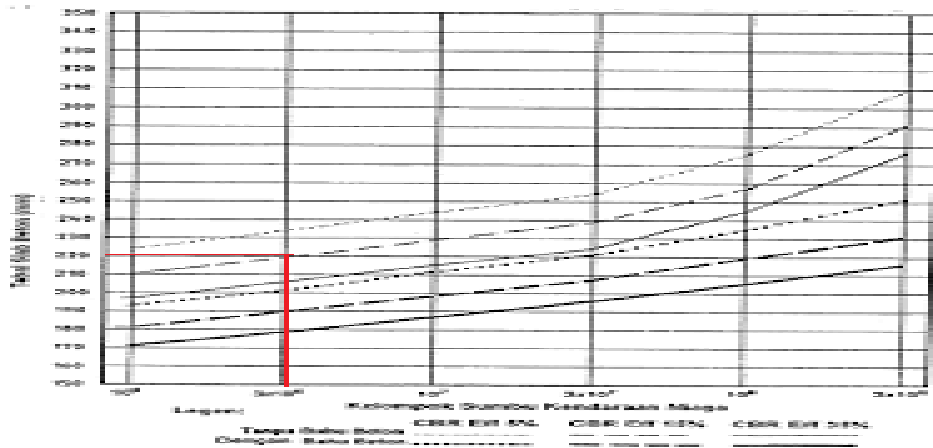
CBR efektif

= 15 % (berdasarkan

Gambar 4.2). Tebal Jadi tebal slab beton

= 220 mm (berdasarkan

Gambar 4.3)



Gambar 4.4: CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah (Sumber : *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Pd-T-14-2003*).

Berdasarkan perhitungan didapat tebal tulangan yang paling efisien dengan sistem coba-coba adalah tebal 30 cm = 300 mm Karena % analisa fatik dan analisa erosi < 100% maka tebal pelat yang digunakan adalah 30 cm.

4.7.2 Perhitungan Penulangan

Dalam menentukan tulangan yang akan digunakan dalam perencanaan kaku ini harus memperhatikan parameter hasil perencanaan .

Tebal pelat = 300 mm

- 1) Lebar pelat = 3,50 m (untuk 2 lajur)
- 2) Panjang Pelat = 7 m
- 3) Kuat Tarik baja leleh (f_y) = 250 MPa (BJ 41)
- 4) Koefisien gesek antara beton dan fondasi bawah (μ) = 1,0

Perhitungan penulangan memanjang dan melintang dengan menggunakan hasil dari perhitungan perencanaan sebagai berikut:

a. Tulangan Memanjang

$$As = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times fs}$$

$$= \frac{1 \times 7 \times 2400 \times 9,81 \times 0,3}{2 \times (0,6 \times 250)}$$

$$= 164,81 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = 0,10\% \times \text{tebal pelat} \times 1000$$

$$= 0,0010 \times 300 \times 1000$$

$$= 300 \text{ mm}^2$$

b. Tulangan Melintang

$$As = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times fs}$$

$$= \frac{1 \times 3,5 \times 2400 \times 9,81 \times 0,3}{2 \times (0,6 \times 250)}$$

$$= 82,404 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = 0,10\% \times \text{tebal pelat} \times 1000$$

$$= 0,0010 \times 300 \times 1000$$

$$= 300 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan diameter Ø12 – 320 mm => $As = 353,4 \text{ mm}^2$

As : Luas penampang tulangan baja (mm²/m lebar pelat)

fs : Kuat tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya sebesar 0,6 kali tegangan leleh

g : Percepatan gravitasi (m/detik²)

h : Tebal pelat beton (m)

L : Jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi bebas pelat (m)

M : Berat per satuan volume pelat (kg/m³)

μ : Koefisien gesekan antara pelat beton dan fondasi bawah sebagaimana pada

Digunakan tulangan diameter Ø12 – 300 mm => $As = 376,8 \text{ mm}^2$

Dari hasil perhitungan penulangan diatas digunakan tulangan arah memanjang dengan diameter $\varnothing 12 - 300$ mm dan tulangan arah melintang dengan diameter $\varnothing 12 - 320$ mm. Pemasangan dowel dan tie bar yang dibutuhkan sesuai dengan ketentuan untuk perencanaan menggunakan metode Manual Desain Pekerjaan Jalan 2024 sebagai berikut:

Diameter = D 16 mm
 Panjang = 700 mm
 Jarak = 750 mm

Dowel

Diameter = $\varnothing 35$ m
 Panjang = 450 mm
 Jarak = 300

4.7.3 Perhitungan Tie Bar

Sambungan memanjang menggunakan batang pengikat *Tie Bar* dengan spesifikasi sebagai berikut:

Jarak terkecil antar sambungan (b) : 3 m = 3000 mm
 Tebal Pelat (h) : 0,30 m = 300 mm
 Diameter batang pengikat : 16 mm
 Jarak batang pengikat yang di gunakan : 75cm = 750 mm
 Maka ketentuan Bina Marga 2003 :
 Diameter Tie Bars = D 16 mm
 Panjang Tie Bars = 700 mm
 Jarak Tie Bars = 750 mm

4.7.4 Sambungan Dowel

Didapatkan ukuran Dowel yang digunakan untuk perkerasan yaitu:

Diameter = $1/8 \times 300 = 37,5 \Rightarrow \varnothing 35$ m
 Panjang = 450 mm
 Jarak = 300 mm

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan yang menggunakan beberapa metode perencanaan perkerasan kaku untuk jalan raya dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada perencanaan perkerasan kaku menggunakan Metode Bina Marga (2003), dan Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 dengan nilai CBR tanah dasar sebesar 6 % dan tebal lapis perkerasan kaku yang dibutuhkan sebesar 30 cm dan tulangan berdiameter 16 mm dengan jarak 500 mm. Pada perencanaan perkerasan kaku menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 dengan nilai CBR tanah dasar sebesar 6 % dan tebal lapis perkerasan kaku yang dibutuhkan sebesar 30 cm dan tulangan berdiameter 16 mm dengan jarak 500 mm.
2. Kedua metode memiliki tahapan perencanaan yang cukup sejalan namun yang lebih optimal dan lebih baik dipakai untuk perencanaan tebal perkerasan kaku jalan raya di Indonesia adalah Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 karena penggunaan material yang lebih efisien berdasarkan riset terbaru, menggunakan metodologi yang telah diperbarui dan di sesuaikan dengan kondisi terkini, merupakan standar resmi terbaru dari direktorat jendral Bina Marga, dan telah melalui pengujian dengan kondisi aktual di lapangan.

5.2 Saran

Berikut merupakan hal-hal yang disarankan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan.

1. Untuk penelitian sejenis berikutnya hendaknya studi kasus pada jalan yang sudah dilewati secara berkala, hal ini akan mempermudah proses dalam mencari data-data yang diperlukan.
2. Dapat menggunakan acuan lain selain Manual Desain Perkerasan Jalan tahun 2024 untuk pembandingan data yang lebih valid dan memungkinkan cara yang lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriansyah, Y. (2023). *Pelaksanaan Pekerjaan Pembangunan Jalan Dengan Base Course Dan Subbase Course Untuk Mempertahankan Umur Rencana Jalan*. *Implementation of Road Construction Works With Base*. 01(2), 61–67.
- Anisarida, A. A., Janizar, S., Sipil, J. T., Mukti, U. W., Provinsi, K., & Barat, J. (2024). *Komposisi perkerasan jalan di kawasan wisata kabupaten cianjur*. 5(April), 52–62.
- Arthono, A., & Permana, V. A. (2022). Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya Menggunakan Metode Analisa Komponen SNI 1732-1989-F Ruas Jalan Raya Mulya Sari Kecamatan Pamanukan Sampai Kecamatan Binong Kabupaten Subang Propinsi Jawa Barat. *Jurnal Komposit*, 6(1), 41. <https://doi.org/10.32832/komposit.v6i1.6740>
- Bakri, M. D. (2020). Komparasi Desain Tebal Perkerasan Kaku Menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 Dan Metode Aashto 1993. *Jurnal Borneo Saintek*, 3(2), 47–60. https://doi.org/10.35334/borneo_saintek.v3i2.1669
- Cepu, K., Blora, K., & R, H. G. (2024). *Evaluasi Kerusakan Jalan dan Drainase Jalan (Studi Kasus : Ruas Jalan Sorogo – Gajahmada – Hayamwuruk ,.* 18(2), 14–18.
- Desyana Nur Fitriani, Muhammad Noor Asnan, & Vebrian. (2024). Penilaian Hasil Pekerjaan Lapisan Beton Pada Bahu Jalan Akses Tol. *Jurnal Inersia*, 16(1), 47–53. <https://doi.org/10.46964/inersia.v16i1.979>
- Dewangga Andya Mahendra Putra. (2023). Metode Pelaksanaan Pekerjaan Rigid Pavement Pada Proyek Preservasi Jalan Raya Kanor – Semabung Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur. *Jural Riset Rumpun Ilmu Teknik*, 2(1), 32–40. <https://doi.org/10.55606/jurritek.v2i1.875>
- Fadilla, N. N., Widiastuti, M., & Gultom, T. H. . (2024). EVALUASI KONDISI PERKERASAN JALAN MENGGUNAKAN METODE PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) PADA PERKERASAN KAKU (Studi Kasus : Jalan Modern Poros SP 1 – Sebulu). *Teknologi Sipil: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 8(1), 57. <https://doi.org/10.30872/ts.v8i1.16029>
- Hangge, E. E., Bella, R. A., & Ullu, M. C. (2021). Pemanfaatan Fly Ash Untuk Stabilisasi Tanah Dasar Lempung Ekspansif. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 89–102.
- Hangge, E. E., Karels, D. W., & Kapitan, A. O. (2022). Pengaruh Karakteristik Tanah Dasar Terhadap Kerusakan Perkerasan Jalan. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2),

155–168.

- Herzanita, A., & Juwita, F. (2020). Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Portland Studi Kasus Peningkatan Jalan Way Sekampung – Sp. Bakauheni. *Teknika Sains : Jurnal Ilmu Teknik*, 5(1), 1–8. <https://doi.org/10.24967/teksis.v5i1.709>
- Malik, M. A., & Imam, M. I. H. (2023). Desain Perkerasan Kaku Jalan Talang Sender–Sindang Marga Dengan Metode Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen (Pd T-14 *Pilar*, 18(01), 21–24. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/pilar/article/view/4333>
- Pada, P., Jalan, R., Sudarso, Y. O. S., & Utara, J. (2024). Peningkatan Jalan Menggunakan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Pada Ruas Jalan Yos Sudarso Jakarta Utara (Studi Kasus). *Jurnal Multidisiplin Saintek*, 02(08), 80–89.
- Rachman, F., Muzaidi, I., Fitriansyah, M., & Abdi, A. S. (2024). *GAMBUT KABUPATEN BANJAR Planning The Thickness Of Flexible Pavement On The Pematang Gambut Road In Banjar District 1234 Program Studi S1 Teknik Sipil , Fakultas Teknik , Universitas Muhammadiyah Banjarmasin Abstrak PENDAHULUAN Jalan raya merupakan salah s. 6(2)*, 48–54.
- Risman. (2017). Analisis Perbandingan Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur Pada Jalan Kawasan Industri Di Bandung. *Jurnal Konstruksia*, 9(1), 77–88.
- Saputro, Y. A., Rochmanto, D., & Faqih, N. (2024). *Studi Perbandingan Perencanaan Perkerasan Jalan (Kaku , Lentur , Paving) Kawasan Unisnu Jepara. 4(1)*, 61–72.
- Sari, M., Jusatria, J., & Adinata, S. (2021). 10.47521 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Jalan Tembilahan – Terusan Mas. *Selodang Mayang: Jurnal Ilmiah Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Indragiri Hilir*, 7(2), 95–102. <https://doi.org/10.47521/selodangmayang.v7i2.210>
- Sukirman, S. (2003). *Diilsar-dasar Perencanaan Geometrf Jdan*.
- Syah, A., Abdillah, N., & Abrar, A. (2023). Perencanaan Telab Sruktur Perkerasan Kaku Pada Subgrade Yang Berdaya Dukung Rendah Studi Kasus Jl Gaharu, Basilam Baru Kota Dumai. *SLUMP TeS : Jurnal Teknik Sipil*, 2(1), 9–18. <https://doi.org/10.52072/slumptes.v2i1.574>

LAMPIRAN



Gambar L1 : Perkerasan Jalan Jembatan Merah, Kab Mandailing Natal



Gambar L2 : Perkerasan Jalan Jembatan Merah, Kab Mandailing Natal



Gambar L3 : Survey volume lalu lintas harian



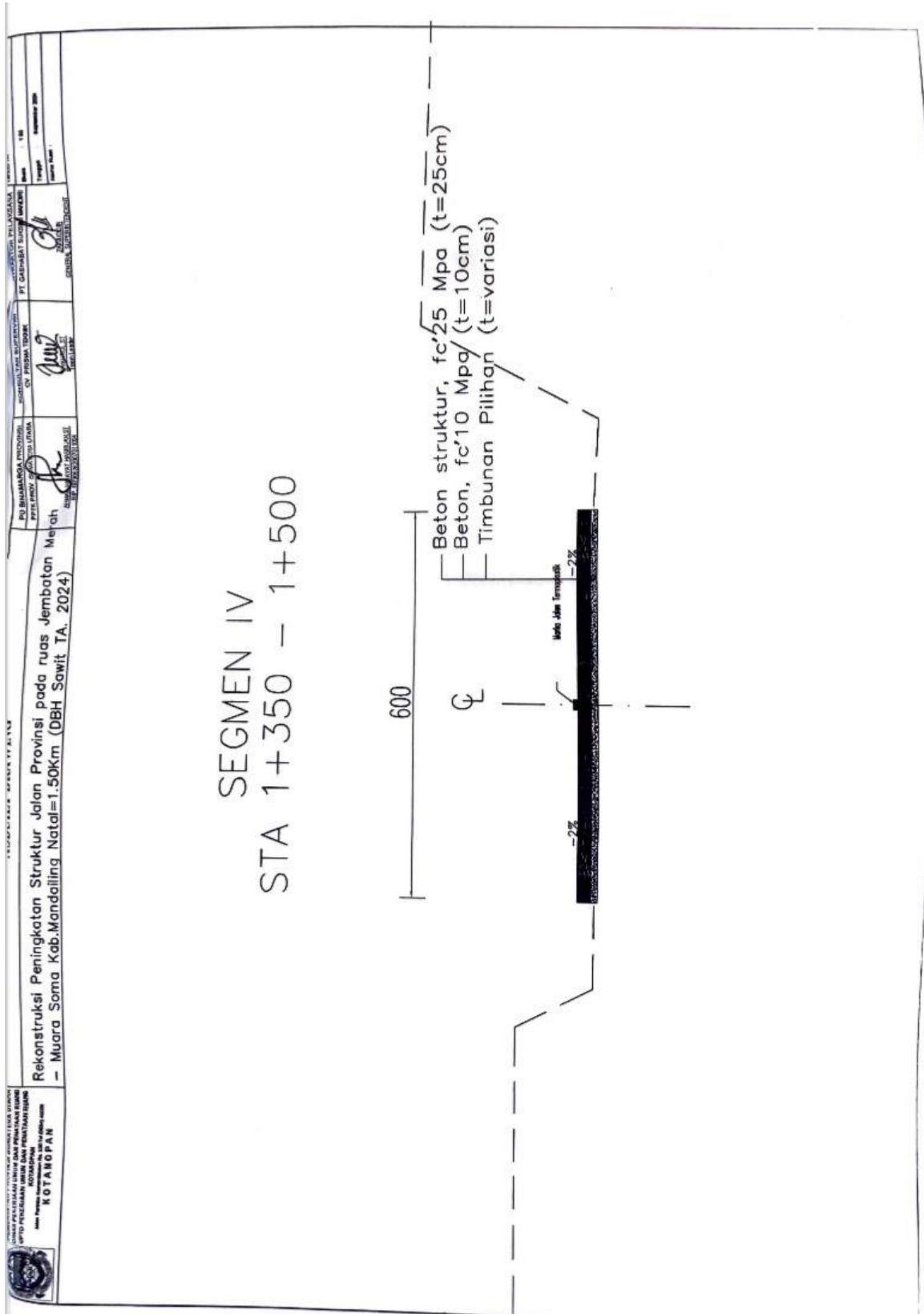
Gambar L4 : Survey volume lalu lintas harian



Gambar L5 : Mengukur Lebar Jalan

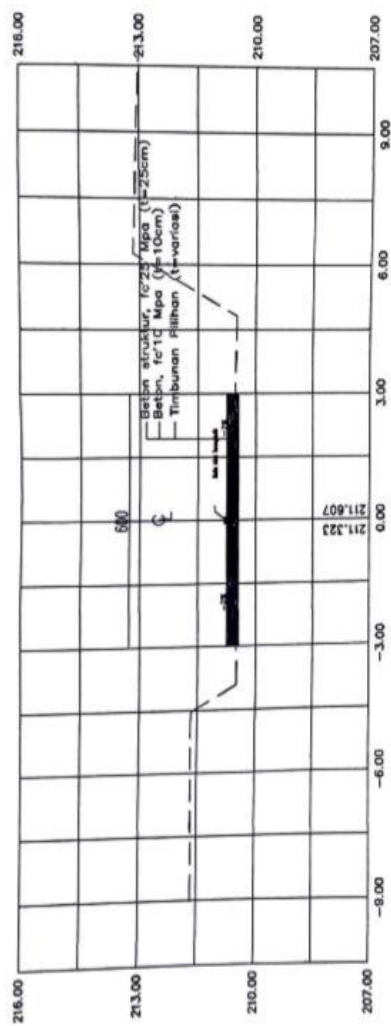


Gambar L6 : Mengukur Bahu Jalan



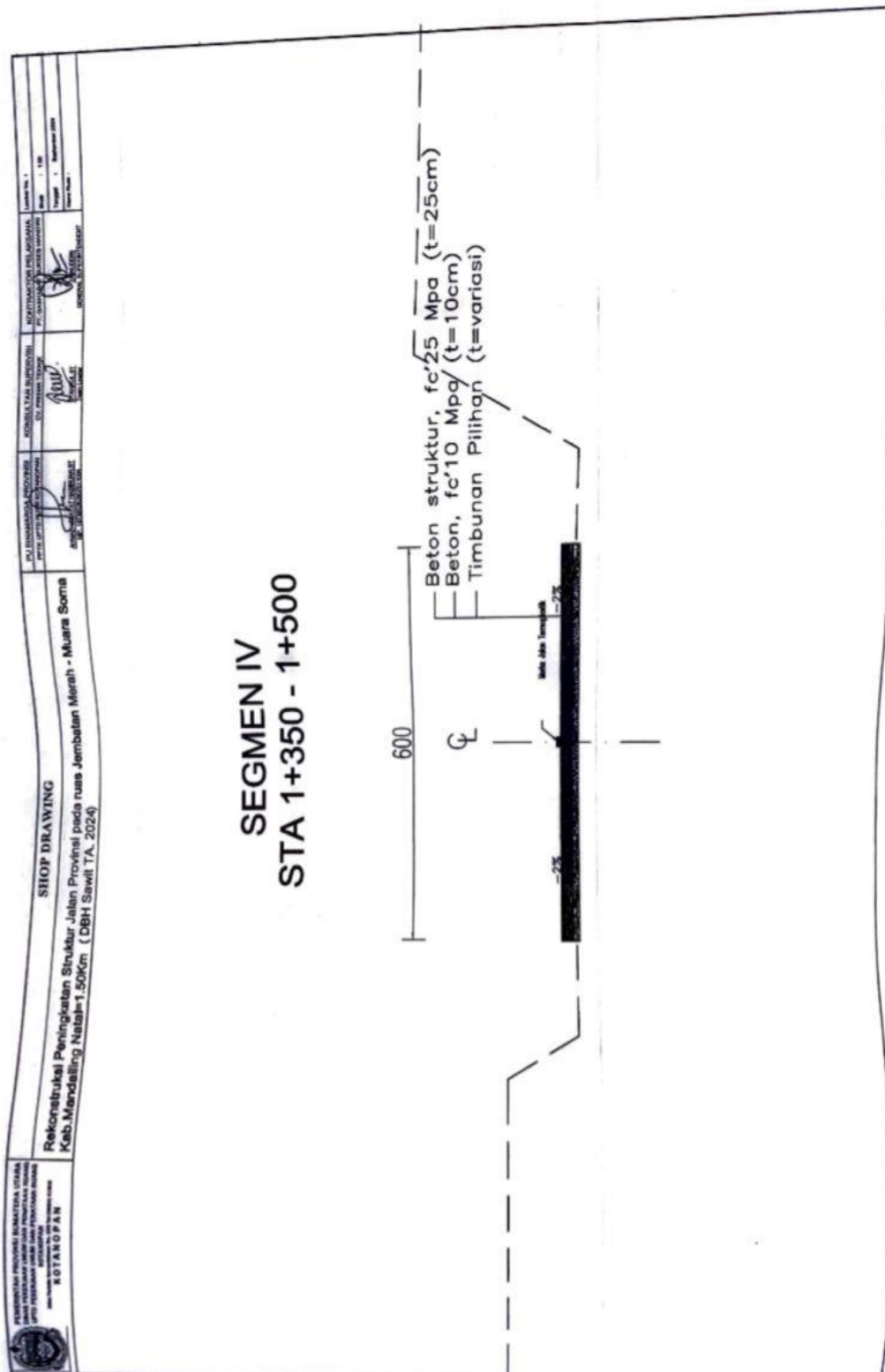
 PT. KAWANAN SUDIRAJAYA	REKONSTRUKSI PENINGKATAN STRUKTUR JALAN PROVINSI PADA RUAS JEMBATAN MERAH — Muara Soma Kab.Mandailing Natal=1.50Km (DBH Sawit TA. 2024)	REKONSTRUKSI — Muara Soma Kab.Mandailing Natal=1.50Km (DBH Sawit TA. 2024)	REKONSTRUKSI — Muara Soma Kab.Mandailing Natal=1.50Km (DBH Sawit TA. 2024)
	REKONSTRUKSI — Muara Soma Kab.Mandailing Natal=1.50Km (DBH Sawit TA. 2024)	REKONSTRUKSI — Muara Soma Kab.Mandailing Natal=1.50Km (DBH Sawit TA. 2024)	REKONSTRUKSI — Muara Soma Kab.Mandailing Natal=1.50Km (DBH Sawit TA. 2024)

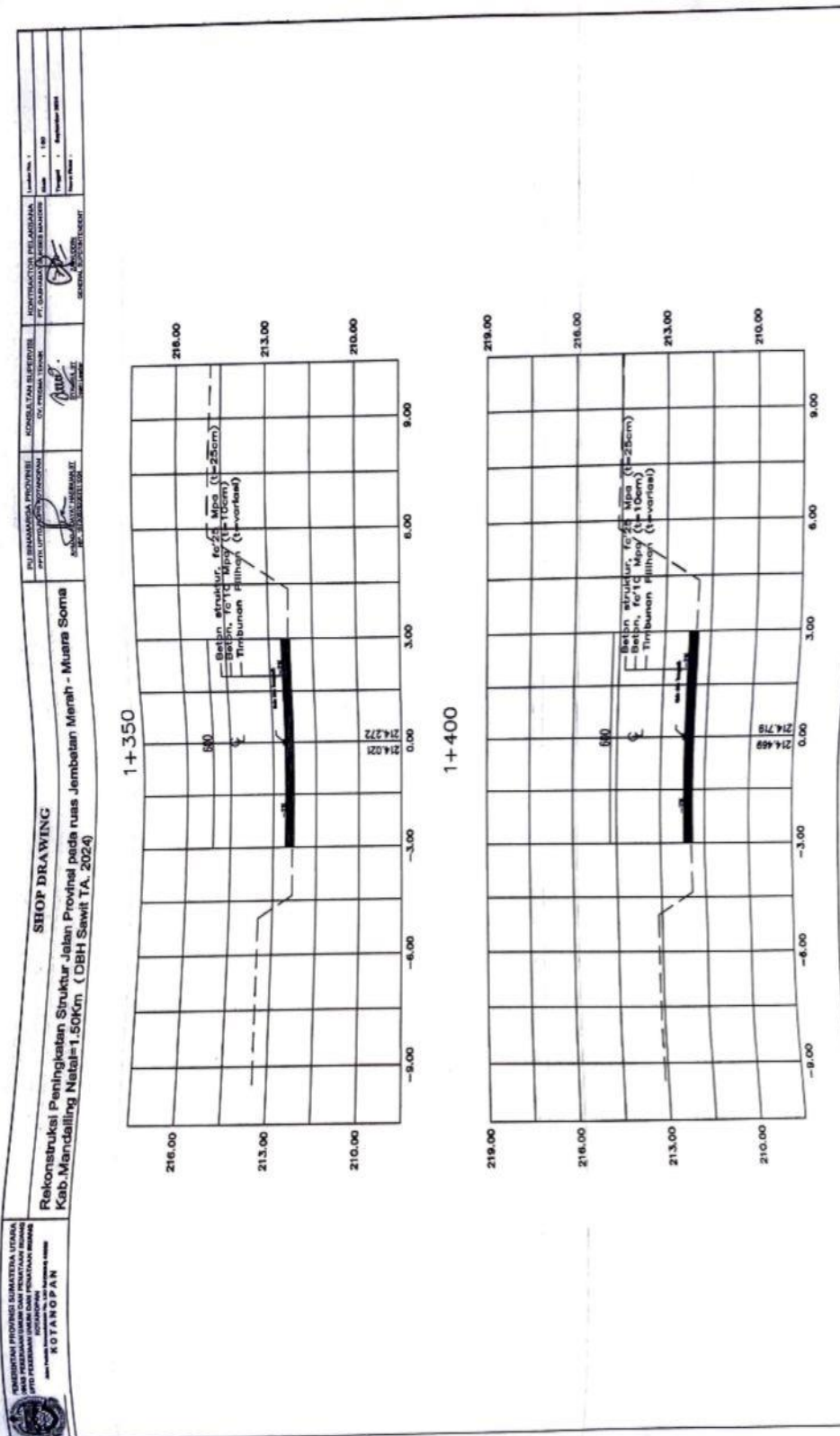
1+450

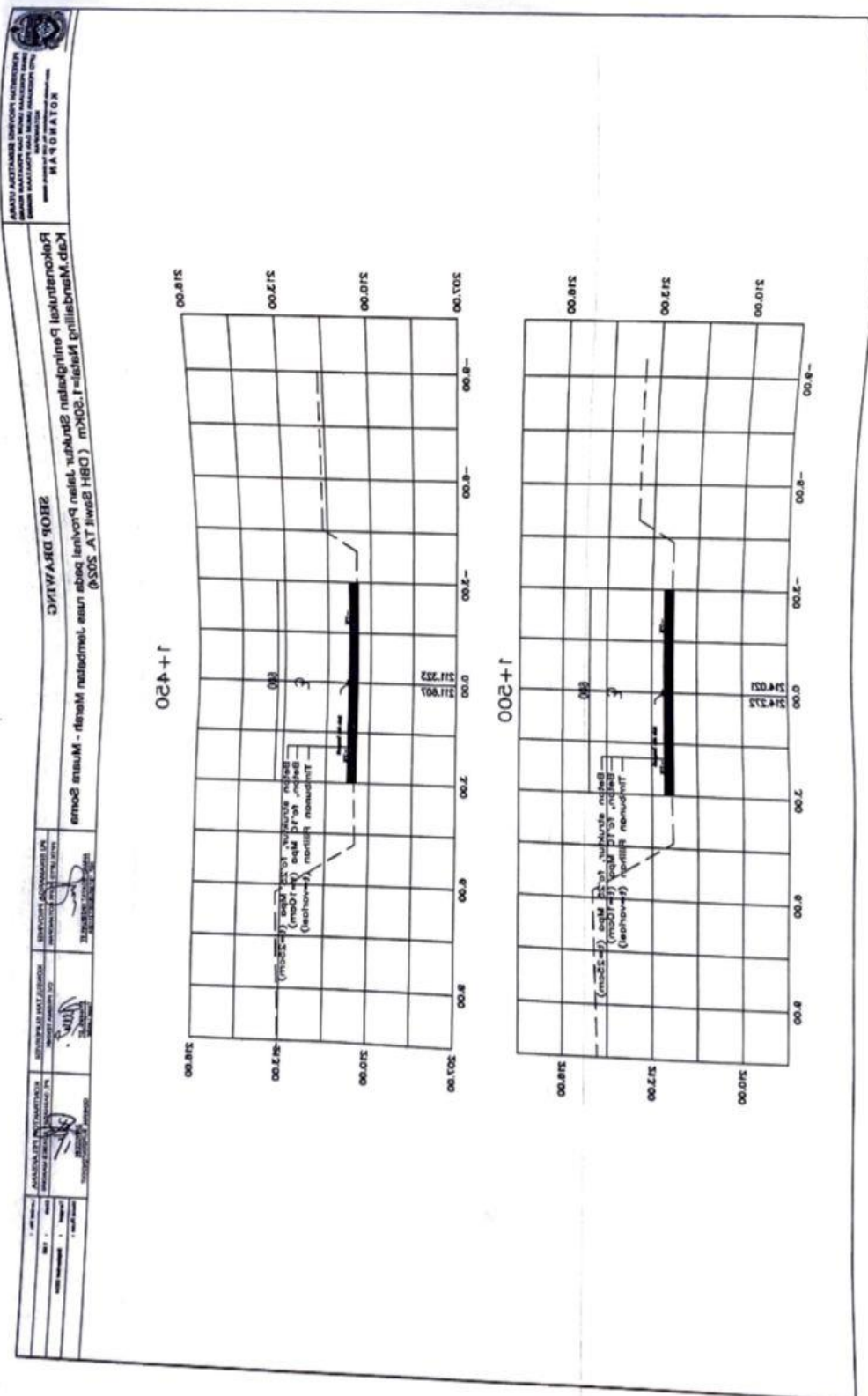


1+500









DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI

Nama : Khaila Hafiza Rizki Nasution
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 24 Juni 2003
Agama : Islam
Alamat : Jl. Bajak II-H No 37 A Medan
No. Hp : 0813-7713-3116
Email : Khailahafizanst24@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 2107210106
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No 3 Medan 20238

NO	TINGKAT PENDIDIKAN	LOKASI	TAHUN KELULUSAN
1	SD Negeri 101789	Medan	2015
2	SMP Negeri 22 Medan	Medan	2018
3	SMA Negeri 2 Medan	Medan	2021
4	Melanjutkan Studi di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2021 Sampai Selesai		