

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PERBANDINGAN TEBAL *OVERLAY* PERKERASAN
LENTUR METODE MDP 2024 DAN PD T-05-2005-B PADA RUAS JALAN
SP. SITUNG GALING – TONGGING – BTS DAIRI
(STUDI KASUS)**

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

DISUSUN OLEH :

ANGGI NATAMA

2407210200P



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
T.A. 2025/2026**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Anggi Natama

NPM : 2407210200P

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : ANALISIS PERBANDINGAN TEBAL *OVERLAY*
PERKERASAAN LENTUR METODE MDP 2024 DAN
PD T-05-2005-B PADA RUAS JALAN SP.
SITUNG GALING- TONGGING- BTS DAIRI (STUDI
KASUS)

Bidang Ilmu : Transportasi

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPALA

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 21 Agustus 2026

Dosen Pembimbing



Ir. Sri Asfiati, M.T

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Anggi Natama

NPM : 2407210200P

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : ANALISIS PERBANDINGAN TEBAL *OVERLAY*
PERKERASAAN LENTUR METODE MDP 2024 DAN
PD T-05-2005-B PADA RUAS JALAN SP.
SITUNG GALING- TONGGING- BTS DAIRI (STUDI
KASUS)

Bidang Ilmu : Transportasi

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

Medan, 21 Agustus 2026

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Ir. Sri Asfiati, M.T

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



Zulkifli Siregar, S.T., M.T.

Kepala Program Studi



Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Anggi Natama
NPM : 2407210200P
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“ANALISIS PERBANDINGAN TEBAL *OVERLAY* PERKERASAAN LENTUR METODE MDP 2024 DAN PD T-05-2005-B PADA RUAS JALAN SP. SITUNG GALING- TONGGING- BTS DAIRI (STUDI KASUS)”

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

Bila kemungkinan hari diduga kuat ada tidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim fakultas yang di bentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan keserjanaan saya.

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

Medan, 21 Agustus 2026

Saya yang menyatakan,


Anggi Natama



ABSTRAK

ANALISIS PERBANDINGAN TEBAL *OVERLAY* PERKERASAN LENTUR METODE MDP 2024 DAN PD T-05-2005-B PADA RUAS JALAN SP. SITUNGKALING -TONGGING - BTS DAIRI (STUDI KASUS)

Anggi Natama
2407210200P
Ir. Sri Asfiati, M.T

Ruas Jalan SP. Situngkaling–Tongging–BTS. Dairi merupakan salah satu ruas jalan yang berperan penting dalam menunjang mobilitas masyarakat dan distribusi barang. Peningkatan volume lalu lintas, khususnya kendaraan berat, menyebabkan penurunan kondisi perkerasan sehingga diperlukan penanganan berupa lapis tambah (*overlay*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan tebal *overlay* menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan (MDP) 2024 dan Pd T-05-2005-B. Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR), data lendutan *Benkelman Beam*, dan data struktur perkerasan eksisting. Analisis dilakukan melalui perhitungan beban lalu lintas kumulatif (CESAL), koreksi lendutan, lendutan karakteristik, serta penentuan tebal *overlay* sesuai prosedur masing-masing metode. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai lalu lintas kumulatif sebesar $0,6 \times 10^6$ CESAL, berdasarkan Metode MDP 2024 menghasilkan kebutuhan tebal *overlay* sebesar 4 cm dan untuk Metode Pd T-05-2005-B menghasilkan tebal lapis tambah terkoreksi (Ht) sebesar 3 cm. Perbedaan tebal lapis tambah yang diperoleh sebesar 0,7 cm, yang menunjukkan bahwa metode Pd T-05-2005-B menghasilkan tebal *overlay* lebih rendah dibandingkan MDP 2024. Perbedaan hasil dipengaruhi oleh perbedaan konsep analisis dan parameter perencanaan pada masing-masing metode. Kedua metode dapat digunakan sebagai acuan perencanaan *overlay*, dengan rekomendasi tebal lapis tambah yang berbeda sesuai karakteristik masing-masing metode.

Kata kunci: Perkerasan Lentur, Overlay, MDP 2024, Pd T-05-2005-B.

ABSTRACT

COMPARATIVE ANALYSIS OF FLEXIBLE PAVEMENT OVERLAY THICKNESS USING THE MDP 2024 AND PD T-05-2005-B METHODS ON THE SP. SITUNGALING–TONGGING–BTS DAIRI ROAD SECTION (CASE STUDY)

Anggi Natama
2407210200P
Ir. Sri Asfiati, M.T

The SP. Situnggaling–Tongging–BTS. Dairi road section plays a crucial role in supporting community mobility and the distribution of goods. The increasing volume of traffic, particularly heavy vehicles, has caused the pavement condition to deteriorate, necessitating corrective measures in the form of an overlay. This study aims to analyze and compare overlay thicknesses using the 2024 Manual Pavement Design Method (MDP) and Pd T-05-2005-B. This study uses secondary data in the form of Average Daily Traffic (ADT), Benkelman Beam flexural data, and existing pavement structure data. The analysis was conducted by calculating the cumulative traffic load (CESAL), deflection correction, characteristic deflection, and determining the overlay thickness in accordance with the procedures of each method. The analysis results show that a cumulative traffic load value of $0,6 \times 10^6$ CESAL, based on the MDP 2024 Method, yields a required additional layer thickness of 4 cm, whereas the Pd T-05-2005-B Method yields a corrected additional layer thickness (H_t) of 3 cm. The difference in the additional layer thickness obtained is 0,7 cm, indicating that the Pd T-05-2005-B Method yields a lower additional layer thickness compared to the MDP 2024 Method. The difference in results is influenced by differences in the analytical concepts and design parameters of each method. Both methods can be used as a reference for overlay design, with different recommended additional layer thicknesses based on the characteristics of each method.

Keywords: Flexible Pavement, Overlay, MDP 2024, Pd T-05-2005-B.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Perbandingan Tebal *Overlay* Perkerasan Lentur Metode MDP 2024 dan Pd T-05-2005- B Pada Ruas Jalan Sp. Situnggaling – Tongging – BTS. Dairi (Studi Kasus)”. Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, bimbingan dan bantuan, sehingga dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Ir. Sri Asfiati, M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
2. Bapak Muhammad Husin Gultom, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membantu dan memberikan saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
3. Bapak Zulkifli Siregar, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membantu dan memberikan saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
4. Bapak Dr. Josef Hadipramana, S.T., M.sc., Ph.D, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara,
5. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara,
6. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara,
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara,

8. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara,
9. Kepada cinta pertama penulis Ayahanda Rapuddin, dan kepada pelita hati dan pintu surga penulis Ibunda Ernidawati, dan kedua adik tercinta penulis Adelia dan Reyhan, terimakasih untuk semua dukungan serta kasih sayang dan semangat penuh cinta yang tidak pernah ternilai harganya,
10. Kepada teman-teman penulis Divia Adellina, Desy Armayanti, Sekar Dwi Fadilla, Arnis Wulanndari Marunduri, May Lani, Andina Wahida terimakasih banyak telah membantu serta telah menjadi penyemangat untuk penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, semoga kita bertemu kembali di versi terbaik diri kita masing-masing.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Medan, 21 Agustus 2026

Penulis



Anggi Natama

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Landasan Teori	5
2.1.1 Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>)	5
2.2 Pengertian Jalan	10
2.2.1 Klasifikasi Jalan	11
2.2.2 Klasifikasi Menurut Kelas	13
2.2.3 Klasifikasi Berdasarkan Sistem Jaringan Jalan	14
2.2.4 Klasifikasi Berdasarkan Pengguna Jalan	15
2.2.5 Bagian Bagian Jalan	16
2.2.6 Beban Lalu Lintas	17
2.2.7 Tebal Lapis Tambah (<i>Overlay</i>)	17
2.3 Perencanaan Tebal Lapis Tambah (<i>Overlay</i>) Metode Lendutan MDP 2024	19
2.3.1 Analisis Lalu Lintas	19
2.3.2 Prosedur Desain Tebal <i>Overlay</i> dengan Lendutan MDP 2024	26
2.4 Perencanaan Tebal Lapis Tambah (<i>Overlay</i>) dengan Metode Lendutan PD T-05-2005-B	31

2.4.1 Analisis Lalu Lintas	31
2.4.2 Prosedur Desain Tebal <i>Overlay</i> Lendutan Pd T-05-2005- B	35
2.5 Penelitian Terdahulu	40
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	42
3.1 Tahapan Penelitian	42
3.2 Lokasi Penelitian	45
3.3 Metode Pengumpulan Data	46
3.4 Data Perencanaan	46
3.5 Jadwal Studi	47
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1 Perhitungan Tebal Lapis Tambah Metode MDP 2024 dan Pd T-2005- B	48
4.1.1 Data Perencanaan	48
4.2 Analisis Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur Metode MDP 2024	49
4.2.1 Tingkat Pertumbuhan Lalu Lintas	49
4.2.2 Faktor Ekuivalen Beban (<i>Vehicle Damage Factor</i>)	50
4.2.3 Beban Sumbu Standar Kumulatif	50
4.3 Desain Tebal Overlay	54
4.3.1 Menentukan Faktor Koreksi Temperatur, fT	54
4.3.2 D_0 rata-rata	56
4.3.3 Standar Deviasi (s)	57
4.3.4 Faktor Keseragaman (FK)	57
4.3.5 Lendutan Maksimum (Lendutan Karakteristik)	59
4.3.6 Tebal Overlay	59
4.4 Analisis Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur Metode Pd T-05-2005- B	60
4.4.1 Faktor Distribusi Arah (DD) dan Faktor Distribusi Lajur (DL)	60
4.4.2 Faktor Umur Rencana dan Perkembangan Lalu Lintas (N)	60
4.4.3 Menghitung Beban Lalu Lintas CESA)	60
4.4.4 Koreksi Lendutan	61
4.4.5 Menghitung Standar Deviasi	63
4.4.6 Keseragaman Lendutan (FK)	64
4.4.7 Menghitung Dwakil (Lendutan Wakil)	65
4.4.8 Menghitung Drencana	65
4.4.9 Mengihtung Tebal Lapis Tambah (H_0)	66

4.4.10 Menentukan Koreksi Tebal Lapis Tambah (F_0)	66
4.4.11 Menghitung Tebal Lapis Tambah Teroreksi (H_t)	66
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	70

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas (PP No. 43 Th 1993)	14
Tabel 2.2 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR) (Bina Marga 2024)	20
Tabel 2.3 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas, I (%): Bina Marga 2024	21
Tabel 2.4 Klasifikasi dan Konfigurasi Sumbu Kendaraan (Bina Marga 2024)	22
Tabel 2.5 Faktor Distribusi Lajur (DL) (Bina Marga 2024)	23
Tabel 2.6 Pengumpulan Data Beban Gandar (Bina Marga 2024)	23
Tabel 2.7 Nilai VDF Pada Jalur Aceh dan Sumatra Utara (Bina Marga 2024)	24
Tabel 2.8 Metode Lapis Tambah (Bina Marga 2024)	27
Tabel 2.9 Faktor Koreksi Temperatur Lendutan (D_0) (Bina Marga 2024)	29
Tabel 2.10 Faktor Koreksi Temperatur Lengkung (D_0 - D_{200}) (Bina Marga 2024)	30
Tabel 2.11 Faktor Lengkung Lendutan BB ke FWD (Bina Marga 2024)	31
Tabel 2.12 Faktor Hubungan Umur Rencana dengan Perkembangan Lalu Lintas	32
Tabel 2.13 Nilai VDF Lentur (MDP2024)	33
Tabel 2.14 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan (Pd T-05-2005-B)	34
Tabel 2.15 Koefisien distribusi kendaraan (C) (Pd T-05-2005-B)	34
Tabel 2.16 Faktor Koreksi Lendutan Temperatur Standar (Ft) (Pd T-05-2005-B)	36
Tabel 2.17 Faktor Koreksi Tebal Lapis Tambah (FKTBL) (Pd T-05- 2005-B)	38
Tabel 2.18 Referensi Dasar Teori (Penelitian Terdahulu)	40
Tabel 2.19 Lanjutan	41
Tabel 3.1 Jadwal Studi	47
Tabel 4.1 Data Volume Lalu Lintas	49
Tabel 4.2 Nilai VDF 4 dan VDF 5	50
Tabel 4.3 Rekapitulasi Perhitungan CESA Bersasarkan Data LHR dan VDF	51
Tabel 4.4 Faktor Temperatur Lendutan (D_0) untuk <i>Benkelman</i>	54
Tabel 4.5 Faktor Temperatur Lendutan (D_0 - D_{200}) untuk <i>Benkelman</i>	55
Tabel 4.6 Rekapitulasi Perhitungan Lendutan	58
Tabel 4.7 VDF Lentur Faktual (MDP 2024)	61
Tabel 4.8 Perhitungan Kumulatif Beban Sumbu Kendaraan (2024-2043)	61
Tabel 4.9 Faktor Koreksi Lendutan Terhadap Temperatur	62
Tabel 4.10 Koreksi Lendutan	63
Tabel 4.11 Data lendutan terkoreksi (dB)	64

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Susunan Lapis Perkerasan Lentur (Bina Marga 2024)	9
Gambar 2.2 Struktur Perkerasan Lentur Pada Permukaan Tanah Asli (Bina	9
Gambar 2.3 Struktur Perkerasan Lentur Pada Timbunan (Bina Marga 2024)	10
Gambar 2.4 Struktur Perkerasan Lentur Pada Galian (Bina Marga 2024)	10
Gambar 2.5 Bagian- Bagian Jalan (PP 34 tahun 2006)	17
Gambar 2.6 Lapis Tambah Lendutan <i>Balik Benkelman</i> (Bina Marga 2024)	27
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	42
Gambar 3.2 Lokasi Penelitian: Google Maps	45
Gambar 3.3 Layout Jalan	45
Gambar 4.1 Menentukan Tebal <i>Overlay</i>	59

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

AC – Base	<i>Asphalt Concrete - Base</i>
AC – BC	<i>Asphalt Concrete – Binder Course</i>
AC – WC	<i>Asphalt Concrete – Wearing Course</i>
BB	<i>Benkelman Beam</i>
C	Koefisien Distribusi Kendaraan
CBR	<i>California Bearing Ratio</i>
CESAL	<i>Cumulative Equivalent Standart Axle Load</i>
CF	<i>Curvature Function</i> (fungsi lengkung lendutan)
CTB	<i>Cement – Treated Base</i>
D ₀	Lendutan Maksimum
D ₂₀₀	Lendutan pada jarak 200 mm dari titik uji
DD	<i>Directional Distribusi</i>
DL	<i>Distribution of Lane</i>
Drencana	Lendutan Rencana
Dwakil	Lendutan Wakil
E	Angka Ekivalen Beban Sumbu Kendaraan
ESA	<i>Equivalent Standart Axle</i>
FK	Faktor Keseragaman
F _t	Faktor Koreksi Temperatur
F _t	Faktor Koreksi Temperatur
FWD	<i>Falling Weight Deflectometer</i>
g	Faktor Pertumbuhan Lalu lintas
IP	Indeks Permukaan
IP _o	Indeks Permukaan pada awal umur rencana
I _{pt}	Indeks Permukaan pada akhir umur rencana
	Lentur dengan Metode Lendutan
LHR	Lalu Lintas Harian Rata-rata
MDP	Manual Desain Perkerasan Jalan
N	Faktor Umur Rencana dan Perkembangan Lalu Lintas
Pd T-2005-B	Pedoman Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan
SG	<i>Subgrade</i> (tanah dasar)

SN	<i>Structural Number</i>
SNI	Standard Nasional Indonesia
STA	<i>Station</i>
UR	Umur Rencana
VDF	<i>Vehicle Damage Factor</i>
WMAAT	<i>Weight Mean Annual Air Temperatur</i>
WMAPT	<i>Weight Mean Annual Pavement</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi adalah bidang yang tidak terpisahkan dengan kehidupan modern. Pada awalnya transportasi belum dianggap sebagai bagian yang vital bagi perpindahan manusia. Setelah kebutuhan semakin meningkat, kemudian manusia mulai memikirkan mengenai jalan sarana transportasi (Trianah, Saputra, and Irnaningsih 2024). Transportasi atau pengangkutan adalah perpindahan manusia atau barang dari satu tempat ke tempat lainnya dengan menggunakan sebuah kendaraan yang digerakkan oleh manusia atau mesin. Transportasi digunakan untuk memudahkan manusia dalam melakukan aktivitas sehari-hari (Lapian 2021).

Di era sekarang kebutuhan masyarakat semakin meningkat, baik masyarakat desa maupun masyarakat kota yang memiliki kebutuhan untuk melakukan pergerakan dari suatu tempat ke tempat lain. Jalan merupakan prasarana yang berperan penting dalam arus lalu lintas, sehingga selama masa layanan jalan tersebut diusahakan menghindari masalah yang berhubungan dengan kerusakan jalan. Banyaknya pergerakan kendaraan di suatu jalan dapat menyebabkan kerusakan pada *flexibel pavement* akibatnya terlalu banyak nya pembebanan yang berulang kali di terima suatu jalan sehingga kerusakan jalan dapat terjadi bahkan penurunan kualitas pada *flexibel pavement* (Pradani and Sadli 2016).

Manual Desain Perkerasan (MDP) telah menjadi panduan bagi perencana teknis jalan di Indonesia sejak edisi pertama pada tahun 2013. MDP sendiri diperbarui untuk menyesuaikan dengan perkembangan teknologi perkerasan jalan dan ketersediaan material. MDP 2024 juga menggantikan edisi tahun 2017 untuk menyelaraskan MDP dan spesifikasi umum untuk pekerjaan jalan dan jembatan, serta mengintegrasikan beberapa pedoman teknis terkait dengan perencanaan teknis atau perancangan perkerasan jalan, preservasi perkerasan jalan dengan memperhatikan daya dukung tanah dasar, serta pembaharuan nilai parameter karakteristik material lokal. MDP 2024 juga menggunakan pendekatan mekanistik

empirik dalam perancangan perkerasan lentur dengan keluaran berupa katalog struktur (Direktorat Jenderal Bina Marga 2024).

Penurunan kinerja perkerasan lentur akibat beban lalu lintas berulang dan pengaruh lingkungan memerlukan penanganan yang tepat melalui perencanaan lapis tambah (*Overlay*) berdasarkan kondisi struktural perkerasan eksisting. Salah satu metode evaluasi yang umum digunakan adalah pengukuran lendutan permukaan perkerasan menggunakan alat uji *Benkelman Beam* (BB), karena mampu menggambarkan respons perkerasan terhadap beban secara langsung dan relatif mudah diterapkan di lapangan.

Pedoman Desain Tebal Perkerasan Lentur Pd T-05-2005- B yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga secara khusus mengakomodasi penggunaan data lendutan BB sebagai parameter utama dalam perencanaan *overlay*, dengan mengaitkan nilai lendutan, kondisi perkerasan, dan beban lalu lintas rencana untuk menentukan kebutuhan tebal lapis tambah. Pedoman ini kemudian mengalami penyempurnaan menjadi Pd T-05-2011- B, namun pendekatan berbasis lendutan pada Pd T-05-2005- B masih relevan digunakan, terutama pada ruas jalan yang memiliki ketersediaan data pengujian BB sebagai dasar evaluasi struktural. Oleh karena itu, Pd T-05-2005- B masih relevan digunakan dalam perencanaan *overlay* perkerasan lentur yang berbasis data lendutan *Benkelman Beam*, terutama pada ruas jalan yang memiliki ketersediaan data pengujian tersebut sebagai dasar evaluasi struktural. (PT-05-2005-B 2005).

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan membandingkan hasil perhitungan tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan lentur menggunakan metode MDP 2024 dan Pd-T-05-2005-B pada ruas jalan SP. Situnggaling – Tongging – BTS. Dairi. Pada proyek yang menjadi objek penelitian, perencanaan perkerasan sebelumnya menggunakan metode AASHTO 1993. Oleh karena itu, data proyek yang tersedia digunakan sebagai data sekunder untuk dianalisis kembali menggunakan metode MDP 2024 dan Pd-T-05-2005-B.

Penggunaan data proyek yang sama pada kedua metode bertujuan agar perbandingan hasil perhitungan dilakukan berdasarkan kondisi dan parameter input

yang sama. Dengan demikian, penelitian dapat menunjukkan perbedaan hasil tebal *overlay* yang dihasilkan oleh metode MDP 2024 dan Pd-T-05-2005-B, serta perbedaan pendekatan dan parameter yang digunakan dalam masing-masing metode.

Selain itu, penelitian yang membandingkan MDP 2024 dan Pd-T-05-2005-B dalam perhitungan tebal *overlay* perkerasan lentur dengan menggunakan data lendutan *Benkelman Beam* masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui studi kasus pada ruas jalan SP. Situnggaling – Tongging – BTS. Dairi, sehingga diperoleh gambaran mengenai perbedaan hasil perencanaan *overlay* dari kedua metode tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil perhitungan tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan lentur menggunakan metode MDP 2024 berdasarkan data lendutan *Benkelman Beam* (BB)?
2. Bagaimana hasil perhitungan tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan lentur menggunakan metode Pd T-05-2005- B berdasarkan data lendutan *Benkelman Beam* (BB)?
3. Bagaimana perbandingan perhitungan tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan lentur antara metode MDP 2024 dan Pd T-05-2005- B pada ruas jalan yang ditinjau?

1.3 Ruang Lingkup

Agar penelitian ini lebih terarah dan fokus pada pokok permasalahan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan pada ruas jalan SP. Situnggaling- Tongging- BTS. Dairi pada STA 0+600 - 3+150, (2,55 km)
2. Jenis perkerasan yang ditinjau adalah perkerasan lentur eksisting

3. Data yang digunakan merupakan data sekunder, meliputi data lalu lintas (LHR), dan data lendutan yang digunakan adalah data hasil pengujian dengan alat *Benkelman Beam* (BB)
4. Metode perhitungan tebal lapis tambah (*overlay*) yang digunakan adalah MDP 2024 dan Pd T-05-2005- B
5. Penelitian ini terbatas pada analisis perhitungan tebal *overlay*, tanpa membahas perencanaan geometrik jalan, drainase, gambar desain, maupun perencanaan anggaran biaya (RAB).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Untuk menghitung tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan lentur menggunakan metode MDP 2024 berdasarkan data lendutan *Benkelman Beam* (BB).
2. Untuk menghitung tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan lentur menggunakan metode Pd T-05-2005- B berdasarkan data lendutan *Benkelman Beam* (BB).
3. Untuk membandingkan hasil perhitungan tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan lentur antara metode MDP 2024 dan Pd T-05-2005- B.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat akademis, sebagai referensi dan bahan kajian bagi mahasiswa dan peneliti dalam memahami perbedaan metode perhitungan *overlay* perkerasan lentur antara MDP 2024 dan Pd T-05-2005- B.
2. Manfaat praktis, sebagai bahan pertimbangan bagi praktisi dalam memilih metode perhitungan (*overlay*) perkerasan lentur yang sesuai dengan kondisi jalan dan ketersediaan data lendutan *Benkelman Beam*.
3. Sebagai masukan dalam evaluasi penerapan pedoman lama dan pedoman terbaru pada perencanaan *overlay* perkerasan lentur di Indonesia.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan Lentur adalah suatu perkerasan jalan yang terdapat lapisan permukaan (campuran aspal), lapis pondasi (*base course*), lapisan pondasi bawah (*subbase*) serta lapis tanah dasar (*subgrade*) tanah telah dipadatkan melalui mekanis atau tanpa stabilisasi secara kimiawi (Arthono and Pransiska 2011) . Lapisan tanah dasar atau *subgrade* adalah lapisan tanah dasar digunakan perletakan pada bagian - bagian perkerasan yang lainnya baik itu setelah dipadatkan, permukaan tanah asli, permukaan tanah galian. Lapisan pondasi bawah adalah lapisan yang terbuat dari bahan/material yang diperbaiki terlebih dahulu, material alam, atau dihamparkan sirtu kemudian dipadatkan. Lapisan pondasi atas atau *base course* adalah lapisan yang terdiri dari bahan/material yang dipersiapkan (dicampur dengan bahan semen maupun bahan aspal) atau material dari bahan alam tanpa campuran, lapisan ini harus mampu menahan beban serta membaginya atau meneruskan beban ke lapisan agregat yang memiliki rentang tebal dari 5 cm atau lebih, (Ariyanto and Sarwanta 2021).

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan lapisan di bawahnya (Susilo, Dewantara, and Batanghari 2018). Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari:

1. Lapisan permukaan (*surface course*)

Lapisan aspal AC-WC adalah lapisan yang memiliki struktur paling halus dibandingkan dengan lapisan lainnya. Sebagai lapisan yang terletak di susunan paling atas, aspal AC-WC akan langsung berhubungan dengan kondisi luar, seperti cuaca, lingkungan dan beban yang melintasinya. Lapisan permukaan terletak pada bagian paling atas dari struktur perkerasan lentur. Lapisan permukaan (*surface course*) memiliki fungsi yaitu:

- a) Lapis penahan beban vertikal dari kendaraan, oleh karena itu lapisan harus memiliki stabilitas tinggi selama masa pelayanan;
- b) Lapis aus (*wearing course*) karena menerima gesekan dan getaran roda dari kendaraan yang mengerem;
- c) Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atas lapis permukaan tidak meresap ke lapis di bawahnya yang berakibat rusaknya struktur perkerasan jalan;
- d) Lapis yang menyebarkan beban ke lapis pondasi.

Lapis permukaan berdasarkan fungsinya:

- Lapisan Non Struktural, sebagai lapisan aus dan kedap air;
- Lapisan Struktural, sebagai lapis yang menahan dan menyebarkan beban roda kendaraan.

Bahan pengikat aspal yang digunakan pada lapis permukaan perkerasan lentur akan menghasilkan lapis yang kedap air, berstabilitas tinggi, dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan. Namun struktur jalan yang menggunakan perkerasan lentur memiliki kelemahan yaitu akibat kontak langsung dengan roda kendaraan, hujan, dingin, dan panas, lapis paling atas cepat menjadi aus dan rusak, sehingga disebut lapis aus.

2. Lapisan fondasi atas (*base course*)

Lapis pondasi atas adalah lapisan struktur pondasi yang berhubungan langsung dengan aspal karena tepat di bawah aspal. Struktur ini menggunakan agregat kelas A yang tersusun campuran material batu pecah dengan abu batu yang diatur sedemikian rupa sehingga bisa dikatakan sebagai kelas A. Batu pecah yang digunakan terdiri dari beberapa fraksi ukuran yang berbeda. Lapisan pondasi atas terletak antara lapisan permukaan dengan lapisan pondasi bawah dan lapis permukaan dinamakan lapis pondasi (*base course*). Jika tidak digunakan lapis bawah pondasi bawah, maka lapis pondasi diletakkan langsung diatas permukaan tanah dasar. Lapis pondasi atas memiliki fungsi utama yaitu:

- a) Mendukung kerja lapis permukaan sebagai penahan gaya geser dari beban roda, dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya;

- b) Memperkuat konstruksi perkerasan, sebagai bantalan terhadap lapisan permukaan;
- c) Sebagai lapis peresapan untuk lapisan pondasi bawah sebagai lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

Bahan - bahan untuk lapisan pondasi merupakan bahan yang cukup kuat dan tahan lama sesuai dengan persyaratan teknis. Lapisan dasar dapat dipilih sebagai lapisan butiran tanpa pengikat atau sebagai lapisan dengan aspal sebagai pengikat.

3. Lapisan fondasi bawah (*subbase course*)

Lapis pondasi bawah adalah lapisan struktur yang menggunakan agregat kelas B. Material agregat kelas B adalah campuran gradasi material batu pecah dengan sirtu atau selected. Batu pecah tersebut terdiri dari beberapa fraksi ukuran yang berbeda. Lapisan pondasi bawah terletak antara tanah dasar dan lapis pondasi atas. Fungsi utama dari lapis pondasi bawah adalah:

- a) Untuk menyebarkan beban roda ke lapisan yang ada dibawahnya;
- b) Sebagai lapisan awal (lantai kerja) untuk melaksanakan pekerjaan perkerasan jalan misalnya pada penghamparan bahan lapis pondasi;
- c) Sebagai lapis peresapan air, nilai kepadatannya mencegah masuknya air dari tanah dasar ke lapisan pondasi;
- d) Untuk mencegah masuknya tanah dasar yang berkualitas rendah ke lapis pondasi atas.

Jenis lapis pondasi bawah yang umum digunakan di Indonesia adalah lapis pondasi agregat Kelas C. Lapis pondasi agregat kelas C ini dapat pula digunakan sebagai lapis pondasi tanpa penutup aspal

4. Lapis tanah dasar (*subgrade*)

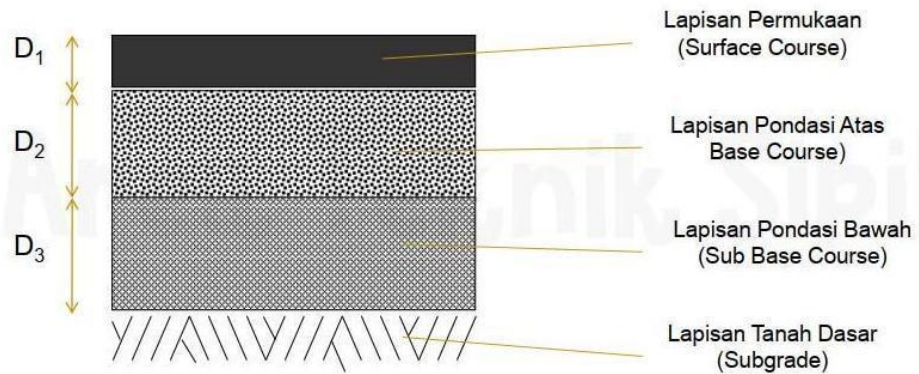
Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, atau tanah urugan yang didatangkan dari tempat lain. Kekuatan dan keawetan konstruksi pada perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut:

1. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari jenis tanah tertentu akibat beban lalu lintas;
2. Sifat mengembang dan menyusutnya tanah akibat perubahan kadar air;
3. Daya dukung tanah yang tidak merata akibat adanya perbedaan sifat-sifat tanah pada lokasi yang berdekatan atau akibat kesalahan pelaksanaan misalnya kepadatan yang kurang baik;
4. Lendutan (*defleksi*) dan pengembangan yang besar selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dari jenis tanah tertentu;
5. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkannya yaitu pada tanah dasar berbutir kasar (*granular soils*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaannya.

Untuk mencegah timbulnya permasalahan di atas, maka harus diperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

1. Tanah dasar berkohesi dengan indeks plastis kurang dari 25 cm tebal minimum 15 cm bagian atas, harus dipadatkan supaya mencapai 95% dari kepadatan maksimum. Untuk tanah dasar dan tanah asli galian dianjurkan memadatkannya hingga mencapai 100% kepadatan kering maksimum. Selama pemadatan hendaknya dijaga agar kadar air tidak berbeda lebih dari 20% dari kadar air optimum.
2. Mengusahakan daya dukung tanah dasar yang merata. Apabila terjadi perbedaan daya dukung yang menyolok antara tanah dasar yang berdekatan (misalnya perubahan dari tanah lempung kepasiran/tanah lempung kelanauan ke tanah lempung yang plastis atau juga perubahan dari galian ke urugan), maka harus diusahakan perubahan tebal lapisan perkerasan berjalan secara miring dan rata. Dianjurkan untuk mengadakan jarak transisi 10 meter terhitung dari perbatasan perubahan daya dukung tanah ke arah daya dukung tanah dasar yang lebih baik.
3. Perbaiki tanah dasar untuk keperluan mendukung beban roda alat-alat besar. Dalam hal ini dimana kasus daya dukung tanah dasar tidak mendukung untuk lewatnya alat-alat besar, harus diadakan cara-cara yang tepat sesuai dengan

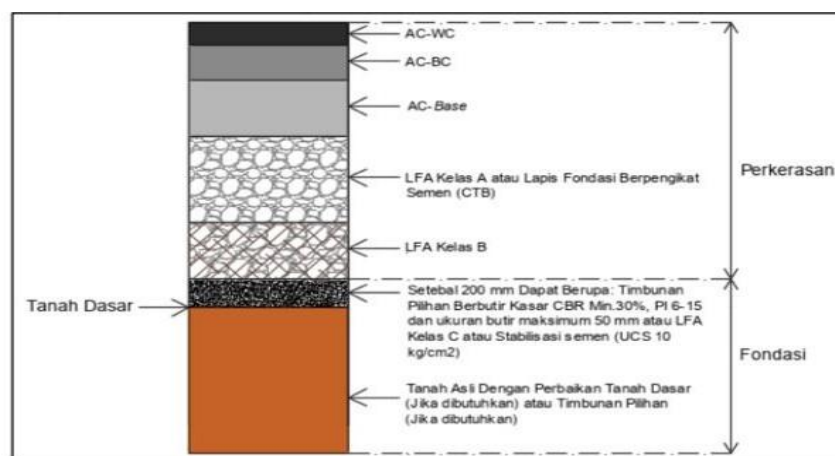
keadaan setempat agar beban roda alat-alat besar dapat ditahan oleh tanah dasar. Perbaikan tanah dasar ini dapat berupa tambahan lapis fondasi bawah diluar dari yang diperhitungkan untuk tebal perkerasan yang diperlukan. Daya dukung tanah dasar dapat diperkirakan dengan mempergunakan hasil pemeriksaan CBR, seperti Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2. 1 Susunan Lapis Perkerasan Lentur (Bina Marga 2024)

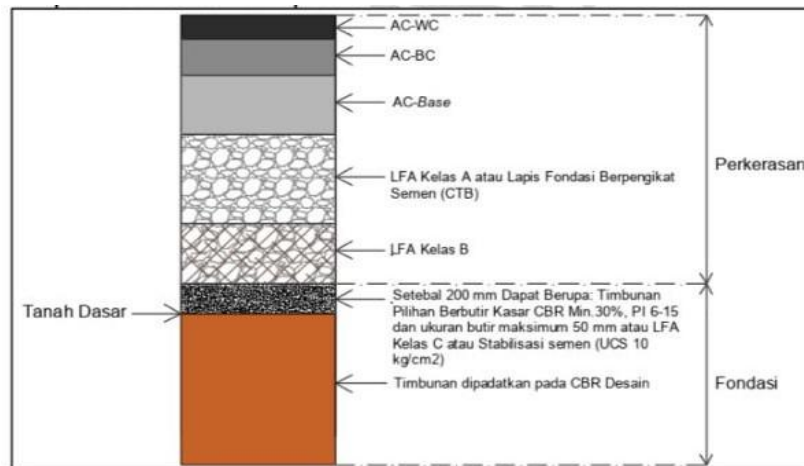
Setiap tipe struktur perkerasan lentur memiliki susunan lapisan yang disesuaikan dengan kondisi tanah dasar, fungsi jalan, dan beban lalu lintas. Perbedaan susunan lapisan tersebut bertujuan menghasilkan struktur perkerasan yang memiliki kekuatan dan umur layan yang optimal. Tipikal struktur perkerasan lentur berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024 disajikan pada Gambar 2.2, Gambar 2.3, dan Gambar 2.4 berikut.

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



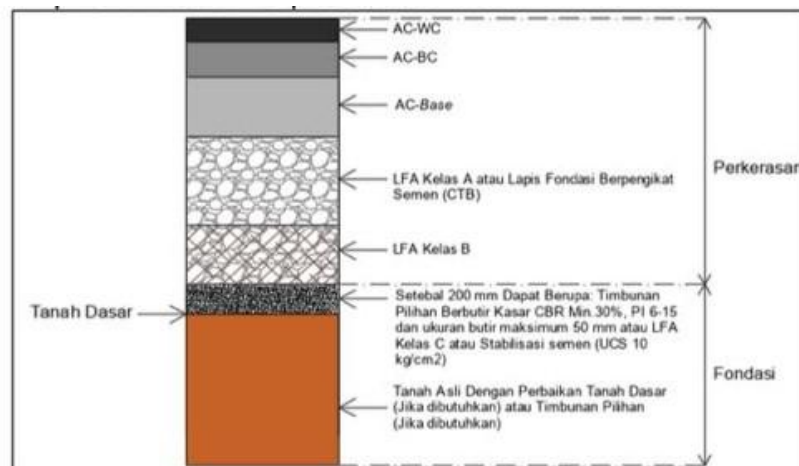
Gambar 2. 2 Struktur Perkerasan Lentur Pada Permukaan Tanah Asli (Bina Marga 2024)

b. Struktur Perkerasan Lentur pada Timbunan.



Gambar 2. 3 Struktur Perkerasan Lentur Pada Timbunan (Bina Marga 2024)

c. Struktur Perkerasan Lentur pada Galian.



Gambar 2. 4 Struktur Perkerasan Lentur Pada Galian (Bina Marga 2024)

2.2 Pengertian Jalan

Pengertian jalan menurut (UU RI No. 2 Tahun 2022) adalah:

1. Jalan merupakan seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel.
2. Jalan Umum merupakan jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas umum.

3. Jalan Bebas Hambatan merupakan jalan umum untuk lalu lintas dengan pengendalian jalan masuk secara penuh tanpa adanya persimpangan sebidang serta dilengkapi dengan pagar ruang milik jalan.
4. Jalan Tol ialah jalan bebas hambatan yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagian jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar.

Pengertian jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang menghubungkan antar satu daerah dengan daerah lainnya untuk memudahkan mobilitas dan aksesibilitas sehingga sangat berpengaruh terhadap kemajuan bidang ekonomi, social, budaya, maupun politik di suatu wilayah.” Jalan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berdasarkan status, fungsi dan klasifikasi dalam perencanaan, sebagai berikut :

2.2.1 Klasifikasi Jalan

1. Klasifikasi Berdasarkan Bagian Jalan

Berdasarkan (Pandey, Sisca V 2013) tentang jalan dan tentang lalu lintas dan angkutan umum, maka klasifikasi jalan menurut peruntukan jalan yaitu:

a) Jalan Umum

Jalan Umum ialah jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum, termasuk jalan bebas hambatan dan Jalan Tol, dikelola oleh Pemerintah.

b) Jalan Khusus

Jalan Khusus ialah jalan yang tidak diperuntukkan untuk lalu lintas umum, hanya diperuntukkan bagi kepentingan atau untuk manfaat langsung kepada perorangan, kelompok masyarakat tertentu, badan usaha atau instansi tertentu. Penyelenggaraan jalan khusus sesuai pengaturan dilaksanakan oleh bukan pemerintah, sedangkan berkaitan dengan pembinaan, pengawasan, pengusahaan, dan pengoperasiannya dapat dilakukan oleh instansi pemerintah atau pemerintah bersama-sama swasta atau swasta, perorangan, atau kelompok masyarakat tertentu. Kepemilikan jalan khusus dapat dimiliki oleh perorangan, kelompok masyarakat

tertentu, badan usaha, dan atau instansi tertentu termasuk instansi Pemerintah.

Ruas Jalan Sp. Situnggaling – Tongging Kec. Merek ini merupakan salah satu jalan Provinsi di Sumatera Utara yang diperuntukkan sebagai Jalan Kolektor dalam sistem jaringan Jalan Primer yang menghubungkan Ibu Kota Provinsi dengan Kabupaten/Kota.

2. Klasifikasi Berdasarkan Medan Jalan

Berdasarkan PP No. 34 Tahun 2006 tentang jalan dan UU No. 22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan umum, maka klasifikasi jalan menurut status jalan yaitu:

a) Jalan Nasional

Jalan Nasional adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh Pemerintah pusat yang terdiri atas Jalan Arteri dan Jalan Kolektor dalam sistem jaringan Jalan Primer yang menghubungkan antar Ibukota Provinsi dan Jalan Strategis Nasional serta Jalan Tol.

b) Jalan Provinsi

Jalan Provinsi adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh Pemerintah Provinsi yang dari Jalan Kolektor dalam sistem jaringan Jalan Primer yang menghubungkan Ibukota Provinsi dan Ibukota Kabupaten/Kota, atau antar Ibukota Kabupaten/Kota, jalan strategis Provinsi dan jalan di daerah khusus Ibukota Jakarta.

c) Jalan Kabupaten

Jalan Kabupaten adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh Pemerintah Kabupaten yang terdiri atas Jalan Kolektor Primer yang tidak termasuk Jalan Nasional dan Jalan Provinsi, Jalan Lokal Primer yang menghubungkan Ibukota Kabupaten dengan Ibukota Kecamatan, Ibukota Kabupaten dengan pusat Desa, antar Ibukota Kecamatan, Ibukota Kecamatan dengan Desa dan antar Desa, Jalan Sekunder yang tidak termasuk Jalan Provinsi dan Jalan Sekunder dalam Kota serta jalan strategis Kabupaten.

d) Jalan Kota

Jalan Kota merupakan jalan umum yang diselenggarakan oleh Pemerintah Kota dan berada dalam jaringan jalan di dalam Kota.

e) Jalan Desa

Jalan Desa merupakan jalan umum yang diselenggarakan oleh Pemerintah Kabupaten, terdiri dari jalan lingkungan primer dan jalan lokal primer yang tidak termasuk jalan Kabupaten berada dalam kawasan pedesaan dan menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam Desa.

Ruas Jalan Sp. Situnggaling – Tongging Kec. Merek ini termasuk kedalam Jalan Provinsi yang diselenggarakan oleh Pemerintah Provinsi.

2.2.2 Klasifikasi Menurut Kelas

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 38 tahun 2004 tentang Jalan dan Peraturan Pemerintah Nomor 34 tahun 2006, untuk pengaturan penggunaan jalan dan kelancaran lalu-lintas berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan (Indonesia 2004), jalan dibagi dalam beberapa kelas jalan, yaitu:

a. Jalan Bebas Hambatan (*freeway*)

Meliputi pengendalian jalan masuk secara penuh, tidak ada persimpangan sebidang, dilengkapi pagar ruang milik jalan, dilengkapi dengan median, paling sedikit mempunyai 2 (dua) lajur setiap arah, dan lebar lajur paling sedikit 3,5 meter. Jalan bebas hambatan dirancang untuk melayani arus lalu lintas berkecepatan tinggi dengan tingkat keselamatan dan kelancaran yang lebih baik dibandingkan jenis jalan lainnya.

b. Jalan Raya (*highway*)

Merupakan jalan umum untuk lalu-lintas secara menerus dengan pengendalian jalan masuk secara terbatas dan dilengkapi dengan median, paling sedikit 2 (dua) lajur setiap arah, lebar lajur paling sedikit 3,5 meter. Jalan raya berfungsi menghubungkan kawasan penting dengan tetap memperhatikan kapasitas, keselamatan, dan efisiensi pergerakan lalu lintas

c. Jalan Sedang (*road*)

Merupakan jalan umum dengan lalu-lintas jarak sedang dengan pengendalian jalan masuk tidak dibatasi, paling sedikit 2 (dua) lajur untuk 2 (dua) arah dengan lebar jalur paling sedikit 7 (tujuh) meter.

d. Jalan Kecil (*street*)

Merupakan jalan umum untuk melayani lalu-lintas setempat, paling sedikit 2 (dua) lajur untuk 2 (dua) arah dengan lebar jalur paling sedikit 5,5 (lima koma lima) meter.

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas (PP No. 43 Th 1993)

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Maksimum dan Muatan Sumbu Terberat (MST) Kendaraan Bermotor yang harus mampu ditampung			
		Lebar (mm)	Panjang (mm)	MST (ton)	Tinggi (mm)
PP No. 43/1993, ps 11 ayat (1)					UU No. 22 Th. 2009, Psl. 19
I	Arteri	2500	18000	> 10	≤ 4200
II		2500	18000	≤ 10	
IIIA	Arteri atau Kolektor	2500	18000	≤ 8	≤ 3500
IIIB	Kolektor	2500	12000	≤ 8	
IIIC	Lokal dan Lingkungan	2100	9000	≤ 8	

2.2.3 Klasifikasi Berdasarkan Sistem Jaringan Jalan

Klasifikasi sistem jaringan jalan berdasarkan UU No. 22 tahun 2009 (No.22 2009) tentang Lalu Lintas dan Angkutan Umum, klasifikasi jalan menurut medannya yaitu:

1) Sistem Jaringan Jalan Primer (SJJ)

Disusun berdasarkan rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat

kegiatan yaitu pusat kegiatan nasional (PKN), pusat kegiatan wilayah (PKW), pusat kegiatan lokal (PKL) sampai ke pusat kegiatan lingkungan (PKLing) dan menghubungkan antarPKN. Ruas-ruas jalan dalam SJJ primer yang berfungsi menghubungkan pusat-pusat kegiatan yang umumnya berwujud kota dan berlokasi di luar Kota dikategorikan sebagai jalan antar Kota.

2) Sistem Jaringan Jalan Sekunder

SJJ sekunder disusun berdasarkan rencana tata ruang wilayah Kabupaten/Kota dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan yang menghubungkan secara menerus kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga, dan seterusnya sampai ke persil. Ruas-ruas jalan dalam SJJ sekunder yang berfungsi menghubungkan pusat-pusat kegiatan yang umumnya berwujud kawasan di dalam Kota dikategorikan sebagai Jalan Perkotaan.

Berdasarkan kedua jenis klasifikasi jalan berdasarkan sistem jaringan jalan diatas maka Ruas Jalan SP. Situnggaling-Tongging- BTS. Dairi ini diklasifikasikan sebagai Jalan Primer, khususnya sebagai bagian dari kolektor primer atau peningkatan konektivitas strategis untuk pariwisata.

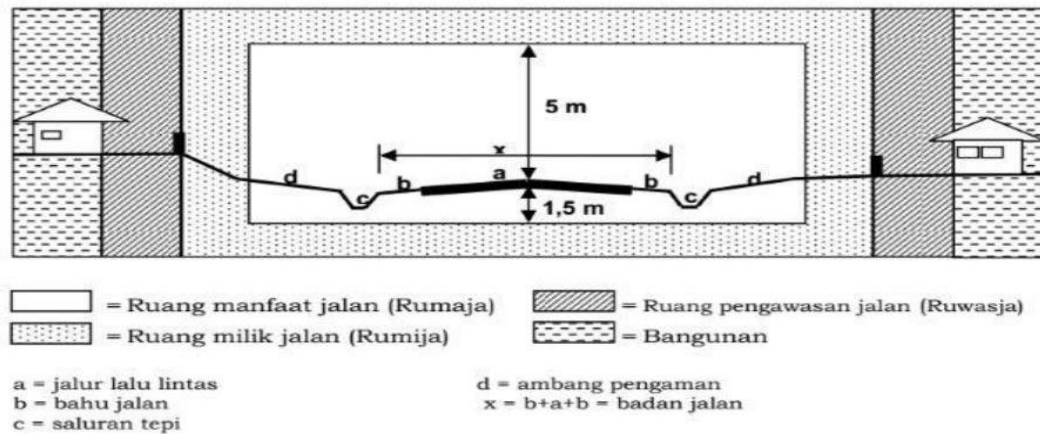
2.2.4 Klasifikasi Berdasarkan Pengguna Jalan

Klasifikasi berdasarkan penggunaan jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton. Klasifikasi ini dibuat dengan tujuan agar kendaraan yang akan melewati jalan tersebut dapat disesuaikan dengan jenis jalannya sehingga tidak mengakibatkan kerusakan yang diakibatkan ketidaksesuaian kemampuan jalan dengan kendaraannya. Berdasarkan UU No. 22 tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, klasifikasi berdasarkan penggunaan jalan menjadi pedoman dalam mengatur jenis kendaraan yang dapat melintas pada suatu ruas jalan. Penerapan klasifikasi ini diharapkan dapat mengurangi kerusakan jalan akibat beban kendaraan yang melebihi kapasitas serta mendukung terciptanya sistem transportasi yang aman, tertib, dan berkelanjutan.

2.2.5 Bagian Bagian Jalan

Berdasarkan Undang-Undang No. 38 tahun 2004, tentang Jalan, bagian-bagian ruas jalan dibagi menjadi beberapa ruang yang memiliki fungsi dan peranan masing-masing dalam penyelenggaraan jalan. Pembagian tersebut bertujuan untuk mengatur pemanfaatan ruang jalan agar sesuai dengan fungsinya, menjamin keselamatan pengguna jalan, serta mendukung kelancaran penyelenggaraan dan pemeliharaan infrastruktur jalan. Adapun bagian-bagian ruas jalan tersebut terdiri atas ruang manfaat jalan (*Rumaja*), ruang milik jalan (*Rumija*), dan ruang pengawasan jalan (*Ruwasja*) yang dijelaskan sebagai berikut.

1. Ruang Manfaat Jalan (*Rumaja*) itu sendiri meliputi badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengamanannya.
2. Ruang Milik Jalan (*Rumija*) itu sendiri meliputi ruang manfaat jalan dan sejalur tanah tertentu diluar ruang manfaat jalan. Ruang milik jalan paling sedikit memiliki lebar sebagai berikut:
 - a. Jalan Bebas Hambatan 30 m.
 - b. Jalan Raya 25 m.
 - c. Jalan Sedang 15 m.
 - d. Jalan Kecil 11 m.
3. Ruang Pengawasan Jalan (*Ruwasja*) adalah ruang tertentu diluar ruang milik jalan yang ada dibawah pengawasan penyelenggara jalan, lebar untuk daerah pengawasan jalan antara lain:
 - a. Jalan Arteri Primer 15 m.
 - b. Jalan Kolektor Primer 10 m.
 - c. Jalan Lokal Primer 7 m.
 - d. Jalan Lingkungan Primer 5 m.
 - e. Jalan Arteri Sekunder 15 m.
 - f. Jalan Kolektor Sekunder 5 m.
 - g. Jalan Lokal Sekunder 3 m.
 - h. Jalan Lingkungan Sekunder 2 m.



Gambar 2. 5 Bagian- Bagian Jalan (PP 34 tahun 2006)

2.2.6 Beban Lalu Lintas

Data lalu lintas merupakan data yang sangat perlu sebagai dasar dalam perencanaan maupun dalam mengevaluasi perkerasan jalan dikarenakan tebal lapisan perkerasan ditentukan dari beban yang akan dipikul oleh ruas jalan, ini berarti dari arus lalu lintas yang memakai ruas jalan itu. Beban lalu lintas adalah beban kendaraan yang dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui kontak antara ban dan muka jalan. Beban lalu lintas merupakan beban dinamis yang terjadi secara berulang selama masa pelayanan jalan (Studi et al. 2023) . Besarnya beban lalu lintas dipengaruhi oleh faktor:

- 1) Konfigurasi sumbu dan roda kendaraan
- 2) Beban roda kendaraan
- 3) Beban sumbu
- 4) Volume lalu lintas dan Repitisi beban lalu lintas

2.2.7 Tebal Lapis Tambah (*Overlay*)

Tebal lapis tambah (*overlay*) merupakan lapis perkerasan tambahan yang dipasang di atas konstruksi perkerasan yang ada dengan tujuan untuk meningkatkan kekuatan struktur perkerasan yang ada agar dapat melayani lalu lintas yang direncanakan selama kurun waktu yang akan datang dari kerusakan aspal yang telah

terjadi. Tebal lapis tambah (*overlay*) dibutuhkan apabila konstruksi perkerasan yang ada tidak dapat lagi memikul beban lalu lintas yang beroperasi baik karena penurunan kemampuan struktural atau karena mutu lapisan perkerasan yang sudah jelek (Shofwan, Cahyono, and Wibisono 2024).

Salah satu jenis *overlay* yang sering digunakan di Indonesia adalah laston (lapisan aspal beton). Lapis aspal beton adalah lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terbuat dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus (*well graded*) dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam kondisi panas pada suhu tertentu. Laston terdiri dari tiga macam campuran yaitu :

1. Laston Lapis Aus AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) Lapisan ini merupakan lapisan perkerasan paling atas dan berfungsi sebagai lapisan keausan. Walaupun bersifat non struktural, AC-WC dapat memperkuat perkerasan terhadap penurunan kualitas sehingga dapat meningkatkan umur layanan konstruksi perkerasan tersebut.
2. Laston Lapis Pengikat AC-BC (*Asphalt Concrete Binder Coarse*) Lapisan ini merupakan lapisan perkerasan tepat di bawah lapisan keausan dan di atas lapisan pondasi. Lapisan ini tidak berhadapan langsung dengan cuaca, tetapi harus memiliki ketebalan dan kekuatan yang cukup untuk mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas.
3. Laston Lapis Pondasi AC-Base (*Asphalt Concrete Base*) Lapisan ini merupakan perkerasan yang berada di bawah lapis pengikat, perkerasan tersebut tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk menahan beban lalu lintas yang tersebar melalui roda kendaraan. AC-Base berfungsi sebagai penahan lapisan permukaan berupa pengurangan regangan dan tegangan, penyebaran dan meneruskan beban konstruksi jalan dibawahnya (Sub Grade).

Pada penelitian ini, analisa tebal lapis tambah (*overlay*) dilakukan dengan cara pendekatan berdasarkan lendutan dengan alat *Benkelman Beam* (BB) dengan menggunakan metode MDP (Manual Perkerasan Jalan) atau biasa disebut dengan Bina Marga 2024 dan PD T-2005-B

2.3 Perencanaan Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) Metode Lendutan MDP 2024

Metode Desain Perkerasan Bina Marga 2024 atau biasa disebut dengan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) merupakan pembaharuan dari metode Bina Marga 2017 (MDP 2017) yang diterapkan di Indonesia untuk membuat rancangan perkerasan baru dan rancangan perbaikan dan rekonstruksi perkerasan yang diubah dari edisi sebelumnya. MDP 2024 pedoman nasional yang disusun dengan mempertimbangkan perkembangan metode perencanaan perkerasan serta kondisi lalu lintas, iklim, dan material di Indonesia. Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) ialah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Pada konstruksi perkerasan lentur ini terdapat lapisan–lapisan yang bersifat menerima dan menyebarkan beban lalu lintas dari permukaan sampai ke tanah dasar. Berdasarkan (Direktorat jenderal Bina Marga 2024) No. 03/M/BM/2024, berikut adalah dua kriteria umum pendekatan dalam penentuan *overlay*.

- Deformasi permanen dengan lendutan maksimum,
- Retak leleh dengan lengkung lendutan.

Faktor – faktor yang dipertimbangkan dalam menentukan tebal lapis tambah Metode Lendutan MDP 2024 adalah sebagai berikut:

2.3.1 Analisis Lalu Lintas

Faktor terpenting dalam analisis struktur perkerasan adalah data lalu lintas yang dibutuhkan untuk menghitung beban lalu lintas rencana yang mana akan menentukan perkerasan selama umur rencana. Nilai beban ditentukan dengan cara menghitung volume lalu lintas pada tahun survei, kemudian diproyeksikan ke depan sepanjang umur rencana (Patiku et al. 2025).

1. Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ialah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukan suatu perbaikan yang bersifat

struktural. Namun selama umur rencana tersebut tetap perlu dilakukan pemeliharaan (Direktorat jenderal Bina Marga 2024),

Tabel 2.2 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR) (Bina Marga 2024)

Jenis perkerasan	Elemen perkerasan	Umur rencana (tahun)
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), seperti: jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan	
	Cement treated based (CTB)	
Perkerasan kaku	Lapiran fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

Jika dianggap sulit dapat menggunakan umur rencana diatas maka dapat digunakan umur rencana berbeda, namun sebelumnya haruslah dilakukan analisis dengan *discounted lifecycle cost* yang dapat menunjukkan bahwa umur rencana tersebut dapat memberikan *discounted lifecycle cost* terendah. Pada jalan baru dengan lapis Perkerasan Lentur umumnya dipakai umur rencana 20 tahun dan untuk peningkatan 10 tahun. Umur rencana >20 tahun dianggap tidak lagi ekonomis karena sulitnya mendapatkan data-data lalu lintas yang memiliki ketelitian yang cukup.

2. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Salah satu parameter penting dalam perencanaan tebal perkerasan. Nilai faktor ini digunakan untuk memprediksi perkembangan volume lalu lintas selama umur rencana sehingga beban lalu lintas yang akan diterima perkerasan dapat dihitung dengan lebih akurat. Dengan demikian, perencanaan perkerasan yang dihasilkan diharapkan mampu memberikan tingkat pelayanan yang baik sesuai dengan umur rencana yang telah ditetapkan.(Direktorat jenderal Bina Marga 2024). Faktor pertumbuhan lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas, I (%): Bina Marga 2024

Jenis Jalan	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-Rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektoral Rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.1.

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

Keterangan:

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

I = Tingkat pertumbuhan lalu lintas (%)

UR = Umur rencana (tahun)

Apabila diperkirakan akan terjadi perbedaan laju pertumbuhan sepanjang total umur rencana (UR), maka faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 2.2

$$R = \left(\frac{(1+0,01 i)}{0,01 i} \right)^{UR} - 1 + (1 + 0,01 i_1)^{UR1-1} (1 + 0,01 i_2) \left\{ \frac{(1+0,01 i_2)^{UR-UR1}-1}{0,01 i_2} \right\} \quad (2.2)$$

Keterangan :

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

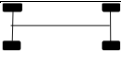
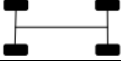
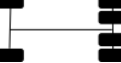
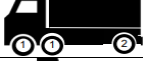
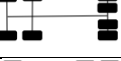
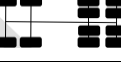
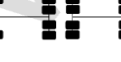
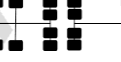
i₁ = Laju pertumbuhan lalu lintas periode 1 (%)

i₂ = Laju pertumbuhan lalu lintas periode (%)

3. Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga

Sistem klasifikasi kendaraan dapat dilihat pada Tabel 2.4, Beban gandar kendaraan penumpang dan kendaraan ringan sampai sedang memiliki beban gandar yang cukup kecil sehingga tidak berpotensi menimbulkan kerusakan struktural pada perkerasan.

Tabel 2.4 Klasifikasi dan Konfigurasi Sumbu Kendaraan (Bina Marga 2024)

Klasifikasi Kendaraan	Uraian	Konf. Sumbu	Kel. Sumbu	Skema Konfigurasi	
1	Sepeda motor dan kendaraan roda -3				
2	Kendaraan ringan - sedan, jeep, dan station wagon	1.1	2		
3	Kendaraan ringan – angkutan umum sedang	1.1	2		
4	Kendaraan ringan - pick up, micro truck	1.1	2		
5A	Bus kecil	1.1	2		
5B	Bus besar	1.2	2		
6A	Truk 2 sumbu-truk ringan	1.1	2		
6B	Truk 2 sumbu-truk sedan	1.2	2		
7A1	Truk 3 sumbu-berat	11.2	2		
7A2	Truk 3 sumbu-berat	1.22	2		
7A3	Truk 4 sumbu-berat	1.22	2		
7B1	Truk 4 sumbu-berat	11.22	4		
7B2	Truk 5 sumbu-berat	1.2+2.2	4		
7B3	Truk 5 sumbu-berat	11.2+2.2	4		
7C1	Truk 4 sumbu-bera	1.2-22	3		
7C2A	Truk 5 sumbu-berat	1.22-22	3		
7C2B	Truk 5 sumbu-berat	1.2-222	3		
7C3	Truk 6 sumbu-berat	1.22-222	3		
7C4	Truk 7 sumbu-berat	1.22-2222	3		
8	Kendaraan tak bermotor				

4. Faktor Distribusi Lajur Dan Kapasitas Lajur

Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor-faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL). Untuk itu jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) pada umumnya diambil nilai 0,50 kecuali pada lokasi– lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu (Studi et al. 2024). Adapun faktor distribusi lajur (DL) dilihat pada Tabel 2.5 berikut ini:

Tabel 2.5 Faktor Distribusi Lajur (DL) (Bina Marga 2024)

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

5. Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Faktor Ekuivalen Beban atau *Vehicle Damage Factor* (VDF) dari sebuah kendaraan tertentu merupakan jumlah nilai beban ESA dari seluruh kelompok sumbu kendaraan tersebut. Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif beban ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana yang akan diperoleh dari nilai VDF tersebut (Bakri 2025). Oleh karena itu, survei beban gandar harus dilakukan apabila dimungkinkan. Ketentuan pengumpulan data beban gandar ditunjukkan pada Tabel 2.6

Tabel 2.6 Pengumpulan Data Beban Gandar (Bina Marga 2024)

Spesifikasi Penyedia Prasarana Jalan	Sumber Data Beban Gandar
Jalan Bebas Hambatan	1 atau 2
Jalan Raya	1, 2 atau 2
Jalan Sedang	2 atau 3
Jalan Kecil	2 atau 3

Nilai *Vehicle Damage Factor* (VDF) untuk setiap jenis kendaraan yang dikeluarkan Ditjen Bina Marga dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Nilai VDF Pada Jalur Aceh dan Sumatra Utara (Bina Marga 2024)

Kondisi	Kelas Kendaraan	Gol 5B	Gol 6A	Gol 6B	Gol 7A1	Gol 7A2	Gol 7A3	Gol 7B1	Gol 7B2	Gol 7B3	Gol 7C1	Gol 7C2A	Gol 7C2B	Gol 7C3	Gol 7C4
VDF	Faktual	1,2	0,5	1,6	10,1	10,2	-	-	-	-	8,2	6,6	11,1	16,0	-
4	Normal	1,2	0,5	0,4	3	3,9	-	-	-	-	5,7	5,6	6,8	9,0	-
VDF	Faktual	1,3	0,4	2,2	17,2	19,7	-	-	-	-	11,9	9,2	19,5	29,4	-
5	Normal	1,3	0,4	0,4	3,4	5,2	-	-	-	-	7,2	7,2	9,6	13	-

6. Beban Sumbu Standar Kumulatif

Menurut (Direktorat jenderal Bina Marga 2024) No. 02/M/BM/2024 beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Standart Axle Load* (CESAL) ialah jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana. Beban sumbu standar kumulatif dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.3.

$$\text{CESAL} = (\sum \text{LHR}_{\text{JK}} \times \text{VDF}_{\text{JK}}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \quad (2.3)$$

Keterangan :

LHRJK = Lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (kend/hari)

VDFJK = Faktor ekivalen beban tiap jenis kendaraan niaga

DD = Faktor distribusi arah

DL = Faktor distribusi lajur

CESAL = Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

7. Faktor Keseragaman Data

Berdasarkan (Direktorat jenderal Bina Marga 2024) No. 02/M/BM/2024, data lendutan yang digunakan untuk analisis pada metode Bina Marga 2024 adalah data

lendutan pusat (D_{200}). Namun, sebelumnya perlu dilakukan keseragaman data dengan faktor keseragaman kurang dari 30% dengan menggunakan Persamaan 2.4, Persamaan 2.5 dan Persamaan 2.6 berikut.

$$FK = \frac{S}{Dr} \times 100 \% \quad (2.4)$$

$$dR = \frac{\sum D_0}{N} \quad (2.5)$$

$$S = \frac{\sqrt{N(\sum D_0)^2 - (\sum D_0)^2}}{N-1} \quad (2.6)$$

Keterangan :

FK	= Faktor keseragaman
FK ijin	= Faktor keseragaman yang diijinkan:
	(0-10%, keseragaman sangat baik)
	(11-20%, keseragaman baik)
	(21-30%, keseragaman cukup baik)
dR	= Lendutan rata-rata
S	= Standar deviasi
D0	= Lendutan pada satu titik
N	= Jumlah data lendutan

Lendutan Maksimum atau Lendutan Karakteristik merupakan nilai lendutan yang mewakili kondisi suatu ruas jalan berdasarkan hasil pengujian lendutan. Nilai ini diperoleh dari lendutan rata-rata yang dikoreksi dengan faktor statistik menggunakan standar deviasi sehingga dapat mewakili kondisi lendutan pada tingkat kepercayaan 95%. Dalam Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024, nilai lendutan karakteristik digunakan sebagai dasar dalam penentuan kebutuhan tebal lapis tambah (*overlay*), untuk tingkat keterwakilan sebesar 95%, nilai faktor statistik (LSF) yang digunakan adalah 1,645. Dengan demikian, lendutan karakteristik dihitung menggunakan Persamaan 2.7 berikut.

$$D_{wakil} = dR + 1,64s \quad (2.7)$$

2.3.2 Prosedur Desain Tebal *Overlay* dengan Lendutan MDP 2024

Berdasarkan (Direktorat Jenderal Bina Marga 2024) No. 03/M/BM/2024, berikut adalah prosedur tebal lapis tambah (*Overlay*) pada Perkerasan Lentur berdasarkan beban lalu lintas:

1. Tebal Lapis Tambah

Berikut adalah tiga prosedur tebal lapis tambah campuran aspal perkerasan lentur berdasarkan beban lalu lintas.

a. Lalu lintas lebih kecil atau sama dengan 100.000 ESA4

Retak lelah bukan kerusakan yang umum terjadi pada jalan dengan lalu lintas ringan dan perkerasan dengan HRS. Berdasarkan pertimbangan tersebut, kinerja fatigue lapis tambah pada desain jalan dengan beban lalu lintas rencana lebih kecil dari 100.000 ESA4 dan perkerasan dengan HRS tidak diperlukan. Desain tebal lapis tambah cukup dengan pendekatan lendutan maksimum (D_0).

b. Lalu lintas lebih besar dari $100.000 < \text{ESA4} < 10 \times 10^6 \text{ ESA4}$

Lalu lintas lebih besar dari 100.000 ESA4 terdapat potensi retak lelah (*fatigue*) pada lapisan aspal. Dengan demikian, harus diperhitungkan kriteria deformasi permanen dengan pendekatan lendutan maksimum D_0 dan kriteria retak lelah dengan pendekatan lengkung lendutan, D_0 - D_{200} .

c. Lalu Lintas lebih besar $10 \times 10^6 \text{ ESA4}$

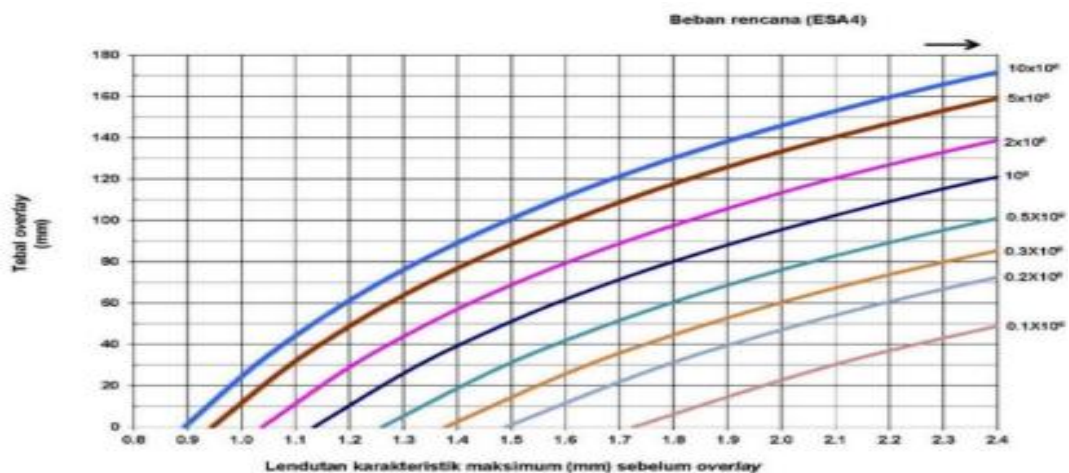
Lalu lintas lebih besar daripada $10 \times 10^6 \text{ ESA4}$ biasanya digunakan untuk pekerjaan rehabilitasi dengan beban harus digunakan prosedur mekanistik empiris. Pada prosedur mekanistik empiris, data lendutan permukaan dan tebal perkerasan eksisting digunakan untuk perhitungan-balik (*back calculation*) nilai modulus lapisan perkerasan. Selanjutnya nilai modulus ini digunakan untuk menentukan solusi desain rekonstruksi atau lapis tambah dengan program analisis perkerasan multilayer. Tabel 2.8 menunjukkan prosedur tebal lapis tambah campuran aspal di atas perkerasan lentur berdasarkan beban lalu lintas:

Tabel 2.8 Metode Lapis Tambah (Bina Marga 2024)

Kebutuhan Desain	Metode	Input Beban Lalu Lintas	Satuan Beban Lalu Lintas
Desain Tebal Lapis Tambah untuk Lalu Lintas Lebih kecil atau sama dengan 100.000 ESA4	Lendutan balik maksimum	VDF4	CESA4
Desain Tebal Lapis Tambah untuk Lalu Lintas 100.000 ESA4 sampai dengan 10×10^6 ESA4	Lendutan balik maksimum	VDF4	CESA
	Lengkung lendutan	VDF5	CESA5
Desain Tebal Lapis Tambah untuk Lalu Lintas Lebih Besar dari 10×10^6 ESA4	AASHTO 1993	VDF AASHTO Lentur	CESA AASHTO Lentur

2. Tebal Overlay Berdasarkan Lendutan Maksimum

Untuk menentukan tebal lapis tambah berdasarkan lendutan balik maksimum yang diukur dengan alat *Benkelman Beam* (BB), gunakan bagan grafik pada Gambar 2.6, untuk mengantisipasi deformasi permanen. Nilai lendutan karakteristik dan beban lalu lintas desain (ESA4) dihitung dan dimasukkan ke grafik pada Gambar 2.6, dan juga berlaku untuk beban rencana sampai dengan 10×10^6 ESA4.



Gambar 2. 6 Solusi Lapis Tambah Berdasarkan Lendutan *Balik Benkelman Beam* untuk WMAPT 41°C (Bina Marga 2024)

3. Tebal *Overlay* Berdasarkan Lengkung Lendutan

Overlay menggunakan lengkung lendutan untuk perkerasan dengan beban lalu lintas desain lebih besar dari 100.000 ESA4. Apabila hasil pengujian lendutan menunjukkan bahwa hanya lapis HRS tipis yang diperlukan, pengecekan lengkungan lendutan tidak diperlukan karena lapis HRS-WC memiliki ketahanan yang cukup tinggi terhadap *fatigue*. Lengkung lendutan dinyatakan pada titik belok lengkungan (*Curvature Function*), seperti yang ditunjukkan Persamaan 2.8:

$$CF = D_0 - D_{200} \quad (2.8)$$

Keterangan :

D_0 = Lendutan maksimum pada suatu titik uji (mm),

D_{200} = Lendutan yang terjadi pada titik yang berjarak 200 mm dari titik uji tersebut (mm).

4. Lengkung Lendutan Karakteristik (*Characteristic Curvature*)

Lengkung Lendutan Karakteristik harus digunakan untuk lalu lintas lebih besar dari 1 x 106 ESA5 dalam evaluasi desain lapis tambah pada perkerasan lentur. Nilai ini ditentukan sesudah dilakukan koreksi terhadap musim, temperatur dan faktor penyesuaian terhadap masing-masing pengukuran. Nilai lengkung lendutan karakteristik (CC) untuk sub segmen perkerasan yang homogen sama dengan nilai lengkung lendutan rata-rata yang diperoleh dari data survei lendutan.

5. Penyesuaian Nilai Pengukuran Lendutan Terhadap Temperatur Pengujian

Apabila temperatur perkerasan pada saat pengukuran dan kondisi pelayanan berbeda secara signifikan, lengkung lendutan yang diukur tidak mewakili respon perkerasan terhadap pembebanan lalu lintas. Untuk itu, diperlukan faktor koreksi temperatur. Temperatur perkerasan harian pada suatu lokasi dipengaruhi oleh temperatur perkerasan tahunan rata-rata *Weighted Mean Annual Pavement Temperature* (WMAPT), dapat diperkirakan berdasarkan temperatur rata-rata tahunan *Weighted Mean Annual Air Temperature* (WMAAT). Temperatur perkerasan rata-rata 41°C digunakan sebagai acuan dalam manual ini. Faktor koreksi temperatur (fT) untuk pengukuran lendutan dihitung dengan Persamaan 2.9.

$$f_T = \frac{W_{MAPT}}{\text{Temperatur perkerasan saat pengukuran lendutan}} \quad (2.9)$$

Faktor koreksi temperatur pada pengujian lendutan menggunakan *Benkelman Beam* (BB) dapat ditentukan berdasarkan Tabel 2.9 dan Tabel 2.10. Faktor ini digunakan untuk mengoreksi nilai lendutan akibat pengaruh perubahan temperatur pada lapisan perkerasan, sehingga hasil pengujian lebih mencerminkan kondisi standar yang digunakan dalam perencanaan. Namun, apabila tebal lapisan beraspal kurang dari 25 mm, pengaruh temperatur dianggap tidak signifikan sehingga faktor koreksi temperatur tidak perlu diterapkan dan hasil pengukuran dapat digunakan secara langsung.

Tabel 2.9 Faktor Koreksi Temperatur Lendutan (D_0) Untuk *Benkelman Beam* (Bina Marga 2024)

W _{MAPT} Temp _{lapangan}	Tebal Aspal Eksisting (mm)						
	25	50	100	150	200	250	300
0,50	0,94	0,90	0,84	0,78	0,74	0,67	0,58
0,60	0,95	0,92	0,86	0,81	0,77	0,70	0,62
0,70	0,96	0,94	0,89	0,85	0,81	0,75	0,69
0,80	0,97	0,96	0,92	0,90	0,87	0,82	0,78
0,90	0,99	0,98	0,96	0,95	0,93	0,90	0,88
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,10	1,01	1,01	1,03	1,03	1,05	1,06	1,08
1,20	1,02	1,02	1,05	1,07	1,10	1,14	1,16
1,30	1,03	1,04	1,06	1,10	1,14	1,20	1,24
1,40	1,03	1,05	1,08	1,12	1,18	1,26	1,31
1,50	1,04	1,06	1,09	1,14	1,21	1,31	1,37
1,60	1,04	1,07	1,11	1,16	1,25	1,37	1,42
1,70	1,04	1,08	1,12	1,20	1,30	1,38	1,50
1,80	1,04	1,09	1,13	1,22	1,35	1,37	1,55

Tabel 2.10 Faktor Koreksi Temperatur Lengkung Lendutan (D₀-D₂₀₀) Untuk *Benkelman Beam* (Bina Marga 2024)

WMAPT Temp _{lapangan}	Tebal Aspal Eksisting (mm)							
	25	50	75	100	150	200	250	300
0,50	0,93	0,81	0,72	0,64	0,54	0,51	0,48	0,43
0,60	0,95	0,85	0,77	0,72	0,64	0,58	0,53	0,48
0,70	0,96	0,89	0,83	0,79	0,73	0,66	0,61	0,57
0,80	0,98	0,92	0,88	0,85	0,81	0,76	0,72	0,69
0,90	0,99	0,96	0,93	0,90	0,89	0,86	0,84	0,83
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,10	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04	1,06	1,09	1,11
1,20	1,02	1,04	1,07	1,08	1,11	1,16	1,20	1,24
1,30	1,03	1,07	1,11	1,13	1,18	1,24	1,31	1,36
1,40	1,04	1,09	1,14	1,18	1,24	1,32	1,41	1,46
1,50	1,05	1,11	1,17	1,22	1,29	1,39	1,49	1,56
1,60	1,06	1,13	1,20	1,26	1,35	1,44	1,57	1,64
1,70	1,07	1,14	1,23	1,29	1,39	1,50	1,64	1,71
1,80	1,07	1,16	1,25	1,32	1,44	1,55	1,70	1,78

6. Penyesuaian Nilai Lendutan dan Lengkung

Penyesuaian hasil pengukuran perlu dilakukan karena nilai pengujian lendutan dan lengkung lendutan yang diuji menggunakan *Benkelman Beam* dan FWD akan menghasilkan nilai yang berbeda. Oleh karena itu, nilai yang diperoleh dari nilai hasil uji dengan BB perlu dilakukan konversi ke nilai setara FWD dengan mengalikan nilai tersebut dengan faktor penyesuaian. Faktor tersebut bervariasi sesuai komposisi perkerasan dan kekuatan tanah dasar. Faktor yang paling akurat adalah yang diperoleh dari pengukuran lapangan yang disejajarkan. Namun demikian untuk memudahkan, asumsi awal faktor penyesuaian dapat digunakan data yang disajikan pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Faktor Penyesuaian Lengkung Lendutan (D₀-D₂₀₀) BB ke FWD (Bina Marga 2024)

Tebal Aspal Eksisting (mm)	Faktor	Tebal Aspal Eksisting (mm)	Faktor
0	1,00	160	0,69
20	0,95	180	0,67
40	0,91	200	0,65
60	0,86	220	0,63
80	0,82	240	0,61
100	0,79	260	0,60
120	0,75	280	0,59
140	0,72	300	0,59

2.4 Perencanaan Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) dengan Metode Lendutan PD T-05-2005-B

Metode Pd T-05-2005-B menetapkan aturan dan prosedur untuk menghitung ketebalan lapisan tambahan perkerasan lentur berdasarkan kekuatan struktur perkerasan yang digambarkan dengan nilai lendutan. Metode ini menggunakan data lendutan yang diperoleh dari pengujian *Benkelman Beam* (BB) atau *Falling Weight Deflectomere* (FWD) (Puspita 2021). Dalam penelitian ini, data lendutan *Benkelman Beam* (BB) digunakan sebagai dasar penentuan tebal lapis tambah perkerasan dengan mempertimbangkan kondisi dan parameter yang diperlukan dalam perencanaan.

2.4.1 Analisis Lalu Lintas

Metode Pd T- 05-2005- B ini, dijadikan sebagai acuan dalam melakukan analisis lalu lintas. Berdasarkan beban sumbu standar 80 KN dengan satuan CESA (*Cumulative Equivalent Standard Axle*). Nilai CESA digunakan untuk menentukan beban sumbu standar kumulatif selama umur rencana (Pd T-05-2005-B, 2005).

1. Faktor Umur Rencana Dan Perkembangan Lalu Lintas (N)

Faktor hubungan umur rencana dan perkembangan lalu lintas ditentukan menurut Persamaan 2.10 atau dengan Tabel 2.12 berikut.

$$N = \frac{1}{2} \left[1 + (1 + r)^n + 2 (1 + r) \frac{(1+r)^{n-1} - 1}{r} \right] \quad (2.10)$$

Keterangan :

N = Faktor hubungan umur rencana dan perkembangan lalu lintas

r = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

n = Umur rencana perkerasan (tahun)

Tabel 2.12 Faktor Hubungan Antara Umur Rencana dengan Perkembangan Lalu Lintas (N) (Pd T-05-2005-B)

i/Tahun	2%	4%	5%	6%	8%	10%
1	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05
2	2,04	2,08	2,10	2,12	2,16	2,21
3	3,09	3,18	3,23	3,28	3,38	3,48
4	4,16	4,33	4,42	4,51	4,69	4,87
6	6,37	6,77	6,97	7,18	7,63	8,1
7	7,51	8,06	8,35	8,65	9,28	9,96
8	8,68	9,40	9,79	10,19	11,06	12,01
9	9,85	10,97	11,30	11,84	12,99	14,26
10	11,06	12,25	12,89	13,58	15,07	16,73
11	12,29	13,76	14,56	15,42	17,31	19,46
11	12,29	13,76	14,56	15,42	17,31	19,46
12	13,55	15,33	16,32	17,38	19,74	22,45
13	14,83	16,96	18,16	19,45	22,36	25,75
14	16,13	18,66	20,09	21,65	25,18	29,37
15	17,47	20,42	22,12	23,97	28,24	33,36
20	24,54	30,37	33,89	37,89	47,59	60,14
25	32,35	42,48	48,92	56,51	76,03	103,26
30	40,97	57,21	68,10	81,43	117,81	172,72

2. Pertumbuhan Lalu Lintas

Parameter lalu lintas dalam perencanaan tebal lapis tambah metode PD-T 05-2005-B meliputi jenis dan volume kendaraan, pertumbuhan lalu lintas, serta beban lalu lintas kumulatif. Beban lalu lintas rencana dinyatakan dalam *Equivalent Standard Axle Load* (ESAL) yang dihitung berdasarkan nilai *Vehicle Damage Factor* (VDF).

Dalam penelitian ini, nilai VDF mengacu pada MDP 2024 untuk menghitung beban lalu lintas kumulatif selama umur rencana, sedangkan analisis tebal lapis tambah tetap menggunakan metode PD-T 05-2005-B. Nilai VDF yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13 Nilai VDF Lentur (MDP2024)

Kondisi	Kelas Kendaraan	Gol 5B	Gol 6A	Gol 6B	Gol 7A1	Gol 7A2	Gol 7A3	Gol 7B1	Gol 7B2	Gol 7B3	Gol 7C1	Gol 7C2A	Gol 7C2B	Gol 7C3	Gol 7C4
VDF Lentur	Faktual	2.6	0.3	1.5	8.4	6.8	-	-	-	-	6.3	4.3	6.0	8.4	-
	Normal	1.9	0.1	0.9	2.6	2.2	-	-	-	-	3.9	3.2	4.0	4.7	-

3. Menghitung lalu lintas kumulatif (CESA)

Perhitungan lalu lintas kumulatif dilakukan untuk menentukan besarnya beban sumbu standar yang diterima perkerasan selama umur rencana. Nilai CESA selanjutnya digunakan sebagai salah satu parameter dalam perencanaan tebal lapis tambah dengan metode PD-T 05-2005-B, menggunakan Persamaan 2.11 berikut.

$$CESA = \sum_{\text{Traktor-Trailer}}^{MP} m \times 365 \times E \times C \times N \quad (2.11)$$

Dimana :

CESA : Akumulasi ekivalen beban sumbu standar

m : Jumlah masing- masing jenis kendaraan

365 : Jumlah hari dalam satu tahun

E : Ekivalen beban sumbu

C : Koefisien distribusi kendaraan

N : Hubungan umur rencana dengan perkembangan lalu lintas (N)

Parameter yang mempengaruhi perhitungan nilai CESA antara lain:

4. Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Untuk lokasi tanpa pembatasan lajur, pembatasan lajur ditentukan oleh lebar kendaraan sesuai Tabel 2.14.

Tabel 2.14 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan (Pd T-05-2005-B)

Lebar Perkerasan	Jumlah Lajur
$L < 4,50$	1
$4,50 \text{ m} \leq L < 8,00 \text{ m}$	2
$8,00 \text{ m} \leq L < 11,250 \text{ m}$	3
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,750 \text{ m}$	5
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,00 \text{ m}$	6

Sedangkan nilai koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat ditentukan dengan menggunakan Tabel 2.15.

Tabel 2.15 Koefisien distribusi kendaraan (C) (Pd T-05-2005-B)

Jumlah Lajur	Kendaraan ringan*		Kendaraan berat**	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,60	0,50	0,70	0,50
3	0,40	0,40	0,50	0,475
4	-	0,30	-	0,45
5	-	0,25	-	0,425
6	-	0,20	-	0,40

Keterangan : *) Mobil Penumpang

**) Truk dan Bus

2.4.2 Prosedur Desain Tebal *Overlay* dengan Lendutan Pd T- 05 -2005 -B

1. Lendutan dengan Alat *Benkelman Beam* (BB)

Lendutan yang digunakan yaitu Benkelman Beam. Pada saat dilakukan pengukuran lendutan hendaknya menghindari kerusakan berat dan deformasi. Seandainya saat pengujian menemukan data yang ragu, sebaiknya pindahkan ke lokasi terdekat. Lendutan yang digunakan untuk perencanaan adalah lendutan balik (Wahyudi, Pratomo, and Ali 2016). Nilai lendutan tersebut harus dikoreksi dengan, faktor muka air tanah (faktor musim) dan koreksi temperatur serta faktor koreksi beban uji (bila beban uji tidak tepat sebesar 8,16 ton). Besarnya lendutan balik adalah sesuai Persamaan 2.12.

$$dB = 2 \times (d3 - d1) \times Ft \times Ca \times FKB-BB \quad (2.12)$$

Keterangan :

Db = Lendutan balik (mm)

d1 = Lendutan pada saat beban berada pada titik pengukuran (mm)

d3 = Lendutan pada saat beban berada pada jarak 6 meter dari titik pengukuran (mm)

Ft = Faktor penyesuaian lendutan terhadap temperatur standar 35°C

TL = Temperatur lapis beraspal, diperoleh dari hasil pengukuran dilapangan atau dapat diprediksi dari temperatur udara, dan dihitung menggunakan Persamaan 2.13 berikut:

$$TL = 1/3 (Tp + Tt + Tb) \quad (2.13)$$

Keterangan :

Tp = temperatur permukaan lapis beraspal

Tt = temperatur tengah lapis beraspal

Tb = temperatur bawah lapis beraspal

Ca = Faktor pengaruh muka air tanah (faktor musim)

= 1,2 (bila pemeriksaan dilakukan pada musim kemarau atau muka air tanah rendah)

= 0,9 (bila pemeriksaan dilakukan pada musim hujan atau muka air tanah tinggi)

FKB-BB = Faktor koreksi beban uji *Benkelman Beam* (BB)

$$= 77,343 \times (\text{Beban Uji dalam ton})^{(-2,0715)} \quad (2.14)$$

Tabel 2.16 Faktor Koreksi Lendutan Terhadap Temperatur Standar (Ft) (Pd T-05-2005-B)

TL (°C)	Faktor Koreksi (Ft)		TL (°C)	Faktor Koreksi (Ft)	
	Kurva A (H _L < 10 cm)	Kurva B (H _L ≥ 10 cm)		Kurva A (H _L < 10 cm)	Kurva B (H _L ≥ 10 cm)
20	1,25	1,53	46	0,90	0,81
22	1,21	1,42	48	0,88	0,79
24	1,16	1,33	50	0,87	0,76
26	1,13	1,25	52	0,85	0,74
28	1,09	1,19	54	0,84	0,72
30	1,06	1,13	56	0,83	0,70
32	1,04	1,07	58	0,82	0,68
34	1,01	1,02	60	0,81	0,67
36	0,99	0,98	62	0,79	0,65
38	0,97	0,94	64	0,78	0,63
40	0,95	0,90	66	0,77	0,62
42	0,93	0,87	68	0,77	0,61
44	0,91	0,84	70	0,76	0,59

2. Keseragaman Lendutan

Perhitungan penambahan tebal di setiap titik uji menghasilkan desain yang lebih akurat, yaitu dengan membagi ruas berdasarkan pertimbangan keseragaman lendutan. Penilaian keseragaman lendutan ditentukan dengan rentang faktor keseragaman, yaitu 0-10 sangat baik 11-20 baik dan 21-30 cukup baik (PT-05-2005-B 2005). Sehingga menentukan faktor keseragaman digunakan Persamaan 2.15 berikut.

$$FK = \frac{S}{Dr} \times 100\% < F_{kijin} \quad (2.15)$$

Keterangan :

FK = Faktor keseragaman (%)

F_{kijin} = Faktor keseragaman yang diijinkan

= 0% - 10% sangat baik

= 11% - 20% baik

= 21% - 30% cukup baik

dR = Lendutan rata-rata pada suatu seksi jalan, dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.16 berikut.

$$= \sum_{\frac{1}{2}}^{ns} d \quad (2.16)$$

s = Deviasi standar (simpangan baku), dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.17 berikut.

$$S = \frac{\sqrt{\sum (dB - dR)^2}}{n-1} \quad (2.17)$$

d = Nilai lendutan balik (dB) atau lendutan langsung (dL) tiap titik pemeriksaan pada suatu seksi jalan

ns = Jumlah titik pemeriksaan pada suatu seksi jalan

3. Lendutan Wakil

Untuk menentukan besarnya lendutan yang mewakili suatu sub ruas/seksi jalan, digunakan Persamaan 2.18, Persamaan 2.19 dan Persamaan 2.20 yang disesuaikan dengan fungsi/kelas jalan, (Welly Rizki 2021) yaitu:

a. Untuk Jalan Arteri / tol (tingkat kepercayaan 98%) Dwakil = dR + 2 s (2.18)

b. Untuk Jalan Kolektor (tingkat kepercayaan 95%) Dwakil = dR + 1,64 s (2.19)

c. Untuk Jalan Lokal (tingkat kepercayaan 90%) Dwakil = dR + 1,28 s (2.20)

Dengan pengertian :

Dwakil = lendutan yang mewakili suatu seksi jalan

dR = lendutan rata-rata pada suatu seksi jalan sesuai Pers 2.16

s = deviasi standar sesuai Pers 2.17

4. Faktor Koreksi Tebal Lapis Tambah

Tebal lapis tambah (*overlay*) yang diperoleh adalah berdasarkan temperatur standar 35 °C, maka untuk masing-masing daerah perlu dikoreksi karena memiliki temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) yang berbeda. Pada Pd T-05-2005

B, telah dilampirkan data temperatur perkerasan rata-rata tahunan untuk setiap wilayah/kota di Indonesia (PT-05-2005-B 2005). Faktor koreksi ketebalan lapisan tambahan (F_o) dengan Persamaan 2.21 berikut:

$$F_o = 0,5032 \times \text{EXP} (0,0194 \times \text{TPRT})^{(-2,0715)} \quad (2.21)$$

Keterangan :

F_o = Faktor koreksi tebal lapis tambah (*overlay*)

TPRT = Temperatur perkerasan rata-rata tahunan untuk daerah atau kota tertentu

5. Jenis Lapis Tambah (*Overlay*)

Pada Pd T-05-2005-B, perhitungan lapis tambah menggunakan Laston dengan modulus resilien (M_R) 2000 MPa dan stabilitas Marshall minimum 800 kg pada temperatur pengujian 25°C. Untuk campuran beraspal dengan karakteristik berbeda, tebal lapis tambah disesuaikan menggunakan Faktor Koreksi Tebal Lapis Tambah (FKTBL) sesuai Persamaan 2.22 dan Tabel 2.20.

$$FK_{TBL} = 12,51 \times MR^{-0,333} \quad (2.22)$$

Keterangan :

FKTBL = Faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian

M_R = Modulus Resilien (MPa)

Tabel 2.17 Faktor Koreksi Tebal Lapis Tambah Penyesuaian (FKTBL) (Pd T-05-2005-B)

Jenis Lapisan	Modulus Resilien, M_R (MPa)	Stabilitas Marshall (kg)	FK_{TBL}
Laston Modifikasi	3000	min. 1000	0,85
Laston	2000	min. 800	1,00
Lataston	1000	min. 800	1,23

7. Prosedur Perhitungan

Perhitungan tebal lapis tambah pada pedoman ini didasarkan pada data lendutan hasil pengujian menggunakan *Benkelman Beam* (BB). Adapun langkah-langkah perhitungan *overlay* menggunakan alat *Benkelman Beam* (BB) adalah sebagai berikut:

a. Menghitung lendutan rencana/ijin ($D_{rencana}$)

Lendutan rencana ($D_{rencana}$) merupakan nilai lendutan yang diizinkan berdasarkan besarnya akumulasi beban lalu lintas selama umur rencana. Lendutan rencana dihitung berdasarkan CESA menggunakan Persamaan 2.23.

$$D_{rencana} = 22,208 \times CESA^{-0,2307} \quad (2.23)$$

Keterangan:

$D_{rencana}$ = Lendutan rencana (mm)

CESA = Akumulasi ekivalen beban sumbu standar ESA

b. Menghitung (H_o)

Nilai H_o merupakan tebal lapis tambah sebelum dilakukan koreksi terhadap pengaruh temperatur rata-rata tahunan. Perhitungan H_o dilakukan menggunakan Persamaan 2.24 berikut.

$$H_o = \frac{[\ln(1,0364) + \ln(D_{sblv}) - \ln(D_{stlv})]}{0,0597} \quad (2.24)$$

Keterangan:

H_o = Tebal lapis tambah sebelum dikoreksi temperatur rata-rata tahunan daerah tertentu (cm)

D_{sblv} = Lendutan sebelum lapis tambah (D_{wakil})

D_{stlv} = Lendutan setelah lapis tambah ($D_{rencana}$)

c. Menghitung (tebal lapis tambah/*overlay* terkoreksi (H_t))

Dengan mengkalikan H_o dengan faktor koreksi *overlay* (F_o), Agar diperoleh nilai H_t , atau plottinglah ke dalam Persamaan 2.25 dan Persamaan 2.26.

$$F_o = 0,5032 \times \exp(0,0194 \times TPRT) \quad (2.25)$$

$$H_t = H_o \times F_o \quad (2.26)$$

Keterangan:

H_t = Tebal (*overlay*) laston setelah dikoreksi dengan TPRT daerah tertentu (cm)

H_o = Tebal (*overlay*) laston sebelum dikoreksi dengan TPRT daerah tertentu (cm)

2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari hasil penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebagai bahan perbandingan dan kajian. Adapun hasil-hasil penelitian yaitu mengenai Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) dengan metode MDP 2024 dan Pd T-05-2005-B.

Tabel 2.18 Referensi Dasar Teori (Penelitian Terdahulu)

No	Penelitian	Tahun	Judul	Tujuan
1.	Unigal	2021	Analisis Perbandingan Tebal <i>Overlay</i> Pd T-05-2005-B Dan MDP 2017	Menganalisis perbedaan tebal <i>overlay</i> yang signifikan antara kedua metode tersebut.
2.	Unsrat	2023	Analisa Perbandingan Desain Tebal Lapis Tambah Metode Pd T-05-2005-B dan Bina Marga 2017	Menentukan perbedaan tebal <i>overlay</i> karena Pd T-05-2005-B berbasisi lendutan, sedangkan MDP berbasis CESA
3.	Gagas Prakosyo, Rika Nuraini	2020	Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur Pada Ruas Jalan Cilopadang- Salem Cara Lendutan Balik Menggunakan Alat Benkelman Beam Dengan Metode Pd T- 05-2005-B	Menganalisa perencanaan perkuatan perkerasan jalan atau tebal <i>overlay</i> dengan menggunakan pedoman Departemen Pekerjaan Jalan Umum Pd T- 05-2005-B

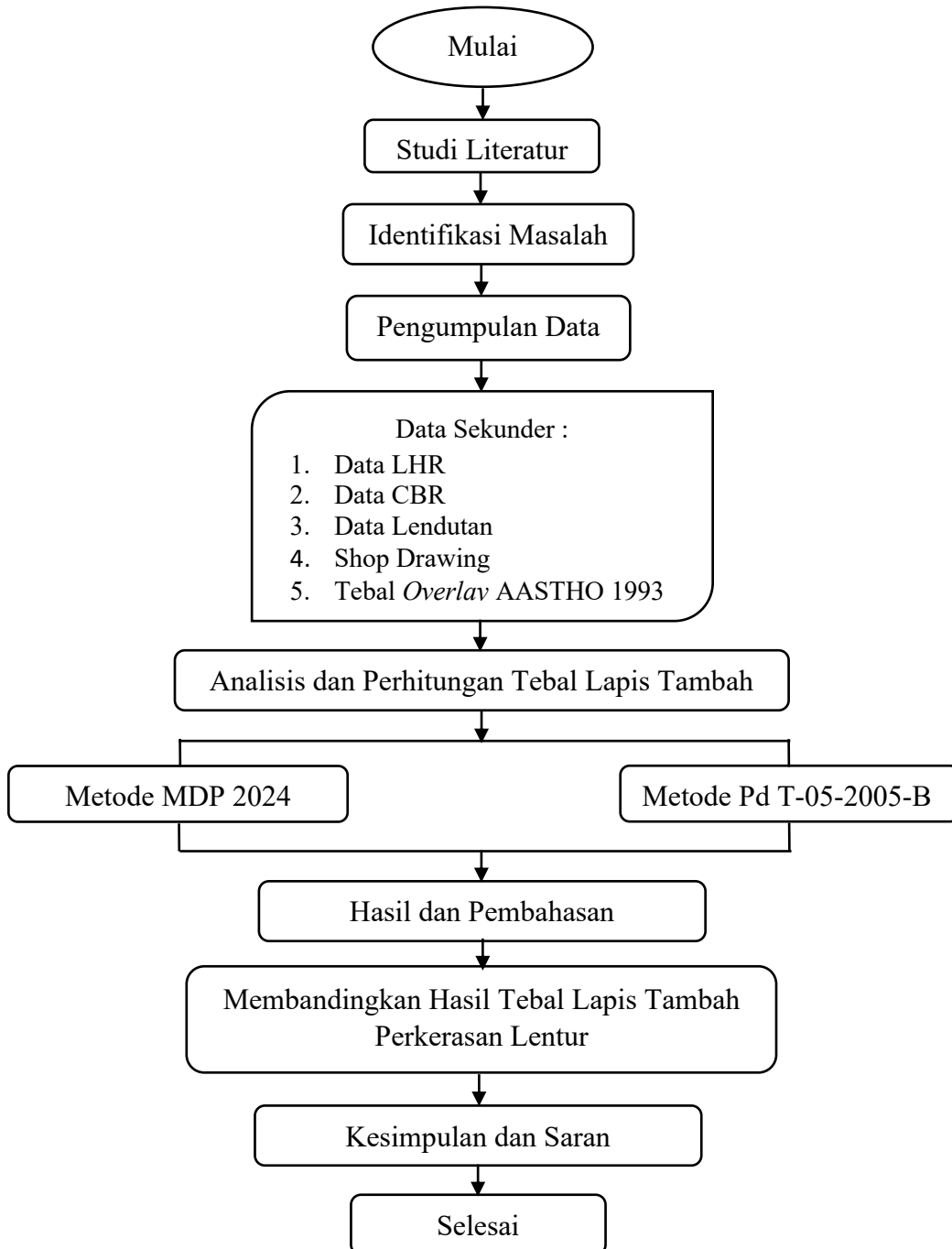
Tabel 2.19 Lanjutan

No	Penelitian	Tahun	Judul	Tujuan
4.	Alifvian Nagari Hargiansyah, Masca Indra Triana, Nurani Hartatik	2025	Analisis Metode Mdp 2024 dalam Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur pada Ruas Jalan Serah- Tebuwung	Penelitian ini dilakukan untuk menanggapi kondisi eksisting pada ruas jalan tersebut, yang mengalami kerusakan fisik cukup berat dan belum memiliki struktur perkerasan yang memadai.
5.	Direktorat Jendral Bina Mrga	2024	Manual Desain Perkerasan 2024	Digunakan untuk pendekatan mekanistik- empiris dengan parameter CESA, tanah dasar, dan rehabilitas.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Pada Gambar 3.1 merupakan bagan alir perkerasan lentur metode MDP 2024 dan Pd T-05-2005-B



Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir diatas menunjukkan langkah-langkah dalam proses analisis data menggunakan Metode MDP 2024 dan Pd T-05-2005-B, berikut penjelasan dari tiap langkah dalam bagan alir tersebut:

a. Mulai

Tahapan awal penelitian, menandakan dimulainya seluruh proses kegiatan penelitian sesuai dengan topik dan tujuan yang telah ditentukan.

b. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan untuk mempelajari teori dan referensi yang berkaitan dengan perkerasan lentur, lapis tambah (*overlay*), metode MDP 2024, dan Pd-T-05-2005-B sebagai dasar dalam pelaksanaan penelitian.

c. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan untuk menentukan permasalahan yang menjadi dasar penelitian, khususnya terkait kebutuhan tebal lapis tambah pada perkerasan lentur serta perbedaan hasil antara metode MDP 2024 dan Pd-T-05-2005-B.

d. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data yang diperlukan dalam proses analisis dan perhitungan tebal lapis tambah. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder yang diperoleh dari pihak atau instansi terkait. Dalam bagan tercantum:

- Data LHR (Lalu Lintas Harian Rata-rata)
- Data CBR (California Bearing Ratio)
- Data Lendutan yang di uji dengan alat *Benkelman Beam* (BB)
- Shop Drawing (Gambar Kerja)
- Tebal *Overlay* AASTHO 1993

Data tersebut digunakan sebagai dasar dalam melakukan analisis dan perhitungan tebal lapis tambah menggunakan metode MDP 2024 dan Pd-T-05-2005-B.

e. Analisis dan Perhitungan Tebal Lapis Tambah

Setelah data terkumpul, dilakukan proses analisis dengan menggunakan dua perbandingan metode perhitungan, yaitu:

- Metode MDP 2024, yaitu metode perencanaan terbaru dari Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) tahun 2024 yang disesuaikan dengan kondisi di Indonesia.
- Metode Pd T-05-2005-B, yaitu metode perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan lentur yang menggunakan data lendutan yang diperoleh dari pengujian *Benkelam Beam* untuk menentukan kebutuhan tebal *overlay* berdasarkan kondisi struktural perkerasan eksisting.
- Kedua metode digunakan untuk menganalisis dan membandingkan hasil perhitungan tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan lentur pada ruas jalan SP. Situnggaling – Tongging- BTS. Dairi.

f. Hasil dan Pembahasan

Hasil perhitungan dari kedua metode selanjutnya disajikan dan dibahas untuk mengetahui nilai tebal lapis tambah yang diperoleh serta faktor-faktor yang memengaruhi perbedaan hasil perhitungan.

g. Perbandingan Hasil Tebal *Overlay*

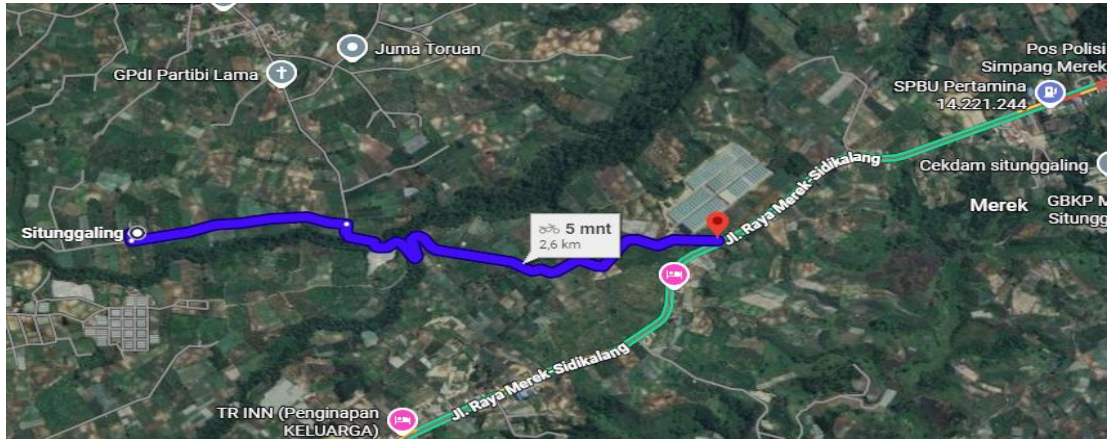
Pada tahap ini dilakukan perbandingan antara hasil tebal lapis tambah yang diperoleh dari metode MDP 2024 dan Pd-T-05-2005-B dengan tebal lapis tambah hasil perencanaan proyek menggunakan AASHTO 1993. Data AASHTO 1993 digunakan sebagai data pembanding dari hasil perencanaan proyek, bukan sebagai metode yang dihitung kembali dalam penelitian.

h. Hasil dan Kesimpulan

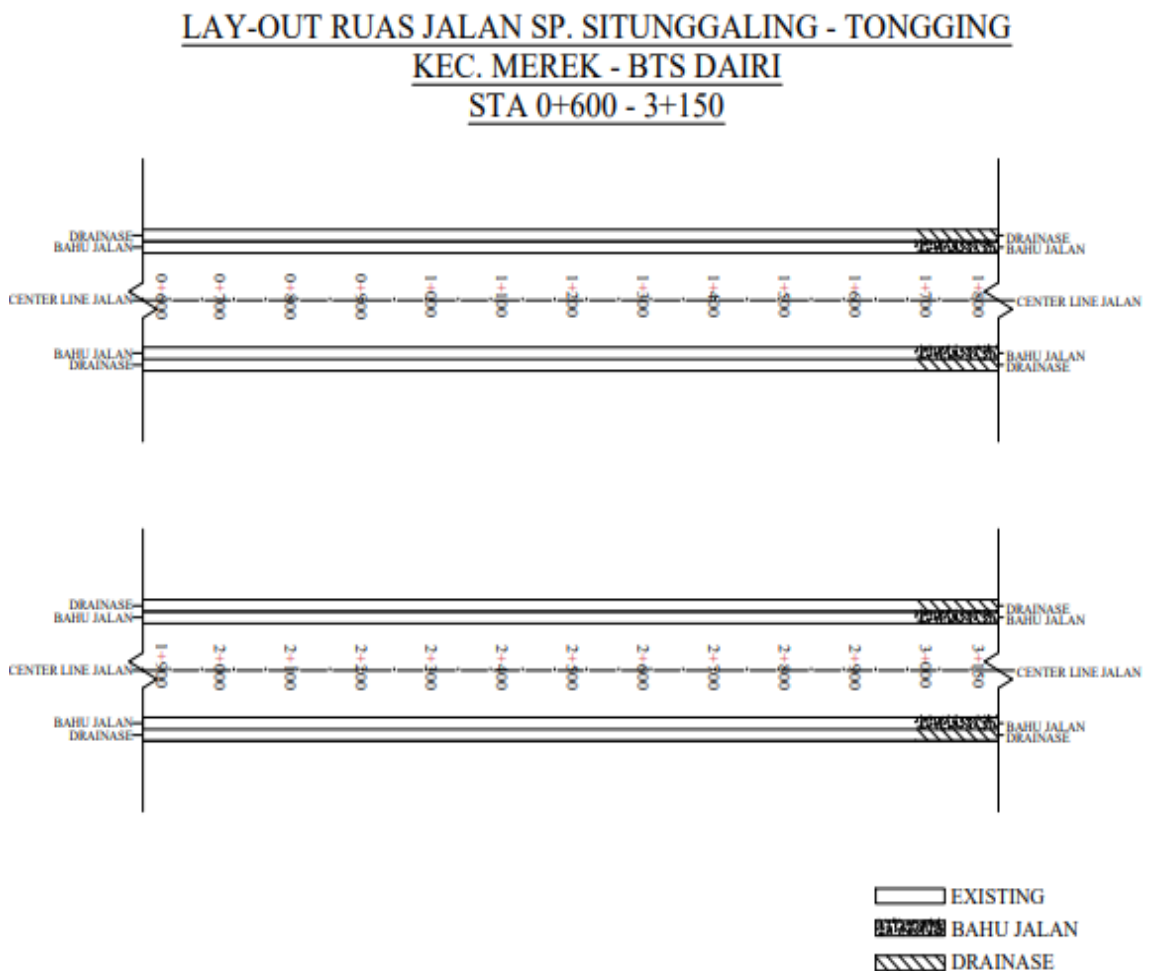
Ditahap ini dilakukan pembahasan terhadap hasil analisis data, kemudian ditarik kesimpulan mengenai hasil perbandingan kedua metode yang paling efektif dan sesuai dengan kondisi lapangan.

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian ini dilakukan pada Ruas Jalan SP. Situnggaling- Tongging-BTS. Dairi, STA 0+600- 3+150



Gambar 3. 2 Lokasi Penelitian (Google Maps)



Gambar 3. 3 Layout Jalan

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder yang diperoleh dari dokumen dan data proyek yang tersedia. Data tersebut diperoleh melalui pihak yang memiliki akses terhadap data proyek terkait dan selanjutnya digunakan sebagai bahan dalam proses analisis penelitian.

Data yang dikumpulkan merupakan data yang berkaitan dengan kondisi dan karakteristik perkerasan jalan serta parameter yang diperlukan dalam perhitungan tebal lapis tambah (*overlay*). Data tersebut selanjutnya diperiksa dan disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing metode yang digunakan dalam penelitian, sehingga dapat digunakan sebagai dasar perhitungan secara konsisten.

Selain itu, informasi pendukung diperoleh melalui studi literatur dengan menggunakan pedoman teknis, jurnal, buku, serta sumber referensi lain yang relevan dengan penelitian. Studi literatur digunakan untuk memahami dasar teori, ketentuan perencanaan, serta tahapan perhitungan tebal lapis tambah (*overlay*) berdasarkan metode MDP 2024 dan Pd T-05-2005-B.

Penggunaan data sekunder dalam penelitian ini dilakukan karena penelitian berfokus pada analisis dan perbandingan hasil perhitungan tebal lapis tambah berdasarkan dua metode perencanaan. Dengan menggunakan data dasar proyek yang sama, hasil perhitungan dari kedua metode dapat dibandingkan berdasarkan kondisi dan parameter yang setara.

3.4 Data Perencanaan

Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang berasal dari dokumen dan data proyek yang tersedia. Data tersebut digunakan sebagai dasar dalam proses analisis dan perhitungan tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan lentur menggunakan metode MDP 2024 dan Pd T-05-2005-B. Data tersebut disesuaikan dengan kebutuhan parameter yang diperlukan dalam proses perhitungan masing-masing metode. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- a. Data LHR
- b. Data Lendutan
- c. Data CBR
- d. Shop Drawing (Potongan Melintang Jalan, *Cross Section*).
- e. Tebal *Overlay* AASTHO 1993

3.5 Jadwal Studi

Waktu pelaksanaan penelitian ini dimulai pada bulan Oktober 2025 sampai dengan Agustus 2026. Seluruh tahapan penelitian dilaksanakan secara bertahap sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan. Tahapan tersebut meliputi pengajuan judul, pengumpulan data, penyusunan proposal, bimbingan proposal, seminar proposal, revisi dan bimbingan hasil penelitian, serta seminar hasil dan yang terakhir adalah sidang tugas akhir. Adapun jadwal pelaksanaan penelitian disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Jadwal Studi

No.	Aktivitas Penelitian	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Jun	Jul	Ags
1.	Pengajuan Judul										
2.	Pengumpulan Data										
3.	Penyusunan Proposal										
4.	Bimbingan Proposal										
5.	Seminar Proposal										
6.	Revisi dan Bimbingan										
7.	Seminar Hasil										
8.	Sidang Tugas Akhir										

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Tebal Lapis Tambah Metode MDP 2024 dan Pd T-2005-B

Pada Ruas Jalan SP Situnggaling – Tongging- BTS. Dairi yaitu 2,55 km dengan lebar 5 m. Data yang digunakan untuk perhitungan tebal lapis perkerasan pada ruas jalan SP Situnggaling – Tongging- BTS. Dairi dengan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 dan Pd T-2005-B.

4.1.1 Data Perencanaan

1. Umur Rencana : 20 Tahun

Flexible Pavement Pada Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 Tabel 2.2 bahwa perkerasan lentur dengan jalan dengan umur rencana yaitu 20 tahun.

2. Pertumbuhan Lalu Lintas (i) : 3,50%

3,50% Pertumbuhan lalu lintas didapat dari ketentuan wilayah dimana jalan Sp. Situnggaling – Tongging- BTS. Dairi berada pada wilayah Sumatera yang berarti nilai pertumbuhan lalu lintasnya sebesar 3,50% yang dikategorikan sebagai jalan kolektor yang dilihat pada Tabel 2.3.

3. Status jalan : Jalan Provinsi

4. Tipe Jalan : 2/2 TT

5. Faktor Distribusi Arah (DD) : 0,50

6. Faktor Distribusi Lajur (DL) : 1,00

Berdasarkan Tabel 2.5 nilai faktor distribusi lajur yang digunakan yaitu 100% karena pada jalan yang ditinjau dengan tipe jalan 2 jalur 2 arah.

7. Data Volume Lalu Lintas Berikut data LHR pada ruas Jalan SP. Situnggaling – Tongging – BTS. Dairi

Tabel 4. 1 Data Volume Lalu Lintas

Gol	Jenis Kendaraan	LHR
1	Sepeda motor	838
2,3,4	Sedan, Jeep, Taxi, Angkutan Umum, Mikrolet, Pick Up, Mobil Box	940
5a	Bus Kecil	43
5b	Bus Besar	0
6a	Truk Ringan 2 Sumbu	76
6b	Truk Sedan 2 Sumbu	42
7a	Truk 3 Sumbu	17
7c	Truk Gandeng	0
7ac	Truk Semi Trailer	0

4.2 Analisis Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur Metode MDP 2024

4.2.1 Tingkat Pertumbuhan Lalu Lintas

Perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas (R) dihitung untuk memperoleh akumulasi lalu lintas selama umur rencana yang digunakan dalam perhitungan beban sumbu standar kumulatif. Sesuai MDP 2024, untuk wilayah Pulau Sumatera yaitu sebesar 3,50 % pada Tabel 2.3 dan dengan umur rencana, UR = 20 tahun. Perhitungan dilakukan dengan kondisi beban faktual dan normal. Dari data pertumbuhan lalu lintas dan umur rencana dihitung menggunakan Persamaan 2.1 berikut ini:

$$\begin{aligned}
 R_{2024-2026} &= \frac{(1+0,01 i)^3 - 1}{0,01 i} \\
 &= \frac{(1+0,01 \times 3,50)^3 - 1}{0,01 \times 3,50} \\
 &= 3,11 \%
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung faktor pertumbuhan lalu lintas untuk kondisi beban normal dengan menggunakan sisa umur rencana

$$\begin{aligned}
 R_{2026-2043} &= \frac{(1+0,01 i)^{17}-1}{0,01 i} \\
 &= \frac{(1+0,01 \times 3,50)^{17}-1}{0,01 \times 3,50} \\
 &= 22,71 \%
 \end{aligned}$$

4.2.2 Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Berdasarkan nilai VDF masing-masing jenis kendaraan niaga yang ditunjukkan oleh Tabel 2.7, maka nilai VDF 4 dan VDF 5 masing-masing jenis kendaraan diperoleh seperti disajikan pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Nilai VDF 4 dan VDF 5

Kondisi	Kelas Kendaraan	Gol 5B	Gol 6A	Gol 6B	Gol 7A1	Gol 7A2	Gol 7A3	Gol 7B1	Gol 7B2	Gol 7B3	Gol 7C1	Gol 7C2A	Gol 7C2B	Gol 7C3	Gol 7C4
VDF	Faktual	1,2	0,5	1,6	10,1	10,2	-	-	-	-	8,2	6,6	11,1	16,0	-
4	Normal	1,2	0,5	0,4	3	3,9	-	-	-	-	5,7	5,6	6,8	9,0	-
VDF	Faktual	1,3	0,4	2,2	17,2	19,7	-	-	-	-	11,9	9,2	19,5	29,4	-
5	Normal	1,3	0,4	0,4	3,4	5,2	-	-	-	-	7,2	7,2	9,6	13	-

Nilai VDF dipilih sesuai dengan kondisi periode beban. VDF faktual digunakan sebelum penerapan beban normal MST, sedangkan VDF normal digunakan setelah beban normal diberlakukan. VDF 4 digunakan untuk menghitung CESA 4 berdasarkan lendutan maksimum, sedangkan VDF 5 digunakan untuk menghitung CESA 5 berdasarkan lengkung lendutan.

4.2.3 Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau juga disebut dengan *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) adalah jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama 20 tahun, perhitungan ini dilakukan untuk setiap golongan kendaraan secara terpisah guna memperoleh nilai akumulasi beban gandar standar yang nantinya akan digunakan sebagai dasar dalam menentukan

tebal perkerasan yang aman dan sesuai umur rencana yang telah di tetapkan, dihitung menggunakan Persamaan 2.3 yang diuraikan seperti berikut:

Golongan 6A

a) CESA 4

$$\begin{aligned} \text{ESA}_{\text{Faktual}} &= (\sum \text{LHR} \times \text{VDF4}_{\text{Faktual}}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R}_{2025} \\ &= (76 \times 1,2) \times 365 \times 0,5 \times 1,00 \times 3,11 \\ &= 21.541,67 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ESA}_{\text{Normal}} &= (\sum \text{LHR} \times \text{VDF4}_{\text{Normal}}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R}_{2028} \\ &= (76 \times 0,5) \times 365 \times 0,5 \times 1,00 \times 22,71 \\ &= 157.459,28 \end{aligned}$$

b) CESA 5

$$\begin{aligned} \text{ESA}_{\text{Faktual}} &= (\sum \text{LHR} \times \text{VDF4}_{\text{Faktual}}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R}_{2025} \\ &= (76 \times 0,4) \times 365 \times 0,5 \times 1,00 \times 3,11 \\ &= 17.233,34 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ESA}_{\text{Normal}} &= (\sum \text{LHR} \times \text{VDF4}_{\text{Normal}}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R}_{2028} \\ &= (76 \times 0,4) \times 365 \times 0,5 \times 1,00 \times 22,71 \\ &= 125.967,43 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan nilai CESA 4 dan CESA 5 untuk setiap golongan kendaraan yang ditinjau dalam studi perencanaan perkerasan jalan ini secara lengkap dan terperinci disajikan pada Tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Perhitungan CESA Bersasarkan Data LHR dan VDF

Gol	LHR	VDF 4		VDF 5		DD	DL	R		Hari dalam Setahun	ESA 4		ESA 5	
		Faktual	Normal	Faktual	Normal			(2024-2026)	(2026-2043)		Faktual	Normal	Faktual	Normal
6a	76	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	1.00	3.11	22.71	365	21541.67	157459.28	17233.34	125967.43
6b	42	1.6	0.4	2.2	0.4	0.5	1.00	3.11	22.71	365	38094.74	69613.58	52380.27	69613.58
7a	17	10.1	3	17.2	3.4	0.5	1.00	3.11	22.71	365	97334.34	211326.93	165757.48	239503.86
JUMLAH CESAL											156970.75	438399.80	235371.09	435084.86
											595370.55		670455.96	

4.3 Desain Tebal *Overlay*

Dalam penentuan tebal lapis tambah (*overlay*) berdasarkan lendutan maksimum, digunakan grafik pada Gambar 2.6, hubungan antara lendutan karakteristik dan beban lalu lintas desain (ESA4) sesuai dengan ketentuan metode yang digunakan. Sebelum menentukan tebal *overlay* melalui grafik tersebut, terlebih dahulu dilakukan perhitungan beberapa parameter pendukung.

4.3.1 Mentukan Faktor Koreksi Temperatur, f_T

Koreksi temperatur terhadap nilai lendutan diperlukan agar hasil pengujian *Benkelman Beam* merepresentasikan kondisi temperatur acuan sesuai ketentuan MDP 2024, yang dihitung menggunakan Persamaan 2.9.

$$\begin{aligned} f_T &= \frac{W_{MAPT}}{\text{Temperatur perkerasan saat pengukuran lendutan}} \\ &= \frac{41^\circ\text{C}}{27^\circ\text{C}} \\ &= 1.519^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Setelah nilai f_T didapat, selanjutnya tentukan faktor koreksi temperatur menggunakan Tabel 2.9 untuk (D_0) dan Tabel 2.10 untuk (D_{200}), pengujian lendutan perkerasan dengan tebal permukaan beraspal 90 mm, maka memerlukan faktor koreksi temperatur.

Tabel 4. 4 Faktor Temperatur Lendutan (D_0) *Benkelman Beam*

<u>WMAPT</u>	Tebal Aspal Eksisting (mm)						
Temp _{lapangan}	25	50	100	150	200	250	300
1,50	1,04	1,06	1,09	1,14	1,21	1,31	1,37
1,60	1,04	1,07	1,11	1,16	1,25	1,37	1,42

Interpolasi faktor koreksi temperatur lendutan (D_0) untuk 1,50 :

$$\begin{aligned} D_0 &= 1,06 + \frac{(90-50)}{(100-50)} \times (1,09 - 1,06) \\ &= 1,084 \end{aligned}$$

Interpolasi faktor koreksi temperatur lendutan (D_0) untuk 1,519 :

$$\begin{aligned} D_0 &= 1,084 + \frac{(1,519-1,50)}{(1,60-1,50)} \times (1,02 - 1,084) \\ &= 1,087 \text{ (Hasil Interpolasi)} \end{aligned}$$

Interpolasi faktor koreksi temperatur lendutan (D_0) untuk 1,60 :

$$\begin{aligned} D_0 &= 1,06 + \frac{(90-50)}{(100-50)} \times (1,11 - 1,07) \\ &= 1,102 \end{aligned}$$

Tabel 4. 5 Faktor Temperatur Lendutan (D_0 - D_{200}) *Benkelman Beam*

WMAPT	Tebal Aspal Eksisting (mm)							
Temp _{lapangan}	25	50	75	100	150	200	250	300
1,50	1,05	1,11	1,17	1,22	1,29	1,39	1,49	1,56
1,60	1,06	1,13	1,20	1,26	1,35	1,44	1,57	1,64

Interpolasi faktor koreksi temperatur lendutan (D_0 - D_{200}) untuk 1,50 :

$$\begin{aligned} D_0 &= 1,17 + \frac{(90-75)}{(100-75)} \times (1,22 - 1,17) \\ &= 1,200 \end{aligned}$$

Interpolasi faktor koreksi temperatur lendutan (D_0 - D_{200}) untuk 1,519 :

$$\begin{aligned} D_0 &= 1,200 + \frac{(1,519-1,50)}{(1,60-1,50)} \times (1,236 - 1,200) \\ &= 1,207 \text{ (Hasil Interpolasi)} \end{aligned}$$

Interpolasi faktor koreksi temperatur lendutan (D_0 - D_{200}) untuk 1,60 :

$$\begin{aligned} D_0 &= 1,20 + \frac{(90-75)}{(100-75)} \times (1,26 - 1,20) \\ &= 1,236 \end{aligned}$$

4.3.2 D₀ rata-rata

D₀ rata-rata dihitung dari nilai D₀ yang telah seragam dan dikoreksi dengan faktor musim serta faktor temperatur menggunakan Persamaan 2.5. Contoh perhitungan pada STA 0+600 disajikan berikut, sedangkan hasil lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Contoh Perhitungan STA 0+600 :

Beban Benda Uji = 8,2 kn

Temperatur Aspal = 27°C

Tebal Aspal = 90 mm

1. Menghitung D₀ Normal

$$\begin{aligned} D_0 \text{ Normal} &= D_0 \times \frac{40}{p} \\ &= 1,25 \times \frac{40}{8,2} = 6,098 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Menghitung D₂₀₀ Normal

$$\begin{aligned} D_{200} \text{ Normal} &= D_{200} \times \frac{40}{p} \\ &= 0,450 \times \frac{40}{8,2} = 2,195 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Menghitung D₀-D₂₀₀

$$D_0 - D_{200} = 6,098 - 2,195 = 3,903 \text{ mm}$$

4. Menentukan Faktor Koreksi Temperatur

$$\begin{aligned} \text{AMPT}/\text{Tlap} &= 41 \times \text{Temperatur Aspal} \\ &= 41 \times 27 = 1,107 \end{aligned}$$

5. Menghitung D₀ Terkoreksi Temperatur

$$\begin{aligned} D_0 \text{ (Terkoreksi)} &= D_0 \text{ Normal} \times \text{Faktor koreksi temperatur lendutan (D}_0\text{)} \\ &= 6,098 \times 1,087 = 6.630 \text{ mm} \end{aligned}$$

6. Menghitung D₀-D₂₀₀ Terkoreksi Temperatur

$$\begin{aligned} D_0 - D_{200} \text{ (Terkoreksi)} &= \text{Faktor koreksi temperatur lendutan (D}_{200}\text{)} \times (D_0 - D_{200}) \\ &= 1,207 \times 3,903 = 4,709 \text{ mm} \end{aligned}$$

7. Menghitung D_0 rata-rata

$$\begin{aligned} D_0 \text{ rata-rata} &= \frac{\sum D_0}{N} \\ &= \frac{82,160}{14} \\ &= 5,869 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.3.3 Standar Deviasi (s)

Standar deviasi dihitung menggunakan Persamaan 2.6 dan perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S &= \frac{\sqrt{N(\sum D_0)^2 - (\sum D_0)^2}}{N-1} \\ &= \frac{\sqrt{82,160}}{14-1} \\ &= 0,4455 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.3.4 Faktor Keseragaman (FK)

Faktor keseragaman dihitung menggunakan Persamaan 2.4 dan perhitungannya adalah sebagai berikut .

$$\begin{aligned} FK &= \frac{S}{Dr} \times 100\% \\ &= \frac{0,4455}{5,869} \times 100 \% \\ &= 8 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan, didapatkan nilai FK sebesar 8 %. Sehingga nilai FK memenuhi syarat kriteria keseragaman data lendutan sangat baik ($8 \% < FK_{ijin} = 30\%$) untuk dipergunakan dalam analisis.

Tabel 4. 6 Rekapitulasi Perhitungan Lendutan

STA	Beban (kn)	D ₀ (μm)	D ₂₀₀ (μm)	Temp. Aspal	Tebal Aspal	D ₀ Normal	D ₂₀₀ Normal	D ₀ -D ₂₀₀	AMPT/Tlap	D ₀ Faktor Koreksi Temp	D ₂₀₀ faktor koreksi Temp	D ₀ Terkoreksi Temp	D ₀ -D ₂₀₀ Terkoreksi Temp
0+600	8.2	1.25	0.450	27	90	6.098	2.195	3.902	1,107	1.087	1.207	6.630	4.709
0+800	8.2	1.16	0.415	27	90	5.659	2.024	3.634	1,107	1.087	1.207	6.153	4.385
1+000	8.2	1.11	0.400	27	90	5.415	1.951	3.463	1,107	1.087	1.207	5.888	4.179
1+200	8.2	1.03	0.360	27	90	5.024	1.756	3.268	1,107	1.087	1.207	5.463	3.944
1+400	8.2	1.18	0.425	27	90	5.756	2.073	3.683	1,107	1.087	1.207	6.259	4.444
1+600	8.2	1.10	0.385	27	90	5.366	1.878	3.488	1,107	1.087	1.207	5.834	4.209
1+800	8.2	0.98	0.440	27	90	4.780	2.146	2.634	1,107	1.087	1.207	5.198	3.179
2+000	8.2	1.16	0.425	27	90	5.659	2.073	3.585	1,107	1.087	1.207	6.153	4.326
2+200	8.2	1.23	0.440	27	90	6.000	2.146	3.854	1,107	1.087	1.207	6.524	4.650
2+400	8.2	1.14	0.415	27	90	5.561	2.024	3.537	1,107	1.087	1.207	6.047	4.267
2+600	8.2	1.05	0.385	27	90	5.122	1.878	3.244	1,107	1.087	1.207	5.569	3.914
2+800	8.2	1.00	0.355	27	90	4.878	1.732	3.146	1,107	1.087	1.207	5.304	3.797
3+000	8.2	1.07	0.385	27	90	5.220	1.878	3.341	1,107	1.087	1.207	5.675	4.032
3+150	8.2	1.03	0.420	27	90	5.024	2.049	2.976	1,107	1.087	1.207	5.463	3.591
Rata- rata												5.869	4.116
												Std.Dev	0.4455
												Koef Variasi	8%
												Lendutan Karakteristik (Dwakil)	1.150

4.3.5 Lendutan Maksimum (Lendutan Karakteristik)

Lendutan maksimum atau lendutan karakteristik yaitu besarnya nilai lendutan yang mewakili suatu sub ruas atau seksi jalan yang disesuaikan dengan fungsi atau kelas jalan dan ditentukan dengan menggunakan Persamaan 2.7 sebagai berikut.

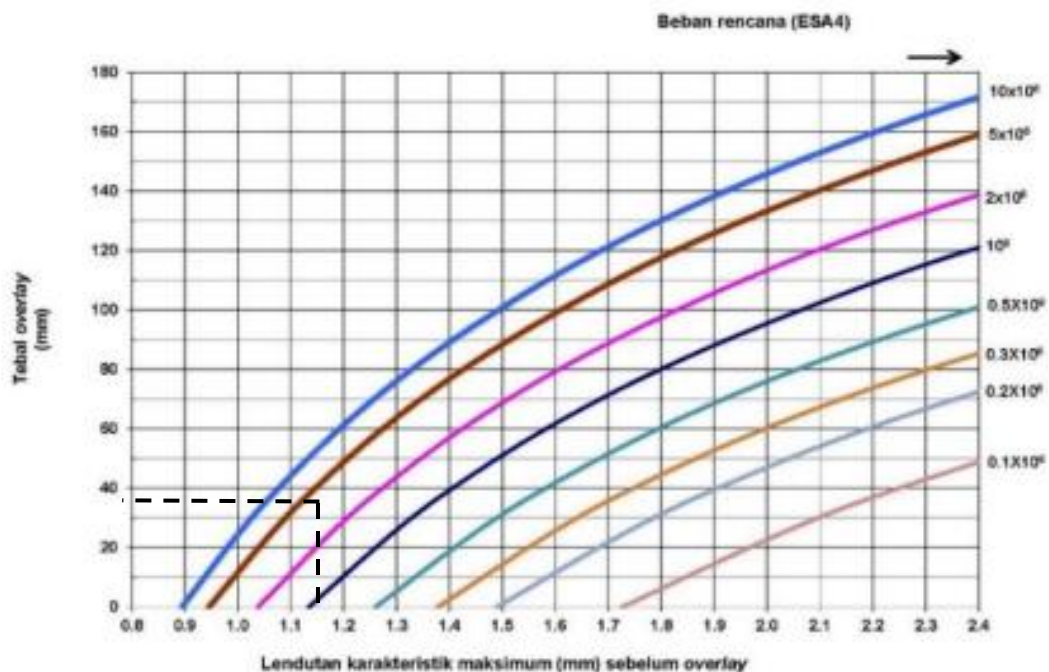
$$\begin{aligned}\text{Dwakil} &= dR + 1,64s \\ &= 5,869 + (1,64 \times 0,4455) \\ &= 1,150 \text{ mm}\end{aligned}$$

4.3.6 Tebal *Overlay*

Lendutan karakteristik dan nilai beban rencana lalu lintas (CESA4) digunakan untuk menentukan tebal *overlay* dengan menggunakan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.

$$\text{Dwakil} = 1,150 \text{ mm}$$

$$\text{CESA4} = 595.371,55$$



Gambar 4. 1 Menentukan Tebal *Overlay*

Berdasarkan nilai CESA4 sebesar 595.371,55 dan pembacaan grafik MDP 2024 pada diperoleh tebal lapis tambah (*overlay*) sebesar 38 mm atau 3,8 cm .

4.4 Analisis Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur Metode Pd T-05-2005-B

4.4.1 Faktor Distribusi Arah (DD) dan Faktor Distribusi Lajur (DL)

Faktor distribusi arah digunakan untuk menentukan proporsi kendaraan pada masing-masing arah perjalanan yang berkontribusi terhadap beban lalu lintas pada lajur rencana. Pada ruas jalan yang ditinjau, lalu lintas bergerak dalam dua arah dengan asumsi distribusi kendaraan yang seimbang, sehingga faktor distribusi arah yang digunakan adalah sebesar 0,50. Nilai ini menunjukkan bahwa 50% lalu lintas diasumsikan berada pada masing-masing arah perjalanan.

4.4.2 Faktor Umur Rencana dan Perkembangan Lalu Lintas (N)

Untuk menghitung akumulasi lalu lintas selama umur rencana, digunakan Persamaan 2.10 pertumbuhan lalu lintas yang memperhitungkan faktor pertumbuhan tahunan (r) dan masa rencana (n) tahun. Umur rencana yang digunakan untuk tebal lapis tambah pada ruas jalan SP. Situnggaling-Tongging-BTS. Dairi adalah 20 tahun.

$$N = \frac{1}{2} \left[1 + (1 + r)^n + 2 (r) \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right]$$

$$N = \frac{1}{2} \left[1 + (1 + 0,035)^{20} + 2 (1 + 0,035) \frac{(1+0,035)^{20} - 1}{0,035} \right]$$

$$N = 28,77$$

4.4.3 Menghitung Beban Lalu Lintas CESA)

Setelah diperoleh faktor distribusi arah dan lajur serta faktor hubungan umur rencana dengan perkembangan lalu lintas, selanjutnya dilakukan perhitungan akumulasi ekivalen beban sumbu standar (CESA). Nilai VDF yang digunakan

dalam perhitungan ini mengacu pada MDP 2024 dan disajikan pada Tabel 4.7. Selanjutnya, nilai LHR, VDF, faktor distribusi, hari dalam setahun, dan faktor perkembangan lalu lintas digunakan untuk menentukan nilai CESA selama umur rencana yang disajikan pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.7 VDF Lentur Faktual (MDP 2024)

Kondisi	Kelas Kendaraan	Gol 5B	Gol 6A	Gol 6B	Gol 7A1	Gol 7A2	Gol 7A3	Gol 7B1	Gol 7B2	Gol 7B3	Gol 7C1	Gol 7C2A	Gol 7C2B	Gol 7C3	Gol 7C4
VDF Lentur	Faktual	2.6	0.3	1.5	8.4	6.8	-	-	-	-	6.3	4.3	6.0	8.4	-
	Normal	1.9	0.1	0.9	2.6	2.2	-	-	-	-	3.9	3.2	4.0	4.7	-

Tabel 4.8 Perhitungan Kumulatif Beban Sumbu Kendaraan ESAL (2024-2043)

Gol	Jenis Kendaraan	LHR	VDF	Hari	C	N	ESAL
2.3	Sedan, Jeep, Taxi, Ang. Umum,	466	0	365	0.50	28.77	0
4	Mikrolet, Pick Up, Mobil Box	474	0	365	0.50	28.77	0
5a	Bus Kecil	43	0	365	0.50	28.77	0
5b	Bus Besar	0	2.6	365	0.50	28.77	0
6a	Truk Ringan 2 Sumbu	76	0.3	365	0.50	28.77	119731.01
6b	Truk Sedan 2 Sumbu	42	1.5	365	0.50	28.77	330835.69
7a	Truk 3 Sumbu	17	8.4	365	0.50	28.77	749894.23
CESA							1.200.460,93

4.4.4 Koreksi Lendutan

Berdasarkan Tabel 2.16 faktor koreksi lendutan terhadap temperatur dalam Pd T-05-2005-B, tebal lapis aspal eksisting sebesar 9 cm sehingga termasuk kategori tebal lapis aspal kurang dari 10 cm (< 10 cm). Oleh karena itu, faktor

koreksi temperatur mengacu pada Kurva A sesuai ketentuan dalam Pd T-05-2005-B. Temperatur rata-rata lapangan yang diperoleh saat pengujian adalah 27°C. Karena nilai temperatur tersebut tidak tersedia secara langsung pada tabel faktor koreksi, maka penentuan faktor koreksi dilakukan dengan metode interpolasi linier antara temperatur 26°C dengan faktor koreksi (Ft) sebesar 1,13 dan temperatur 28°C dengan faktor koreksi (Ft) sebesar 1,09. Hasil interpolasi menghasilkan faktor koreksi temperatur sebesar 1,11 yang selanjutnya digunakan untuk mengoreksi nilai lendutan hasil pengujian *Benkelman Beam*.

Tabel 4.9 Faktor Koreksi Lendutan Terhadap Temperatur

TL (°C)	Faktor Koreksi (Ft)
	Kurva A (HL < 10 cm)
20	1,25
22	1,21
24	1,16
26	1,13
28	1,09
30	1,06
32	1,04
34	1,01
36	0,99
38	0,97
40	0,95
42	0,93
44	0,91

Interpolasi:

$$TL\ 26 = 1,13$$

$$TL\ 27 = \frac{1,13 + (1,09 - 1,13)}{(28 - 26) \times (27 - 26)}$$

$$= 1,11 \text{ Hasil Interpolasi}$$

$$TL\ 28 = 1,09$$

Koreksi lendutan dilakukan terhadap suhu (Ft = 1,11) diperoleh dari interpolasi, sedangkan beban (FK_BB = 0,98) mengacu pada data *Axle Load Deflection Factor* di lapangan. Selanjutnya, kedua faktor koreksi tersebut diterapkan pada nilai lendutan hasil pengujian menggunakan Persamaan 2.16.

Proses koreksi ini bertujuan untuk menghilangkan pengaruh variasi temperatur dan beban pengujian sehingga nilai lendutan yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar dalam analisis kondisi struktur perkerasan dan perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*). Hasil perhitungan lendutan terkoreksi untuk setiap titik pengujian disajikan sehingga diperoleh lendutan terkoreksi pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Koreksi Lendutan

STA	d1	d3	d= 2x (d3-d1)	Ft	Ca	FK_BB	dB
0+600	0,00	0,40	0,80	1,11	1,2	0,98	1,04
0+800	0,00	0,36	0,72	1,11	1,2	0,98	0,94
1+000	0,00	0,26	0,52	1,11	1,2	0,98	0,68
1+200	0,00	0,24	0,48	1,11	1,2	0,98	0,63
1+400	0,00	0,38	0,76	1,11	1,2	0,98	0,99
1+600	0,00	0,26	0,52	1,11	1,2	0,98	0,68
1+800	0,00	0,27	0,54	1,11	1,2	0,98	0,70
2+000	0,00	0,29	0,58	1,11	1,2	0,98	0,76
2+200	0,00	0,39	0,78	1,11	1,15	0,98	0,98
2+400	0,00	0,30	0,60	1,11	1,2	0,98	0,78
2+600	0,00	0,32	0,64	1,11	1,2	0,98	0,84
2+800	0,00	0,27	0,54	1,11	1,2	0,98	0,70
3+000	0,00	0,29	0,58	1,11	1,2	0,98	0,76
3+150	0,00	0,39	0,78	1,11	1,2	0,98	1,02
Jumlah							11,50
dR =							0,8212113

4.4.5 Menghitung Standar Deviasi

Data lendutan terkoreksi (dB) yang diperoleh kemudian diolah secara statistik untuk menentukan nilai standar deviasi (s) dan faktor keseragaman (FK) guna mengevaluasi keseragaman data pada segmen jalan yang ditinjau. Semakin kecil nilai standar deviasi dan faktor keseragaman, maka semakin seragam data lendutan yang diperoleh sehingga hasil pengujian dianggap lebih representatif terhadap kondisi perkerasan jalan. Hasil perhitungan tersebut menjadi dasar untuk menilai apakah data lendutan memenuhi persyaratan keseragaman sesuai ketentuan metode

Pd T-05-2005-B. Rekapitulasi hasil perhitungan standar deviasi dan faktor keseragaman disajikan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Data lendutan terkoreksi (dB)

STA	dB	dB - dR	(dB - dR) ²
0+600	1.04	0.22	0.0498
0+800	0.94	0.12	0.0141
1+000	0.68	-0.14	0.0203
1+200	0.63	-0.19	0.0379
1+400	0.99	0.17	0.0292
1+600	0.68	-0.14	0.0203
1+800	0.70	-0.12	0.0135
2+000	0.76	-0.06	0.0041
2+200	0.98	0.15	0.0239
2+400	0.78	-0.04	0.0014
2+600	0.84	0.01	0.0002
2+800	0.70	-0.12	0.0135
3+000	0.76	-0.06	0.0041
3+150	1.02	0.20	0.0388
Jumlah			0.2711

Setelah mendapatkan nilai lendutan terkoreksi, Langkah berikutnya adalah menghitung standar deviasi dan faktor keseragaman (FK) untuk menentukan keseragaman data pada seksi jalan, dihitung menggunakan Persamaan 2.17 berikut.

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\sqrt{\sum (dB - dR)^2}}{n-1} \\
 &= \frac{\sqrt{\sum (0,2711)^2}}{14-1} \\
 &= 0,1444 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.4.6 Keseragaman Lendutan (FK)

Untuk mengetahui tingkat keseragaman data lendutan pada masing-masing segmen jalan, dilakukan perhitungan faktor keseragaman (FK) berdasarkan nilai

standar deviasi (s) dan lendutan rata-rata (dR) yang telah diperoleh sebelumnya, dihitung menggunakan Persamaan 2.15 berikut.

$$\begin{aligned} FK &= \frac{S}{Dr} \times 100\% < Fkijin \\ &= \frac{0,1444}{0,8212} \times 100 \% \\ &= 18 \% \end{aligned}$$

Maka, $FK = 18 \% < 20\%$ maka lendutan keseragaman baik

4.4.7 Menghitung Dwakil (Lendutan Wakil)

Nilai lendutan yang mewakili kondisi setiap segmen jalan dihitung menggunakan rumus lendutan wakil (Dwakil), dengan mengacu pada fungsi jalan dan tingkat kepercayaan yang ditentukan dalam Pd T-05-2005-B, yang dihitung dengan Persamaan 2.19 berikut.

$$\begin{aligned} Dwakil &= dR + (1,64 \times s) \\ &= 0,8212 + (1,64 \times 0,1444) \\ &= 1,0580 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.4.8 Menghitung Drencana

Setelah diketahui bahwa nilai lendutan wakil (Dwakil), maka diperlukan perhitungan Drencana. Perhitungan ini dilakukan menggunakan Persamaan 2.23 berikut.

$$\begin{aligned} Drencana &= 22,208 \times CESA^{-0,2307} \\ &= 22,208 \times 1.200.460,93^{-0,2307} \\ &= 0,8790 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, $Dwakil (1,0580) > Drencana (0,8790)$ MAKA PERLU OVERLAY

4.4.9 Menghitung Tebal Lapis Tambah (Ho)

Setelah diketahui bahwa nilai lendutan wakil (D_{wakil}) lebih besar daripada nilai lendutan rencana (D_{rencana}), maka diperlukan perhitungan tebal lapis tambah (H_o). Perhitungan tebal lapis tambah dilakukan menggunakan Persamaan 2.24 berikut.

$$\begin{aligned} H_o &= \frac{(\ln(1,0364) + \ln(D_{slb\ ov}) - \ln(D_{slb\ ov}))}{0,0597} \\ &= \frac{(\ln(1,0364) + \ln(D_{1,0580}) - \ln(D_{0,8790}))}{0,0597} \\ &= 3,87 \text{ cm} \end{aligned}$$

4.4.10 Menentukan Koreksi Tebal Lapis Tambah (Fo)

Untuk lokasi ruas jalan SP.Situnggaling- Tomgging-BTS. Dairi, (pedoman perencanaan tebal lapis ulang Pd T-2005-B), diperoleh temperatur perkerasan tahunan (TPRT) = 24,6 C, yang dihitung dengan Persamaan 2.25 berikut.

$$\begin{aligned} F_o &= 0,5032 \times \text{EXP}(0,0194 \times \text{TPRT}) \\ &= 0,5032 \times \text{EXP}(0,0194 \times 24,6) \\ &= 0,81 \end{aligned}$$

4.4.11 Menghitung Tebal Lapis Tambah Teroreksi (Ht)

Tebal lapis tambah akhir (H_t) diperoleh dengan mengalikan H_o dengan F_o, sehingga menghasilkan tebal *overlay* yang sesuai dengan kondisi temperatur perkerasan aktual di lapangan, yang dihitung dengan Persamaan 2.26 berikut.

$$\begin{aligned} H_t &= H_o \times F_o \\ &= 3,87 \times 0,81 \\ &= 3,1 \text{ cm} \end{aligned}$$

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perbandingan tebal lapis tambah (*overlay*) menggunakan metode MDP 2024 dan Pd T-05-2005-B pada Ruas Jalan SP. Situnggaling–Tongging–BTS. Dairi, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan metode MDP 2024, diperoleh kebutuhan tebal lapis tambah (*overlay*) sebesar 3,8 cm berdasarkan hasil pembacaan grafik desain menggunakan nilai CESA4 dan lendutan karakteristik.
2. Berdasarkan metode Pd T-05-2005-B, diperoleh kebutuhan tebal lapis tambah (*overlay*) sebesar 3,1 cm berdasarkan analisis lendutan *Benkelman Beam* dan beban lalu lintas rencana.
3. Terdapat selisih tebal lapis tambah sebesar 0,7 cm antara kedua metode. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh perbedaan konsep perencanaan, parameter desain, serta prosedur perhitungan yang digunakan pada masing-masing pedoman.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa saran yang dapat diberikan adalah:

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan data lalu lintas primer dan data kondisi perkerasan yang lebih lengkap agar hasil perencanaan lebih akurat.
2. Perlu dilakukan kajian terhadap metode lain sebagai pembanding sehingga dapat diketahui tingkat efektivitas masing-masing metode dalam menentukan tebal lapis tambah.
3. Dalam penerapan metode MDP 2024, diperlukan kajian lebih lanjut untuk kondisi ketika nilai lendutan karakteristik melebihi batas grafik desain, sehingga proses penentuan tebal *overlay* dapat dilakukan dengan lebih *representatif*

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, Aeev Sukma, And Sarwanta Sarwanta. 2021. “Perbandingan Perencanaan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur Dengan Metode Aashto Dan Mdp.” *Jurnal Rekayasa Infrastruktur* 7(2):1–6. Doi:10.31943/Jri.V7i2.178.
- Arthono, Andri, And Dwiki Adi Pransiska. 2011. “Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya Menggunakan Metode Sni1932-1989-F Dibandingkan Dengan Menggunakan Metode Aastho 1993 , Pada Ruas Jalan Raya Rangkasbitung - Citeras.” (November 2022):1–12.
- Bakri, Muhammad Djaya Bakri. 2025. “Alternatif Tebal Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Metode MDP 2024 Untuk Jalan Lingkungan Kampus Universitas Borneo Tarakan.” *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil* 9(1):108–21. Doi:10.35334/Be.V9i1.266.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2024. “Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Manual Desain Perkerasan Jalan No. 03/M/BM/2024.” 389.
- Indonesia, Undang- Undang Republik Nomor 2 Tahun 2022.”
- Lapian Marlien T, Michael S Mantri, Develery Tumewu. 2021. Efektivitas Pengelolaan Terminal Angkutan Umum Tipe B Amurang Kabupaten Minahasa Selatan“*Jurnal Governance.*” 1(2):1–11.
- No. 22, Undang- Undang RI. 2009. “Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan.”
- Pandey, Sisca V, Lucia Lalamentik. 2013. “Kelas Jalan.” (5):27–37.
- Patiku, Mardianto, Dina Pasa Lolo, Chitra Utary, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Musamus, And Papua Selatan. 2025. “Perencanaan Perkerasan Lentur (Flexible Pavement) Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2024.”
- Pemerintah Indonesia. 2022. “Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022 Pasal 1 Tentang Jalan.” *Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004* (134229):77. <https://Peraturan.Bpk.Go.Id/Details/195878/Uu-No-2-Tahun-2022>.
- Pradani, Novita, And Muhammad Sadli. 2016. “Analisis Perancangan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Pd T-01-2002-B , Metode Manual Desain Perkerasan (MDP) Dan Metode Nottingham Pada Ruas Jalan I Gusti Ngurah Rai Palu.” 4:140–55.
- PT-05-2005-B, Pd. 2005. “Departemen Pekerjaan Umum.” *Pd T-05-2005-B*.
- Puspita, Yeni. 2021. “Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Metode Bina Marga T-05-2005 B Dan Metode Skripsi Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu Universitas Medan Area Disusun Oleh Yeni Yuspita FAKULTAS TEKNIK.”
- Shofwan, Muhammad, Donny Cahyono, And R. Endro Wibisono. 2024.

“Perencanaan Tebal Lapis Tambah (Overlay) Perkerasan Lentur Dengan Metode MDPJ 2017 Pada STA 0 + 000 S / D STA 0 + 860 Ruas Jalan Panjang Jiwo Kota Surabaya Planning Of Overlay Thickness Of Flexural Pavement With MDPJ 2017 Method At STA 0 + 000 To STA 0 + 860 Long Road Section Jiwo Surabaya City.” (2):146–53.

Studi, Program, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Sipil Dan, And Universitas Islam Indonesia. 2023. “Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia 2023.”

Studi, Program, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Sipil Dan, And Universitas Islam Indonesia. 2024. “Tugas Akhir.”

Susilo, Robi, Hajar Dewantara, And Kecamatan Batanghari. 2018. “Analisis Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Jalan Raya.” 7(2):101–15.

Trianah, Maira, Dendi Wijaya Saputra, And Sri Irnaningsih. 2024. “Pengaruh Sejarah Perkembangan Alat Transportasi Darat , Laut , Dan Udara Di Indonesia Serta Dampaknya Terhadap Masyarakat.” 2584–92.

Wahyudi, Danu, Priyo Pratomo, And Hadi Ali. 2016. “Analisis Perencanaan Tebal Lapis Tambah (Overlay) Cara Lendutan Balik Dengan Metode Pd T-05-2005-B Dan Pedoman Interim No . 002 / P / BM / 2011 Berdasarkan Petunjuk Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa.” 4(1):137–52.

Welly Rizki. 2021. “Perencanaan Perbaikan (Evaluation Of Pavement Conditions And Rehabilitation Planning) Wellyza Rizki Perencanaan Perbaikan (Evaluation Of Pavement Conditions And Rehabilitation Planning).” *Wellyza Rizki*.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1
DATA LALU LINTAS HARIAN RATA-RATA

Volume Lalu Lintas

Lokasi : Jalan Parapat – Bts. Kaba. Tobasa

Arah : Dua Arah

WAKTU (interval 1 jam)	KENDARAAN BERMOTOR											K. TAK BERMOTOR	KENDARAAN BERMOTOR	KENDARAAN TAK BERMOTOR	TOTAL
	KENDARAAN RINGAN				KENDARAAN BERAT							8			
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7c	7c2	8			
	SEPEDA MOTOR ,SEKUTER ,SEPEDA KUMBANG DAN RODA 3	SEDAN, JEEP, ST.WAGON	OPELET (PICKUP COMBI, SUBUR BAN) OPELET	PICK UP, MICRO TRUK, MOBIL HANTARAN, PICKUP BOX	BUS KECIL	BUS BESAR	TRUK RINGAN2 SUMBU	TRUK SEDANG2 SUMBU	TRUK 3 AS	TRUK 4 AS	TRUK 5 AS TRAILER	SEPEDA ,BECAK DAYUNG, DOKAR			
6.00 - 7.00	87	7	27	13	1	0	3	2	1	0	0	-	141		
7.00 - 8.00	97	8	22	15	3	0	4	2	0	0	0	-	151		
8.00 - 9.00	96	9	14	17	2	0	4	2	1	0	0	-	145		
9.00 - 10.00	53	11	4	22	3	0	3	0	1	0	0	-	97		
10.00 - 11.00	32	5	5	18	2	0	4	2	0	0	0	-	68		
11.00 - 12.00	58	8	30	42	4	0	5	3	1	0	0	-	151		
12.00 - 13.00	78	4	23	34	3	0	3	1	2	0	0	-	148		
13.00 - 14.00	43	9	2	23	3	0	2	2	0	0	0	-	84		
14.00 - 15.00	33	7	3	25	3	0	3	2	0	0	0	-	76		
15.00 - 16.00	43	3	1	26	0	0	4	1	1	0	0	-	79		
16.00 - 17.00	45	25	21	43	2	0	5	2	1	0	0	-	144		
17.00 - 18.00	54	5	29	63	3	0	4	2	0	0	0	-	160		
18.00 - 19.00	31	4	30	26	4	0	3	2	1	0	0	-	101		
19.00 - 20.00	28	12	18	32	5	0	2	2	1	0	0	-	100		
20.00 - 21.00	17	9	10	16	5	0	3	3	2	0	0	-	65		
21.00 - 22.00	5	2	12	19	0	0	5	1	0	0	0	-	44		
22.00 - 23.00	0	0	0	1	0	0	5	2	0	0	0	-	8		
23.00 - 24.00	0	0	0	5	0	0	2	2	0	0	0	-	9		
24.00 - 1.00	0	0	0	8	0	0	2	2	1	0	0	-	13		
1.00 - 2.00	0	0	11	3	0	0	1	0	2	0	0	-	17		
2.00 - 3.00	0	0	0	2	0	0	2	2	1	0	0	-	7		
3.00 - 4.00	0	0	18	1	0	0	0	1	1	0	0	-	21		
4.00 - 5.00	15	2	20	4	0	0	4	2	0	0	0	-	47		
5.00 - 6.00	23	9	27	16	0	0	3	2	0	0	0	-	80		
TOTAL	838	139	327	474	43	0	76	46	17	0	0	-	1956		

LAMPIRAN 2 DATA LENDUTAN



PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA

DINAS BINA MARGA DAN BINA KONTRUKSI

BIDANG PERENCANAAN DAN EVALUASI

BENKLEMAN BEAM TEST

FORM DL 2.1.2

Link No. : 06-129	Province : Sumatera Utara
Ruas Jalan : Sp. Situnggaling - Tongging - Bts. Dairi	Date Test : Oktober 2022
(Segmen - 1)	Consultan : CV. PRIMA RANCANG
STA. : 0+600 - 3+150	
Tested by : M. Siregar	

TEST LANE INCREASING / DECREASING DIRECTION

AXLE LOAD DEFLECTION FACTOR

FL = 0.98

BEAM 1 (L) LEFT WHEEL GRADE MULTIPLYING FACTOR

FM = 2.00

BEAM 1 (R) RIGHT WHEEL GRADE MULTIPLYING FACTOR

FM = 2.00

L/S

Sta	0+600		Pavement width:				5.00	Time:			Weather :		cerah	FE:		1.2	° C		Pavement	
Pavement condition :								0	Water table:					Low		Remark :			Thickness	
L	d1	xt 12	d2	d3	d4	DL	R	d1	xt 12	d2	d3	d4	DR	Dmax	TU	TP	cm			
	0.00	39.00	0.20	0.40	0.61			0.00	37.00	0.14	0.30	0.50		1.25	24	27	9			

R/S

Sta	0+800		Pavement width:		5.00		Time:		Weather :		cerah		FE:		1,2		° C		Pavement	
Pavement condition :							0		Water table:				Low		Remark :				Thickness	
L	d1	xt 12	d2	d3	d4	DL	R	d1	xt 12	d2	d3	d4	DR	Dmax	TU	TP	cm			
	0.00	38.00	0.18	0.36	0.57			0.00	36.00	0.12	0.30	0.47		1.16	24	27	9			

L/S

Sta	1+000		Pavement width:		5.00		Time:		Weather :		cerah		FE:		1.2		° C		Pavement	
Pavement condition :							0		Water table:				Low		Remark :				Thickness	
L	d1	xt 12	d2	d3	d4	DL	R	d1	xt 12	d2	d3	d4	DR	Dmax	TU	TP	cm			
	0.00	37.00	0.12	0.26	0.46			0.00	37.00	0.15	0.32	0.54		1.11	24	27	9			

R/S

Sta	1+200		Pavement width:				5.00	Time:		Weather :		cerah	FE:	1.2		° C		Pavement
Pavement condition :								0	Water table:				Low		Remark :			Thickness
L	d1	xt 12	d2	d3	d4	DL	R	d1	xt 12	d2	d3	d4	DR	Dmax	TU	TP	cm	
	0.00	37.00	0.12	0.24	0.44				0.00	38.00	0.14	0.28	0.48		1.03	24	27	9

L/S

Sta	1+400		Pavement width:				5.00		Time:		Weather :		cerah		FE:		1.2		° C		Pavement	
Pavement condition :								0		Water table:				Low		Remark :					Thickness	
L	d1	xt 12	d2	d3	d4	DL	R	d1	xt 12	d2	d3	d4	DR	Dmax	TU	TP	cm					
	0.00	36.00	0.18	0.38	0.59			0.00	36.00	0.12	0.30	0.47		1.18	24	27	9					

Notes:

d1 = INITIAL GAUGE READING

xt 12 = EXCAT MEASURED DISTANCE
TO d2 POSITION (30 - 40 CM)

d2 = READING AT xt12

d3 = READING AT DIMENSION "C"

d4 = READING AT +/- 9 M

DL DR = FM.FL.FE (d1 - d4)
Dmax LARGER OF DL AND DR

FE = ENRAGEMENT FACTOR DEPENDING
ON SEASON AND DRAINAGE (MAX 1.15)

FM;FL = FROM SHEET DL 2.11



PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
DINAS BINA MARGA DAN BINA KONTRUKSI
BIDANG PERENCANAAN DAN EVALUASI

BENKLEMAN BEAM TEST

FORM DL 2.1.2

Link No. : 06-129	Province : Sumatera Utara
Ruas Jalan : Sp. Situnggaling - Tongging - Bts. Dairi	Date Test : Oktober 2022
STA : 0+600 - 3+150	Consultan : CV. PRIMA RANCANG
Tested by : M. Siregar	

TEST LANE INCREASING / DECREASING DIRECTION	FL = 0.98
AXLE LOAD DEFLECTION FACTOR	FM = 2
BEAM 1 (L) LEFT WHEEL GRADE MULTIPLYING FACTOR	FM = 2
BEAM 1 (R) RIGHT WHEEL GRADE MULTIPLYING FACTOR	

R/S																	
Sta	1+600		Pavement width: 5.00				Time:		Weather : cerah		FE: 1.2		° C		Pavement Thickness		
Pavement condition : 0							Water table: Low				Remark :						
L	d1	xt 12	d2	d3	d4	DL	R	d1	xt 12	d2	d3	d4	DR	Dmax	TU	TP	cm
	0.00	38.00	0.12	0.26	0.46			0.00	38.00	0.14	0.31	0.51		1.10	24	27	9

L/S																	
Sta	1+800		Pavement width: 5.00				Time:		Weather : cerah		FE: 1.2		° C		Pavement Thickness		
Pavement condition : 0							Water table: Low				Remark :						
L	d1	xt 12	d2	d3	d4	DL	R	d1	xt 12	d2	d3	d4	DR	Dmax	TU	TP	cm
	0.00	39.00	0.14	0.27	0.45			0.00	39.00	0.11	0.25	0.43		0.98	24	27	9

R/S																	
Sta	2+000		Pavement width: 5.00				Time:		Weather : cerah		FE: 1.2		° C		Pavement Thickness		
Pavement condition : 0							Water table: Low				Remark :						
L	d1	xt 12	d2	d3	d4	DL	R	d1	xt 12	d2	d3	d4	DR	Dmax	TU	TP	cm
	0.00	36.00	0.13	0.29	0.47			0.00	36.00	0.17	0.37	0.56		1.16	24	27	9

L/S																	
Sta	2+200		Pavement width: 5.00				Time:		Weather : cerah		FE: 1.15		° C		Pavement Thickness		
Pavement condition : 0							Water table: Low				Remark :						
L	d1	xt 12	d2	d3	d4	DL	R	d1	xt 12	d2	d3	d4	DR	Dmax	TU	TP	cm
	0.00	39.00	0.17	0.39	0.60			0.00	39.00	0.14	0.28	0.49		1.23	24	27	9

R/S																	
Sta	2+400		Pavement width: 5.00				Time:		Weather : cerah		FE: 1.2		° C		Pavement Thickness		
Pavement condition : 0							Water table: Low				Remark :						
L	d1	xt 12	d2	d3	d4	DL	R	d1	xt 12	d2	d3	d4	DR	Dmax	TU	TP	cm
	0.00	37.00	0.14	0.30	0.48			0.00	37.00	0.16	0.32	0.53		1.14	24	27	9

Notes:

d1 = INITIAL GAUGE READING	d4 = READING AT +/- 9 M
xt 12 = EXCAT MEASURED DISTANCE TO d2 POSITION (30 - 40 CM)	DL, DR = FM, FL, FE (d1 - d4)
d2 = READING AT xt12	Dmax LARGER OF DL AND DR
d3 = READING AT DIMENSION "C"	FE = ENLARGEMENT FACTOR DEPENDING ON SEASON AND DRAINAGE (MAX 1.15)
	FM, FL = FROM SHEET DL 2.11



PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
DINAS BINA MARGA DAN BINA KONTRUKSI
BIDANG PERENCANAAN DAN EVALUASI

BENKLEMAN BEAM TEST

FORM DL 2.1.2

Link No. : 06-129	Province : Sumatera Utara
Ruas Jalan : Sp. Situnggaling - Tongging - Bts. Dairi	Date Test : Oktober 2022
STA : 0+600 - 3+150	Consultan : CV. PRIMA RANCANG
Tested by : M. Siregar	

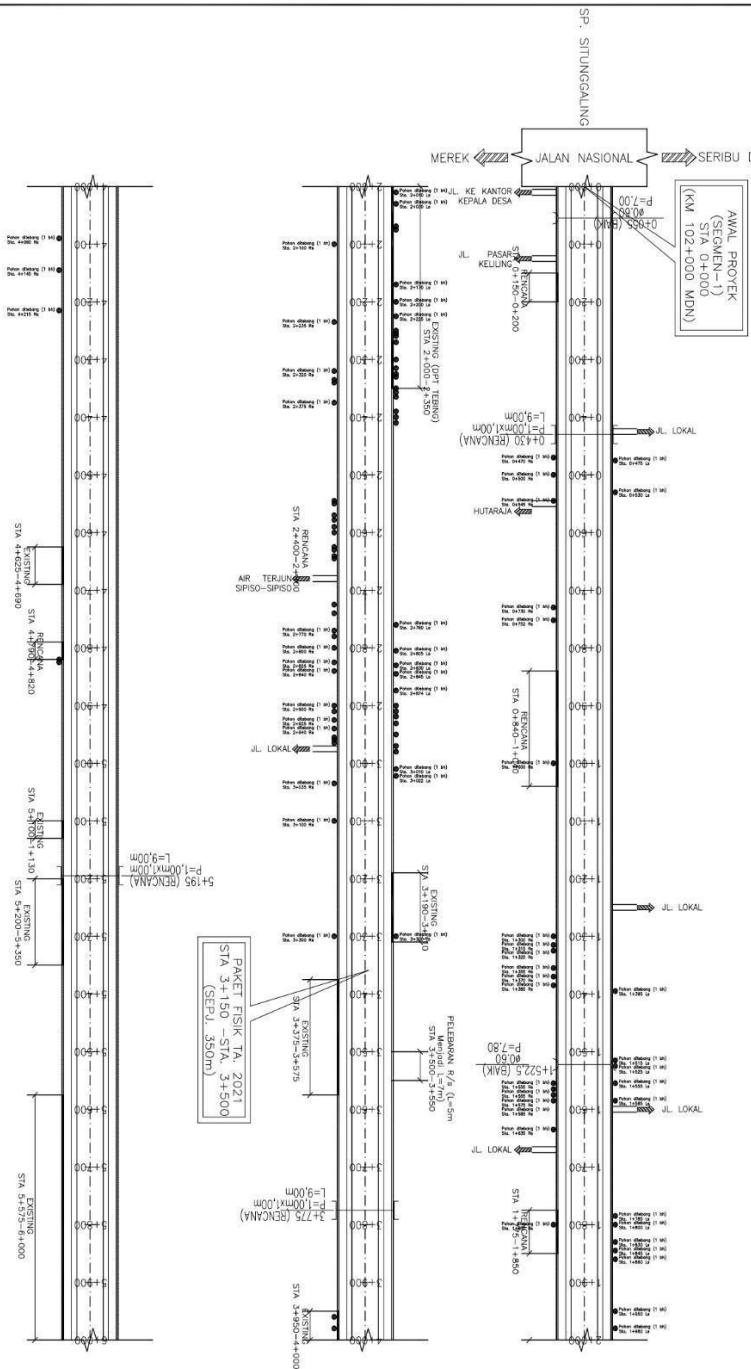
TEST LANE INCREASING / DECREASING DIRECTION	FL = 0.98
AXLE LOAD DEFLECTION FACTOR	FM = 2
BEAM 1 (L) LEFT WHEEL GRADE MULTIPLYING FACTOR	FM = 2
BEAM 1 (R) RIGHT WHEEL GRADE MULTIPLYING FACTOR	

L/S																	
Sta	2+600		Pavement width: 0.00				Time:	Weather : cerah				FE: 1.2		°C		Pavement Thickness	
Pavement condition :			0				Water table:			Low				Remark :			
L	d1	xt 12	d2	d3	d4	DL	R	d1	xt 12	d2	d3	d4	DR	Dmax	TU	TP	cm
	0.00	38.00	0.15	0.32	0.49			0.00	38.00	0.12	0.26	0.45		1.05	24	27	9
L/S																	
Sta	2+800		Pavement width: 0.00				Time:	Weather : cerah				FE: 1.2		°C		Pavement Thickness	
Pavement condition :			0				Water table:			Low				Remark :			
L	d1	xt 12	d2	d3	d4	DL	R	d1	xt 12	d2	d3	d4	DR	Dmax	TU	TP	cm
	0.00	37.00	0.14	0.27	0.46			0.00	37.00	0.11	0.25	0.44		1.00	24	27	9
R/S																	
Sta	3+000		Pavement width: 0.00				Time:	Weather : cerah				FE: 1.2		°C		Pavement Thickness	
Pavement condition :			0				Water table:			Low				Remark :			
L	d1	xt 12	d2	d3	d4	DL	R	d1	xt 12	d2	d3	d4	DR	Dmax	TU	TP	cm
	0.00	36.00	0.13	0.29	0.47			0.00	36.00	0.17	0.37	0.48		1.07	24	27	9
L/S																	
Sta	3+150		Pavement width: 0.00				Time:	Weather : cerah				FE: 1.2		°C		Pavement Thickness	
Pavement condition :			0				Water table:			Low				Remark :			
L	d1	xt 12	d2	d3	d4	DL	R	d1	xt 12	d2	d3	d4	DR	Dmax	TU	TP	cm
	0.00	37.00	0.17	0.39	0.47			0.00	37.00	0.14	0.28	0.45		1.03	24	27	9
R/S																	
Sta	0+000		Pavement width: 0.00				Time:	Weather : cerah				FE: 1.2		°C		Pavement Thickness	
Pavement condition :			0				Water table:			Low				Remark :			
L	d1	xt 12	d2	d3	d4	DL	R	d1	xt 12	d2	d3	d4	DR	Dmax	TU	TP	cm
	0.00	-	0.00	0.00	0.00			0.00	-	0.00	0.00	0.00			0	0	

Notes:

d1 = INITIAL GAUGE READING	d4 = READING AT +/- 9 M
xt 12 = EXCAT MEASURED DISTANCE TO d2 POSITION (30 - 40 CM)	DL DR = FM.FL.FE (d1 - d4)
d2 = READING AT xt12	Dmax LARGER OF DL AND DR
d3 = READING AT DIMENSION "C"	ERARGEMENT FACTOR DEPENDING ON SEASON AND DRAINAGE (MAX 1.15)
	FM,FL = FROM SHEET DL 2.11

LAMPIRAN 3 *STRIP MAP FINAL QUANTITY*



LAMPIRAN 4 DATA CBR



PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
DINAS BNA MARGA DAN BINA KONSTRUKSI
BIDANG PERENCANAAN DAN EVALUASI

SUMMARY

DYNAMIC CONE PENETROMETER (DCP)

Link Name : Rehabilitasi Jalan (PHJD) di Kab. Karo TA. 2023

Konsultan : CV. Prima Rancang

Sudut Conus : 60°
No. Link : 06-129
STA. : 0 + 000 - 0 + 600

No.	KM / STA	L/R	CBR	FK	CBR	KETERANGAN
					(%)	
1	0+000	L/S	16.08	0.8	12.86	
2	0+100	R/S	12.70	0.8	10.16	
3	0+200	L/S	11.71	0.8	9.37	
4	0+300	R/S	12.08	0.8	9.66	
5	0+400	L/S	11.78	0.8	9.42	
6	0+500	R/S	11.24	0.8	8.99	
7	0+600	L/S	12.27	0.8	9.82	
		Faktor keseragaman			12.92%	
		Rata -Rata			10.040	
		Standar Deviasi			1.297	
		f			1.282	
		CBR desain			8.377	

Catatan :

LAMPIRAN 5 LEMBAR ASITENSI BIMBINGAN



TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan Telp. (061) 6622400



LEMBAR ASISTENSI

NAMA : ANGGI NATAMA
NPM : 2407210200P
FAKULTAS : TEKNIK SIPIL

NO	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	Rabu/29/10/2025	- revisi judul, rumusan masalah, tujuan penelitian, - revisi bagan alir tahapan penelitian - Tambahi denah manual dll.	
2.	Kamis/13/11/25	- Lengkapi LTR primer. - Sumber data dan Jenis tabel, gambar dll Lanjut Sempro	
3.	Senin/12/01/2026	- Revisi judul dan ganti lokasi penelitian, rumusan, dan tujuan masalah - Lanjut Sempro	

DOSEN PEMBIMBING

(Ir. Sri Asfiati, MT)



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan Telp. (061) 6622400



LEMBAR ASISTENSI

NAMA : ANGGI NATAMA
NPM : 2407210200P
FAKULTAS : TEKNIK SIPIL

NO	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
4	Selasa/10/02/2026	Ganti metode ASTM 1993 menjadi PD T-05-2005-B Pavis latar belakang	
	Selasa/25/1/26-26	buat $n = \text{masing} \frac{2}{20}$ dan MPP & PDT 2005 yang didapat tdk sesuai standar jatuhan ke kesmpulan.	
	Kabu/22/1/26	all utu selesai	

DOSEN PEMBIMBING

(Ir. Sri Asfiati, MT)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama Lengkap : Anggi Natama
Jenis Kelamin : Perempuan
Tempat dan Tanggal Lahir : Lancat, 28 Oktober 2002
Alamat Rumah : Desa Lancat Kec. Lingga Bayu, Kab. Mandailing
Natal
Agama : Islam
No. Telpn/HP : 081366334792
Alamat E-mail : anggiinatama@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 2407210200P
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan, 20238

No	Jenjang Pendidikan	Nama Sekolah	Tahun Ijazah
1	SD	SDN 289 Lancat	2009 – 2015
2	MTsN	MTsN 6 Simpanggambir	2015 – 2018
3	SMK	SMKN 1 Panyabungan	2018 - 2021
4	Diploma III	Politeknik Negeri Medan	2021-2024