

**ANALISIS DAMPAK BEBAN *OVERLOADING* KENDARAAN  
PADA STRUKTUR PERKERASAN LENTUR (*FLEXIBLE  
PAVEMENT*) TERHADAP UMU RENCANA PERKERASAN**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**ARDICO TRI SADA  
198110012**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2023**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 6/12/23

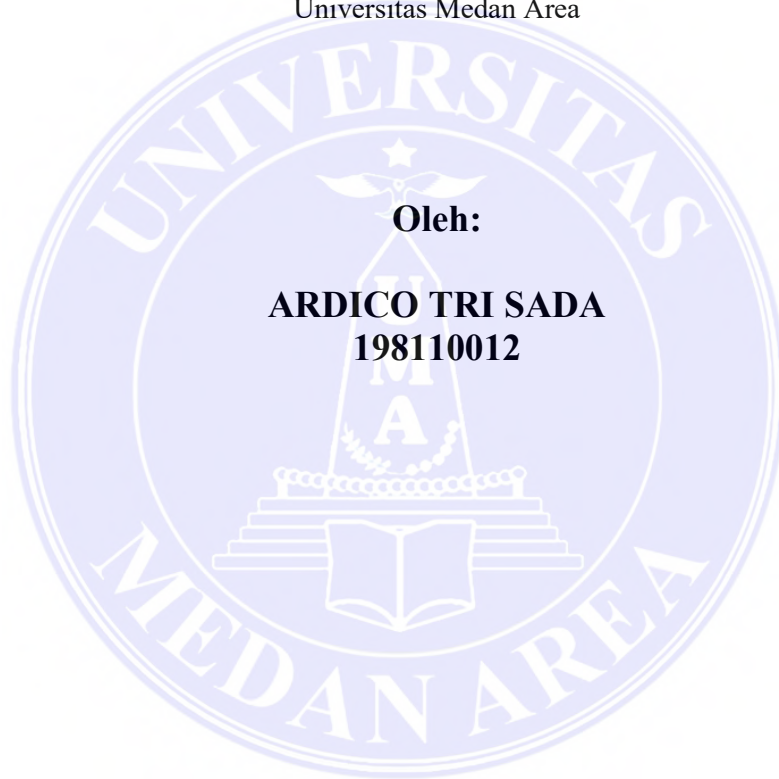
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)6/12/23

**ANALISIS DAMPAK BEBAN *OVERLOADING* KENDARAAN  
PADA STRUKTUR PERKERASAN LENTUR (*FLEXIBLE  
PAVEMENT*) TERHADAP UMU RENCANA PERKERASAN**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area



Oleh:

**ARDICO TRI SADA  
198110012**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Dampak Beban *Overloading* Kendaraan Pada Struktur Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) Terhadap Umur Rencana Perkerasan  
Nama : Ardico Tri Sada  
NPM : 198110012  
Fakultas : Teknik



Disetujui Oleh:  
Komisi Pembimbing

Ir. H. Irwan, M.T  
Pembimbing

Dr. Sahmad Satrio, M.Kom.  
Dekan

Dr. R. M. S. ...  
Rektor

Dr. H. ...  
Dekan

Dr. H. ...  
Dekan

Dr. H. ...  
Dekan

Tanggal Lulus : 01 Agustus 2023

### HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

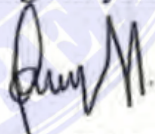
Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ardico Tri Sada  
NPM : 198110012  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non Exclusive Royalty Free-Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Dampak Beban *Overloading* Kendaraan Pada Struktur Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) Terhadap Umur Rencana Perkerasan. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan  
Pada tanggal : 01 Agustus 2023  
Yang menyatakan

  
(Ardico Tri Sada)



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan Petumbukan, Kecamatan Galang, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara Pada tanggal 02 April dari Ayah Ardinal dan Ibu Hamidah Penulis merupakan putra ke 3 (tiga) dari 3 tiga bersudara. Tahun 2019 Penulis lulus dari SMA/SMK SMA Negeri 1 Lubuk Pakam dan pada tahun 2019 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Selama mengikuti perkuliahan Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Proyek Pembangunan Jalan tol Binjai-Langsa sesi 2 Tanjung pura.



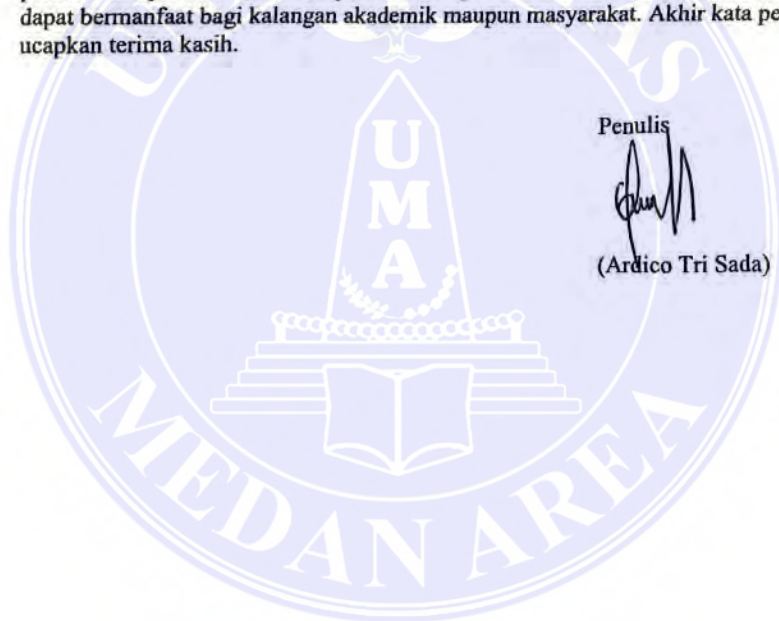
## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah Analisis Dampak Beban *Overloading* Kendaraan Pada Struktur Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) Terhadap Umur Rencana Perkerasan. Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Ir. H.Irwan, M.T. selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada Teman – teman yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



(Ardico Tri Sada)



## ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kondisi Perkerasan Jalan di Kawasan jalan Medan Tebing tinggi dimana sebagian sudah rusak. Banyak faktor yang menjadi penyebab kerusakan jalan salah satunya adalah berkurang kemampuan struktur perkerasan jalan dalam menjalankan fungsinya sebanding dengan bertambahnya umur perkerasan dan bertambahnya beban lalu lintas yang dipikul dari kondisi awal apalagi terdapat kendaraan dengan keadaan beban berlebih terhadap lapisan perkerasan. Hal ini merupakan alasan mendasar untuk menganalisis Studi Pengaruh Beban Berlebih (Overload) Terhadap Pengurangan Umur Rencana Perkerasan Jalan Medan-Tebing tinggi KM 27-28. Pada tulisan ini akan dilihat sejauh mana pengaruh dari kelebihan beban kendaraan terhadap umur perkerasan jalan. Angka ekivalen kendaraan dihitung dan N (ESAL) dihitung pada keadaan beban normal dan beban berlebih. Persen umur perkerasan jalan akibat kelebihan masing-masing muatan kemudian dihitung. Sehingga dapat disimpulkan seberapa pengaruh kelebihan muatan kendaraan terhadap umur perkerasan jalan. Dalam tugas akhir ini dapat dilihat, misalnya dengan kelebihan beban sebesar 5 %, 10 %, dan 15 % mempengaruhi persen umur masing-masing menjadi (-5,0%) (-10%), dan (-3,5%),(-15%). Sehingga dapat disimpulkan bahwa kelebihan beban kendaraan terhadap perkerasan jalan sangat berpengaruh terhadap pengurangan umur perkerasan jalan. Sehingga sangat diharapkan para pengguna jalan perlu mematuhi peraturan berlalu lintas yang ada.

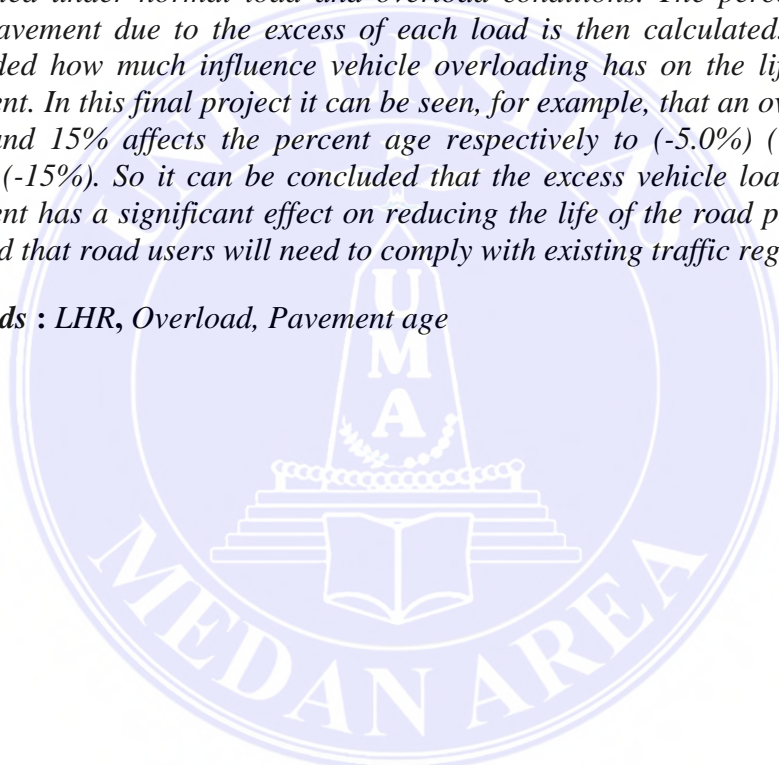
Kata kunci: LHR, beban kendaraan, umur perkerasan.



## ABSTRACT

*This research was motivated by the condition of the road pavement in the Medan Tebing Tinggi road area, some of which had been damaged. There are many factors that cause road damage, one of which is the reduced ability of the road pavement structure to carry out its function in proportion to the increasing age of the pavement and the increasing traffic load carried from the initial condition, especially as there are vehicles with excessive loads on the pavement layer. This is the fundamental reason for analyzing the Study of the Effect of Overload on Reducing the Planned Life of the Medan-Tebing Tinggi Road KM 27-28. In this article we will see the extent of the influence of vehicle overload on the life of road pavement. The vehicle equivalent figure is calculated and N (ESAL) is calculated under normal load and overload conditions. The percent age of the road pavement due to the excess of each load is then calculated. So it can be concluded how much influence vehicle overloading has on the life of the road pavement. In this final project it can be seen, for example, that an overload of 5%, 10%, and 15% affects the percent age respectively to (-5.0%) (-10%), and (-3.5%), (-15%). So it can be concluded that the excess vehicle load on the road pavement has a significant effect on reducing the life of the road pavement. So it is hoped that road users will need to comply with existing traffic regulations.*

**keywords :** LHR, Overload, Pavement age





## DAFTAR ISI

	Halaman
COVER .....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
ABSTRAK .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ABSTRACT.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Maksud Penelitian.....	3
1.5. Tujuan Penelitian .....	3
1.6. Manfaat Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Peneliti Terdahulu .....	5
2.2. Jalan.....	6
2.2.1. Kualitas Pelayanan Jalan .....	7
2.3. Perkerasan Jalan .....	7
2.3.1. Perkerasan lentur ( <i>Flexible pavement</i> ). .....	10
2.3.2. Faktor-faktor yang menentukan tebal perkerasan lentur .	13
2.4. Lalu Lintas Haria Rata - rata.....	15
2.5. Daya Rusak Jalan ( <i>Vehicle Damage Factor</i> ).....	16
2.6. Beban Berlebih.....	18
2.6.1. Konsep Dasar Beban Berlebih ( <i>Overload</i> ).....	19
2.7. Parameter Perencanaan Perkerasan.....	22
2.7.1. Beban Lalu Lintas.....	22
2.7.2. Daya Dukung Tanah Dasar (DDT).....	24

2.7.3. Faktor Regional (FR).....	26
2.7.4. Pertumbuhan Lalu Lintas (i%) .....	27
2.7.5. Umur Rencana (UR).....	28
2.7.6. Reliabilitas .....	28
2.7.7. Jumlah Lajur .....	30
2.7.8. Koefisien Distribusi Kendaraan (DD) .....	31
2.7.9. Koefisien Drainase .....	31
2.7.10. Indeks Permukaan Awal (IPo).....	32
2.7.11. Indeks Permukaan Akhir (IPt).....	33
2.7.12. Koefisien Kekuatan Relatif (a).....	34
2.7.13. Lapis Pondasi.....	37
2.7.14. Lapisan Pondasi Bawah.....	39
2.7.15. Lapis Pondasi Bersemen.....	40
2.7.16. Lapis Pondasi Beraspal.....	41
2.8. Batas – batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan .....	42
2.9. Kategori Kendaraan .....	42
2.10. Persamaan Bina Marga .....	43
2.11. Beban Kerja Berlebihan ( <i>Work-Overload</i> ) .....	45
2.11.1. Pengertian Beban Kerja Berlebihan ( <i>Work-Overload</i> )....	45
2.11.2. Dimensi Beban Kerja.....	47
2.11.3. Pengertian Beban Kerja Berlebihan ( <i>Work-Overload</i> )....	48
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>50</b>
3.1. Lokasi Dan Peta Penelitian .....	50
3.2. Tahapan Awal Penelitian .....	51
3.3. Bahan dan Alat.....	51
3.4. Metodologi .....	52
3.5. Pengolahan dan Analisis Data.....	52
3.6. Analisis Umur Rencana.....	52
3.7. Bagan Alir Penelitian .....	53
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>54</b>
4.1. Data Lalu Lintas Harian Rata-rata .....	54
4.2. Konfigurasi Beban Sumbu Kendaraan.....	55
4.3. <i>Vehicle Damage Factor</i> (VDF).....	56
4.4. <i>Equivalent Single Axle Load</i> (ESAL) .....	57

4.4.1. <i>Equivalent Single Axle Load</i> (ESAL) dengan Pertumbuhan Lalu Lintas 5% .....	59
4.4.2. <i>Equivalent Single Axle Load</i> (ESAL) dengan Pertumbuhan Lalu Lintas 10% .....	61
4.4.3. <i>Equivalent Single Axle Load</i> (ESAL) dengan Pertumbuhan Lalu Lintas 15% .....	63
4.5. Kumulatif Esal dan Umur Perkerasan.....	65
4.5.1. Kumulatif ESAL dan Umur Perkerasan dengan Pertambahan Lalu Lintas 5%.....	65
4.5.2. Kumulatif ESAL dan Umur Perkerasan dengan Pertambahan Lalu Lintas 10%.....	66
4.5.3. Kumulatif ESAL dan Umur Perkerasan dengan Pertambahan Lalu Lintas 15%.....	66
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>68</b>
5.1. Kesimpulan .....	68
5.2. Saran.....	69
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xvi</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>xviii</b>



## DAFTAR TABEL

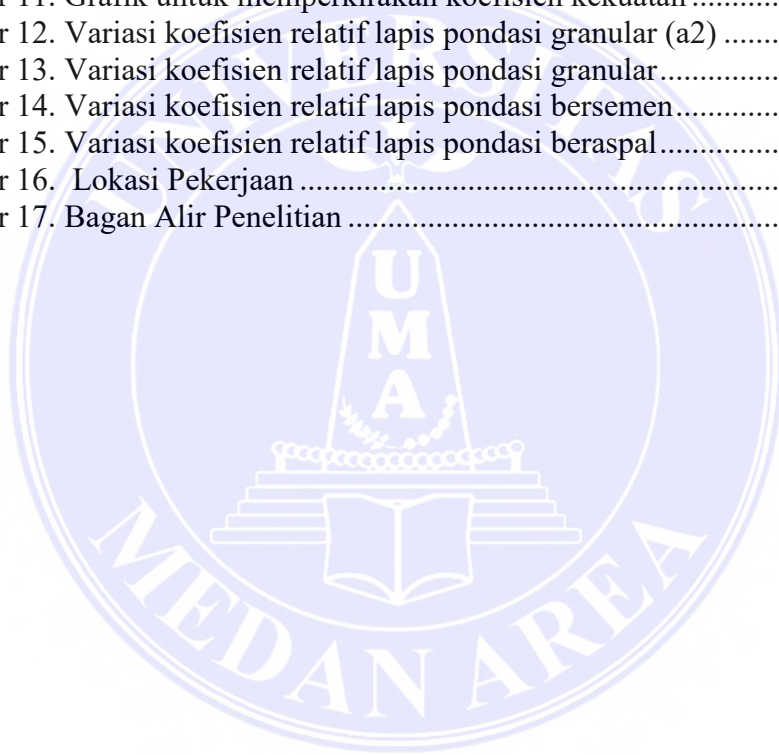
	Halaman
Tabel 1. Kelas jalan berdasarkan fungsi dan penggunaannya.....	19
Tabel 2. Faktor regional ( FR ).....	27
Tabel 3. Rekomendasi tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan.....	29
Tabel 4. Nilai penyimpangan normal standar ( <i>standar normal deviate</i> ) untuk tingkat rehabilitas tertentu.....	30
Tabel 5. Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan .....	30
Tabel 6. Faktor distribusi lajur (DL) .....	31
Tabel 7. Koefisien distribusi kendaraan (DD) .....	31
Tabel 8. Definisi kualitas drainase .....	31
Tabel 9. Koefisien drainase (m) (.....)	32
Tabel 10. Indeks permukaan awal umur rencana (IPo).....	33
Tabel 11. Indeks permukaan akhir pada akhir umur rencana (IPt) .....	34
Tabel 12. Koefisien kekuatan relatif (a).....	35
Tabel 13. Tebal minimum lapis permukaan.....	36
Tabel 14. Tebal minimum lapis permukaan.....	38
Tabel 15. Tebal minimum lapis permukaan berbeton aspal dan lapis pondasi agregat (inci).....	42
Tabel 16. Kategori jenis kendaraan berdasarkan 3 .....	43
Tabel 17. Data Kendaraan.....	54
Tabel 18. Data kendaraan dengan penambahan lalu lintas kendaraan 5 %.....	54
Tabel 19. Data kendaraan dengan penambahan lalu lintas kendaraan 10% .....	55
Tabel 20. Data kendaraan dengan penambahan lalu lintas kendaraan 15% .....	55
Tabel 21. Konfigurasi beban sumbu dan penambahan lalu lintas kendaraan 0% .....	56
Tabel 22. Nilai <i>Vehicle Damage Factor</i> (VDF).....	56
Tabel 23. Nilai <i>Equivalent Single Axle Load</i> (ESAL) selama umur rencana .....	57
Tabel 24. Nilai <i>Equivalent Single Axle Load</i> (ESAL) selama umur rencana dari tahun 2022 sampai dengan 2031 .....	58
Tabel 25. <i>Equivalent Single Axle Load</i> (ESAL) dengan pertumbuhan lalu lintas 5%.....	59
Tabel 26. Nilai <i>Equivalent Single Axle Load</i> (ESAL) selama umur rencana dengan penambahan lalu lintas 5% .....	60
Tabel 27. <i>Equivalent Single Axle Load</i> (ESAL) dengan pertumbuhan lalu lintas 10%.....	61
Tabel 28. Nilai <i>Equivalent Single Axle Load</i> (ESAL) selama umur rencana dengan penambahan lalu lintas 10% .....	62
Tabel 29. <i>Equivalent Single Axle Load</i> (ESAL) dengan pertumbuhan lalu lintas 15%.....	63
Tabel 30. Nilai <i>Equivalent Single Axle Load</i> (ESAL) selama umur rencana dengan penambahan lalu lintas 15% .....	64
Tabel 31. Nilai kumulatif ESAL terhadap selisih umur perkerasan tanpa adanya penambahan lalu lintas kendaraan .....	65
Tabel 32. Nilai kumulatif ESAL terhadap selisih umur perkerasan dengan adanya penambahan lalu lintas 5% .....	65

Tabel 33. Nilai kumulatif ESAL terhadap selisih umur perkerasan dengan adanya penambahan lalu lintas 10% .....	66
Tabel 34. Nilai kumulatif ESAL terhadap selisih umur perkerasan dengan adanya penambahan lalu lintas 15% .....	66



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Potongan konstruksi perkerasan lentur ( <i>Plexibel pavement</i> ) .....	9
Gambar 2. Potongan konstruksi perkerasan kaku ( <i>Rigid pavement</i> ) .....	9
Gambar 3. Potongan konstruksi perkerasan komposit ( <i>Composite pavement</i> ) .....	9
Gambar 4. Penyebaran beban roda hingga lapisan <i>subgrade</i> . .....	10
Gambar 5. Potongan Melintang Struktur Jalan .....	10
Gambar 6. <i>Subgrade</i> pada Timbunan.....	11
Gambar 7. <i>Subgrade</i> yang Berkaitan dengan <i>Subbase</i> .....	12
Gambar 8. <i>Surface Course</i> .....	12
Gambar 9. Konfigurasi beban sumbu .....	18
Gambar 10. Grafik korelasi CBR dan DDT .....	26
Gambar 11. Grafik untuk memperkirakan koefisien kekuatan .....	36
Gambar 12. Variasi koefisien relatif lapis pondasi granular ( $a_2$ ) .....	37
Gambar 13. Variasi koefisien relatif lapis pondasi granular.....	39
Gambar 14. Variasi koefisien relatif lapis pondasi bersemen.....	40
Gambar 15. Variasi koefisien relatif lapis pondasi beraspal.....	41
Gambar 16. Lokasi Pekerjaan .....	50
Gambar 17. Bagan Alir Penelitian .....	53



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Lalu lintas Harian Rata-rata 25 September 2023 .....	xviii
Lampiran 2. Data Lalu lintas Harian Rata-rata 26 September 2023 .....	xviii
Lampiran 3. Data Lalu lintas Harian Rata-rata 30 September 2023 .....	xx
Lampiran 4. Dokumentasi Lapangan .....	xxi
Lampiran 5. Dokumentasi Lapangan .....	xxi
Lampiran 6. Dokumentasi Lapangan .....	xxii
Lampiran 7. Dokumentasi Lapangan .....	xxii
Lampiran 8. Dokumentasi Lapangan .....	xxiii
Lampiran 9. Dokumentasi Lapangan .....	xxiii
Lampiran 10. Dokumentasi Lapangan .....	xxiv



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Perkerasan dan struktur perkerasan merupakan struktur yang terdiri dari satu atau beberapa lapis perkerasan dari bahan-bahan yang diproses, dimana fungsinya untuk mendukung berat dari beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri. Struktur perkerasan terdiri dari beberapa lapisan dengan kekerasan dan daya dukung yang berbeda-beda, tiap lapisan perkerasan harus terjamin kekuatan dan ketebalannya sehingga tidak akan mengalami *distress* yaitu perubahan karena tidak mampu menahan beban dan tidak cepat kritis atau *failure*.

Struktur perkerasan jalan dalam menjalankan fungsinya berkurang sebanding dengan bertambahnya umur perkerasan dan bertambahnya beban lalu lintas yang dipikul dari kondisi awal desain perkerasan tersebut. Lalu lintas yang semakin padat dan berkembang seiring dengan perkembangan disegala aspek kehidupan. Umur perkerasan jalan ditetapkan pada umumnya berdasarkan jumlah lintasan kendaraan standar yang diperkirakan akan melalui perkerasan tersebut, diperhitungkan dari mulai perkerasan tersebut dibuat dan dipakai umum sampai dengan perkerasan tersebut dikategorikan rusak (habis nilai pelayanannya). Pertumbuhan ekonomi yang cepat menuntut suatu permintaan pelayanan pada transportasi jalan yang lebih baik, kenyamanan, keamanan dan keselamatan pergerakan.

Pada dasarnya jalan akan mengalami penurunan fungsi strukturalnya sesuai dengan bertambahnya umur, apalagi jika dilewati oleh truk-truk dengan muatan yang cenderung berlebih. Jalan-jalan raya saat ini mengalami kerusakan



dalam waktu yang relatif sangat pendek (kerusakan dini) baik jalan yang baru dibangun maupun jalan yang baru diperbaiki (*overlay*). Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan, penyebab utama kerusakan jalan adalah mutu pelaksanaan, drainase, dan beban berlebih. Kerusakan jalan saat ini menjadi suatu yang kontroversial dimana satu pihak mengatakan kerusakan dini pada perkerasan jalan disebabkan karena jalan didesain dengan tingkat kualitas dibawah standar dan di pihak lain menyatakan kerusakan dini perkerasan jalan disebabkan terdapatnya kendaraan dengan muatan berlebih (*overloading*) yang biasanya terjadi pada kendaraan berat.

Maka perlulah diadakannya “Pengaruh Beban Berlebih (*Overload*) Terhadap pengurangan Umur Rencana Perkerasan Jalan Medan-Tebing tinggi KM 27-28 sehingga diharapkan dapat membantu dalam penanganan masalah yang terjadi pada lokasi penelitian.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang, maka yang menjadi permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh beban berlebih (*overload*) terhadap pengurangan umur rencana perkerasan jalan?
2. Berapakah umur sisa perkerasan pada penambahan pertumbuhan lalu lintas sebesar 5%, 10%, 15%?
3. Apa saja faktor yang mempengaruhi kerusakan perkerasan jalan terhadap umur rencana?

### 1.3. Batasan Masalah

Pada penelitian ini agar lebih terarah, maka penulis membatasi masalah sebagai berikut ini:

1. Mengkaji beban berlebih (*overload*) terhadap pengurangan umur rencana perkerasan jalan.
2. Umur sisa perkerasan pada penambahan pertumbuhan lalu lintas sebesar 5%,10%, 15% kendaraan yang akan ditinjau adalah kendaraan yang memiliki beban sumbu standar yang ditetapkan sesuai dengan konfigurasi sumbu kendaraan.
3. Jenis konstruksi perkerasan yang akan ditinjau adalah konstruksi perkerasan lentur (*fleksible pavement*).

### 1.4. Maksud Penelitian

1. Untuk Untuk mengetahui pengaruh beban berlebih (*overload*) terhadap pengurangan umur rencana perkerasan
2. Untuk mengetahui sisa umur perkerasan akibat beban *overload*

### 1.5. Tujuan Penelitian

Maksud dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh beban berlebih (*overload*) terhadap pengurangan umur rencana.
2. Untuk mengetahui umur sisa perkerasan pada perkembangan lalu lintas 5%,10%, 15%.
3. Untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi kerusakan perkerasan jalan

terhadap umur rencana.

## 1.6. Manfaat Penulisan

Adapun manfaat dari penelitian ini memiliki dua macam manfaat yaitu, manfaat teoritis dan manfaat praktis.

1. Manfaat teoritisnya antara lain penelitian ini dapat memberikan gambaran mengenai masalah kapasitas jalan terhadap volume kendaraan yang ada yang terjadi pada jalan Medan-Tebing tinggi KM 27-28. Sehingga menjadi pertimbangan bagi pembaca untuk melakukan studi kasus pada area jalan tersebut.
2. Manfaat praktis jalan tersebut yaitu dapat dijadikan bahan pertimbangan bagi pihak pemerintah untuk mengambil langkah memberikan pemecahan masalah untuk mengatasi daya dukung jalan tersebut terhadap beban volume kendaraan yang terjadi pada Medan-Tebing tinggi KM 27-28.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Peneliti Terdahulu

Peneliti terdahulu adalah kajian penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang dapat diambil dari berbagai sumber ilmiah seperti skripsi, tesis, disertasi atau jurnal penelitian. Berikut adalah penelitian terdahulu yang menjadi acuan peneliti dalam melakukan penelitian :

1. Wily morisca (2014) program studi teknik sipil, fakultas teknik, universitas sriwijawa, tentang “Evaluasi Beban Kendaraan Terhadap Derajat Kerusakan Dan Umur Sisa Jalan (Studi Kasus : Ppt. Simpang Nibung Dan Ppt. Merapi Sumatera Selatan). Adapun metode yang digunakan yaitu menggunakan rumus umur sisa perkerasan yang direncanakan selama 10 tahun kedepan dan seberapa pengaruhnya terhadap derajat kerusakan jalan menggunakan rumus empiris tergantung dari kelas alan yang digunakan. Dari analisa pengaruh besarnya beban kendaraan terhadap penurunan umur diketahui bahwa pada beban keadaan normal sisa umur perkerasan sebesar 68,21 % pada PPT. Simpang Nibung dan 44,92% pada PPT. Merapi artinya jalan tersebut mengalami penurunan layanan pada 10 tahun kedepan. Sedangkan pada data beban standart yang di disubtitusikan dengan data beban dari PPT menghasilkan PPT. Merapi mempunyai sisa umur perkerasan sebesar 44,75% dan PPT. Simpang Nibung Sebesar 68,10%.
2. Dian Novita Sari (2014) program studi teknik sipil, fakultas teknik, universitas sriwijawa, tentang “Analisa Beban Kendaraan Terhadap Derajat Kerusakan Jalan dan Umur Sisa. Adapun metode yang digunakan

yaitu menggunakan rumus umur sisa perkerasan yang direncanakan selama 10 tahun kedepan dan seberapa pengaruhnya terhadap derajat kerusakan jalan menggunakan rumus empiris tergantung dari kelas alan yang digunakan. Dari hasil perhitungan umur sisa (*remaining life*) diketahui bahwa dalam keadaan normal dengan n selama 10 tahun didapat umur sisa 99,995% yang diartikan bahwa jalan tersebut masih aman untuk 10 tahun kedepan.

3. Leo Sentosa dan Asri Awal Roza (2012) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau. "Analisis Dampak Beban Overloading Kendaraan pada Struktur Rigid Pavement Terhadap Umur Rencana Perkerasan (Studi Kasus Ruas Jalan Simp Lago – Sorek Km 77 S/D 78)". Untuk mengevaluasi struktur perkerasan kaku digunakan metode AASHTO 1993. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sumbu beban kendaraan lebih dari 17,98% melebihi beban gandar maksimum. Jika dihitung dengan kondisi overload maka terjadi penurunan umur layan sebesar 8 tahun dari 20 tahun umur rencana. Jika dihitung menggunakan persamaan kehidupan Sisa dari, AASHTO 1993 penurunan dalam kehidupan pelayanan usia 25,94%. Jika di hitung menggunakan persamaan Remaining life dari AASHTO 1993, terjadi pengurangan umur layan sebesar 25,94%.

## 2.2. Jalan

Yang dimaksud dengan Jalan adalah : "Sebidang tanah, yang diratakan dengan kelandaian tertentu, kemiringan tertentu dan diperkeras permukaannya, untuk dapat melayani kendaraan yang lewat di atasnya dengan aman" (Asiyanto,



1999). Kualitas pelayanan jalan diukur dari kemampuan jalan dalam memberikan pelayanan bagi pemakai jalan raya dengan tetap mengantisipasi kecepatan kendaraan yang tinggi, beragam jenis kendaraan yang menimbulkan peningkatan beban berulang pada kondisi yang ada sesuai dengan umur rencananya.

### 2.2.1. Kualitas Pelayanan Jalan

Pelayanan jalan merupakan kemampuan dan suatu segmen jalan untuk tetap memberikan pelayanan bagi pemakai jalan dengan mengantisipasi kecepatan kendaraan yang tinggi, beragam jenis kendaraan yang menimbulkan peningkatan beban berulang pada kondisi yang ada sesuai dengan umur rencana dari konstruksi jalan tersebut. Kinerja atau performance dan perkerasan jalan meliputi tiga hal yaitu :

- a. Keamanan(*safety*) yang dipengaruhi oleh besarnya gesekan akibat kontak ban roda kendaraan dan permukaan jalan. Besarnya gesekan dipengaruhi oleh bentuk ban, tekstur permukaan jalan, cuaca dan sebagainya
- b. Struktur perkerasan yang berhubungan dengan kondisi fisik dari jalan tersebut seperti adanya retak, alur, gelombang dan sebagainya
- c. Fungsi pelayanan, sehubungan dengan bagaimana perkerasan itu memberikan kenyamanan mengemudi.

### 2.3. Perkerasan Jalan

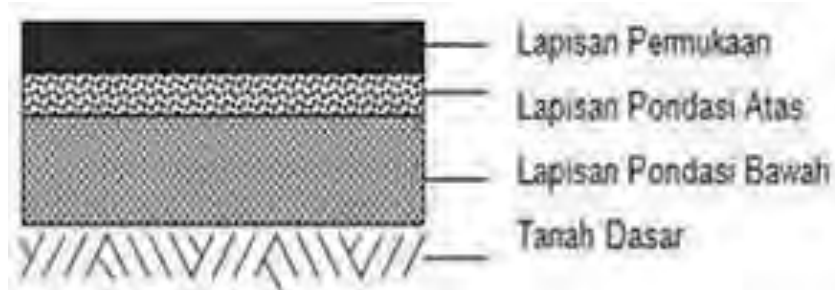
Perkerasan jalan merupakan lapisan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, sehingga merupakan lapisan yang berhubungan langsung dengan kendaraan. Lapisan ini yang berfungsi memberikan pelayanan terhadap lalu lintas dan menerima beban repetisi lalu lintas setiap harinya, oleh karena itu pada waktu penggunaannya diharapkan tidak mengalami kerusakan-kerusakan yang dapat menurunkan kualitas pelayanan lalu lintas. Untuk

mendapatkan perkerasan yang memiliki daya dukung yang baik dan memenuhi faktor keawetan dan faktor ekonomis yang diharapkan maka perkerasan dibuat berlapis-lapis.

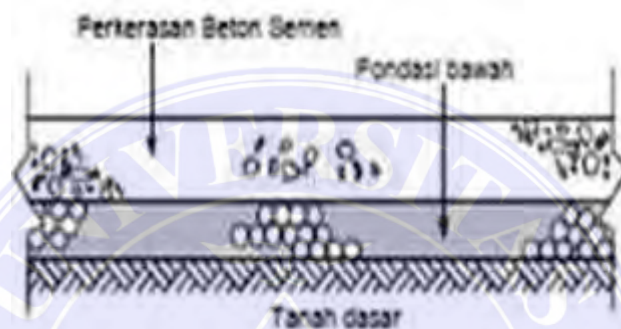
Pada Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3 diperlihatkan lapisan-lapisan perkerasan yang paling atas disebut lapisan permukaan yaitu kontak langsung dengan roda kendaraan dan lingkungan sehingga merupakan lapisan yang cepat rusak terutama akibat air. Dibawahnya terdapat lapisan pondasi, dan lapisan pondasi bawah, yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Selain itu juga, untuk menghasikan perkerasan dengan kualitas dan mutu yang direncanakan maka dibutuhkan pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengelolaan agregat, serta sifat bahan pengikat seperti aspal dan semen yang menjadi dasar untuk merancang campuran sesuai jenis perkerasan yang dibutuhkan.

Perkerasan jalan lentur (*hotmix*) berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Didalam pelaksanaannya, perkerasan jalan lentur (*hotmix*) secara umum terdiri dari beberapa jenis lapisan perkerasan yaitu:

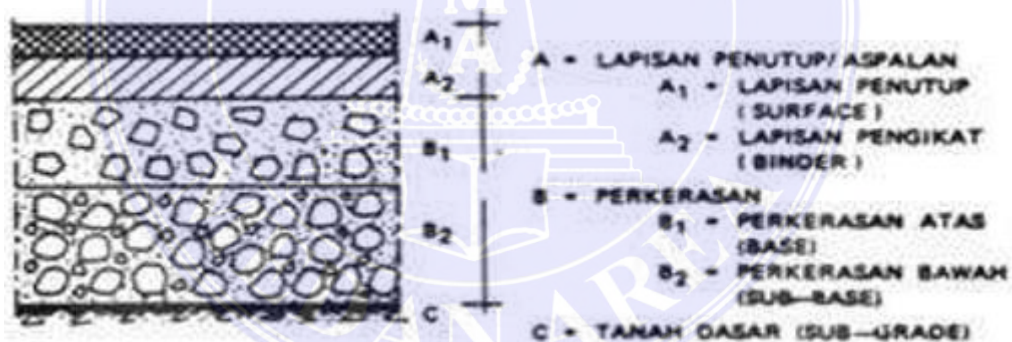
1. Lapisan tanah dasar (*sub grade*)
2. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)
3. Lapisan pondasi atas (*base course*)
4. Lapisan permukaan / penutup (*surface course*)



Gambar 1. Potongan konstruksi perkerasan lentur (*Plexibel pavement*) (AASHTO, 2012)



Gambar 2. Potongan konstruksi perkerasan kaku (*Rigid pavement*)

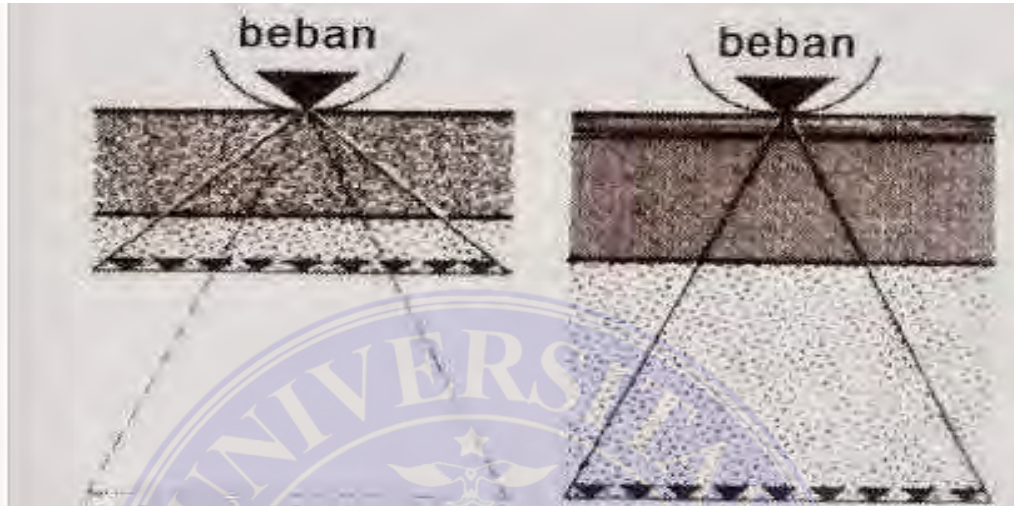


Gambar 3. Potongan konstruksi perkerasan komposit (*Composite pavement*) gabungan *rigid* dan *flexible pavement*

Pada Gambar 4 terlihat bahwa beban kendaraan dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui bidang kontak roda berupa beban terbagi rata ( $w$ ). Beban tersebut diterima oleh lapisan permukaan (*surface course*) dan disebarkan hingga ketanah dasar (*subgrade*), dan menimbulkan gaya pada masing-masing lapisan sebagai akibat perlawanan dari tanah dasar terhadap beban lalu lintas yang diterimanya, beban tersebut adalah:



1. Muatan atau berat kendaraan berupa gaya vertikal
2. Gaya gesekan akibat rem berupa gaya horizontal
3. Pukulan roda kendaraan berupa getaran-getaran



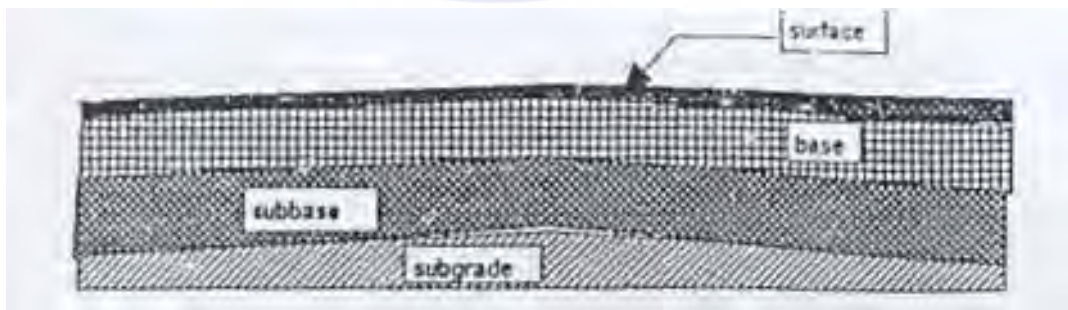
Gambar 4. Penyebaran beban roda hingga lapisan *subgrade*.

Karena sifat dari beban tersebut semakin kebawah semakin menyebar, maka pengaruhnya semakin berkurang sehingga muatan yang diterima masing-masing lapisan berbeda.

Jenis / tipe perkerasan terdiri :

### 2.3.1. Perkerasan lentur (*Flexible pavement*).

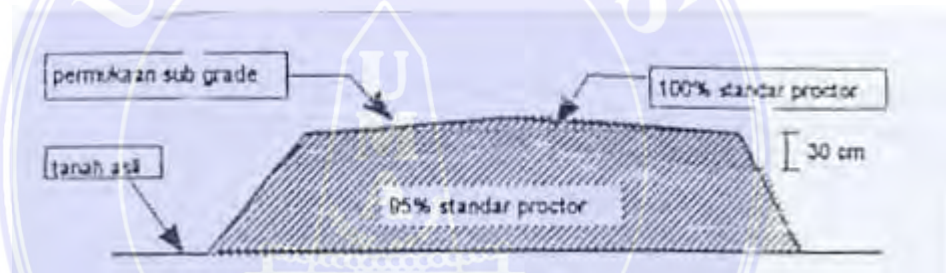
Yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat.



Gambar 5. Potongan Melintang Struktur Jalan (Asiyanto, 1999)

a. Subgrade

Subgrade adalah tanah asli. Untuk badan jalan yang terletak pada daerah galian, maka subgradenya adalah dasar galian tersebut. Sedangkan badan jalan yang terletak pada daerah timbunan, maka permukaan timbunan tersebut berfungsi sebagai subgrade. Subgrade, disyaratkan mempunyai CBR > 5 %, dan bila, CBR subgrade yang ada (> 30 %, maka subgrade mampu berfungsi sebagai subbase. Untuk badan jalan, yang terletak pada daerah timbunan, memiliki persyaratan standar proctor sebesar 95 % dan pada permukaan setebal 30 cm dipersyaratkan kepadatan 100 % standar proctor. (lihat gambar dibawah ini).



Gambar 6. Subgrade pada Timbunan (Asiyanto, 1999)

b. Base course

Base course adalah fondasi jalan. Adakalanya base course dibagi menjadi 2 (dua) lapis, yaitu

- 1) Subbase (fondasi bawah), biasanya material granular
- 2) Base (fondasi atas) biasanya beton atau aspal

Material untuk base, ada beberapa macam, yaitu

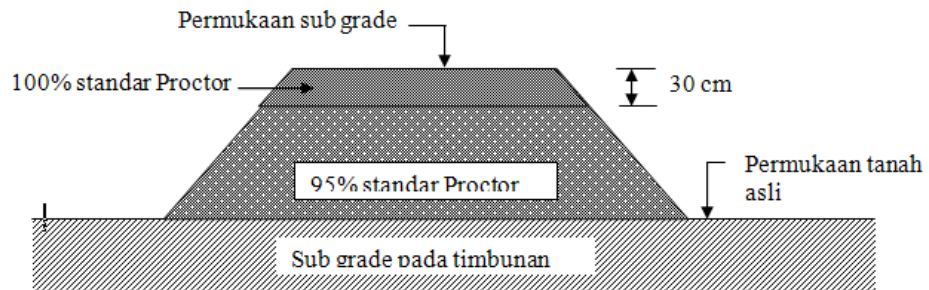
Koral alam/sirtu yang stabil (mengandung butir halus yang cukup)

- 1) Stabilisasi tanah dengan semen/kapur.
- 2) Cement treated base (CTB)



3) Aspal beton (asphalt treated base)

Dua kondisi subgrade yang berkaitan dengan subbase dapat ditunjukkan dengan gambar dibawah ini.

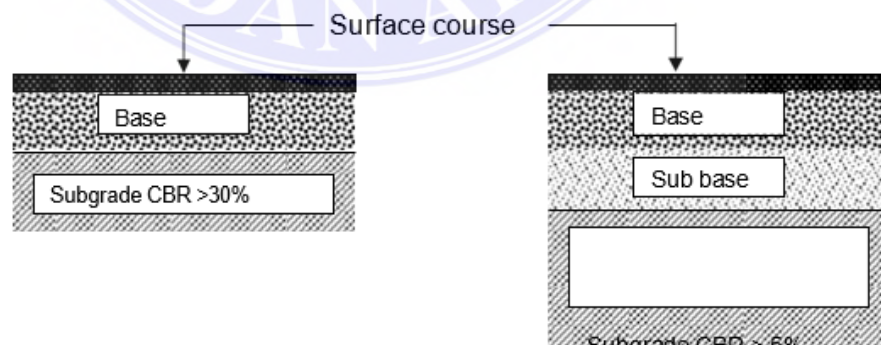


Gambar 7. Subgrade yang Berkaitan dengan Subbase (Asiyanto, 1999)

c. Surface course

Surface course adalah lapisan permukaan jalan yang langsung menerima beban kendaraan. Disamping itu juga memiliki fungsi sebagai lapisan lapisan bawahnya terhadap air hujan. Material untuk surface course, ada beberapa macam, yaitu :

- 1) Aspal macadam (aspal penetrasi)
- 2) Aspal emulsi (aspal cold mix)
- 3) Aspal beton (aspal hotmix)



Gambar 8. Surface Course (Asiyanto, 1999)

### 2.3.2. Faktor-faktor yang menentukan tebal perkerasan lentur

#### a. Kekuatan relative material

Ketebalan tiap lapisan perkerasan sangat ditentukan oleh material perkerasan yang dipilih. Setiap material memiliki Koefisien Kekuatan Relatif. Koefisien kekuatan relatif ( $a$ ) masing masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, dan pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai nilai Marshall Test (untuk bahan dengan aspal), Kuat Tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur), atau CBR (untuk bahan lapis pondasi atau pondasi bawah). Nilai kekuatan relatif untuk beberapa jenis bahan dapat dilihat tabel koefisien kekuatan relatif bahan (terlampir)

#### b. Fungsi dan tingkat pelayanan jalan

Dalam desain perkerasan lentur diperlukan beberapa parameter yang berhubungan dengan fungsi dan tingkat pelayanan jalan, beberapa hal tersebut diantaranya :

- 1) Fungsi jalan
- 2) Kinerja perkerasan
- 3) Umur rencana
- 4) Lalu lintas yang merupakan beban dari perkerasan jalan
- 5) Sifat dasar tanah
- 6) Kondisi lingkungan

c. Fungsi jalan

Fungsi jalan dalam proses penentuan tebal perkerasan digunakan untuk menentukan nilai indeks permukaan jalan untuk setiap fungsi jalan.

Berdasarkan fungsinya jalan terbagi atas :

1) Jalan arteri

adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

2) Jalan kolektor,

adalah jalan yang melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

3) Jalan lokal,

adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

Sedangkan berdasarkan sistem jaringan jalan, jalan terdiri atas:

1) jaringan jalan primer

2) jaringan jalan sekunder.

Selain dari dua jenis perkerasan tersebut, di Indonesia sekarang dicoba dikembangkan jenis gabungan *rigid-flexible pavement* atau *composite pavement*, yaitu perpaduan antara perkerasan lentur dan kaku.

Dalam tugas akhir ini, dibahas mengenai pengaruh beban berlebih (*overload*) terhadap pengurangan umur rencana dengan memakai Metoda Analisa

Komponen/Bina Marga (2002) dengan memakai konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*).

Data dan parameter lalu lintas yang digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan meliputi:

1. Jenis kendaraan.
2. Volume lalu lintas harian rata-rata.
3. Pertumbuhan lalu lintas tahunan.
4. *Damage factor*.
5. Umur rencana.
6. Faktor distribusi arah.
7. Faktor distribusi lajur.
8. *Equivalent Single Axle Load*, ESAL selama umur rencana (*traffic design*).

#### 2.4. Lalu Lintas Haria Rata - rata

Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu. Satuan volume lalu lintas yang umum dipergunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar lajur adalah: Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR). Jumlah lajur dalam desain tebal perkerasan digunakan untuk penentuan faktor distribusi lajur. Selanjutnya, LHR, pertumbuhan lalu lintas tahunan, VDF, umur rencana, jumlah lajur, faktor distribusi arah, faktor distribusi lajur, digunakan untuk perhitungan *Equivalent Single Axle Load* (ESAL).

Pertumbuhan lalu lintas tahunan dianalisis berdasar data lalu lintas yang lewat di ruas jalan Medan-Tebing tinggi yang didapat dari survei primer *traffic*

*counting* diruas jalan tersebut, untuk semua golongan kendaraan.

*Output* program berupa volume kendaraan per hari dan pertumbuhan lalu lintas di jalan Kapten Medan-Tebing Tinggi (dalam %) diturunkan menjadi lalu lintas sesuai penggolongan kendaraan rencana, dengan periode sesuai tahun perhitungan.

## 2.5. Daya Rusak Jalan (*Vehicle Damage Factor*)

Dalam hasil tinjauan ini bahwasannya daya rusak jalan atau lebih dikenal dengan *Vehicle Damage Factor*, selanjutnya disebut VDF, merupakan salah satu parameter yang dapat menentukan tebal perkerasan cukup signifikan, dan jika makin berat kendaraan (khususnya kendaraan jenis truk) apalagi dengan beban *overload*, nilai VDF akan secara nyata membesar, seterusnya *Equivalent Single Axle Load* membesar.

Beban konstruksi perkerasan jalan mempunyai ciri-ciri khusus dalam artian mempunyai perbedaan prinsip dari beban pada konstruksi lain di luar konstruksi jalan. Pemahaman atas ciri-ciri khusus beban konstruksi perkerasan jalan tersebut sangatlah penting dalam pemahaman lebih jauh, khususnya yang berkaitan dengan desain konstruksi perkerasan, kapasitas konstruksi perkerasan, dan proses kerusakan konstruksi yang bersangkutan.


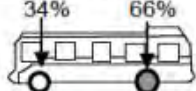
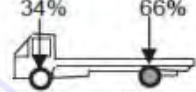
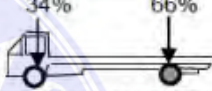



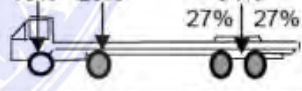
Sifat beban konstruksi perkerasan jalan sebagai berikut:

1. Beban yang diperhitungkan adalah beban hidup yang berupa beban tekanan sumbu roda kendaraan yang lewat di atasnya yang dikenal dengan *axle load*. Dengan demikian, beban mati (berat sendiri) konstruksi diabaikan.



2. Kapasitas konstruksi perkerasan jalan dalam besaran sejumlah repetisi (lintasan) beban sumbu roda lalu lintas dalam satuan standar *axle load* yang dikenal dengan satuan EAL (*equivalent axle load*) atau ESAL (*Equivalent Single Axle Load*). Satuan standar *axle load* adalah *axle load* yang mempunyai daya rusak kepada konstruksi perkerasan sebesar 1. Dan *axle load* yang bernilai daya rusak sebesar 1 tersebut adalah *single axle load* sebesar 18.000 lbs atau 18 kips atau 8,16 ton.

Tercapainya atau terlampauinya batas kapasitas konstruksi (sejumlah repetisi EAL) akan menyebabkan berubahnya konstruksi perkerasan yang semula mantap menjadi tidak mantap. Kondisi tidak mantap tersebut tidak berarti kondisi *failure* ataupun *collapse*. Dengan demikian istilah *failure* atau *collapse* secara teoritis tidak akan (tidak boleh) terjadi karena kondisi mantap adalah kondisi yang masih baik tetapi sudah memerlukan penanganan berupa pelapisan ulang (*overlay*). Kerusakan total (*failure collapse*) dimungkinkan terjadi di lapangan, menunjukkan bahwa konstruksi perkerasan jalan tersebut telah diperlakukan salah yaitu mengalami keterlambatan dalam penanganan pemeliharaan baik rutin maupun berkala untuk menjaga tidak terjadinya *collapse* atau *failure* dimaksud. Seperti pada Tabel 2.1 dapat dilihat konfigurasi beban sumbu kendaraan (Ditjen Bina Marga No. 01/MN/BM/83).

KONFIGURASI SUMBU & TIPE	BERAT KOSONG (ton)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (ton)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (ton)	UE 18 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL MAKSIMUM	
1,1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0005	
1,2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1,2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1,2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1,22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416	
1,2+2,2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	3,9083	
1,2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	
1,2-2,2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,1830	

Gambar 9. Konfigurasi beban sumbu (Ditjen Bina Marga No. 01/MN/BM/83)

## 2.6. Beban Berlebih

Beban berlebih (*overloading*) adalah suatu kondisi beban gandar (as) kendaraan melampaui batas beban maksimum yang diijinkan (Iskandar,2008). Beban berlebih (*overloading*) adalah beban lalu lintas rencana (jumlah lintasan operasional rencana) tercapai sebelum umur rencana perkerasan, atau sering disebut dengan kerusakan dini.

Beban berlebih (*overloading*) adalah jumlah berat muatan kendaraan angkutan penumpang, mobil barang, kendaraan khusus, kereta gandengan dan kereta tempelan yang diangkut melebihi dari jumlah yang diijinkan (JBI) atau muatan sumbu terberat (MST) melebihi kemampuan kelas jalan yang ditetapkan (Perda Prov. Kaltim No.09 thn 2006).

Muatan lebih adalah muatan sumbu kendaraan yang melebihi dari ketentuan seperti yang tercantum pada peraturan yang berlaku (PP 43 Tahun 1993) (Kamus Istilah Bidang pekerjaan Umum 2008, Hal 57). JBI (jumlah berat yang diijinkan) adalah berat maksimum kendaraan bermotor berikut muatannya yang di iijinkan berdasarkan ketentuan. Muatan sumbu terberat (MST) adalah jumlah tekanan maksimum roda-roda kendaraan pada sumbu yang menekan jalan (Perda Prov. Kaltim No.09 thn 2006).

### 2.6.1. Konsep Dasar Beban Berlebih (*Overload*)

Muatan sumbu terberat (MST) dipakai sebagai dasar pengendalian dan pengawasan muatan kendaraan di jalan yang ditetapkan berdasarkan peraturan perundang-undangan. Seperti pada Tabel. 2.2: Kelas jalan berdasarkan fungsi dan penggunaannya (PP No.43/1993).

Tabel 1. Kelas jalan berdasarkan fungsi dan penggunaannya (PP No.43/1993)

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Maksimum Dan Muatan Sumbu Terberat			
		MST			
		Lebar (mm)	Panjang (mm)	MST (TON)	Tinggi (mm)
I	Arteri	2500	18000	> 10	4200 dan tidak lebih dari 1,7 x lebar kendaraan
II		2500	18000	≤ 10	
III A	Arteri atau Kolektor	2500	18000	≤ 8	
III B		Kolektor	2500	12000	
III C	Lokal Dan Lingkungan	2100	9000	≤ 8	

Dari Tabel di atas dapat disimpulkan bahwa terdapat 4 (empat) katagori kendaraan dengan izin beroperasi di jalan-jalan umum sebagai berikut:

- a. Kendaraan kecil dengan panjang dan lebar maksimum 9000 x 2100 mm, dengan Muatan Sumbu Terberat (MST)  $\leq 8$  ton, diizinkan menggunakan jalan pada semua katagori fungsi jalan yaitu jalan lingkungan, jalan lokal, jalan kolektor, dan jalan arteri.
- b. Kendaraan sedang dengan panjang dan lebar maksimum 18000 x 2500 mm, serta MST  $\leq 8$  ton, diizinkan terbatas hanya beroperasi di jalan-jalan yang berfungsi kolektor dan arteri. Kendaraan sedang dilarang memasuki jalan lokal dan jalan lingkungan.
- c. Kendaraan besar dengan panjang dan lebar maksimum 18000 x 2500 mm, serta MST  $\leq 10$  ton, diizinkan terbatas beroperasi di jalan-jalan yang berfungsi arteri saja.
- d. Kendaraan besar khusus dengan panjang dan lebar maksimum 18000 x 2500 mm, serta MST  $>10$  ton, diizinkan sangat terbatas hanya beroperasi di jalan-jalan yang berfungsi arteri dan kelas I (satu) saja. Baik kendaraan besar maupun kendaraan besar khusus dilarang memasuki jalan lingkungan, jalan lokal, dan jalan kolektor.
- e. Ketentuan tersebut menjadi dasar diwujudkannyanya prasarana transportasi jalan yang aman. Jalan pun diwujudkan mengikuti penggunaannya, jalan arterial diwujudkan dalam ukuran geometrik dan kekuatan perkerasan yang sesuai dengan kategori kendaraan yang harus dipikulnya. Demikian juga jalan kolektor, lokal, dan lingkungan, dimensi jalannya dan kekuatan perkerasannya disesuaikan dengan penggunaannya.



Dengan demikian, dalam penggunaan jalan sehari-hari, pelanggaran terhadap ketentuan tersebut akan menimbulkan dampak inefisiensi berupa menurunnya kinerja pelayanan jalan. Misalnya, kendaraan yang melakukan perjalanan arterial, dengan MST >10 ton, jika memasuki jalan arterial dengan MST ≤ 10 ton, maka perlu menurunkan bebannya. Seandainya beban kendaraan tidak disesuaikan, maka perkerasan jalan akan mengalami *overloading* sehingga akan cepak rusak.

Jalan yang rusak tidak dapat dilalui kendaraan dengan kecepatan yang diharapkan, karena permukaan perkerasan yang tidak rata. Jalan yang tidak rata cenderung menyebabkan perjalanan kendaraan yang tidak stabil dan membahayakan. Contoh lain, jika kendaraan besar arterial masuk ke jalan lokal yang berdimensi jalan lebih kecil dengan izin MST yang lebih rendah, maka perkerasan jalan akan rusak lebih awal dan dimensi kendaraan yang besar akan menghalangi pergerakan kendaraan lain yang sedang operasi di jalan lokal. Dengan demikian kinerja pelayanan jalan menjadi menurun, terjadi banyak konflik antar kendaraan dan perkerasan lebih cepat rusak.

Menurut pedoman perencanaan tebal lapis tambah perkerasan lentur dengan metode lendutan, Departemen Pekerjaan Umum (Pd. T-05-2005-B) ketentuan beban sumbu standar (*standard axle load*) kendaraan adalah sebagai berikut :

- a. *Single axle, single wheel* = 5,4 ton
- b. *Single axle, dual wheel* = 8,16 ton
- c. *Double axle, dual wheel* = 13,76 ton
- d. *Triple axle, dual wheel* = 18,45 ton



Sedangkan penentuan angka ekuivalen (E) masing-masing golongan beban gandar sumbu setiap kendaraan menurut pedoman perencanaan tebal perkerasan lentur, Bina Marga (2002) adalah berdasarkan lampiran D peraturan tersebut.

Sedangkan untuk roda tunggal penentuan angka ekuivalen rumus yang digunakan adalah sebagai berikut: Angka ekuivalen roda tunggal = (beban gandar satu sumbu tunggal,  $kN$  / 53 Kn Semua beban kendaraan dengan gandar yang berbeda diekuivalenkan ke dalam beban standar gandar dengan menggunakan angka ekuivalen beban sumbu tersebut sehingga diperoleh beban kendaraan yang ada dalam sumbu standar (*Equivalent Single Axle Load*) 18 kip Esal.

Penambahan beban melebihi beban sumbu standar pada sumbu kendaraan akan mengakibatkan penambahan daya rusak yang cukup signifikan. Kerusakan terjadi lebih cepat karena konsentrasi beban pada setiap roda kendaraan sangat tinggi akibat jumlah *axle* yang terbatas apalagi dengan adanya beban berlebih, karena pada perencanaan perkerasan jalan masih mengacu kepada desain kendaraan untuk muatan normal. Mekanisme beban kendaraan dalam mempengaruhi perkerasan jalannya tergantung dari bentuk konfigurasi sumbu kendaraan dan luas bidang kontak ban dengan perkerasan jalan.

## **2.7. Parameter Perencanaan Perkerasan**

### **2.7.1. Beban Lalu Lintas**

Dengan mengetahui secara tepat tingkat kemampuan suatu jalan dalam menerima suatu beban lalu lintas, maka tebal lapisan perkerasan jalan dapat ditentukan dan umur rencana perkerasan tersebut akan sesuai dengan yang

direncanakan. Beban berulang atau *repetition load* merupakan beban yang diterima struktur perkerasan dari roda-roda kendaraan yang melintasi jalan raya secara dinamis selama umur rencana. Besar beban yang diterima bergantung dari berat kendaraan, konfigurasi sumbu, bidang kontak antara roda dan kendaraan serta kecepatan dari kendaraan itu sendiri. Hal ini akan memberi suatu nilai kerusakan pada perkerasan akibat muatan sumbu roda yang melintas setiap kali pada ruas jalan.

Berat kendaraan dibebankan ke perkerasan jalan melalui roda kendaraan yang terletak di ujung-ujung sumbu kendaraan. Masing-masing kendaraan mempunyai konfigurasi sumbu yang berbeda-beda. Sumbu depan dapat merupakan sumbu tunggal roda, sedangkan sumbu belakang dapat merupakan sumbu tunggal, ganda maupun triple. Berat kendaraan dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut :

a. Fungsi jalan

Kendaraan berat yang memakai jalan arteri umumnya memuat muatan yang lebih berat dibandingkan dengan jalan pada medan datar.

b. Keadaan medan

Jalan yang mendaki mengakibatkan truk tidak mungkin memuat beban yang lebih berat jika dibandingkan dengan jalan pada medan datar.

c. Aktivitas ekonomi di daerah yang bersangkutan

Jenis dan beban yang diangkut oleh kendaraan berat sangat tergantung dari jenis kegiatan yang ada di daerah tersebut, truk di daerah industri mengangkut beban yang berbeda jenis dan beratnya dengan di daerah perkebunan.

d. Perkembangan daerah

Beban yang diangkut kendaraan dapat berkembang sesuai dengan perkembangan daerah di sekitar lokasi jalan. Dampak kerusakan yang ditimbulkan oleh beban lalu lintas tidaklah sama antara yang satu dengan yang lain. Perbedaan ini mengharuskan suatu standar yang bisa mewakili untuk semua jenis kendaraan, sehingga semua beban yang diterima oleh struktur perkerasan jalan dapat disamakan ke dalam beban standar. Beban standar ini digunakan sebagai batasan maksimum yang diijinkan untuk suatu kendaraan.

Beban yang sering digunakan sebagai batasan maksimum yang diijinkan untuk suatu kendaraan adalah beban gandar maksimum. Beban standar ini diambil sebesar 18.000 *pounds* ( 8,16 ton ) pada sumbu standar tunggal. Diambilnya angka ini karena daya perusak yang ditimbulkan beban gandar terhadap struktur perkerasan adalah bernilai satu.

### 2.7.2. Daya Dukung Tanah Dasar (DDT)

Daya tahan konstruksi perkerasan tak lepas dari sifat dari tanah dasar karena secara keseluruhan perkerasan jalan berada di atas tanah dasar. Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri atau di dekatnya, yang telah dipadatkan sampai dengan tingkat kepadatan tertentu sehingga mempunyai daya dukung yang baik serta berkemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terhadap perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat.

Sifat masing-masing jenis tanah tergantung dari tekstur, kepadatan,

kadar air, kondisi lingkungan dan sebagainya. Tanah dengan tingkat kepadatan yang tinggi mengalami perubahan volume yang kecil jika terjadi perubahan kadar air dan mempunyai daya dukung yang lebih besar jika dibandingkan dengan tanah yang sejenis yang tingkat kepadatannya lebih rendah.

Daya dukung tanah dasar (*subgrade*) pada perencanaan perkerasan lentur dinyatakan dengan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). CBR pertama kali diperkenalkan oleh *California Division Of Highways* pada tahun 1928. Orang yang banyak mempopulerkan metode ini adalah O. J. Porter. Harga CBR itu sendiri dinyatakan dalam persen. Harga CBR tanah dasar yaitu nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR 100% dalam memikul beban lalu lintas. Terdapat beberapa parameter penunjuk mutu daya dukung tanah dasar, dan CBR merupakan parameter penunjuk daya dukung tanah dasar yang paling umum digunakan di Indonesia. Harga CBR dapat dinyatakan atas harga *CBR Laboratorium* dan harga *CBR Lapangan*.

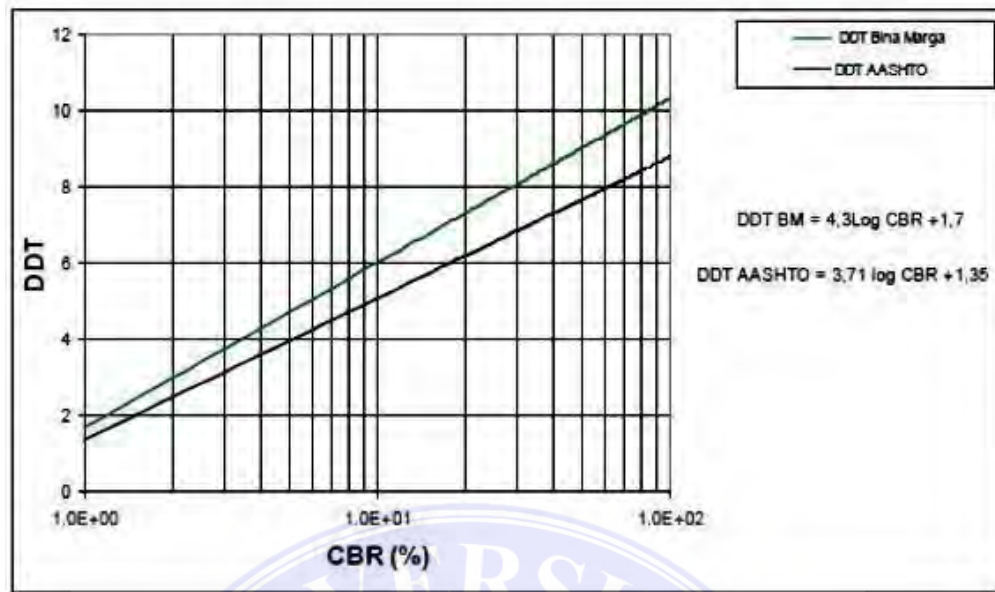
Hubungan antara daya dukung tanah (DDT) dengan CBR dapat menggunakan grafik korelasi pada Gambar 2.4 atau dapat menggunakan rumus:

Bina Marga :

$$DDT = 4,3 \log CBR + 1,7$$

AASHTO :

$$DDT = 3.71 \log CBR + 1.35$$



Gambar 10. Grafik korelasi CBR dan DDT (AASHTO,1993)

### 2.7.3. Faktor Regional (FR)

Faktor regional berguna untuk memperhatikan kondisi jalan yang berbeda antara jalan yang satu dengan jalan yang lain. Faktor Regional mencakup permeabilitas tanah, kondisi drainase yang ada, kondisi persimpangan yang ramai, pertimbangan teknis dari perencana seperti ketinggian muka air tanah, perbedaan kecepatan akibat adanya hambatan-hambatan tertentu, bentuk alinemen (keadaan medan) serta persentase kendaraan dengan berat  $\geq 13$  ton, dan kendaraan yang berhenti, sedangkan iklim mencakup curah hujan rata-rata pertahun.

Kondisi lingkungan setempat sangat mempengaruhi lapisan perkerasan jalan dan tanah dasar antara lain :

- a. Berpengaruh terhadap sifat teknis konstruksi perkerasan dan sifat komponen material lapisan perkerasan.
- b. Pelapukan bahan material



- c. Mempengaruhi penurunan tingkat kenyamanan dari perkerasan jalan. Pengaruh perubahan musim, perbedaan temperatur kerusakan-kerusakan akibat lelahnya bahan, sifat material yang digunakan dapat juga mempengaruhi umur pelayanan jalan seperti yang dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Faktor regional ( FR ) ( Direktorat Jenderal Bina Marga, 2002)

	Kelandaian I ( $\leq 6\%$ )		Kelandaian II ( $6-10\%$ )		Kelandaian III ( $>10\%$ )	
	% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat	
	$\leq 30\%$	$> 30\%$	$\leq 30\%$	$> 30\%$	$\leq 30\%$	$> 30\%$
Iklm I < 900 mm/Tahun	0.5	1,0-1,5	1	1,5-2,0	1.5	2,0-2,5
Iklm II > 900 mm/Tahun	1.5	2,0-2,5	2	2,5-3,0	2.5	3,0-3,5

Catatan : Pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, perhentian atau tikungan tajam (jari-jari  $\leq 30\text{m}$ ) Fr ditambah dengan 0,5 pada daerah rawa-rawa FR ditambah dengan 1,0 (Bina Marga,2002)

#### 2.7.4. Pertumbuhan Lalu Lintas ( $i\%$ )

Yang dimaksud dengan pertumbuhan lalu lintas adalah pertambahan atau perkembangan lalu lintas dari tahun ke tahun selama umur rencana. Faktor yang mempengaruhi besarnya pertumbuhan lalu lintas adalah:

- Perkembangan daerah tersebut.
- Bertambahnya kesejahteraan masyarakat di daerah tersebut
- Naiknya keinginan untuk memiliki kendaraan pribadi.

Faktor pertumbuhan lalu lintas dinyatakan dalam persen/tahun ( $i\%$  tahun).

### 2.7.5. Umur Rencana (UR)

Umur rencana adalah jumlah waktu dalam tahun dihitung sejak jalan tersebut mulai dibuka sampai saat diperlukan perbaikan berat atau dianggap perlu untuk diberi lapis permukaan yang baru. Faktor umur rencana merupakan variabel dalam umur rencana dan faktor pertumbuhan lalu lintas yang dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$N = \frac{(1 + r)^f - 1}{r}$$

Dimana :

$N$  = Faktor pertumbuhan lalu lintas yang sudah disesuaikan dengan perkembangan lalu lintas. Faktor ini merupakan faktor pengali yang diperoleh dari penjumlahan harga rata-rata setiap tahun.

$N$  = Umur rencana.

$i$  = Faktor pertumbuhan lalu lintas.

### 2.7.6. Reliabilitas

Reliabilitas adalah kemungkinan (*probability*) jenis kerusakan tertentu atau kombinasi jenis kerusakan pada struktur perkerasan akan tetap lebih rendah dalam rentang yang diijinkan dalam umur rencana. Konsep reliabilitas merupakan upaya untuk menyertakan derajat kepastian (*degree of certainty*) ke dalam proses perencanaan untuk menjamin bermacam-macam alternative perencanaan akan bertahan selama selang waktu yang direncanakan (umur rencana).

Tabel 2 memperlihatkan rekomendasi tingkat reliabilitas untuk bermacam- macam klasifikasi jalan. Perlu dicatat bahwa tingkat reliabilitas yang

lebih tinggi menunjukkan jalan yang melayani lalu lintas paling banyak, sedangkan tingkat yang paling rendah 50% menunjukkan jalan lokal. Tabel 3 menunjukkan rekomendasi tingkat reliabilitas untuk berbagai macam klasifikasi jalan.

Tabel 3. Rekomendasi tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi tingkat reliabilitas	
	Perkotaan	Antar kota
Beban hambatan	85-99,9	80-99,9
Arteri	80-99	75-95
Kolektor	90-95	75-95
Lokal	50-80	50-80

Reliabilitas kinerja perencanaan dikontrol dengan faktor reliabilitas (FR) yang dikalikan dengan perkiraan lalu lintas (W18) selama umur rencana untuk memperoleh prediksi kinerja (W18). Untuk tingkat reliabilitas (R) yang diberikan, *reliability factor* merupakan fungsi dari deviasi standar keseluruhan (*overall standard deviation*) yang memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan lalu lintas dan perkiraan kinerja untuk W18 yang diberikan. Dalam persamaan desain perkerasan lentur, *level of reliability* (R) diakomodasi dengan parameter penyimpangan normal standar (*standard normal deviate*, ZR). memperlihatkan nilai ZR untuk *level of serviceability* tertentu. Penerapan konsep *reliability* harus memperhatikan langkah-langkah berikut ini:

- a. Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota
- b. Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan.
- c. Deviasi standar (So) harus dipilih yang mewakili kondisi setempat.

Rentang nilai So adalah 0,40 – 0,50.

Tabel 4. Nilai penyimpangan normal standar (*standar normal deviate*) untuk tingkat reabilitas tertentu

Reabilitas R (%)	Standar normal deviate (ZR)
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.9	-3.75

### 2.7.7. Jumlah Lajur

Lalur rencana merupakan salah satu lalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lalu lintas terbesar (lajur dengan volume tertinggi). Umumnya lajur rencana adalah salah satu lajur dari jalan raya dua lajur atau tepi luar dari jalan raya yang berlajur banyak. Persentase kendaraan pada lajur rencana dapat juga diperoleh dengan melakukan survey volume lalu lintas. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan menurut Tabel 5. dan 6.

Tabel 5. Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan

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

Tabel 6. Faktor distribusi lajur (DL)

Jumlah lajur per arah	% Beban gandar standar dalam lajur rencana
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

### 2.7.8. Koefisien Distribusi Kendaraan (DD)

Koefisien distribusi kendaraan (DD) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut Tabel 7.

Tabel 7. Koefisien distribusi kendaraan (DD) (SKBI-2.3.26.1987/SNI 03- 1989-2007)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2Arah
1 lajur	1.00	1.00	1.00	1.00
2 lajur	0.60	0.50	0.70	0.50
3 lajur	0.40	0.40	0.50	0.475
4 lajur	-	0.30	-	0.45
5 lajur	-	0.25	-	0.425
6 lajur	-	0.20	-	0.40

### 2.7.9. Koefisien Drainase

Faktor yang digunakan untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif sebagai fungsi yang menyatakan seberapa baiknya struktur perkerasan dapat mengatasi pengaruh negatif masuknya air ke dalam struktur perkerasan. Dalam buku ini diperkenalkan konsep koefisien drainase untuk mengakomodasi kualitas sistem drainase yang dimiliki perkerasan jalan. Tabel 8. memperlihatkan definisi umum mengenai kualitas drainase.

Tabel 8. Definisi kualitas drainase (AASHTO 93 Hal II-22)

Kualitas Drainase	Air Hilang Dalam
Baik Sekali	2 jam
Baik Sekali	1 hari
Sedang	1 minggu



Lanjutan Tabel 8

Jelek Jelek Sekali	1 bulan Air tidak akan mengalir
-----------------------	------------------------------------

Faktor untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif ini adalah koefisien drainase (m) dan disertakan ke dalam persamaan Indeks Tebal Perkerasan (ITP) bersama-sama dengan koefisien kekuatan relative (a) dan ketebalan (D). Tabel 9. memperlihatkan nilai koefisien drainase (m) yang merupakan fungsi dari kualitas drainase dan persen waktu selama setahun struktur perkerasan akan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh.

Tabel 9. Koefisien drainase (m) (AASHTO 93 Hal II-25)

Kualitas Drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipegaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1 %	1- 5%	5- 25 %	> 25%
Baik Sekali	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1.2
Baik Sekali	1,35 - 1,25	1,25 - 1,30	1,15 - 1,00	1
Sedang	1,25 - 1,15	1,25 - 1,15	1,00 - 0,80	0.8
Jelek	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0.6
Jelek Sekali	1,05 - 0,95	0,08 - 75	0,60 - 0,40	0.4

### 2.7.10. Indeks Permukaan Awal (IPo)

Indeks permukaan adalah suatu angka yang dipergunakan untuk menyatakan nilai kerataan/kehalusan serta kekuatan permukaan yang berkaitan dengan tingkat pelayanan lalu lintas. Dalam menentukan indeks permukaan awal rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis permukaan jalan (kerataan/kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana. Adapun beberapa nilai IPT beserta artinya adalah seperti tersebut di bawah ini:

- a.  $I_{Pt} = 1,0$  : adalah menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.
- b.  $I_{Pt} = 1,5$  : adalah tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak putus).

- c.  $I_{Pt} = 2,0$  : adalah tingkat pelayanan jalan terendah jalan yang masih mantap.
- d.  $I_{Pt} = 2,5$  : adalah menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik.

Berdasarkan Tabel 10. di bawah ini:

Tabel 10. Indeks permukaan awal umur rencana ( $I_{Po}$ ) (SKBI-2.3.26.2007)

Jenis Lapis Permukaan	$I_{Po}$	Roughness
Laston	$\geq 4$	$\leq 1000$
	3,9-3,5	$<1000$
Lasbutag	3,9 - 3,5	$\leq 2000$
	3,4-3,0	$>2000$
HRA	3,9 - 3,5	$\leq 2000$
	3,4-3,0	$>2000$
Burda	3,9 - 3,5	$\leq 2000$
Burtu	3,9 - 3,5	$\leq 2000$
Lapen	3,4 - 3,0	$\leq 3000$
		$>3000$
Latasbutm	3,4 - 3,0	
	2,9-2,5	
Buras	2,9-2,5	
Latasir	2,9-2,5	
Jalan Tanah	$\leq 2,4$	
Jalan Kerikil	$\leq 2,4$	

### 2.7.11. Indeks Permukaan Akhir ( $I_{Pt}$ )

Dalam menentukan indeks permukaan akhir umur rencana perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas ekuivalen rencana (LER), berdasarkan Tabel 11.

Tabel 11. Indeks permukaan akhir pada akhir umur rencana (IPt) (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2002)

LER = Lintas Ekivalen Rencana	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 - 1,5	1.5	1,5 - 2,0	
10 - 100	1.5	1,5 - 2,0	2	
100 - 1000	1,5 - 2,0	2	2,0 - 2,5	
>1000		2,0 - 2,5	2.5	2.5

### 2.7.12. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

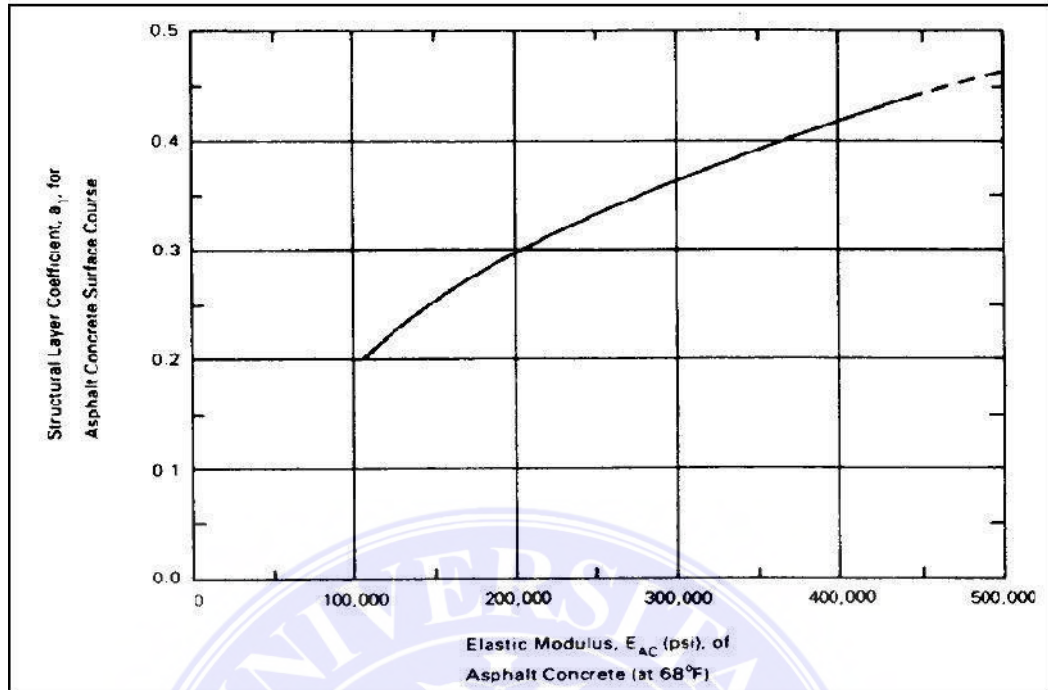
Koefisien kekuatan relatif (a) diperoleh berdasarkan jenis lapisan perkerasan yang digunakan. Pemilihan jenis lapisan perkerasan ditentukan dari:

- a. Material yang tersedia
- b. Dana awal yang tersedia
- c. Tenaga kerja dan peralatan yang tersedia
- d. Fungsi jalan

Koefisien kekuatan relatif masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai dengan nilai mashall test (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur), atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah). Besarnya koefisien kekuatan relatif ditentukan oleh Tabel 2.13 dan pada Gambar 2.6 memperkirakan koefisien kekuatan relatif lapis permukaan menggunakan aspal beton bergradasi rapat berdasarkan modulus elastisitas (E AC) pada suhu 68° F (metode AASHTO 4123).

Tabel 12. Koefisien kekuatan relatif (a) (Direktorat jenderal bina marga (2002))

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0.4			744			Laston
0.35			590			
0.32			454			
0.3			340			
0.35			744			
0.31			590			Lasbutag
0.28			454			HRA
0.30			340			
0.26			340			
0.25						Aspal Macadam
0.20						Lapen (Mekanis)
	0.28		590			Lapen (Manual)
	0.26		454			
	0.24		340			
	0.23					Laston Atas
	0.19					Lapen (Mekanis)
	0.15			22		Lapen (Manual)
	0.13			18		Stabilisasi tanah dengan semen
	0.15			22		Stabilisasi tanah dengan kapur
	0.13			18		Podasi Macadam ( Basah )
	0.14				100	Podasi Macadam ( Kering )
	0.12				60	Batu Pecah (Kelas A)
	0.14				100	Batu Pecah (Kelas B)
	0.13				80	Batu Pecah (Kelas C)
	0.12				60	Sirtu / Pirtu (Kelas A)
		0.13			70	Sirtu / Pirtu (Kelas B)
		0.12			50	Sirtu / Pirtu (Kelas C)
		0.11			30	Tanah Lempung kepasiran
		0.10			20	



Gambar 11. Grafik untuk memperkirakan koefisien kekuatan (Bina Marga, 2002)

Pedoman ini menyarankan agar berhati-hati untuk nilai modulus diatas 450.000 psi. Meskipun modulus beton aspal yang lebih tinggi, lebih kaku dan lebih tahan, akan tetapi lebih rentan terhadap retak *fatigue*. Tabel 13. menunjukkan tebal minimum pada lapis permukaan.

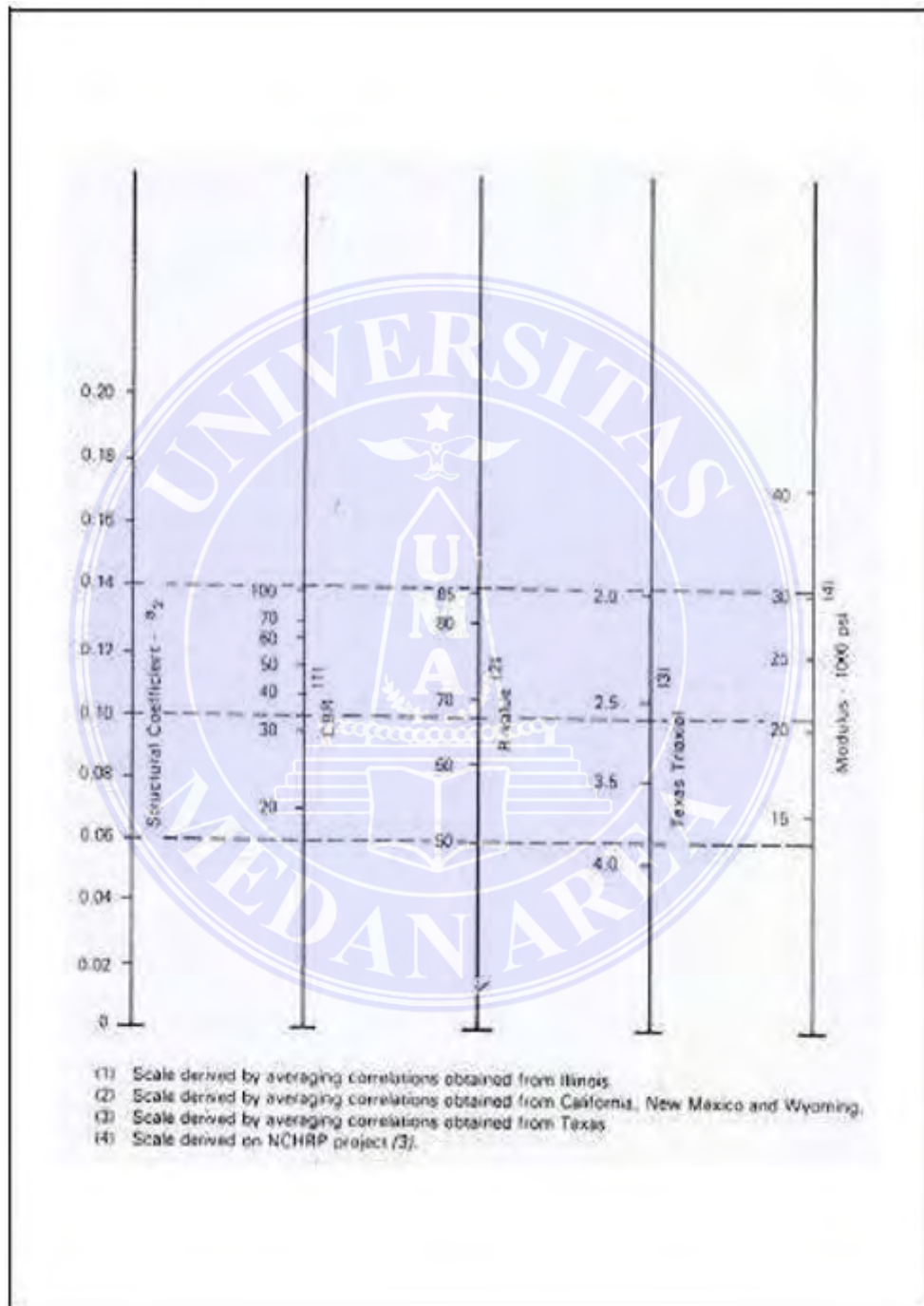
Tabel 13. Tebal minimum lapis permukaan (Direktorat jenderal bina marga 2002)

c	Tebal Minimum (m)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung :(Buras/Burtu/Burda) Lapen/Aspal Macadam, HRA Lasbutag,
3,00 - 6,70	5	Laston Lapen/Aspal Macadam, HRA Lasbutag
6,71 - 7,49	7.5	Laston
7,50 - 9,99	7.5	Lasbutag/Laston
$\geq 10$	10	Laston



### 2.7.13. Lapis Pondasi

Koefisien relatif,  $a_2$  dapat diperkirakan dengan menggunakan Gambar 8. dan penggunaan tebal minimum lapis permukaan diterangkan pada Tabel 14.



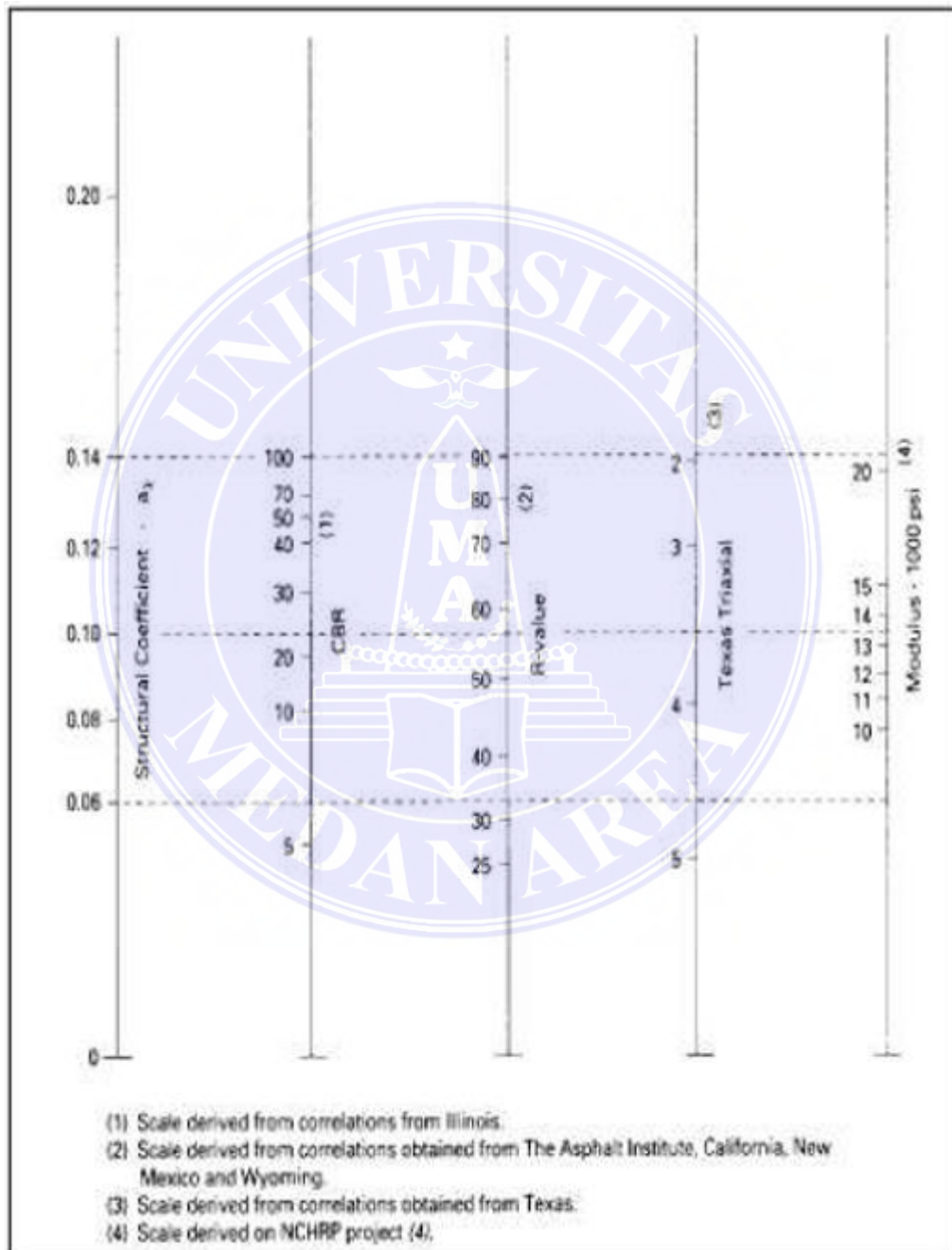
Gambar 12. Variasi koefisien relatif lapis pondasi granular ( $a_2$ ) (Bina Marga, 2002)

Tabel 14. Tebal minimum lapis permukaan (SKBI-2.3.26.1987)

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
<3,00	15	Batu Pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20	Batu Pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
7,50 – 9,99	20	Batu Pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadan
10,00 – 12,14	20	Batu Pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas
>12,25	25	Batu Pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas

### 2.7.14. Lapisan Pondasi Bawah

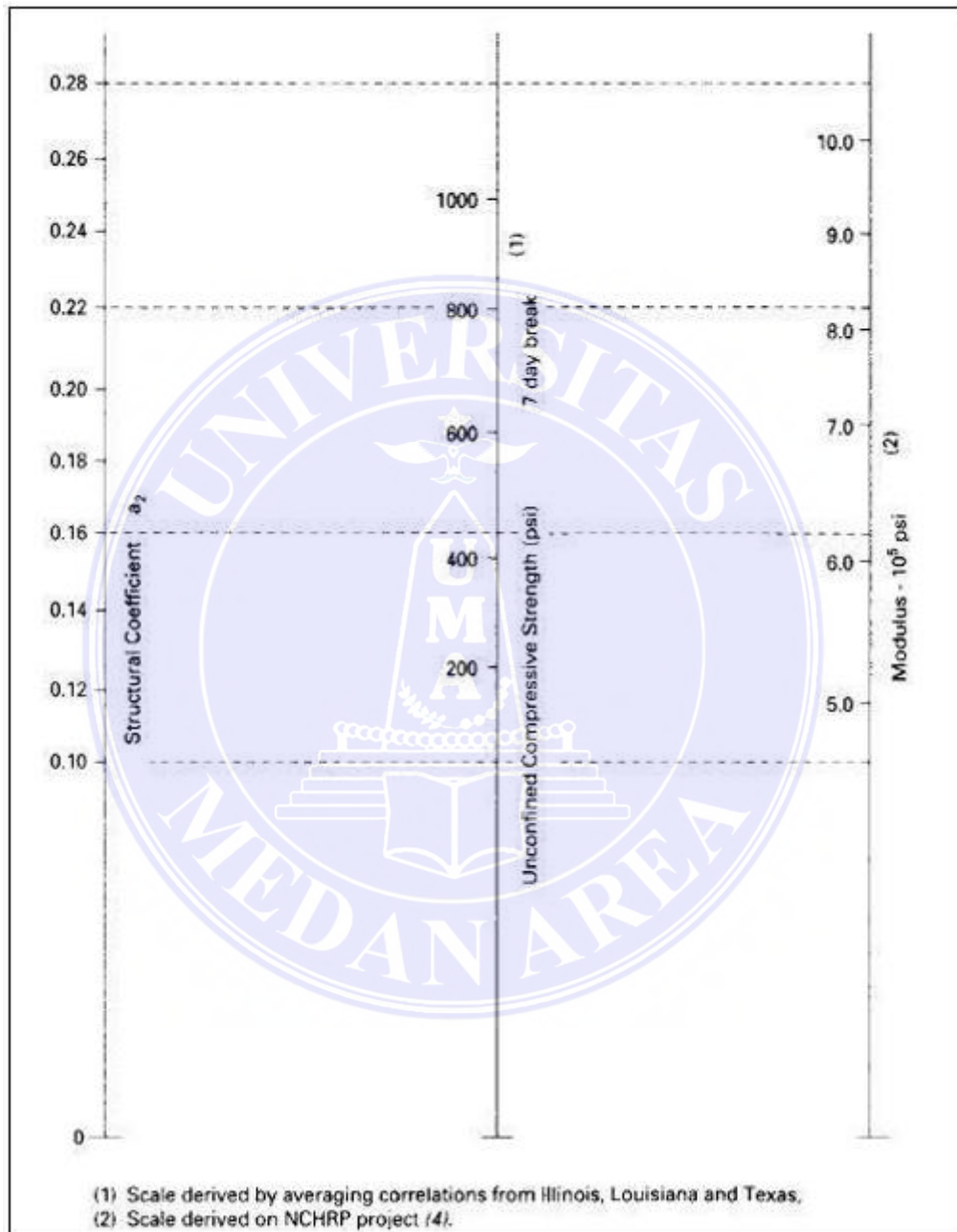
Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm. Koefisien kekuatan relatif,  $a_3$  dapat diperkirakan dengan menggunakan Gambar 9. atau dihitung dengan menggunakan hubungan berikut:



Gambar 13. Variasi koefisien relatif lapis pondasi granular (Bina Marga ,2002)

### 2.7.15. Lapis Pondasi Bersemen

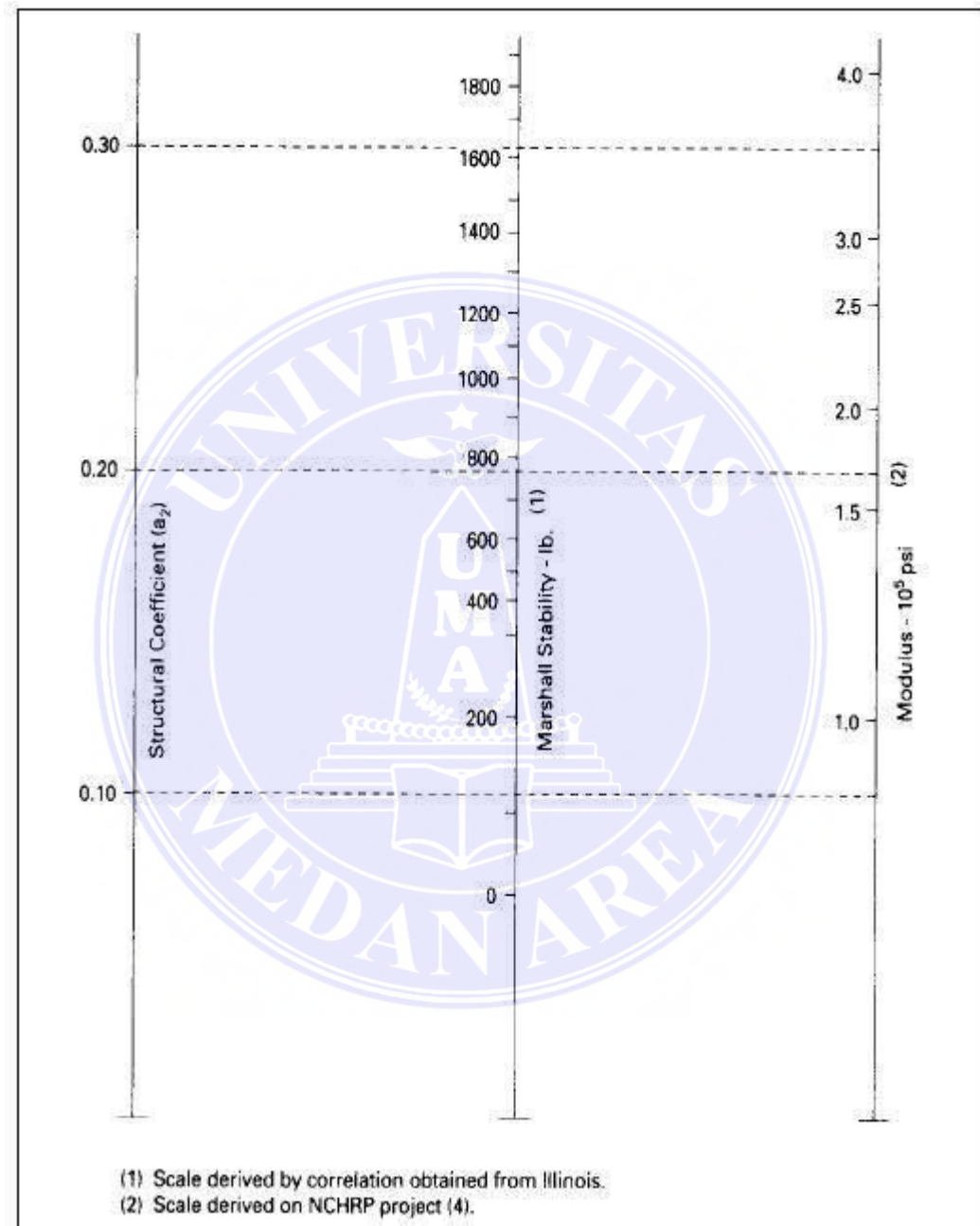
Gambar 10. memperlihatkan grafik yang digunakan memperkirakan koefisien kekuatan relatif,  $a_2$  untuk lapis pondasi bersemen.



Gambar 14. Variasi koefisien relatif lapis pondasi bersemen (Bina Marga ,2002)

### 2.7.16. Lapis Pondasi Beraspal

Gambar 11. memperlihatkan grafik yang digunakan memperkirakan koefisien kekuatan relatif untuk lapis pondasi beraspal.



Gambar 15. Variasi koefisien relatif lapis pondasi beraspal (Bina Marga ,2002)



## 2.8. Batas – batas Minimum Tebal Lapis Perkerasan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perencanaan yang tidak praktis. Dari segi keefektifan biaya, jika perbandingan antara biaya untuk lapisan pertama dan lapisan kedua lebih kecil dari pada perbandingan tersebut dikalikan dengan koefisien drainase, maka perencanaan yang secara ekonomis optimum adalah apabila digunakan tebal lapis pondasi minimum.

Tabel 15. Tebal minimum lapis permukaan berbeton aspal dan lapis pondasi agregat (inci)

Lalu Lintas (ESAL)	Beton Aspal		Lapen		Lasbutang		Lapis Pondasi Agregat	
	inci	cm	inci	cm	inci	cm	inci	cm
<50.000)								
50.001-150.000	1,0	2,5	2	5	2	5	4	10
500.001-2.000.000	2,0	5,0	-	-	-	-	4	10
2.000.000	2,5	6,25	-	-	-	-	4	10
2.000.000	3,0	7,5	-	-	-	-	6	15
2.000.000 – 7.000.000	3,5	8,75	-	-	-	-	6	15
>7.000.000	4,0	10,0	-	-	-	-	6	15

## 2.9. Kategori Kendaraan

Survey volume lalu lintas yang dipakai acuan dewasa ini oleh Direktorat Jenderal Bina Marga mengkategorikan 11 kendaraan termasuk kendaraan tidak bermotor (*non motorised*). Sebelumnya, survei pencacahan lalu lintas dengan cara manual perhitungan lalu lintas tersebut mengkategorikan menjadi 8 kelas (Ditjen Bina Marga Pd-T-19-2004). Tabel 16. membedakan beberapa kategori kendaraan tersebut. Untuk perencanaan geometrik, digunakan hanya 5 kelas kendaraan (MKJI, 2007).

Tabel 16. Kategori jenis kendaraan berdasarkan 3 (Ditjen Bina Marga Pd-T-19-2004)

IRMS. BM	BM1992	MKJI 2007
1 Sepeda motor, sekuter, kendaraan roda tiga	1 Sepeda motor, sekuter, sepeda kumbang roda tiga	1 Sepeda motor (MC).Kendaraan bermotor roda 2 dan 3
2 Sedan jeep, station wagon	2 Sedan jeep, station wagon	Kendaraan ringan (LV). Mobil penumpang, oplet, mikrobus, pikup, bis kecil, truk kecil
3 Opelet, pikup opelet, suburban ,kombi, dan mini bus	3 Opelet, pikup opelet, suburban ,kombi, dan mini bus	2
4 Pikup, mikro truk dan mobil hantaran	4 Pikup, mikro truk dan mobil hantaran	
5a Bus kecil	5 Bus	3 Kendaraan Berat (LHV), Bis, Truk 2as
5b Bus besar		
6 Truk 2 as	6 Truk 2 sumbu	
7a Truk 3 as		4 HG, Truk 3 as dan truk kombinasi (Truk Gandengan dan Truk Tempelan
7b Truk Gandengan	7 Truk 3 sumbu, atau lebih dan Gandengan	
7c Truk Tempelan (semi trailer)		
8 Kendaraan tidak bermotor: Sepeda, Becak, Dokar, Keretek, Andong	8 Kendaraan tidak bermotor: Sepeda, Becak, Dokar, Keretek, Andong	5 Kendaraan tidak bermotor (UM)

## 2.10. Persamaan Bina Marga

Lalu lintas pada lajur rencana ( $w_{18}$ ) diberikan dalam kumulatif beban gandar standar. Untuk mendapatkan lalu lintas pada lajur rencana ini digunakan perumusan berikut ini :

$$w_{18} = DD \times DL \times \hat{w}_{18}$$

Dimana:

DD = faktor distribusi arah.

DL = faktor distribusi lajur.

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

Lalu lintas yang digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan lentur adalah lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Besaran ini didapatkan dengan mengalikan beban gandar standar kumulatif pada lajur rencana selama setahun ( $w_{18}$ ) dengan besaran kenaikan lalu lintas (*traffic growth*). Secara numerik rumusan lalu lintas kumulatif ini adalah sebagai berikut :

$$W_{18} = D_D \times D_L \times \hat{w}_{18}$$

Dimana :

$W_t$  = jumlah beban gandar tunggal standar kumulatif.

$w_{18}$  = beban gandar standar kumulatif selama 1 tahun.

$n$  = umur pelayanan (tahun).

$i$  = perkembangan lalu lintas (%).

Untuk menentukan ITP (indeks tebal perkerasan) suatu perkerasan di Indonesia biasanya digunakan rumus persamaan Bina Marga pada dasarnya bersumber dari rumus AASHTO. Kemudian rumus tersebut disesuaikan dengan kondisi yang ada di Indonesia yaitu dengan menyesuaikan beberapa parameternya. Rumus umum/dasar persamaan menurut AASHTO 93 adalah:

$$\text{Log } W_t = Z_R \times S_o + 9,36 \text{ Log } (SN+1) - 0,20 + \frac{\text{Log}\left(\frac{IP_o - IP_t}{IP_o - IP_f}\right)}{0,4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,23 \times \text{Log}$$

$$(M_R) - 8,07$$

Persamaan Metode Analisa Komponen/ Bina Marga 2002 adalah:

$$\text{Log } W_t = Z_R \times S_o - 9,36 \text{ Log } (ITP+1) - 0,20 + \frac{\text{Log}\left(\frac{IP_o - IP_t}{IP_o - IP_f}\right)}{0,4 + \frac{1094}{(ITP+1)^{5,19}}} + 2,32 \times \text{Log}$$

$$(M_R) - 8,07$$

Dimana :

W18 = Perkiraan jumlah beban sumbu standar ekivalen 18-kip

ZR = Deviasi normal standar

So = Gabungan standard error untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja

$\Delta IP$  = Perbedaan antara indeks permukaan jalan awal (IPo) dan Indeks permukaan jalan akhir design (IPt), (IPo-IPt)

MR = Modulus resilient

IPo = Indeks permukaan jalan awal (*initial design serviceability index*)

IPt = Indeks permukaan jalan akhir (*terminal serviceability index*)

IPf = Indeks permukaan jalan hancur (minimum 1,5)

## 2.11. Beban Kerja Berlebihan (*Work-Overload*)

### 2.11.1. Pengertian Beban Kerja Berlebihan (*Work-Overload*)

Everly dkk dalam Prihatini (2008: 38) mengatakan bahwa beban kerja adalah keadaan dimana pekerja dihadapkan pada tugas yang harus diselesaikan pada waktu tertentu. Beban dapat berupa fisik dan mental. Menurut Menpan dalam Dhania (2010: 15) pengertian beban kerja adalah sekumpulan atau sejumlah kegiatan yang harus diselesaikan oleh suatu unit organisasi atau pemegang jabatan dalam jangka waktu tertentu.

Beban kerja berlebih memiliki dua tipe yang berbeda, yaitu beban berlebih kualitatif terjadi jika pekerjaan tersebut sangat kompleks dan sulit sehingga menyita kemampuan teknis dan kognitif karyawan dan beban kerja kuantitatif jika banyaknya pekerjaan yang ditargetkan melebihi kapasitas karyawan (Jacinta, 2011). Beban kerja berlebih secara tidak langsung

bertanggung jawab terhadap menurunnya kualitas pengambilan keputusan, merusak hubungan antar pribadi dan meningkatnya angka kecelakaan. Beban kerja berlebih berakibat pada lebih rendahnya kepercayaan diri, menurunnya motivasi kerja, dan meningkatnya absensi (Gibson dalam Putra, 2012: 12).

Schultz dan Schultz (2006: 366) menyatakan beban kerja sebagai berikut: “*Work overload is too much to perform in the time available or work that is too difficult for the employee to perform*”, yang berarti bahwa beban kerja berlebih adalah terlalu banyak melakukan pekerjaan pada waktu yang tersedia atau melakukan pekerjaan yang terlalu sulit untuk karyawan. Sedangkan Menurut Hartanti, Dkk dalam Tyas (2009: 13), Beban kerja berlebihan (*work-overload*) adalah suatu kondisi yang terjadi bila lingkungan memberi tuntutan melebihi kemampuan individu. Menurut James L. Gibson dalam Tyas (2009: 13), setiap orang pernah mengalami beban kerja yang terlalu berat (*work-overload*) pada sesuatu waktu. Sedangkan menurut Riggio dalam Tyas (2009: 13), dalam dunia industri beban kerja yang berlebihan terjadi apabila suatu pekerjaan menuntut kecepatan kerja, hasil kerja, dan konsentrasi yang berlebihan dari karyawannya. Beban kerja berlebihan dipercaya sebagai salah satu sumber yang paling besar menyebabkan stress kerja.

Dari definisi beban kerja dan beban kerja berlebihan diatas, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa beban kerja berlebihan (*work-overload*) adalah sejumlah tugas-tugas yang harus dikerjakan oleh pekerja dalam waktu tertentu yang mana dalam pelaksanaannya menuntut kemampuan yang lebih dari yang dimiliki individu tersebut. Tugas-tugas tersebut melebihi kadar rutinitas dari yang biasa dilakukan oleh pekerja sehingga membutuhkan tenaga ekstra.



### 2.11.2. Dimensi Beban Kerja

Menurut Munandar (2001: 381), mengklasifikasikan beban kerja kedalam faktor- faktor intrinsik dalam pekerjaan sebagai berikut :

a. Tuntutan Fisik.

Kondisi kerja tertentu dapat menghasilkan prestasi kerja yang optimal disamping dampaknya terhadap kinerja pegawai, kondisi fisik berdampak pula terhadap kesehatan mental seorang tenaga kerja. Kondisi fisik pekerja mempunyai pengaruh terhadap kondisi faal dan psikologi seseorang. Dalam hal ini bahwa kondisi kesehatan pegawai harus tetap dalam keadaan sehat saat melakukan pekerjaan , selain istirahat yang cukup juga dengan dukungan sarana tempat kerja yang nyaman dan memadai.

b. Tuntutan tugas

Kerja shif atau kerja malam sering kali menyebabkan kelelahan bagi para pegawai akibat dari beban kerja yang berlebihan. Beban kerja berlebihan dan beban kerja terlalu sedikit dapat berpengaruh terhadap kinerja pegawai. Beban kerja dapat dibedakan menjadi dua katagori yaitu :

- 1) Beban kerja terlalu banyak/sedikit “ Kuantitatif” yang timbul akibat dari tugas tugas yang terlalu banyak/sedikit diberikan kepada tenaga kerja untuk diselesaikan dalam waktu tertentu.
- 2) Beban kerja berlebihan/terlalu sedikit Kualitatif yaitu jika orang merasa tidak mampu untuk melaksanakan suatu tugas atau melaksanakan tugas tidak menggunakan keterampilan dan atau

potensi dari tenaga kerja.

Beban kerja terlalu sedikit dapat menyebabkan kurang adanya rangsangan akan mengarah kesemangat dan motivasi yang rendah untuk kerja, karena pegawai akan merasa bahwa dia tidak maju maju dan merasa tidak berdaya untuk memperlihatkan bakat dan keterampilannya (Sutherland & Cooper dalam Munandar 2001: 387).

Sedangkan menurut Tarwaka (2011: 131) sebagai berikut) dimensi ukuran beban kerja yang dihubungkan dengan performasi, yaitu :

- a. Beban waktu (time load) menunjukkan jumlah waktu yang tersedia dalam perencanaan, pelaksanaan dan monitoring tugas atau kerja.
- b. Beban usaha mental (mental effort load) yaitu berarti banyaknya usaha mental dalam melaksanakan suatu pekerjaan.
- c. Beban tekanan Psikologis (psychological stress load) yang menunjukkan tingkat resiko pekerjaan, kebingungan, dan frustrasi.

### **2.11.3. Pengertian Beban Kerja Berlebihan (*Work-Overload*)**

Faktor-faktor yang mempengaruhi beban kerja menurut Soleman (2011: 85) adalah sebagai berikut :

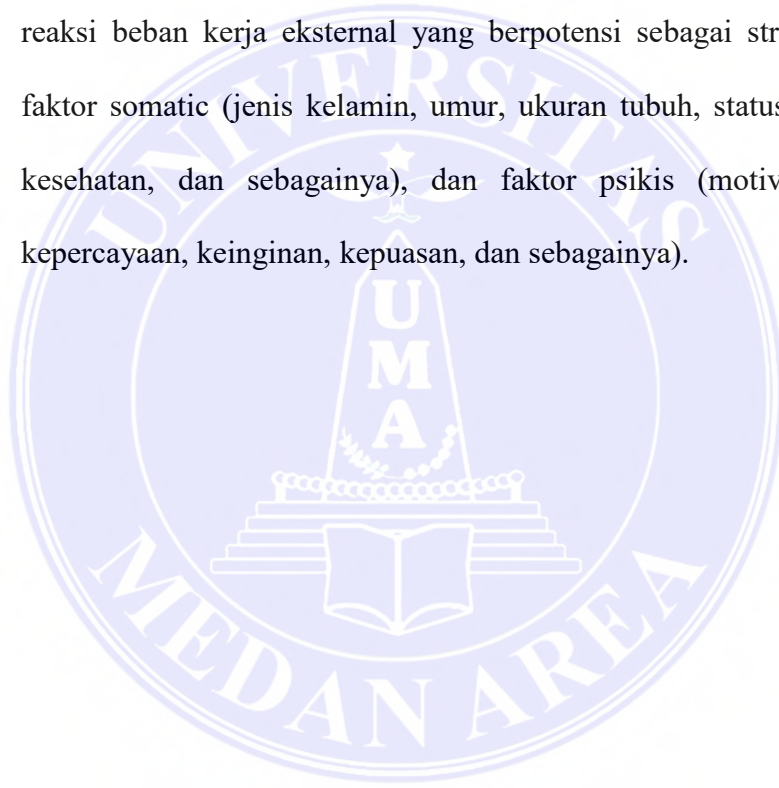
- a. Faktor eksternal: Beban yang berasal dari luar tubuh pekerja, seperti :
  - 1) Tugas (Task). Meliputi tugas bersifat seperti, stasiun kerja, tata ruang tempat kerja, kondisi ruang kerja, kondisi lingkungan kerja, sikap kerja, cara angkut, beban yang diangkat. Sedangkan tugas yang bersifat mental meliputi, tanggung jawab, kompleksitas pekerjaan, emosi pekerjaan dan sebagainya.

2) Organisasi kerja. Meliputi lamanya waktu kerja, waktu istirahat, shift kerja, sistem kerja dan sebagainya.

3) Lingkungan kerja. Lingkungan kerja ini dapat memberikan beban tambahan yang meliputi, lingkungan kerja fisik, lingkungan kerja miniawi, lingkungan kerja biologis dan lingkungan kerja psikologis.

b. Faktor internal

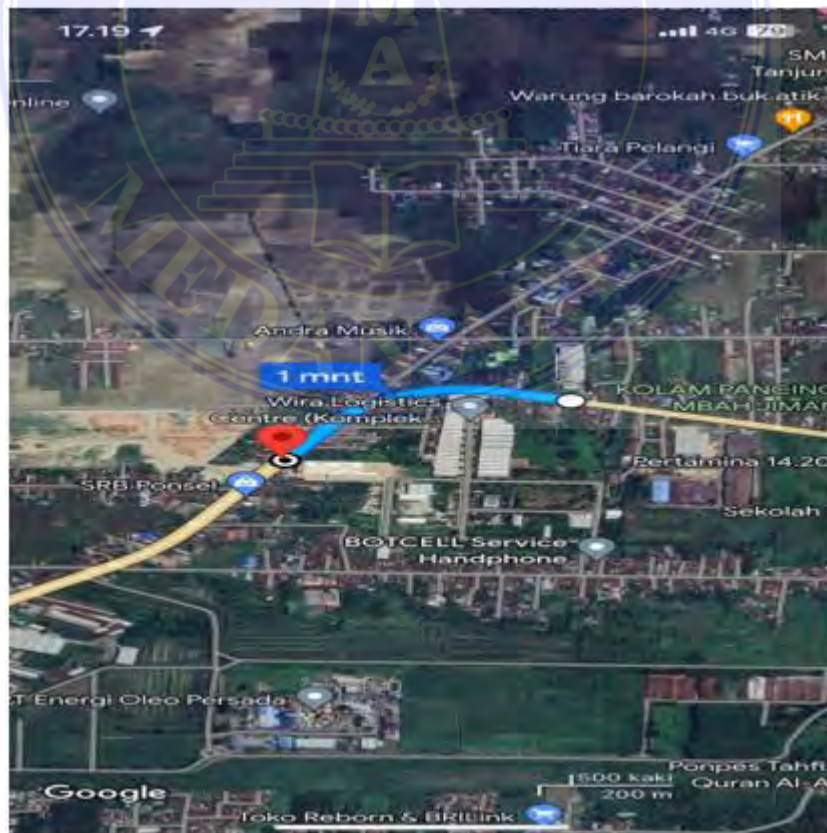
Faktor internal adalah faktor yang berasal dari dalam tubuh akibat dari reaksi beban kerja eksternal yang berpotensi sebagai stresor, meliputi faktor somatic (jenis kelamin, umur, ukuran tubuh, status gizi, kondisi kesehatan, dan sebagainya), dan faktor psikis (motivasi, persepsi, kepercayaan, keinginan, kepuasan, dan sebagainya).



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1. Lokasi Dan Peta Penelitian

Dalam penelitian pada tugas akhir ini, lokasi wilayah studi diperlukan untuk mengumpulkan sejumlah informasi mengenai daerah serta lingkungan tempat atau lokasi penelitian. Untuk itu dilakukan pengambilan data baik secara langsung maupun tidak langsung. Pengambilan data langsung maksudnya adalah peninjauan dan pencatatan atau pengukuran langsung dilakukan di lapangan. Dan yang dimaksud dengan pengambilan data tidak langsung ialah pengambilan data kepada instansi atau pejabat yang berkaitan dengan pengadaan data-data guna membantu memenuhi dan melengkapi data. Pengambilan data di lokasi pada jalan Medan-Tebing tinggi KM 27-28.



Gambar 16. Lokasi Pekerjaan (Dokumen Lapangan, 2022)

### 3.2. Tahapan Awal Penelitian

1. Tahapan pelaksanaan survei adalah proses pengumpulan data yang akan diolah sehingga dapat digunakan sebagai input dalam proses analisis selanjutnya.
2. Survei yang dilakukan adalah survei lalu lintas harian rata-rata, bertujuan untuk mengumpulkan data tentang kondisi jalan yang ditinjau, seperti dat, besarnya arus lalu lintas, dan jumlah kendaraan yang melintas pada lokasi penelitian.
3. Berdasarkan data yang telah diperoleh dari survei dilakukan analisa untuk memperoleh hasil yang diharapkan dari penelitian ini untuk selanjutnya ditulis dalam suatu laporan penelitian.

### 3.3. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data primer terdiri atas:
  - a. Data lalu lintas harian rata-rata (LHR)
  - b. Gambar keadaan jalan
2. Data sekunder terdiri atas:
  - a. Data lalu lintas harian rata-rata(LHR)

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini berupa :

1. Perangkat keras (*hardware*) komputer, printer dan alat tulis
2. Perangkat lunak (*software*) *Microsoft office 2010* dan *Microsoft excel 2010*
3. Kertas kerja, yaitu sebagai tempat untuk mencatat jumlah kendaraan



yang melintas.

4. Alat tulis, yaitu digunakan untuk menulis berupa ballpoint, pena, pensil dan lain-lain.

### 3.4. Metodologi

Pengolahan data untuk penelitian ini adalah metode analisis dengan menggunakan manual *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO). Tahapan penelitian ini terdiri dari pemasukan (*input*), proses (*process*), dan keluaran (*output*).

### 3.5. Pengolahan dan Analisis Data

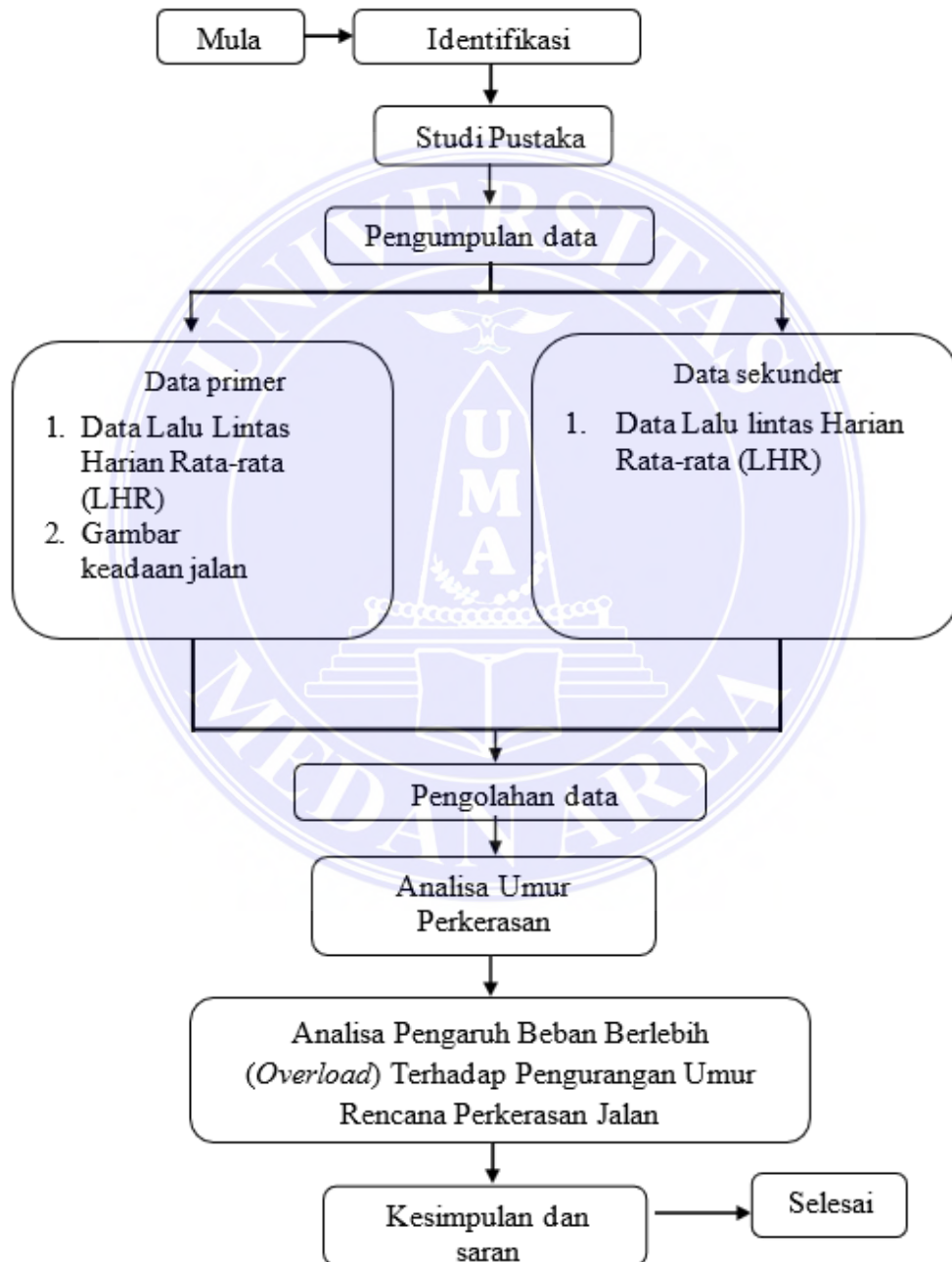
Pengolahan data diperlukan untuk mencari dan menganalisis hasil kejadian berdasarkan parameter perkerasan yang dihitung secara umum untuk tiap-tiap elemen. Setelah pemasukan (*input*) dari parameter perkerasan ini kemudian di proses (*process*) berdasarkan perhitungan yang dicari dan menghasilkan keluaran (*output*) berupa kombinasi antara berat dan umur perkerasan.

### 3.6. Analisis Umur Rencana

Analisis umur rencana yang dilakukan pada studi ini meliputi kegiatan mengolah data mentah sampai didapatkan umur rencana serta pengaruh beban perkerasan kendaraan terhadap % umur perkerasan. Data LHR yang dipakai untuk analisis ini berasal dari hasil survey dilapangan.

### 3.7. Bagan Alir Penelitian

Analisis umur rencana yang dilakukan pada studi ini meliputi kegiatan mengolah data mentah sampai didapatkan umur rencana serta pengaruh beban perkerasan kendaraan terhadap % umur perkerasan. Data LHR yang dipakai untuk analisis ini berasal dari hasil survey dilapangan.



Gambar 17. Bagan Alir Penelitian (Peneliti, 2023)

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan Hasil Analisis Kerusakan Jalan Flexible Akibat Beban Overload Jalan Pada Medan-Tebing tinggi KM 27-28, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh beban berlebih (*Overload*) penambahan beban pada jenis kendaraan dari beban standar akan mengakibatkan perubahan angka ekuivalen yang cukup besar, sehingga beban repetisi selama umur rencana yang dapat dipikul perkerasan tercapai sebelum umur rencana. Penambahan beban melebihi beban sumbu standar pada sumbu kendaraan akan mengakibatkan penambahan daya rusak yang cukup signifikan. Kerusakan terjadi lebih cepat karena konsentrasi beban pada setiap roda kendaraan sangat tinggi akibat jumlah axle yang terbatas apalagi dengan adanya beban berlebih, karena pada perencanaan perkerasan jalan masih mengacu kepada desain kendaraan untuk muatan normal. Mekanisme beban kendaraan dalam mempengaruhi perkerasan jalannya tergantung dari bentuk konfigurasi sumbu kendaraan dan luas bidang kontak ban dengan perkerasan jalan.
2. Berdasarkan analisa nilai *traffic design (ESAL)* pada kondisi normal maka umur sisa perkerasan diperkirakan akan berakhir pada tahun ke 10 Sedangkan dengan adanya pertambahan lalu lintas 5% terjadi pengurangan umur 1 tahun dari umur rencana 10 tahun dengan persentase (-5,0 %) dari (10% ) umur rencana, begitu juga dengan adanya pertambahan lalu lintas

10% terjadi pengurangan dengan persentase (-10 %) dan pada penambahan lalu lintas 15% dengan pengurangan umur perkerasan sebesar 2 tahun dengan persentase (-3,5 %) dan (-15 %) dari umur rencana normal 10 tahun.

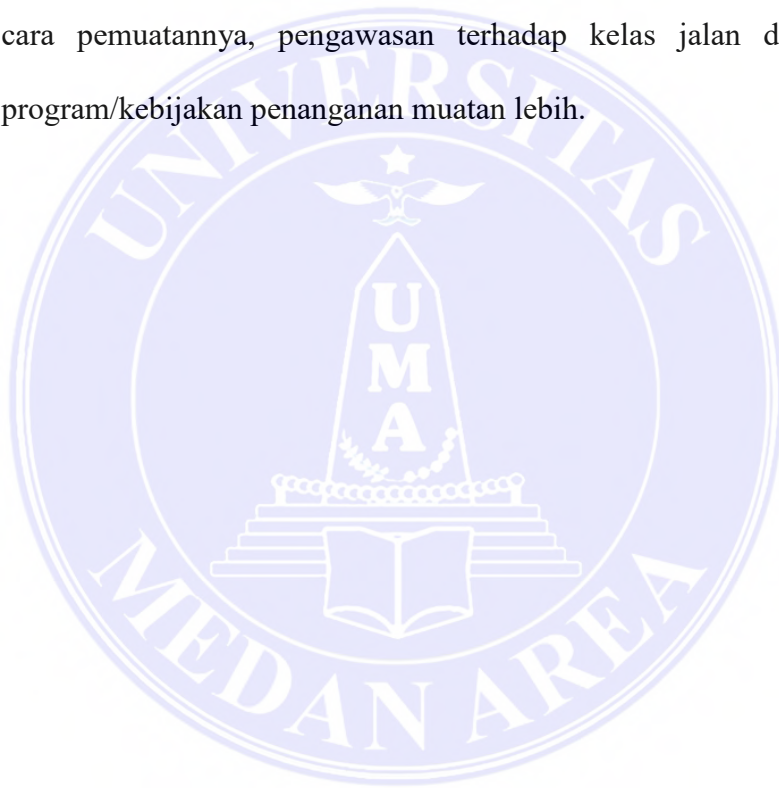
3. Faktor regional berguna untuk memperhatikan kondisi jalan yang berbeda antara jalan yang satu dengan jalan yang lain. Faktor Regional mencakup permeabilitas tanah, kondisi drainase yang ada, kondisi persimpangan yang ramai, pertimbangan teknis dari perencana seperti ketinggian muka air tanah, perbedaan kecepatan akibat adanya hambatan-hambatan tertentu, bentuk alinemen (keadaan medan) serta persentase kendaraan dengan berat  $\geq 13$  ton, dan kendaraan yang berhenti, dan iklim mencakup curah hujan rata-rata pertahun.

## 5.2. Saran

1. Diperlukan kesadaran dari pemakai jalan untuk mematuhi peraturan berat muatan maksimum kendaraan yang dapat melintas pada suatu jalan raya dan diupayakan dapat dilakukan pengawasan yang optimal terhadap pemeliharaan jalan dan berat muatan kendaraan yang melintas pada suatu perkerasan agar jalan tersebut dapat mencapai umur rencana yang diharapkan.
2. Untuk mengangkut barang/muatan yang cukup berat sebaiknya menggunakan kendaraan dengan sumbu yang lebih banyak sehingga daya rusak makin kecil.
3. Adanya denda maupun sanksi pidana yang tegas bagi yang melanggar.
4. Pengawasan dan pengendalian muatan lebih melalui jembatan timbang

dilakukan dengan optimalisasi penyelenggaraan jembatan timbang yang ada dan pengawasan alat penimbangan portable secara intensif terhadap kawasan-kawasan pembangkit muatan lebih.

5. Dalam pengawasan dan pengendalian muatan lebih selain optimalisasi jembatan timbang yang dioperasikan, juga dilakukan dengan pengendalian terhadap modifikasi rancang bangun dengan pengawasan standar teknis mengenai jenis kendaraan bermotor, ukuran dimensi bak muatan serta tata cara pemuatannya, pengawasan terhadap kelas jalan dan sosialisasi program/kebijakan penanganan muatan lebih.





## DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO (1993) *Guide For Design Of Pavement Structures*. Washington DC.  
AASHTO (1993) Nilai Penyimpangan Normal Standar (*Standar Normal Deviate*)
- Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 1989 *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan raya dengan Metode Analisa Komponen*.1989. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 2005 *Ketentuan Beban Sumbu Standar (Standar Axle Load) Kendaraan*.2005. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 1997 *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*.2005 Sweroad dan PT. Bina Karya, Jakarta
- Firdaus (1999) *Analisis Dampak Negatif Beban Berlebih (Overload) terhadap Perkerasan Jalan*, Pekanbaru: Prosiding Konferensi Regional Teknik Jalan Ke-6 Wilayah Barat.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. 1999.Bandung: Nova.
- Undang – undang No.22 Tahun 2009, Tentang Lalu – lintas Angkutan Jalan.
- Koestalam, P., Sutoyo (2010) *Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Jenis Lentur dan Jenis Kaku (Sesuai AASTHO, 1986 & 1993)*.Jakarta: PT. Mediatama Saptakarya.
- Asikin, Zainal. (1990), *Kualitas Tentang Operasi Angkutan Umum*, Erlangga.Jakarta.
- A'an, N.s dan Darman R. (2005), *Peraturan Faktor Muat Angkutan Umum*, Yudistira, Surabaya.
- Bell, K. L, (1972), *Terjemahan Fidel Miro, MStr. Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi*, Erlangga. Jakarta.
- Bruton (1975), *Pemilihan Kategori Dalam Melakukan Perjalanan*, Co. Ltd;.London.

Direktorat Jendral Bina Marga, (1970) *Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Direktorat Jendral Bina Marga, (1997) *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)* Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Giannopolous, GA (1989), *Tipe Utama Sistem Jaringan Angkutan Perkotaan*,

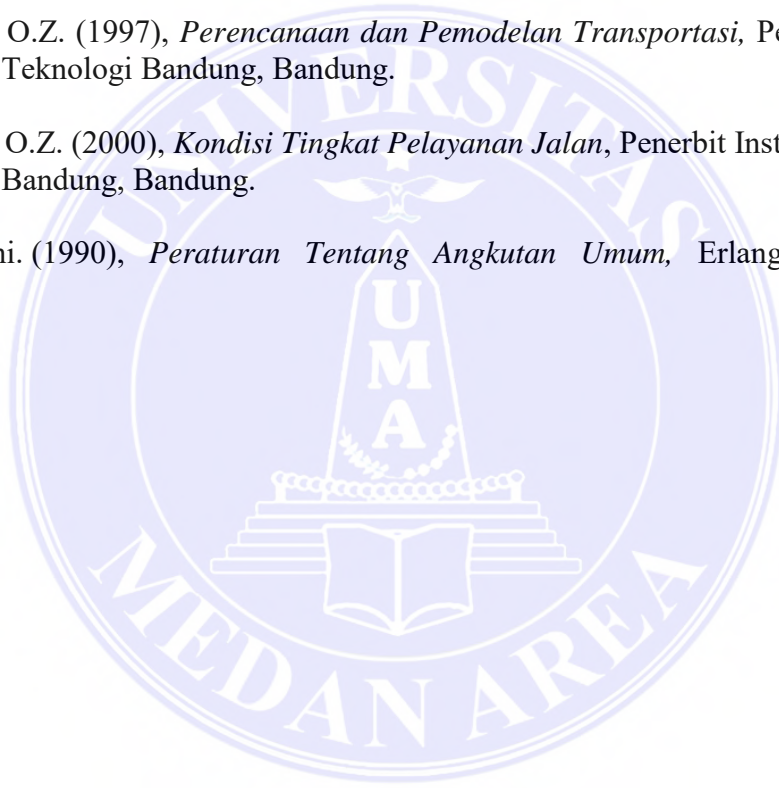
Marlok, E.K. (1978), *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, Erlangga, Jakarta.

Marlok, E.K. (1998), *Klasifikasi Tingkat Pelayanan Jalan*, Terjemahan Yani Sianipar, Erlangga, Jakarta.

Tamin, O.Z. (1997), *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Penerbit Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Tamin, O.Z. (2000), *Kondisi Tingkat Pelayanan Jalan*, Penerbit Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Warpani. (1990), *Peraturan Tentang Angkutan Umum*, Erlangga, Jakarta



## LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Lalu lintas Harian Rata-rata 25 September 2023

Pukul	Medan – T.TINGGI KM 27-28											
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8
06.00 – 06.15	110	12	15	5	1	1	2	21	5	0	0	3
06.15 – 06.30	135	20	19	4	2	1	1	13	7	0	0	1
06.30 – 06.45	209	39	21	6	1	1	7	20	11	1	0	2
06.45 – 07.00	293	74	24	5	0	2	9	15	11	0	0	2
	<b>747</b>	<b>145</b>	<b>79</b>	<b>20</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>19</b>	<b>69</b>	<b>34</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>8</b>
07.00 – 07.15	411	60	18	7	0	0	11	13	5	0	0	0
07.15 – 07.30	547	82	16	9	0	0	7	13	8	0	0	1
07.30 – 07.45	615	86	19	10	0	0	15	26	4	0	0	2
07.45 – 08.00	666	60	16	6	0	0	18	10	4	0	1	1
	<b>2239</b>	<b>288</b>	<b>69</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>51</b>	<b>62</b>	<b>21</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
08.00 – 08.15	607	84	16	12	0	0	32	12	6	0	0	0
08.15 – 08.30	490	73	12	7	0	0	35	11	7	1	0	0
08.30 – 08.45	339	46	10	12	0	0	28	9	13	0	1	1
08.45 – 09.00	227	55	14	12	0	0	37	9	12	0	0	1
	<b>1663</b>	<b>258</b>	<b>52</b>	<b>43</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>132</b>	<b>41</b>	<b>38</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
09.00 – 09.15	211	57	18	12	0	0	25	17	13	2	0	1
09.15 – 09.30	208	56	14	21	0	0	23	7	12	2	0	0
09.30 – 09.45	221	70	11	15	0	0	30	13	7	0	0	0
09.45 – 10.00	173	82	15	29	0	0	21	29	8	0	0	2
	<b>813</b>	<b>265</b>	<b>58</b>	<b>77</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>99</b>	<b>66</b>	<b>40</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
10.00 – 10.15	124	47	14	18	1	0	23	12	17	1	0	0
10.15 – 10.30	159	57	14	26	0	0	37	14	23	0	0	0
10.30 – 10.45	119	53	12	24	0	0	32	13	24	1	0	0
10.45 – 11.00	126	55	16	23	0	0	31	12	14	1	1	0
	<b>528</b>	<b>212</b>	<b>56</b>	<b>91</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>123</b>	<b>51</b>	<b>78</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
11.00 – 11.15	130	50	10	21	0	0	45	16	22	1	0	0
11.15 – 11.30	152	54	17	24	1	0	37	7	20	0	2	0
11.30 – 11.45	149	60	9	24	0	0	31	15	17	0	0	0
11.45 – 12.00	132	63	14	19	1	1	32	14	13	3	1	0
	<b>563</b>	<b>227</b>	<b>50</b>	<b>88</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>145</b>	<b>52</b>	<b>72</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
12.00 – 12.15	117	38	19	25	0	1	25	35	7	3	0	0
12.15 – 12.30	155	23	22	14	0	0	21	17	20	3	1	0
12.30 – 12.45	161	47	18	18	1	1	24	12	18	0	1	0
12.45 – 13.00	154	46	21	12	0	0	16	14	18	1	3	0
	<b>587</b>	<b>154</b>	<b>80</b>	<b>69</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>86</b>	<b>78</b>	<b>63</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>0</b>
13.00 – 13.15	115	43	28	7	2	0	25	16	17	0	1	1
13.15 – 13.30	148	43	24	30	1	0	40	21	8	0	1	1
13.30 – 13.45	169	40	20	24	0	0	26	19	16	0	1	0
13.45 – 14.00	163	52	7	27	0	0	27	14	11	3	0	0
	<b>595</b>	<b>178</b>	<b>79</b>	<b>88</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>118</b>	<b>70</b>	<b>52</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
14.00 – 14.15	166	51	15	29	0	0	21	26	17	1	4	0
14.15 – 14.30	163	67	13	20	0	0	26	25	16	0	1	2
14.30 – 14.45	190	66	17	31	0	0	32	28	20	1	1	0
14.45 – 15.00	161	50	14	28	1	0	19	20	16	0	2	0
	<b>680</b>	<b>234</b>	<b>59</b>	<b>108</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>98</b>	<b>99</b>	<b>69</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>2</b>
15.00 – 15.15	159	32	20	31	0	0	19	26	8	1	1	0
15.15 – 15.30	142	43	10	33	0	0	35	23	14	1	2	0
15.30 – 15.45	144	37	11	31	1	0	24	30	20	4	2	0
15.45 – 16.00	172	44	10	27	1	0	15	21	7	4	0	0
	<b>617</b>	<b>156</b>	<b>51</b>	<b>122</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>93</b>	<b>100</b>	<b>49</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>0</b>
16.00 – 16.15	170	35	16	22	0	0	26	19	18	3	1	0
16.15 – 16.30	183	44	18	33	1	0	18	19	19	0	1	0
16.30 – 16.45	226	42	14	33	2	1	30	22	15	3	0	0
16.45 – 17.00	292	57	13	32	2	0	33	17	10	1	4	0
	<b>871</b>	<b>178</b>	<b>61</b>	<b>120</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>107</b>	<b>77</b>	<b>62</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>0</b>
17.00 – 17.15	374	53	13	27	2	0	27	15	7	3	2	2
17.15 – 17.30	416	51	13	20	1	1	11	13	11	1	0	0
17.30 – 17.45	337	50	19	25	1	0	11	10	17	2	0	0
17.45 – 18.00	288	54	16	20	1	0	14	9	15	1	1	0
	<b>1415</b>	<b>208</b>	<b>61</b>	<b>92</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>63</b>	<b>47</b>	<b>50</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>2</b>

Type Kendaraan:

1. Sepeda, Sepeda Motor, Roda 3
2. Sedan, Jeep, Bermotor
3. Pick-up, Mini Bus,
4. Pick-Up, Mikro truk, Mobil Hantaran

- 5a. Bus Kecil
- 5b. Bus Besar
- 6a. Truck Ringan 2 Sumbu
- 6b. Truck Sedang 2 Sumbu
- 7a. Truck 3 Sumbu
- 7b. Truck Gandengan

- 7c. Truck Semi Trailer
8. Kendaraan Tidak

Lampiran 2. Data Lalu lintas Harian Rata-rata 26 September 2023

Pukul	Medan –T.TINGGI KM 27-28											
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8
06.00 – 06.15	110	12	15	5	1	1	2	21	5	0	0	3
06.15 – 06.30	135	20	19	4	2	1	1	13	7	0	0	1
06.30 – 06.45	209	39	21	6	1	1	7	20	11	1	0	2
06.45 – 07.00	293	74	24	5	0	2	9	15	11	0	0	2
	<b>747</b>	<b>145</b>	<b>79</b>	<b>20</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>19</b>	<b>69</b>	<b>34</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>8</b>
07.00 – 07.15	411	60	18	7	0	0	11	13	5	0	0	0
07.15 – 07.30	547	82	16	9	0	0	7	13	8	0	0	1
07.30 – 07.45	615	86	19	10	0	0	15	26	4	0	0	2
07.45 – 08.00	666	60	16	6	0	0	18	10	4	0	1	1
	<b>2239</b>	<b>288</b>	<b>69</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>51</b>	<b>62</b>	<b>21</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
08.00 – 08.15	607	84	16	12	0	0	32	12	6	0	0	0
08.15 – 08.30	490	73	12	7	0	0	35	11	7	1	0	0
08.30 – 08.45	339	46	10	12	0	0	28	9	13	0	1	1
08.45 – 09.00	227	55	14	12	0	0	37	9	12	0	0	1
	<b>1663</b>	<b>258</b>	<b>52</b>	<b>43</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>132</b>	<b>41</b>	<b>38</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
09.00 – 09.15	211	57	18	12	0	0	25	17	13	2	0	1
09.15 – 09.30	208	56	14	21	0	0	23	7	12	2	0	0
09.30 – 09.45	221	70	11	15	0	0	30	13	7	0	0	0
09.45 – 10.00	173	82	15	29	0	0	21	29	8	0	0	2
	<b>813</b>	<b>265</b>	<b>58</b>	<b>77</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>99</b>	<b>66</b>	<b>40</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
10.00 – 10.15	124	47	14	18	1	0	23	12	17	1	0	0
10.15 – 10.30	159	57	14	26	0	0	37	14	23	0	0	0
10.30 – 10.45	119	53	12	24	0	0	32	13	24	1	0	0
10.45 – 11.00	126	55	16	23	0	0	31	12	14	1	1	0
	<b>528</b>	<b>212</b>	<b>56</b>	<b>91</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>123</b>	<b>51</b>	<b>78</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
11.00 – 11.15	130	50	10	21	0	0	45	16	22	1	0	0
11.15 – 11.30	152	54	17	24	1	0	37	7	20	0	2	0
11.30 – 11.45	149	60	9	24	0	0	31	15	17	0	0	0
11.45 – 12.00	132	63	14	19	1	1	32	14	13	3	1	0
	<b>563</b>	<b>227</b>	<b>50</b>	<b>88</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>145</b>	<b>52</b>	<b>72</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
12.00 – 12.15	117	38	19	25	0	1	25	35	7	3	0	0
12.15 – 12.30	155	23	22	14	0	0	21	17	20	3	1	0
12.30 – 12.45	161	47	18	18	1	1	24	12	18	0	1	0
12.45 – 13.00	154	46	21	12	0	0	16	14	18	1	3	0
	<b>587</b>	<b>154</b>	<b>80</b>	<b>69</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>86</b>	<b>78</b>	<b>63</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>0</b>
13.00 – 13.15	115	43	28	7	2	0	25	16	17	0	1	1
13.15 – 13.30	148	43	24	30	1	0	40	21	8	0	1	1
13.30 – 13.45	169	40	20	24	0	0	26	19	16	0	1	0
13.45 – 14.00	163	52	7	27	0	0	27	14	11	3	0	0
	<b>595</b>	<b>178</b>	<b>79</b>	<b>88</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>118</b>	<b>70</b>	<b>52</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
14.00 – 14.15	166	51	15	29	0	0	21	26	17	1	4	0
14.15 – 14.30	163	67	13	20	0	0	26	25	16	0	1	2
14.30 – 14.45	190	66	17	31	0	0	32	28	20	1	1	0
14.45 – 15.00	161	50	14	28	1	0	19	20	16	0	2	0
	<b>680</b>	<b>234</b>	<b>59</b>	<b>108</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>98</b>	<b>99</b>	<b>69</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>2</b>
15.00 – 15.15	159	32	20	31	0	0	19	26	8	1	1	0
15.15 – 15.30	142	43	10	33	0	0	35	23	14	1	2	0
15.30 – 15.45	144	37	11	31	1	0	24	30	20	4	2	0
15.45 – 16.00	172	44	10	27	1	0	15	21	7	4	0	0
	<b>617</b>	<b>156</b>	<b>51</b>	<b>122</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>93</b>	<b>100</b>	<b>49</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>0</b>
16.00 – 16.15	170	35	16	22	0	0	26	19	18	3	1	0
16.15 – 16.30	183	44	18	33	1	0	18	19	19	0	1	0
16.30 – 16.45	226	42	14	33	2	1	30	22	15	3	0	0
16.45 – 17.00	292	57	13	32	2	0	33	17	10	1	4	0
	<b>871</b>	<b>178</b>	<b>61</b>	<b>120</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>107</b>	<b>77</b>	<b>62</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>0</b>
17.00 – 17.15	374	53	13	27	2	0	27	15	7	3	2	2
17.15 – 17.30	416	51	13	20	1	1	11	13	11	1	0	0
17.30 – 17.45	337	50	19	25	1	0	11	10	17	2	0	0
17.45 – 18.00	288	54	16	20	1	0	14	9	15	1	1	0
	<b>1415</b>	<b>208</b>	<b>61</b>	<b>92</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>63</b>	<b>47</b>	<b>50</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>2</b>

Lampiran 3. Data Lalu lintas Harian Rata-rata 30 September 2023

Pukul	MEDAN – T.TINGGI											
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8
06.00 - 06.15	78	9	9	6	0	0	1	2	6	0	0	2
06.15 - 06.30	121	18	15	5	1	1	3	3	7	0	0	2
06.30 - 06.45	188	30	31	2	0	0	2	4	7	1	0	0
06.45 - 07.00	238	46	30	5	2	0	2	5	7	0	1	2
	<b>625</b>	<b>103</b>	<b>85</b>	<b>18</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>27</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>6</b>
07.00 - 07.15	389	59	33	5	0	0	2	3	6	0	1	6
07.15 - 07.30	456	67	37	10	2	0	3	5	14	1	3	11
07.30 - 07.45	544	44	36	4	0	1	2	5	2	2	1	9
07.45 - 08.00	613	66	25	13	0	0	11	9	10	0	0	11
	<b>2002</b>	<b>236</b>	<b>131</b>	<b>32</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>32</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>37</b>
08.00 - 08.15	408	51	31	12	1	0	18	7	12	1	2	7
08.15 - 08.30	394	44	29	11	1	0	17	6	12	1	0	2
08.30 - 08.45	340	40	37	15	1	0	12	6	6	2	1	7
08.45 - 09.00	333	56	35	21	0	0	24	14	13	1	3	3
	<b>1475</b>	<b>191</b>	<b>132</b>	<b>59</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>71</b>	<b>33</b>	<b>43</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>19</b>
09.00 - 09.15	266	45	26	25	0	0	28	8	10	3	1	8
09.15 - 09.30	251	54	30	28	0	0	28	18	17	1	1	7
09.30 - 09.45	214	50	24	33	0	0	29	13	10	3	0	2
09.45 - 10.00	199	48	30	21	2	1	38	16	13	0	1	3
	<b>930</b>	<b>197</b>	<b>110</b>	<b>107</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>123</b>	<b>55</b>	<b>50</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>20</b>
10.00 - 10.15	191	48	26	23	0	0	33	15	16	1	1	7
10.15 - 10.30	208	54	28	29	0	0	40	12	16	0	1	5
10.30 - 10.45	124	61	26	27	1	0	45	5	13	1	2	9
10.45 - 11.00	197	51	19	23	0	0	32	15	21	1	1	8
	<b>720</b>	<b>214</b>	<b>99</b>	<b>102</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>150</b>	<b>47</b>	<b>66</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>29</b>
11.00 - 11.15	164	71	25	17	0	0	42	10	17	5	0	4
11.15 - 11.30	185	45	28	27	1	0	41	15	14	1	2	4
11.30 - 11.45	167	55	19	31	0	0	23	8	16	1	1	0
11.45 - 12.00	168	40	27	21	0	0	32	13	11	1	3	2
	<b>684</b>	<b>211</b>	<b>99</b>	<b>96</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>138</b>	<b>46</b>	<b>58</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>10</b>
12.00 - 12.15	162	48	29	25	0	0	34	14	18	0	1	2
12.15 - 12.30	169	50	19	24	0	0	33	14	17	2	0	1
12.30 - 12.45	228	102	35	15	0	0	31	16	8	0	1	0
12.45 - 13.00	181	97	18	16	0	0	20	8	9	0	2	0
	<b>740</b>	<b>297</b>	<b>101</b>	<b>80</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>118</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
13.00 - 13.15	217	51	26	16	0	0	25	16	11	0	2	2
13.15 - 13.30	182	48	25	19	0	0	25	8	11	1	1	0
13.30 - 13.45	160	53	19	19	0	0	24	9	12	0	0	1
13.45 - 14.00	185	54	21	23	0	0	34	13	17	1	2	2
	<b>744</b>	<b>206</b>	<b>91</b>	<b>77</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>108</b>	<b>46</b>	<b>51</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
14.00 - 14.15	159	58	22	25	0	0	38	12	13	1	3	2
14.15 - 14.30	151	51	16	21	1	0	36	12	10	3	2	0
14.30 - 14.45	186	63	22	31	1	0	35	11	15	1	1	0
14.45 - 15.00	185	52	19	26	0	0	42	12	17	1	3	0
	<b>681</b>	<b>224</b>	<b>79</b>	<b>103</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>151</b>	<b>47</b>	<b>55</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>2</b>
15.00 - 15.15	145	48	16	28	0	0	36	15	7	0	1	1
15.15 - 15.30	229	45	25	30	0	0	37	8	14	0	1	0
15.30 - 15.45	173	44	18	43	0	1	40	18	14	0	0	0
15.45 - 16.00	230	54	21	27	0	0	42	11	13	0	1	0
	<b>777</b>	<b>191</b>	<b>80</b>	<b>128</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>155</b>	<b>52</b>	<b>48</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
16.00 - 16.15	200	41	19	19	1	0	30	12	16	0	0	0
16.15 - 16.30	242	53	12	17	1	0	41	12	11	0	2	0
16.30 - 16.45	276	47	21	29	0	0	37	16	15	0	0	0
16.45 - 17.00	395	50	21	26	1	1	18	7	12	0	1	0
	<b>1113</b>	<b>191</b>	<b>73</b>	<b>91</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>126</b>	<b>47</b>	<b>54</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
17.00 - 17.15	383	58	25	18	0	0	16	10	19	0	1	7
17.15 - 17.30	484	67	20	28	0	0	35	21	19	0	0	4
17.30 - 17.45	520	88	22	23	2	0	25	14	27	3	1	1
17.45 - 18.00	469	74	21	14	2	1	25	9	11	0	0	1
	<b>1856</b>	<b>287</b>	<b>88</b>	<b>83</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>101</b>	<b>54</b>	<b>76</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>13</b>



Lampiran 4. Dokumentasi Lapangan



Lampiran 5. Dokumentasi Lapangan



Lampiran 6. Dokumentasi Lapangan



Lampiran 7. Dokumentasi Lapangan



### Lampiran 8. Dokumentasi Lapangan



### Lampiran 9. Dokumentasi Lapangan





### Lampiran 10. Dokumentasi Lapangan

