

**PENGARUH BEBAN KENDARAAN  
TERHADAP KERUSAKAN PERKERASAN LENTUR (ASPAL)**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**ISKANDAR OCTOVIAN  
178110198**



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

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

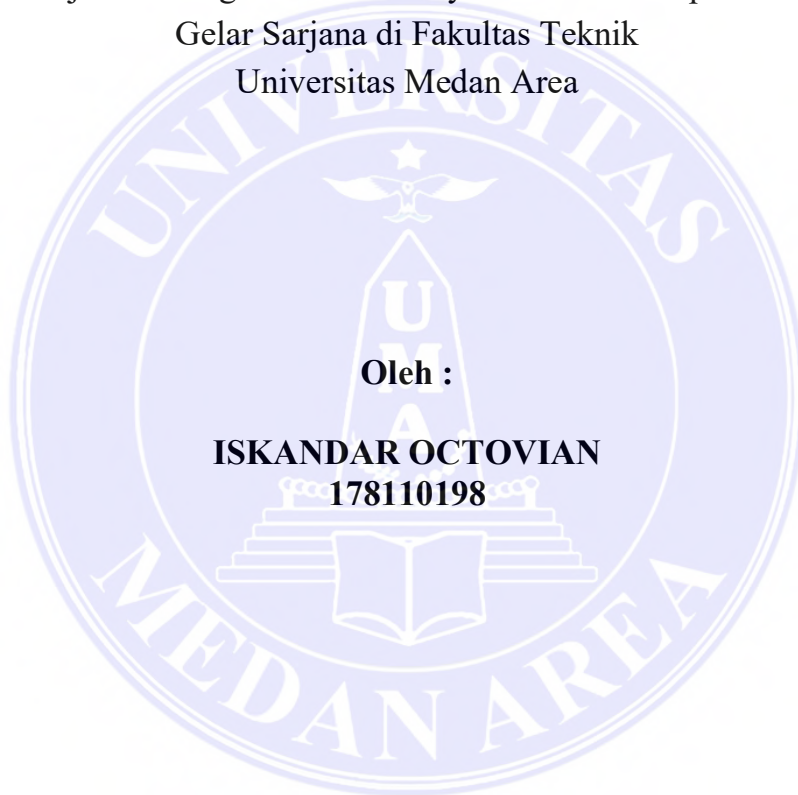
Document Accepted 18/1/24

Access From (repository.uma.ac.id)18/1/24

**PENGARUH BEBAN KENDARAAN  
TERHADAP KERUSAKAN PERKERASAN LENTUR (ASPAL)**

**SKRIPSI**

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



**Oleh :**

**ISKANDAR OCTOVIAN  
178110198**

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

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 18/1/24

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)18/1/24

Judul Skripsi : Pengaruh Beban Kendaraan Terhadap Kerusakan Perkerasan Lentur (Aspal)

Nama : Iskandar Octovian

NPM : 17.811.0198

Fakultas : Teknik Sipil

Disetujui Oleh  
Pembimbing



Hermansyah, S.T., M.T.  
NIDN. 0106088004

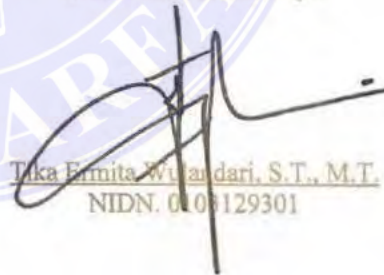
M  
A  
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Rahmat Syah, S.Kom., M.Kom.  
NIDN. 01050588004



Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T.  
NIDN. 0108129301

Tanggal Lulus : 10 Agustus 2023

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya 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 sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 10 Agustus 2023



Iskandar Octovian  
NIM. 178110198

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Iskandar Octovian

NPM : 178110198

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: Pengaruh Beban Kendaraan Terhadap Kerusakan Perkerasan Lentur (Aspal), beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/ format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan 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 : 10 Agustus 2023

Yang menyatakan,

Iskandar Octovian



## ABSTRAK

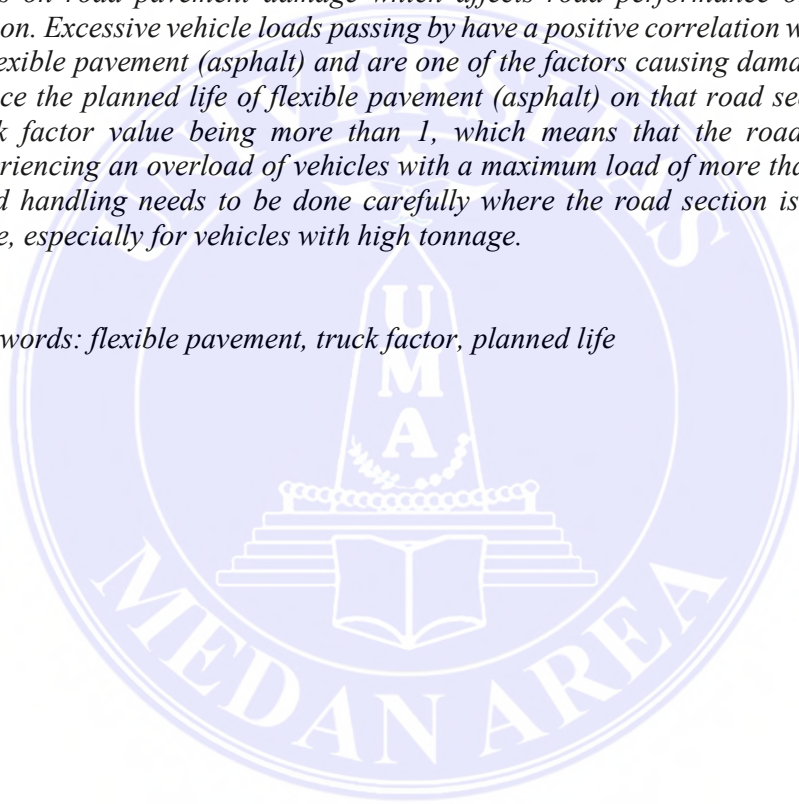
Salah satu infrastruktur yang memiliki fungsi vital adalah jalan. Dalam fungsinya sebagai penghubung suatu wilayah ke wilayah lain, jalan harus dapat memberikan kenyamanan bagi pengguna jalan. Seiring pertumbuhan populasi yang bergerak lurus dengan pertumbuhan lalu lintas, jalan akan mengalami penurunan fungsi strukturalnya sesuai dengan bertambahnya umur. Ruas jalan Sp. Ujung Aji – bts. kota Kabanjahe merupakan salah satu ruas jalan dengan tingkat kepadatan yang tinggi di provinsi Sumatera Utara, dimana wilayah tersebut merupakan jalur pariwisata ke kabupaten Karo maupun sebagai penghubung ke wilayah administrasi lainnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh beban kendaraan terhadap kerusakan perkerasan lentur pada ruas jalan Sp. Ujung Aji – bts. kota Kabanjahe untuk selanjutnya mengetahui dampak beban kendaraan terhadap kerusakan perkerasan jalan yang mempengaruhi kinerja jalan pada ruas jalan tersebut. Beban kendaraan berlebih yang melintas berkorelasi positif terhadap kerusakan perkerasan lentur (aspal) dan menjadi salah satu faktor penyebab kerusakan yang dapat mengurangi umur rencana perkerasan lentur (aspal) pada ruas jalan tersebut. Hasil nilai *truck factor* yang lebih dari 1, yang berarti ruas jalan tersebut mengalami beban berlebih (*overload*) terhadap kendaraan dengan beban maksimum diatas 8 Ton. Penanganan jalan perlu dilakukan secara hati-hati dimana ruas jalan tersebut merupakan jalur perlintasan, terutama kendaraan dengan tonase yang tinggi.

Kata kunci : perkerasan lentur, *truck factor*, umur rencana

## **ABSTRACT**

*One infrastructure that has a vital function is roads. In its function as a link between one region and another, roads must be able to provide comfort for road users. As population growth moves in line with traffic growth, roads will experience a decline in their structural function as they age. Sp. Ujung Aji – bts. Kabanjahe city is one of the roads with a high density in North Sumatra, where this area is a tourism route to Karo district and as a link to other administrative areas. The aim of this research is to determine the effect of vehicle load on flexible pavement damage on the Sp. Ujung Aji – bts. kota Kabanjahe to further determine the impact of vehicle loads on road pavement damage which affects road performance on this road section. Excessive vehicle loads passing by have a positive correlation with damage to flexible pavement (asphalt) and are one of the factors causing damage that can reduce the planned life of flexible pavement (asphalt) on that road section. If the truck factor value being more than 1, which means that the road section is experiencing an overload of vehicles with a maximum load of more than 8 tonnes. Road handling needs to be done carefully where the road section is a crossing route, especially for vehicles with high tonnage.*

*Key words: flexible pavement, truck factor, planned life*



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Banda Aceh pada tanggal 22 Oktober 1987 dari Ayah Drs. Ruslan Manurung (alm.) dan Ibu Nurhaida S. Panjaitan. Penulis merupakan anak ke-4 dari 4 (empat) bersaudara.

Tahun 2005 Penulis lulus dari SMA Negeri 4 Surabaya dan pada tahun 2017 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) pada Proyek Pembangunan Gedung Columbia Asia Hospital Medan.





## 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 penelitian ini ialah Transportasi dengan judul Pengaruh Beban Kendaraan terhadap Kerusakan Perkerasan Lentur (Aspal).

Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Hermansyah, S.T., M.T. selaku pembimbing serta Bapak Ir. Irwan, M.T., Ibu Ir. Nurmaidah, M.T., dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada pegawai Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Sumatera Utara yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ibu, Nurhaida S. Panjaitan, Istri, Anastasya Marina Marintan, Anak, Edzhar Dominic, serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya.

Penulis menyadari bahwa tugas skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis,

**Iskandar Octovian**

## DAFTAR ISI

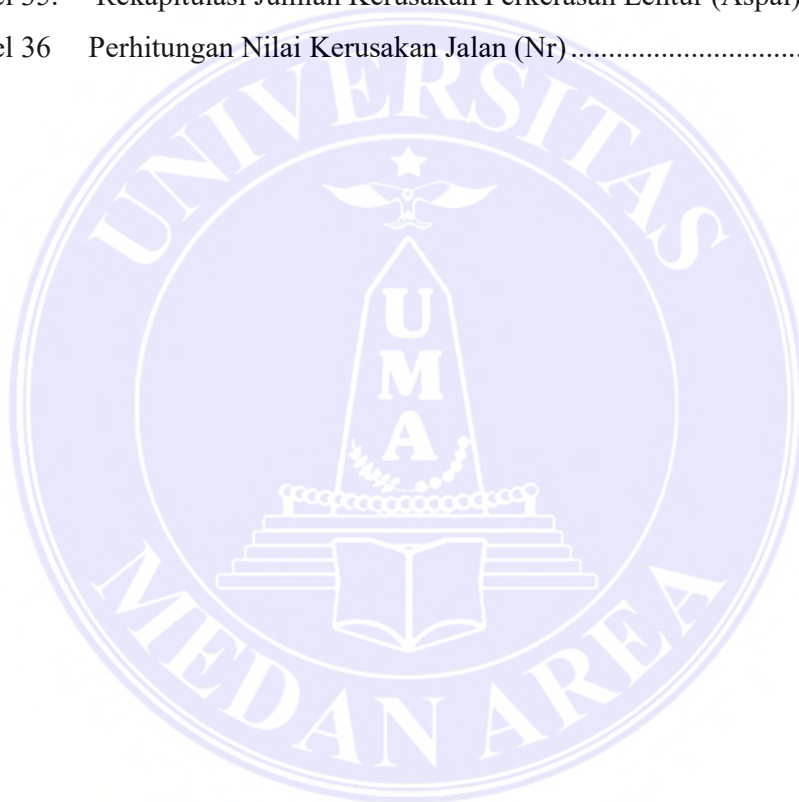
	Halaman
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I     PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Rumusan Masalah .....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II    TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Terdahulu .....	5
2.2 Jalan.....	7
2.3 Lalu Lintas Harian Rata-Rata.....	11
2.4 Kapasitas Jalan .....	12
2.4.1 Jumlah Jalur & Koefisien Distribusi Kendaraan (C) ....	14
2.4.2 Kecepatan Tempuh (V).....	15
2.4.3 Lalu Lintas pada Lajur Rencana .....	15
2.4.4 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas.....	16
2.4.5 Faktor Ekuivalen Beban ( <i>Vehicle Damage Factor</i> ).....	17
2.5 Arus dan Komposisi Lalu Lintas.....	21
2.5.1 Hubungan Dasar Variabel Lalu Lintas.....	22
2.6 Perkerasan Jalan .....	23
2.6.1 Penyebab Kerusakan Jalan.....	32
2.6.2 Jenis Kerusakan Perkerasan Jalan.....	34
2.6.3 Penilaian Kerusakan Perkerasan Jalan.....	48

<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN</b>	
3.1	Pendekatan Penelitian .....	51
3.2	Lokasi Penelitian .....	52
3.3	Jenis dan Sumber Data Penelitian .....	53
3.4	Teknik Pengumpulan Data .....	54
3.5	Tahapan Pelaksanaan Penelitian .....	55
3.6	Bagan Alir Penelitian .....	56
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1	Data-Data Lokasi Penelitian .....	57
4.2	Pertumbuhan Lalu Lintas .....	57
4.3	Perhitungan Umur Sisa Perkerasan .....	60
4.4	Kondisi Kerusakan Perkerasan Lentur .....	67
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1	Kesimpulan.....	71
5.2	Saran.....	72
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	73
<b>LAMPIRAN</b>	.....	74

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan .....	14
Tabel 2.	Koefisien Distribusi Kendaraan (C).....	14
Tabel 3.	Faktor Distribusi Lajur (DL).....	16
Tabel 4.	Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%) .....	16
Tabel 5.	Pengumpulan Data Beban Gandar .....	17
Tabel 6.	Nilai VDF Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga Berdasarkan Jenis Kendaraan dan Jenis Muatan .....	19
Tabel 7.	Nilai VDF Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga .....	20
Tabel 8.	Faktor Ekuivalen (FE),menurut Sukirman, 1999.....	22
Tabel 9.	Perhitungan CBR Tanah Dasar .....	27
Tabel 10.	Sistem Jaringan Jalan dan Parameter Perencanaannya .....	28
Tabel 11.	Penilaian Indeks Permukaan (IP).....	30
Tabel 12.	Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR).....	30
Tabel 13.	Tingkat Fungsi Pelayanan Jalan.....	31
Tabel 14.	Tingkat Kerusakan Perkerasan.....	49
Tabel 15.	Bobot Kerusakan Perkerasan .....	49
Tabel 16.	Persentase Area Kerusakan Perkerasan .....	50
Tabel 17.	Data Teknis Jalan Lokasi Penelitian .....	57
Tabel 18.	Volume Lalu Lintas .....	57
Tabel 19.	Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas .....	58
Tabel 20.	Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%) .....	58
Tabel 21.	Volume Lalu Lintas Kendaraan .....	58
Tabel 22.	Golongan dan Kelompok Jenis Kendaraan.....	59
Tabel 23.	Angka Ekuivalensi Beban Normal.....	60
Tabel 24.	Nilai ESAL $W_{18}$ Tahun 2022.....	60
Tabel 25.	Nilai ESAL $W_{18}$ Tahun 2023.....	61
Tabel 26.	Nilai ESAL $W_{18}$ Tahun 2024.....	62

Tabel 27.	Nilai ESAL $W_{18}$ Tahun 2025 .....	62
Tabel 28.	Nilai ESAL $W_{18}$ Tahun 2026 .....	63
Tabel 29.	Nilai ESAL $W_{18}$ Tahun 2027 .....	63
Tabel 30.	Nilai ESAL $W_{18}$ Tahun 2028 .....	64
Tabel 31.	Nilai ESAL $W_{18}$ Tahun 2029 .....	64
Tabel 32.	Nilai ESAL $W_{18}$ Tahun 2030 .....	65
Tabel 33.	Nilai ESAL $W_{18}$ Tahun 2031 .....	65
Tabel 34.	Catatan Kondisi Perkerasan Lentur (Aspal).....	68
Tabel 35.	Rekapitulasi Jumlah Kerusakan Perkerasan Lentur (Aspal).....	69
Tabel 36	Perhitungan Nilai Kerusakan Jalan (Nr) .....	69





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Bagian-Bagian Jalan Berdasarkan UU No. 38 Tahun 2004.....	11
Gambar 2.	Retak Halus .....	35
Gambar 3.	Retak Kulit Buaya .....	36
Gambar 4.	Retak Pinggir.....	37
Gambar 5.	Retak Sambungan Bahu dan Perkerasan.....	37
Gambar 6.	Retak Sambungan Jalan .....	38
Gambar 7.	Retak Sambungan Pelebaran Jalan.....	39
Gambar 8.	Retak Refleksi .....	40
Gambar 9.	Retak Susut.....	40
Gambar 10.	Pola Retak Susut.....	41
Gambar 11.	Retak Selip .....	41
Gambar 12.	Alur (ruts).....	42
Gambar 13.	Keriting (corrugation) .....	43
Gambar 14.	Sungkur (shoving).....	44
Gambar 15.	Amblas (grade depressions) .....	44
Gambar 16.	Jembul (upheal).....	45
Gambar 17.	Lubang (pathholes).....	45
Gambar 18.	Pelepasan butir (ravelling) .....	46
Gambar 19.	Pengelupasan lapisan permukaan (stripping).....	46
Gambar 20.	Pengausan (polished aggregate).....	47
Gambar 21.	Kegemukan (bleeding/ flushing).....	47
Gambar 22.	Penurunan penanaman utilitas (utility cut depression) .....	48
Gambar 23.	Peta Ruas Jalan Sp. Ujung Aji – Bts. Kota Kabanjahe .....	52
Gambar 24.	Lokasi Penelitian .....	52
Gambar 25.	Peta Lokasi Penelitian .....	53
Gambar 26.	Bagan Alir Penelitian .....	56

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Infrastruktur merupakan komponen yang vital dalam mendukung pertumbuhan perekonomian nasional dan pengembangan wilayah. Perbedaan sumber daya, penguasaan teknologi, dan kebijakan pemerintah akan mempengaruhi capaian pembangunan suatu wilayah sehingga menimbulkan ketimpangan antar wilayah. Permasalahan utama yang menghambat percepatan realisasi investasi untuk pembangunan adalah keterbatasan infrastruktur. Pemenuhan ketersediaan infrastruktur merupakan salah satu prasyarat utama yang harus dilakukan dalam pembangunan yang berkualitas. Infrastruktur sangat diperlukan, utamanya untuk mendukung agenda prioritas kedaulatan pangan, kedaulatan energi, kemaritiman, pariwisata dan industri dengan sasaran kelompok sosial yang luas dan sasaran wilayah yang meningkatkan pemerataan.

Perkembangan suatu wilayah tidak akan bisa lepas dari ketersediaan infrastruktur yang menghubungkan wilayah satu dengan wilayah lainnya. Pembangunan infrastruktur yang memadai dan berkesinambungan seperti pembangunan infrastruktur transportasi, jalan, sumber daya air dan irigasi, energi dan ketenagalistrikan, pendidikan, pertanian, maupun kesehatan, mempunyai peranan yang sangat vital untuk mendukung keberhasilan pembangunan dalam rangka mensejahterakan masyarakat serta mengatasi ketimpangan pembangunan tiap daerah. Adanya infrastruktur yang saling bersinergi satu dengan yang lain diharapkan dapat menjalankan fungsi pertumbuhan dan pemerataan bagi pengembangan wilayah di Indonesia. Pembangunan daerah sebagai bagian integral

dari pembangunan nasional diarahkan untuk lebih mengembangkan dan menyerasikan laju pertumbuhan antar daerah, antara daerah perkotaan dan daerah pedesaan serta membuka daerah terisolasi.

Salah satu infrastruktur yang memiliki fungsi vital adalah jalan (infrastruktur transportasi). Jalan adalah sarana utama yang memiliki peranan bagi kelancaran transportasi darat. Dalam fungsinya sebagai penghubung suatu wilayah ke wilayah lain, infrastruktur jalan harus dapat memberikan kenyamanan bagi pengguna jalan. Seiring pertumbuhan populasi yang bergerak lurus dengan pertumbuhan lalu lintas, infrastruktur jalan akan mengalami penurunan fungsi strukturalnya sesuai dengan bertambahnya umur, apalagi jika dilewati oleh kendaraan dengan muatan yang berlebih. Infrastruktur jalan akan mengalami keausan yang berakibat terjadinya kerusakan dalam waktu yang relatif sangat pendek (kerusakan dini) baik jalan yang baru dibangun maupun jalan yang baru diperbaiki (*overlay*). Pembangunan infrastruktur dalam bidang transportasi juga mempengaruhi keberlanjutan di bidang sosial, ekonomi, dan lingkungan. Ketersediaan sistem transportasi mempermudah masyarakat dalam mengakses pelayanan sosial dasar seperti kesehatan, pendidikan, dan rekreasi. Selain itu juga mendukung kegiatan ekonomi masyarakat dengan ketersediaan akses ke pasar dan lapangan kerja. Perubahan peruntukan lahan, perubahan sosial-budaya, perubahan ekonomi, atau perubahan lingkungan merupakan dampak dari adanya pembangunan tersebut, baik dampak positif maupun dampak negatif.

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, penulis mengambil penelitian dengan judul Pengaruh Beban Kendaraan Terhadap Kerusakan Perkerasan Lentur (Aspal).

## 1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 1.2.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui beban kendaraan terhadap kerusakan perkerasan lentur

### 1.2.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh beban kendaraan terhadap tingkat kerusakan perkerasan lentur

## 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Bagaimana dampak beban kendaraan terhadap kerusakan perkerasan lentur”.

## 1.4 Batasan Masalah

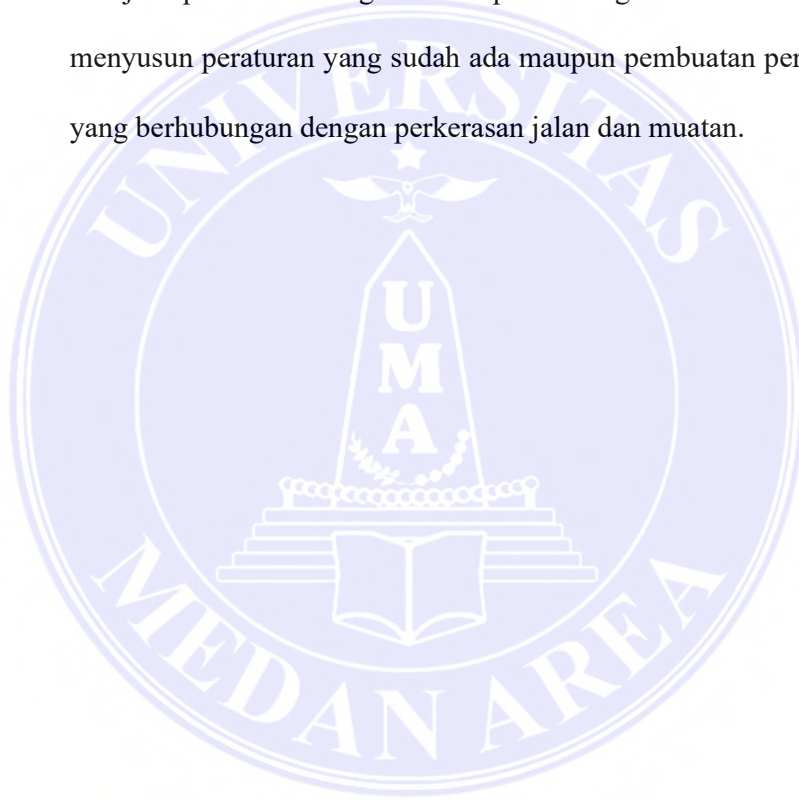
Untuk menjaga agar pembahasan materi dalam tugas akhir ini lebih terarah penulis menetapkan batasan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian adalah jalan yang mengalami kerusakan pada ruas jalan Sp. Ujung Aji – bts. kota Kabanjahe;
2. Jenis kendaraan yang diteliti adalah kendaraan bermotor roda empat atau lebih. Kendaraan roda 2 dan roda tiga dianggap sebagai unsur hambatan samping;
3. Menganalisa dampak beban kendaraan terhadap kerusakan jalan.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan wawasan dan pengetahuan bagi mahasiswa teknik sipil, peneliti dan akademisi dalam meningkatkan pengetahuannya terhadap kerusakan jalan dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan ajar;
2. Menjadi pedoman sebagai bahan pertimbangan instansi terkait dalam menyusun peraturan yang sudah ada maupun pembuatan peraturan baru yang berhubungan dengan perkerasan jalan dan muatan.





## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian ini, dimana beberapa penelitian terdahulu yang menjadi referensi penulis adalah sebagai berikut:

- a. Tugas akhir Muhammad Mulki Arief Warrantyo (2019), dengan judul “*Analisis Beban Kendaraan Terhadap Kerusakan Perkerasan Lentur (Aspal) di Jalan HR. Soebrantas Panam Kota Pekanbaru*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah lalu lintas harian rata-rata beban sumbu yang melalui jalan perkerasan aspal di jalan HR. Soebrantas Panam dan mengetahui pengaruh beban sumbu kendaraan terhadap tingkat kerusakan jalan pada ruas jalan HR. Soebrantas Panam Kota Pekanbaru. Dalam penelitian tersebut, didapatkan kesimpulan bahwa berdasarkan perhitungan faktor lalu lintas kendaraan didapatkan nilai ESAL total sebesar 10904,893 dan hasil perhitungan *truck factor* 5,823 dimana nilai tersebut menunjukkan bahwa kondisi kerusakan jalan disebabkan oleh beban kendaraan yang berlebih (*over load*) yang melewati ruas jalan tersebut dimana terdapat 2 jenis kerusakan yaitu distorsi alur dengan tingkat kerusakan yang tinggi dan retak buaya dengan tingkat kerusakan yang tinggi.
- b. Tugas akhir Pafras Leonard Zalukhu (2021), dengan judul “*Analisa Dampak Beban Kendaraan dan Lalu Lintas Harian Rata-Rata Terhadap Kerusakan Jalan*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kerusakan

yang terjadi pada jalan akibat LHR dan beban Tonase yang dilampaui dan dampak yang terjadi jika terdapat pelanggaran terhadap beban Tonase yang dilampaui. Penelitian tersebut menghasilkan kesimpulan bahwa tonase kendaraan menjadi faktor utama kerusakan yang terjadi pada ruas jalan di Patumbak, dimana terjadi ketidaksesuaian kelas jalan dengan tonase kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut.

c. Tesis Widya Ayu Prawesthi (2022), dengan judul “*Analisis Faktor Penyebab Kerusakan Jalan pada Persimpangan Bersinyal (Studi Kasus : Traffic Light Depan Kampus UNISSULA Jl. Raya Kaligawe KM. 4 Semarang)*”. Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan jenis-jenis kerusakan yang terjadi pada persimpangan bersinyal ruas Jl. Raya Kaligawe KM. 4 depan kampus Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Selain itu juga untuk mengetahui faktor penyebab kerusakan pada persimpangan bersinyal ruas jalan tersebut. Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah berdasarkan nilai RCI (*Road Condition Index*) rata-rata yang diperoleh yaitu sebesar 4,4 yang menunjukkan bahwa kondisi jalan adalah jelek dengan kondisi jalan berlubang, jalan tidak rata dan secara visual terjadi pengelupasan lapisan aspal yang cukup signifikan. Faktor penyebab kerusakan pada ruas jalan tersebut terjadi akibat gaya rem kendaraan yang akan berhenti saat sinyal menyala merah serta di daerah tersebut merupakan daerah rawan ROB (naiknya permukaan air laut).

d. Tugas akhir terapan Laras Raditia Andiasti (2018), dengan judul “*Dampak Lalu Lintas Berat dengan Muatan Berlebihan Terhadap Umur*

*Rencana Akses Jalan Tol Suramadu Sisi Madura*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar beban gandar lalu lintas berat dengan muatan berlebih dapat mempengaruhi umur rencana akses jalan tol Suramdu sisi Madura dan mengetahui tebal perkerasan tambahan (*overlay*) yang dibutuhkan agar mencapai umur rencana. Kesimpulan dari penelitian ini adalah faktor kerusakan jalan lebih dominan disebabkan oleh kendaraan berat yang membawa muatan berlebih (*overload*) yang mempengaruhi penurunan umur rencana sampai dengan 10 (sepuluh) tahun sehingga dibutuhkan penanganan dengan penambahan perkerasan jalan (*overlay*) untuk memenuhi umur rencana jalan tersebut.

## 2.2 Jalan

Jalan adalah seluruh bagian Jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel. Jalan yang merupakan satu kesatuan sistem jaringan jalan menghubungkan dan mengikat seluruh wilayah Republik Indonesia. Jalan sebagai bagian prasarana transportasi mempunyai peran penting dalam bidang ekonomi, sosial budaya, lingkungan hidup, politik, pertahanan dan keamanan, serta dipergunakan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat. Dari segi ekonomi, jalan merupakan modal dasar sosial masyarakat dan menjadi katalisator di antara proses produksi, pasar dan konsumen akhir. Dari aspek sosial budaya, jalan merupakan pembuka cakrawala masyarakat yang dapat menjadi wahana perubahan sosial, membangun toleransi dan mencairkan sekat

budaya. Dari aspek lingkungan, jalan diperlukan untuk mendukung pembangunan berkelanjutan. Dari aspek politik, jalan dapat menghubungkan dan mengikat antar daerah, sedangkan dari aspek pertahanan dan keamanan, keberadaan jalan memberikan akses dan mobilitas dalam penyelenggaraan sistem pertahanan dan keamanan.

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia nomor 38 tahun 2004, jalan berdasarkan peruntukannya dibedakan menjadi jalan umum dan jalan khusus. Pengelompokan jalan umum dibedakan berdasarkan sistem, fungsi status dan kelas. Sedangkan jalan khusus bukan diperuntukkan bagi lalu lintas umum dalam rangka distribusi barang dan jasa yang dibutuhkan. Pembagian sistem jaringan jalan dikelompokkan menjadi jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder.

Jalan umum menurut sistemnya dibedakan menjadi sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder. Sistem jaringan primer merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan. Sistem jaringan jalan sekunder merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 34 tahun 2006 tentang jalan, sistem jaringan jalan sekunder disusun berdasarkan rencana tata ruang wilayah kabupaten/ kota dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan yang menghubungkan secara menerus kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiganya dan seterusnya sampai ke persil.

Jalan umum menurut fungsinya dikelompokkan ke dalam jalan arteri, jalan kolektor, jalan lokal, dan jalan lingkungan dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama (angkutan umum, kendaraan berat dan kebutuhan akomodasi jarak jauh) dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.

Jalan arteri terbagi menjadi 2 (dua) yaitu:

- a. Jalan arteri primer yang merupakan jalan utama dengan skala nasional yang menghubungkan antar provinsi.
  - b. Jalan arteri sekunder. Jalan arteri primer. Sedangkan jalan arteri sekunder memiliki skala yang lebih kecil yaitu perkotaan;
2. Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi;
  3. Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi;
  4. Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

Jalan umum menurut statusnya dikelompokkan ke dalam jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota, dan jalan desa dengan penjelasan sebagai berikut:



1. Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol;
2. Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi;
3. Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk dalam Jalan Nasional dan Jalan Provinsi, yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten;
4. Jalan kota merupakan jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar persil, serta menghubungkan antarpusat permukiman yang berada di dalam kota;
5. Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

Bagian-bagian jalan menurut Undang-Undang No. 38 tahun 2004 tentang Jalan meliputi ruang manfaat jalan, ruang milik jalan, dan ruang pengawasan jalan. Ruang manfaat jalan meliputi badan jalan, saluran tepi jalan dan ambang pengamannya. Ruang milik jalan meliputi ruang manfaat jalan dan sejalur tanah

tertentu di luar ruang manfaat jalan. Ruang pengawasan jalan merupakan ruang tertentu di luar ruang milik jalan yang ada di bawah pengawasan penyelenggara jalan. Adapun bagian-bagian jalan dapat dijelaskan pada gambar di bawah ini:



Gambar 1. Bagian-Bagian Jalan Berdasarkan UU No. 38 Tahun 2004  
(<https://strong-indonesia.com/jalan/bagian-bagian-jalan/#axzz88HBLtM7q>)

### 2.3 Lalu Lintas Harian Rata-Rata

Lalu lintas harian rata-rata merupakan volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari. Menurut perolehannya, terdapat dua jenis lalu lintas harian rata-rata yaitu lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) dan lalu lintas harian rata-rata (LHR).

LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh. Perhitungan LHRT adalah sebagai berikut:

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah lalu lintas dalam satu tahun}}{365} \dots\dots\dots(1)$$

LHR adalah hasil bagi dari jumlah kendaraan yang diperoleh selama observasi dan lamanya observasi. Data LHR cukup teliti apabila pengamatan dilakukan pada interval-interval waktu yang cukup menggambarkan fluktuasi arus selama satu tahun. Perhitungan LHR adalah sebagai berikut:

$$\text{LHR} = \frac{\text{Jumlah lalu lintas selama pengamatan (kendaraan)}}{\text{Lamanya pengamatan}} \dots\dots\dots(2)$$

Pada umumnya lalu lintas jalan raya terdiri dari campuran kendaraan berat dan kendaraan ringan, cepat atau lambat, motor atau tak bermotor, maka dalam hubungannya dengan kapasitas jalan (jumlah kendaraan maksimum yang melewati satu titik/ satu tempat dalam satuan waktu) mengakibatkan adanya pengaruh dari setiap jenis kendaraan tersebut terhadap keseluruhan arus lalu lintas. pengaruh ini diperhitungkan dengan mengekivalenkan terhadap kendaraan standar.

## 2.4 Kapasitas Jalan

Kapasitas jalan merupakan kemampuan jalan dalam menampung banyaknya kendaraan maksimum dalam periode waktu tertentu dengan kondisi lalu lintas yang umum. Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia tahun 2014, kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum yang dapat dipertahankan per satuan jam yang melewati suatu segmen jalan dalam kondisi yang ada. Untuk jalan 2/2TT, kapasitas didefinisikan untuk arus dua rah, tetapi untuk jalan dengan banyak lajur, arus dipisahkan per arah perjalanan dan kapasitas didefinisikan per lajur. kapasitas dasar jalan raya merupakan kapasitas dari jalan yang mempunyai sifat jalan dan sifat lalu lintas yang dianggap ideal.

Kapasitas jalan raya memiliki konsep-konsep dasar sebagai berikut:

- a. Maksimum, terkait volume maksimum yang dapat ditampung jalan raya dengan keadaan lalu lintas yang bergerak lancar tanpa terputus-

putus atau kemacetan yang tinggi. Jika jalan berada pada kondisi maksimum, maka dapat dikatakan kualitas pelayanan jalan jauh dari ideal.

- b. Jumlah kendaraan, dimana dinyatakan dalam satuan mobil penumpang per jam dan untuk kategori selain mobil penumpang, seperti truk dan bus, yang bergerak didalamnya dapat mengurangi kapasitas jalan.
- c. Jalan satu arah versus dua arah. Pergerakan lalu lintas satu arah pada jalan raya berlajur banyak (*multilane*), tidak dipengaruhi oleh yang lainnya. Sementara pada jalan dua arah yang memiliki dua atau tiga buah lajur, terdapat interaksi antar lalu lintas pada kedua arah tersebut. Hal tersebut dapat mempengaruhi arus lalu lintas dan kapasitas jalan.
- d. Kondisi jalan dan lalu lintas yang umum. Kondisi jalan yang umum menyangkut kondisi fisik jalan yang dapat mempengaruhi kapasitas seperti bahu jalan atau lebar lajur, jarak pandang dan kelandaian jalan. Sementara kondisi lalu lintas yang umum menggambarkan perubahan pada karakter arus lalu lintas.

Persamaan umum dalam menghitung kapasitas (KPJI, 2014) adalah sebagai berikut:

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{PA} \times FC_{HS} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

C = Kapasitas (skr/ jam)

C<sub>0</sub> = Kapasitas dasar (skr/ jam)

FC<sub>W</sub> = Faktor penyesuaian lebar jalan

FC<sub>PA</sub> = Faktor penyesuaian pemisahan arah (hanya untuk jalan tak terbagi)



$FC_{HS}$  = Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan

### 2.4.1 Jumlah Jalur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jalur rencana adalah Sebagian jalur lalu lintas dari ruas jalan yang menampung lalu lintas terbesar. Jika tidak terdapat tanda batas jalur pada jalan, maka jumlah jalur ditentukan sebagaimana tabel dibawah ini:

Tabel 1. Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan (Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen)

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (n)
$L < 5,50 \text{ m}$	1 Jalur
$5,5 \text{ m} \leq L < 8,25 \text{ m}$	2 Jalur
$8,25 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	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

Adapun untuk koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang melewati jalur rencana, ditentukan sebagaimana tabel dibawah ini:

Tabel 2. Koefisien Distribusi Kendaraan (C) (Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen)

Jumlah Lajur (n)	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1 Jalur	1,00	1,00	1,00	1,000
2 Jalur	0,60	0,50	0,70	0,500
3 Jalur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 Jalur	-	0,30	-	0,450
5 Jalur	-	0,25	-	0,425
6 Jalur	-	0,20	-	0,400



Kategori kendaraan ringan dengan berat total < 5 Ton seperti mobil penumpang, pick up, mobil hantaran. Sedangkan kendaraan berat diklasifikasikan berbobot > 5 Ton seperti bus, truk, tractor, semi trailer atau trailer.

### 2.4.2 Kecepatan Tempuh (V)

Ukuran kinerja dari jalan adalah kecepatan tempuh dan merupakan salah satu faktor pengguna jalan dalam melakukan analisis ekonomi. Kecepatan tempuh didefinisikan sebagai kecepatan rata-rata ruang dari kendaraan ringan sepanjang segmen jalan dengan persamaan sebagai berikut:

$$V = \frac{L}{TT} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

V = Kecepatan ruang rata-rata kendaraan ringan (km/ jam)

L = Panjang segmen

TT = Waktu tempuh rata-rata kendaraan ringan (jam)

### 2.4.3 Lalu Lintas pada Lajur Rencana

Lajur rencana merupakan salah satu lajur pada lalu lintas dari ruas jalan yang menampung pergerakan lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) yang paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL). Beban desain pada setiap lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur selama umur rencana. Untuk jalan dua arah, pada umumnya untuk faktor distribusi arah (DD) diambil 0,50 kecuali untuk lokasi-lokasi dengan jumlah kendaraan niaga yang cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu.

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan tersebut, meskipun sebagian besar kendaraan niaga menggunakan lajur luar, namun sebagian lainnya akan menggunakan lajur-lajur dalam. Adapun factor distribusi jalan dapat ditunjukkan pada table berikut:

Tabel 3. Faktor Distribusi Lajur (DL) (Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

Jumlah lajur setiap arah	Kendaraan Niaga pada Lajur Desain (% Terhadap Populasi Kendaraan Niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

#### 2.4.4 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data-data pertumbuhan historis (*historical growth data*) atau formulasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak terdapat data yang memadai, maka untuk tahun 2015-2035 dapat menggunakan pada tabel berikut ini:

Tabel 4. Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (*i*) (%) (Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

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

### 2.4.5 Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Beban kendaraan yang melebihi batas maksimum yang diizinkan dikategorikan sebagai beban berlebih yang jika semakin sering terjadi pada suatu ruas jalan akan meningkatkan daya rusak (*damage factor*) yang menyebabkan kerusakan struktural jalan. Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*). Pendekatan yang digunakan dalam menghitung muatan berlebih adalah dengan menghitung nilai total Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor/ VDF*). VDF merupakan perbandingan antara daya rusak oleh muatan sumbu suatu kendaraan terhadap daya rusak oleh beban sumbu standar. Perbandingan tersebut bersifat eksponensial (tidak linier) dengan persamaan sebagai berikut:

$$VDF = \left( \frac{\text{Beban Sumbu Kendaraan}}{\text{Beban Sumbu Standar}} \right)^4$$

Kondisi beban faktual yang belum terkendali diasumsikan berlangsung hingga tahun 2020. Setelah tahun tersebut, asumsi beban kendaraan sudah beban normal atau terkendali dengan beban sumbu nominal terberat (MST) 12 Ton.

Jika tidak dimungkinkan dilakukan survei terhadap beban gandar dan data survei tidak tersedia, maka nilai VDF dapat menggunakan tabel 2.6 dan tabel 2.7.

Tabel 5. Pengumpulan Data Beban Gandar (Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

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

Desain yang akurat harus mempunyai perhitungan beban lalu lintas yang akurat. Dengan dilaksanakannya survei terhadap beban gandar, maka dapat menghasilkan data dan menjadi dasar perhitungan ESA yang akurat.

Ketentuan dalam melakukan pengumpulan data beban gandar mengacu pada tabel 6.





Tabel 6. Nilai VDF Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga Berdasarkan Jenis Kendaraan dan Jenis Muatan (Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi sumbu	Muatan <sup>2</sup> yang diangkut	Kelompok sumbu	Distribusi tipikal (%)		Faktor Ekuivalen Beban (VDF) (ESA / kendaraan)		
Klasifikasi Lama	Alternatif					Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF4 Pangkat 4	VDF5 Pangkat 5	
1	1	Sepeda motor	1.1	Muatan <sup>2</sup> yang diangkut	2	30,4				
2, 3, 4	2, 3, 4	Sedan / Angkot / Pickup / Station wagon	1.1		2	51,7	74,3			
5a	5a	Bus kecil	1.2		2	3,5	5,00	0,3	0,2	
5b	5b	Bus besar	1.2		2	0,1	0,20	1,0	1,0	
KENDARAAN NIAGA	6a.1	6.1	Truk 2 sumbu – cargo ringan	1.1	muatan umum	4,6	6,60	0,3	0,2	
	6a.2	6.2	Truk 2 sumbu – ringan	1.2	tanah, pasir, besi, semen			2	0,8	0,8
	6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu – cargo sedang	1.2	muatan umum	2	-	0,7	0,7	
	6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu – sedang	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2	-	1,6	1,7	
	6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu – berat	1.2	muatan umum	2	3,8	0,9	0,8	
	6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu – berat	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2		7,3	11,2	
	7a1	9.1	Truk 3 sumbu – ringan	1.22	muatan umum	2	3,9	7,6	11,2	
	7a2	9.2	Truk 3 sumbu – sedang	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2		28,1	64,4	
	7a3	9.3	Truk 3 sumbu – berat	1.222		2	0,1	0,10	28,9	62,2
	7b	10	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2		4	0,5	0,70	36,9	90,4
	7c1	11	Truk 4 sumbu - trailer	1.2-22		3	0,3	0,50	13,6	24,0
	7c2.1	12	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-22		3	0,7	1,00	19,0	33,2
	7c2.2	13	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-222		3			30,3	69,7
	7c3	14	Truk 6 sumbu - trailer	1.22-222		3	0,3	0,50	41,6	93,7



Tabel 7. Nilai VDF Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga (Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

Jenis kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua			
	Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
5B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
6A	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5
6B	4.5	7.4	3.4	4.6	5.3	9.2	4.0	5.1	4.8	8.5	3.4	4.7	4.9	9.0	2.9	4.0	3.0	4.0	2.5	3.0
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	8,0	11,9	6,5	8,8
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	28,8	9,3	13,5	-	-	-	-
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-

## 2.5 Arus dan Komposisi Lalu Lintas

Arus lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melalui suatu titik pada ruas jalan tertentu per satuan waktu, yang dinyatakan dalam kend/jam ( $Q_{Kend.}$ ) atau smp/jam ( $Q_{smp.}$ ). Pada MKJI 1997, nilai arus lalu lintas ( $Q$ ) mencerminkan komposisi lalu lintas. Keseluruhan nilai arus lalu lintas (per arah dan total) dikonversikan menjadi satuan mobil penumpang (smp) dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang (emp) yang diturunkan secara empiris untuk tiap tipe kendaraan.

Ekivalensi mobil penumpang (emp) adalah faktor konversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas (untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan lainnya,  $emp=1,0$ ). Sedangkan satuan mobil penumpang (smp) adalah satuan arus lalu lintas dimana arus dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan dengan menggunakan emp.

Pembagian tipe kendaraan berdasarkan emp, yaitu:

- a. Kendaraan ringan (LV) meliputi mobil penumpang, minibus, pick up, truk kecil dan jeep atau kendaraan bermotor dua as beroda empat dengan jarak as 2,0 – 3,0 m (klasifikasi Bina Marga);
- b. Kendaraan berat (HV) meliputi truck dan bus atau kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,5 m, biasanya beroda lebih dari 4 (klasifikasi Bina Marga);
- c. Sepeda motor (MC) merupakan kendaraan bermotor beroda dua atau tiga.

Tabel 8. Faktor Ekivalen (FE) (Sukirman, 1999)

Tipe Kendaraan	Faktor Ekivalen (FE)
Sepeda Motor	0,2
Kendaraan Tak Bermotor	0,5
Mobil Penumpang	1,0
Mikro Truck	1,0
Bus Kecil	1,0
Bus Besar	1,3
Truk Ringan (berat kotor <5 Ton)	1,3
Truk Sedang (berat kotor 5 - 10 Ton)	1,3
Truk Berat (berat kotor >10 Ton)	1,3

### 2.5.1 Hubungan Dasar Variabel Lalu Lintas

Karakteristik lalu lintas terkait dengan jenis-jenis variabel yang dikenal sebagai variabel lalu lintas. Terdapat 2 (dua) jenis variabel yaitu variabel utama dan variabel khusus yaitu:

a. Variabel Utama

- 1) Volume : Jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu per satuan waktu. Satuan yang digunakan adalah kendaraan/ jam atau kendaraan/ hari.
- 2) Kecepatan : Jangkauan yang ditempuh kendaraan pada suatu titik tertentu dalam satuan waktu tertentu. Satuan yang digunakan adalah kilometer/ jam atau meter/ detik.
- 3) Kepadatan : Jumlah kendaraan per satuan panjang ruas jalan yang satuannya adalah kendaraan/ kilometer.

b. Variabel Tambahan

- 1) Rentang Waktu : Pengukuran interval waktu antara dua kendaraan yang melintasi titik pengamatan pada jalan secara berturut-turut

dalam arus lalu lintas. Satuan yang digunakan adalah detik/kendaraan.

- 2) Rentang Jarak : Jarak antara dua kendaraan berturut-turut dalam arus lalu lintas dan dihitung dari muka kendaraan berikutnya.

Persamaan yang didapatkan untuk variabel utama adalah sebagai berikut:

$$q = k \times U_s$$

$$S = \frac{1}{k}$$

$$H = \frac{1}{q}$$

Keterangan:

q = volume (kend./ jam)

k = kerapatan (kend./ Km.)

U<sub>s</sub> = Kecepatan rata-rata ruang (Km./ Jam)

S = Rentang jarak

H = Rentang waktu (detik/ kend.)

## 2.6 Perkerasan Jalan Lentur (Aspal)

Perkerasan jalan aspal merupakan salah satu jenis perkerasan jalan yang permukaan bagian atasnya menggunakan campuran antara agregat dan aspal. Sifat dari perkerasan ini adalah lentur dimana aspal dapat melunak dalam kondisi suhu yang meningkat atau dibebani secara terus menerus.

Kondisi jalan yang baik merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi perkembangan suatu wilayah, baik itu dari sisi kegiatan ekonomi, kegiatan sosial maupun kegiatan lainnya. Kerusakan jalan dapat mengurangi kenyamanan dan dapat membahayakan penggunaannya sehingga mengganggu mobilisasi atau pergerakan barang, orang maupun jasa yang dapat meningkatkan biaya operasional kendaraan.



Secara umum, perkerasan jalan berdasarkan pengikatnya terdiri dari tiga jenis, yaitu:

- a. Perkerasan lentur/ fleksibel: bahan pengikat aspal terdiri dari agregat kasar dan halus serta bahan pengisi yang dicampur dan dipadatkan pada suhu tinggi;
- b. Perkerasan kaku: bahan pengikat berupa *rigid pavement* dengan baku utama adalah beton sehingga disebut jalan beton;
- c. Perkerasan komposit: perkerasan yang menggunakan lapisan aspal sebagai lapisan abrasi di atas permukaannya. Lapisan aspal atau lapisan aus berfungsi sebagai bagian yang menahan beban yang kemudian perkerasan lentur diletakkan pada bagian atas perkerasan kaku/ *rigid*.

Kekuatan konstruksi dari perkerasan jalan sangat ditentukan dari nilai daya dukung tanah pada lokasi perkerasan. Semakin baik nilai daya dukung tanahnya, maka ketahanan dari konstruksi perkerasan akan semakin baik. Tanah dasar merupakan permukaan tanah asli, permukaan galian atau permukaan tanah timbunan yang merupakan permukaan sebagai perletakan lapisan-lapisan perkerasan yang berfungsi sebagai penerima tekanan dari beban lalu lintas yang berada di atasnya sehingga tanah dasar harus memiliki kapasitas daya dukung yang optimal dalam menerima gaya dari beban lalu lintas tersebut.

Nilai daya dukung tanah ditentukan dari nilai CBR pada tanah tersebut yang diperoleh dari grafik korelasi DDT dan CBR. CBR (*California Bearing Ratio*) merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengukur daya dukung tanah/ kekuatan geser tanah atau bahan pondasi jalan dalam perencanaan perkerasan jalan. Nilai CBR yang semakin tinggi akan menunjukkan daya dukung tanah yang



semakin baik. Nilai CBR dapat ditingkatkan dengan dilakukan pemadatan dengan mengacu pada nilai kadar air optimum (*optimum moisture content*) dan berat isi kering maksimum (*maximum dry density*). Nilai CBR didapatkan dengan membandingkan antara beban yang dibutuhkan untuk penetrasi contoh tanah sebesar 0,1”/ 0,2” dengan beban yang ditahan batu pecah standar pada penetrasi yang sama. Berdasarkan AASHTO (1972), persamaan untuk mendapatkan nilai CBR adalah sebagai berikut:

#### A. Metode Distribusi Normal Standar

Metode perhitungan ini dipakai jika telah mendapatkan data yang valid terhadap minimum 10 titik uji per segmen yang seragam. Adapun persamaannya adalah:

CBR Karakteristik = CBR rata-rata – f x deviasi standar

Keterangan:

f = 1,645 dengan probabilitas 95% yang dipakai untuk jalan tol atau jalan bebas hambatan

f = 1,282 dengan probabilitas 90% yang dipakai untuk jalan kolektor dan arteri

f = 0,842 dengan probabilitas 80% yang dipakai untuk jalan local dan jalan kecil

Untuk satu segmen, koefisien variasi (CV) maksimum untuk suatu segmen tidak melebihi 25%, namun variasi sampai dengan 30% masih dapat digunakan.

Jika data per segmen kurang dari 10, maka nilai CBR terkecil dapat dipakai sebagai acuan CBR segmen.

## B. Metode Persentil

Metode perhitungan ini menggunakan distribusi data nilai CBR pada segmen yang dianggap terdistribusi secara normal. Nilai persentil ke “x” dari suatu Kumpulan data membagi Kumpulan data tersebut dalam dua bagian, yaitu bagian yang mengandung “x” persen data dan bagian yang mengandung  $(100-x)$  persen data.

Pemilihan CBR didasarkan pada nilai persentil ke 10 yang berarti 10% data segmen yang bersangkutan lebih kecil atau sama dengan nilai CBR pada persentil tersebut, atau dengan kata lain 90% dari data CBR pada segmen seragam tersebut lebih besar atau sama dengan nilai CBR pada persentil tersebut.

Dalam menentukan nilai karakteristik, nilai CBR yang kecil, bersifat local atau terisolasi dan terindikasi memerlukan penanganan khusus, dikeluarkan dari kumpulan data dengan catatan bahwa penanganan yang tepat harus diprogramkan pada lokasi bersangkutan.

Untuk desain fondasi perkerasan lentur, tanah dasar normal secara umum yang mempunyai nilai CBR in-situ lebih besar dari 2,5%, termasuk pada daerah timbunan, galian dan permukaan tanah asli.

Pemilihan tebal perbaikan tanah dasar dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 9. Perhitungan CBR Tanah Dasar (Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			Stabilisasi Semen <sup>(6)</sup>
			< 2	2 - 4	> 4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan			150 mm stabilisasi di atas 150 mm material timbunan pilihan.
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2.5		175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemuai > 5%)			400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak <sup>(2)</sup>	SG1 <sup>(3)</sup>	Lapis penopang <sup>(4)(5)</sup>	1000	1100	1200	
		-atau- lapis penopang dan geogrid <sup>(4)</sup> <sub>(5)</sub>	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir <sup>(4) (5)</sup>	1000	1250	1500	

- (1) Desain harus mempertimbangkan semua hal yang kritis; syarat tambahan mungkin berlaku.  
 (2) Ditandai dengan kepadatan dan CBR lapangan yang rendah.  
 (3) Menggunakan nilai CBR insitu, karena nilai CBR rendaman tidak relevan.  
 (4) Permukaan lapis penopang di atas tanah SG1 dan gambut diasumsikan mempunyai daya dukung setara nilai CBR 2.5%, dengan demikian ketentuan perbaikan tanah SG2.5 berlaku. Contoh: untuk lalu lintas rencana > 4 juta ESA, tanah SG1 memerlukan lapis penopang setebal 1200 mm untuk mencapai daya dukung setara SG2.5 dan selanjutnya perlu ditambah lagi setebal 350 mm untuk meningkatkan menjadi setara SG6.  
 (5) Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asal dipadatkan pada kondisi kering.

(6) Untuk perkerasan kaku, lapis permukaan material tanah dasar berbutir halus (klasifikasi A4 - A6) hingga kedalaman 150 mm harus berupa stabilisasi semen.

Beberapa faktor yang menentukan tebal perkerasan jalan adalah sebagai berikut:

a. Fungsi dan Tingkat Pelayanan Jalan

1) Fungsi Jalan

Fungsi jalan merupakan faktor yang menentukan tebal perkerasan yang akan digunakan pada suatu perkerasan jalan. Pada umumnya pembagiannya terdiri dari:

- a) Jalan Arteri : Jalan ini memberikan pelayanan pada angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, berkecepatan tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- b) Jalan Kolektor : Jalan ini memberikan pelayanan terhadap angkutan pengumpul dengan ciri perjalanan dengan jarak sedang, kecepatan sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c) Jalan Lokal : Jalan ini memberikan pelayanan terhadap angkutan setempat dengan ciri perjalanan dengan jarak dekat, kecepatan relatif rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

Berdasarkan sistem jaringan jalan, jalan dibedakan menjadi:

- a) Jaringan jalan primer
- b) Jaringan jalan sekunder

Tabel 10. Sistem Jaringan Jalan dan Parameter Perencanaannya (Perkerasan Lentur Jalan raya, Sukirman, 1999)

	Jaringan Jalan					
	Primer			Sekunder		
	Arteri	Kolektor	Lokal	Arteri	Kolektor	Lokal
Lebar Jalan	> 8 m	> 7 m	> 6 m	> 8 m	> 7 m	> 5 m
Indeks Permukaan	≥ 2	≥ 2	≥ 1,5	≥ 1,5	≥ 1,5	≥ 1



## 2) Kinerja Perkerasan

Kinerja perkerasan meliputi oleh beberapa hal, seperti:

- a) Wujud perkerasan, yang berhubungan dengan kondisi perkerasan seperti terdapat retak-retak, amblas, alur, gelombang dan lain sebagainya.
- b) Fungsi pelayanan, yang berhubungan dengan kenyamanan mengemudi yang merupakan satu kesatuan dengan wujud perkerasan tersebut.
- c) Keamanan, dimana ditentukan oleh besar gesekan antara ban dan permukaan perkerasan. Besar gesekan yang terjadi dipengaruhi oleh bentuk atau tekstur permukaan jalan, kondisi jalan, cuaca dan lain sebagainya.

Kinerja perkerasan lentur dapat dinyatakan dalam:

- a) Indeks Permukaan
- b) Indeks Kondisi Jalan

Indeks ini diperkenalkan oleh AASHTO yang diperoleh dari pengamatan kondisi jalan, seperti retak, alur, lendutan, lubang pada lajur roda, kondisi permukaan (kekasaran) dan lain sebagainya.

Adapun tingkat fungsi pelayanan jalan dinyatakan dalam nilai sebagaimana tabel dibawah ini:



Tabel 11. Penilaian Indeks Permukaan (IP)  
 Sumber: Perkerasan Lentur Jalan Raya : Sukirman 1992

Indeks Permukaan (IP)	Fungsi Pelayanan
4-5	Sangat Baik
3-4	Baik
2-1	Cukup
1-0	Kurang
0-1	Sangat Kurang

### 3) Umur Rencana

Umur rencana merupakan jumlah tahun yang direncanakan dari jalan tersebut dibuka sampai dengan diperlukannya perbaikan atau peningkatan yang bersifat struktural. Pemeliharaan harus tetap dilakukan selama umur rencana. Umur rencana juga dapat diartikan sebagai jumlah repetisi beban lalu lintas yang diperkirakan akan melintas dalam kurun waktu tertentu dan dinyatakan dalam satuan Equivalent Standard Load atau ESAL).

Tabel 12. Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR) (Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun) <sup>(1)</sup>
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir <sup>(2)</sup> .	20
	Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang ( <i>overlay</i> ), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan.	
Perkerasan kaku	<i>Cement Treated Based (CTB)</i>	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

#### 4) Beban Lalu Lintas

Tebal lapisan perkerasan ditentukan oleh perkiraan beban lalu lintas yang akan melewati jalan tersebut. Faktor pertumbuhan lalu lintas dapat diperoleh dari hasil analisa data lalu lintas perkembangan penduduk, pendapatan per kapita, rancangan induk daerah dan lain sebagainya.

Besaran beban lalu lintas dapat diperkirakan dengan data sebagai berikut:

##### a) Jumlah kendaraan yang akan melintas.

Data yang dibutuhkan untuk perencanaan tebal lapisan perkerasan adalah:

- LHR rata-rata;
- Komposisi arus lalu lintas terhadap beberapa kelompok jenis kendaraan

##### b) Jenis kendaraan yang akan melintas.

##### c) Konfigurasi sumbu kendaraan yang akan melintas.

Tabel 13. Tingkat Fungsi Pelayanan Jalan (Perkerasan Lentur Jalan Raya : Sukirman 1992)

No.	Konfigurasi As dan Roda Truk	MST (Ton)	
1	Sumbu Tunggal	Roda Tunggal	6,00
		Roda Ganda	10,00
2	Sumbu Ganda (Tandem)	Roda Ganda	18,00
3	Sumbu Tiga (Tripel)	Roda Ganda	20,00

d) Beban masing-masing kendaraan yang akan melintas.

Untuk pembukaan jalan baru, jumlah lalu lintas dapat ditentukan dari hasil survei volume lalu lintas di jalan sekitar lokasi.

5) Sifat Tanah Dasar

Sifat tanah dasar akan mempengaruhi ketahanan pada lapisan di atasnya dan mutu jalan secara keseluruhan. Daya dukung tanah (DDT) ditentukan dengan menggunakan nilai CBR yang telah diketahui atau ditentukan.

b. Kekuatan *Relative Material*

Material yang dipakai sangat mempengaruhi ketebalan tiap lapisan perkerasan. Material masing-masing memiliki koefisien kekuatan relatif. Masing-masing bahan yang digunakan setiap lapisan ditentukan secara korelasi dengan menggunakan *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).

### 2.6.1 Penyebab Kerusakan Jalan

Secara teknis, suatu jalan dikategorikan mengalami kerusakan ketika terjadi pengurangan nilai secara struktural dan fungsional terhadap pelayanan yang diberikan kepada pengguna jalan. Kondisi suatu lalu lintas dan kendaraan yang melintas menjadi faktor penting dalam melakukan perencanaan konstruksi dan desain terhadap perkerasan. Perencanaan yang tidak tepat akan mengakibatkan perkerasan semakin cepat mengalami keausan dan hal tersebut dapat diperparah karena penanganan pemeliharaan yang tidak tepat.

Beban yang bekerja pada perkerasan jalan dapat menyebabkan kerusakan struktural pada perkerasan jalan yang dapat mengganggu fungsi jalan dalam memberikan pelayanan untuk pengguna jalan. Kerusakan itu akan semakin cepat terjadi ketika beberapa faktor lainnya muncul yang saling berkaitan satu dengan lainnya. Jenis kerusakan (beserta penyebabnya), tingkat kerusakan, dan jumlah kerusakan harus diidentifikasi sebagai bahan evaluasi kerusakan jalan untuk dapat ditentukan jenis penanganan yang akan dilakukan.

Adapun beberapa penyebab kerusakan pada perkerasan jalan adalah sebagai berikut:

a. Perencanaan yang tidak sesuai

Kualitas perkerasan jalan akan dipengaruhi oleh perencanaan dan kondisi riil di lapangan. Sering kali terjadi ketidaksesuaian perencanaan yang diakibatkan perubahan riil di lapangan sehingga akan mempengaruhi kualitas jalan jika hal tersebut tidak dilakukan penyesuaian.

b. Pengawasan pekerjaan yang tidak optimal

Pada saat pelaksanaan pekerjaan, pengawas harus mampu meminimalisir kesalahan sekecil apapun. Kerusakan kecil yang diabaikan secara menerus akan mengakibatkan timbulnya retak rambut dan lubang dan dapat mempengaruhi nilai pelayanan dari jalan tersebut.

c. Kondisi dukungan tanah dasar tidak mantap

Sebelum dilakukan pekerjaan konstruksi jalan, harus terlebih dahulu dilakukan penelitian terhadap tanah. Kondisi tanah, seperti tanah lempung dapat mengakibatkan kerusakan pada perkerasan jalan jika

secara menerus dilalui oleh kendaraan dengan kapasitas berlebih (*overload*).

d. Sistem drainase yang buruk

Sering kali sistem drainase diabaikan dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi jalan yang dapat mengakibatkan genangan air. Air memiliki sifat merusak terhadap aspal. Hal tersebut akan semakin buruk jika suatu daerah memiliki intensitas curah hujan yang tinggi. Celah sekecil apapun harus segera ditangani dan sistem drainase harus segera diperbaiki agar kerusakan jalan tidak semakin meluas.

e. Peningkatan lalu lintas

Lalu lintas yang semakin padat dapat menambah beban pada perkerasan jalan. Wilayah yang semakin berkembang akan mengakibatkan peningkatan terhadap lalu lintas terutama kendaraan dengan bobot berlebih dapat mengakibatkan kemampuan perkerasan jalan berkurang dari yang semula di desain.

## 2.6.2 Jenis Kerusakan Perkerasan Jalan

Berdasarkan Manual Pengelolaan Jalan Biro Pengelola Jalan nomor 03/MN/B/1983, pengklasifikasian kerusakan jalan dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Retak (*cracking*)
- b. Distorsi (*distortion*)
- c. Cacat permukaan (*disintegration*)
- d. Pengausan (*polished aggregate*)
- e. Kegemukan (*bleeding/ flushing*)
- f. Penurunan pada bekas penanaman utilitas (*utility cut depression*)

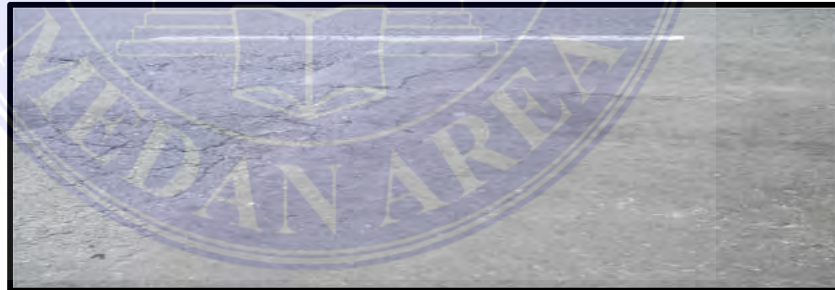


Adapun penyebab kerusakan perkerasan jalan beserta penanganannya dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Retak

- Retak halus (*hair cracking*)

Retak halus diklasifikasikan ketika lebar celah yang muncul lebih kecil atau sama dengan 3 mm. Penyebab umumnya adalah bahan perkerasan yang kurang baik, tanah dasar yang kurang stabil atau bagian lapis perkerasan di bawah permukaan kurang stabil. Retak halus yang tidak cepat ditangani akan mengakibatkan retak yang lebih luas lagi menjadi retak kulit buaya dikarenakan beban kendaraan maupun air yang meresap ke dalam lapis permukaan secara terus menerus. Penanganan kerusakan ini dapat menggunakan lapis latasir atau buras. Selanjutnya yang perlu diperhatikan adalah perbaikan sistem drainase di sekitar kerusakan yang terjadi.



Gambar 2. Retak Halus (<https://dpu.kulonprogokab.go.id>)

- Retak kulit buaya (*alligator cracks*)

Retak kulit buaya diklasifikasikan ketika lebar celah yang muncul lebih besar dari 3 mm. Retak ini saling terangkai membentuk kotak-kotak kecil menyerupai kulit buaya. Beban lalu lintas yang tinggi, pelapukan permukaan, tanah dasar yang kurang stabil atau bagian

lapis perkerasan di bawah permukaan kurang stabil, maupun bahan lapis pondasi yang kurang baik dapat menjadi penyebab terjadinya retak kulit buaya. Penanganan yang tepat untuk kerusakan ini adalah menggunakan lapis burda, burtu ataupun lataston. Kerusakan akibat dari beban lalu lintas yang tinggi dapat ditangani dengan memberikan lapisan tambahan (*overlay*) pada perkerasan jalan. Retak kulit buaya jika tidak ditangani dengan segera dapat direasapi air sehingga akan menimbulkan lubang-lubang akibat terlepasnya butir-butir.



Gambar 3. Retak Kulit Buaya (<https://dpu.kulonprogokab.go.id>)

- Retak pinggir (*edge cracks*)

Retak memanjang jalan dengan atau tanpa cabang yang mengarah ke bahu jalan dan terletak dekat bahu. Retak ini terjadi akibat dukungan dari arah samping yang kurang baik, sistem drainase yang kurang baik, penyusutan tanah atau terjadinya *settlement* di bawah daerah terjadinya kerusakan. Akar-akar dari vegetasi yang tumbuh di pinggir jalan dapat menjadi faktor kerusakan ini. Resapan air dapat mengakibatkan perluasan kerusakan ke arah tengah perkerasan jalan. Penanganan kerusakan ini dapat dengan mengisi celah dengan campuran aspal cair dan pasir. Jika terjadi penurunan pada area

pinggir perkerasan, maka elevasi harus diperbaiki dengan menggunakan hotmix. Pemeliharaan dengan cara pengendalian tanaman secara berkala juga dapat mengurangi kemungkinan terjadi retak pinggir.



Gambar 4. Retak Pinggir (<https://dpu.kulonprogokab.go.id>)

- Retak sambungan bahu dan perkerasan (*edge joint cracks*)

Retak ini bersifat memanjang yang terjadi pada sambungan bahu dan perkerasan. Penyebabnya adalah kondisi drainase yang buruk di bawah perkerasan yang menyebabkan terjadinya settlement di bahu jalan, Penyusutan pada material bahu atau perkerasan jalan maupun beban kendaraan berat yang berlebih pada bahu jalan. Perbaikan yang dapat dilakukan seperti perbaikan retak refleksi.



Gambar 5. Retak Sambungan Bahu dan Perkerasan  
(<https://dpu.kulonprogokab.go.id>)

- Retak sambungan jalan (*lane joint cracks*)

Retak bersifat memanjang yang terjadi pada sambungan 2 (dua) lajur lau lintas. Penyebabnya adalah ikatan sambungan antar lajur yang kurang baik. Perbaikan pada kerusakan ini dapat dilakukan dengan memasukkan campuran aspal cair dan pasir ke dalam celah yang terjadinya retak.



Gambar 6. Retak Sambungan Jalan  
(<https://dpu.kulonprogokab.go.id>)

- Retak sambungan pelebaran jalan (*widening cracks*)

Retak bersifat memanjang yang terjadi di antara perkerasan lama dan perkerasan baru (pelebaran). Kerusakan ini terjadi akibat adanya perbedaan kualitas atau daya dukung di bawah bagian pelebaran dan bagian jalan lama. Sebab lainnya adalah ikatan sambungan yang tidak baik. Perbaikan pada kerusakan ini dapat dilakukan dengan memasukkan campuran aspal cair dan pasir ke dalam celah yang terjadinya retak.





Gambar 7. Retak Sambungan Pelebaran Jalan  
(<https://dpu.kulonprogokab.go.id>)

- Retak refleksi (*reflection cracks*)

Retak bersifat memanjang, melintang, diagonal, atau membentuk kotak. Umum terjadi pada lapis tambahan (*overlay*) yang menggambarkan pola retakan di bawahnya. Retak refleksi ini terjadi jika pada saat dilakukan penambahan lapisan (*overlay*), perkerasan lama tidak diperbaiki terlebih dahulu. Kerusakan ini dapat juga terjadi jika gerakan vertikal/ horizontal di bawah lapis tambahan sebagai akibat perubahan kadar air pada jenis tanah yang ekspansif. Untuk kerusakan yang memanjang, melintang maupun diagonal, perbaikan dapat dilakukan dengan memasukkan campuran aspal cair dan pasir ke dalam celah yang terjadinya retak. Untuk kerusakan yang berbentuk kotak, makam harus dilakukan pembongkaran dan melapis ulang dengan bahan yang sesuai dengan spesifikasi.

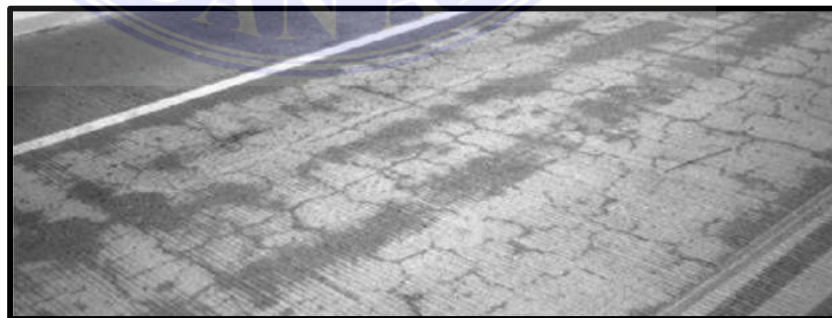




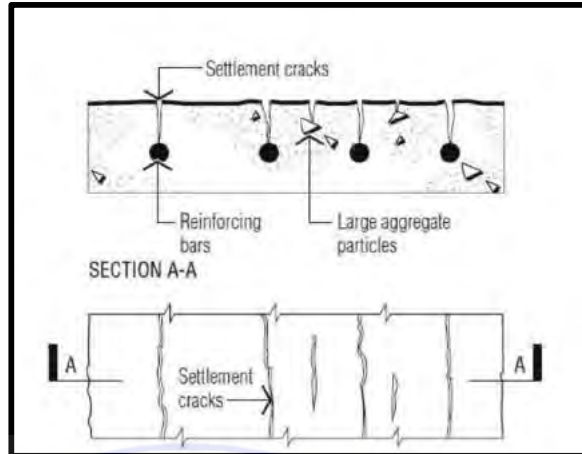
Gambar 8. Retak Refleksi (<https://dpu.kulonprogokab.go.id>)

- Retak susut (*shrinkage cracks*)

Retak susut terjadi ketika retak saling bersambungan membentuk kotak-kotak besar dengan sudut yang tajam. Kerusakan ini terjadi akibat perubahan volume pada lapisan permukaan yang memakai aspal dengan penetrasi rendah atau perubahan volume pada lapisan pondasi dan tanah dasar. Perbaikan dapat dilakukan dengan memasukkan campuran aspal cair dan pasir ke dalam celah yang terjadinya retak dan melapisi dengan burtu.



Gambar 9. Retak Susut (<https://lauwtjunnji.weebly.com/retak--overview---non-struktur.html>)



Gambar 10. Pola Retak Susut (<https://lauwtjunji.weebly.com/retak--overview---non-struktur.html>)

- Retak selip (*slippage cracks*)

Retak selip terjadi akibat ikatan antar lapisan pondasi kurang baik yang disebabkan adanya debu, minyak, air ataupun benda non-adhesif lainnya, atau akibat dari tidak diberinya *tack coat* sebagai bahan pengikat diantara dua lapisan. Bentuk kerusakan ini pada umumnya melengkung seperti bulan sabit. Penanganan kerusakan ini dilakukan dengan membongkar bagian yang rusak dan menggantinya dengan lapisan yang sesuai dengan spesifikasi.



Gambar 11. Retak Selip (<https://dpu.kulonprogokab.go.id>)

b. Distorsi

Distorsi atau perubahan bentuk dapat terjadi akibat tanah dasar yang lemah maupun proses pemadatan yang tidak sesuai pada tiap lapisan.

Adapun distorsi dapat dibedakan menjadi:

- Alur (*ruts*)

Perkerasan jalan yang mengalami *ruts* dimana kondisinya adalah lintasan roda sejajar dengan as jalan. Terjadinya akibat dari lapis perkerasan kurang padat sehingga terjadi tambahan pemadatan dari repetisi ban pada beban lalu lintas.

Tingkat kerusakan dari alur terbagi menjadi 3 (tiga) yaitu:

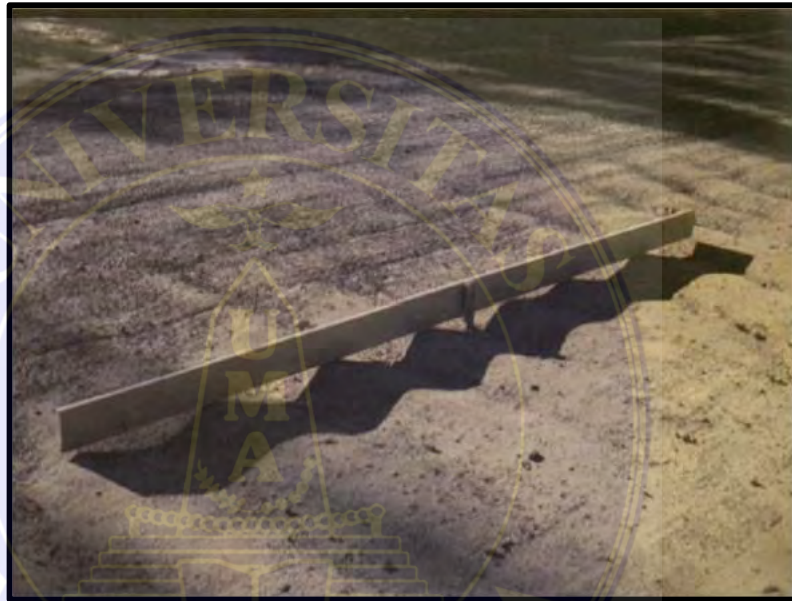
- Kerusakan Rendah (kedalaman alur antara  $\frac{1}{4}$  -  $\frac{1}{2}$  inchi)
- Kerusakan Sedang (kedalaman alur antara  $\frac{1}{2}$  - 1 inchi)
- Kerusakan Tinggi (kedalaman alur > 1 inchi)



Gambar 12. Alur (*ruts*)  
([https://en.wikipedia.org/wiki/Rut\\_%28roads%29](https://en.wikipedia.org/wiki/Rut_%28roads%29))

- Keriting (*corrugation*)

Kerusakan ini terjadi akibat dari tingginya kadar aspal, agregat halus yang terlalu banyak, agregat berbentuk bulat dan permukaan mengalami penetrasi yang tinggi. Kerusakan ini dapat juga terjadi ketika perkerasan dilalui beban kendaraan terlalu cepat setelah selesai dipadatkan.



Gambar 13. Keriting (*corrugation*)  
(<https://keselamatanjalan.wordpress.com>)

- Sungkur (*shoving*)

Kerusakan ini terjadi akibat deformasi plastis, yang biasanya terjadi di tempat kendaraan sering berhenti ataupun tikungan yang tajam.





Gambar 14. Sungkur (*shoving*)  
(<https://dpu.kulonprogokab.go.id>)

- Amblas (*grade depressions*)

Kerusakan ini dapat terjadi dengan keretakan maupun tanpa mengalami keretakan terlebih dahulu. Hal ini terjadi dengan adanya penurunan perkerasan jalan dikarenakan tanah dasar mengalami *settlement*.



Gambar 15. Amblas (*grade depressions*)  
(<https://dpu.kulonprogokab.go.id>)



- Jembul (*upheal*)

Kerusakan ini terjadi karena adanya pengembangan tanah dasar.



Gambar 16. Jembul (*upheal*) (<https://dpu.kulonprogokab.go.id>)

c. Cacat permukaan

- Lubang (*pathholes*)

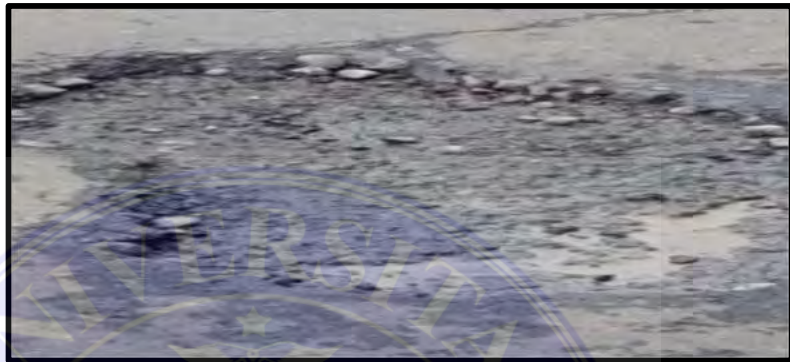
Kerusakan ini dapat berbentuk “mangkuk” dengan variasi yang beragam dengan menampung dan meresapkan air ke dalam lapis permukaan.



Gambar 17. Lubang (*pathholes*)  
(<https://dpu.kulonprogokab.go.id>)

- Pelepasan butir (*ravelling*)

Kerusakan ini terjadi pada perkerasan yang tidak memadat dengan optimal yang mengakibatkan terpelepasnya butiran-butiran aspal.



Gambar 18. Pelepasan butir (*ravelling*)  
(<https://dpu.kulonprogokab.go.id>)

- Pengelupasan lapisan permukaan (*stripping*)

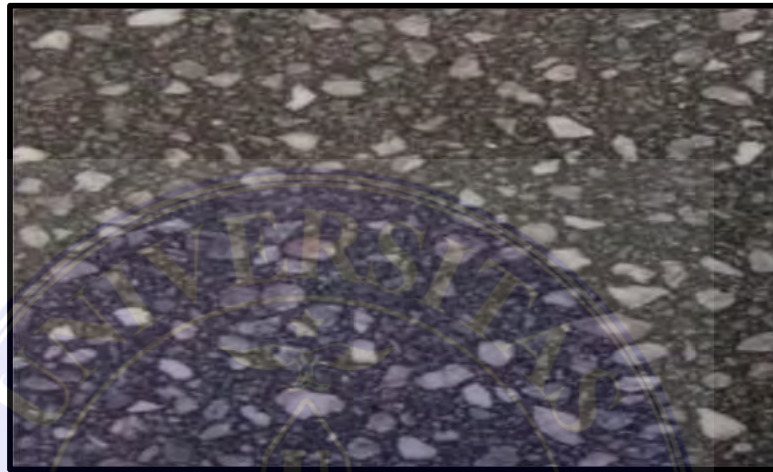
Kerusakan ini terjadi akibat ikatan yang kurang antara lapis permukaan dan lapis dibawahnya. Dapat juga terjadi akibat dari tipisnya lapis permukaan.



Gambar 19. Pengelupasan lapisan permukaan (*stripping*)  
(<https://dpu.kulonprogokab.go.id>)

d. Pengausan (*polished aggregate*)

Pengausan terjadi akibat dari agregat terdiri dari material yang tidak tahan aus terhadap roda kendaraan atau dapat juga karena agregat yang digunakan berbentuk bulat dan licin.



Gambar 20. Pengausan (*polished aggregate*)  
(<https://dpu.kulonprogokab.go.id>)

e. Kegemukan (*bleeding/flushing*)

Kerusakan ini terjadi ketika kadar aspal yang digunakan terlalu tinggi pada campuran aspal, ataupun pemakaian aspal yang banyak pada *prime coat* atau *tack coat*. Hal ini menyebabkan permukaan jalan menjadi licin.



Gambar 21. Kegemukan (*bleeding/flushing*)  
(<https://dpu.kulonprogokab.go.id>)



f. Penurunan pada bekas penanaman utilitas (*utility cut depression*)

Kerusakan ini terjadi pada bekas penanaman utilitas yang tidak dipadatkan dengan sempurna.



Gambar 22. Penurunan penanaman utilitas (*utility cut depression*)  
(<https://954asphalt.com/asphalt>)

### 2.6.3 Penilaian Kerusakan Perkerasan Jalan

a) Persentase Kerusakan Perkerasan ( $N_p$ )

Penilaian kerusakan perkerasan jalan diperoleh dengan membandingkan persentase luas perkerasan jalan yang rusak terhadap luas keseluruhan dengan persamaan sebagai berikut:

$$N_p = \frac{\text{Luas Jalan Rusak}}{\text{Luas Jalan Keseluruhan}} \times 100\%$$

Perhitungan persamaan diatas akan menghasilkan 4 (empat) kategori tingkat kerusakan sebagaimana tercantum pada tabel dibawah ini.

Tabel 14. Tingkat Kerusakan Perkerasan (Metode Bina Marga)

Persentase (Np)	Nilai	Klasifikasi
< 5%	2	Sedikit Sekali
5% - 20%	3	Sedikit
20% - 30%	5	Sedang
> 40%	7	Banyak

b) Bobot Kerusakan Perkerasan (Nj)

Bobot kerusakan merupakan nilai yang sudah ditentukan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga sebagaimana tercantum pada tabel dibawah ini.

Tabel 15. Bobot Kerusakan Perkerasan (Metode Bina Marga)

No.	Jenis Kerusakan Jalan	Nj
1	Konstruksi Beton Tanpa Kerusakan	2
2	Konstruksi Penetrasi Tanpa Kerusakan	3
3	Tambalan	4
4	Retak	5
5	Lepas	5,5
6	Lubang	6
7	Alur	6
8	Gelombang	6,6
9	Amblas	7
10	Belahan	7

c) Jumlah Kerusakan Perkerasan (Nq)

Persamaan untuk mendapatkan jumlah kerusakan perkerasan adalah sebagai berikut:

$$Nq = Np \times Nj$$

Keterangan:

Np = Persentase Kerusakan Perkerasan

Nj = Bobot Kerusakan Perkerasan



Tabel 16. Persentase Area Kerusakan Perkerasan (Metode Bina Marga)

No.	Jenis Kerusakan Perkerasan	Persentase Area Kerusakan Perkerasan			
		< 5 %	5% - 20%	20% - 40%	> 40%
		Sedikit Sekali	Sedikit	Sedang	Banyak
1	Konstruksi Beton Tanpa Kerusakan	4	-	-	-
2	Konstruksi Penetrasi Tanpa Kerusakan	6	-	-	-
3	Tambalan	8	12	20	28
4	Retak	10	15	25	35
5	Lepas	11	16,5	27,5	38,5
6	Lubang	12	18	30	42
7	Alur	12	18	30	42
8	Gelombang	13	19,5	32,5	45,5
9	Ambblas	17	21	35	49
10	Belahan	14	21	35	49

d) Nilai Kerusakan Perkerasan (Nr)

Nilai kerusakan perkerasan merupakan penjumlahan dari setiap kerusakan perkerasan.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian merupakan suatu usaha yang dilakukan secara sistemik untuk memperoleh pengetahuan keilmuan melalui metode ilmiah yang didasarkan pada fakta empirik. Penelitian dapat juga didefinisikan sebagai usaha yang dilakukan oleh seseorang untuk menemukan dan menyelesaikan masalah dengan menggunakan metode ilmiah. Tiga proses dasar dalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

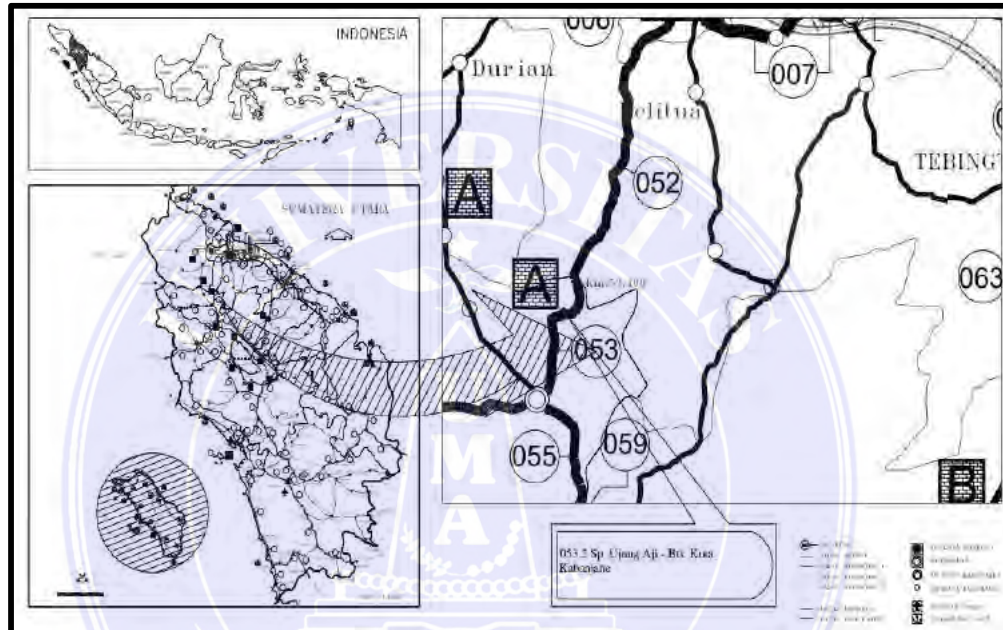
1. Merumuskan persoalan penelitian
2. Melakukan tindakan untuk memperoleh jawaban atas persoalan yang dipertanyakan.
3. Merumuskan jawaban yang dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah.

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif deskriptif yaitu mengungkapkan fakta, keadaan, fenomena, variabel dan keadaan yang terjadi pada saat penelitian yang didukung dengan studi literatur dan penelitian lapangan. Penelitian deskriptif kualitatif akan menafsirkan dan mengungkapkan data yang berhubungan dengan situasi yang sedang terjadi, sikap serta pandangan yang terjadi di dalam masyarakat, pertentangan 2 (dua) keadaan atau lebih, hubungan antar variabel, perbedaan antar fakta, pengaruh terhadap suatu kondisi dan lain-lain. Penelitian ini merupakan penelitian yang bertujuan untuk menggali informasi yang berkaitan dengan pengaruh beban kendaraan terhadap kerusakan

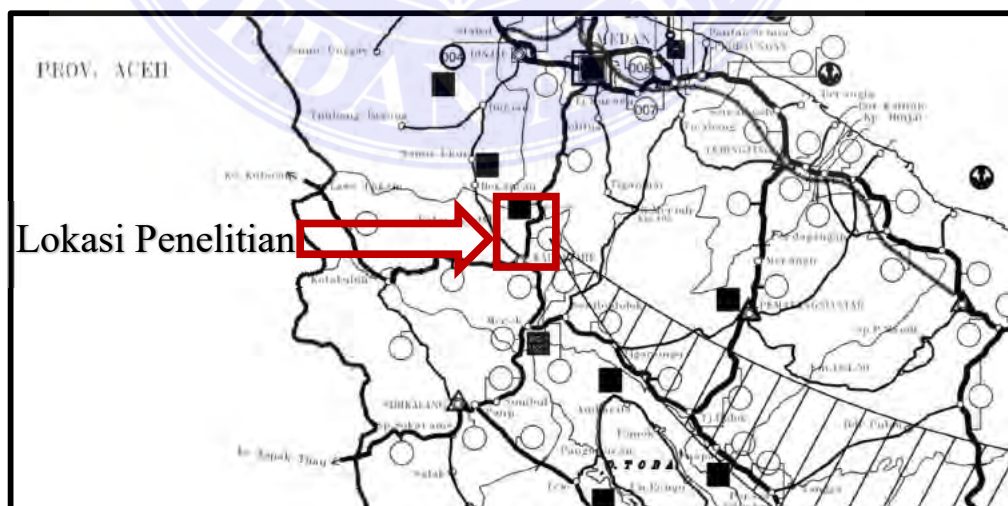
perkerasan lentur (aspal) dengan subyek penelitian pada ruas jalan Sp. Ujung Aji-Bts. Kota Kabanjahe.

### 3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi yang dipilih dalam penelitian ini adalah ruas jalan Sp. Ujung Aji – Bts. Kota Kabanjahe (053.2) STA. 0+000 s/d STA. 3+460.



Gambar 23. Peta Ruas Jalan Sp. Ujung Aji – Bts. Kota Kabanjahe



Gambar 24. Peta Ruas Jalan Sp. Ujung Aji – Bts. Kota Kabanjahe



Gambar 25. Peta Lokasi Penelitian (<https://www.google.com/maps>)

### 3.3 Jenis dan Sumber Data Penelitian

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder.

1. Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari sumber asli atau pihak pertama. Data primer dapat berupa wawancara mendalam dengan beberapa informan, hasil observasi langsung terhadap suatu benda (fisik), kejadian atau kegiatan, dan hasil suatu pengujian. Sumber data yang relevan dalam penelitian ini adalah pihak-pihak terkait yang terlibat langsung dalam penelitian ini seperti Pejabat Pembuat Komitmen, Kontraktor dan Konsultan Pengawasan.
2. Data sekunder merupakan sumber data yang diperoleh secara tidak langsung melalui media perantara. Penelitian ini menggunakan data



sekunder berupa jurnal, buku, dan laporan historis serta foto-foto sebelum dan sesudah yang terkait dengan pekerjaan pembangunan ruas jalan Sp. Ujung Aji – Bts. Kota Kabanjahe yang dipublikasikan maupun yang tidak dipublikasikan yang dapat dipertanggungjawabkan.

### 3.4 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Observasi atau pengamatan Langsung

Observasi atau pengamatan lapangan dilakukan untuk mengetahui secara langsung data lalu lintas kendaraan (LHR) yang melintas di jalan Sp. Ujung Aji-Bts. Kota Kabanjahe.

#### 2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan pada literatur teknis dan literatur non teknis berupa pengkajian terhadap data dan informasi yang relevan terkait pembangunan ruas jalan Sp. Ujung Aji – Bts. Kota Kabanjahe. Kajian literatur dilakukan dengan mengumpulkan dan mengkaji literatur-literatur normatif dan regulasi yang terkait dengan penelitian termasuk juga hasil laporan dan penelitian yang terkait. Dokumen yang dapat digunakan bisa berupa buku harian, notula rapat, laporan berkala, jadwal kegiatan, Undang-Undang atau peraturan pemerintah, maupun surat-surat resmi.



### 3.5 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian adalah proses mempelajari, memahami, menganalisis serta memecahkan masalah berdasarkan fenomena yang ada dan juga merupakan rangkaian proses yang panjang dan terkait secara sistematis. Adapun langkah yang harus diperhatikan antara lain:

1. Persiapan

Untuk memulai penelitian harus melakukan persiapan pengumpulan data berupa alat dan bahan penelitian (alat tulis, jam, kamera dan lain sebagainya).

2. Pengumpulan Data

3. Analisa Data

Analisa data dapat diartikan upaya untuk mengolah data baku untuk menjadi satu informasi sehingga karakteristik data dapat dengan mudah dipahami dan dipelajari.

4. Hasil dan Pembahasan

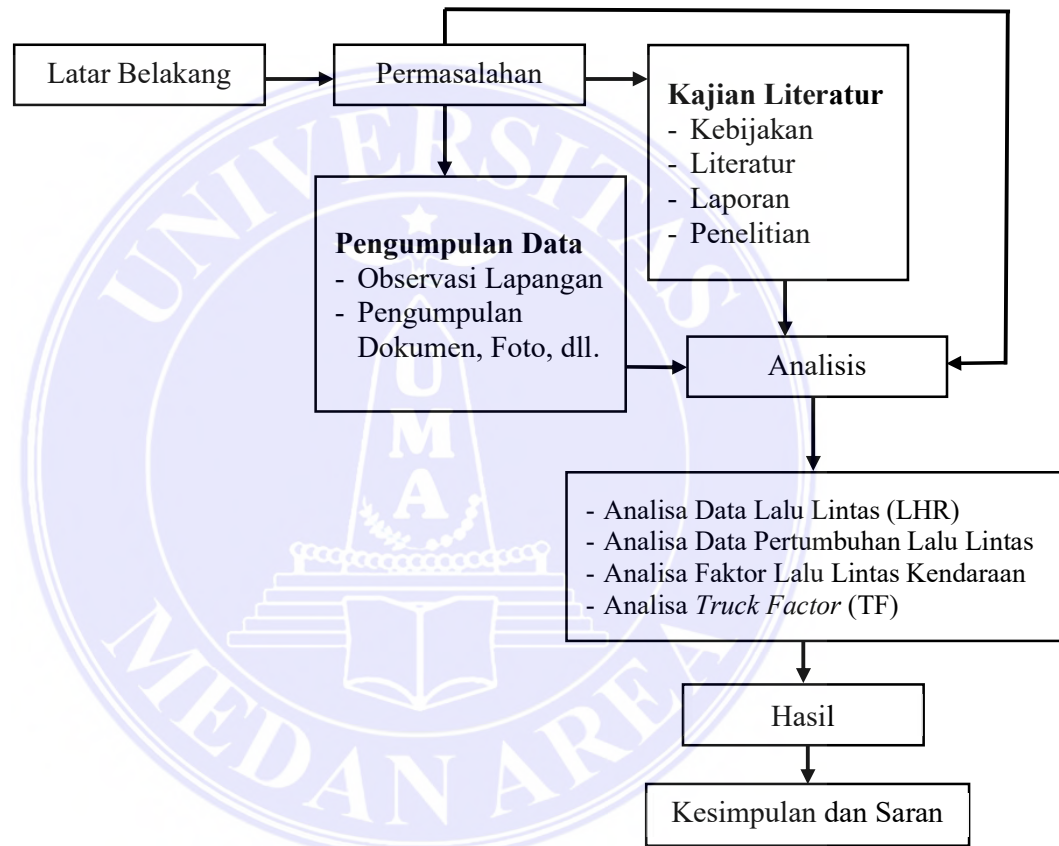
Dari hasil analisa perhitungan didapat volume kendaraan, angka ekivalen kendaraan pengaruh beban sumbu terhadap tingkat kerusakan jalan tersebut.

5. Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah lalu lintas harian rata-rata dan pengaruh tingkat kerusakan yang diakibatkan oleh beban sumbu kendaraan tersebut.

### 3.6 Bagan Alir Penelitian

Penelitian yang tersusun secara sistematis akan menghasilkan kesimpulan yang baik. Agar penelitian dapat tersusun secara sistematis, maka diperlukan suatu kerangka penelitian. Adapun kerangka dalam penelitian ini dapat dilihat pada bagan alir penelitian di bawah ini:



Gambar 26. Bagan Alir Penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan di Bab IV, penelitian terkait pengaruh beban kendaraan terhadap kerusakan perkerasan lentur (aspal) pada ruas jalan Sp. Ujung Aji – bts. kota Kabanjahe dengan STA 0+000 s/d STA 3+460 menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

- a. Mobilisasi kendaraan yang melintas di ruas jalan Sp. Ujung Aji – bts. kota Kabanjahe dengan STA 0+000 s/d STA 3+460 tergolong tinggi. Beban kendaraan yang tinggi atau berlebih yang melintas berkorelasi positif terhadap kerusakan perkerasan lentur (aspal) dan menjadi salah satu faktor penyebab kerusakan perkerasan lentur (aspal) pada ruas jalan tersebut. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai *truck factor* yang lebih dari 1, yang berarti ruas jalan tersebut mengalami beban berlebih (*overload*) terhadap kendaraan dengan beban maksimum diatas 8 Ton;
- b. Berdasarkan perhitungan dengan umur rencana 10 tahun, sisa umur perkerasan yang dihasilkan sebesar 4,60% di tahun 2031.
- c. Terdapat 3 (tiga) jenis kerusakan yang terjadi di ruas jalan Sp. Ujung Aji – bts. kota Kabanjahe dengan STA 0+000 s/d STA 3+460 dengan jenis kerusakan retak, lubang dan tambalan. Jenis kerusakan retak menjadi kerusakan paling dominan dengan luasan 18865 m<sup>2</sup> dari total luas jalan sebesar 24220 m<sup>2</sup>.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan penulis terhadap kesimpulan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Perlu dilakukan peningkatan kapasitas jalan sehingga dapat menambah luasan penyebaran beban kendaraan yang diharapkan dapat menambah sisa umur perkerasan jalan.
- b. Perlu dilakukan perbaikan perkerasan secara menyeluruh dimana kerusakan retak sudah menyebar di hampir keseluruhan permukaan perkerasan. Pembuatan drainase akan mengurangi potensi kerusakan yang disebabkan oleh genangan air
- c. Penanganan jalan perlu dilakukan secara hati-hati dimana ruas jalan tersebut merupakan jalur perlintasan, terutama kendaraan dengan tonase yang tinggi. Pengawasan perlu ditingkatkan untuk menghindari pelanggaran terhadap muatan beban kendaraan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Asiyanto. 1999. Metode Pelaksanaan Pekerjaan Jalan Aspal, Jakarta: Sipil FT UI
- Departemen Pekerjaan Umum. 2016. *Analisa Lalu-lintas Jalan*, Bandung :  
Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat.
- Departemen Perhubungan Darat. 2008. *Surat Edaran Menteri Perhubungan No SE.  
02/AJ.108/DRJD/2008 Tentang Panduan Batas Maksimum Perhitungan JBI,  
JBKI Untuk Mobil Barang, Kendaraan Khusus, Kendaraan Penarik.*
- Dipohusodo, Istimawan. 1996. *Manajemen Proyek dan Konstruksi*. Kanisius :  
Yogyakarta.
- Indonesia Highway Capacity Manual – Part I Urban Roads No. 09/T/BNKT/1993
- Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017
- Nur Khaerat Nur dkk. 2021. *Perancangan Perkerasan Jalan*. Yayasan Kita Menulis  
: Medan.
- Pedoman Survei Pencacahan Lalu –lintas Dengan Cara Manual PD. T-192004-B
- Republik Indonesia Direktorat Jenderal Bina Marga Direktorat Jenderal Bina Jalan  
Kota (BINKOT). 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Jakarta :  
Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat.
- Sukirman, Silvia. 1994. *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Nova.  
Bandung.
- Waskito Yudo. 2017. *Analisis Kerusakan Dini Perkerasan Lentur Terhadap Umur  
Sisa Perkerasan Akibat Beban Berlebih Kendaraan. (Studi Kasus Ruas Jalan  
Jogja-Solo).*

## LAMPIRAN

