

**PENGARUH PERTUMBUHAN JUMLAH KENDARAAN
TERHADAP UMUR RENCANA PERKERASAN KAKU PADA
JALAN KARYA JAYA MEDAN
(STUDI KASUS)**

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk melengkapi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Strata Satu
(S-1) pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas HKBP Nommensen Medan*

Disusun oleh :

JON IRONI SIMANJUNTAK
20310014

Telah diuji dihadapan Tim Penguji Tugas Akhir pada tanggal 23 September 2024
dan dinyatakan telah lulus sidang sarjana

Disahkan oleh :

Dosen Pembimbing I

Nurvita Jansani Simanjuntak, ST., M.Sc

Dosen Pembimbing II

Luki Harlando Purba, ST., M.Eng

Dosen Penguji I

Humisar Pasaribu, ST., MT

Dosen Penguji II

Ir. Yetty Riris Saragi, ST., MT., IPU., ACPE



Fakultas Teknik

Head of Faculty Pangarihuan, MT

Ketua Program Studi

Ir. Yetty Riris Saragi, ST., MT., IPU., ACPE

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan dan pemeliharaan jalan adalah salah satu hal yang penting dalam infrastruktur transportasi suatu negara. Perkerasan jalan adalah bagian vital dari struktur jalan yang bertugas menyalurkan beban lalu lintas dari kendaraan ke dasar jalan yang lebih dalam. Namun, pembebanan berlebihan yang dialami oleh jalan dapat menyebabkan berbagai kerusakan struktural dan fungsional pada perkerasan jalan. Ketika beban yang diterima oleh perkerasan jalan melebihi batas toleransi yang telah ditetapkan, dapat mengakibatkan berbagai dampak negatif, seperti retak, deformasi, dan penurunan kapasitas struktural jalan.

Dalam konteks ini, penting untuk memahami secara mendalam tentang bagaimana beban berlebihan tersebut mempengaruhi umur rencana perkerasan jalan. Penelitian tentang pengaruh beban berlebihan terhadap umur rencana perkerasan jalan menjadi relevan karena akan memberikan pemahaman yang lebih baik dalam perencanaan, pemeliharaan, dan rehabilitasi jalan. Dengan mengetahui dampak beban berlebihan, dapat dikembangkan strategi yang lebih efektif dalam memperpanjang umur layanan perkerasan jalan serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya yang tersedia.

Selain itu, pemahaman yang lebih mendalam tentang pengaruh beban berlebihan terhadap umur rencana perkerasan jalan juga akan membantu dalam merancang kebijakan dan standar teknis yang lebih baik untuk pengembangan infrastruktur jalan yang berkelanjutan dan tahan lama.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif tentang hubungan antara beban berlebihan dan umur rencana perkerasan jalan, sehingga dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan infrastruktur jalan yang berkualitas dan berkelanjutan.

Pada era modern saat ini, jalan raya menjadi infrastruktur vital yang mendukung konektivitas antar wilayah, mobilitas manusia, dan pertumbuhan

ekonomi. Sebagai bagian dari bidang teknik sipil, studi mengenai jalan raya menjadi sangat penting dalam memahami perencanaan, desain, konstruksi, dan pemeliharaan infrastruktur jalan yang efisien dan berkelanjutan. Ada empat faktor yang dapat menyebabkan kerusakan pada jalan, yaitu material konstruksi, lalu lintas, iklim dan juga air. Salah satu faktor yang berpengaruh adalah kondisi lalu lintas, semakin tinggi volume lalu lintas maka akan semakin besar beban yang diterima oleh jalan tersebut.

Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk menggali lebih dalam tentang berbagai aspek teknis dan manajerial terkait jalan raya. Dengan memahami tantangan dan perkembangan terkini dalam bidang ini, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam peningkatan kualitas infrastruktur jalan serta keselamatan pengguna jalan.

Pada bagian pendahuluan ini, akan diuraikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, metodologi yang digunakan, serta ruang lingkup penelitian yang akan dilakukan. Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang peran teknik sipil dalam pengembangan dan pemeliharaan jalan raya secara berkelanjutan.

Jalan batas kota Medan merupakan bagian dari jalan Karya Jaya di Kecamatan Medan Johor yang tergolong jalan arteri. Peningkatan kebutuhan pergerakan barang dan jasa, khususnya transportasi darat menyebabkan kerusakan jalan terjadi lebih cepat dari yang direncanakan.

Kerusakan ini dapat disebabkan oleh jumlah kendaraan yang melintas melebihi perhitungan lalu lintas yang direncanakan. Untuk mengevaluasi penurunan tingkat pelayanan jalan, langkah awal yang dapat diambil adalah menilai kondisi jalan melalui analisis fungsional berdasarkan pada kerataan permukaan jalan.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Faktor apa saja yang dapat mempengaruhi kerusakan perkerasan jalan terhadap umur rencana?
2. Bagaimana pengaruh pertumbuhan jumlah kendaraan terhadap pengurangan umur rencana perkerasan jalan?
3. Berapakah umur sisa perkerasan dengan adanya penambahan pertumbuhan lalu lintas sebesar 3%, 5%, 8%?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui faktor penyebab kerusakan perkerasan jalan terhadap umur rencana menggunakan metode Bina Marga (BM) 2013.
2. Mengetahui pengaruh pertumbuhan jumlah kendaraan terhadap pengurangan umur rencana perkerasan jalan.
3. Untuk mengetahui umur sisa perkerasan pada perkembangan lalu lintas 3%, 5%, 8%.

1.4 Batasan Masalah

Agar masalah yang dibahas dalam perencanaan ini lebih spesifik dan terarah, maka diperlukan suatu batasan masalah. Maka batasan masalah difokuskan pada :

1. Jenis konstruksi perkerasan yang akan ditinjau adalah konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*).
2. Mengkaji pertumbuhan jumlah kendaraan terhadap pengurangan umur rencana perkerasan jalan.
3. Survey dilakukan selama 5 hari yaitu 3 hari *weekday* (senin, rabu, dan jumat) dan 2 hari *weekend* (sabtu dan minggu). Pengambilan data dilakukan pada saat jam padat yaitu pada saat siang hari pukul 10.00-12.00 WIB dan sore pukul 15.00-17.00 WIB.
4. Tidak memperhitungkan tulangan pada perkerasan kaku.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang penulis harapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dapat menjadi landasan untuk penelitian lanjutan dalam pengembangan teknologi dan metode konstruksi perkerasan jalan yang lebih tahan lama dan efisien.
2. Menjadi dasar untuk merumuskan kebijakan yang lebih baik terkait pembatasan beban berlebih pada jalan-jalan tertentu, yang pada gilirannya dapat melindungi dan memperpanjang umur pakai perkerasan jalan.
3. Menambah pemahaman dalam bidang Teknik Sipil, terkhususnya tentang pengaruh pertumbuhan jumlah kendaraan terhadap umur rencana perkerasan jalan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Jalan

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang jalan, jalan didefinisikan sebagai bagian ruang lalu lintas yang diperuntukkan bagi kendaraan dan pejalan kaki. Definisi ini mencakup struktur jalan seperti jalan raya, jalan lokal, jalan desa, dan jalan lainnya yang digunakan untuk lalu lintas. jalan ini dapat meliputi jalan umum maupun jalan khusus dan ditujukan untuk mendukung mobilitas dan aksesibilitas masyarakat.

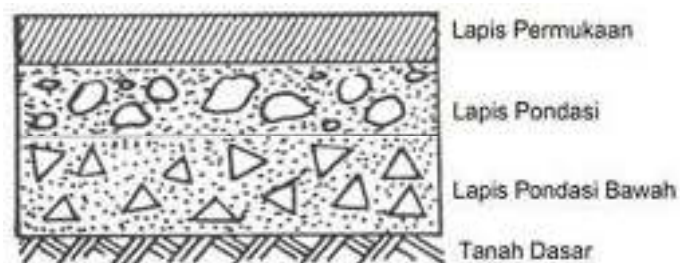
Menurut Sukirman (2003) Perkerasan jalan merupakan lapisan konstruksi yang ditempatkan di atas permukaan jalan untuk memberikan stabilitas, daya tahan, dan pengamanan terhadap beban lalu lintas serta pengaruh cuaca. Perkerasan jalan bisa terdiri dari berbagai bahan seperti aspal, beton, atau batu pecah yang disusun dalam lapisan yang berbeda sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lingkungan. Fungsi perkerasan jalan adalah untuk memberikan struktur yang kokoh dan tahan lama bagi jalan agar dapat menahan beban lalu lintas serta cuaca eksternal seperti hujan dan panas. Perkerasan jalan juga membantu dalam menjaga kualitas permukaan jalan agar tetap halus dan aman bagi pengguna jalan. Untuk mencapai perkerasan dengan daya dukung yang baik serta dapat memenuhi kriteria keawetan dan ekonomis, perkerasan dibuat dalam beberapa lapisan.

Menurut Suryawan (2005), perkerasan jalan beton semen portland merupakan jenis perkerasan jalan yang menggunakan beton semen portland sebagai bahan utamanya. Beton ini terdiri dari campuran semen portland, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil atau batu pecah) dan air. Campuran ini diaduk dan dituangkan ke dalam cetakan untuk membentuk lapisan perkerasan jalan. Didalam pelaksanaannya, pada umumnya perkerasan jalan lentur terdapat beberapa jenis lapisan yaitu sebagai berikut :

1. Lapisan tanah dasar (*subgrade*).
2. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*).

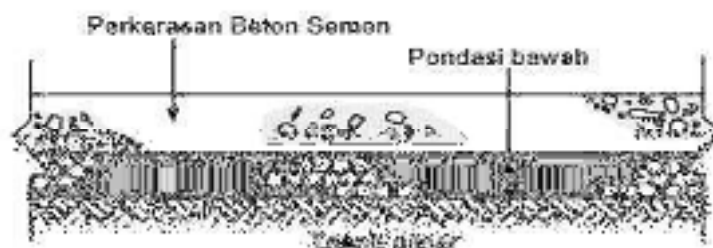
3. Lapisan pondasi atas (*base course*).
4. Lapisan permukaan/penutup (*asphalt*).

Perkerasan beton semen adalah lapisan jalan yang terbuat dari campuran beton semen yang dirancang untuk memberikan kekuatan struktural dan daya dukung yang diperlukan untuk mendukung lalu lintas kendaraan. Beton semen yang digunakan dalam perkerasan ini umumnya terdiri dari campuran semen, agregat kasar, agregat halus dan air dengan proporsi tertentu dan dapat ditambahkan bahan aditif untuk meningkatkan performa (Pd T-14-2003). Susunan konstruksi perkerasan lentur dan potongan konstruksi perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) digambarkan pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Susunan Konstruksi Perkerasan Lentur

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)



Gambar 2.2 Potongan Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

Dari gambar di atas, terlihat bahwa beban dari suatu kendaraan akan diteruskan ke permukaan jalan dengan melalui area kontak roda yang dapat menyebar secara merata (w). Beban ini diterima oleh lapisan permukaan (*surface course*) dan kemudian disalurkan hingga ke tanah dasar (*subgrade*) yang kemudian dapat menghasilkan gaya pada setiap lapisan akibat reaksi tanah dasar terhadap beban lalu lintas yang diterimanya (Pd T-14-2003), beban dari lalu lintas dapat dilihat berikut ini :

1. Berat atau kapasitas dari lalu lintas dapat berupa gaya vertikal.
2. Gaya gesekan yang dihasilkan oleh rem bersifat horizontal.
3. Pukulan dari roda kendaraan menghasilkan getaran.

Dikarenakan sifat yang dapat menyebar semakin ke bawah, pengaruhnya berkurang, sehingga setiap lapisan menerima muatan yang berbeda-beda. Menurut Yoder, E. J. dan Witczak (1975), secara umum terdapat dua jenis konstruksi perkerasan jalan yaitu sebagai berikut :

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) yaitu jenis perkerasan jalan yang terdiri dari lapisan-lapisan material yang lentur dan dapat menyesuaikan dengan perubahan suhu dan beban. Biasanya terdiri dari lapisan aspal (AC) di atas lapisan bawah yang lebih kokoh seperti agregat campuran. Perkerasan jalan ini menggunakan aspal sebagai pengikat.
2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) yaitu konstruksi perkerasan jalan ini terdiri dari satu lapisan material yang kaku, seperti beton. Lapisan tunggal ini menawarkan stabilitas yang tinggi dan umumnya digunakan di jalan raya dengan lalu lintas yang berat dan frekuensi yang tinggi. Perkerasan ini menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat.

Selain dari kedua jenis tersebut, di Indonesia saat ini sedang dikembangkan jenis perkerasan gabungan, yaitu penggabungan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Dalam Tudas Akhir ini akan dibahas pertumbuhan jumlah kendaraan terhadap pengurangan umur perkerasan jalan dengan menggunakan metode Analisa Komponen Bina Marga 1987 yang menerapkan konstruksi perkerasan kaku (Bina Marga, 1987).

Menurut Hardiyatmo (2011), perkerasan beton terdiri dari lapisan-lapisan yang terbuat dari beton. Beton digunakan sebagai bahan utama karena memiliki kekuatan tinggi, daya tahan yang baik terhadap beban lalu lintas, serta ketahanan terhadap perubahan cuaca dan kondisi lingkungan. Perkerasan beton biasanya terdiri dari beberapa lapisan, yaitu lapisan pondasi bawah, lapisan pondasi atas dan lapisan beton semen sebagai lapisan permukaan. lapisan beton semen ini berfungsi untuk menahan beban kendaraan secara langsung dan menyebarkannya ke lapisan-lapisan dibawahnya.

2.2 Pertumbuhan Jumlah Lalu Lintas

Menurut Sukirman (1999) menerangkan bahwa pertumbuhan jumlah lalu lintas merupakan fenomena yang mencerminkan peningkatan jumlah kendaraan dan aktivitas transportasi dalam suatu wilayah. Faktor-faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan ini yaitu faktor perkembangan ekonomi, urbanisasi dan perubahan pola mobilitas masyarakat. Peningkatan jumlah lalu lintas sering kali menuntut perencanaan untuk mengatasi tantangan seperti kemacetan, polusi dan juga kebutuhan infrastruktur transportasi yang memadai, sehingga pertumbuhan ini memerlukan perhatian khusus dalam perencanaan transportasi untuk mengatasi potensi masalah seperti kemacetan dan kebutuhan peningkatan kapasitas jalan.

Menurut Derycke (2000), pertumbuhan jumlah lalu lintas mengacu pada peningkatan signifikan dalam jumlah kendaraan yang beroperasi di jaringan transportasi sepanjang periode waktu tertentu. Pertumbuhan ini juga dapat disebabkan oleh faktor-faktor seperti penambahan jumlah penduduk, perubahan pola konsumsi dan pengembangan area perkotaan. Peningkatan volume lalu lintas sering kali berdampak pada kualitas layanan transportasi seperti kemacetan dan peningkatan polusi udara, sehingga memerlukan strategi pengelolaan dan perencanaan transportasi yang efisien untuk menghadapi tantangan-tantangan tersebut.

Menurut Hasyim (2012), pertumbuhan jumlah lalu lintas dapat diartikan sebagai peningkatan jumlah kendaraan dan intensitas pergerakan di jaringan transportasi dalam suatu wilayah dari waktu ke waktu. Pertumbuhan ini juga dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti perkembangan ekonomi, urbanisasi dan juga dapat dipengaruhi oleh perubahan dalam pola perjalanan masyarakat. Peningkatan jumlah kendaraan sering kali menyebabkan dampak negatif seperti kemacetan lalu lintas dan penurunan kualitas lingkungan. Penanganan pertumbuhan lalu lintas yang efektif memerlukan perencanaan dan kebijakan transportasi yang baik untuk mengatasi masalah seperti kemacetan dan dampak lingkungan.

2.3 Kapasitas Jalan

Muatan Sumbu Terberat (MST) digunakan sebagai acuan untuk dapat mengontrol dan juga mengawasi muatan kendaraan di jalan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Kelas jalan berdasarkan fungsi dan penggunaannya (Peraturan Pemerintah No. 43 Tahun 1993), ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Kelas Jalan Berdasarkan Fungsi dan Penggunaannya

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Maksimum Dan Muatan Sumbu Terberat (MST)			
		Lebar (cm)	Panjang (cm)	MST (ton)	Tinggi (cm)
I	Arteri	250	1800	>10	420 dan tidak Lebih dari 1,7 × lebar kendaraan
II		250	1800	≤10	
IIIA	Arteri atau kolektor	250	1800	≤8	
IIIB	Kolektor	250	1200	≤8	
IIIC	Lokal dan Lingkungan	210	900	≤8	

(Sumber : PP No.43/1993)

Dari tabel diatas dapat di jalan-jalan umum sebagai berikut :

1. Kendaraan yang kecil dengan ukuran 900×210 cm dan $MST \leq 8$ ton dapat diizinkan menggunakan semua kategori jalan, termasuk jalan lingkungan, jalan lokal, jalan kolektor dan juga jalan arteri.
2. Kendaraan sedang yang memiliki ukuran maksimum 1800×250 cm dan Muatan sumbu tunggal (MST) ≤ 8 ton hanya dapat diperbolehkan berjalan di jalan kolektor dan arteri saja dan juga dilarang melewati jalan lokal serta jalan lingkungan.
3. Kendaraan-kendaraan yang besar yang memiliki ukuran maksimum 1800×250 cm dan dengan $MST \leq 10$ ton hanya diizinkan beroperasi pada jalan yang berfungsi sebagai jalan arteri saja.

4. Kendaraan besar terkhususnya yang memiliki panjang dan juga lebar maksimum 250×1800 cm serta MST lebih dari 10 ton hanya diperbolehkan beroperasi di jalan arteri dan kelas satu dengan sangat terbatas, kendaraan besar dan kendaraan khusus ini tidak dapat diizinkan memasuki jalan lingkungan, jalan kolektor dan juga jalan local.

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 :

1. *Singleaxle, singlewheel* = 5,4 ton.
2. *Singleaxle, dualwheel* = 8,16 ton.
3. *Doubleaxle, dualwheel* = 13,76 ton.
4. *Tripleaxle, dual wheel* = 18,45 ton.

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (Pd. T-05-2005-B) tentang syarat beban sumbu standar merujuk pada spesifikasi teknis untuk perencanaan dan desain struktur jalan, ketentuan ini penting untuk memastikan bahwa jalan dapat menahan beban kendaraan yang melintas tanpa mengalami kerusakan.

Sedangkan menentukan angka ekuivalen (E) untuk setiap golongan beban gandar adalah sumbu kendaraan berdasarkan pedoman perencanaan ketebalan perkerasan, Bina Marga (2002) bertujuan untuk mengonversi dampak berbagai jenis beban kendaraan menjadi beban ekuivalen yang dapat dibandingkan. Penentuan angka ekuivalen (E) dilakukan berdasarkan hasil penelitian dan analisis lapangan yang mengukur pengaruh berbagai jenis kendaraan terhadap ketahanan perkerasan dan digunakan untuk merencanakan ketebalan perkerasan yang sesuai untuk menahan beban lalu lintas yang diprediksi selama umur desain jalan. Dengan menggunakan angka ekuivalen, perencana dapat lebih mudah mengestimasi kebutuhan perkerasan dan membuat keputusan yang lebih akurat mengenai desain dan pemeliharaan jalan (Bina Marga, 2002).

Kapasitas jalan merupakan jumlah maksimum lalu lintas yang dapat dilalui suatu titik di jalan dalam satu jam pada situasi tertentu. Misalnya , untuk jalan dua

lajur dua arah, kapasitas diukur untuk kedua arah sekaligus. Kapasitas juga telah diperkirakan melalui analisis kondisi kepadatan lalu lintas, serta secara teoritis dengan menggunakan asumsi hubungan matematika antara kepadatan, kecepatan,, dan arus. Kapasitas diukur dalam satuan mobil penumpang (smp) (MKJI, 1997).

Kapasitas dasar ditentukan berdasarkan nilai kapasitas dasar dengan variabel masukan tipe jalan, dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Nilai Kapasitas Jalan Berdasarkan Tipe Jalan

Tipe Jalan	Kapasitas Dasar (smp/jam)	Catatan
Empat-lajur terbagi atau jalan satu arah	1650	Per lajur
Empat lajur tak terbagi	1500	Per lajur
Dua lajur tak terbagi	2900	Total dua arah

(Sumber : MKJI, 1997)

2.4 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Medan jalan dikelompokkan berdasarkan kemiringan yang diukur secara tegak lurus terhadap garis kontur (Bina Marga, 2002). Klasifikasi menurut medan jalan dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	< 3
2	Perbukitan	B	3 -25
3	Gunung	G	> 25

(Sumber : Ditjen Bina Marga, Tata Cara Perencanaan Geometrik antar Kota, No. 039/TBM/1997)

2.5 Kerusakan Perkerasan

Kerusakan yang ada di perkerasan jalan bisa terjadi karena berbagai factor lainnya. Secara umum, kerusakan ini dibagi pada dua kategori, yaitu kerusakan struktural yang memiliki kegagalan perkerasan atau kerusakan pada beberapa komponen perkerasan dan sehingga tidak mampu menahan beban lalu lintas dan kerusakan fungsional yaitu suatu kerusakan yang dapat mengganggu keamanan

dan kenyamanan pengguna jalan, serta meningkatkan biaya operasional kendaraan (Sulaksono, 2001).

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga dalam Manual Pemeliharaan Jalan Nomor : 03/MN/B/1983, jenis kerusakan jalan dapat dibedakan atas :

a. Retak (*cracking*)

Retak yang ada pada bagian lapisan permukaan jalan dapat dibedakan atas :

1. Retak *Reflektif*: Terjadi karena adanya deformasi atau perubahan dalam lapisan permukaan jalan akibat pergerakan tanah di bawahnya. Penanganannya dapat dilakukan dengan pemberian lapisan perbaikan atau penggunaan teknik geoteknik.
2. Retak *Transversal*: Merupakan retak yang melintang secara horizontal di permukaan jalan. Cara menanggulangnya bisa dengan metode penambalan menggunakan aspal panas atau metode *overlaying* dengan penambahan lapisan baru di atas lapisan yang retak.
3. Retak *Longitudinal*: Retak ini berjalan sejajar dengan arah lalu lintas jalan. Penanganannya meliputi penggunaan sealant elastomerik atau penggunaan metode *overlaying* untuk menambah lapisan baru di atas retak tersebut.
4. Retak *Blok*: Merupakan retak yang terjadi karena pemisahan atau pembentukan blok-blok di permukaan jalan. Penanganannya memerlukan perbaikan struktural seperti penggantian lapisan atau pengerukan dan penambalan dengan material yang sesuai.

b. Distorsi (*Distortion*)

Distorsi atau perubahan bentuk dapat terjadi akibat lemahnya tanah dasar dan pemadatan yang kurang pada lapisan pondasi, sehingga beban lalu lintas menyebabkan tambahan pemadatan. Distorsi dapat dibedakan atas :

1. Alur (*Ruts*), yang terjadi pada lintasan roda sejajar dengan as jalan. Alur dapat terbentuk sebagai akibat genangan air hujan di permukaan jalan, mengurangi kenyamanan dan menyebabkan retak. Alur ini diakibatkan oleh lapisan pada pengerjaannya tidak padat dan juga serta tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas yang berulang. Rendahnya stabilitas gabungan aspal

juga dapat menyebabkan degradasi yang plastis, perbaikan dapat dikerjakan dengan menambahkan kesesuaian lapisan permukaan.

2. Keriting (*Corrugation*) adalah alur yang terjadi dan terbentuk melintang di jalan. Kerusakan ini dapat disebabkan oleh rendahnya stabilitas campuran akibat kadar aspal yang terlalu tinggi, penggunaan agregat halus yang berlebihan serta permukaan penetrasi yang tinggi. Keriting juga dapat terjadi jika lalu lintas dibuka sebelum perkerasan mencapai stabilitas, terutama pada perkerasan yang menggunakan aspal cair.

c. Cacat Permukaan (*Sisintegration*)

Kerusakan dapat bersifat kimiawi dan mekanis pada lapisan perkerasan dan cacat permukaan yang muncul antara lain :

1. Lubang (*Photholes*) adalah cekungan dengan ukuran yang bervariasi, mulai dari kecil hingga besar. Lubang-lubang ini mengumpulkan dan juga menyerap air ke dalam lapisan permukaan yang dapat memperburuk kerusakan jalan. Terjadinya lubang bisa disebabkan oleh campuran material lapisan permukaan yang buruk, seperti kadar aspal yang rendah yang membuat lapisan aspal menjadi tipis dan mudah lepas serta lapisan permukaan yang tipis sehingga ikatan antara aspal dan agregat juga akan mudah terlepas akibat perubahan cuaca.

d. Pengausan (*Polished Aggregate*)

Permukaan perkerasan yang menjadi licin dapat berbahaya bagi para pengguna jalan. Pengausan ini terbentuk karena agregat yang tidak tahan aus atau agregat bulat dan licin. Ini dapat diatasi dengan menutup lapisan menggunakan latasir, buras atau latasbun.

e. Kegemukan (*Bleeding or flushing*)

Permukaan menjadi licin. Pada temperatur tinggi, aspal menjadi lunak dan akan terjadi jejak roda. Kegemukan (*bleeding*) disebabkan oleh penggunaan kadar aspal yang tinggi dalam campuran atau terlalu banyak aspal pada prime coat atau tack coat. Hal ini dapat diatasi dengan menaburkan agregat padat dan memanaskannya atau mengangkat lapisan aspal dan menambahkan lapisan penutup agar jalan tidak licin.

f. Penurunan di Area Bekas Penanaman (*Utility cut depression*)

Terjadi di sepanjang lokasi bekas penanaman utilitas. Kerusakan ini terjadi akibat pemadatan yang tidak memadai. Perbaikan bisa dikerjakan dengan cara merombak dan membongkar dengan timbunan yang cocok.

2.6 Reliabilitas

Menurut Suryadi (2011), reliabilitas merujuk pada kemungkinan terjadinya jenis kerusakan tertentu atau kombinasi kerusakan pada struktur perkerasan yang tetap berada di bawah batas yang diizinkan selama umur rencana. Konsep ini bertujuan untuk memasukkan tingkat kepastian dalam proses perencanaan agar berbagai alternatif yang dipilih dapat bertahan selama periode yang ditentukan. Tingkat reliabilitas yang direkomendasikan untuk berbagai klasifikasi dapat dilihat pada Tabel 2,4 di bawah ini.

Tabel 2.4 Rekomendasi Tingkat Reliabilitas Untuk Berbagai Klasifikasi

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi Tingkat Reliabilitas	
	Perkotaan	Antar Kota
Bebas hambatan	85-99.9	80-99.9
Arteri	80-99	75-95
Kolektor	80-95	75-95

(Sumber: Bina Marga Pd T-01-2002-B)

Kinerja perencanaan dikendalikan oleh faktor reliabilitas (FR) yang dikalikan dengan estimasi lalu lintas (W_{18}) selama periode rencana untuk menghasilkan prediksi kinerja (W_{18}). Untuk tingkat reliabilitas (R) yang ditentukan, faktor reliabilitas berfungsi sebagai ukuran deviasi standar keseluruhan yang mempertimbangkan variasi dalam estimasi lalu lintas dan kinerja untuk W_{18} . Dalam rumus perkerasan lentur, tingkat reliabilitas diakomodasi melalui parameter penyimpangan normal standar (Bina Marga 2002). Tabel 2.5 menyajikan nilai Deviasi Normal Standar (ZR) untuk berbagai tingkat kepercayaan (R).

Implementasi konsep keandalan perlu memperhatikan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Tentukan klasifikasi fungsi jalan dan identifikasi apakah itu termasuk jalan di area perkotaan atau jalan lintas antar kota.
2. Pilih rentang keandalan dari yang tertera dalam Tabel 2.4.
3. Pilih deviasi standar (S_0) yang mencerminkan kondisi local, dengan rentang nilai S_0 antara 0,35 hingga 0,45.

Tabel 2.5 Deviasi Normal Standar (Z_R) Untuk Berbagai Tingkat Kepercayaan (R)

Reabilitas R (%)	Standar normal deviate (Z_R)
50	0
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
90	-1,282

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan jalan beton. Pd T-14-2003)

2.7 Jumlah Jalur

Jumlah jalur adalah salah satu jalur kendaraan yang ada di sebuah ruas jalan yang menerima jumlah volume lalu lintas banyak. Jumlah jalur ditentukan berdasarkan estimasi jumlah lalu lintas harian yang dapat diukur dalam smp/hari, mencakup kedua arah. Persentase kendaraan pada rute yang direncanakan dapat dihitung melalui survey jumlah lalu lintas. Jika sebuah jalan tidak dilengkapi dengan tanda batas lajur, lebar lajur akan ditentukan berdasarkan ukuran permukaan jalan tersebut (Pd T-14-2003), lebar perkerasan terdapat dilihat pada Tabel 2.6 dan faktor distribusi lajur (DL) dapat dilihat pada Tabel 2.7 berikut ini :

Tabel 2. 6 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar perkerasan (L_p)	Jumlah lajur (n)
$L_p < 5,50$ m	1 lajur
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25$ m	2 lajur
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25$ m	3 lajur
$11,23 \text{ m} \leq L_p < 15,00$ m	4 lajur
$15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75$ m	5 lajur
$18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00$ m	6 lajur

(Sumber : Pedoman Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan jalan beton semen. Pd T-14-2003)

Tabel 2. 7 Faktor Distribusi Lajur (D_L)

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

(Sumber :AASHTO (1993))

2.8 Koefisien Distribusi Kendaraan (D_D)

Koefisien distribusi kendaraan (D_D) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana (Pd T-14-2003), ditentukan menurut Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Koefisien Distribusi Kendaraan (D_D)

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

(Sumber : Pedoman Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan jalan beton semen. Pd T-14-2003)

Keterangan:

Kendaraan ringan, berat total < 5 ton, misalnya mobil penumpang, pick up, mobil hantaran.

Kendaraan berat, berat total \geq ton, misalnya : bus, truk, traktor, semi trailer, trailer.

2.9 Beban Lalu Lintas

Dalam Undang-Undang No. 22 tahun 2009, lalu lintas didefinisikan sebagai pergerakan kendaraan dan orang di ruang lalu lintas jalan. Ruang lalu lintas jalan sendiri adalah prasarana yang digunakan untuk pergerakan kendaraan, orang dan juga barang, termasuk jalan dan fasilitas pendukung.

Beban lalu lintas merujuk pada jumlah kendaraan dan orang yang menggunakan infrastruktur transportasi, seperti jalan raya, jembatan, atau rel kereta api, pada suatu waktu dan tempat tertentu. Beban lalu lintas dapat bervariasi berdasarkan faktor-faktor seperti waktu, lokasi, dan kegiatan khusus seperti liburan atau acara besar. Tingkat beban lalu lintas yang tinggi dapat menyebabkan kemacetan, peningkatan waktu perjalanan, dan bahkan kecelakaan. Untuk mengelola beban lalu lintas, diperlukan perencanaan transportasi yang baik, termasuk pengaturan jalan, transportasi umum yang efisien, dan penggunaan teknologi seperti sistem pemantauan lalu lintas untuk mengoptimalkan aliran kendaraan (Hardiyatmo, 2011).

Dengan memahami kapasitas jalan untuk menampung beban lalu lintas, kita dapat menentukan ketebalan perkerasan jalan dan durasi rencana perkerasan sesuai dengan yang direncanakan dan juga diharapkan. Beban dari suatu kendaraan dapat diteruskan ke permukaan jalan melalui roda yang terletak di ujung sumbu. Setiap kendaraan memiliki dua sumbu, yaitu sumbu depan (untuk kendali) dan sumbu belakang (sebagai penahan beban) yang bisa memiliki satu atau dua roda. Berdasarkan konfigurasi sumbu dan jumlah roda di setiap ujungnya (Suryawan, 2011), sumbu kendaraan dapat dikategorikan sebagai berikut :

1. Sumbu tunggal dengan satu roda.
2. Sumbu tunggal dengan dua roda.
3. Sumbu ganda atau tandem dengan satu roda.
4. Sumbu ganda atau tandem dengan dua roda.
5. Sumbu tiga dengan roda ganda.

2.10 Daya Rusak Jalan (Vehicle Damage Factor)

Menurut Koestalam dan Sutoyo (2010), hasil tinjauan ini menunjukkan bahwa *Vehicle Damage Factor* (VDF) yang dikenal sebagai daya rusak jalan adalah salah satu parameter penting dalam menentukan ketebalan perkerasan secara signifikan. Semakin berat suatu mobilitas, terutama truk, nilai VDF akan meningkat secara signifikan yang juga akan meningkatkan *Equivalen Single Axle Load*. Daya rusak jalan atau *Vehicle Damage Factor* mengacu pada pengaruh kendaraan terhadap kerusakan jalan, dalam studi teknik sipil dan perencanaan


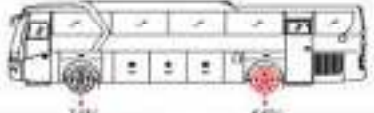






transportasi penting untuk memahami bagaimana kendaraan memengaruhi kondisi dan umur jalan untuk merencanakan pemeliharaan dan perbaikan yang efektif.

Beban konstruksi perkerasan jalan memiliki karakteristik khusus yang berbeda dari beban konstruksi lainnya, sehingga pemahaman tentang ciri-ciri ini sangatlah penting untuk dipelajari (Ditjen Bina Marga No. 01/MN/BM/83), sifat-sifat beban konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan beberapa macam yaitu :

1. Tipe beban, yaitu beban yang diterima jalan akibat kendaraan yang parkir atau berhenti di tempat. Beban ini biasanya lebih ringan dan tidak menimbulkan dampak signifikan jika dibandingkan dengan beban dinamis.
2. Beban tekanan dari kendaraan, yaitu tekanan yang diberikan oleh roda kendaraan yang terhubung langsung dengan permukaan jalan, beban ini sering kali menjadi penyebab utama kerusakan jalan karena tekanan yang tinggi dapat menyebabkan deformasi.

Dalam perencanaan jalan, penting untuk mengetahui berbagai jenis kendaraan yang akan melintasi jalan dan menjadi beban. Sebagai upaya untuk mempermudah dalam proses perancangan digunakan angka dan juga simbolis. Tabel 2.9 di bawah ini menunjukkan konfigurasi sumbu beserta kode untuk setiap tipe kendaraan.

Tabel 2.9 Konfigurasi Beban Sumbu dan Kodenya

KONFIGURASI SUMBU DAN TIRE	BEKAS TONGKONG (TON)	BEKAS MELATAN MANDIRI (TON)	BEKAS TOTAL MANDIRI (TON)	WE 19 TITIK KODENYA	WE 18 KEKAL MANDIRI	
1.1 MPV	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	0,3174	
1.2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1.22 TRUK	5	10	25	0,0044	3,7416	
1.2 + 1.2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	3,9091	
1.2-2 TRAILER	4,2	30	34,2	4,2193	6,1179	
1.2-2.2 TRAILER	10	32	42	0,0323	10,1830	

(Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 1983)

2.11 Volume Lalu Lintas

Menurut MKJI Tahun 1997, volume lalu lintas didefinisikan sebagai total kendaraan yang melintas di suatu lokasi tertentu dalam periode waktu tertentu (seperti sehari, sejam atau semenit). Rata-rata lalu lintas harian diartikan sebagai jumlah kendaraan yang biasanya melewati lokasi tersebut dalam satu hari. Berdasarkan durasi pengamatan untuk menentukan rata-rata lalu lintas harian, terdapat dua jenis kategori rata-rata lalu lintas harian yaitu sebagai berikut :

1. Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT) adalah jumlah rata-rata kendaraan yang melewati satu jalur jalan dalam 24 jam, dihitung berdasarkan data selama satu tahun. Jumlah lalu lintas dalam 1 tahun yaitu :

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah lalu lintas dalam 1 tahun}}{365} \quad 2.1$$

LHRT diukur dalam satuan smp/hari/2 arah atau kendaraan/hari/2 arah untuk jalan dua lajur, serta smp/hari/1 lajur atau kendaraan/hari/1 arah untuk jalan yang memiliki banyak lajur dengan median.

2. Lalu lintas Harian Rata-Rata (LHR) adalah rata-rata volume atau jumlah kendaraan bermotor, sedan jeep, truk ringan, dan juga roda empat lainnya atau lebih yang melintas dalam 24 jam untuk dua arah. LHR untuk tiap jenis kendaraan ditetapkan pada tahap awal perencanaan dan dihitung untuk kondisi dua arah tanpa median. Untuk mendapatkan LHR, dibutuhkan data jumlah kendaraan secara terus menerus selama setahun. Namun karena biaya dan akurasi yang terlibat serta ketersediaan data yang tidak selalu ada, alternatif lain adalah menggunakan satuan LHR. Dengan demikian, LHR juga bisa dihitung dengan membagi total kendaraan yang teramati dengan durasi pengamatan yaitu dengan persamaan berikut ini :

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{lamanya pengamatan}} \quad 2.2$$

2.12 Angka Ekuivalen Kendaraan (E)

Menurut Bina Marga (1987) menjelaskan bahwa nilai ekuivalen merujuk pada nilai yang menggambarkan bahwa jumlah lintasan yang dihasilkan oleh sumbu tunggal seberat 8,16 ton yang dapat mengakibatkan kerusakan serupa atau penurunan indeks permukaan yang setara setelah satu kali melintas. Setiap kategori kendaraan akan memiliki angka ekuivalen VDF yang berbeda-beda, yang merupakan total dari angka ekuivalen sumbu depan dan sumbu belakangnya.

a. Angka ekivalen sumbu tunggal

$$E = 1 \left(\frac{L}{8160} \right)^4 \quad 2.3$$

b. Angka ekivalen dengan roda ganda

$$E = 0,086 \left(\frac{L}{8160} \right)^4 \quad 2.4$$

c. Angka ekivalen dengan roda triple

$$E = 0,031 \left(\frac{L}{8160} \right)^4 \quad 2.5$$

Keterangan:

E = Angka ekivalen beban roda kendaraan

L = Beban roda kendaraan (kg)

k = 1 untuk roda tunggal

0,086 untuk sumbu tandem dan 0,031 untuk sumbu triple.

Faktor daya rusak (VDF) menunjukkan pengaruh kendaraan terhadap kerusakan saat melintas. Kerusakan terjadi lebih cepat akibat beban berlebih yang sangat dipengaruhi oleh jumlah beban di setiap sumbu. Secara umum, perencanaan konstruksi perkerasan jalan dilakukan dengan asumsi bahwa jalan tersebut akan menerima sejumlah repetisi beban kendaraan. *Cumulatif Equivalent Single Axle Load* (CESA) diukur dalam satuan *Standar Axle Load* (ESAL), yaitu 18.000 lbs atau 8,166 ton untuk as roda ganda (Bina Marga, 1987).

CESA (*Cumulatife Equivalent Standart Axles*) merupakan total *Volume Traffic Demand* (VDF) dari kendaraan yang diperkirakan akan melewati suatu jalan selama periode perencanaan, diukur dalam jumlah lintasan sumbu kendaraan dengan beban standar 18 kips (8,16 ton). Pemahaman mengenai hal ini dapat menunjukkan bahwa terjadinya kelebihan muatan pada kendaraan dapat secara signifikan mempengaruhi pengurangan masa pakai jalan yang telah direncanakan (Bina Marga, 1987).

Tekanan roda satu ban sekitar 0,55 Mpa ($5,5 \text{ kg/cm}^2$), dengan jari-jari bidang kontak 110 mm (11 cm) dan jarak antar sumbu roda ganda 33 cm. Angka ekivalen juga mengacu pada ukuran yang digunakan untuk mengevaluasi jumlah kecelakaan dalam suatu area atau jalan (Bina Marga, 1987). Angka ekivalen beban sumbu kendaraan (E) ditunjukkan pada Tabel 2.10 berikut.

Tabel 2.10 Angka Ekivalen Beban Sumbu Kendaraan (E)

Beban Sumbu		Angka Ekivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,002	0
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,005
5000	11023	0,141	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0795
8160	18000	1	0,086
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,194
11000	24251	3,3022	0,284
12000	26455	4,677	0,4022
13000	28660	6,4419	0,554
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,982
16000	35276	14,7815	1,2712

(Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Raya dengan Analisa Komponen, Dep. PU (1987))

2.13 Umur Rencana (UR)

Menurut Sukirman (2003), umur rencana dalam perkerasan jalan mengacu pada perkiraan masa pakai atau usia desain dari sebuah perkerasan jalan sebelum memerlukan perbaikan atau penggantian. Umur rencana ini ditentukan oleh beberapa faktor, termasuk jenis perkerasan material perkerasan, lalu lintas yang melintasinya, kondisi lingkungan, dan tingkat perawatan yang dilakukan. Biasanya umur rencana ini berkisar antar sepuluh (10) hingga dua puluh (20) tahun, namun bisa lebih lama atau lebih pendek tergantung faktor-faktor tersebut. Usia dari rencana yang akan dihitung dalam desain lalu lintas disesuaikan dengan tipe atau fungsi jalan. Dalam menentukan dan menjumlahkan nilai kumulatif lalu lintas selama periode rencana dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$W_{18} = \sum_{N_1}^{N_n} LHR_j \times VDF_j \times D_D \times D_L \times 365 \quad 2.6$$

Dimana:

W_{18} = Desain lalu lintas pada jalur kendaraan, *Equivalent Single Axle Load*.

LHR_j = Rata-rata jumlah lalu lintas harian dua arah untuk jenis kendaraan j.

VDF_j = Faktor kerusakan untuk jenis kendaraan j.

D_D = Faktor distribusi arah.

D_L = Faktor distribusi lajur.

Dalam Keputusan Direktur Jenderal Bina Mara (2012), penentuan factor pertumbuhan lalu lintas dilakukan dengan mengacu pada data historis atau dengan mencari hubungan dengan faktor pertumbuhan lainnya yang relevan. Jika data tersebut tidak tersedia, dapat digunakan estimasi pertumbuhan berikut ini :

1. Untuk jalan arteri dan perkotaan, pertumbuhan 5% antara 2011-2020 dan 4% untuk periode 2021 hingga 2030.
2. Untuk jalan pedesaan, pertumbuhan 3,5% untuk 2011-2020 dan 2,5% untuk 2021 sampai 2030.

Sedangkan Sukirman (1999) mengemukakan bahwa faktor pertumbuhan lalu lintas mencakup jumlah kendaraan yang melewati suatu jalan dari tahun ke tahun yang dipengaruhi oleh pertumbuhan ekonomi, perkembangan wilayah, peningkatan pendapatan masyarakat untuk membeli kendaraan. Faktor ini biasanya dinyatakan dalam bentuk persentase per tahun.

Untuk umur rencana pada jenis perkerasan kaku yang digunakan adalah 10 tahun untuk jenis konstruksi baru, maka umur rencana yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah 10 tahun. Sebelum menghitung persentase umur rencana pada tahun ke-1 sampai tahun ke-10, terlebih melakukan analisa dan perhitungan nilai ESAL kumulatif pada akhir umur rencana dengan nilai D_D digunakan 0,5 sesuai dengan yang disarankan AASHTO (1993) yaitu antara 0,3-0,7 dan nilai D_L digunakan 1 sesuai dengan jumlah lajur setiap jalur.

N_p = Kumulatif ESAL pada akhir tahun

RI = Persentase sisa umur rencana

$N_{1,5}$ = Kumulatif ESAL pada akhir umur rencana

$$N_p = \text{VDF kumulatif} \times D_D \times D_L \times \left[\frac{(1+g)^x - 1}{g} \right]$$

g = Faktor pertumbuhan lalu lintas

x = Tahun rencana

$$RI = 100 \times \left[1 - \left(\frac{N_p}{N_{1,5}} \right) \right]$$

2.14 Internasional Roughness Index (IRI)

International Roughness Indeks (IRI) didefinisikan dengan ukuran yang menunjukkan ketidakrataan permukaan jalan, yang dihitung berdasarkan total panjang variasi ketinggian permukaan dalam satuan panjang tertentu. Secara matematis, indeks ketidakrataan jalan (IRI) dihitung sebagai perbandingan antara suatu panjang jalan yang mengalami kerusakan atau lubang (dalam meter) dengan keseluruhan panjang jalan (dalam kilometer). Nilai IRI yang tinggi menunjukkan kondisi permukaan jalan yang semakin buruk. Hubungan antara nilai dengan klasifikasi kondisi jalan (Bina Marga, 1987) ditunjukkan pada Tabel 2.11 berikut.

Tabel 2.11 Hubungan Antara Nilai dengan Klasifikasi Kondisi Jalan

Nilai IRI	Kondisi
< 4	Baik
4 – 8	Sedang

(Sumber : Bina Marga)

8 -12	Rusak Ringan
> 12	Rusak Berat

(Sumber : Bina Marga)

2.15 Koefisien Drainase

Ketersediaan air yang ada juga dapat mengubah efisiensi jalan, yaitu dapat menurunkan kondisi daya dukung tanah dasar dan lapisan pondasi bawah. Tujuan dibuatnya koefisien drainase yaitu untuk menghitung kinerja dalam perkerasan jalan karena sitem kinerja dari saluran drainase yang tergolong kurang baik (AASHTO, 1993). Nilai koefisien drainase dapat dilihat pada Tabel 2.12 sebagai berikut.

Tabel 2.12 Koefisien Drainase

Kualitas Drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1%	1-5%	<25%	>25%
Sempurna	1,25-1,2	1,2-1,15	1,15-1,1	1,1
Baik	1,2-1,17	1,15-1,1	1,1-1,0	2,0
Sedang	1,15-1,1	1,1-1,0	1,0-0,9	0,9
Buruk	1,1-1,0	1,0-0,9	0,9-0,8	0,8
Sangat buruk	1,0-0,9	0,9-0,8	0,8-0,7	0,7

(Sumber :AASHTO (1993))

Penentuan nilai Cd dipengaruhi oleh kualitas dari sistem drainase dan juga persentase dari waktu struktur perkerasan terpapar air. Kualitas dari suatu drainase ditentukan berdasarkan pada Tabel 2.12 dengan pendekatan berikut.

- Jumlah air hujan yang mencapai pondasi jalan tergolong rendah, menurut analisis hidrologi yaitu sekitar 70-95%.
- Air yang berasal dari sisi jalan dapat masuk ke pondasi jalan dan terdapat tingkat muka air tanah yang tinggi di bawah dasar tanah.
- Pendekatan sebelumnya mempertimbangkan frekuensi hujan yang rata-rata berlangsung selama 3 jam per hari. Durasi 3 jam (atau bahkan kurang) bisa digunakan untuk menilai kualitas drainase, sehingga pemilihan jenis drainase dianggap baik untuk jalan tol dan sedang untuk jalan non-tol. Dalam kondisi tertentu, seperti sistem drainase yang buruk dimana muka air tanah tinggi dan mencapai lapisan tanah dasar, informasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.13

Tabel 2.13 Koefisien Drainase

Kualitas drainase	Air tersingkir dalam waktu
Sempurna	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Buruk	1 bulan

(Sumber : AASHTO (1993))

Sangat buruk	Air tidak mengalir
--------------	--------------------

(Sumber : AASHTO (1993))

2.16 Data Karakteristik Perkerasan Kaku

Dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI 1971 N.I.-2) beton dibagi menjadi tiga kategori berdasarkan kelas dan mutu yaitu :

a Beton Kelas I

Beton kelas I digunakan untuk pekerjaan nonstruktural dan tidak memerlukan keahlian khusus untuk pelaksanaannya. Pengawasan mutu bersifat ringan, hanya mencakup pemeriksaan kualitas bahan dan pengujian kekuatan tekan tidak wajib.

b Beton Kelas II

Beton kelas II ditujukan untuk pekerjaan struktural umum. Proyek ini memerlukan keahlian yang memadai dan harus dilaksanakan di bawah pengawasan profesional. Beton dalam kelas ini dikelompokkan menurut mutu standar B1, K125, K175, dan K225. Untuk mutu B1 pengawasan kualitas hanya sedang tanpa pemeriksaan kekuatan tekan. Sebaliknya mutu K125, K175 dan K225 memerlukan pengawasan ketat terhadap kualitas bahan dan pemeriksaan kekuatan tekan secara rutin.

c Beton Kelas III

Beton kelas III digunakan untuk pekerjaan structural dengan kekuatan tekan karakteristik di atas 225 kg/cm^2 . Jenis beton ini juga memerlukan keahlian khusus dan pengawasan dari tenaga ahli. Diperlukan adanya laboratorium beton lengkap dengan peralatan memadai yang dikelola oleh professional untuk memastikan pengawasan mutu beton secara berkelanjutan.

2.17 Kategori Kendaraan

Direktorat Jenderal Bina Marga pada saat ini mengklasifikasikan sebelas jenis kendaraan dalam survey volume lalu lintas, termasuk kendaraan-kendaraan non-motor. Sebelumnya metode pencacahan manual hanya membagi kendaraan menjadi delapan kategori (Ditjen Bina Marga Pd-T-19-2004). Tabel 2.14 menunjukkan perbedaan antara kategori-kategori tersebut. Untuk perencanaan perkerasan jalan digunakan sebelas klasifikasi, sedangkan perencanaan geometrik hanya memanfaatkan lima kategori kendaraan saja (MKJI, 1997).

Tabel 2. 14 Kategori Jenis Kendaraan Berdasarkan 3 Referensi

IRMS, BM		BM 1992		MKJI 1997	
1	Sepeda motor, skuter, kendaraan roda tiga	1	Sepeda motor, skuter, sepeda kumbang dan roda tiga	1	Sepeda motor (MC), kendaraan bermotor roda 2 dan 3
2	Sedan, jeep, station wagon	2	Sedan, jeep, station wagon	2	Kendaraan Ringan (LV): Mobil penumpang, oplet, mikrobus, pickup, bis kecil, truk kecil
3	opelet, pickup opelet, suburban, kombi, dan mini bus	3	opelet, pickup opelet, suburban, kombi, dan mini bus		
4	Pikap, mikro truk, dan Mobil Hantaran	4	Pikap, Mickro Truk, dan Mobil Hantaran		
5a	Bus Kecil	5	Bus	3	Kendaraan Berat (LHV): Bis, Truk 2 as
5b	Bus Besar				
6	Truk 2 as	6	Truk 2 sumbu		
7a	Truk 3 as	7	Truk 3 sumbu atau lebih dan Gandengan	4	HGV: Truk 3 as, dan truk kombinasi (Truk Gandengan dan Truk Tempelan).
7b	Truk Gandengan				
7c	Truk Tempelan (Semi trailer)				
8	Kendaraan tidak bermotor: Sepeda, Beca, Dokar, Keretek, Andong.	8	Kendaraan tidak bermotor: Sepeda, Beca, Dokar, Keretek, Andong.	5	Kendaraan Tidak Bermotor (UM)

(Sumber : Ditjen Bina Marga,1987)

2.18 Penelitian Terdahulu

Berikut salah satu ulasan jurnal terdahulu yang digunakan dalam menyusun Tugas Akhir ini.

Putri Angelia (2019), melakukan penelitian yang membahas pengaruh beban berlebih terhadap umur rencana jalan Manado-Belitung. Latar belakang penelitian ini yaitu dengan jumlah penduduk Indonesia yang semakin bertambah setiap tahunnya dan semakin bertambahnya jumlah kendaraan, maka kebutuhan sarana transportasi jalan raya sangat besar.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan angka ekivalen kendaraan.
2. Menganalisa dampak beban kendaraan berlebih terhadap umur rencana perkerasan jalan, sehingga dampak kelebihan muatan terhadap umur rencana jalan dapat diketahui.

Landasan teori dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Klasifikasi Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan, fungsi jalan dan dimensi kendaraan maksimum (panjang dan lebar) kendaraan yang diijinkan melalui jalan tersebut.

Berikut ini adalah rincian dari metode yang digunakan :

1. Lokasi penelitian yaitu di ruas jalan Manado-Bitung, yang ditinjau di jalan Wolter Monginsidi Bitung yaitu sepanjang 9,3 km.
2. Survei untuk data LHR dilakukan dalam kurun waktu 1 minggu.

Hasil dan pembahasan penelitian ini mencakup pengaruh beban berlebih terhadap umur rencana jalan Manado-Bitung. Berikut merupakan data LHR ruas jalan Wolter Monginsidi Bitung :

Tabel 2.16 Data LHR Ruas Jalan WolterMongonsidi Bitung

No.	Jenis Kendaraan	Karakteristik	Volume Kendaraan/hari					
			2013 Kend	2014 Kend	2015 Kend	2016 Kend	2017 Kend	2018 Kend
1	Sedan/ Jip/ Station Wagon	LV	8753	9542	9870	10189	10362	10223
2	Bus Kecil	LV	180	160	189	176	201	230
3	Bus Besar	HV	135	99	123	145	130	189
4	Pickup	LV	1720	1806	1872	1954	2056	3090
5	Truk Ringan	HV	69	103	98	127	151	261
6	Truk Sedang	HV	639	782	866	860	1120	1267
7	Truk Berat	HV	395	489	431	551	672	758
8	Truk Trailer 1-2-2	HV	74	92	173	171	156	144
9	Truk Trailer 1-2-2-2	HV	56	159	87	89	180	187
10	Truk Gandeng 1-2-2-2	HV	59	30	24	37	79	44
11	Sepeda Motor	MC	17750	19531	20956	23891	27451	29238
12	Kendaraan tidak bermotor		28	19	25	20	26	10
Jumlah			29858	32812	34730	38210	42534	48641

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2018)

Rekapitulasi perhitungan kumulatif angka ekivalen kendaraan atau *Vehicle Damage Factor (VDF)* muatan normal dapat dilihat pada berikut ini.

Tabel 2.17 Rekapitulasi Perhitungan *Vehicle Damage Factor* Muatan Normal

No.	Jenis Kendaraan	Jumlah Keperluan, hari	Jumlah Kendaraan, tahun	VDF Muatan Normal	Kumulatif VDF Muatan Normal
1.	Mobil Pemanggapan	13223	4826385	0,60045	2177,169407
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					
9.					
10.					

(Sumber : Hasil Pengolahan Data 2018)

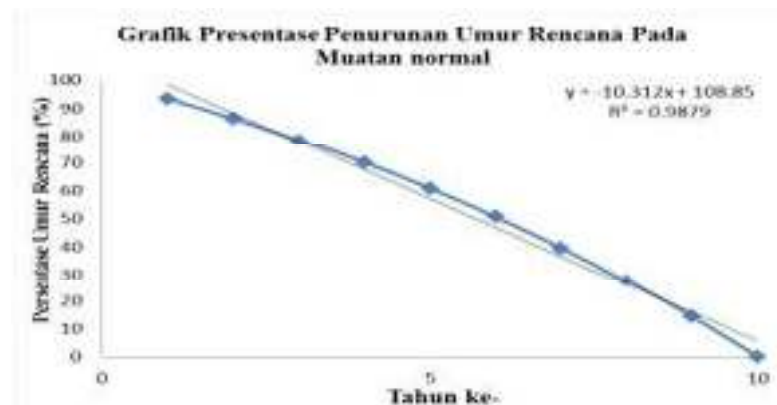
Hasil perhitungan persentase penurunan umur rencana muatan normal dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.18 Persentase Penurunan Umur Rencana Muatan Normal

No.	Tahun ke-	N_p (ESAL)	$N_{1,5}$ (ESAL)	RL (%)
1.	1	984163,356	15066987,71	93,468
2.	2	2058476,076	15066987,71	86,338
3.	3	3231195,841	15066987,71	78,554
4.	4	4511336,736	15066987,71	70,058
5.	5	5908738,538	15066987,71	60,784
6.	6	7434142,344	15066987,71	50,659
7.	7	9099273,139	15066987,71	39,608
8.	8	10916929,915	15066987,71	27,544
9.	9	12901084,052	15066987,71	14,375
10.	10	15066986,707	15066987,71	0

(Sumber: Hasil Pengolahan Data 2018)

Dari perhitungan diatas maka diperoleh grafik presentase penurunan umur rencana pada muatan normal, seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 2.3 Grafik Presentase Penurunan Umur Rencana Pada Muatan Normal

(Sumber: Hasil Pengolahan Data 2018)

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah diuraikan tentang pengaruh muatan berlebih terhadap umur rencana, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Angka ekuivalen atau *Vehicle Damage Factor (VDF)* untuk muatan normal selama umur rencana 10 tahun yaitu 19.683.267,13 *ESAL* sedangkan angka ekuivalen atau *Vehicle Damage Factor (VDF)* untuk muatan berlebih selama umur rencana 10 tahun yaitu 31.391.507,77 *ESAL*.
2. Dampak dari beban berlebih mengakibatkan penurunan umur rencana, berdasarkan metode AASHTO 1993 penurunan umur rencana yaitu sebesar 28,08 % atau terjadi penurunan umur rencana sebesar 2,808 tahun. Sehingga persentase peningkatan VDF kumulatif akibat muatan berlebih adalah sebesar 59,483%.

Pada penelitian ini dicantumkan juga beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang memiliki keterkaitan dan berhubungan dengan penelitian ini. hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.15.

Tabel 2.15 Tabel Hasil Penelitian yang Telah Dilakukan Sebelumnya

No	Nama	Judul	Hasil
1	Putri Angelia Safitra, Theo K Sendow, Sisca V Pandey (2019)	Analisa pengaruh beban berlebih terhadap umur rencana jalan (ruas jalan Manado–Bitung)	Kualitas infrastruktur transportasi di suatu area sangat dipengaruhi oleh standar layanan jalan yang dilalui oleh berbagai jenis kendaraan, termasuk yang membawa beban sesuai ketentuan maupun yang melebihi batas yang diizinkan. Salah satu contoh adalah jalan Manado-Bitung yang berfungsi sebagai akses ke kawasan industri. Jalur ini sering dilalui oleh kendaraan berat, baik yang sesuai kapasitas ,aupun yang overload dan sehingga melanggar regulasi yang berlaku. Kondisi ini tentunya akan menimbulkan berbagai masalah.
2	Agus Tri Setiawan Hulu (2021)	Pengaruh beban berlebih (<i>Overload</i>) terhadap pengurangan umur rencana perkerasan jalan pada ruas jalan Medan-Binjai km 12 (studi literatur)	Hasil perhitungan menunjukkan bahwa penambahan beban berpengaruh negatif terhadap umur rencana. Untuk muatan normal tanpa beban selama 10 tahun, nilai ekuivalen atau VDF tercatat sebesar 110.471.657,8 ESAL. Dengan penambahan beban 5%, nilai tersebut meningkat menjadi 133.459.696,53 ESAL. Penambahan beban 10% menghasilkan 161.741.554,13 ESAL. Penambahan beban 15% menjadi 193.198.712,69 ESAL dan penambahan beban 20% mencapai 229.074.029,54 ESAL.

No	Nama	Judul	Hasil
3	Tomanro M.T Lumban Batu (2023)	Pengaruh beban berlebih (<i>overload</i>) terhadap umur rencana perkerasan jalan	Faktor-faktor regional meliputi permeabilitas tanah, kondisi drainase dan situasi persimpangan yang padat. Pertimbangan teknis dari perencanaan, seperti tinggi muka air, perbedaan kecepatan karena hambatan tertentu, bentuk alinyemen, serta persentase kendaraan dengan berat 13 ton dan kendaraan yang berhenti juga sangat penting. Selain itu, iklim termasuk rata-rata curah hujan tahunan, mempengaruhi kondisi jalan. Kerusakan pada badan jalan dapat terjadi sebelum mencapai umur teknis yang direncanakan, seringkali dalam waktu singkat yang dikenal sebagai kerusakan dini.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk mengidentifikasi pengaruh pertumbuhan jumlah kendaraan terhadap umur rencana perkerasan jalan. Pendekatan kuantitatif memungkinkan pengumpulan data yang sistematis dan analisis statistik yang mendalam untuk memahami hubungan antara variabel beban berlebih dan umur rencana perkerasan jalan.

3.2 Peralatan dan Perlengkapan

Dalam penelitian ini, alat dan juga bahan yang diperlukan dilapangan adalah sebagai berikut :

1. Kusioner survey (Tabel PUPR).
2. Perlengkapan menulis, papan yang digunakan untuk mencatat serta kamera digital untuk pengambilan foto dokumentasi dan meteran 5 m.

3.3 Lokasi Penelitian

Pada Gambar 3.1 dapat dilihat peta lokasi penelitian yang dilakukan oleh penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini, lokasi penelitian berada di Jalan Karya Jaya, Kecamatan Medan Johor Provinsi Sumatera Utara dengan panjang 1 km. Penelitian ini dilakukan dari STA 00+000 – 01+000 Km.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian
(Sumber : Google Earth, 2024)

3.4 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama 5 hari yaitu 3 hari *weekday* (Senin, Rabu dan Jumat) dan 2 hari *weekend* (Sabtu dan Minggu). Pengambilan data dilakukan pada saat jam padat yaitu pada saat siang hari pukul 10.00-12.00 WIB dan sore pukul 15.00-17.00 WIB.

3.5 Pengumpulan Data

Adapun data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Data primer, yaitu data yang dikumpulkan langsung oleh peneliti untuk tujuan penelitian tertentu. Data primer ini mencakup pengukuran langsung umur rencana perkerasan jalan di lokasi yang diteliti, survei lalu lintas untuk mendapatkan informasi tentang beban berlebih yang diterima oleh jalan. Data primer terdiri atas :
 - a. Data lalu lintas harian rata-rata (LHR)
 - b. Data geometrik jalan
 - c. Gambar keadaan perkerasan jalan
2. Data sekunder, yaitu data yang telah dikumpulkan oleh pihak lain untuk tujuan lain dan kemudian digunakan kembali oleh peneliti untuk analisis dalam penelitian mereka. Data sekunder ini mencakup informasi mengenai karakteristik jalan yang relevan dengan topik yang diteliti. Data sekunder terdiri atas :
 - a. Data dari Dinas Pekerjaan Umum (PU) Bina Marga.
 - b. Data curah hujan.
 - c. Peta Lokasi.

3.6 Analisis Data

Beberapa langkah yang dilakukan dalam menganalisis data dalam penelitian ini dapat dilakukan dengan program *Microsoft Excel* agar dapat menggambar dan menganalisis grafik dari hasil perhitungan. Hasil analisa dan perhitungan yang didapatkan, disajikan dalam bentuk grafik dan juga tabel. Setelah dilakukan

langkah-langkah dan juga cara penelitian dan hasil telah didapatkan sesuai pada tujuan dari penelitian ini, selanjutnya laporan penelitian dapat disusun secara jelas dan sistematis.

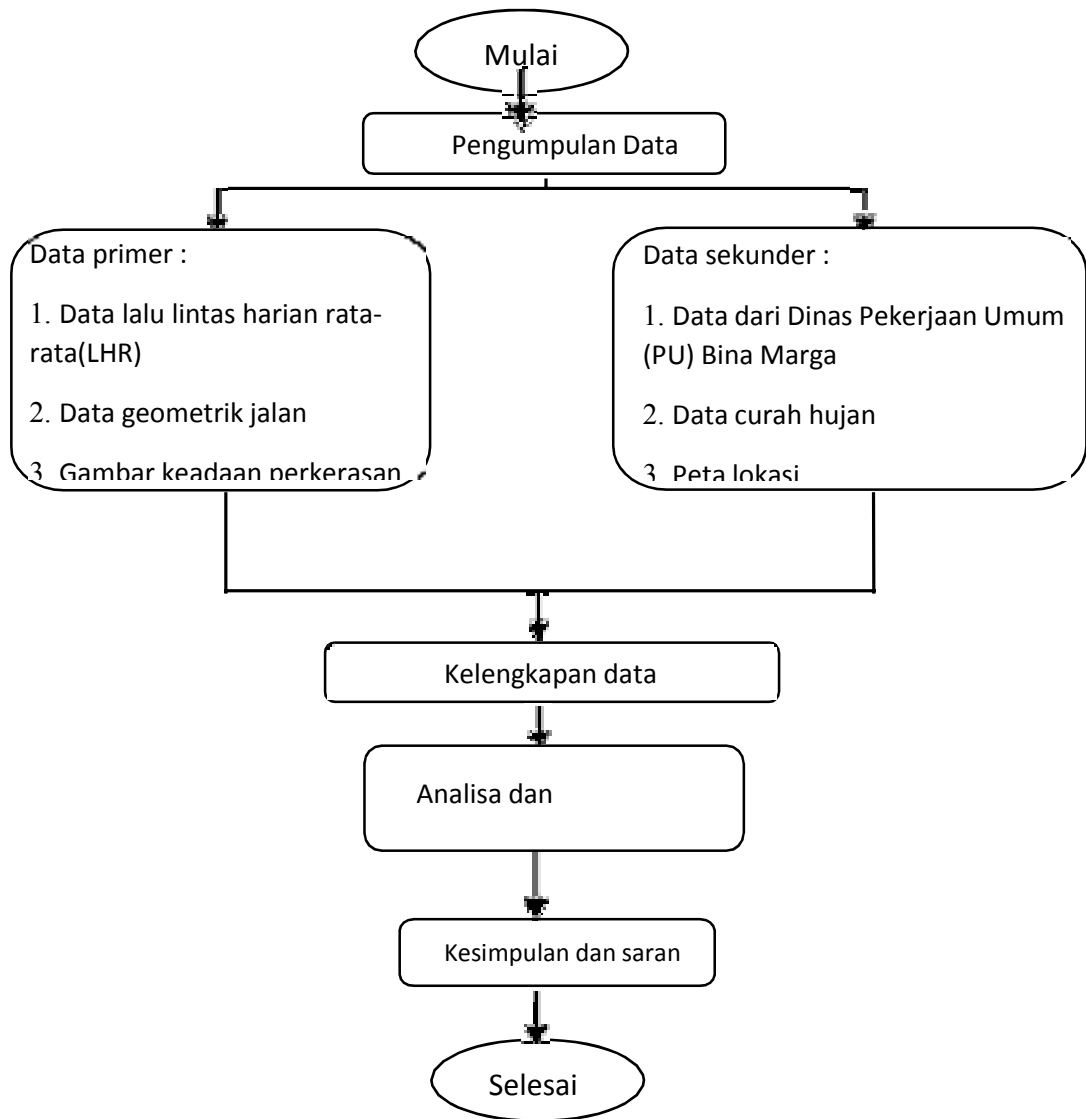
3.7 Prosedur Perhitungan

Dibawah ini merupakan langkah untuk menganalisis pertumbuhan jumlah kendaraan dalam Tugas Akhir ini, antara lain :

1. Beban dibagi pada tiap sumbu jenis kendaraan.
2. Menghitung nilai ekivalen pada jenis kendaraan dengan pertumbuhan jumlah kendaraan.
3. Menghitung jumlah ekivalen kumulatif berdasarkan pada hasil perhitungan ekivalen tiap jenis kendaraan.
4. Menghitung umur rencana jalan dari hasil analisis nilai kumulatif ESAL.
5. Perhitungan perbandingan umur sisa perkerasan.

3.8 Diagram Alur Penelitian

Diagram alur dari prosedur yang telah dijelaskan diatas dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini :



Gambar 3.2 Diagram Alur Penelitian

