

**EVALUASI PERKERASAN RIGID DENGAN METODE  
SOFTWARE KENPAVE**

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**PARMO CHRISTIAN S  
178110153**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**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 16/1/24

Access From (repository.uma.ac.id)16/1/24

# **EVALUASI PERKERASAN RIGID DENGAN METODE SOFTWARE KENPAVE**

## **SKRIPSI**

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



**Oleh:**

**PARMO CHRISTIAN SILITONGA  
178110153**

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

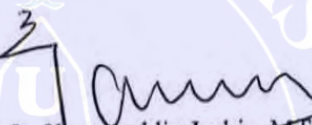
**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Evaluasi Perkerasan Rigid Dengan Metode Software  
Kanpave  
Nama : Parmo Christian Silitonga  
NPM : 178110153  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh :  
Komisi Pembimbing

  
Ir. Kamaluddin Lubis, MT  
Pembimbing



Dr. Rulihadri, S.Kom., M.Kom.  
Dekan



Dr. Wulandari, S.T., MT.  
Prodi. Teknik. Program Studi

Tanggal Lulus : 1 Agustus 2023

### HALAMAN PERNYATAAN

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



Medan, 1 Agustus 2023



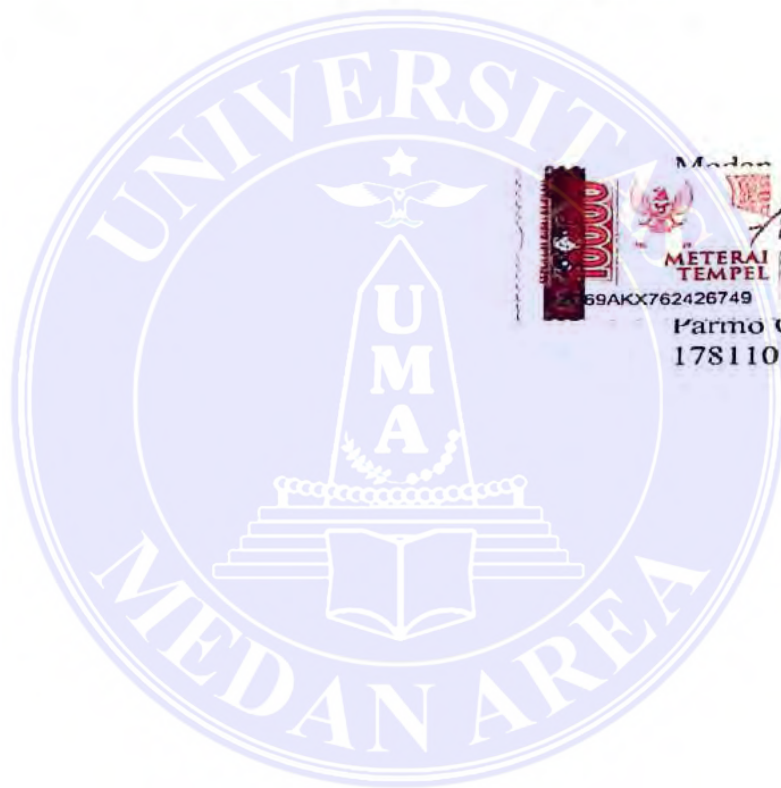
METERAI  
TEMPEL

69AKX762426749

Parmo Christian Silitonga  
178110153

## HALAMAN PERNYATAAN

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



Medan, 1 Agustus 2023



Parmo Christian Silitonga  
178110153



## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

---

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

Nama : Parmo Christian Silitonga  
NPM : 178110153  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Evaluasi Perkerasan Rigid Dengan Metode Software Kenpave. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan  
Pada tanggal : 1 Agustus 2023  
Yang menyatakan



(Parmo Chriistian Silitonga)

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan Pada tanggal 20 Oktober 1998 dari Ayah Ades Silitonga dan Ibu Mulyati Br Hombing Penulis merupakan putra ke 5 dar 5 bersudara. Tahun 2016 Penulis lulus dari SMAS Methodist 1Medan dan pada tahun 2017 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Selama mengikuti perkuliahan penulis menjadi asisten mata kuliah ..... pada tahun ajaran ..... pada tahun ..... Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Pembangunan jebatan di Pulau Sicanang, Belawan



## KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah Perkerasan *Rigid pavement* dengan judul Evaluasi Perkerasan Rigid Dengan Metode Software Kenpave Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



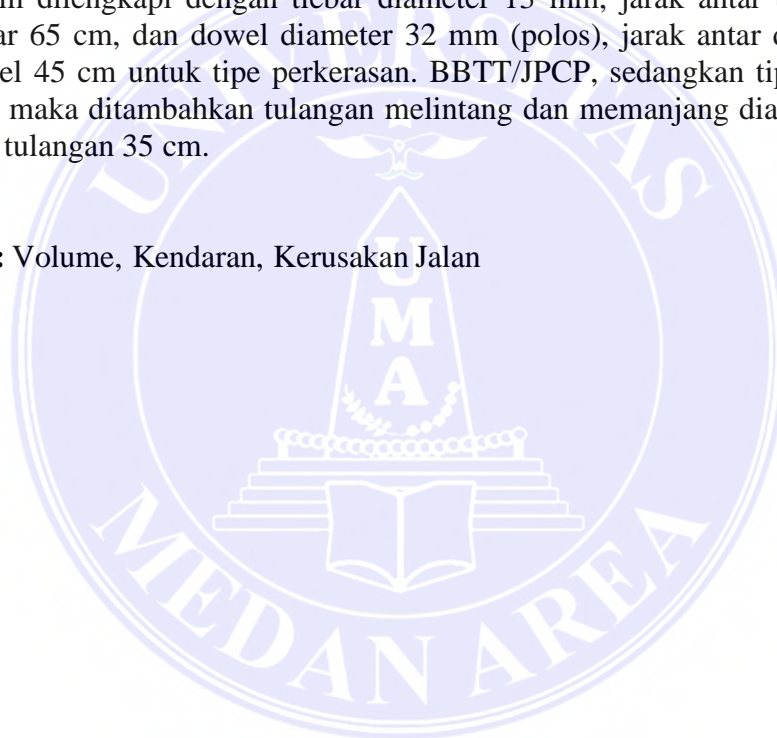
(Parmo Christian Silitonga)



## ABSTRAK

Pembangunan jalan di Indonesia khususnya Sumatera Utara merupakan daerah yang berupaya meningkatkan pembangunan di segala aspek kehidupan, salah satunya adalah fasilitas distribusi berupa jalan raya. Peneliti menetapkan jalan Martoba 1 sebagai objek penelitiannya karena menurut peneliti objek tersebut cukup mehemponi dalam judul penelitiannya yang bersangkutan dengan tipe perkerasan kaku. Hasil analisis dalam penelitian ini yaitu studi kasus pada proyek jalan Martoba 1 yang akan dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu analisa data terdiri dari data lalu-lintas, data CBR subgrade, dan data karakteristikdesai rigid pavement, analisis subgrade dan base, analisis desain rigid pavement dengan metode empirik, analisis evaluasi dan pemodelan rigid pavement. Tebal pelat beton menggunakan Metode AASHTO (1993) didapat 30 cm dilengkapi dengan tiebar diameter 13 mm, jarak antar tiebar 75 cm, panjang tiebar 65 cm, dan dowel diameter 32 mm (polos), jarak antar dowel 30 cm, panjang dowel 45 cm untuk tipe perkerasan. BBT/JPCP, sedangkan tipe perkerasan BBDT/JRCP maka ditambahkan tulangan melintang dan memanjang diameter 12 mm dengan jarak tulangan 35 cm.

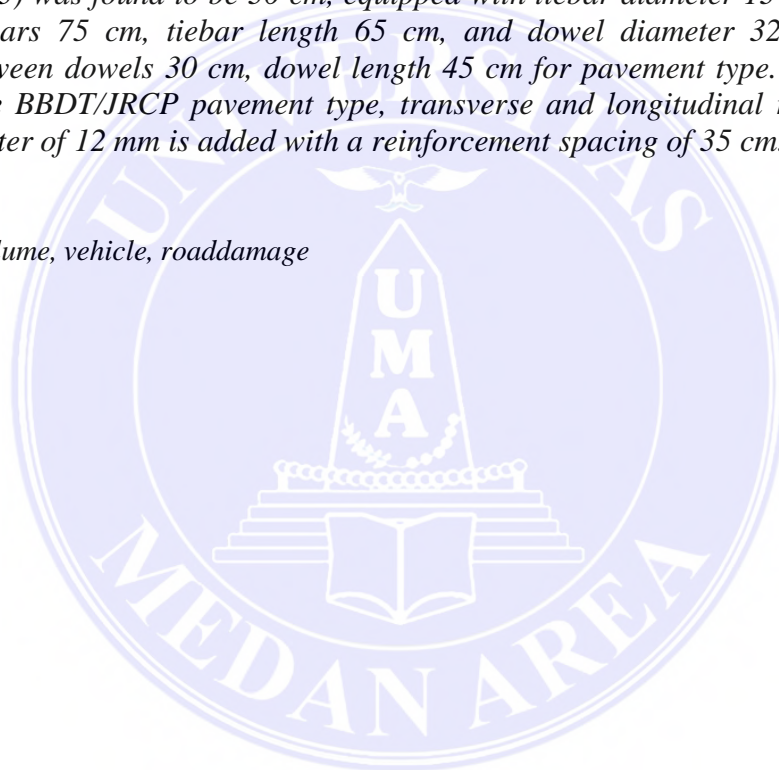
**Kata Kunci :** Volume, Kendaran, Kerusakan Jalan



## ABSTRACT

Road construction in Indonesia, especially North Sumatra, is an area that seeks to increase development in all aspects of life, one of which is distribution facilities in the form of roads. The researcher determined the Martoba 1 road as the object of his research because according to the researcher, this object was quite suitable for the researchers concerned with the type of rigid pavement. The results of the analysis in this research are case studies on the Martoba 1 road project which will be divided into several parts, namely data analysis consisting of traffic data, subgrade CBR data, and rigid pavement design characteristics data, subgrade and base analysis, rigid pavement design analysis using the method empirical, evaluation analysis and modeling of rigid pavement. The thickness of the concrete slab using the AASHTO Method (1993) was found to be 30 cm, equipped with tiebar diameter 13 mm, distance between tiebars 75 cm, tiebar length 65 cm, and dowel diameter 32 mm (plain), distance between dowels 30 cm, dowel length 45 cm for pavement type. BBTT/JPCP, while for the BBDT/JRCP pavement type, transverse and longitudinal reinforcement with a diameter of 12 mm is added with a reinforcement spacing of 35 cm.

**Keywords:** volume, vehicle, roaddamage



## DAFTAR ISI

COVER.....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
RIWAYAT HIDUP .....	vi
KATA PENGHANTAR .....	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Maksud & Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Umum .....	5
2.2 Struktur Perkerasan Jalan .....	6
2.3 <i>Subgrade</i> (Tanah Dasar) .....	9
2.4 Struktur <i>Rigid Pavement</i> .....	11
2.5 Sambungan <i>Rigid Pavement</i> .....	14
2.6 Lalu lintas.....	20
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....	35
3.1 Deskripsi Penelitian .....	35
3.2 Lokasi Penelitian.....	35
3.3 Subjek Dan Objek Penelitian.....	36
3.4 Pengumpulan Data .....	36
3.5 Analisis Data.....	37
3.6 Analisis Desain <i>Rigid Pavement</i> dengan AASHTO .....	39
3.7 Analisi Desain <i>Rigid Pavement</i> dengan Kenpave .....	43
BAB IV. PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN .....	47
4.1 Analisi Data .....	47
4.2 Analisi <i>Rigid Pavement</i> dengan AASHTO.....	49
4.3 Modulus Elastisitas Beton.....	64
4.4 Pembahasan.....	81

BAB IV. SIMPULAN DAN SARAN .....	91
5.1 Kesimpulan.....	91
5.2 Saran .....	92
DAFTAR PUSTAKA.....	94
LAMPIRAN .....	96



## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Jumlah Jalur .....	22
Tabel 2 Diameter Ruji.....	26
Tabel 3 Reability .....	50
Tabel 4 Terminal Index .....	51
Tabel 5 Kualitas Drainase .....	32
Tabel 6 Koefisien Pengairan .....	33
Tabel 7 Koefisien Pengairan Untuk Rigid Pavment.....	34
Tabel 8 Tegangan Equivalensi .....	52
Tabel 9 Rekapitulasi Nilai Equivalensi .....	53
Tabel 10 Analisa Fatik Dan Erosi .....	54
Tabel 11 Nilai ESAL Umur Rencana.....	63
Tabel 12 Data Jumlah Hujan Per Tahun.....	65
Tabel 13 Nilai Parameter.....	67
Tabel 14 Data Input General.....	70
Tabel 15 Pengaturan Slab Join .....	71
Tabel 16 Properti Slab.....	72
Tabel 17 Jumlah Kordinat Sumbu x & y .....	72
Tabel 18 Load Grup Area .....	73
Tabel 19 Output Evaluasi KENPAVE .....	79

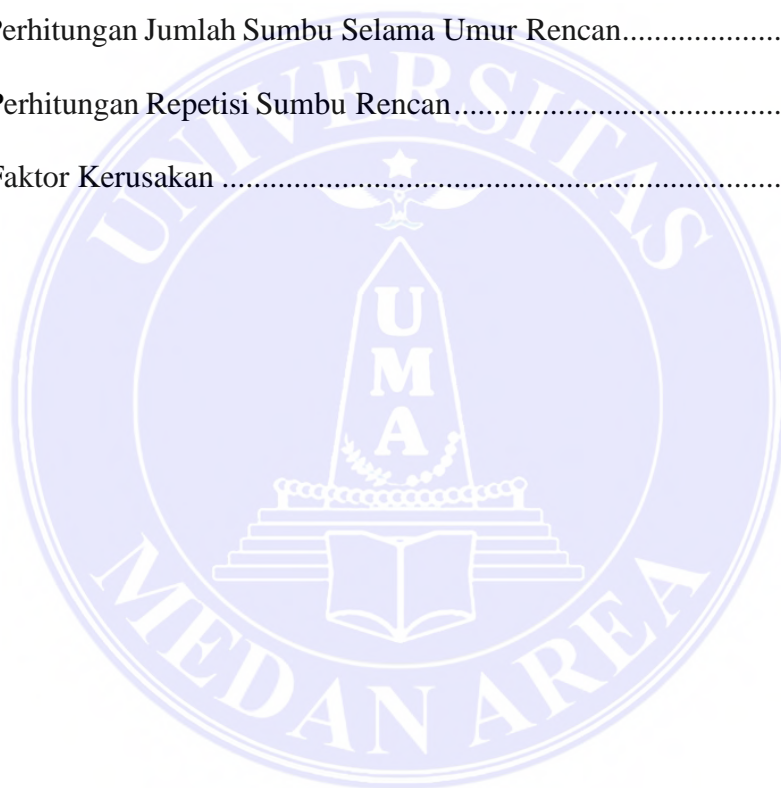


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Struktur Flexsibel .....	7
Gambar 2 Struktur Rigid Pavement.....	8
Gambar 3 Perkerasan Beton Bersambung .....	13
Gambar 4 Perkerasan Beton Menerus Dengan Tulangan .....	16
Gambar 5 Sambungan Susut Melintang.....	17
Gambar 6 Sambungan Isolasi Persimpangan .....	19
Gambar 7 Jenis Kelompok Sumbu.....	20
Gambar 8 Dimensi Area Kotak ban .....	21
Gambar 9 Denah Lokasi .....	36
Gambar 10 Flowchat Penelitian .....	38
Gambar 11 Flowchat AASHTO.....	42
Gambar 12 Flowchat KENPAVE .....	46
Gambar 13 Nilai CBR Tanah .....	49
Gambar 14 Geometri Sambungan Memanjang .....	57
Gambar 15 Ditail Tie-bar.....	57
Gambar 16 Detail Dowel .....	58
Gambar 17 Grafik Modulus Reaksi.....	64
Gambar 18 Tampilan Menu KENPAVE.....	69
Gambar 19 Tampilan Data Input General .....	71

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data LHR .....	96
Lampiran 2 Data Nilai CBR .....	97
Lampiran 3 Nilai CBR Rencana.....	98
Lampiran 4 Perhitungan Jumlah Sumbu Dan Bebannya .....	99
Lampiran 5 Perhitungan Jumlah Sumbu Selama Umur Rencan.....	100
Lampiran 6 Perhitungan Repetisi Sumbu Rencan.....	101
Lampiran 7 Faktor Kerusakan .....	102



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Hampir dalam semua aktivitas masyarakat dan pemerintah, ketersediaan infrastruktur merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan dan sudah menjadi kebutuhan dasar. Upaya pemerintah dalam meningkatkan pembangunan infrastruktur merupakan salah satu langkah strategis untuk peningkatan perekonomian, peningkatan kualitas hidup dan kesejahteraan masyarakat. Salah satunya dengan infrastruktur transportasi darat yang memadai dan berkesinambungan sangat dibutuhkan guna mendukung pelaksanaan program pembangunan nasional. Dimana fungsi dari pembangunan Jalan ini adalah untuk meningkatkan aksesibilitas masyarakat (Wilmar, 2018).

Dalam desain rigid pavement terdapat berbagai metode yang biasa digunakan seperti metode empirik namun pada metode ini tanpa mempertimbangkan sifat mekanistik yang terjadi pada perkerasan, maka diperlukan evaluasi dan pemodelan agar hasil desain lebih efektif dan efisien sehingga kualitas perkerasan jalan dapat melayani dengan baik selama umur layanan yang telah ditetapkan. Pelat beton semen portland dan lapisan pondasi diatas subgrade (tanah dasar) atau di atas base (lapis pondasi atas) pada rigid pavement ini memiliki modulus elastisitas tinggi yang akan mendistribusikan beban terhadap bidang area yang cukup luas atau beban merata agar mampu memikul beban lalu lintas berat yang bekerja di atas perkerasan jalan tersebut (Alexandro, 2019).

Struktur perkerasan didefinisikan sebagai struktur yang terdiri dari satu atau lebih lapisan perkerasan yang dibuat dari bahan yang memiliki kualitas yang baik dan lebih kokoh. Jadi, Perkerasan dimaksudkan untuk memberikan permukaan yang halus dan aman pada segala kondisi cuaca, serta tebal dari setiap lapisan harus cukup aman untuk memikul beban yang bekerja di atasnya .

Berdasarkan uraian di atas, penulis menganalisis karakteristik subgrade dan , menganalisis desain rigid pavement dengan metode empirik yaitu menggunakan Metode AASHTO (1993), kemudian dievaluasi dan dimodelkan dengan Metode Mekanistik-Empirik menggunakan Software KENPAVEKENS LABS berbasis elemen hingga serta menganalisis perbandingan pada Proyek Jalan Martoba 1 Medan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang diatas yang akan dirumuskan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Berapakah tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) dengan metode Metode AASHTO (1993) ?.
2. Bagaimanakah desain struktur *rigid pavement* yang diperlukan dengan metode AASHTO (1993) ?.
3. Berapakah hasil evaluasi perbandingan dari metode AASHTO dengan metode software KENPAVE ?

### 1.3 Batasan Masalah

Mengingat luasnya pembahasan ini, maka pada penyusunan tugas akhir ini penulis menetapkan batasan-batasan masalah untuk mencapai tujuan dan manfaat penulisan, diantaranya sebagai berikut

1. Data lalulintas diambil dari dinas terkait untuk daerah studi kasus yang di ambil peneliti jalan Martoba 1
2. Curah hujan juga sangat mempengaruhi dalam pelaksanaan proyek dan curah hujan di dapat dari dinas terkait di bidangnya
3. Data data yang di tampilkan di skripsi ini diambil dari Sukses Bahterah Indah selaku pelaksana proyek jalan Martoba 1

### 1.4 Maksud & Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Untuk mengevaluasi tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) Metode AASHTO.
2. Untuk mengetahui hasil dari perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan membandingkan metode AASHTO dengan software KENPAVE. Dari kegiatan studi yang telah dilakukan, hasilnya diharapkan dapat berguna dan diaplikasikan dalam perencanaan jalan beton, baik sebagai teori maupun dalam aplikasi dilapangan, sebagai solusi untuk mengatasi kerusakan yang terjadi pada jalan aspal yang diakibatkan oleh kepadatan dan beban lalu lintas yang padat terutama di kota-kota besar di Indonesia.



## 1.5 Manfaat Penelitian

1. Manfaat bagi peneliti sebagai ilmu pengetahuan, pengalaman dan menambah wawasan mengenai pengaruh pemilihan metode perkerasan jalan .
2. Manfaat instansi pemerintah kiranya menjadi bahan pertimbangan atau acuan dalam perkerasan jalan terkhusus pekerasan rigid di kemudian hari.
3. Manfaat Bagi akademik dapat dijadikan sebagai refensi tambahan dalam menyusun tugas akhir dan bahan kuliah yang berhubungan dengan manajemen konstruksi dan perencanaan tebal perkerasan.



## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Umum

Menurut Undang - undang Jalan Raya No.13/1980 jalan adalah suatu prasarana perhubungan darat dalam bentuk apapun, meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas. Jalan Umum adalah jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum, jalan khusus adalah jalan khusus yang tidak boleh dipergunakan umum. Tanah saja biasanya tidak cukup untuk kuat dan tahan, tanpa adanya deformasi yang berarti terhadap beban roda berulang. Untuk itu perlu adanya suatu lapis tambahan yang terletak antara tanah dan roda, atau lapis paling atas dari badan jalan, (Ryan, 2018).

Rigid pavement adalah struktur yang terdiri dari beberapa lapisan yang dirancang khusus untuk menambah daya dukung tanah agar dapat memikul beban lalu lintas sehingga tanah tadi tidak mengalami pergeseran yang signifikan (Michael, 2017).

Struktur perkerasan didefinisikan sebagai struktur yang terdiri dari satu atau lebih lapisan perkerasan yang dibuat dari bahan yang memiliki kualitas yang baik dan lebih kokoh (Theresia, 2018). Jadi, Perkerasan dimaksudkan untuk memberikan permukaan yang halus dan aman pada segala kondisi cuaca, serta tebal dari setiap lapisan harus cukup aman untuk memikul beban yang bekerja di atasnya

## 2.2 Struktur Perkerasan Jalan

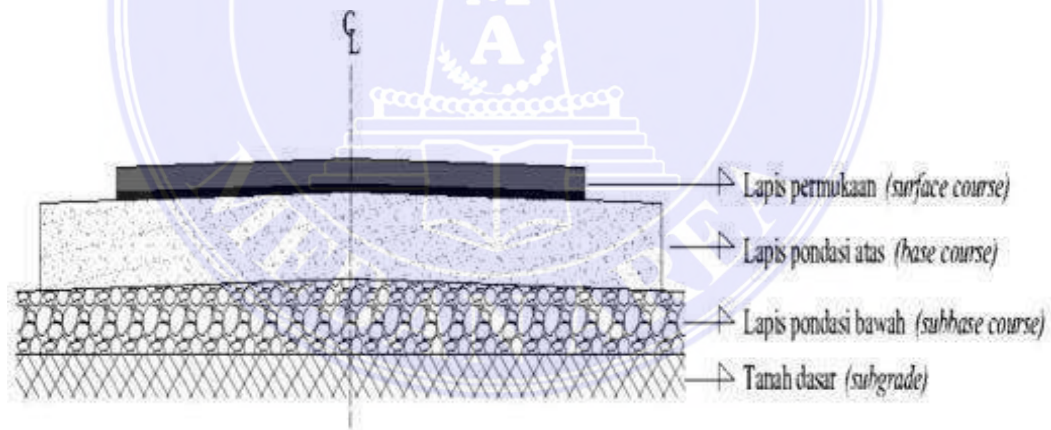
Perkerasan jalan adalah bagian dari jalur lalu lintas, yang bila kita perhatikan secara struktural pada penampang melintang jalan, merupakan penampang struktur dalam kedudukan yang paling sentral dalam suatu badan jalan. Lalu lintas langsung terkonsentrasi pada bagian ini, dan boleh dikatakan merupakan urat nadi dari suatu konstruksi jalan (leon, 2017). Apapun jenis perkerasan lalu lintas, dia harus dapat memfasilitasi sejumlah pergerakan lalu lintas, apakah berupa jasa angkutan manusia, atau jasa angkutan barang berupa seluruh komoditas yang diijinkan untuk berlalu lalang dengan beragam jenis kendaraan yang memberikan variasi beban mulai yang paling ringan sampai dengan bobot yang sangat berat berat (Yohansyah, 2019).

Perkerasan memiliki beberapa fungsi salah satu fungsi utamanya adalah menyebarkan beban roda ke area permukaan tanah dasar yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dan perkerasan, sehingga mereduksi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar, yaitu pada tekanan dimana tanah dasar tidak mengalami deformasi berlebihan selama masa pelayanan perkerasan. Lapis perkerasan jalan harus sesuai dengan fungsi pelayanannya agar memberikan rasa aman dan nyaman (Putri, 2018).

Tanpa adanya deformasi yang berarti terhadap beban roda berulang. Untuk itu perlu adanya suatu lapis tambahan yang terletak antara tanah dan roda, atau lapis paling atas dari badan jalan. (Alfred, 2017).

### 2.2.1 Flexible Pavement (Perkerasan Lentur)

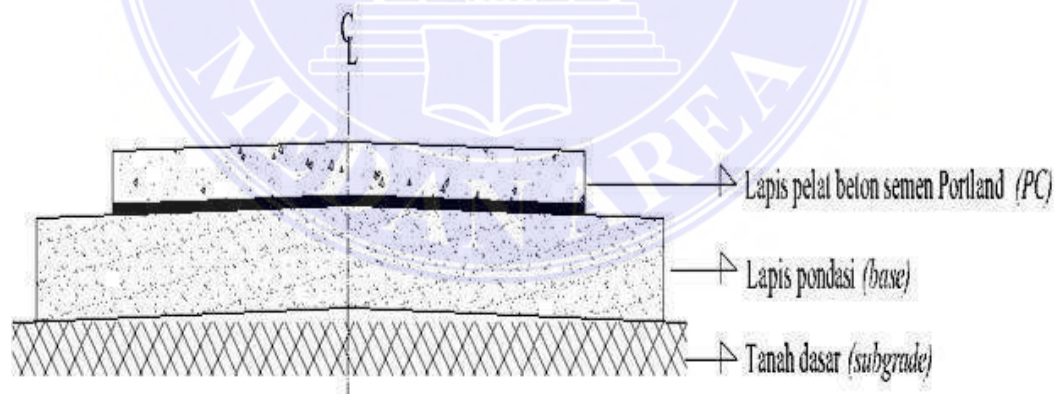
*Flexible pavement* atau perkerasan beton aspal (*asphalt concrete pavement*) merupakan campuran agregat batu pecah, pasir, material pengisi, dan aspal yang dihamparkan dan dipadatkan. Perkerasan lentur dirancang untuk melendut dan kembali keposisi semula bersama-sama dengan tanah dasar, dan perkerasan ini bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar tersebut. Sistem struktur jalan untuk jenis perkerasan lentur pada dasarnya terdiri dari tanah dasar (*subgrade*) yang berupa tanah dasar asli, timbunan atau galian, lapis pondasi bawah (*subbase course*), lapis pondasi atas (*base course*), dan lapis permukaan (*surface course*), lapis permukaan biasanya dibagi lagi menjadi lapis aus (*wearing course*) dan lapis pengikat atau perekat (*prime coat* dan atau *tack coat*) yang diletakkan secara terpisah dapat ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1 Struktur *Flexible Pavement* (Modified Saodang, 2005)

### 2.2.2 Rigid Pavement (Perkerasan Kaku)

*Rigid pavement* (perkerasan kaku) atau perkerasan jalan beton semen portland (*Portland Cement*). Menurut Federal Highway Administration, *Rigid Pavement* adalah perkerasan yang terdiri dari pelat beton semen *Portland* yang dibangun diatas lapis pondasi (*base*) yang berada diatas tanah dasar. Jadi, ada perbedaan jenis lapisan (*base* atau *subbase*) yang berada dibawah pelat beton. Kesamaannya adalah dibawah pelat beton hanya ada satu lapis material saja yaitu salah satu dari lapis pondasi bawah (*subbase*) atau lapis pondasi (*base*). Apabila mengacu pada Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah (Pd.T-14-2003), terdiri dari 3 lapisan yaitu, tanah dasar (*subgrade*), lapis pondasi bawah (*subbase course*), pelat beton (*concrete slab*) dapat ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Struktur Rigid Pavement (Modified Saodang, 2005)



### 2.3 Subgrade (Tanah Dasar)

Subgrade (tanah dasar) adalah berupa tanah asli ataupun berupa tanah timbunan yang memiliki kekuatan dan stabilitas yang tidak kuat. Sehingga harus dilakukan perbaikan setempat dengan cara pemadatan sampai kepadatan tertentu ataupun dengan stabilisasi menggunakan bahan campuran tertentu (Binsar, 2018).

Subgrade (tanah dasar) yang secara langsung menerima beban lalu lintas dari lapis perkerasan yang berada di atasnya, karena merupakan bagian dasar di mana pondasi bawah (subbase), pondasi (base) atau perkerasan berada, maka integritas dari struktur perkerasan bergantung pada stabilitas struktur tanah dasar sehingga kinerja perkerasan tersebut dipengaruhi oleh karakteristik tanah dasarnya yang juga berfungsi sebagai permukaan halus untuk kendaraan dan sebagai lapisan pelindung tanah dasar dari segala musim (Putri, 2018).

Klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda, dan juga untuk memperkirakan sifat-sifat tanah dilapangan. Sistem klasifikasi yang sering digunakan, yaitu sistem klasifikasi AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

Sistem-sistem ini menggunakan sifat-sifat indeks tanah, seperti distribusi ukuran butiran, batas cair dan indek plastisitas. Sistem klasifikasi AASHTO lebih umum digunakan untuk perancangan perkerasan jalan. Subgrade struktur perkerasan jalan raya pada lapisan paling dasar. Daya dukung tanah pada lapisan dasar (perkuatan subgrade) ini dipengaruhi banyak faktor, antara lain jenis tanah, kepadatan tanah, kandungan air hingga seperti apa sistem drainase sebelumnya dan yang akan dibuat.

Jika daya dukung daya tanah tidak bagus, hal ini akan mempengaruhi kualitas lapisan lainnya. Sehingga dalam metode perkerasan jalan, lapisan paling dasar ini berfungsi sebagai daya dukung tanah pada lapisan paling dasar guna menentukan perkerasan pada lapisan di atasnya yaitu Subbase, Base course, dan Surface Course (Gilang, 2017)

### **2.3.1 Penyelidikan Tanah**

Penyelidikan tanah bertujuan untuk memperoleh data yang cukup, yang akan digunakan untuk pemilihan tipe, lokasi, dan dimensi-dimensi utama pondasi disepanjang lokasi proyek perkerasan jalan. Dari hasil penyelidikan tersebut, Diharapkan akan diperoleh informasi data lapisan tanah/batuan dan contoh-contoh tanah yang dibutuhkan untuk mengidentifikasi kondisi tanah dan batuan.

#### **2.3.1.1 Penyelidikan Pendahuluan**

Penyelidikan pendahuluan yang dilakukan untuk memperoleh kondisi lapisan tanah secara global dan umumnya dilakukan dengan jarak titik-titik bor yang relatif jauh. Hasil penyelidikan tanah ini, kemudian dilakukan untuk menentukan jenis-jenis penyelidikan tanah yang lebih detail. Hasil-hasil penyelidikan pendahuluan dapat digunakan untuk menentukan tipe pondasi yang akan dibangun, tipe perbaikan tanah pada lokasi rencana jalan secara kasar, (Putri, 2018).

#### **2.3.1.2 Uji SPT (*Standar Penetration Test*)**

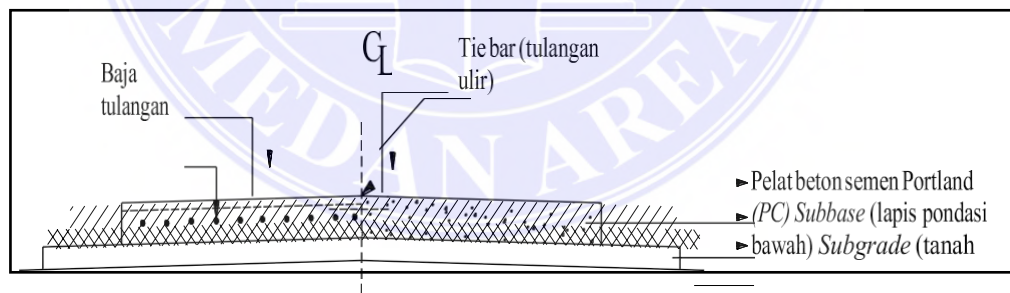
Fungsi dari Uji Penetrasi Standar atau biasa disebut dengan uji SPT adalah menentukan kedalaman dan tebal masing-masing lapisan tanah, contoh tanah terganggu dapat diperoleh untuk identifikasi jenis tanah, berbagai korelasi empirik

dengan parameter tanah dapat diperoleh dan dapat dilakukan pada semua jenis tanah. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kerapatan relatif yang sering digunakan adalah uji penetrasi standar. (Yohansyah, 2019).

## 2.4 Struktur *Rigid Pavement*

Struktur *rigid pavement* atau perkerasan kaku atau juga biasa disebut dengan perkerasan beton karena bahan perkerasan terdiri dari pelat beton semen Portland (PC) dengan atau tanpa tulangan yang letaknya langsung diatas tanah dasar (tanah dasar asli, timbunan, atau galian) atau diatas lapis pondasi dengan distribusi beban yang bekerja.

Struktur rigid pavement adalah struktur perkerasan yang terdiri dari pelat beton semen Portland yang dibangun diatas subbase (lapis pondasi bawah) dan atau base (lapis pondasi atas) yang berada diatas subgrade (tanah dasar). Struktur rigid pavement dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



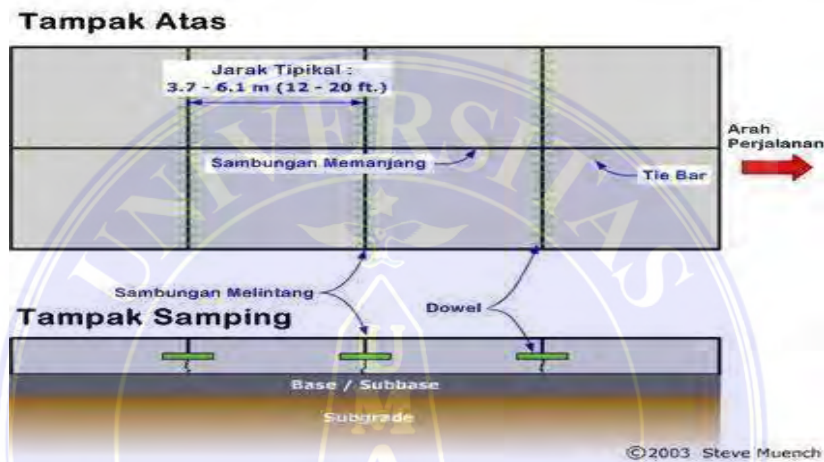
Gambar 3 Struktur *Rigid Pavement* (Modified Saodang,2005)

### 2.4.1 Tipe – Tipe *Rigid Pavement*

Ada beberapa tipe *rigid pavement* yang biasa digunakan yaitu diuraikan seperti berikut.

### 2.4.1.1 Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT/JPCP)

Perkerasan Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT) atau *Jointed plain concrete pavement (JPCP)* adalah tanpa menggunakan tulangan, dengan ukuran pelat mendekati bujur sangkar, panjang pelat dibatasi dengan adanya sambungan – sambungan melintang, Panjang pelat berkisar antara 5 – 6 meter dapat dilihat seperti Gambar 3

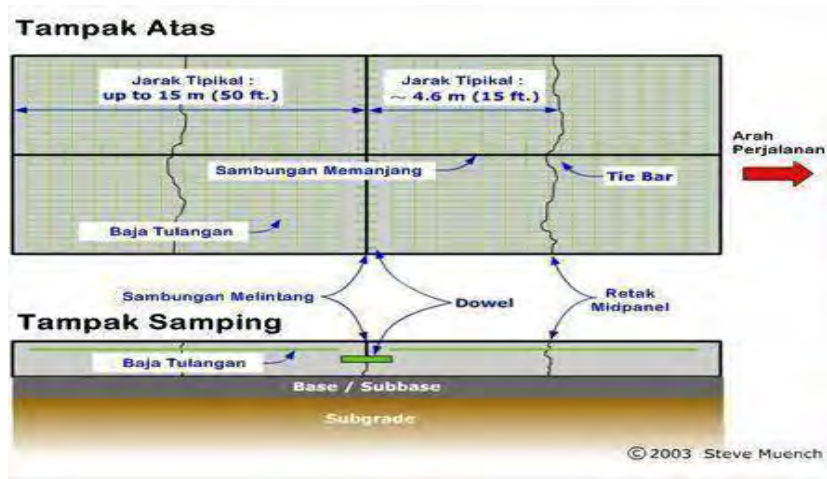


Gambar 4 Perkerasan Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT/JPCP)

### 2.4.1.2 Beton Bersambung Dengan Tulangan (BBDT/JRCP)

Perkerasan Beton Bersambung Dengan Tulangan (BBDT) atau *Jointed reinforced concrete pavement (JRCP)* adalah menggunakan tulangan, dengan ukuran pelat berbentuk empat persegi panjang, panjang pelat dibatasi dengan adanya sambungan – sambungan melintang, panjang Pelat berkisar antara 10 – 30 meter dapat dilihat seperti Gambar 4 berikut.

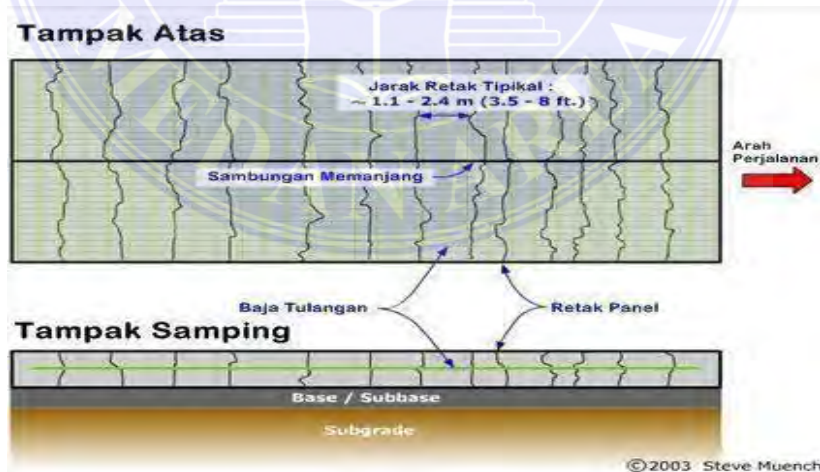




Gambar 5 Perkerasan Beton Bersambung Dengan Tulangan (BBDT/JRCP)

### 2.4.13 Beton Menerus Dengan Tulangan (BMDT/CRCP)

Perkerasan Beton Menerus Dengan Tulangan (BMDT) atau *continuously reinforced concrete pavement (CRCP)* adalah menggunakan tulangan, panjang pelat menerus dan hanya dibatasi oleh adanya sambungan – sambungan muai melintang, panjang pelat lebih besar dari 75 meter dapat dilihat seperti Gambar 5 berikut.



Gambar 6 Perkerasan Beton Menerus Dengan Tulangan (BMDT/CRCP)



#### **2.4.1.4. Perkerasan Beton Pra-Tekan/Pra Tegang**

Perkerasan Beton Pra-Tekan/Pra-Tegang atau Prestressed concrete pavement adalah umumnya dari jenis perkerasan beton menerus, tanpa tulangan, hanya menggunakan kabel – kabel pratekan untuk mengurangi pengaruh susut, muai, dan lenting akibat perubahan temperatur dan kelembaban.

### **2.5 Sambungan (*Joint*) Rigid Pavement**

Kinerja perkerasan beton bersambung dengan tulangan bergantung pada kinerja dari sambungan-sambungannya yang berfungsi untuk memudahkan pelaksanaan, mengakomodasi gerakan pelat, dan membatasi tegangan-tegangan didalam pelat dan mengendalikan retak yang disebabkan perubahan temperatur, kelembaban serta beban lalu lintas. Sambungan perkerasan beton sesuai dengan fungsinya seperti berikut dibawah ini.

#### **2.5.1 Construction Joint (Sambungan pelaksanaan)**

Sambungan pelaksanaan merupakan sambungan yang memisahkan bagian-bagian pelat beton yang dicor pada waktu yang berbeda yaitu pertemuan antara beton yang dicor lebih awal dan sesudahnya. Sambungan pelaksanaan diletakkan pada arah melintang maupun memanjang yang letaknya sudah direncanakan sebelumnya. Sambungan memanjang berguna untuk mengendalikan retak dalam arah memanjang akibat lengkungan (*warping*), tegangan *expansi*, dan tegangan susut yang disebabkan oleh perubahan temperatur ketika beton dihamparkan pada area yang luas. Sambungan pelaksanaan memanjang, umumnya dibuat dengan dilengkapi pengunci dibagian tengahnya, tinggi pengunci dibagian tengah adalah  $0,2H$  (dengan  $H$  = tebal pelat beton)

### **2.5.1.1 Expansion Joint (Sambungan muai)**

Sambungan ini berfungsi untuk memberikan ruang pemuaian pelat beton yang cukup diantara pelat-pelat perkerasan guna mencegah adanya tegangan tekan berlebihan yang dapat mengakibatkan perkerasan beton tertekuk. Lebar celah sambungan 19 mm (3/4 in), walaupun dalam hal khusus lebar celah bisa mencapai 25 mm (1 in). Karena sambungan muai tidak menyediakan penguncian antar agregat, maka diperlukan alat penyalur beban, yaitu dowel-dowel. Sambungan muai melintang (transverse expansion joint) atau sambungan isolasi (isolation joint) diletakkan pada lokasi dimana akibat pemuaian, perkerasan diperkirakan dapat merusak jembatan atau bangunan didekatnya. Sambungan muai, biasanya merupakan celah tempat terjadinya pumping, bila sambungan tidak ditutup dengan baik. Sambungan muai ini tidak diperlukan pada perkerasan beton tanpa tulangan.

### **2.5.1.2 Contraction Joint (sambungan susut)**

*Contraction join* berfungsi untuk mengendalikan retak susut beton. Sambungan ini membatasi kerusakan akibat susut, dikarenakan susut terjadi akibat pengaruh perubahan suhu dan kelembaban. Dengan pengendalian keretakan tersebut diharapkan retak akan terjadi pada lokasi yang teratur dan sudah disediakan yaitu pada posisi sambungan susut melintang tanpa *dowel* dan dengan *dowel* dapat dilihat seperti pada Gambar 6 berikut.



a. Sambungan susut melintang tanpa *dowel*



b. Sambungan susut melintang dengan *dowel*

Gambar 7 Sambungan Susut Melintang (Departemen Kimpraswil, 2003)

### 2.5.1.3 Sambungan lengkung/sendi (*warping joint/hinge*)

Perbedaan temperatur dan perubahan kelembaban mengakibatkan perkerasan beton dibagian tengah atau sendi digunakan dalam perkerasan beton untuk mengendalikan retak disumbu dari perkerasan. Macam sambungan yang digunakan bergantung pada cara pengecoran pelat beton. Jika lajur jalan yang baru dicor segera digunakan, maka sambungan tersebut perlu dilengkapi dengan kunci dan diberi tie-bar. Sambungan lengkung ini dalam praktek sama dengan sambungan pelaksanaan.

### 2.5.1.4 Sambungan isolasi (*isolation joint*)

Sambungan isolasi adalah sambungan yang digunakan untuk memisahkan perkerasan dengan bangunan lain, seperti: jalan pendekat jembatan, *inlet* drainase, *manhole*, jalan lama, persimpangan jalan dan lain-lain . Sambungan ini berfungsi untuk mengurangi tegangan tekan yang dapat menyebabkan retak berlebihan pada pelat beton. Sambungan ini juga harus ditutup dengan penutup sambungan (*joint sealer*) setebal 5-7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*). Pengisi tersebut berguna untuk mencegah infiltrasi air atau masuknya kotoran kedalam celah sambungan.



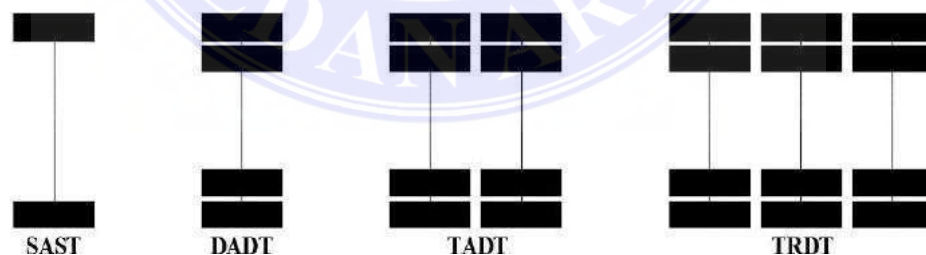
Gambar 8 Sambungan Isolasi Persimpangan (*Departemen Kimpraswil, 2003*)

## 2.6 Lalu – Lintas (*Traffic*)

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

- a) Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- b) Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- c) Sumbu tandem roda ganda (STdRG/SGRG)
- d) Sumbu tridem roda ganda (STrRG)

Jenis kelompok sumbu yang dipertimbangkan dalam desain *rigid pavement* ditunjukkan pada Gambar 8 di bawah ini.

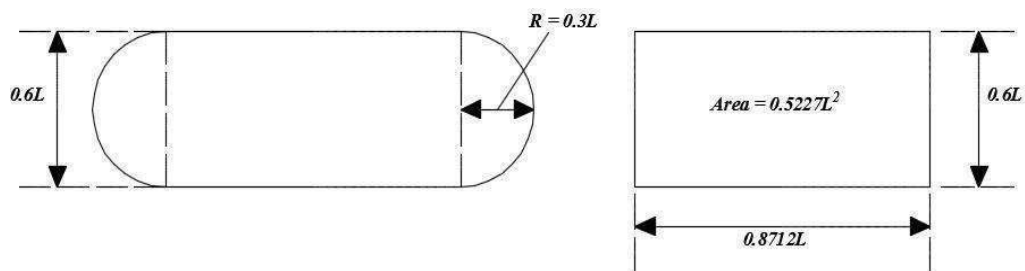


Gambar 9 Jenis Kelompok Sumbu dalam Desain Rigid Pavement ( Kementerian Permukiman dan Perencanaan Wilayah Indonesia, 2003)



Transfer dari berat kotor kendaraan pada perkerasan dilakukan melalui ban. Hal ini terjadi karena ada berbagai area dari ban yang mana kapasitas muatannya tergantung pada ukuran, penilaian lapisan, dan tekanan inflasi. Ukuran ban biasanya didefinisikan oleh lebar ban, panjang dan luas kontak area (Ryan, 2018). Ukuran daerah kontak ditentukan oleh kontak tekanan beban. Beban sumbu yang lebih berat akan menyebabkan tekanan ban yang lebih tinggi dan lebih berpengaruh terhadap kerusakan pada perkerasan, jadi penggunaan tekanan ban sebagai kontak tekanan sudah pada sisi yang aman. Tekanan kontak ban mempengaruhi daerah kontak ban pada perkerasan dan tekanan pada perkerasan.

Area kontak yang sebelumnya digunakan oleh PCA (1996) untuk merancang perkerasan *rigid pavement*. Daerah kontak masing-masing ban terdiri dari persegi panjang dan dua daerah setengah lingkaran. PCA mengasumsikan PCA (1984), mengeluarkan metode yang lebih maju berdasarkan prosedur elemen terbatas dan mengkonversi asumsi sebelumnya daerah kontak persegi panjang dan dua setengah lingkaran menjadi satu wilayah persegi panjang. Dengan lebar ban  $0,6L$ , kemudian dihasilkan sebuah konversi area persegi panjang dengan panjang  $0,8712L$  dan sebanding dengan luas area  $0,5227L^2$ .



Gambar 10 Dimensi Daerah Kontak Ban

Tabel 1 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi (C) (Departemen Kimpraswil, 2003)

Lebar perkerasan ( $L_p$ )	Jumlah lajur ( $n_i$ )	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50$ m	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25$ m	2 lajur	0,70	0,50

1. Pertumbuhan lalu-lintas

Volume lalu-lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana, dapat juga ditentukan berdasarkan Persamaan 3.3 berikut.

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

Keterangan:

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

i = Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam persen

(%) UR = Umur rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan lalu lintas juga dapat dengan menggunakan Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi (*Departemen Kimpraswil, 2003*)

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

## 2. Lalu lintas rencana (*traffic design*)

Lalu-lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsional sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan. Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil dari survei beban.

### **2.6.1 Mutu Beton**

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (flexural strength) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3–5 MPa (30-50 kg/cm<sup>2</sup>).

Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5–5,5 MPa (50-55 kg/cm). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5 kg/cm<sup>2</sup>) terdekat.

### **2.6.2 Bahu Jalan**

Bahu dapat terbuat dari bahan lapisan pondasi bawah dengan atau tanpa lapisan penutup beraspal atau lapisan beton semen. Perbedaan kekuatan antara bahu dengan jalur lalu-lintas akan memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan. Hal tersebut dapat diatasi dengan bahu beton semen, sehingga akan meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi tebal pelat.

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

### 2.6.3 Penentuan Tebal Pelat Beton

Penentuan tebal beton didasarkan pada dua model kerusakan yaitu, kerusakan fatik dan kerusakan akibat erosi. Total rusak fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu-lintas selama umur rencana. Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil mempunyai total fatik atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%.

## 2.7 Perencanaan Sambungan dan Tulangan

Dalam perencanaan sambungan pada umumnya digunakan untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan (BBTT/JPCP) dan perencanaan tulangan juga digunakan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan (BBDT/JRCP).

### 1. Sambungan

Sambungan pada *rigid pavement* ini bertujuan untuk :

- a. Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu-lintas.
- b. Memudahkan pelaksanaan dan Mengakomodasi gerakan pelat.

Pada perencanaan sambungan ini dibagi menjadi dua jenis sambungan yaitu sambungan memanjang dengan batang pengikat (*tie-bar*) dan sambungan susut melintang dengan ruji (*dowel*). Perencanaan sambungan diuraikan seperti berikut :

- a. Sambungan memanjang dengan batang pengikat (*tie-bar*)
- b. Pemasangan *tie-bar* ini bertujuan untuk mengendalikan retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3 – 4 m.
- c. Sambungan susut melintang dengan ruji (*dowel*)



Pemasangan dowel ini bertujuan untuk mengurangi retak melintang akibat dari beban dinamis. Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan (BBTT/*JPCP*) sekitar 4-5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan (BBDT/*JRCP*) sekitar 8-15 m.

Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos dengan panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket atau oli untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton yang telah ditentukan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Diameter Ruji (*Dowel*) (*Departemen Kimpraswil, 2003*)

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

## 2. Tulangan

Besi tulangan yang dipakai dalam perkerasan kaku mempunyai fungsi utama untuk:

- a. Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan
- b. Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan
- c. Mengurangi pengaruh kembang susut karena perubahan suhu
- d. Mengurangi biaya pemeliharaan.

Besi tulangan yang dipakai harus bersih dari oli, kotoran, karat, dan pengelupasan. Tulangan harus dipasang sebelum pembetonan diberi penyangga yang ditahan pada letak yang diinginkan. Ukuran atau jarak tulangan dari permukaan beton adalah :

- a) Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan
- b)  $60 \pm 10$  mm di bawah permukaan beton, untuk tebal pelat kurang dari 270 mm  $70 \pm 10$  mm di bawah permukaan beton, untuk tebal pelat 270 mm

### 2.7.1 Metode AASHTO (1993)

Dalam menentukan tebal *rigid pavement* menggunakan Metode AASHTO

(1993), parameter yang mempengaruhi adalah lalu lintas, *reliability* (reliabilitas), *Serviceability* (kemampuan pelayanan), daya dukung *subgrade*, mutu beton, koefisien drainase dan koefisien transfer beban.

### 2.7.1.1 Parameter Lalu-Lintas

Parameter lalu-lintas ini mencakup umur rencana, lalu lintas harian rata-rata, pertumbuhan lalu lintas, dan distribusi lajur. Data tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan nilai *ESAL* yang berguna untuk menentukan tebal pelat beton sesuai dengan umur rencana yaitu 20 tahun untuk jenis konstruksi baru sedangkan untuk pelebaran jalan dimana struktur perkerasan eksisting perkerasan lentur dan pelebarannya merupakan perkerasan komposit dengan umur rencana ditetapkan selama 10 tahun

Data dan parameter lalu-lintas rencana (*Traffic Design*) yang digunakan meliputi sebagai berikut :

- a) Umur rencana
- b) Jenis penggolongan kendaraan
- c) Volume lalu-lintas harian rata-rata (kendaraan/hari)
- d) Pertumbuhan lalu-lintas tahunan (%)
- e) *Vehicle damage factor (VDF)*
- f) Faktor distribusi arah:  $D_D = 0,3 - 0,7$  diambil nilai tengah 0,5
- g) Faktor ditribusi lajur:  $D_L =$  mengacu pada Tabel 3.6
- h) *ESAL* selama umur rencana.

### 2.7.1.2 Reliability (R)

*Reliability* atau realibilitas adalah probabilitas bahwa perkerasan yang direncanakan akan tetap memuaskan selama masa layanannya. Menurut *AASHTO* (1993), penetapan angka *reliability* dari 50% sampai 99,99% merupakan tingkat kehandalan desain untuk mengatasi, mengakomodasi kemungkinan melesetnya besaran-besaran desain yang dipakai. Semakin tinggi *reliability* yang dipakai semakin tinggi tingkat mengatasi kemungkinan terjadinya selisih (*deviasi*) desain. *AASHTO* (1993) menyarankan nilai-nilai *reliability* (R) yang digunakan untuk desain tebal *rigid pavement* dan *flexible pavement* sama. Untuk nilai hubungan *reliability* (R) dan standar normal deviasi ( $Z_R$ ) ditunjukkan pada Tabel 4 sedangkan nilai standar deviasi ( $S_o$ ) untuk *rigid pavement* *AASHTO* (1993) menyarankan  $S_o = 0,30 - 0,40$ .

Tabel 4 *Reliability* (R) (*AASHTO*, 1993)

Klasifikasi jalan	Nilai R (%)	
	Perkotaan (urban)	Pedesaan (rural)
Jalan tol ( <i>toll road / freeway</i> )	85 - 99,9	80 -99,9
Arteri	80 - 99	75 - 95
Kolektor	80 -95	75 - 95
Lokal	50 -80	50 -80

Tabel 5 *Terminal Serviceability Index (Pt) (AASHTO, 1993)*  
*Percent of people stating*

	$P_t$
<i>unacceptable</i>	
12	3,0
55	2,5
85	2,0

### 2.7.1.3 Nilai CBR dan Modulus Reaksi Tanah Dasar ( $k$ )

Nilai *CBR* yang umum biasa digunakan di Indonesia berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum 2005 yaitu minimal 6%. Tanah dasar dengan nilai *CBR* 5% dan atau 4% juga dapat digunakan setelah melalui kajian geoteknik. Dengan nilai *CBR* kurang dari 6% ini digunakan sebagai dasar desain tebal perkerasan, masalah yang terpengaruh adalah fungsi tebal perkerasan yang akan bertambah, atau penanganan khusus lapis tanah dasar tersebut .

### 2.7.1.4 Drainage Coeficient ( $C_d$ )

*Drainage coeficient (Cd)* atau koefisien drainase digunakan untuk memodifikasi tebal pelat beton rencana dengan memperhatikan kondisi drainase. Kelembaban air dapat mempengaruhi kinerja perkerasan yaitu mengurangi kekuatan tanah dasar dan lapis pondasi bawah, selain itu juga mengakibatkan melengkungnya pelat. Memberikan nilai koefisien drainase ini bertujuan untuk memperhitungkan kinerja perkerasan oleh pengaruh sistem drainase yang mungkin kurang baik.



1. Variabel faktor drainase

AASHTO (1993) membagikan 2 variabel untuk menentukan nilai drainase:

- a. Variabel pertama: mutu drainase dengan variasi *excellent*, *good*, *fair*, *poor*, *very poor*. Mutu ini ditentukan oleh berapa lama air dapat dibebaskan dari pondasi perkerasan.
- b. Variabel kedua: persentase struktur perkerasan dalam satu tahun terkena air sampai tingkat mendekati jenuh air (saturated), dengan variasi < 1 %, 1 - 5%, 5 - 25 %, > 25 %.

2. Penetapan variabel mutu drainase

Penetapan variabel pertama mengacu pada AASHTO (Tabel 3.11) dan dengan pendekatan sebagai berikut:

- a. Air hujan atau air dari atas permukaan jalan yang akan masuk kedalam pondasi jalan, relatif kecil berdasar hidrologi yaitu berkisar 70 – 95 % air yang jatuh diatas jalan beton akan masuk ke sistem drainase. Kondisi ini dapat dilihat juga pada koefisien pengaliran (C) menurut BINKOT Bina Marga dan Hidrologi Imam Subarkah .
- b. Air dari samping jalan yang kemungkinan akan masuk ke pondasi jalan, inipun relatif kecil terjadi, karena adanya *road side ditch*, *cross drain*, juga muka air tertinggi didesain terletak dibawah *subgrade*.
- c. Pendekatan dengan lama dan frekuensi hujan, yang rata terjadi hujan selama 3 jam perhari dan jarang sekali terjadi hujan terus menerus selamanya 1 minggu.

Maka waktu pematuan 3 jam (bahkan kurang bila memperhatikan butir b) dapat diambil sebagai pendekatan dalam penentuan dalam penentuan kualitas drainase, sehingga pemilihan mutu drainase adalah berkisar good, dengan pertimbangan air yang mungkin masih akan masuk, quality of drainage diambil kategori fair. Untuk kondisi khusus, seperti sistem drainase sangat buruk, muka air tanah terletak cukup tinggi mencapai lapisan tanah dasar dapat dilakukan kajian tersendiri.

Tabel 6 *Quality Of Drainage (AASHTO, 1993)*

<i>Quality of Drainage</i>	<i>Water removed within</i>
Sempurna ( <i>excellent</i> )	2 jam
Baik ( <i>good</i> )	1 hari
Sedang ( <i>fair</i> )	1 minggu
Buruk ( <i>poor</i> )	1 bulan
Sangat buruk ( <i>very poor</i> )	Air tidak terbebaskan

Tabel 7 Koefisien Pengaliran C (Binkot, Bina Marga Dep. PU) (*Petunjuk desain drainase permukaan jalan No.008/T/BNKT/1990*)

No	Kondisi permukaan tanah	Koefisien pengaliran (C)
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 - 0,95
2	Bahu jalan	
3	- Tanah berbutir halus	0,40 - 0,65
4	- Tanah berbutir kasar	0,10 - 0,20
5	- Batuan masif keras	0,70 - 0,85
6	- Batuan masif lunak	0,60 - 0,75

Tabel 8 Koefisien Pengaliran C (*Subarkah dalam Suryawan, 2009*)

Tipe daerah aliran		C
Jalan	Beraspal	0,75 - 0,95
	Beton	0,80 - 0,95
	Batu	0,70 - 0,85

### 3. Penetapan variabel persen perkerasan terkena air

Penetapan variabel kedua yaitu persentasi struktur perkerasan dalam 1 tahun terkena air sampai tingkat saturated, relatif sulit, belum ada data rekaman pembandingan dari jalan lain, namun dengan pendekatan-pendekatan, pengamatan dan perkiraan berikut ini, nilai dari faktor variabel kedua tersebut dapat didekati. Selanjutnya koefisien drainase (Cd) untuk perkerasan kaku mengacu pada AASHTO (1993) dapat dilihat pada Tabel 9 berikut

Persen waktu struktur perkerasan terkena air hingga tingkat kelembabannya mendekati jenuh air				
Kualitas drainase	jenuh air			
	< 1 %	1 - 5 %	5 - 25 %	> 25 %
Sempurna ( <i>excellent</i> )	1,25 - 1,20	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10
Baik ( <i>good</i> )	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00
Sedang ( <i>fair</i> )	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90
Buruk ( <i>poor</i> )	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80
Sangat buruk ( <i>very poor</i> )				0,70
	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80 - 0,70	

## BAB III

### METODELOGI PENELITIAN

#### 3.1 Deskripsi penelitian

Peneliti menetapkan jalan Martoba 1 sebagai objek penelitiannya karena menurut peneliti objek tersebut cukup memenuhi dalam judul penelitian yang bersangkutan dengan tipe perkerasan kaku dan juga objek tersebut merupakan daerah yang cukup sibuk karena hampir semua di daerah tersebut merupakan gudang-gudang dari berbagai perusahaan yang nota bene kendaraan yang digunakan juga tergolong kelas berat mulai dari truk kontainer hingga truk trailer, yang dimana beban yang dihasilkan kendaraan tersebut cukup mempengaruhi tingkat kerusakan jalan serta umur jalan tersebut.

Dalam penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif yaitu deduktif komparatif digunakan untuk analisis karakteristik subgrade, hubungan nilai CBR subgrade dengan base, analisis desain, evaluasi rigid pavement, sedangkan metode eksperimental digunakan untuk analisis pemodelan yaitu pengaruh variasi mutu beton dan tebal pelat beton terhadap respon sensitivitas rigid pavement dengan Software Kenpave

#### 3.2 Lokasi Penelitian

Adapun lokasi penelitian jalan Martoba 1 dapat dilihat Gambar 9 berikut





Gambar 9 Denah Lokasi Penelitian (Google Maps, 2023)

### 3.3 Subjek Dan Objek Penelitian

Dalam penelitian ini yang menjadi subjek penelitian adalah Proyek Jalan Martoba 1 Sedangkan yang menjadi objek penelitian adalah Analisis karakteristik *subgrade* dan hubungan antara nilai *CBR subgrade* dengan *base*, analisis desain *rigid pavement* dengan metode empirik menggunakan metode *AASHTO* (1993), evaluasi dan pemodelan *rigid pavement* dengan metode mekanistik-empirik menggunakan *Software Kenpave*.

### 3.4 Pengumpulan Data

Data yang digunakan yaitu data sekunder yang diperoleh dari Instansi terkait PT. Jasa Marga dan PT. Sukses Bahtera Indonesia yaitu sebagai berikut :

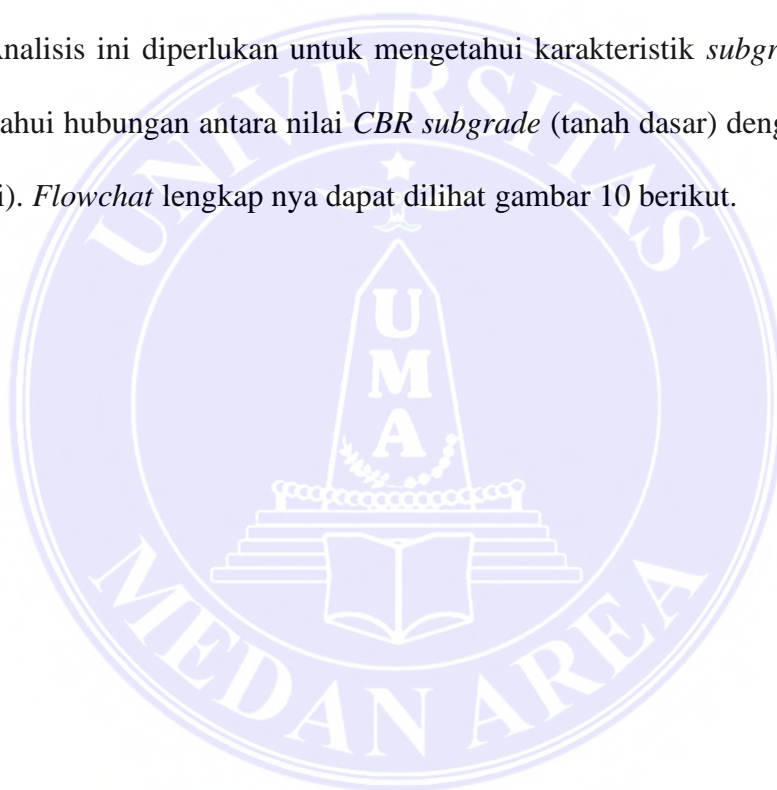
1. Data lalu lintas, data ini didapat dari hasil survey di lokasi tersebut
2. Data subgrade, data ini untuk mengetahui karakteristik dengan menggunakan sondir juga untuk mengetahui besarnya daya dukung tanah dasar. Nilai CBR (california bearing rasio) yang didapat dilapangan kemudian mencari nilai

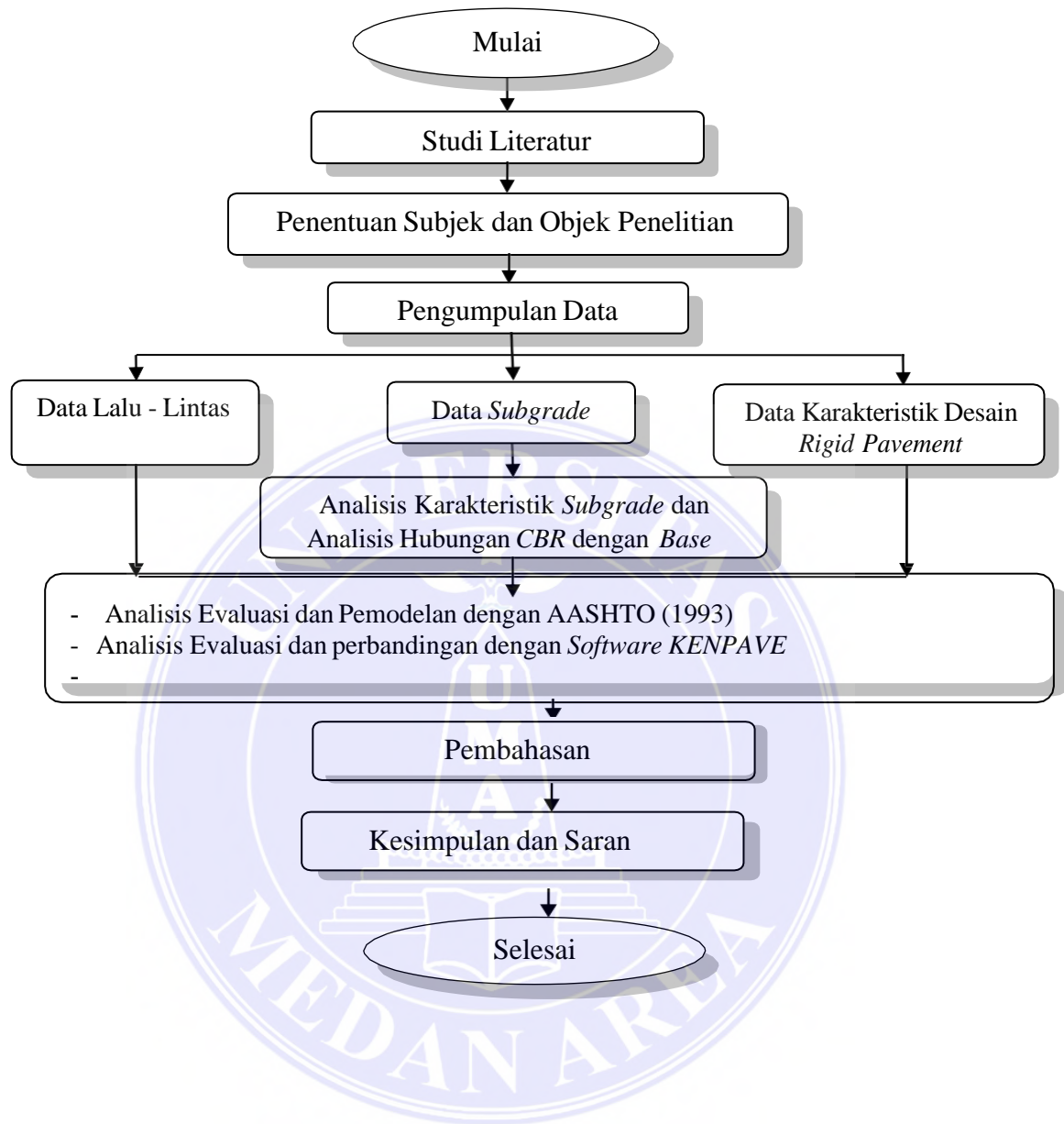
CBR rencana yang mewakili dengan cara probabilitas untuk mendapatkan nilai modulus reaksi tanah dasar atau modulus of reaction (k).

3. Data desain rigid pavement proyek jalan Martoba 1 yaitu seperti umur rencana, tipe perkerasan, jenis material, dan peranan jalan dan tipe jalan (lebar dan jumlah lajur/ geometri jalan

### 3.5 Analisis Subgrade dan Base

Analisis ini diperlukan untuk mengetahui karakteristik *subgrade* dan untuk mengetahui hubungan antara nilai *CBR subgrade* (tanah dasar) dengan *base* (lapis pondasi). *Flowchat* lengkap nya dapat dilihat gambar 10 berikut.





Gambar 10 *Flowchat* Penelitian

### 3.6 Analisis Desain Rigit Pavement Dengan Metode AASHTO

Analisis desain tebal *rigid pavement* dengan Metode AASHTO (1993) dapat diuraikan sebagai berikut.

#### 3.6.1 Metode AASHTO (1993)

Metode ini mengacu pada pedoman AASHTO (1993) “*Guide for Design of Pavement Structures*”. Dalam penentuan tebal *rigid pavement* dapat dilakukan dengan langkah-langkah seperti berikut.

##### A. *Equivalent single axle load (ESAL)*

Untuk menghitung *Equivalent Single Axle Load (ESAL)* atau *traffic design* dengan diperlukan parameter data sebagai berikut.

- a. Umur rencana (tahun)
- b. Jenis penggolongan kendaraan
- c. Volume lalu – lintas harian rata – rata (kendaraan/hari) dan pertumbuhan lalu– lintas tahunan (%)
- d. Vehicle damage factor (VDF)
- e. Faktor distribusi arah (DD)
- f. Faktor distribusi lajur (DL)
- g. ESAL selama setahun (W18) selama umur rencana (Wt)

### 1. Parameter reliability (R)

Nilai *reliability (R)* 90%, dapat digunakan untuk semua klasifikasi jalan baik jalan tol, arteri, kolektor juga untuk urban maupun rural, kecuali pada jalan lokal. Dari parameter reliability didapatkan.

- a. Standar normal deviasi (ZR)
- b. Standar deviasi (SO)

### 2. Parameter *serviceability*

Parameter *serviceability* terdiri dari berikut.

- a. *Terminal serviceability index (Pt)*
- b. *Initial serviceability index (Po)*
- c. *Total loss of Serviceability ( $\Delta PSI$ )*

### 3. Parameter CBR dan modulus reaksi tanah dasar (*k*)

Sesuai dengan spesifikasi yang dipersyaratkan dilapangan nilai *CBR* tanah dasar minimum 6,5%. Kemudian nilai *modulus of subgrade reaction (k)*.

### 4. Parameter kuat tekan untuk modulus elastisitas beton dan *flexural strength*

Untuk mendapatkan nilai parameter modulus elastisitas beton dapat dihitung, sedangkan nilai *flexural strength*

### 5. Parameter *drainage coefficient (Ca)*

Parameter koefisien drainase didapatkan dengan terlebih dahulu mengumpulkan data hari hujan. Data hari hujan tersebut digunakan mengetahui

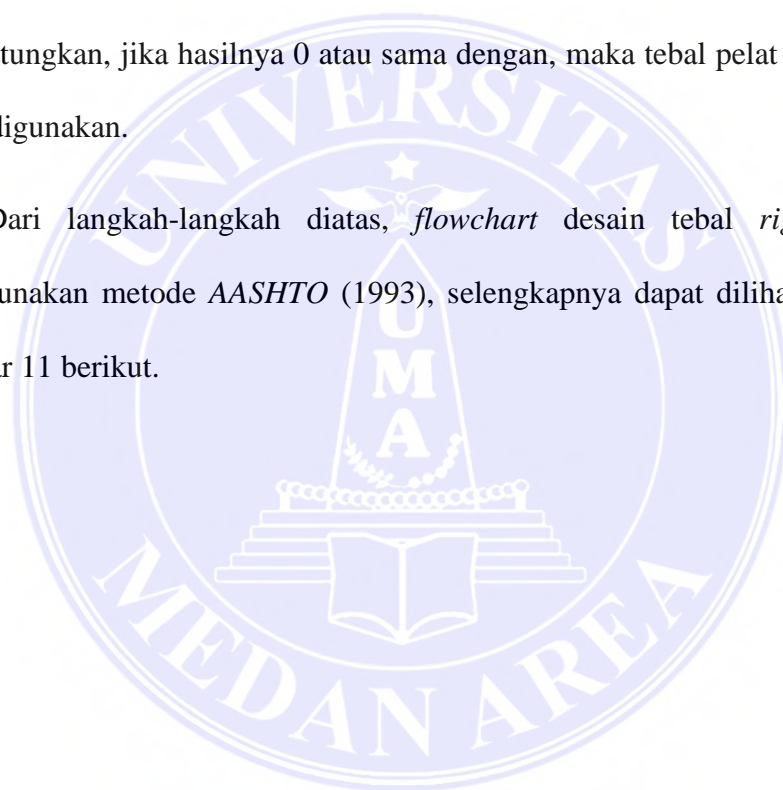


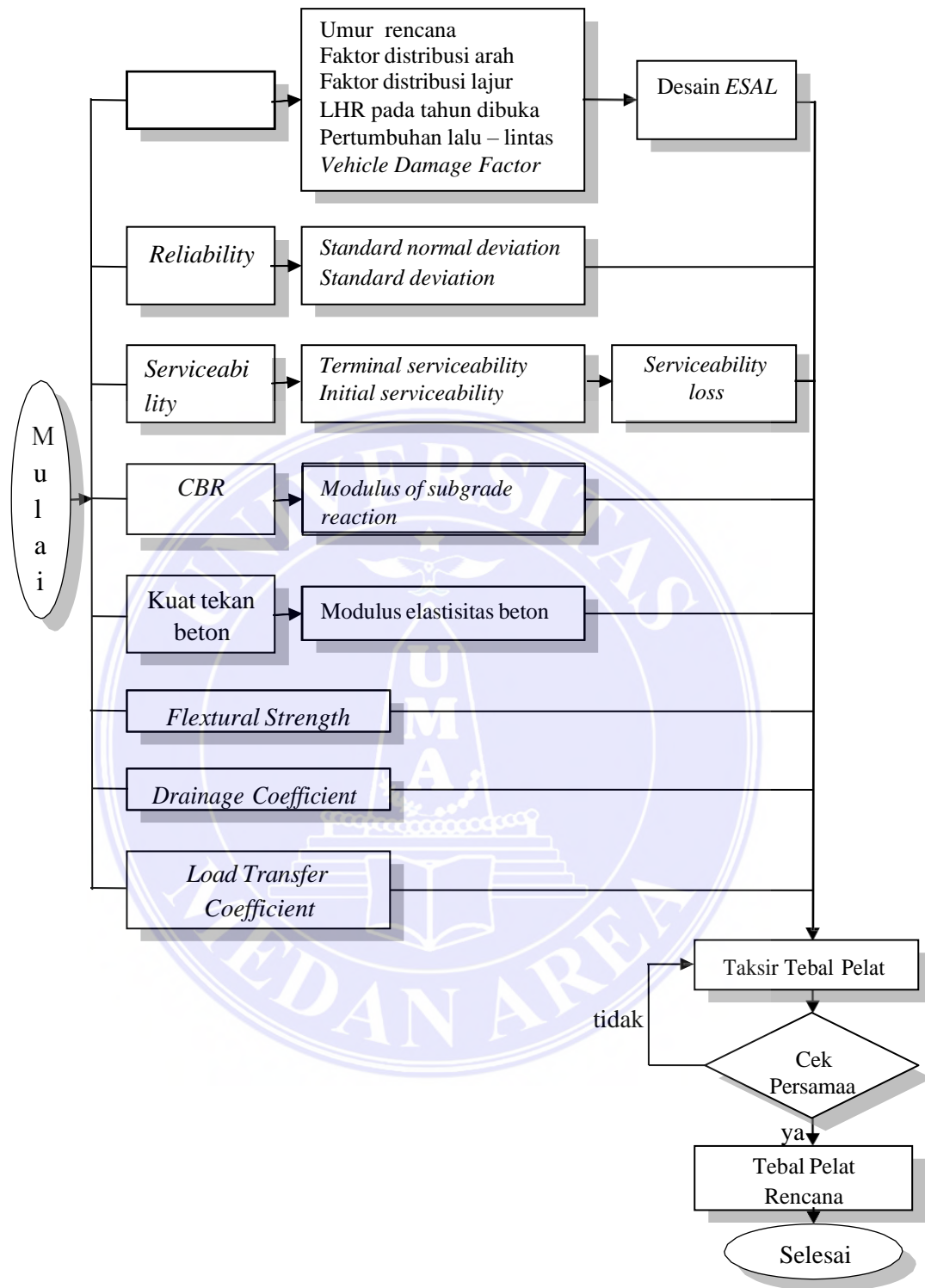
persen waktu struktur perkerasan terkena air hingga kelembabannya mendekati jenuh air menggunakan. Setelah itu dilakukan penentuan mutu drainase. Untuk jalan tol dipilih mutu drainase baik – sempurna. Koefisien drainase dapat ditentukan menggunakan

## 6. Penentuan tebal pelat beton

Dalam menentukan tebal pelat beton membutuhkan data parameter yang telah ditentukan sebelumnya lalu taksir tebal pelat terlebih dahulu kemudian untuk diperhitungkan, jika hasilnya 0 atau sama dengan, maka tebal pelat beton tersebut dapat digunakan.

Dari langkah-langkah diatas, *flowchart* desain tebal *rigid pavement* menggunakan metode *AASHTO* (1993), selengkapnya dapat dilihat seperti pada Gambar 11 berikut.





Gambar 11 Flowchat Metode AASHTO (1993)(Modified AASHTO, 1993)

### 3.7 Analisis Dan Evaluasi Menggunakan *Software KENPAVE*

Analisis evaluasi dan pemodelan *rigid pavement* dengan Metode Empirik – Mekanistik menggunakan *Software Kenpave* berbasis metode elemen hingga untuk mengetahui respon sensitivitas perkerasan yaitu nilai maksimum *stress*, maksimum *deflection*, *index cracking* dan *design life*.

Langkah-langkah evaluasi dan pemodelan dengan Metode Mekanistik-Empirik menggunakan *Software Kenpave* dapat diurai sebagai berikut.

#### A. Menentukan konfigurasi dari struktur perkerasan

1. Jenis dan ketebalan tiap lapis perkerasan
2. Dimensi slab beton.

#### B. Menentukan data propertis material untuk pemodelan struktur

1. Nilai modulus elastisitas tiap lapis perkerasan
2. *Poisson ratio* tiap lapis perkerasan
3. Nilai modulus keruntuhan beton

#### C. Melakukan analisis data lalu-lintas

1. Membagi data lalu-lintas menjadi beberapa grup/kelompok beban, dimana tiap kelompok dibedakan berdasarkan besarnya beban, konfigurasi sumbu dan atau roda
2. Menghitung jumlah pengulangan beban pada setiap grupnya

3. Menentukan jarak/spasi antar roda pada roda ganda, lebar sumbu, jarak antar sumbu, radius kontak dan tekanan ban
4. Hitungan data masukan di atas dilakukan pada kondisi kendaraan dengan muatan normal sesuai dengan Muatan Sumbu Terberat (MST) yang ditentukan.

#### **D. Tahapan dalam evaluasi dan pemodelan**

1. memasukkan informasi umum meliputi: nama proyek, tipe pondasi yang digunakan, jumlah periode dalam satu tahun, jumlah grup beban, jumlah slab beton, jumlah sambungan dan sistem unit yang digunakan
2. memasukkan informasi tentang kondisi kontak antara slab dan tanah dasar
3. memasukkan informasi tentang slab beton meliputi: jumlah node pada sumbu  $x$  dan  $y$ , koordinat node dan propertis material slab beton
4. memasukkan data beban lalu-lintas meliputi: nomor slab yang dibebani, koordinat  $x$  dan  $y$  dari beban lalu-lintas serta tekanan kontak
5. memasukkan data propertis material lapis pondasi dan tanah dasar antara lain: tebal lapisan, *poisson ratio* dan modulus elastisitas/*modulus of subgrade reaction*.

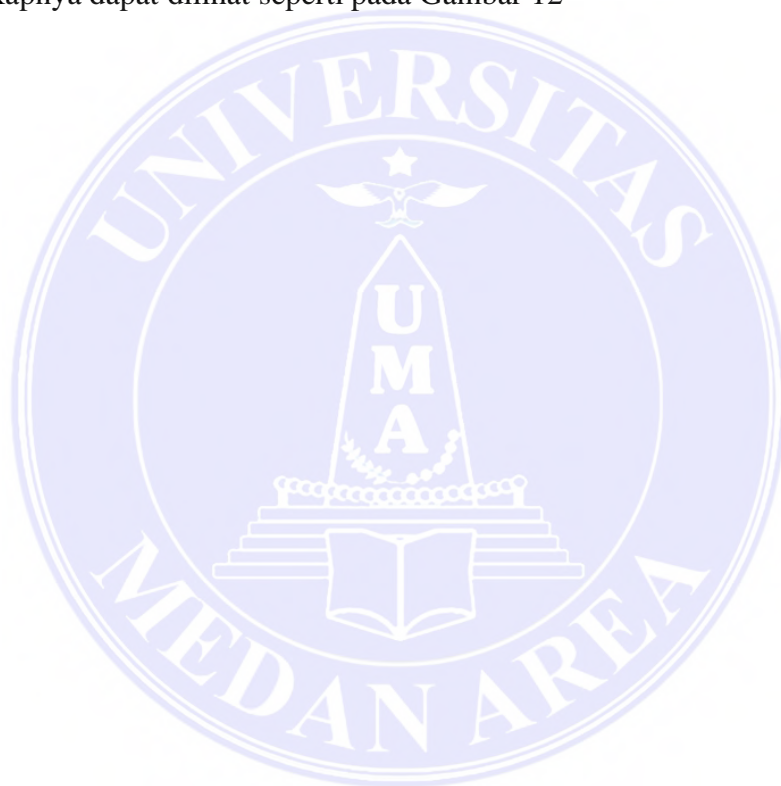
#### **E. Menentukan respon sensitivitas perkerasan**

Menentukan respon sensitivitas rigid pavement dengan hasil running Software Kenpave yang meliputi maksimum stress ( $\sigma$ ), maksimum deflection ( $w$ ), index cracking, dan design life.

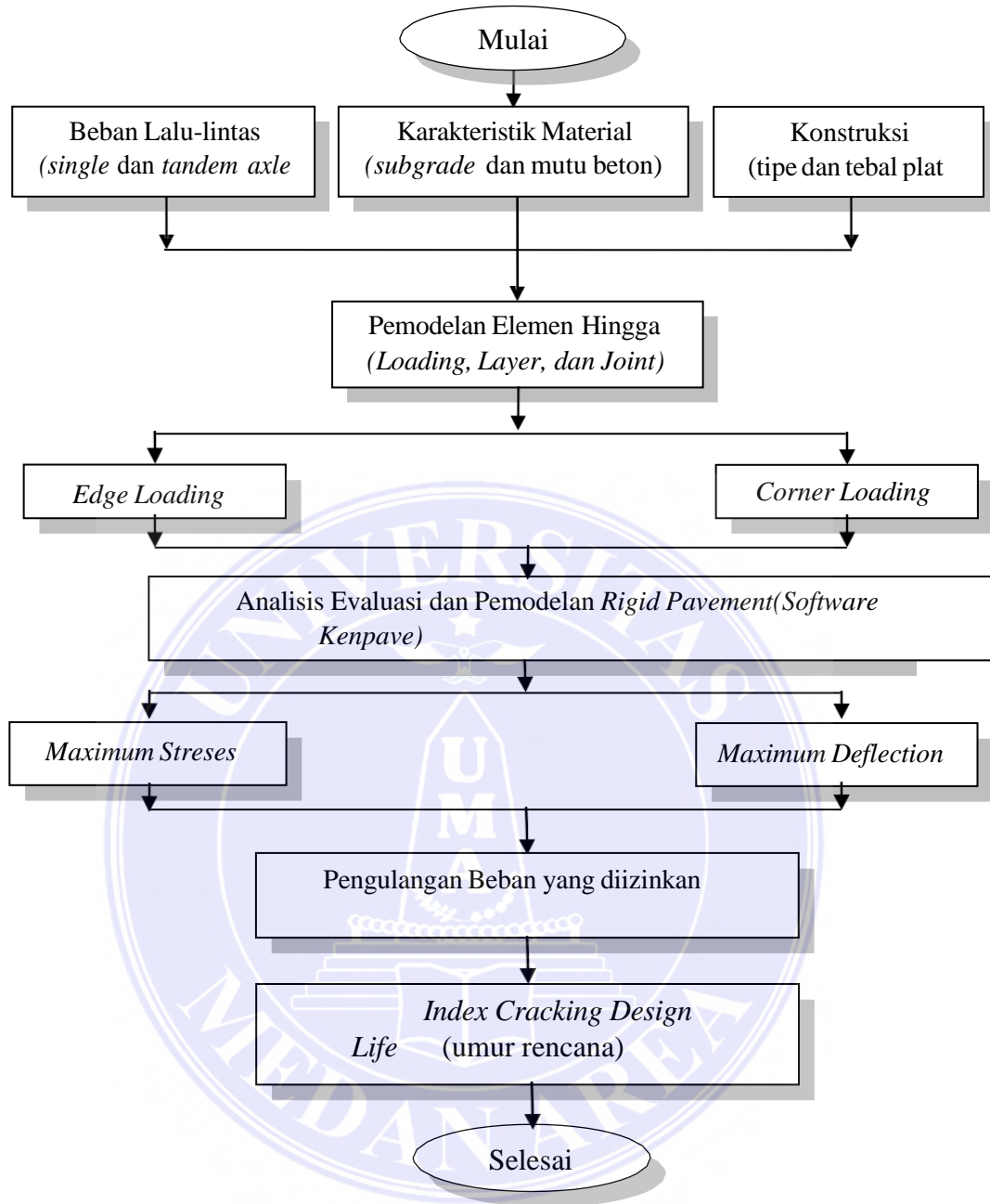
## F. Menganalisis pengulangan beban

Menganalisis pengulangan beban yang diizinkan untuk mengevaluasi dan memodelkan perkerasan.

Dari langkah-langkah diatas, flowchart analisis evaluasi dan pemodelan rigid pavement dengan metode mekanistik-empirik menggunakan Software Kenpave selengkapnya dapat dilihat seperti pada Gambar 12







Gambar 12 Flowchat Software Kenpav

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian pada proyek jalan Martoba 1 menuju jalan Amplas Medan , setelah dilakukan analisis dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Hasil analisis desain *rigid pavement* dengan metode AASHTO sebagai berikut :
  - a. Tebal pelat beton menggunakan Metode AASHTO (1993) didapat 30 cm dilengkapi dengan *tiebar* diameter 13 mm, jarak antar *tiebar* 75 cm, panjang *tiebar* 65 cm, dan *dowel* diameter 32 mm (polos), jarak antar *dowel* 30 cm, panjang *dowel* 45 cm untuk tipe perkerasan BBTT/JPCP, sedangkan tipe perkerasan BBDT/JRCP maka ditambahkan tulangan melintang dan memanjang diameter 12 mm dengan jarak tulangan 35 cm.
2. Hasil analisis evaluasi dan pemodelan *rigid pavement* dengan metode mekanistik-empirik menggunakan *Software Kenpave* sebagai berikut.
  - a. Hasil analisis evaluasi *rigid pavement* menggunakan *Software Kenpave* untuk nilai maksimum *stress* dan maksimum *deflection* yang terjadi pada konfigurasi *single axle* serta *tandem axle* lebih besar dari metode AASHTO (1993). Untuk nilai *index cracking* dengan tebal 19,69 cm didapat sebesar 5% pertahun selama *design life* 20 tahun, sedangkan pada tebal 30 cm hasil dari metode AASHTO (1993) tidak terjadi

*cracking* ini dikarenakan besaran *design life* lebih dari 1000 tahun (*unlimited*).

- b. Hasil analisis Pemodelan *rigid pavement* dengan pengaruh variasi mutu beton K350, K400, dan K450 dan tebal pelat beton 20 cm, 21 cm, 22 cm, 23 cm dan 24 cm. Dengan menaikkan mutu beton maka semakin besar nilai maksimum *stress*, sedangkan menaikkan tebal pelat beton maka semakin kecil nilai maksimum *stress*.
- c. Sedangkan pada nilai maksimum *deflection*, *index cracking* dan *design life* dengan menaikkan mutu beton serta tebal pelat beton maka nilai maksimum *deflection* dan *index cracking* menjadi kecil dan *design life* semakin meningkat. Jika mendesain dengan *design life* 20 tahun maka didapat tebal pelat beton menggunakan mutu beton K350 yaitu sebesar 21,21 cm, K400 yaitu 20,39 cm dan K450 yaitu 19,69 cm dengan nilai *index cracking* sebesar 5% pertahun.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis hasil analisis desain, evaluasi, dan pemodelan rigid pavement diperlukan ketelitian dan kecermatan untuk menentukan nilai setiap parameter, pengolahan data dan dalam proses perhitungan. Oleh karena itu, penulis perlu memberikan saran untuk penelitian yang selanjutnya sebagai berikut:

1. Dalam desain *rigid pavement* metode empirik diperlukan nilai faktor keamanan atau faktor kepercayaan dari data yang dimasukkan ( nilai

*Reliability* pada *AASHTO, 1993*). Semakin besar nilai parameter tersebut, maka hasil ketebalan pelat beton juga besar. Agar hasil desain pelat beton diperoleh tidak berlebihan maka data-data yang dimasukkan harus akurat.

2. Kecepatan kendaraan perlu dipertimbangkan untuk penelitian lebih lanjut karena beban yang terjadi diasumsikan statis, namun pada kenyataan dilapangan ada beban yang terjadi secara dinamis.
3. Beban yang digunakan untuk menganalisis dalam desain rigid pavement adalah data beban kendaraan aktual atau sesuai kondisi lalu lintas yang melewati jalan tersebut. Dari hasil analisis metode mekanistik-empirik berbasis elemen hingga ini juga harus dihitung dengan penyelidikan sebenarnya di lapangan. Kalibrasi lebih lanjut akan memberikan arti perkembangan penting dari analisa metode elemen hingga untuk rigid pavement.
4. Ditinjau dari umur rencana, maka penulis menyarankan analisis dengan metode mekanistik-empirik menggunakan Software Kenpave lebih efektif dan efisien .

## DAFTAR PUSTAKA

- Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)*  
Wilmar  
Jurnal Teknik Sipil Unaya (2018)
- Analisis Perencanaan Perkerasan Kaku ( Rigid Pavement ) Jalan Plosoklaten - Gedangsewu Kabupaten Kediri*  
Alexandro  
Analisis Perencanaan Perkerasan Kaku ( Rigid Pavement (2018)
- Perencanaan Perkerasan Kaku Pada Jalan Akses Tol Cilegon Timur Dengan Menggunakan Metode Bina Marga 2003 Dan Aashto 1993 ...*  
Ryan  
Konstruksia (2019)
- Analisis Perencanaan Perkerasan Kaku ( Rigid Pavement ) Jalan Plosoklaten - Gedangsewu Kabupaten Kediri*  
Michael  
Jurnal Perencanaan Perkerasan Kaku (2018)
- Evaluasi Struktur Perkerasan Lentur menggunakan Metode Bina Marga 2013 (Studi Kasus: Ruas Jalan Yos Sudarso Manado)*  
Cynthia F Birasungi  
Theresia  
Jurnal Sipil Statik (2018)
- Analisis Pemilihan Jenis Perkerasan Jalan untuk Perbaikan Kerusakan Perkerasan Jalan di Jalan Harun Thohir, Kecamatan Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur*  
Leon  
Jurnal Transportasi: Sistem, Material, dan Infrastruktur (2017)
- Studi Pengaruh Beban Berlebih (Overload) Terhadap Pengurangan Umur Rencana Perkerasan Jalan*  
Yohansyah  
Jurnal Teknik Sipil (2018)
- EVALUASI TEBAL PERKERASAN JALAN MENGGUNAKAN PROGRAM SOFTWARE KENPAVE**  
Alfred  
Jurnal Rekayasa Lingkungan Terbangun ... (2023)
- Analisa Kerusakan Jalan Menggunakan Metode Binamarga Dan Perencanaan Lapis Tambahan Menggunakan Metode AASHTO*  
Wicaksono



Jurnal TERAS (2021)

*Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (2013) Manual Desain Perkerasan Jalan.*

*Stasiun Klimatologi Medan (2019) data curah hujan per tahun .*

*AASHTO (1993) Guide for Design of Pavement Structures. AASHTO, Washington DC, USA*



## A.Lampiran

### Lampiran 1 LHR

Golongan	Jenis Kendaraan	LHR 2019		Pertumbuhan LHR 2021	
		(Kend/hari)	Per Golongan	Lalu - lintas (i) Per tahun	(Kend/hari) Per Golongan
		Per Jenis	(%)		
I	2 Sedan, Jeep, Station Wagon (MP)	1.141		5,51	3.306
	3 Oplet, Pick Up Oplet, Combi, Minibus	1.130		5,51	1.645
	4 Mikro Truck, Mobil Hantaran, Pick Up	271	3.469	5,51	394
	5a Bus Kecil				
	5b Bus Besar	927		5,51	1.349
II	6a Truk Kecil 2 Gandar	1.092		3,61	2.963
	6b Truk Sedang 2 Gandar	1.188	2.280	3,61	1.523 4486
III	7a Truk 3 Gandar	1.800	1.800	6,78	2.849 2.849
IV	7b Truk 4 Gandar (Truck Gandengan)	320	320	8,76	576 576
V	7c Truk 5 Gandar (Truck Semi Trailer)	150	150	8,83	271 271
Total		8.019		14.877	

Lampiran 2 (Data Nilai *CBR Subgrade*)

No	Lokasi (STA)	Nilai <i>CBR</i> (%)
1	23+100	9,5
2	23+300	6
3	23+500	12,5
4	23+700	8
5	23+900	13
6	24+100	6,2
7	24+300	8,6
8	24+500	6
9	24+700	6,8
10	24+900	6
11	25+100	10
12	25+300	15,7
13	25+500	11
14	25+700	6,8
15	25+900	10,2
16	26+100	6
17	26+300	9,8

Lampiran 3 Nilai *CBR Subgrade* Rencana

No	CBR (%)	Jumlah yang Sama atau lebih besar	Persen (%) yang sama atau lebih besar
1	6	17	$17/17 \times 100 = 100\%$
2	6	-	-
3	6	-	-
4	6	-	-
5	6,2	13	$13/17 \times 100 = 76,47\%$
6	6,8	12	$12/17 \times 100 = 70,59\%$
7	6,8	-	-
8	8	10	$10/17 \times 100 = 58,82$
9	8,6	9	$9/17 \times 100 = 52,94$
10	9,5	8	$8/17 \times 100 = 47,06$
11	9,8	7	$7/17 \times 100 = 41,18$
12	10	6	$6/17 \times 100 = 35,29$
13	10,2	5	$5/17 \times 100 = 29,41$
14	11	4	$4/17 \times 100 = 23,53$
15	12,5	3	$3/17 \times 100 = 17,65$
16	13	2	$2/17 \times 100 = 11,76$
17	15,7	1	$1/17 \times 100 = 5,88$

Lampiran 4 Perhitungan Jumlah Sumbu berdasarkan Jenis dan Bebannya

Jenis Kendaraan	Berat Total (ton)	Konfigurasi Beban Sumbu (ton)				Jumlah Kendaraan (bh)	Jumlah Sumbu Per Kendaraan (bh)	Jumlah Sumbu Kendaraan (bh)	STRT		STRG		STdRG	
		RD	RB	RGD	RGB				BS	JS	BS	JS	BS	JS
1	2	3	4	5	6	7	8	9 = 7 x 8	10 = 3	11	12	13	14	15
Sedan, Jeep, Station Wagon (MP)	2,0	1,00	1,00	-	-	1.306	-	-	-	-	-	-	-	-
Oplet, Pick Up Oplet, Combi, Minibus Mikro Truck, Mobil Hantaran, Pick Up Box	8,3	2,82	5,48			1.645	2	3.290	2,82	1.645	5,48	1.645		
Bus Kecil	8,3	2,82	5,48			394	2	789	2,82	394	5,48	394		
Bus Besar	9,0	3,06	5,94			1.349	2	2.699	3,06	1.349	5,94	1.349		
Truk Kecil 2 Gandar	8,3	2,82	5,48			3.963	2	7.926	2,82	3.963	5,48	3.963		
Truk Sedang 2 Gandar	15,15	5,15	10			1.523	2	3.045	5,15	1.523	10	1.523		
Truk 3 Gandar	25,0	6,25	18,75			2.849	2	5.699	6,25	2.849			18,75	2.849
Truk 4 Gandar (Truck Gandengan)	31,4	5,65	8,79	8,48	8,48	576	4	2.303	5,65	576	8,79	576		
											8,48	576		
											8,48	576		
Truk 5 Gandar (Truck Semi Trailer)	40,13	5,88	20,00	7,00	7,25	271	3	814	5,88	271			20,00	271
													14,25	271
<b>Total</b>						<b>13.876</b>		<b>26.565</b>		<b>12.571</b>		<b>10.602</b>		<b>3.392</b>

Keterangan:

RD : Roda Depan  
 RB : Roda Belakang  
 RGD : Roda Gandeng Depan

RGB : Roda Gdng Belakang  
 BS : Beban Sumbu  
 JS : Jumlah Sumbu

STRT : Sumbu Tunggal Roda Tunggal  
 STRG : Sumbu Tunggal Roda Ganda  
 STdRG : Sumbu Tandem Roda Ganda



Lampiran 5 Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) Selama Umur Rencana (20 Tahun)

Golongan Kendaraan	Jenis Kendaraan	Jumlah Sumbu Kend. (bh)	Pertumbuhan Lalu- Lintas (i)		Nilai Faktor Pertumbuhan Lalu- Lintas (R)		Nilai Koefisien Distribusi (C)	Hari Dalam Tahun	JSKN Rencana		Total JSKN Rencana Selama 20 Tahun	
			2019 s.d 2020 (%)	2021 s.d 2037 (%)	R1 2019 s.d 2020 (Pers. 3.3)	R2 2020 s.d 2037 (Pers. 3.3)			JSKN Rencana 2019 s.d 2020 (Pers. 3.5)	JSKN Rencana 2020 s.d 2037 (Pers. 3.5)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 = $3 \times 6 \times 8 \times 9$	11 = $3 \times 7 \times 8 \times 9$	12 = 10 + 11	
	2	Sedan, Jeep, Station Wagon (MP)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
I	3	Minibus, Pick Up Opt, Combi	3.290	5,51	3,51		22,72	0,45	365	1.711.987	12.278.948	13.990.935
	4	Mikro Truck, Mobil Hantaran, Pick Up Box	789	5,51	3,51	3,17	22,72	0,45	365	410.574	2.944.774	3.355.348
	5a	Bus Kecil										
	5b	Bus Besar	2.699	5,51	3,51	3,17	22,72	0,45	365	1.404.435	10.073.084	11.477.519
II	6a	Truk Kecil 2 Gandar	7.926	3,61	1,61	3,11	19,38	0,45	365	4.048.476	25.226.427	29.274.903
	6b	Truk Sedang 2 Gandar	3.045	3,61	1,61	3,11	19,38	0,45	365	1.555.495	9.692.430	11.247.925
III	7a	Truk 3 Gandar	5.699	6,79	4,79	3,21	25,37	0,45	365	3.002.993	23.748.413	26.751.406
IV	7b	Truk 4 Gandar (Truck Gandengan)	2.303	8,73	6,75	3,27	30,16	0,45	365	1.236.984	11.409.924	12.646.908
	7c	Truk 5 Gandar (Truck Semi Trailer)	814	8,85	6,84	3,27	30,40	0,45	365	437.551	4.063.821	4.501.372
Total		26.565							13.808.494	99.437.820	113.246.314	

Lampiran 6 Perhitungan Repetisi Sumbu Rencana

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Jumlah Sumbu (bh)	Proporsi Beban (Pers. 3.7)	Proporsi Sumbu (Pers. 3.8)	JSKN Rencana (Pers. 3.5)	Repetisi yang Terjadi(Pers. 3.6)
1	2	3	4	5	6	7 = 4 x 5 x 6
STRT	2,82	1.645	0,1308	0,4732	113.246.314	7.011.997
	2,82	394	0,0314	0,4732	113.246.314	1.681.638
	3,06	1.349	0,1073	0,4732	113.246.314	5.752.320
	2,82	3.963	0,3153	0,4732	113.246.314	16.894.036
	5,15	1.523	0,1211	0,4732	113.246.314	6.491.366
	6,25	2.849	0,2267	0,4732	113.246.314	12.146.482
	5,65	576	0,0458	0,4732	113.246.314	2.454.836
	5,88	271	0,0216	0,4732	113.246.314	1.156.430
Total		12.571				53.590.106
STRG	5,48	1.645	0,1741	0,3557	113.246.314	7.011.997
	5,48	394	0,0417	0,3557	113.246.314	1.681.638
	5,94	1.349	0,1428	0,3557	113.246.314	5.752.320
	5,48	3.963	0,4194	0,3557	113.246.314	16.895.036
	10,00	1.523	0,1611	0,3557	113.246.314	6.491.366
	8,79	576	0,0609	0,3557	113.246.314	2.454.836
Total		9.451				40.287.194
STdRG	18,75	2.849	0,6272	0,1710	113.246.314	12.146.482
	8,48	576	0,0609	0,3557	113.246.314	2.454.836
	8,48	576	0,0609	0,3557	113.246.314	2.454.836
	20,00	271	0,0597	0,1710	113.246.314	1.156.430
	14,25	271	0,0597	0,1710	113.246.314	1.156.430
Total		4.544				19.369.015
Komulatif						113.246.314

Lampiran 7 *Vehicle Damage Factor (VDF)* Berdasarkan Survei WIM

No	Golongan Kendaraan	Nilai <i>VDF</i>		Nilai <i>VDF</i>
		Arah Martoba1	Arah Amplas	
Rata-rata				
1	Golongan I	0,2443	0,2516	0,2480
2	Golongan II	2,4165	2,6484	2,5325
3	Golongan III	2,7905	2,4221	2,6063
4	Golongan IV	2,5417	1,8375	2,1896
5	Golongan V	1,4998	2,1179	1,8089

