

TUGAS AKHIR

ANALISIS BIAYA KEMACETAN PEMBANGUNAN *RIGID PAVEMENT* DENGAN *FAST SETTING CONCRETE*



Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Kurikulum
Program S-1 Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Batanghari

Disusun Oleh:

ONDIK

NPM: 1700822201034

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BATANGHARI JAMBI**

2023

HALAMAN PERSETUJUAN

SIDANG TUGAS AKHIR

ANALISIS BIAYA KEMACETAN PEMBANGUNAN *RIGID PAVEMENT* DENGAN *FAST SETTING CONCRETE*



Disusun Oleh:

ONDIK

NPM: 1700822201034

Dengan ini Dosen Pembimbing Tugas Akhir Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi, menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir dengan Judul dan penyusunan sebagaimana tersebut diatas disetujui sesuai dengan prosedur, ketentuan, kelaziman yang berlaku dan dapat diajukan untuk Seminar Proposal Tugas Akhir Program Srata Satu (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari.

Jambi, Maret 2023

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. H. Amsori, M, DAS, M. Eng

Ari Setiawan, ST, MT

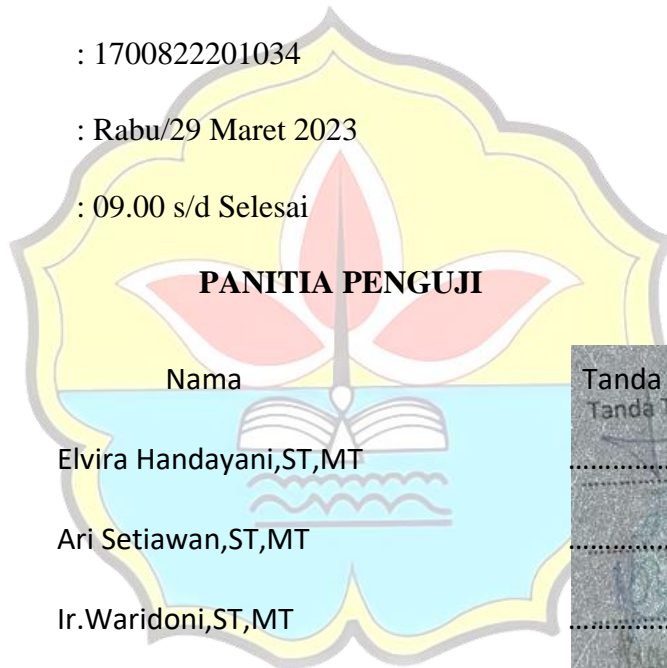
HALAMAN PENGESAHAN

SIDANG TUGAS AKHIR

**ANALISIS BIAYA KEMACETAN PEMBANGUNAN *RIGID PAVEMENT*
DENGAN *FAST SETTING CONCRETE***

Tugas Akhir ini telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Tugas Akhir dan Komprehensif dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan unuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Batanghari.

Nama : O n d i k
Npm : 1700822201034
Hari/Tanggal : Rabu/29 Maret 2023
Jam : 09.00 s/d Selesai



Jabatan	Nama
Ketua	Elvira Handayani,ST,MT
Sekretaris	Ari Setiawan,ST,MT
Penguji I	Ir.Waridoni,ST,MT
Penguji II	Ria Zulfiati,ST,MT
Penguji III	Dr.Ir.H.Amsory M.Das,M.Eng



Disahkan Oleh :

Dekan Fakultas Teknik



Dr.Ir.H.Fakhrul Rozi Yamali,ME

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Elvira Handayani,ST,MT

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto

خير الناس انفعهم للناس

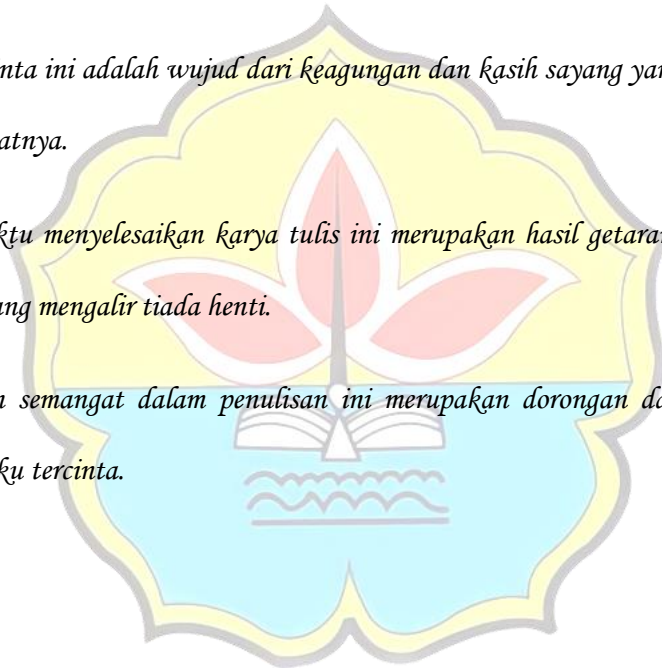
“Sebaik-baik manusia adalah yang dapat memberikan manfaat bagi manusia lainnya”. (H.R.Ahmad)

Persembahan

Setiap goresan tinta ini adalah wujud dari keagungan dan kasih sayang yang diberikan Allah SWT kepada umatnya.

Setiap detik waktu menyelesaikan karya tulis ini merupakan hasil getaran dan do'a orang-orang terkasih yang mengalir tiada henti.

Setiap pancaran semangat dalam penulisan ini merupakan dorongan dan dukungan dari sahabat-sahabatku tercinta.



KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

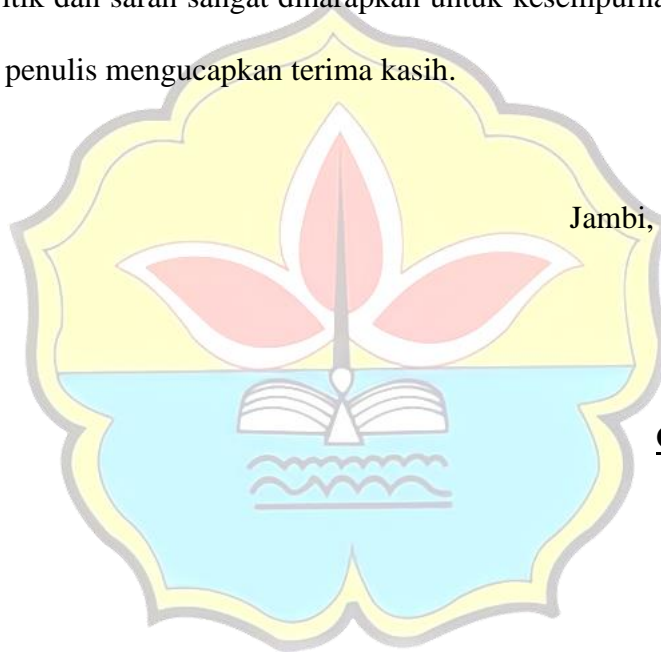
Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan proposal Tugas Akhir dengan judul “Analisis Biaya Kemacetan Pembangunan *Rigid Pavement* dengan *Fast Setting Concrete*”. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan Kurikulum Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Sipil, Universitas Batanghari.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dengan adanya bantuan dari beberapa pihak sehingga pada kesempatan ini, tak lupa penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr.Ir.H.Fakhrul Rozi Yamali,ME selaku Dekan Fakultas Teknik UNBARI yang telah memberikan motivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Drs.Guntar Marolop S.M.Si Selaku Wakil Dekan I, Ibu Ria Zulfiati,ST,MT Selaku Wakil Dekan II dan Bapak Ir.Waridoni,ST,MT Selaku Wakil Dekan III yang telah memberi arahan dan masukan positif berkaitan dengan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr.Ir.H. Amsori M Das, M.Eng selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah memberikan arahan dalam penyusunan proposal Tugas Akhir ini.

4. Bapak Ari Setiawan, ST, MT selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan arahan dalam penyusunan proposal Tugas Akhir ini.
5. Rekan-rekan Teknik Sipil Universitas Batanghari angkatan 2017 yang telah memberikan semangat dan motivasi.
6. Seluruh pihak yang telah memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan Tugas Akhir ini.

Demikian Tugas Akhir ini disusun dengan harapan dapat bermanfaat bagi kita semua. Kritik dan saran sangat diharapkan untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.



Jambi, Maret 2023

ONDIK

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Batasan Masalah	5
BAB II	6
LANDASAN TEORI	6
2.1. Jalan	6
2.2. Kapasitas Jalan	20
2.3. Manajemen Lalu Lintas	54
2.4. <i>Rigid Pavement</i> (Perkerasan Kaku)	55
2.5. Permasalahan Pembangunan Rigid Pavement	58
2.6. Fast Setting Concrete	59
2.7. Biaya Kemacetan Lalu-lintas	67
2.8. Biaya Operasional Kendaraan	70
2.9. Biaya Waktu Perjalanan	79
2.10. Penelitian Terdahulu	85
BAB III	87
METODOLOGI PENELITIAN	87
3.1. Metode Penelitian	87
3.2. Variabel Penelitian	87
3.3. Metode Pengumpulan Data	87
3.4. Alat dan Bahan	88
3.5. Tahapan Penelitian	88

3.6. Diagram Alir Penelitian.....	92
BAB IV.....	93
ANALISA DAN PEMBAHASAN	93
BAB V	118
KESIMPULAN DAN SARAN.....	118
5.1. Kesimpulan	118
5.2. Saran	118
DAFTAR PUSTAKA	120
LAMPIRAN	121



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Infrastruktur Kabupaten Muaro Jambi	7
Gambar 2.2 Kerb di Jalan	15
Gambar 2.3 Bahu Jalan	17
Gambar 2.4 Penampang melintang median tipikal	19
Gambar 2. 5 Ilustrasi pengamatan lalu lintas	39
Gambar 2.6 Penjelasan tentang kecepatan lalu lintas	41
Gambar 2.7 Speed gun	41
Gambar 2.8 Hubungan V_T dengan D_T	48
Gambar 2.9 Grafik Tingkat Pelayanan.....	53
Gambar 2.10 Perkerasan Kaku Pada Permukaan Tanah Asli (at Grade).....	56
Gambar 2.11 Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>).....	57
Gambar 2.12 Kemacetan karena Pengecoran.....	59
Gambar 2.13 Pengecoran Speedcrete Holcim.....	63
Gambar 2.14 Hubungan Kecepatan-Kerapatan Untuk jalan 2 lajur tidak terbagi.....	68
Gambar 2.15 Estimasi Biaya Kemacetan.....	69
Gambar 2.16 Komponen Biaya Tidak Tetap Besaran Biaya Operasi Kendaraan	72
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	90
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian	92
Gambar 4.1 Grafik Jumlah Kendaraan Arah Utara.....	97
Gambar 4. 2 Grafik Jumlah Kendaraan Arah Selatan	101
Gambar 4. 3 Grafik Jumlah Kendaraan Arah Utara dan Selatan	104
Gambar 4.4 Grafik Kecepatan Kendaraan	107

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelas ukuran kota.....	10
Tabel 2.2 Kelas Jalan Berdasarkan Penggunaan.....	11
Tabel 2.3 Klasifikasi Medan Jalan	11
Tabel 2.4 Klasifikasi Medan Jalan (lanjutan)	12
Tabel 2.5 Lebar Lajur Minimum.....	12
Tabel 2.6 Lebar Jalur Jalan pada JSD	13
Tabel 2.7 Lebar Jalur Jalan pada JSD (lanjutan).....	14
Tabel 2.8 Lebar Jalur Jalan pada JRY dan JHB.....	14
Tabel 2.9 Kemiringan Melintang Bahu Jalan	18
Tabel 2.10 Ketentuan tipe median	20
Tabel 2.11 Faktor Penyesuaian untuk tipe lingkungan simpang, hambatan samping dan Kendaraan tak bermotor (Fhs)	21
Tabel 2.12 Faktor Penyesuaian untuk tipe lingkungan simpang, hambatan samping dan Kendaraan tak bermotor (Fhs) (lanjutan).....	22
Tabel 2.13 Kriteria Hambatan Samping	22
Tabel 2.14 Kelas Hambatan Samping (1)	23
Tabel 2.15 Kelas Hambatan Samping (2)	23
Tabel 2.16 Hambatan Samping	24
Tabel 2.17 Nilai Kelas Hambatan Samping.....	24
Tabel 2.18 Nilai Kelas Hambatan Samping (lanjutan)	25
Tabel 2.19 Emp untuk Jalan Perkotaan tak - terbagi	29
Tabel 2.20 Emp untuk Jalan Perkotaan terbagi dan satu arah.....	29
Tabel 2.21 Parameter untuk beberapa jenis jalan.....	30
Tabel 2.22 Kecepatan arus bebas dasar.....	33
Tabel 2.23 Nilai penyesuaian kecepatan arus bebas dasar akibat lebar jalur lalu lintas efektif.....	34
Tabel 2.24 Faktor penyesuaian kecepatan arus bebas dasar akibat hambatan samping untuk jalan berbahu dengan lebar efektif	34

Tabel 2.25 Faktor penyesuaian kecepatan arus bebas dasar akibat hambatan samping untuk jalan berbahu dengan lebar efektif (lanjutan)	35
Tabel 2.26 Faktor penyesuaian untuk pengaruh ukuran kota pada kecepatan arus bebas kendaraan ringan	35
Tabel 2.27 Faktor penyesuaian kapasitas akibat perbedaan lebar lajur atau jalur lalu lintas	36
Tabel 2.28 Kapasitas dasar.....	36
Tabel 2.29 Faktor penyesuaian kapasitas terkait pemisahan arah lalu lintas ...	37
Tabel 2.30 Faktor penyesuaian kapasitas akibat KHS pada jalan berkereb.....	37
Tabel 2.31 Faktor penyesuaian kapasitas terkait ukuran kota.....	37
Tabel 2. 32 Perhitungan Moving Car Observer	44
Tabel 2.33 Kecepatan Arus Bebas Dasar.....	47
Tabel 2.34 Kondisi dasar untuk menetapkan kecepatan arus bebas dasar dan kapasitas dasar.....	49
Tabel 2.35 Kondisi dasar untuk menetapkan kecepatan arus bebas dasar dan kapasitas dasar (lanjutan)	50
Tabel 2.36 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR).....	55
Tabel 2.37 Perbandingan Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Umur.....	60
Tabel 2.38 Kuat Tekan Beton dengan Cemex	61
Tabel 2.39 Penggunaan Penutup Insulasi.....	66
Tabel 2.40 Alinyemen vertikal yang direkomendasikan pada berbagai medan jalan	75
Tabel 2.41 Nilai konstanta dan koefisien-koefisien parameter model konsumsi BBM	71
Tabel 2.42 Nilai tipikal JPO_i , KPO_i , dan OHO_i yang direkomendasikan	73
Tabel 2.43 Nilai tipikal ϕ, γ_1, γ_2	75
Tabel 2.44 Nilai tipikal a_0 dan a_1	76
Tabel 2.45 Nilai tipikal tanjakan dan turunan pada berbagai medan jalan	77
Tabel 2.46 Nilai tipikal derajat tikungan pada berbagai medan jalan	77
Tabel 2.47 Nilai tipikal χ, δ_1, δ_2 , dan δ_3	78

Tabel 2.48 Nilai tipikal χ , δ_1 , δ_2 , dan δ_3 (lanjutan)	79
Tabel 2.49 Nilai waktu setiap golongan kendaraan	82
Tabel 2.50 Nilai waktu minimum (Rupiah/jam/kendaraan)	83
Tabel 2.51 PDRB atas dasar harga konstan tahun 1995	83
Tabel 4.1 Data Jumlah Penduduk Kabupaten Muaro Jambi Periode 2019 - 2021.....	93
Tabel 4.2 Kondisi Jalan Ruas Sungai Bahar-Marga Mulya.....	94
Tabel 4.3 Jumlah Kendaraan Arah Utara Di Ruas Lokasi Penelitian	95
Tabel 4.4 Jumlah Kendaraan Di Ruas Lokasi Penelitian.....	98
Tabel 4.5 Jumlah Kendaraan Arah Utara dan Selatan	101
Tabel 4.6 Rekap Volume Kendaraan LV, HV dan MC	104
Tabel 4.7 Data Kondisi Lalu lintas pada ruas jalan	105
Tabel 4.8 Data Kecepatan Rata-Rata Kendaraan.....	106
Tabel 4.9 Perhitungan Kapasitas Jalan.....	108
Tabel 4.10 PDRB Menurut Lapangan Usaha Kab. Muaro Jambi, Jambi	109
Tabel 4.11 Harga rata-rata Komponen Biaya Operasional Kendaraan.....	111
Tabel 4.12 Biaya Tidak Tetap Komponen BOK.....	117
Tabel 4.13 Harga Beton Readymix.....	118

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi Provinsi Jambi pada triwulan III 2021 mengalami peningkatan sebesar 5,91%. Penghasilan masyarakat di Provinsi Jambi yang terbesar didapat dari sektor perkebunan. Menurut data dari Dinas Perkebunan Provinsi Jambi yang ditampilkan oleh Badan Pusat Statistika (BPS), pada tahun 2020 perkebunan terluas di Provinsi Jambi adalah perkebunan kelapa sawit yang tersebar di sembilan kabupaten baik yang dikelola oleh perusahaan swasta, PTPN, maupun masyarakat pribadi. Provinsi Jambi memiliki 9 (Sembilan) kabupaten, dari sembilan kabupaten tersebut, Kabupaten Muaro Jambi merupakan kabupaten yang memiliki lahan perkebunan kelapa sawit terluas di Provinsi Jambi yaitu 227.125 ha terutama di Kawasan Sungai Bahar.

Dampak dari perkebunan kelapa sawit yang luas adalah meningkatnya mobilitas lalu lintas serta tonase angkutan kendaraan yang besar dikarenakan hasil dari perkebunan kelapa sawit tersebut perlu diangkut ke pabrik-pabrik yang berada di luar area perkebunan. Selain dari armada angkutan hasil perkebunan kelapa sawit, terdapat juga kendaraan berat milik Pabrik Kelapa Sawit yang melintas seperti tangki CPO (*crude palm oil*) dan kendaraan berat lainnya. Mobilitas yang cukup besar dan sangat pesat mengakibatkan infrastruktur jalan perlu mendapatkan perhatian yang sangat intens. Oleh karena itu, penggunaan teknologi material jalan perlu terus dikembangkan untuk menghindari terjadinya

penurunan pelayanan jalan baik berupa penurunan kecepatan, meningkatnya derajat kejenuhan kendaraan, serta waktu tempuh semakin panjang yang dapat mengakibatkan kerugian yang cukup besar bagi pengguna jalan.

Masalah kemacetan lalu lintas bukan lagi hal yang jarang terjadi, hampir setiap jalan yang ada di pusat kota bahkan daerah pinggiran kota terjadi kemacetan. Kemacetan yang terjadi menyebabkan kerugian bagi para pengguna jalan, ditambah lagi waktu tempuh perjalanan menjadi semakin lama, namun juga mempengaruhi biaya operasional kendaraan yang melintas, hal ini terjadi pada ruas jalan di Kabupaten Muaro Jambi. Akibat adanya pekerjaan perbaikan jalan yang awalnya berupa perkerasan *flexible pavement* menjadi perkerasan *rigid pavement*, hal ini dilakukan mengingat kapasitas jalan sudah terlampaui dan sering terjadi kerusakan pada badan jalan yang mengakibatkan terjadinya kerusakan pada kendaraan yang melintas, kecelakaan, penurunan kecepatan jalan yang berdampak pada kemacetan jalan.

Peningkatan jalan tidak hanya berdampak positif bagi pengguna, namun memiliki dampak negatif saat proses pembangunan, yaitu kemacetan, hal ini terjadi ketika volume lalu lintas melebihi kapasitas jalan atau simpang, penyempitan jalan yang terjadi sebagai langkah untuk membagi dua jalur untuk proses konstruksi dan pengecoran *rigid* mengakibatkan kapasitas berkurang yang mengakibatkan terjadinya tundaan dan antrian pada lajur yang belum dicor. Tanpa disadari oleh pengguna jalan saat berkendara ternyata ada biaya yang harus digunakan oleh pengguna jalan.

Peningkatan jalan dengan metode *rigid pavement* memerlukan waktu yang lebih panjang bila dibandingkan dengan peningkatan jalan dengan *flexible pavement*, hal ini mengakibatkan terpaksa pengguna jalan harus menggunakan jalur sebelahnya untuk dapat melintasi ruas jalan tersebut, dalam prakteknya terdapat beberapa pola pengaturan jalan saat proses konstruksi, pengaturan jalan saat konstruksi dapat dilakukan dengan cara separuh-separuh maupun metode buka tutup.

Kondisi ini tentu saja mengakibatkan kapasitas jalan pada ruas tertentu mengalami penurunan kapasitas layanan, antrian dan tundaan serta berdampak pada kemacetan. Kemacetan yang terjadi tidak hanya berdampak pada waktu tempuh pada ruas tertentu, namun juga ikut mempengaruhi biaya operasional kendaraan pada saat melintas, oleh karena itu. Perkembangan teknologi material konstruksi khususnya pada beton menjadikan terdapat berbagai alternatif dalam menggunakan beton sebagai material *rigid pavement*, salah satunya adalah penggunaan *common concrete*, maupun penggunaan *fast setting concrete*. *Fast setting concrete* merupakan salah satu teknologi yang telah banyak digunakan di berbagai negara maju termasuk di Indonesia, dimana salah satu fungsinya adalah untuk mempercepat proses pengerasan beton sehingga diharapkan mutu beton dapat sesuai dengan rencana namun dalam waktu yang relatif singkat, sehingga jalan dapat segera dibuka dan digunakan oleh pengguna jalan dengan aman, nyaman dan ekonomis.

Oleh karena itu, maka kami bermaksud untuk melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Biaya Kemacetan Pembangunan *Rigid pavement* dengan *Fast*

Setting Concrete, sehingga diharapkan dapat memberikan informasi tentang biaya yang dikeluarkan oleh pengguna jalan saat proses pekerjaan pembangunan jalan *rigid*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan diatas dapat dirumuskan masalah yang terjadi, yaitu berkurangnya kecepatan, antrian kendaraan pada ruas Desa Marga Mulya Unit I Sungai Bahar Kabupaten Muaro Jambi sehingga mengakibatkan bertambahnya biaya umum bagi pengguna jalan.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. Menganalisis volume dan kecepatan kendaraan pada ruas Jalan Desa Marga Mulya Unit I Sungai Bahar Kabupaten Muaro Jambi
2. Menganalisis biaya Operasional Kendaraan (BOK) dengan metode LAPI ITB-PT. Jasa Marga pada ruas Jalan Desa Marga Mulya Unit I Sungai Bahar Kabupaten Muaro Jambi
3. Menganalisis biaya kemacetan pembangunan *rigid pavement* dengan *fast setting concrete* yang dikeluarkan akibat penurunan kecepatan pada ruas Jalan Desa Marga Mulya Unit I Sungai Bahar Kabupaten Muaro Jambi

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis, menjadi sarana untuk menerapkan ilmu yang didapatkan selama kuliah yang diaplikasikan pada suatu penelitian yang terjadi di lapangan.
2. Masyarakat dan pemerintah dapat memberikan masukan teknis bagi pemerintah dalam menentukan spesifikasi material yang digunakan dalam pembangunan *rigid pavement*.
3. Sebagai masukan bagi Penyelenggara Jalan tentang pentingnya penggunaan beton *fast setting concrete* untuk digunakan sebagai material jalan guna mengurangi biaya operasional kendaraan dan biaya kemacetan.
4. Dapat menjadi referensi bagi penulis, penyedia jasa maupun pengguna jasa dalam pemilihan material jalan yang tepat.

1.5. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini dibatasi pada:

1. Tidak melakukan uji mutu beton dan bahan material.
2. Mengupas biaya operasional kendaraan dan biaya kemacetan
3. Harga beton biasa di dapat dari batching plant penyedia beton
4. Data survei diambil langsung dari lokasi pekerjaan desa marga mulya unit I Sungai Bahar Kabupaten Muaro Jambi.
5. Pengolahan data dengan menggunakan standar Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) dan Pdt-15-2005B Tentang perhitungan Biaya Operasional Kendaraan, LAPI ITB.
6. Biaya kemacetan pada Kendaraan yang dianalisa adalah kendaraan LV jenis Avanza

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Jalan

Berdasarkan Undang-undang No 2 Tahun 2022 Pasal 1 Tentang Perubahan kedua atas UU No 38 Tahun 2004 tentang Jalan, Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian Jalan, termasuk bangunan penghubung, bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu-lintas yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, dan/atau air, serta di atas permukaan air kecuali jalan rel jalan lori dan jalan kabel. Menurut Adisasmita (2011), jalan merupakan suatu prasarana untuk melayani kegiatan transportasi yang dilakukan oleh sarana transportasi (Kendaraan) yang disediakan untuk menghubungkan suatu tempat (simpul) asal perjalanan menuju ke tempat-tempat (simpul-simpul) tujuan.

Jaringan jalan raya merupakan prasarana transportasi darat yang memegang peranan sangat penting dalam sektor perhubungan terutama untuk kesinambungan distribusi barang dan jasa (Hendarsin, 2000). Berdasarkan UU No 2 Tahun 2022, sistem jaringan jalan adalah satu kesatuan ruas, yang saling menghubungkan dan mengikat, pusat-pusat pertumbuhan dengan wilayah yang berada dalam pengaruh pelayanan, hubungan hierarkis. Jaringan prasarana transportasi tidak bisa dipisahkan dengan jaringan pelayanan transportasi yang terdiri dari antarmoda/multimoda yang digunakan untuk melayani angkutan penumpang, dan/atau barang (Adisasmita, 2011).

Karakteristik utama segmen jalan yang mempengaruhi kinerja jalan menurut PKJI, 2014 ada lima yaitu:

1. Geometrik Jalan

Geometrik jalan yang mempengaruhi terhadap kapasitas dan kinerja jalan yaitu tipe jalan yang menentukan perbedaan pembebanan lalu lintas, lebar jalur lalu lintas, yang dapat mempengaruhi nilai kecepatan arus bebas dan kapasitas, kerib dan bahu jalan yang berdampak pada hambatan samping sisi jalan, median yang mempengaruhi pada arah pergerakan lalu lintas, dan nilai alinyemen jalan tertentu yang dapat menurunkan kecepatan arus bebas, kendati begitu alinyemen jalan yang terdapat di jalan perkotaan dianggap bertopografi datar, maka pengaruh alinyemen jalan ini dapat diabaikan.

2. Pemisahan arah dan kondisi lalu lintas

Kapasitas paling besar terjadi pada saat kedua arah pada tipe jalan 2/2TT sama besar (50%-50%), oleh karenanya pemisahan arah ini perlu ditentukan dalam penentuan nilai kapasitas yang ingin dicapai. Sedangkan komposisi lalu lintas berpengaruh pada saat pengkonversian kendaraan menjadi KR, yang menjadi satuan yang dipakai dalam analisis kapasitas dan kinerja lalu lintas (skr/jam).

3. Pengaturan lalu lintas

Pengaturan lalu lintas yang banyak berpengaruh terhadap kapasitas adalah batas kecepatan yang diberikan melalui rambu, pembatasan aktivitas parker, pembatasan berhenti, pembatasan akses dari Simpang, pembatasan akses dari lahan sampingan jalan, dan akses jenis kendaraan tertentu, misalnya angkutan

kota, (angkot). Di jalan perkotaan, rambu batas kecepatan jarang diberlakukan langsung dengan rambu. Adapun ketentuan umum kecepatan maksimum di perkotaan adalah 40 km/jam. Batas kecepatan hanya berpengaruh sedikit pada kecepatan arus bebas, sehingga pengaruh rambu-rambu tersebut tidak dimasukkan dalam perhitungan kapasitas.

4. Aktivitas samping jalan

5. Perilaku pengemudi

Selain lima hal di atas terdapat karakteristik lain yang mempengaruhi nilai kapasitas ruas jalan, yaitu hambatan samping dan ukuran kota. Aktivitas di samping jalan sering mengakibatkan konflik yang mempengaruhi arus lalu lintas, aktivitas tersebut, dalam sudut pandang analisis kapasitas jalan disebut hambatan samping, yang dipandang berpengaruh terhadap kapasitas dan kinerja jalan, dalam PKJI, 2014 antara lain:

1. Pejalan kaki
2. Angkutan umum dan kendaraan lain yang berhenti
3. Kendaraan lambat
4. Kendaraan masuk dan keluar dari lahan di samping jalan.

Sementara itu perbedaan tingkat perkembangan perkotaan, keanekaragaman kendaraan, populasi kendaraan, menunjukkan keragaman perilaku pengemudi. Karakteristik ini diperhitungkan dalam analisis secara tidak langsung, melalui ukuran kota.

Tabel 2.1 Kelas ukuran kota
(Sumber: Pedoman Konstruksi Jalan Indonesia, 2014)

Ukuran Kota (juta jiwa)	Kelas
< 0,1	Sangat kecil
0,1 - 0,5	Kecil
0,5 - 1,0	Sedang
1,0 - 3,0	Besar
> 3,0	Sangat besar

2.1.1. Tipe Jalan

Tipe jalan perkotaan berdasarkan potongan melintang jalan yang ditentukan berdasarkan arah dan jumlah jalur pada segmen jalan. Tipe jalan perkotaan menurut PKJI 2014 adalah sebagai berikut:

1. Jalan sedang tipe 2/2 TT.
2. Jalan raya tipe 4/2 T.
3. Jalan raya tipe 6/2 T.
4. Jalan satu-arah tipe 1/1, 2/1, dan 3/1.

Klasifikasi jalan berdasarkan fungsi dan intensitas lalu lintas guna kepentingan pengaturan penggunaan jalan dan kelancaran LLAJ di klasifikasikan menjadi 4 seperti dalam tabel di bawah ini:

Tabel 2.2 Kelas Jalan Berdasarkan Penggunaan

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan			Muatan Sumbu Terberat (MST)
		Lebar	Panjang	Tinggi	
Kelas I	Arteri, kolektor	$\leq 2,55$	$\leq 18,0$	$\leq 4,2$	10
Kelas II	Arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan	$\leq 2,55$	$\leq 12,0$	$\leq 4,2$	8
Kelas III		$\leq 2,2$	$\leq 9,0$	$\leq 4,2$	8
Kelas khusus	Arteri	$>2,55$	$>18,0$	$\leq 4,2$	>10

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.1.2. Klasifikasi Medan

Medan jalan dimana jalan dibangun diklasifikasikan. Masing-masing klasifikasi medan tersebut mempunyai ciri-ciri, baik secara bentuk fisik unsur geometrik maupun secara operasional dari pengguna jalan, dan ciri-ciri tersebut saling sinergi satu dengan yang lainnya.

Dalam proses desain awal potongan melintang topografi medan jalan mempunyai pengaruh terhadap penetapan alinyemen horizontal dan vertikal jalan, serta kecepatan desain. Topografi medan jalan diklasifikasikan menjadi tiga yaitu, datar, bukit dan gunung.

Tabel 2.3 Klasifikasi Medan Jalan

Tipe medan jalan	Notasi	Kemiringan melintang (%)
Datar	D	< 10

Tabel 2.4 Klasifikasi Medan Jalan (lanjutan)

Bukit	B	10 – 25
Gunung	G	> 25

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Pada medan datar, jarak pandang umumnya panjang dan dapat dibuat tanpa kesulitan konstruksi ataupun biaya besar. Pada medan bukit, lereng alam yang naik turun, dan yang kadang-kadang berlereng curam membatasi bentuk alinyemen horizontal dan vertikal untuk memenuhi persyaratan teknis alinyemen jalan. Pada medan gunung, perubahan memanjang maupun melintang permukaan tanah yang besar dan mendadak, sering menyebabkan pembelokan alinyemen dan memerlukan penggalian tanah atau menimbunnya, untuk mendapatkan alinyemen horizontal dan vertikal yang dapat memenuhi kriteria desain.

2.1.3. Lebar Jalur

Lebar jalur lalu lintas mempengaruhi kenyamanan dan keselamatan pengemudi untuk desain, lebar lajur lalu-lintas paling kecil yang diatur dalam Permen PU No 19/2021 ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.5 Lebar Lajur Minimum

V_d (km/jam)	Lebar Lajur Minimum (m)
Kecepatan tinggi $V_D \geq 80$	3,60
Kecepatan sedang $40 \leq V_D < 80$	3,50

Kecepatan rendah $V_D < 40$	42,75
-----------------------------	-------

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Lebar lajur lalu lintas untuk JBH dan JRY diukur dari sisi dalam marka membujur garis tepi jalan (garis menerus) atau sumbu marka garis membujur pembagi lajur (garis terputus-putus) ke sisi dalam marka membujur garis menerus atau ke sumbu marka membujur garis putus-putus.

Beberapa lebar jalur yang lebih kecil dari ukuran lebar jalur yang paling kecil diperlukan ukuran-ukuran antara dan lebih kecil seperti ditunjukkan dalam tabel di bawah ini. Jika diperlukan pelebaran, maka lebar jalur harus dibatasi hingga maksimum 4,6m – karena dengan lebar tersebut memungkinkan dua mobil berjalan berdampingan dalam lajur yang sama. Jika diperlukan lebar jalan yang lebih besar dari 4,6m untuk membelokkan truck maka marka garis tepi dapat ditempatkan pada batas lebar jalur 3,5 m dan pelebaran jalur diakomodasi pada bahu jalan yang diperkeras dengan penuh (*full depth*).

Tabel 2.6 Lebar Jalur Jalan pada JSD

Unsur	Lebar jalur (m)	Keterangan
Lajur umum	3,5	Lebar lajur lalu lintas umum yang digunakan pada semua jalan dengan batas kecepatan < 80 km/jam
Lajur paling tepi yang diperlebar	4,2 – 4,5	Lebar dimana pengendara sepeda motor dan Pengguna Jalan yang lain berbagi jalur yang sama
Lebar minimum antara muka kerb dengan saluran/gutter	5,0	Lebar satu jalur tunggal yang dapat digunakan pada lajur membelok ke kiri atau lebar satu jalur pada jalan dua jalur dua arah dengan median yang dipertinggi

Tabel 2.7 Lebar Jalur Jalan pada JSD (lanjutan)

Untuk tempat mendahului kendaraan yang mogok	2 x 4,0 (8,0)	Lebar dua jalur yang memungkinkan dua kendaraan untuk secara pelan-pelan mendahului kendaraan yang mogok
--	------------------	--

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Tabel 2.8 Lebar Jalur Jalan pada JRY dan JHB

Unsur	Lebar jalur (m)	Keterangan
Lajur lalu lintas umum	3,6	Untuk JHB dan JRY dengan $V_D \geq 80$ km/jam
Lajur pada ramp-interchange	3,5- 4,5	Rentang lajur pada ramp interchange
Bahu kiri (berpenutup pada seluruh lebar bahu)	2.0-3,0	Rentang lebar bahu kiri
	3.0	Lebar bahu minimum yang berbatasan dengan pagar pengaman Lebar bahu minimum untuk JHB dengan jumlah lajur per arah tiga atau lebih
Bahu dalam / pembatas (berpenutup pada seluruh lebar bahu)	2 x 3,0	Rentang lebar bahu jalan
	3,0	Lebar bahu minimum yang berbatasan dengan pagar pengaman Lebar bahu minimum untuk JHB dengan jumlah jalur per arah tiga atau lebih

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.1.4. Kereb

Kereb merupakan batas yang ditinggikan berupa bahan kaku dan keras, biasanya terbuat dari batu dan beton atau batu yang terletak diantara tepi luar badan jalan dan trotoar. Sukirman (1999) menyatakan kereb adalah penonjolan atau peninggian tepi perkerasan atau bahu jalan, yang terutama dimaksudkan

untuk keperluan-keperluan drainase mencegah keluarnya kendaraan dari tepi perkerasan, dan memberikan ketegasan tepi perkerasan.



Gambar 2.2 Kerb di Jalan
(Sumber: Sentracon.co.id, 2022)

2.1.5. Bahu Jalan

Bahu jalan adalah daerah yang disediakan di tepi luar jalan antara lapis perkerasan dengan kemiringan badan jalan (talud) yang memiliki dua manfaat yaitu struktural dan lalu lintas. Sukirman (1999) mendefinisikan bahu jalan sebagai jalur yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas. Bahu jalan berada di kedua sisi jalur lalu lintas. Untuk jalan yang dilengkapi median, lebar bahu dalam dan bahu luar bisa sama bisa juga berbeda. Bahu jalan segaris dengan perkerasan dan mulai dari tepian jalur lalu lintas, hingga tepian badan jalan. Bahu jalan dibuat untuk melakukan dua fungsi yaitu struktural dan lalu-lintas. Fungsi structural bahu jalan adalah untuk memberikan dukungan lateral bagi lapisan perkerasan jalan.

Fungsi bahu jalan bagi lalu lintas menurut Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021 adalah:

1. Memberikan ruang bagi kendaraan kehilangan kendali untuk kembali terkendali
2. Ruang bagi kendaraan untuk berhenti diatas permukaan keras pada jarak aman dan lajur lalu lintas.
3. Daerah yang bisa dilalui untuk penggunaan kendaraan darurat.
4. Ruang bebas terhadap halangan lateral seperti rambu-rambu
5. Ketika bahu jalan diberikan lapis aspal akan memberi lebar tambahan untuk lintasan roda kendaraan besar
6. Jarak pandang ditingkatkan sehingga meningkatkan keselamatan jalan.
7. Kapasitas jalan meningkat karena kecepatan seragam dimungkinkan.
8. Keterbukaan ruang yang dibuat oleh bahu jalan lebar, membuat pengemudi lebih
9. Dalam keadaan tertentu, bisa menjadi ruang bagi pengendara sepeda.

Lebar bahu termasuk lebar penutup diukur dari tepi luar jalur lalu lintas (termasuk marka garis tepi) ke tepi terluar badan jalan dan tidak termasuk lebar untuk berm, verge atau lebar tambahan apapun yang disediakan untuk mengakomodasi patok pengarah jalan dan pagar pengaman. Pada YJR, 4/2-T dengan kecepatan desain yang tinggi ($V_0 > 60$ km/jam), PTJ menyatakan disediakan bahu jalan dengan lebar paling kecil 2,5m pada sisi kiri di setiap jalur lalu lintas dan 1 m pada setiap sisi mediannya. Jika JRY mempunyai tiga atau lebih lajur per arah, sebaiknya mempunyai bahu jalan selebar 2.5m Pada kedua sisi jalur lalu lintas nya.



Gambar 2.3 Bahu Jalan
(Sumber: Infopublik.id, 2022)

Pada JSD 2/2-TT atau lebih, kecepatan desain tinggi ($V_0 < 60$ km/jam), maka lebar bahu jalan minimum adalah 2,5m untuk mengakomodasi kondisi darurat kedua bahu jalan harus diberikan lapisan penutup. Untuk JSD 2/2-TT atau lebih, kecepatan desain rendah ($V_0 < 60$ km/jam), maka lebar bahu jalan minimum perkotaan harus 1,5m dan diberi lapisan penutup agar dapat dikendarai kendaraan bermotor, atau untuk bahu jalan antar kota harus 1,0 m dan cukup diberi perkerasan tidak berpenutup.

Bahu jalan mempunyai kemiringan untuk keperluan pengaliran air dari permukaan jalan dan juga untuk memperkuat konstruksi perkerasan. Sebagai pedoman di dalam perencanaan, ketentuan kemiringan bahu jalan seperti pada tabel kemiringan bahu jalan. Kemiringan bahu jalan umumnya lebih curam dari jalur lalu lintasnya untuk membantu drainase permukaan jalan. Namun jika bahu jalan terdiri dari perkerasan penuh dan diberikan lapisan penutup, lerengnya bias sama dengan perkerasan jalan di sebelahnya untuk memfasilitasi konstruksi pada jalan lurus kemiringan bahu jalan ditampilkan pada Tabel 2.7.

Tabel 2.9 Kemiringan Melintang Bahu Jalan

Material	Kemiringan melintang (%)
Tanah dan Liat	5 - 6
Kerikil atau batu pecah	4 - 5
60% dari kekuatan perkerasan jalur lalu lintas beraspal	4 - 5
Perkerasan penuh dengan lapis beraspal	4 - 5
Beton	Sesuai jalur lalu lintas

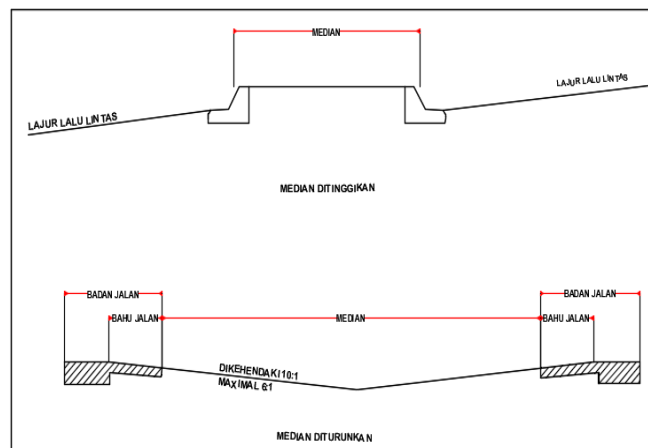
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.1.6. Median

Median pada JRY, berdasarkan Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021 disediakan untuk meningkatkan keselamatan dan pengoperasian jalan, khususnya jalan antara perkotaan dengan paling sedikit dua jalur di setiap arahnya. median serta batas-batasnya harus nyata oleh setiap mata pengemudi baik pada siang hari maupun pada malam hari serta segala cuaca dan keadaan (Sukirman, 1999). Ada dua tipe median, yaitu yang ditinggikan atau yang diturunkan. Fungsi utama median adalah:

1. Memisahkan mengurangi konflik antara arus lalu lintas yang berlawanan.
2. Mencegah pergerakan penyeberang dan membelok yang tidak diperbolehkan
3. Melindungi kendaraan yang berbelok ke kanan dan menyebrang.
4. Tempat untuk meletakkan perlengkapan jalan dan peralatan pengatur lalu lintas seperti rambu-rambu lampu pengatur lalu-lintas dan penerangan jalan.

5. Memberikan tempat perlindungan bagi pejalan kaki sehingga bisa menyeberangi dua jalur sekaligus.
6. Mengurangi efek silau sorotan lampu dan turbulensi udara dari arus lalu lintas berlawanan.
7. Mengakomodasi perbedaan ketinggian antara dua jalur lalu lintas
8. Menjadi dinding pengaman (safety barrier)
9. Untuk menjadi daerah henti darurat pada jalan yang memiliki tiga atau lebih lajur lalu lintas di setiap jalurnya.
10. Memberikan area pengendalian kembali terhadap kendaraan yang tak terkendali
11. Mencadangkan ruang jalan untuk peningkatan (penambahan lajur) di masa yang akan datang.



Gambar 2.4 Penampang melintang median tipikal
(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

Penggolongan tipe median jalan sehubungan dengan topografi daerah yang dilewati jalan berdasarkan kemiringan melintang yang tegak lurus pada sumbu segmen jalan.

Tabel 2.10 Ketentuan tipe median

Tipe medan jalan	Notasi	Kemiringan melintang (%)
Datar	D	< 10
Bukit	B	10 – 25
Gunung	G	> 25

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021)

2.2. Kapasitas Jalan

2.2.1. Hambatan Samping

Menurut Oglesby dalam Alamsyah (2008) salah satu faktor yang dapat mempengaruhi penurunan kapasitas adalah adanya lajur lalu lintas dan bahu jalan yang sempit atau halangan lainnya pada kebebasan samping. Hambatan samping adalah interaksi antara arus lalu-lintas dan kegiatan samping jalan yang mengakibatkan menurunnya arus jenuh, dalam pendekatan yang bersangkutan (PKJI, 2014). Khususnya di Indonesia terdapat banyak kegiatan baik yang bersifat kultural maupun aktivitas ekonomi dan sosial yang mengakibatkan terjadinya hambatan samping, selain aktivitas untuk perbaikan dan peningkatan jalan yang sering mengakibatkan konflik yang kadang-kadang sangat mempengaruhi arus lalu-lintas.

Penentuan hambatan samping ditentukan dari terganggu atau tidaknya pergerakan arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang, apakah terganggu atau berkurang akibat adanya aktivitas di sepanjang pendekat, (aktivitas perbaikan dan pembangunan jalan, naik turun penumpang, ataupun kegiatan ngetem angkutan umum, pejalan kaki, pedagang kaki lima di sepanjang

atau melintas pendekat, dan kendaraan yang keluar masuk samping pendekat). Hambatan samping dapat dikatakan rendah jika arus keberangkatan pendekat tidak terganggu oleh aktifitas-aktifitas tersebut.

Tabel 2.11 Faktor Penyesuaian untuk tipe lingkungan simpang, hambatan samping dan Kendaraan tak bermotor (Fhs)

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥0,25
Komerial (KOM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Permukiman (KIM)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86

Tabel 2.12 Faktor Penyesuaian untuk tipe lingkungan simpang, hambatan simpang dan Kendaraan tak bermotor (Fhs) (lanjutan)

Akses terbatas	Tinggi/	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
	Sedang/ Rendah	Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

(Sumber: Pedoman Konstruksi Jalan Indonesia, 2014)

Pengkategorian hambatan simpang ditetapkan menjadi tiga, yaitu tinggi, sedang, dan rendah, Masing-masing menunjukkan pengaruh aktivitas simpang jalan di daerah simpang terhadap arus lalu-lintas yang berangkat dari pendekat (PKJI, 2014).

Tabel 2.13 Kriteria Hambatan Simpang

Hambatan Simpang	Kriteria
Tinggi	arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang terganggu dan berkurang akibat aktivitas simpang jalan di sepanjang pendekat. Contoh, adanya aktivitas naik/turun penumpang atau ngetem angkutan umum, pejalan kaki dan atau pedagang kaki lima di sepanjang atau melintas pendekat, kendaraan keluar-masuk simpang pendekat
Sedang	arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang sedikit terganggu dan sedikit berkurang akibat aktivitas simpang jalan di sepanjang pendekat
Rendah	arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang tidak terganggu dan tidak berkurang oleh hambatan simpang

(Sumber: Pedoman Konstruksi Jalan Indonesia, 2014)

Tabel 2.14 Kelas Hambatan Samping (1)

Kelas Hambatan Samping	Frekuensi kejadian di kedua sisi jalan	Ciri-ciri khusus
Sangat rendah	< 50	Pedesaan: pertanian atau belum berkembang
Rendah	50 - 150	Pedesaan: beberapa bangunan dan kegiatan samping jalan
Sedang	150 - 250	Kampung: kegiatan permukiman
Tinggi	250 - 350	Kampung: beberapa kegiatan pasar
Sangat tinggi	> 350	Mendekati perkotaan: banyak pasar/kegiatan niaga

(Sumber: Pedoman Konstruksi Jalan Indonesia, 2014)

Hambatan samping merupakan hal yang sangat berpengaruh terhadap kapasitas dan kinerja jalan, sedangkan untuk kriteria hambatan samping sesuai dengan PKJI (2014) dibagi menjadi empat (4) bagian yaitu :

Tabel 2.15 Kelas Hambatan Samping (2)

Frekuensi berbobot dari kejadian di kedua sisi jalan	Kondisi khas	Kelas hambatan samping	
< 50	Pedalaman, pertanian atau tidak berkembang; tanpa kegiatan	Sangat rendah	SR
50 - 150	Pedalaman, beberapa bangunan dan kegiatan di samping jalan	Rendah	R
150 - 250	Desa, kegiatan dan angkutan lokal	Sedang	S
250 - 350	Desa, beberapa kegiatan pasar	Tinggi	T
> 350	Hampir perkotaan, pasar/kegiatan perdagangan	Sangat tinggi	ST

(Sumber: Pedoman Konstruksi Jalan Indonesia, 2014)

Hambatan samping adalah dampak terhadap kinerja lalu lintas dari aktivitas samping segmen jalan. Banyaknya aktifitas samping jalan sering menimbulkan berbagai konflik yang sangat besar pengaruhnya terhadap kelancaran lalu lintas. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kelas hambatan samping dengan frekuensi bobot per jam per 200 meter dari segmen jalan yang diamati, pada kedua sisi jalan seperti tabel berikut.

Tabel 2.16 Hambatan Samping

Tipe Kejadian Hambatan Samping	Simbol	Faktor Bobot
Pejalan kaki	PED	0,5
Kendaraan Parkir	PSV	1,0
Kendaraan masuk dan keluar sisi jalan	EEV	0,7
Kendaraan lambat	SMV	0,4

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 2017)

Untuk mengetahui kelas hambatan samping, maka tingkat hambatan samping telah dikelompokkan dalam 5 kelas dari yang sangat rendah sampai tinggi dan sangat tinggi.

Tabel 2.17 Nilai Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan Samping (SCF)	Kode	Jumlah kejadian per 200 m per jam	Kondisi Daerah
Sangat rendah	VL	<100	Daerah pemukiman; hampir tidak ada kegiatan
Rendah	L	100-299	Daerah pemukiman; berupa angkutan umum, dsb
Sedang	M	300-499	Daerah industri, beberapa toko di sisi jalan

Tabel 2.18 Nilai Kelas Hambatan Samping (lanjutan)

Tinggi	H	500-899	Daerah komersial; aktivitas sisi jalan yang sangat tinggi
Sangat tinggi	VH	>900	Daerah komersial; aktivitas pasar di samping jalan

(Sumber: Pedoman Konstruksi Jalan Indonesia, 2014)

Dalam menentukan nilai kelas hambatan samping digunakan rumus:

$$SCF = PED + PSV + EEV + SMV \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

- SFC = Kelas Hambatan samping
- PED = Frekuensi pejalan kaki
- PSV = Frekuensi bobot kendaraan parkir
- EEV = Frekuensi bobot kendaraan masuk/keluar sisi jalan
- SMV = Frekuensi bobot kendaraan lambat

1. Faktor Pejalan Kaki.

Aktivitas pejalan kaki merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai kelas hambatan samping, terutama pada daerah-daerah yang merupakan kegiatan masyarakat seperti pusat-pusat perbelanjaan. Banyak jumlah pejalan kaki yang menyebrang atau berjalan pada samping jalan dapat menyebabkan laju kendaraan menjadi terganggu. Hal ini semakin diperburuk oleh kurangnya kesadaran pejalan kaki untuk menggunakan fasilitas-fasilitas jalan yang tersedia, seperti trotoar dan tempat-tempat penyeberangan.

2. Faktor kendaraan parkir dan berhenti

Kurangnya tersedianya lahan parkir yang memadai bagi kendaraan dapat menyebabkan kendaraan parkir dan berhenti pada samping jalan. Pada daerah-daerah yang mempunyai tingkat kepadatan lalu lintas yang cukup tinggi, kendaraan parkir dan berhenti pada samping jalan dapat memberikan pengaruh terhadap kelancaran arus lalu lintas.

Kendaraan parkir dan berhenti pada samping jalan akan mempengaruhi kapasitas lebar jalan dimana kapasitas jalan akan semakin sempit karena pada samping jalan tersebut telah diisi oleh kendaraan parkir dan berhenti.

3. Faktor kendaraan masuk/keluar pada samping jalan

Banyaknya kendaraan masuk/keluar pada samping jalan sering menimbulkan berbagai konflik terhadap arus lalu lintas perkotaan. Pada daerah-daerah yang lalu lintasnya sangat padat disertai dengan aktivitas masyarakat yang cukup tinggi, kondisi ini sering menimbulkan masalah dalam kelancaran arus lalu lintas. Dimana arus lalu lintas yang melewati ruas jalan tersebut menjadi terganggu yang dapat mengakibatkan terjadinya kemacetan.

4. Faktor kendaraan lambat

Yang termasuk dalam kendaraan lambat adalah becak, gerobak dan sepeda. Laju kendaraan yang berjalan lambat pada suatu ruas jalan dapat mengganggu aktifitas-aktifitas kendaraan yang melewati

suatu ruas jalan. Oleh karena itu kendaraan lambat merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi tinggi rendahnya nilai kelas hambatan samping.

2.2.2. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan (atau mobil penumpang) yang melalui suatu titik tiap satuan waktu. Manfaat dari data informasi volume antara lain sebagai berikut (Alamsyah, 2008).

1. Nilai kepentingan relatif dari suatu rute
2. Fluktuasi dalam arus
3. Distribusi lalu lintas dalam sebuah sistem jalan
4. Kecenderungan pemakai jalan.

Data volume lalu lintas yang dihitung berdasarkan 2 kategori data, yaitu berdasarkan arah arus yang terdiri atas dua arah, satu arah, arus lurus, dan arus belok (kanan/kiri), serta berdasarkan jenis kendaraan antara lain mobil penumpang atau kendaraan ringan, truk besar, truk kecil, bus, angkutan kota, dan sepeda motor.

Pada umumnya kendaraan pada suatu ruas terdiri dari berbagai komposisi kendaraan, sehingga volume lalu lintas menjadi lebih praktis jika dinyatakan dalam jenis kendaraan standar, yaitu faktor ekuivalen mobil penumpang atau emp (ekivalen mobil penumpang). Waktu pengamatan survey lalu-lintas, seperti 15 menit, 1 jam atau 1 jam hijau (khusus pada persimpangan berlampu lalu lintas).

Volume jenuh merupakan volume yang hanya dikenal pada persimpangan berlampu lalu lintas, volume jenuh merupakan volume maksimum yang dapat melewati garis stop, setelah kendaraan mengantri pada saat lampu merah, kemudian bergerak ketika menerima lampu hijau.

2.2.3. Satuan Mobil Penumpang

Informasi tentang jenis kendaraan yang menggunakan ruas jalan merupakan faktor penting dalam perencanaan maupun evaluasi kinerja ruas jalan. Pencacahan terklasifikasi biasanya membedakan sampai 20 kelas kendaraan. Tergantung dari tujuannya, maka hasil dari survei klasifikasi kendaraan dapat dikombinasikan ke dalam kategori kelas kendaraan yang lebih diinginkan/disederhanakan. Kombinasi yang umumnya dipertimbangkan adalah:

1. Berat kendaraan, terutama beban sumbu. Hal ini berhubungan dengan desain konstruksi perkerasan dan penanganan jalan. Pembagiannya berdasarkan atas kendaraan ringan, sedang, dan berat.
2. Dimensi kendaraan untuk menentukan lebar jalur dan radius belokan
3. Karakteristik kendaraan (dimensi, kecepatan, percepatan, dan pengereman). Pembagiannya berdasarkan kendaraan tidak bermotor, bermotor kecil, sedang dan besar
4. Penggunaan kendaraan. Pengklasifikasiannya adalah angkutan pribadi, angkutan umum, dan angkutan barang.

Ekivalen mobil penumpang (emp) adalah faktor konversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan terhadap mobil penumpang atau kendaraan ringan

lainnya sehubungan dengan pengaruhnya pada perilaku lalu lintas campuran yang diukur dalam dimensi ruang dan waktu.

Satuan mobil penumpang (smp) adalah satuan yang menyatakan jumlah mobil penumpang yang di gantikan tempatnya oleh kendaraan jenis lain dalam kondisi jalan, lalu lintas dan pengawasan yang berlaku.

1. Kendaraan berat: Bus, Truk
2. Kendaraan ringan: Mobil pribadi, Pick Up, Angkot (MPU)
3. Kendaraan tidak bermotor: Becak, Gerobak, Sepeda

Tabel 2.19 Emp untuk Jalan Perkotaan tak - terbagi

Tipe Jalan: Jalan tak terbagi	Arus lalu lintas total dua arah (kend / jam)	Hv	emp	
			Mc	
			Lebar Jalur Lalu Lintas Wc (m)	
			≤ 6	> 6
Dua Lajur Tak Terbagi (2/2 UD)	0 ≥ 1800	1,3 1,2	0,5 0,35	0,4 0,25
Empat Lajur Tak Terbagi (4/2 UD)	0 ≥ 3700	1,3 1,2	0,4 0,25	

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 2017)

Tabel 2.20 Emp untuk Jalan Perkotaan terbagi dan satu arah

Tipe Jalan : Jalan satu arah dan jalan terbagi	Arus lalu lintas per lajur (kend / jam)	emp	
		Hv	Mc
Empat Lajur Tak Terbagi (2/1) Dan Empat lajur terbagi (4/2 UD)	0 ≥ 1050	1,3 1,2	0,4 0,25
Tiga lajur satu arah (3/1) Dan Enam lajur terbagi (6/2 D)	0 ≥ 1100	1,3 1,2	0,4 0,25

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 2017)

Satuan Mobil Penumpang (smp) Berdasarkan Peraturan MKJI:

1. Sepeda : 0.80
2. Mobil Penumpang : 1
3. Sepeda motor : 0.25
4. Truck Ringan (berat kotor < 5 ton) : 1.20
5. Truck Sedang > 5 ton : 1.20
6. Bus : 1.20
7. Truck Berat > 10 ton : 1.20

2.2.4. Arus Komposisi Lalu Lintas

Arus lalu lintas berinteraksi dalam sistem jaringan transportasi, jika arus lalu lintas meningkat pada ruas jalan tertentu, waktu tempuh pasti bertambah (karena kecepatan menurun). Arus maksimum yang dapat melewati suatu ruas jalan biasa disebut kapasitas ruas jalan tersebut. Arus maksimum yang dapat melewati suatu titik (biasanya pada persimpangan dengan lampu lalu lintas) biasa disebut arus jenuh (Tamin, 2012).

Tabel 2.21 Parameter untuk beberapa jenis jalan

Kondisi	T_Q (menit/mil)	a	Arus Jenuh (kendaraan/hari)
Jalan bebas hambatan	0,8 - 1,0	0 - 0,2	2000 / lajur
Jalan perkotaan (banyak lajur)	1,5 - 2,0	0,4 - 0,6	1800 / lajur
Jalan kolektor dan pengumpan	2,0 - 3,0	1,0 - 1,5	1800 / total lebar

(Sumber:Tamin, 2012)

Disini, nilai arus lalu lintas (Q) mencerminkan komposisi lalu-lintas, dengan menyatakan arus dalam satuan mobil penumpang (smp). Semua nilai arus lalu-lintas (perarah dan total) diubah menjadi satuan mobil penumpang

(smp) dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang (smp) yang diturunkan secara empiris untuk tipe kendaraan berikut:

1. Kendaraan ringan (LV) (termasuk mobil penumpang, minibus, truk pick-up dan jeep)
2. Kendaraan berat (HV) (termasuk truk dan bus)
3. Sepeda motor (MC)

Pengaruh kendaraan tak bermotor dimasukkan sebagai kejadian terpisah dalam faktor penyesuaian hambatan samping. Ekivalensi mobil penumpang (emp) untuk masing-masing tipe kendaraan tergantung pada tipe jalan dan arus lalu lintas total yang dinyatakan dalam kendaraan/jam.

2.2.5. Kapasitas

Kapasitas dari suatu fasilitas adalah jumlah per jam maksimum dimana orang atau kendaraan diperkirakan akan melintas sebuah titik atau ruas jalan selama periode waktu tertentu pada kondisi jalan, lalu lintas dan pengendalian biasa (TRB, 2000). Menurut PKJI (2014), kapasitas ruas jalan didefinisikan sebagai arus lalu lintas maksimum yang dapat melintas dengan stabil pada suatu potongan melintang jalan pada keadaan (geometric, pemisahan arah, komposisi lalu lintas, lingkungan) tertentu. Untuk jalan dua lajur dua arah, kapasitas ditentukan untuk arus dua arah (kombinasi dua arah), tetapi untuk jalan dengan banyak jalur, arus dipisahkan per arah dan kapasitas ditentukan per lajur (Alamsyah, 2008).

Kapasitas merupakan ukuran kinerja pada kondisi yang bervariasi dapat diterapkan pada kondisi tertentu atau pada suatu jaringan jalan yang sangat kompleks/ Kapasitas Dasar merupakan kemampuan suatu segmen dalam menyalurkan kendaraan yang dinyatakan dalam satuan skr/jam untuk suatu kondisi jalan tertentu mencakup geometric, pola arus lalu lintas, dan factor lingkungan.

Penetapan kapasitas jalan, kapasitas dasar dan penyesuaian didasarkan pada PKJI 2014 dijabarkan sebagai berikut.

1. Penetapan Kapasitas (C)

Untuk tipe jalan 2/2TT, C ditentukan untuk total arus dua arah. Untuk jalan dengan tipe 4/2T, 6/2T, dan 8/2T, arus ditentukan secara terpisah per arah dan kapasitas ditentukan per lajur. Kapasitas segmen dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2.

$$C = C_0 \times FC_{LJ} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

C = kapasitas, skr/jam

C₀ = kapasitas dasar, skr/jam

FC_{LJ} = faktor penyesuaian kapasitas terkait lebar lajur atau jalur lalu lintas

FC_{PA} = faktor penyesuaian kapasitas terkait pemisahan arah, hanya pada jalan tak terbagi

FC_{HS} = faktor penyesuaian kapasitas terkait KHS pada jalan berbahu atau berkereb

FC_{UK} = faktor penyesuaian kapasitas terkait ukuran kota

2. Kapasitas dasar (C_0)

C_0 ditetapkan secara empiris dari kondisi segmen jalan yang ideal, yaitu Jalan dengan kondisi geometrik lurus sepanjang 300 m, dengan lebar lajur rata-rata 2,75m, memiliki kereb atau bahu berpenutup, ukuran kota 1-3 juta jiwa, dan hambatan samping sedang. C_0 Jalan Perkotaan ditunjukkan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2.22 Kecepatan arus bebas dasar

Tipe Jalan	V_{B0} , km/jam			
	KR	KB	SM	Rata-rata semua kendaraan
6/2 T atau 3/1	61	52	48	57
4/2 T atau 2/1	57	50	47	55
2/2 TT	44	40	40	42

(Sumber: Pedoman Konstruksi Jalan Indonesia (PKJI), 2014)

3. Faktor penyesuaian (FC)

Nilai C_0 disesuaikan dengan perbedaan lebar lajur atau jalur lalu lintas (FC_{LJ}), pemisahan arah (FC_{PA}), kelas hambatan samping pada jalan berbahu (FC_{HS}), dan ukuran kota (FC_{UK}).

Tabel 2.23 Nilai penyesuaian kecepatan arus bebas dasar akibat lebar jalur lalu lintas efektif

Tipe Jalan	Lebar jalur efektif, L_o (m)		$V_{B,L}$ (km/jam)
4/2T atau jalan satu arah	Per Lajur:	3,00	-4
		3,25	-2
		3,50	0
		3,75	2
		4,00	4
2/2TT	Per Lajur:	5,00	-9,50
		6,00	-3
		7,00	0
		8,00	3
		9,00	4
		10,00	6
		11,00	7

(Sumber: Pedoman Konstruksi Jalan Indonesia (PKJI), 2014)

Tabel 2.24 Faktor penyesuaian kecepatan arus bebas dasar akibat hambatan samping untuk jalan berbahu dengan lebar efektif

Tipe Jalan	KHS	FV_{BHS}			
		L_{BE} (m)			
		$\leq 0,5$ m	1,0 m	1,5 m	≥ 2 m
4/2T	Sangat rendah	1,02	1,03	1,03	1,04
	Rendah	0,98	1,00	1,02	1,03
	Sedang	0,94	0,97	1,00	1,02
	Tinggi	0,89	0,93	0,96	0,99
	Sangat Tinggi	0,84	0,88	0,92	0,96

Tabel 2.25 Faktor penyesuaian kecepatan arus bebas dasar akibat hambatan samping untuk jalan berbahu dengan lebar efektif (lanjutan)

2/2TT atau jalan satu arah	Sangat rendah	1,00	1,01	1,01	1,01
	Rendah	0,96	0,98	0,99	1,00
	Sedang	0,90	0,93	0,96	0,99
	Tinggi	0,82	0,86	0,90	0,95
	Sangat Tinggi	0,73	0,79	0,85	0,91

(Sumber: Pedoman Konstruksi Jalan Indonesia (PKJI), 2014)

Untuk Kabupaten Muaro Jambi dengan jumlah penduduk 490 ribu jiwa (BPS, 2022), besar nilai masing-masing FC ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 2.26 Faktor penyesuaian untuk pengaruh ukuran kota pada kecepatan arus bebas kendaraan ringan

Ukuran kota (juta penduduk)	Faktor penyesuaian ukuran kota, FV_{UK}
< 0,1	0,90
0,1 - 0,5	0,93
0,5 - 1,0	0,95
1,0 - 3,0	1,00
> 3,0	1,03

(Sumber: Pedoman Konstruksi Jalan Indonesia (PKJI), 2014)

Untuk segmen ruas jalan eksisting, jika kondisinya sama dengan kondisi dasar (ideal), maka semua faktor penyesuaian menjadi 1,0 dan kapasitas menjadi sama dengan kapasitas dasar. FC_{HS} untuk jalan 6-lajur dapat ditentukan dengan menggunakan nilai FC_{HS} untuk jalan 4/2T yang dihitung menggunakan persamaan 2.3.

$$FC_{6HS} = 1 - \{0,8 \times (1 - FC_{4HS})\} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

FC_{6HS} = faktor penyesuaian kapasitas untuk jalan enam-lajur

FC_{4HS} = faktor penyesuaian kapasitas untuk jalan empat-lajur

Tabel 2.27 Faktor penyesuaian kapasitas akibat perbedaan lebar lajur atau jalur lalu lintas

Tipe Jalan	Lebar jalur lalu lintas efektif (W_C) (m)	$V_{B,L}$ (km/jam)
4/2T atau jalan satu arah	Per Lajur:	
	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
2/2TT	4,00	1,08
	5,00	0,56
	6,00	0,87
	7,00	1,00
	8,00	1,14
	9,00	1,25
	10,00	1,29
11,00	1,34	

(Sumber: Pedoman Konstruksi Jalan Indonesia PKJI, 2014)

Tabel 2.28 Kapasitas dasar

Tipe jalan	C_0 (skr/jam)	Catatan
4/2T atau jalan satu arah	1650	Per lajur (satu arah)
2/2 TT	2900	Per lajur (dua arah)

(Sumber: Pedoman Konstruksi Jalan Indonesia (PKJI), 2014)

Tabel 2.29 Faktor penyesuaian kapasitas terkait pemisahan arah lalu lintas

Pemisahan arah	PA (%-%)	50-50	55- Concr ete	60-40	65-35	70-30
FC_{PA}	2/2TT	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88

(Sumber: Pedoman Konstruksi Jalan Indonesia (PKJI), 2014)

Tabel 2.30 Faktor penyesuaian kapasitas akibat KHS pada jalan berkereb

Tipe Jalan	KHS	FC_{HS}			
		Jarak: kereb ke penghalang terdekat L_{KP} (m)			
		$\leq 0,5$ m	1,0 m	1,5 m	≥ 2 m
4/2T	SR	0,95	0,97	0,99	1,01
	R	0,94	0,96	0,98	1,00
	S	0,91	0,93	0,95	0,98
	T	0,86	0,89	0,92	0,95
	ST	0,81	0,85	0,88	0,92
2/2TT atau jalan satu arah	SR	0,93	0,95	0,97	0,99
	R	0,90	0,92	0,95	0,97
	S	0,86	0,88	0,91	0,94
	T	0,78	0,81	0,84	0,88
	ST	0,68	0,72	0,77	0,82

(Sumber: Pedoman Konstruksi Jalan Indonesia (PKJI), 2014)

Tabel 2.31 Faktor penyesuaian kapasitas terkait ukuran kota

Ukuran kota (juta penduduk)	Faktor penyesuaian ukuran kota, FC_{UK}
< 0,1	0,86
0,1 - 0,5	0,90
0,5 - 1,0	0,94

1,0 - 3,0	1,00
> 3,0	1,04

(Sumber: Pedoman Konstruksi Jalan Indonesia (PKJI), 2014)

2.2.6. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai ratio volume (Q) terhadap kapasitas (C), digunakan sebagai faktor kunci dalam menentukan perilaku lalu lintas pada suatu ruas jalan (Alamsyah, 2008).

Menurut PKJI (2014) D_j adalah ukuran utama yang digunakan untuk menentukan tingkat kinerja segmen jalan. Nilai D_j menunjukkan kualitas kinerja arus lalu lintas dan bervariasi antara nol sampai dengan satu. Nilai yang mendekati nol menunjukkan arus yang tidak jenuh yaitu kondisi arus yang lengang dimana kehadiran kendaraan lain tidak mempengaruhi kendaraan yang lainnya. Nilai yang mendekati 1 menunjukkan kondisi arus pada kondisi kapasitas, kepadatan arus sedang dengan kecepatan arus tertentu yang dapat dipertahankan selama paling tidak satu jam. D_j dihitung menggunakan persamaan di bawah ini.

$$D_j = \frac{Q}{C} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

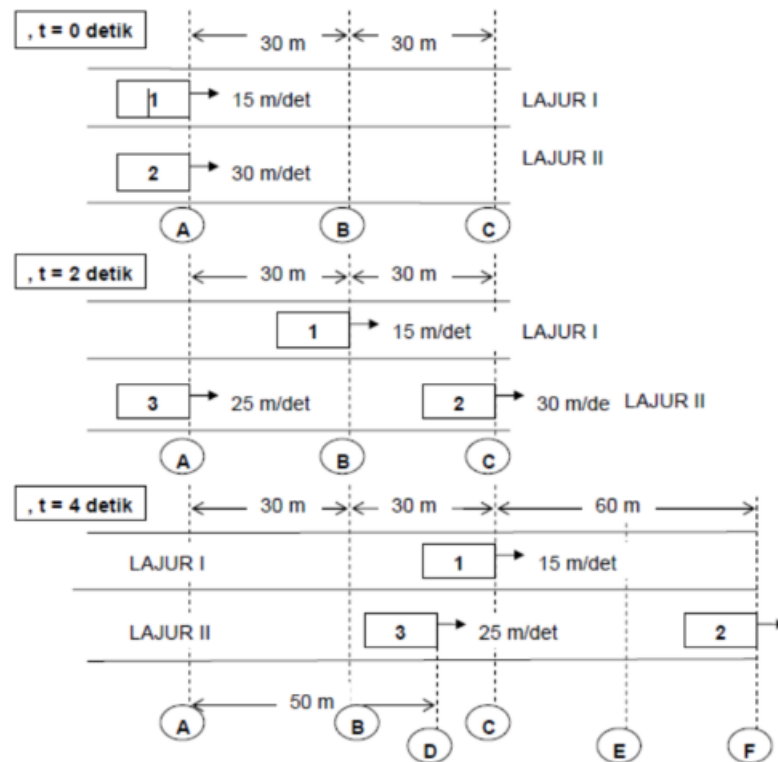
D_j = derajat kejenuhan

Q = arus lalu lintas, skr/jam

C = kapasitas, skr/jam

2.2.7. Kecepatan

Menurut Roess (2004) kecepatan adalah jarak tempuh kendaraan dibagi waktu tempuhnya. Sementara itu menurut Tamin (2008) kecepatan lalu lintas adalah suatu besaran yang dinyatakan dengan notasi S yaitu jarak yang dapat ditempuh oleh sebuah kendaraan dalam suatu waktu tertentu, biasanya dalam satuan km/jam. Kecepatan menentukan jarak yang dapat dijalan oleh pengemudi kendaraan dalam waktu tertentu. Pemakai kendaraan dapat menaikkan kecepatan untuk memperpendek waktu perjalanan, atau memperpanjang perjalanan. Nilai perubahan kecepatan adalah nendasar, tidak hanya untuk berangkat atau berhenti tetapi juga untuk seluruh arus lalu lintas yang dilalui.



Gambar 2. 5 Ilustrasi pengamatan lalu lintas
(Sumber: Suthanaya, 2022)

Kecepatan adalah rasio jarak yang dijalan dengan waktu perjalanan hubungan yang ada adalah:

$$V = S / T \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

V = Kecepatan perjalanan (km/jam)

S = Jarak perjalanan (km)

T = Waktu perjalanan (jam)

Penurunan waktu perjalanan yang paling tajam terjadi pada kecepatan rendah, (Alamsyah,2012), klasifikasi nilai kecepatan adalah sebagai berikut:

1. *Speed* adalah nilai ukuran kendaraan lalu lintas atau komponen lalu lintas tertentu yang dinyatakan dalam km/jam.
2. Kecepatan sesaat (*Spot speed*) adalah kecepatan kendaraan pada saat melewati satu titik tertentu pada jalan raya. (Suthanaya,2022)

$$S_i = \frac{L}{t_2 - t_1} \dots \dots \dots (2.6)$$

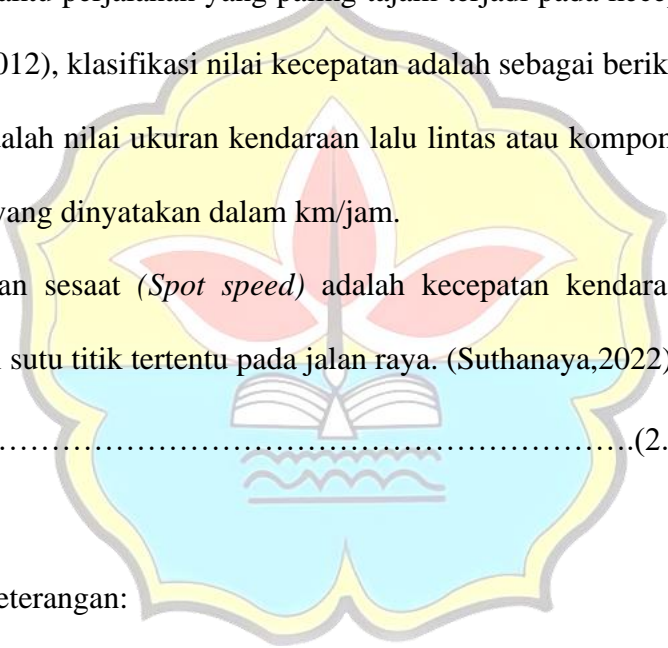
Keterangan:

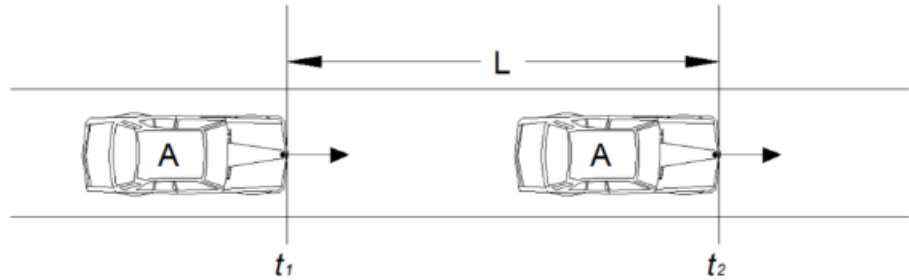
S_T = kecepatan

L = jarak tempuh, km

t_1 = waktu tempuh pada kondisi awal

t_2 = waktu pada saat tertentu





Gambar 2.6 Penjelasan tentang kecepatan lalu lintas
(Sumber: Tamin, 2008)

Spot speed biasanya dikur dengan menggunakan alat yang disebut dengan radar -gun.



Gambar 2.7 Speed gun
(Sumber: Maaju mapan mandiri, 2023)

- Kecepatan rerata waktu (*Time mean speed*) adalah kecepatan rata-rata aritmatik dari kecepatan sesaat (spot speed) dengan persamaan sebagai berikut:

S_T =

$$\frac{\sum_{i=1}^n S_i}{N}$$

.....(2.7)

Keterangan:

S_t = kecepatan rerata waktu dalam satuan jarak/waktu

S_i = kecepatan sesaat (*spot speed*)

N = Jumlah kendaraan yang diamati

4. Kecepatan rata-rata ruang (*Space mean speed*) dihitung dipengaruhi oleh lama waktu kendaraan berada pada panjang ruas jalan tertentu atau berada pada ruang jalan.

$$S_s = \frac{l}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i}$$

Ket :

S_s = Kecepatan rerata ruang

l = panjang ruas jalan

t_i = selang interval waktu

N = jumlah kendaraan

5. *Running speed* adalah kecepatan pada panjang bagian jalan yang ditentukan, yaitu sebagai jarak dibagi waktu berjalan, adalah di dapat dari hasil jumlah jarak semua kendaraan dibagi jumlah waktu kendaraan berjalan

6. *Overall travel speed* kecepatan pada bagian jalan yang ditentukan itu sebagai jarak total yang dijalani dibagi total waktu yang diperlukan, termasuk berhenti dan tertunda pada perjalanan.
7. *Operating speed* adalah *overall speed* yang tertinggi (tidak termasuk berhenti) dimana pengemudi dapat berjalan di jalan yang ada di bawah kondisi cuaca yang baik dan kondisi lalu lintas yang menguntungkan.
8. *Design speed* adalah kecepatan yang dipilih /dintentukan untuk keperluan perancangan/design dan korelasi terhadap bentuk jalan raya, seperti kelengkungan, superelevasi dan jarak, pandangan, keadaan dimana kecepatan yang aman tergantung pada bentuk fisik jalan raya.
9. *Free flow speed* adalah Kecepatan arus bebas (FV) didefinisikan sebagai kecepatan pada tingkat arus nol, yaitu kecepatan yang akan dipilih pengemudi jika mengendarai kendaraan bermotor tanpa dipengaruhi oleh kendaraan bermotor lain di jalan (Alamsyah, 2008).
10. *Floating car methode dan moving car observer* adalah survey kecepatan dengan mengikuti pergerakan kendaraan-kendaraan yang berada di suatu ruas jalan. Pada floating car methode jumlah kendaraan yang mendahului kendaraan survey relatif sama. sementara *moving car observer* adalah survey kecepatan kendaraan lebih valid yang disertai perhitungan volume lalu lintas dua arah, jumlah kendaraan yang mendahului dan didahului kendaraan survey serta waktu tempuhnya.

Tabel 2. 32 Perhitungan Moving Car Observer

Arah kendaraan survei Ke Utara	Waktu (menit)	Jumlah kendaraan berlawanan arah dengan kend survei	Kendaraan yang mendahului kendaraan survei	Kendaraan yang didahului kendaraan survei
	4,56	232	11	27
	4,55	334	17	31
	3,85	281	4	43
	3,75	261	7	32
	3,22	237	6	45
	3,05	244	4	36
Rerata	3,83	264,8	8,167	35,67
selisih			- 27,503	

(Sumber: Rekayasa dan Manajemen Lalu lintas, 2014)

Arah kendaraan survei ke selatan	Waktu (menit)	Jumlah kendaran berlawanan arah dengan kend. survei	Kendaraan yang mendahului kendaraan survei	Kendaraan yang didahului kendaraan survei
	4,35	199	24	49
	3,92	239	39	35
	3,55	213	17	58
	3,8	201	1	51
	3,03	197	3	62
	3,18	218	1	85
Rerata	3,64	211,167	14,167	56,67
selisih			- 42,503	

(Sumber: Rekayasa dan Manajemen Lalu lintas, 2014)

$$q = (x + y) / (a + w)$$

$$t = w - (y / q)$$

dengan

q : arus (volume) searah kendaraan survei

x : arus arah berlawanan

y : selisih arus mendahului dan didahului

w : rata-rata perjalanan searah

a : rata-rata perjalanan berlawanan arah

t : waktu rata-rata

Arah Utara

$$q = (211,167) + (-27,503) / (3,64 + 3,83) = 24,59 \text{ kend per meni}$$

$$t = w - (y / q) = 3,83 - (-27,503 / 24,59) = 4,948 \text{ menit}$$

$$\text{Kecepatan} = 2,5 \text{ km} \cdot 60 / 4,948 = 30,315 \text{ km/jam}$$

Arah Selatan

$$q = (264,8) + (-42,503) / (3,64 + 3,83) = 29,76 \text{ kend per menit}$$

$$t = w - (y / q) = 3,83 - (-42,503 / 29,76) = 5,258 \text{ menit}$$

$$\text{Kecepatan} = 2,5 \text{ km} \cdot 60 / 5,258 = 28,528 \text{ km/jam}$$

11. Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan arus bebas (FV) didefinisikan sebagai kecepatan pada tingkat arus nol, yaitu kecepatan yang akan dipilih pengemudi jika mengendarai kendaraan bermotor tanpa dipengaruhi oleh kendaraan bermotor lain di jalan (Alamsyah, 2008).

Kecepatan arus bebas telah diamati melalui pengumpulan data lapangan, dimana hubungan antara kecepatan arus bebas dengan kondisi geometrik dan lingkungan telah ditentukan dengan metode regresi. Kecepatan arus bebas untuk kendaraan ringan telah dipilih sebagai kriteria dasar untuk kinerja segmen jalan pada arus = 0. Kecepatan arus bebas untuk kendaraan berat dan sepeda motor juga

diberikan sebagai rujukan. Kecepatan arus bebas untuk satuan mobil penumpang biasanya 10-15 % lebih tinggi dari tipe kendaraan ringan lain.

Persamaan untuk menentukan kecepatan arus bebas mempunyai bentuk umum berikut:

$$FV = (Fv_o + FV_w) \times FFV_{sf} \times FFV_{cs} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

FV = Kecepatan arus bebas kendaraan ringan untuk kondisi sesungguhnya (km/jam)

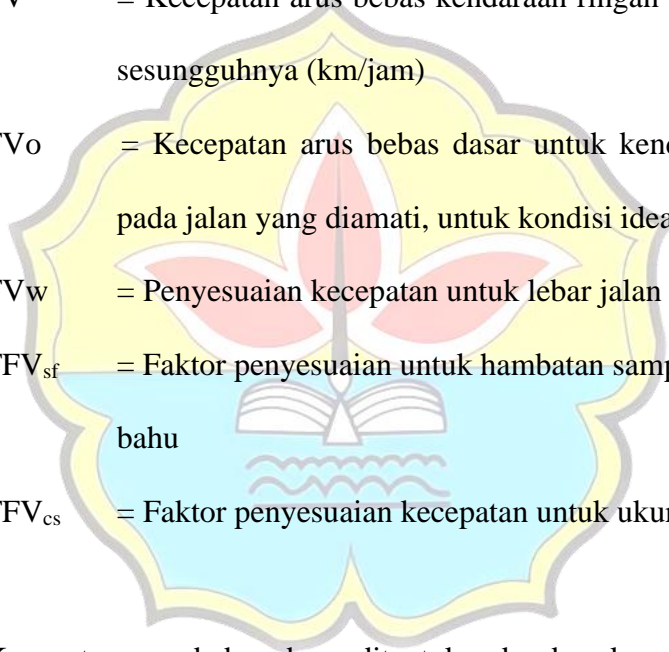
FV_o = Kecepatan arus bebas dasar untuk kendaraan ringan pada jalan yang diamati, untuk kondisi ideal.

FV_w = Penyesuaian kecepatan untuk lebar jalan (km/jam)

FFV_{sf} = Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu

FFV_{cs} = Faktor penyesuaian kecepatan untuk ukuran kota.

Kecepatan arus bebas dasar ditentukan berdasarkan tipe jalan dan jenis kendaraan seperti pada tabel di bawah ini.



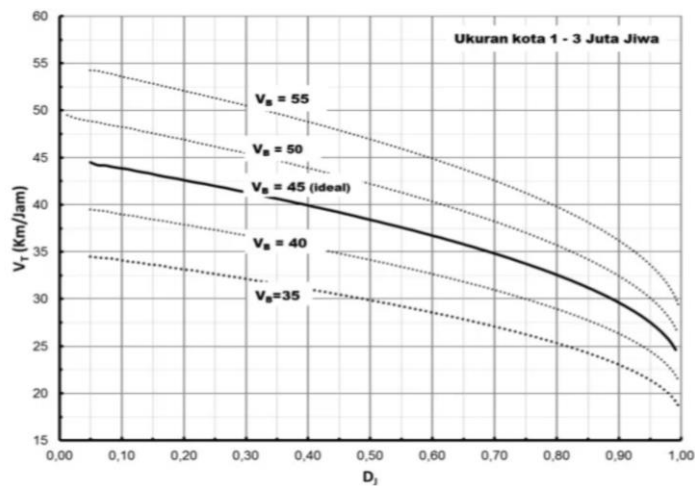
Tabel 2.33 Kecepatan Arus Bebas Dasar

Tipe jalan	Kecepatan arus bebas dasar (FV_0)			
	Kendaraan ringan	Kendaraan berat	Sepeda motor	Semua jenis kendaraan (rata-rata)
Jalur 6 lajur berpembatas median (6/2D) atau jalan 3 lajur satu arah (3/1)	61	52	48	57
Jalan 4 lajur berpembatas median (4/2D) atau jalan 2 lajur satu arah (2/1)	57	50	47	55
Jalan 4 lajur tanpa pembatas median (4/2UD)	53	46	43	51
Jalan 2 lajur tanpa pembatas median (2/2UD)	44	40	40	42

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

12. Kecepatan tempuh (V_T)

Kecepatan tempuh (V_T) merupakan kecepatan aktual kendaraan yang besarnya ditentukan berdasarkan fungsi dari D_J dan V_B yang telah ditentukan. Penentuan besar V_T dilakukan dengan menggunakan diagram dalam gambar berikut untuk jalan sedang.



Gambar 2.8 Hubungan V_T dengan D_J
 (Sumber: Pedoman Konstruksi Jalan Indonesia (PKJI), 2014)

13. Waktu tempuh (W_T)

Waktu tempuh (W_T) dapat diketahui berdasarkan nilai V_T dalam menempuh segmen ruas jalan yang dianalisis sepanjang L , persamaan 2/6 menggambarkan hubungan antara W_T , L dan V_T .

$$W_T = \frac{L}{V_T} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

W_T = waktu tempuh rata-rata kendaraan ringan, jam

L = Panjang segmen, km

V_T = kecepatan tempuh kendaraan ringan atau kecepatan rata-rata ruang kendaraan ringan (*space mean speed, sms*), km/jam

2.2.8. Kinerja Lalu Lintas Jalan

Kriteria kinerja lalu lintas dapat ditentukan berdasarkan nilai D_J atau V_T pada suatu kondisi jalan tertentu terkait dengan geometrik, arus lalu lintas, dan

lingkungan jalan baik untuk kondisi eksisting maupun untuk kondisi desain. Semakin besar nilai D_J atau semakin tinggi V_T menunjukkan semakin baik kinerja lalu lintas.

Untuk memenuhi kinerja lalu lintas yang diharapkan, diperlukan beberapa alternatif perbaikan atau perubahan jalan terutama geometrik. Persyaratan teknis jalan menetapkan bahwa untuk jalan arteri dan kolektor jika D_J sudah mencapai 0,85, maka segmen jalan tersebut sudah harus dipertimbangkan untuk ditingkatkan kapasitasnya, misalnya dengan menambah lajur jalan. Untuk jalan lokal, jika D_J sudah mencapai 0,90, maka segmen jalan tersebut sudah harus dipertimbangkan untuk ditingkatkan kapasitasnya.

Cara lain untuk menilai kinerja lalu lintas adalah dengan melihat D_J eksisting yang dibandingkan dengan D_J desain sesuai umur pelayanan yang diinginkan. Jika D_J desain terlampaui oleh D_J eksisting, maka perlu untuk merubah dimensi penampang melintang jalan untuk meningkatkan kapasitasnya. Perlu diperhatikan bahwa untuk jalan terbagi, penilaian kinerja harus dikerjakan setelah mengevaluasi setiap arah, kemudian barulah dievaluasi secara keseluruhan.

Tabel 2.34 Kondisi dasar untuk menetapkan kecepatan arus bebas dasar dan kapasitas dasar

No	Uraian	Spesifikasi penyediaan prasarana jalan			
		Jalan sedang	Jalan Raya	Jalan Raya	Jalan Satu-arah tipe
		type 2/2TT	tipe 4/2T	tipe 6/2T	1/1, 2/1, 3/1
1	Lebar Jalur lalu lintas, m	7,0	4x3,5	6x3,5	2x3,5

Tabel 2.35 Kondisi dasar untuk menetapkan kecepatan arus bebas dasar dan kapasitas dasar (lanjutan)

2	Lebar Bahu efektif di kedua sisi, m	1,5	Tanpa bahu, tetapi dilengkapi kereb di kedua sisinya		2,0
3	Jarak terdekat kereb ke penghalang, m	-	2,0	2,0	2,0
4	Median	Tidak ada	Ada, tanpa bukaan	Ada, tanpa bukaan	-
5	Pemisahan arah, %	50-50	50-50	50-50	-
No	Uraian	Spesifikasi penyediaan prasarana jalan			
		Jalan sedang	Jalan Raya	Jalan Raya	Jalan Satu-arah tipe
		type 2/2TT	tipe 4/2T	tipe 6/2T	1/1, 2/1, 3/1
6	Kelas Hambatan Samping	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
7	Ukuran kota, Juta jiwa	1,0-3,0	1,0-3,0	1,0-3,0	1,0-3,0
8	Tipe alinemen jalan	Datar	Datar	Datar	Datar
9	Komposisi KR:KB:SM %	60%:8%:32 %	60%:8%:32 %	60%:8%:32 %	60%:8%:32 %
10	Faktor-k	0,08	0,08	0,08	

(Sumber: Pedoman Konstruksi Jalan Indonesia (PKJI), 2014)

Tabel di atas dapat digunakan untuk memperkirakan kinerja lalu lintas pada berbagai tipe jalan dengan LHRT atau q_{JP} tertentu. Interpolasi linier dapat dilakukan untuk nilai arus yang terletak diantara dua nilai. Selain itu, tabel tersebut juga dapat memperkirakan arus lalu lintas yang dapat ditampung oleh berbagai tipe jalan dalam batas derajat kejenuhan dan kecepatan yang diijinkan.

Jika anggapan dasar mengenai faktor-k dan komposisi lalu lintas tidak sesuai dengan kondisi yang diamati, maka tabel di atas masih dapat digunakan dengan menghitung q_{JP} yang disesuaikan. Langkah perhitungan yang diperlukan adalah sebagai berikut.

1. Hitung q_{JP}
2. Hitung Faktor skr untuk mengubah kend/jam menjadi skr/jam dengan menggunakan komposisi lalu lintas dan ekr sebagai berikut:

Kondisi eksisting:

$$P_{ek} = \frac{KR_{ek} + KB_{ek} \times ekr_{KB} + SM_{ek} \times ekr_{SM}}{100} \dots \dots \dots (2.8)$$

Anggapan kondisi standar:

$$P_{as} = \frac{KR_{as} + KB_{as} \times ekr_{KB} + SM_{as} \times ekr_{SM}}{100} \dots \dots \dots (2.9)$$

3. Hitung arus lalu lintas jam desain yang disesuaikan (q_{JP} -disesuaikan) dalam kend/jam:

$$q_{JP-disesuaikan} = k \times LHRT \times \frac{P_{ek}}{P_{as}} \text{ (kend/jam)} \dots \dots \dots (2.10)$$

4. Gunakan nilai q_{JP} -disesuaikan untuk perhitungan kinerja lalu lintas dan gunakan tabel di atas.

Jika kondisi aktual sangat berbeda dari kondisi anggapan dasar, maka nilai dasar yang diperlukan untuk dapat menggunakan tabel tersebut adalah mengubah LHRT menjadi q_{JP} . Tipikal perbedaan dalam analisis operasional adalah jika arus lalu lintas yang diperkirakan sangat berbeda dengan anggapan ideal, misalnya karena nilai faktor k yang berbeda, komposisi arus lalu lintas yang berlainan, atau pemisahan arah yang berlainan atau jika lebar jalur lalu

lintas untuk segmen yang dianalisis sangat berbeda dengan anggapan kondisi dasar.

2.2.9. Hubungan Antara Kecepatan Arus dan Kerapatan

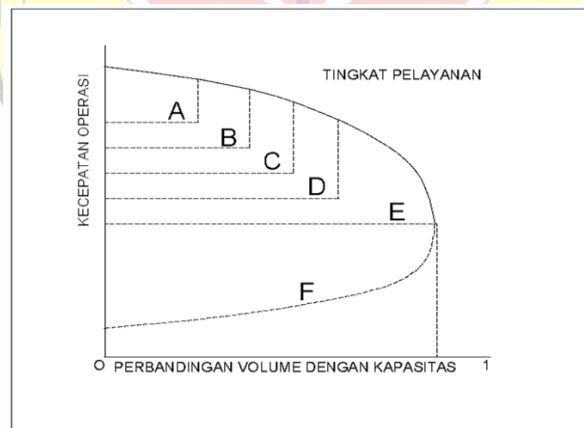
Prinsip dasar analisa kapasitas segmen jalan adalah kecepatan berkurang jika arus bertambah. Pengurangan kecepatan akibat penambahan arus adalah kecil pada arus rendah tetapi lebih besar pada arus yang lebih tinggi. Dekat kapasitas, penambahan arus yang sedikit akan menghasilkan pengurangan kecepatan yang besar. Untuk setiap tipe jalan, kurva standar untuk tipe jalan tersebut telah ditentukan berdasarkan data empiris. Analisis tingkat kinerja lalu-lintas kemudian dilakukan sebagai berikut:

1. Penentuan kecepatan arus bebas dan kapasitas untuk kondisi dasar tertentu untuk setiap tipe jalan.
2. Perhitungan kecepatan arus bebas dan kapasitas untuk kondisi jalan sesungguhnya dengan menggunakan tabel berisi faktor penyesuaian yang ditentukan secara empiris menurut perbedaan antara karakteristik dasar dan sesungguhnya dari geometrik, lalu-lintas dan lingkungan jalan yang diamati.
3. Penentuan kecepatan sesungguhnya dari kurva umum kecepatan- arus untuk kecepatan arus bebas yang berbeda pada sumbu-y, dimana arus dinyatakan dengan derajat kejenuhan (DS) pada sumbu X.

2.2.10. Tingkat Pelayanan (*Level Of Service* - LoS)

Tingkat pelayanan (LoS) yaitu ukuran kualitatif yang mencerminkan persepsi pengemudi tentang kualitas mengendarai kendaraan. Tingkat pelayanan (LoS) berhubungan dengan ukuran kuantitatif, seperti kerapatan atau persen waktu tundaan. Dalam hal ini kecepatan dan derajat kejenuhan digunakan sebagai indikator perilaku lalu lintas. Kondisi lalu lintas yang masih dapat dikatakan normal, yaitu ketika derajat kejenuhan tidak melebihi nilai yang dapat diterima (biasanya 0,75). Jika arus lalu lintas mendekati kapasitas (derajat kejenuhan $> 0,8$). Kondisi arus pada saat itu mengalami tundaan (kemacetan).

Highway Capacity Manual mengilustrasikan enam buah tingkat pelayanan dengan gambar sebagai berikut:



Gambar 2.9 Grafik Tingkat Pelayanan

1. Tingkat pelayanan A – arus bebas: 0,00 - 0,20
2. Tingkat pelayanan B – arus stabil (merancang jalan antar kota): 0,21 - 0,44

3. Tingkat pelayanan C – arus stabil (merancang jalan perkotaan): 0, Concrete - 0,74
4. Tingkat pelayanan D – arus mulai tidak stabil: 0,75 – 0,84
5. Tingkat pelayanan E – arus tidak stabil (tersendat sendat): 0,85 – 1,00

2.3. Manajemen Lalu Lintas

Manajemen lalu-lintas merupakan pekerjaan pengaturan lalu-lintas selama masa konstruksi yang harus dituangkan dalam rencana manajemen dan keselamatan lalu lintas. Manajemen lalu-lintas adalah pengelolaan dan pengendalian arus lalu-lintas dengan melakukan optimasi penggunaan prasarana yang ada, hal ini menyangkut kondisi lalu-lintas dan juga arus penunjangnya (Abu Bakar, 1995).

Manajemen lalu-lintas adalah suatu proses penggunaan dan pengaturan sistem jalan yang sudah ada dengan tujuan untuk memenuhi suatu tujuan tertentu tanpa perlu penambahan infrastruktur baru (Fakrurozy, 2000), manajemen lalu lintas dikelompokkan menjadi empat bagian :

1. Manajemen lalu-lintas dengan melakukan perubahan sistem jalan secara fisik, seperti perubahan pada layout pertemuan jalan, pengaturan kecepatan lalu-lintas dengan pengasaran permukaan jalan, pemasangan lampu lalu-lintas dan lainnya.
2. Manajemen lalu-lintas dengan melakukan perubahan sistem jalan secara non fisik, seperti ; pengaturan dengan lampu lalu lintas, sistem jalan satu arah, pengaturan waktu dan tempat untuk parkir, dan sebagainya.

3. Penyediaan informasi bagi pemakai jalan, seperti informasi mengenai arah, marka pembagian badan jalan, pemberian nama jalan, informasi.

2.4. *Rigid Pavement* (Perkerasan Kaku)

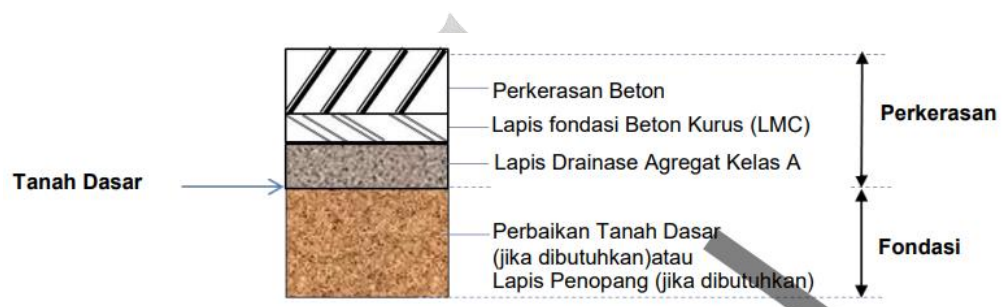
Perkerasan kaku atau *Rigid Pavement* adalah struktur perkerasan yang terdiri dari plat beton semen yang bersambungan (tidak menerus) dengan atau tanpa tulangan atau plat beton menerus dengan tulangan, yang terletak diatas lapis pondasi bawah, tanpa atau dengan aspal sebagai lapis permukaan. Rigid pavement merupakan suatu trend terbaru sebagai material jalan dimana konstruksi rigid pavement memiliki umur rencana lebih dari 40 tahun.

Tabel 2.36 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

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

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Perkerasan jalan beton semen Portland atau lebih sering disebut perkerasan kaku, atau juga disebut rigid pavement, terdiri dari pelat beton semen Portland dan lapisan pondasi (bisa juga tidak ada), diatas tanah dasar. Perkerasan jalan yang kaku memiliki modulus elastisitas yang tinggi, akan mendistribusikan beban terhadap bidang area tanah yang cukup luas, sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari slab beton sendiri. (Suryawan,2009).



Gambar 2.10 Perkerasan Kaku Pada Permukaan Tanah Asli (at Grade)
(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Discounted life cycle cost perkerasan kaku umumnya lebih rendah untuk jalan dengan beban lalu lintas lebih dari 30 juta ESAL 4. Pada kondisi tertentu perkerasan kaku dapat dipertimbangkan untuk jalan perkotaan dan pedesaan.

Keuntungan perkerasan kaku adalah:

- Perkerasan kaku cenderung lebih tipis kecuali untuk area tanah lunak.
- Pelaksanaan konstruksi dan pengendalian mutu lebih mudah.
- Biaya pemeliharaan lebih rendah jika mutu pelaksanaan baik.
- Pembuatan campuran lebih mudah.

Kerugian nya antara lain:

- Biaya konstruksi lebih mahal untuk jalan dengan volume lalu lintas rendah.
- Rentan terhadap retak jika dilaksanakan diatas tanah lunak, atau tampa daya dukung yang memadai, atau tidak dilaksanakan dengan baik.(mutu pelaksanaan rendah).
- Umumnya kurang nyaman berkendara.

Rigid pavement sangat cocok untuk digunakan pada jalan yang padat dan dilewati oleh kendaraan bertonase tinggi, hal ini dikarenakan karakteristik dari material pembentuknya yaitu beton yang kuat terhadap kuat tekan dan memiliki nilai lentur yang cukup baik. Di beberapa kabupaten dan kota rigid pavement diasosiasikan sebagai upaya untuk melakukan betonisasi jalan oleh Pemda dengan harapan dapat memberikan pelayanan yang bagus pada pengguna jalan.



Gambar 2.11 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)
(Sumber: Data pribadi, 2021)

2.5. Permasalahan Pembangunan Rigid Pavement

Selain memiliki keuntungan berupa kemampuan dalam menahan beban bertonase tinggi, awet dan memiliki layanan jalan yang lama pembangunan rigid pavement memiliki kekurangan yaitu tidak bisa langsung dipakai pasca selesai dikerjakan. Selesai di cor beton rigid pavement harus mengalami masa pematangan hingga 28 hari untuk dapat digunakan sebagai akses jalan, 28hari dianggap beton telah memiliki kekuatan 100% sesuai dengan mutu yang telah ditetapkan. Kondisi ini mengakibatkan jalan belum bisa dipergunakan yang mengakibatkan terjadinya tundaan dan bertambahnya volume pada ruas tersebut sehingga mengakibatkan kondisi macet. Kemacetan tidak hanya membuat kerugian berupa kehilangan waktu dan *loss of opportunities* tapi juga secara tidak langsung membuat kerugian dalam segi biaya perjalanan, dan biaya operasional kendaraan. Jika suatu kendaraan melewati ruas yang sedang di cor setiap hari maka masyarakat akan mengalami kerugian dan pembengkakan biaya kemacetan yang ada oleh karena itu mengingat karakteristik beton yang memerlukan waktu pengerasan maka perlu digunakan beton yang mengalami pengecatan dengan cepat sehingga diharapkan dapat mengurangi kerugian yang ditanggung oleh pengguna jalan.



Gambar 2.12 Kemacetan karena Pengecoran
(Sumber: Data pribadi, 2021)

2.6. Fast Setting Concrete

Perkembangan teknologi material konstruksi telah memberikan banyak pilihan kepada masyarakat konstruksi dan pemerintah dalam pemilihan variasi beton sebagai material konstruksi jalan, selain beton biasa saat ini tersedia beton *Fast setting concrete* atau *fast track concrete*. *Fast setting concrete* merupakan beton yang sengaja dibuat dengan menggunakan material tertentu, campuran tertentu yang bertujuan untuk mempercepat terjadinya hidrasi dan peningkatan kekuatan beton di di awal umur beton, beton fast setting digunakan untuk pekerjaan yang memerlukan kekuatan tinggi di awal sehingga diharapkan hasil dari pengecoran akan cepat dapat digunakan.

Pada beton konvensional sesuai dengan PBI 1971 perbandingan kekuatan tekan beton ada berbagai umur adalah sebagai berikut :

Tabel 2.37 Perbandingan Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Umur

Umur beton (Hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland Biasa	0,4	0,65	0,88	0,95	1	1,2	1,35
Semen Portland dengan kekuatan Awal Tinggi	0,55	0,75	0,9	0,95	1	1,15	1,2

(Sumber: Peraturan Beton Indonesia, 1971)

Kuat tekan beton fast track dengan bahan tambah master glemium ace 8111 menghasilkan kuat tekan sebesar 11,27 MPa pada umur 1 hari dan 23,37 MPa pada umur 3 hari dan 29,09 MPa pada umur 7 hari. (Sumaningtyas, et al 2020).

Di industri *Concrete Batching Plant* telah banyak vendor dan supplier beton readymix yang telah memproduksi beton type fast setting concrete dengan berbagai merek antara lain Jayamix *Fast Setting Concrete* yang di produksi oleh PT. SCG Readymix Indonesia, Kebutuhan beton siap pakai untuk sekarang ini, dapat dipenuhi dengan menggunakan jayamix fast setting concrete karena mampu mencapai target kuat tekan yang diinginkan dalam waktu 4 jam (Jayamix.co.id, 2017).

Tabel 2.38 Kuat Tekan Beton dengan Cemex

Cemex Product	Specified Strength	Set Time (in hours)
ACCELERATE 403	400 psi	3
ACCELERATE 404	400 psi	4
ACCELERATE 1206	1200 psi	6
ACCELERATE 1212	1200 psi	12

(Sumber: Cemexusa.com, 2022)

Holcim Speedcrete atau sekarang lebih dikenal dengan *Dynamic Speedcrete*. Teknologi speedcrete dapat mengering dalam waktu 10 jam, dan sudah digunakan pada lintasan busway (Tribunnews.com, 2015).

Sesuai dengan SKh-1.5.6. Kementerian PUPR tentang Spesifikasi khusus interim Perkerasan Beton Semen Fast Track Tahun 2017, Spesifikasi Perkerasan Beton Semen adalah sebagai berikut :

1. Beton semen fast track adalah beton yang cepat mengeras dan dapat segera digunakan untuk lalu lintas.
2. Spesifikasi khusus ini meliputi persyaratan beton untuk segmen perkerasan beton semen yang hanya dibuka untuk lalu lintas pada umur beton kurang dari 24 jam.
3. Spesifikasi khusus ini digunakan untuk pelaksanaan beton semen yang digunakan pada segmen jalan dengan lalu lintas padat dimana perlu upaya meminimalisir lamanya waktu terjadinya gangguan lalu lintas.

4. Beton perkerasan kaku untuk pembukaan lalu lintas awal yang digunakan dalam spesifikasi ini adalah beton dimana saat dibuka untuk lalu lintas harus mencapai kekuatan beton yang disyaratkan.

Bahan yang digunakan dalam proses produksi fast track concrete atau fast setting concrete adalah sebagai berikut:

1. Semen Portland ordinary (OPC) Tipe I atau Tipe III harus digunakan untuk beton pada spesifikasi ini yang memenuhi syarat SNI 2049:2015 atau ASTM C150
2. Air yang digunakan harus memenuhi SNI 2974-2013.
3. Agregat, Agregat yang digunakan pada spesifikasi ini harus memenuhi persyaratan agregat dalam spesifikasi umum 2010 (Revisi 3) pasal 7.1.2(3) dan pasal 5.3.2(3). Kepipihan dan kelonjongan agregat harus dibatasi maksimum 15%.
4. Bahan-bahan untuk sambungan, bahan penutup sambungan (*joint sealant*) dan bahan pengisi siar (*filler*) yang digunakan harus sesuai Pasal 5.3.2(10) Spesifikasi umum 2010 (Revisi 3) atau bahan pengisi siap pakai (*preformed sealant*) sesuai dengan AASHTO M33.
5. Bahan perawatan beton, penutup insulasi yang digunakan untuk perawatan beton harus mempunyai tingkat penahan panas minimal 0,5 jam-f00t2 F/BTU bahan penutup beton harus dalam kondisi baik dan tidak ada bagian yang robek.



Gambar 2.13 Pengecoran Speedcrete Holcim

(Sumber: Top Business.id, 2021)

2.6.1. Rancangan Campuran

Rancangan campuran mengikuti ketentuan dalam Pasal 7.1 Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3). Kekuatan yang dirancang harus berdasarkan kuat lentur yang disyaratkan. Untuk keperluan pelaksanaan, benda uji yang dicetak harus mencakup benda uji balok untuk kuat lentur dan benda uji silinder untuk kuat tekan yang diuji pada umur yang disyaratkan.

2.6.2. Pelaksanaan

Pelaksanaan mengikuti ketentuan dalam Pasal 5.3.5 dan Pasal 7.1.1.9). Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3). Dalam pelaksanaan pengecoran waktu tempuh yang diperlukan harus mempertimbangkan waktu pengikatan awal dari campuran beton. Pengendalian temperatur beton dapat mencakup Tindakan antara lain: penyiraman agregat sehingga tetap dalam kondisi jenuh, penggunaan air yang didinginkan untuk menurunkan temperatur air pencampur.

1. Pencampuran

- a. Ketentuan pencampuran dan penakaran campuran mengikuti ketentuan dalam Pasal 5.3.2.(11) Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3)
- b. Kuat lentur beton minimum yang disyaratkan saat jalan dibuka untuk lalu lintas adalah $f_s = 4,5 \text{ MPa}$

2. Pengecoran

- a. Pelaksanaan pengecoran beton dilakukan setelah semua persiapan yang diperlukan disetujui. Bila tidak menggunakan lean concrete, siapkan tanah dasar atau lapis pondasi dalam kondisi rata, bersih, dengan kepadatan dan kemiringan yang seragam hingga pengecoran dilakukan.
- b. Siram tanah dasar atau lapis pondasi dengan air secukupnya hingga lembab sebelum pengecoran.
- c. Sebelum pengecoran dilaksanakan, terlebih dahulu dilakukan penghamparan plastik.
- d. Penerangan yang cukup untuk pengecoran malam dan perlindungan terhadap cuaca harus dipersiapkan.
- e. Alat-alat pengujian harus tersedia dalam kondisi siap pakai.

2.6.3. Pekerjaan Penyelesaian

Pekerjaan penyelesaian mengikuti ketentuan dalam Pasal 5.3.5(10) Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3)

1. Penyelesaian permukaan Selama Konstruksi Awal Perkerasan Beton Semen

Pemberian alur (grooving) atau penyikatan harus dilakukan setelah air permukaan mulai hilang (Pasal 5.3.5 (10)) dan sebelum beton mencapai pengikatan awal (initial setting) berdasarkan hasil pengujian SNI ASTM C403.

2. Perawatan

- a. Perawatan beton harus dilakukan segera setelah pengikatan awal tercapai.
- b. Bila perawatan dilakukan dengan curing compound, gunakan curing compound dalam 2 lapis. Pengaplikasian lapis pertama curing compound harus dilakukan dengan arah sapuan searah, tidak lebih dari 10 menit setelah pembuatan alur (grooving), dan lapis kedua diaplikasikan secara bersilangan (tegak lurus) terhadap lapis pertama serta harus dilakukan dalam waktu 30 menit setelah lapis pertama dilakukan. Penggunaan curing compound adalah 3,75 m²/liter. Bila tebal pelat beton kurang dari 15 cm, penggunaan curing compound adalah 2,5 m²/liter.
- c. Curing compound yang rusak harus diganti dan dipelihara hingga pembukaan jalan terhadap lalu lintas.

- d. Setelah permukaan beton cukup keras, bila diperlukan permukaan dapat ditutup dengan lembaran penutup insulasi.
- e. Penggergajian sambungan susut harus dilaksanakan sesaat sebelum pengikatan akhir tercapai

Tabel 2.39 Penggunaan Penutup Insulasi

Temperatur (°C)	Waktu Pembukaan Terhadap Lalu Lintas (Jam)	
		8
10-18	Ya	Ya
18-27	Ya	Ya
≥ 27	Tidak	Tidak

(Sumber: PdT-15-2005B, 2005)

3. Pembukaan untuk Lalu Lintas

- a. Perkerasan dibuka untuk lalu lintas setelah kuat tekan beton mencapai $f_s = 4,5 \text{ MPa}$ yang didapat dari benda uji beton yang dirawat sesuai dengan kondisi perkerasan.
- b. Sebelum pembukaan untuk lalu lintas semua sambungan sudah harus ditutup dan semua perkerasan sudah dibersihkan.

2.6.4. Pengendalian Mutu

Pengendalian mutu dilakukan sesuai dengan seksi 5.3 Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3). Penerimaan mutu hasil pekerjaan hanya berdasarkan hasil pengujian benda uji yang dibuat pada saat pelaksanaan. Untuk pengukuran tebal hasil pekerjaan berdasarkan pengukuran elevasi pada saat pekerjaan sebelum dan sesudah dilaksanakan.

2.7. Biaya Kemacetan Lalu-lintas

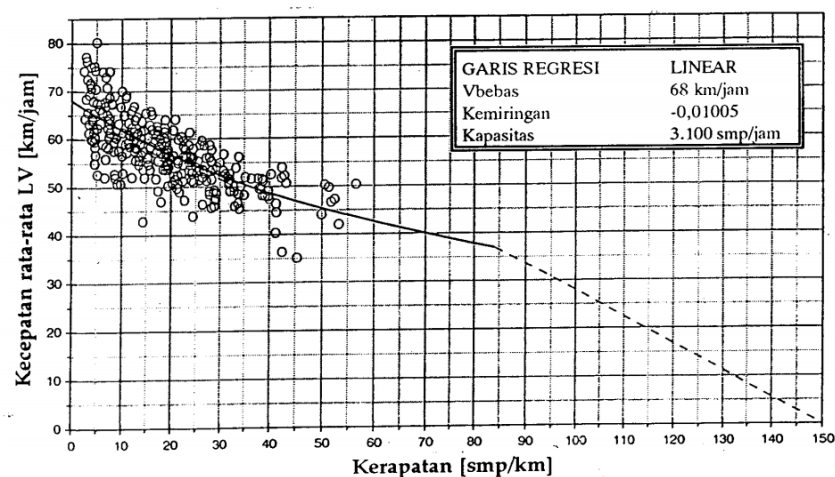
Salah satu masalah yang paling sulit diatasi di perkotaan adalah kemacetan (*congestion*) kendaraan bermotor di kota-kota besar. Kepadatan menciptakan biaya sosial yang tinggi, biaya operasional yang tinggi, hilangnya waktu yang berharga, tingginya angka kecelakaan lalu lintas, polusi udara, penurunan kenyamanan pejalan kaki, dan masalah kebisingan. (Khisty dan Lall, 2003).

Biasanya kebijakan pemerintah dalam menangani hal ini adalah dengan menambah jalur baru, melakukan peningkatan lajur jalan baru dan pembatasan penggunaan jalan tertentu. Berdasarkan data dan pengalaman pemilihan peningkatan jalan dengan cara *rigid pavement* maupun *flexible pavement* justru malah mengakibatkan kemacetan yang lebih parah dan ini berarti inefisiensi.

Kemacetan lalu lintas terjadi sebagai akibat dari kecepatan arus actual berada di bawah kecepatan arus bebas, dewasa ini kemacetan tidak hanya terjadi di perkotaan dan pada jalan strategis namun sudah mulai menjalar ke daerah-daerah. Dampak dari kemacetan adalah kerugian sosial yang diderita masyarakat lebih dari Rp. 17,2 Triliun per tahun akibat pemborosan nilai waktu dan biaya operasi kendaraan terutama bahan bakar. (Lesmana,2007). Selain waktu dan biaya kemacetan lalu lintas juga dapat menyebabkan dampak kesehatan yaitu terjadinya stress dan dapat menimbulkan emosi, akibatnya pekerjaan menjadi terganggu tidak fokus, terburu-buru dan mengakibatkan terjadinya kecelakaan lalu lintas. (Wicaksono et al, 2021). Selain dampak

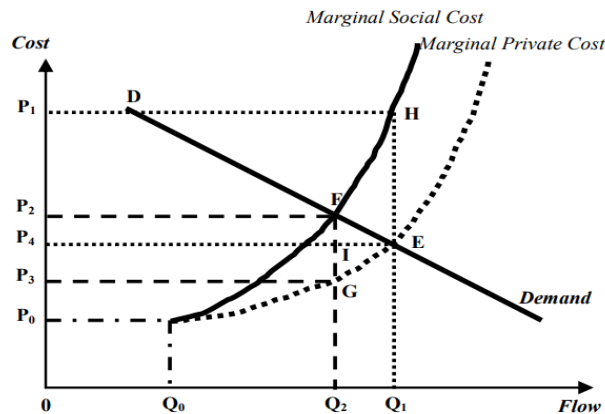
ekonomis kemacetan mengakibatkan polusi dimana menyumbang 25 ribu ton per tahun emisi gas. (Lesmana,2007).

Secara karakteristik umum ada tiga karakteristik primer dalam teori arus lalu lintas yang saling terkait yaitu, volume, kecepatan, dan kepadatan sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2.10



Gambar 2.14 Hubungan Kecepatan-Kepadatan Untuk jalan 2 lajur tidak terbagi
(Sumber: MKJI, 1997)

Biaya kemacetan merupakan selisih antara kecepatan normal dengan kecepatan existing, Kemacetan lalu lintas muncul ketika volume lalu lintas melebihi kapasitas ruas jalan maupun simpang, (Lubis,2016). Penurunan kecepatan pada arus bebas mengakibatkan kendaraan bertumpuk sehingga menjadi antrian dan tundaan. Waktu perjalanan menjadi lebih lama, sehingga mengakibatkan kenaikan biaya transportasi.



Gambar 2.15 Estimasi Biaya Kemacetan
(Sumber: Khisky dan Lall, 2003)

Jika aliran batas lalu lintas yang ada dilampaui, maka kecepatan rata-rata lalu lintas akan menurun, pada saat kecepatan turun maka biaya operasi kendaraan akan meningkat dalam kisaran 0-45 mil/jam dan waktu untuk melakukan perjalanan akan meningkat (Everal 1968 dalam Stubs, 1980). Selisih antara marginal social cost dan marginal private cost yang disebabkan oleh adanya tambahan kendaraan pada ruas yang sama dan keseimbangan (equilibrium) tercapai di titik F dengan arus lalu lintas sebanyak Q_2 dan biaya sebesar P_2 . Dari sudut pandang social maka arus lalu lintas sebanyak Q_1 terlalu berlebihan karena pengemudi kendaraan hanya menikmati manfaat Q_1E dan P_4 . Tambahan kendaraan setelah mencapai titik optimal Q_2 harus mengeluarkan biaya sebesar Q_2Q_1HF namun hanya menikmati manfaat Q_2Q_1IEF , sehingga terdapat welfare gain yang hilang sebesar luasan FEH . Oleh karena itu perhitungan beban biaya kemacetan didasarkan pada perbedaan biaya marginal social cost dan marginal private cost dari suatu perjalanan (Sugiyanto, 2011).

Biaya Marginal dari suatu produk adalah biaya tambahan yang terkait dengan pembuatan suatu unit output tambahan. Biaya marginal dihitung dari pengurangan dengan baris sebelumnya pada kolom biaya total (Marlock, 1978). Biaya marginal dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Biaya total} = TC(x) = FC + VC(x) \dots \dots \dots (2.11)$$

$$\text{Biaya rata-rata} = AC(x) = \frac{TC(x)}{x} = \frac{FC}{x} + \frac{VC(x)}{x} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$\text{Biaya marginal} = MC(x) = TC(x) - TC(x-1) \dots \dots \dots (2.13)$$

Dengan:

TC = biaya total

FC = biaya tetap

VC = biaya tidak tetap

MC = biaya marginal

AC = biaya rata-rata



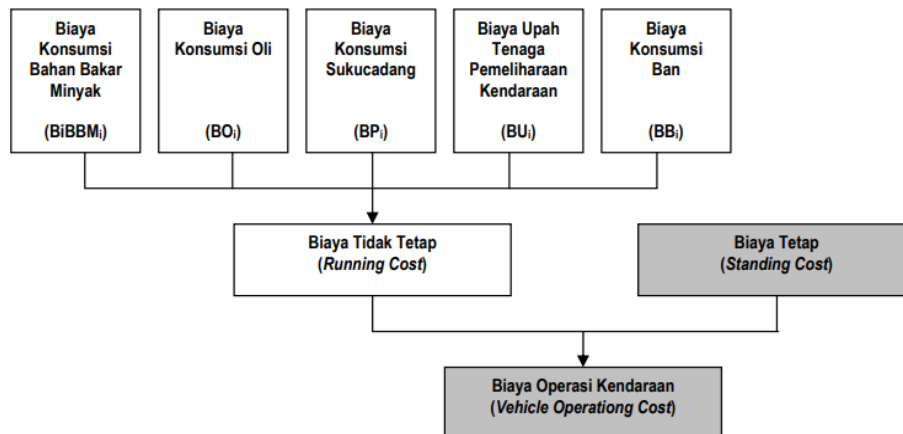
2.8. Biaya Operasional Kendaraan

Menurut Pd-T-15-2005-B Perhitungan biaya operasi kendaraan Departemen Pekerjaan Umum, Biaya operasional kendaraan adalah total biaya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan kendaraan pada suatu kondisi lalu lintas dan jalan untuk satu jenis kendaraan per kilometer jarak tempuh. Dengan satuan rupiah per kilometer. Selain itu biaya operasional kendaraan adalah total biaya yang dikeluarkan oleh pemakai jalan dengan moda tertentu dari zona asal ke zona tujuan (Reinaldi Nooh, 2018).

Biaya operasional kendaraan terdiri dari dua unsur yaitu, Biaya tetap (*fix cost*) dan biaya tidak tetap (*variable cost*), biaya tetap adalah biaya yang tidak berubah (tetap walau terjadi perubahan volume) produksi jasa sampai tingkat tertentu. Sedangkan biaya tidak tetap adalah biaya yang berubah apabila terjadi perubahan volume.

Biaya operasional kendaraan dapat dihitung menggunakan metode LAPI-ITB 1997 yang bekerja sama dengan KBK Rekayasa Transportasi, Jurusan Teknik Sipil ITB, melalui proyek kajian perhitungan “ Besar Keuntungan Biaya Operasional Kendaraan” yang didanai oleh PT. Jasa Marga sedangkan komponen bunga modal dikembangkan oleh Bina Marga melalui Proyek Road User Cost Models(1991). Perhitungan nilai waktu sedangkan berdasarkan studi Indonesian Highway Capacity Manual pada tahun 1995 dengan menggunakan metode tingkat kesejahteraan (welfare maximization). Dan Pedomanan Konstruksi dan Bangunan Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Kementerian Pekerjaan Umum Pd-T-15-2005-B. Biaya operasional kendaraan dipengaruhi oleh berbagai kondisi antara lain kondisi fisik jalan, kondisi geometrik jalan, tipe perkerasan, kecepatan operasi, dan berbagai jenis kendaraan.

Biaya operasi kendaraan terdiri dari dua komponen utama yaitu biaya tidak tetap (*variable cost* atau *running cost*) dan biaya tetap (*fixed cost*). Pd-T-15-2005-B. Menurut Suntoro (2020) biaya kendaraan dibagi menjadi 3 bagian, yaitu biaya tetap (*standing cost*), biaya variabel (*running or variable cost*), dan biaya overhead (*overheads cost*).



Gambar 2.16 Komponen Biaya Tidak Tetap Besaran Biaya Operasi Kendaraan
(Sumber: PdT-15-2005B, 2005)

Biaya tetap kendaraan merupakan sumber daya yang dimasukkan sebagai biaya kendaraan atau sebagai biaya tetap. Oleh karena sebagai biaya tetap maka biaya ini tidak akan berubah secara total selama periode waktu tertentu. Sekalipun terjadi perubahan besar, atas tingkat aktivitas atau volume terkait. Biaya tidak tetap (*variabel cost*) adalah biaya yang berubah secara proporsional dengan aktivitas bisnis atau jumlah biaya marginal terhadap semua unit yang diproduksi (Suntoro, 2020). Biaya tidak tetap merupakan penjumlahan beberapa komponen biaya yang terdiri dari biaya konsumsi bahan bakar, biaya konsumsi oli, biaya konsumsi suku cadang, dan biaya konsumsi ban. Apabila alat angkutan tersebut milik sendiri maka, komponen biaya operasional alat angkutannya (Nasution, 1996) adalah:

1. Biaya bahan bakar, oli, ban
2. Biaya awak kendaraan (gaji sopir dan kernet)
3. Biaya penyusutan
4. Biaya perawatan dan perbaikan

5. Biaya asuransi
6. Pajak kendaraan

2.8.1. Biaya Konsumsi Bahan Bakar Minyak

1. Kecepatan rata-rata lalu lintas

Data kecepatan lalu lintas dapat diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung dengan metode “*moving car observer*” dan selanjutnya dilakukan perhitungan kecepatan rata-rata ruang. Apabila data kecepatan lalu lintas tidak tersedia maka kecepatan dapat dihitung dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia.

2. Percepatan rata-rata

Percepatan rata-rata lalu lintas dalam suatu ruas jalan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$A_R = 0,0128 \times (V/C) \dots \dots \dots (2.14)$$

Dengan:

A_R = percepatan rata-rata

V = volume lalu lintas (smp/jam)

C = kapasitas jalan (smp/jam)

3. Simpangan baku percepatan

Simpangan baku percepatan lalu lintas dalam suatu ruas jalan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$SA = SA_{max} \times (1,04 / (1 + e^{(a_0 + a_1) \cdot V/C})) \dots \dots \dots (2.15)$$

Dengan:

SA = Simpangan baku percepatan (m/s²)

SA_{max} = Simpangan baku percepatan maksimum (m/s²)
(tipikal/default = 0,75)

a₀, a₁ = koefisien parameter
(tipikal/default a₀ = 5,140 ; a₁ = -8,264)

V = volume lalu lintas (smp/jam)

C = kapasitas jalan (smp/jam)

4. Tanjakan dan turunan

Tanjakan rata-rata ruas jalan dapat dihitung berdasarkan data alinyemen vertikal dengan rumus berikut :

$$R_R = \frac{\sum_{i=1}^n R_i L_i}{L} \text{ [m/km]} \dots \dots \dots (2.16)$$

Turunan rata-rata ruas jalan dapat dihitung berdasarkan data alinyemen vertikal dengan rumus berikut :

$$F_R = \frac{\sum_{i=1}^n F_i L_i}{L} \text{ [m/km]} \dots \dots \dots (2.17)$$

Apabila data pengukuran tanjakan dan turunan tidak tersedia dapat digunakan nilai tipikal (*default*) sebagai berikut:

Tabel 2.40 Alinyemen vertikal yang direkomendasikan pada berbagai medan jalan

No	Kondisi medan	Tanjakan rata-rata [m/km]	Turunan rata-rata [m/km]
1	Datar	2,5	-2,5
2	Bukit	12,5	-12,5
3	Pegunungan	22,5	-22,5

(Sumber: PdT-15-2005B, 2005)

5. Biaya konsumsi bahan bakar minyak

$$BiBBM_j = KBBM_i \times HBBM_j \dots \dots \dots (2.18)$$

Dengan:

$BiBBM_j$ = Biaya konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan i, dalam rupiah/km

$KBBM_j$ = Konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan i, dalam liter/km

$HBBM_j$ = Harga bahan bakar untuk jenis BBM j, dalam rupiah/liter

i = Jenis kendaraan sedan (SD), utility (UT), bus kecil (BL), bus besar (BR), truk ringan (TR), truk sedang (TS) atau truk berat (TB)

j = Jenis bahan bakar minyak solar (SLR) atau premium (PRM)

6. Konsumsi bahan bakar minyak

Konsumsi bahan bakar minyak untuk masing-masing kendaraan dapat dihitung dengan rumus persamaan berikut, yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{KBBMi} = & (\alpha + \beta_1/V_R + \beta_2 \times V_R^2 + \beta_3 \times R^R + \beta_4 \times F_R + \beta_5 \times F_R^2 + \beta_6 \\
 & \times DT_R + \beta_7 \times A_R + \beta_8 \times SA + \beta_9 \times BK + \beta_{10} \times BK \times A_R + \\
 & \beta_{11} \quad \times \quad BK \quad \times \quad SA)/1000 \\
 & \dots\dots\dots(2.19)
 \end{aligned}$$

Dengan:

α = Konstanta

$\beta_1 \dots \beta_{12}$ = Koefisien-koefisien parameter

V_R = Kecepatan rata-rata

R_R = Tanjakan rata-rata

F_R = Turunan rata-rata

DT_R = Derajat tikungan rata-rata

A_R = Percepatan rata-rata

SA = Simpangan baku percepatan

BK = Berat kendaraan



Tabel 2.41 Nilai konstanta dan koefisien-koefisien parameter model konsumsi BBM

Jenis Kendaraan	A	$1/V_R$	V_R^2	R_R	F_R	F_R^2	DT_R	A_R	SA	BK	BK x A_R	BK x SA_R
		β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}	β_{11}
Sedan	23,78	1181,2	0,0037	1,265	0,634	-	-	0,638	36,21	-	-	-
Utiliti	29,61	1256,8	0,0059	1,765	1,197	-	-	132,2	42,84	-	-	-
Bus Kecil	94,35	1058,9	0,0094	1,607	1,488	-	-	166,1	49,58	-	-	-
Bus Besar	129,60	1912,2	0,0092	7,231	2,790	-	-	266,4	13,86	-	-	-
Truk Ringan	70,00	524,6	0,0020	1,732	0,945	-	-	124,4	-	-	-	50,02
Truk Sedang	97,70	-	0,0135	0,7365	5,706	0,0378	0,0858	-	-	6.661	36,46	17,28
Truk Berat	190,30	3829,7	0,0196	14,536	7,225	-	-	-	-	-	11,41	10,92

(Sumber: PdT-15-2005B, 2005)

2.8.2. Biaya Konsumsi Oli

1. Biaya konsumsi oli

$$BO_i = KO_i \times HO_j \dots\dots\dots(2.20)$$

Dengan:

BO_i = Biaya konsumsi oli untuk jenis kendaraan i, dalam rupiah/km

KO_i = Konsumsi oli untuk jenis kendaraan i, dalam liter/km

HO_j = Harga oli untuk jenis oli j, dalam rupiah/liter

i = Jenis kendaraan

j = Jenis oli

2. Konsumsi oli (KO)

Konsumsi oli untuk masing-masing jenis kendaraan dapat dihitung dengan persamaan berikut, yaitu:

$$KO_i = OHK_i + OHO_i \times KBBM_i \dots\dots\dots(2.21)$$

Dengan:

OHK_i = oli hilang akibat kontaminasi (liter/km)

OHO_i = oli hilang akibat operasi (liter/km)

$KBBM_i$ = konsumsi bahan bakar (liter/km)

Kehilangan oli akibat kontaminasi dihitung sebagai berikut:

$$OHK_i = KAPO_i / JPO_i \dots\dots\dots(2.22)$$

Dengan:

$KAPO_i$ = kapasitas oli (liter)

JPO_i = jarak penggantian oli (km)

Nilai tipikal (*default*) untuk persamaan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.42 Nilai tipikal JPO_i , KPO_i , dan OHO_i yang direkomendasikan

Jenis kendaraan	JPO_i (km)	KPO_i (liter)	OHO_i (liter/km)
Sedan	2000	3,5	$2,8 \times 10^{-6}$
Utiliti	2000	3,5	$2,8 \times 10^{-6}$
Bis Kecil	2000	6	$2,1 \times 10^{-6}$
Bis Besar	2000	12	$2,1 \times 10^{-6}$
Truk Ringan	2000	6	$2,1 \times 10^{-6}$
Truk Sedang	2000	12	$2,1 \times 10^{-6}$
Truk Berat	2000	24	$2,1 \times 10^{-6}$

(Sumber: PdT-15-2005B, 2005)

2.8.3. Biaya Konsumsi Suku Cadang

1. Kerataan

Data kekasaran permukaan jalan dapat diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan Alat Pengukur Kerataan Permukaan Jalan dengan satuan hasil pengukuran meter per kilometer (IRI).

2. Harga kendaraan baru

Data harga kendaraan dapat diperoleh melalui survei harga suatu kendaraan baru jenis tertentu dikurangi dengan nilai ban yang digunakan. Harga kendaraan dapat dihitung sebagai harga rata-rata untuk suatu jenis kendaraan tertentu. Survei harga dapat dilakukan melalui survei langsung di pasar atau mendapatkan data melalui survei instansional seperti asosiasi pengusaha kendaraan bermotor.

3. Biaya konsumsi suku cadang

$$BP_i = P_i \times HKB_i / 1000000 \dots\dots\dots(2.23)$$

Dengan:

BP_i = Biaya pemeliharaan kendaraan untuk jenis kendaraan i,
(Rp/km)

HKB_i = Harga kendaraan baru rata-rata untuk jenis kendaraan i,
(Rp)

P_i = Nilai relatif biaya suku cadang terhadap harga
kendaraan baru jenis i

I = Jenis kendaraan

4. Nilai relatif biaya suku cadang terhadap harga kendaraan baru

Nilai relatif biaya suku cadang terhadap harga kendaraan baru atau konsumsi suku cadang untuk suatu jenis kendaraan i dapat dihitung dengan rumus persamaan berikut, yaitu:

$$P_i = (\phi + \gamma_1 + IRI)(KJT_i / 100000)^{\gamma_2} \dots\dots\dots(2.24)$$

Dengan:

P_i = Konsumsi suku cadang kendaraan jenis i per juta
kilometer

Φ = Konstanta

γ_1 dan γ_2 = Koefisien-koefisien parameter

IRI = Kekasaran jalan, dalam m/km

KJT_i = Kumulatif jarak tempuh kendaraan jenis i, dalam km

i = Jenis kendaraan

Tabel 2.43 Nilai tipikal ϕ, γ_1, γ_2

Jenis kendaraan	Koefisien parameter		
	ϕ	γ_1	γ_2
Sedan	-0,69	0,42	0,10
Utiliti	-0,69	0,42	0,10
Bis Kecil	-0,73	0,43	0,10
Bis Besar	-0,15	0,13	0,10
Truk Ringan	-0,64	0,27	0,20
Truk Sedang	-1,26	0,46	0,10
Truk Berat	-0,86	0,32	0,40

(Sumber: PdT-15-2005B, 2005)

2.8.4. Biaya Upah Tenaga Pemeliharaan Kendaraan

1. Harga satuan upah tenaga pemeliharaan

Data upah tenaga pemeliharaan dapat diperoleh melalui survei penghasilan tenaga perbaikan kendaraan. Survei upah dapat dilakukan melalui survei langsung di bengkel atau mendapatkan data melalui instansional seperti Dinas Tenaga Kerja.

2. Kebutuhan jam pemeliharaan

Kebutuhan jumlah jam pemeliharaan untuk masing-masing jenis kendaraan dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$JP_i = a_0 \times P_i^{a_1} \dots\dots\dots(2.25)$$

Dengan:

JP_i = Jumlah jam pemeliharaan (jam/1000 km)

P_i = Konsumsi suku cadang kendaraan jenis i

a_0, a_1 = Konstanta

Nilai tipikal (*default*) untuk model parameter persamaan jumlah jam pemeliharaan adalah seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.44 Nilai tipikal a_0 dan a_1

No	Jenis kendaraan	a_0	a_1
1	Sedan	77,14	0,547
2	Utiliti	77,14	0,547
3	Bus Kecil	242,03	0,519
4	Bus Besar	293,44	0,517
5	Truk Ringan	242,03	0,519
6	Truk Sedang	242,03	0,517
7	Truk Berat	301,46	0,519

(Sumber: PdT-15-2005B, 2005)

3. Biaya upah tenaga pemeliharaan

Biaya Upah Perbaikan Kendaraan untuk masing-masing jenis kendaraan dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$BU_i = JP_i \times UTP/1000 \dots\dots\dots(2.26)$$

Dengan:

BU_i = Biaya upah perbaikan kendaraan (Rp/km)

JP_i = Jumlah Jam Pemeliharaan (jam/1000 km)

UTP = Upah Tenaga Pemeliharaan (Rp/jam)

2.8.5. Biaya Konsumsi Ban

1. Kekasaran

Data kerataan permukaan jalan yang diperlukan dalam satuan hasil pengukuran meter per kilometer (IRI).

2. Tanjakan dan turunan

Perhitungan nilai tanjakan+turunan (TT) merupakan penjumlahan nilai tanjakan rata-rata (F_R) dan nilai mutlak turunan rata-rata (R_R).

$$TT = F_R + [R_R] \dots\dots\dots(2.27)$$

Apabila data pengukuran tanjakan+turunan tidak tersedia dapat digunakan nilai tipikal (*default*) seperti pada tabel berikut.

Tabel 2.45 Nilai tipikal tanjakan dan turunan pada berbagai medan jalan

No	Kondisi medan	TT [m/km]
1	Datar	5
2	Bukit	25
3	Pegunungan	45

(Sumber: PdT-15-2005B, 2005)

3. Derajat tikungan

Apabila data pengukuran derajat tikungan untuk suatu ruas jalan tidak tersedia dapat digunakan nilai tipikal (*default*) seperti pada tabel berikut.

Tabel 2.46 Nilai tipikal derajat tikungan pada berbagai medan jalan

No	Kondisi medan	Derajat tikungan [°/km]
1	Datar	15
2	Bukit	115
3	Pegunungan	200

(Sumber: PdT-15-2005B, 2005)

4. Biaya konsumsi ban

$$BB_i = KB_i \times HB_j / 1000 \dots\dots\dots(2.28)$$

Dengan:

BB_i = Biaya konsumsi ban untuk jenis kendaraan i, dalam rupiah/km

KB_i = Konsumsi ban untuk jenis kendaraan i, dalam EBB/1000 km

HB_j = Harga ban baru jenis j, dalam rupiah/ ban baru

i = Jenis kendaraan

j = Jenis ban

5. Konsumsi ban

Konsumsi ban untuk masing-masing kendaraan dapat dihitung dengan rumus persamaan berikut, yaitu:

$$KB_i = \chi + \delta_1 \times IRI + \delta_2 \times TTR + \delta_3 \times DTR \dots\dots\dots(2.29)$$

Dengan:

χ = Konstanta (lihat tabel 11)

$\delta_1 \dots \delta_3$ = Koefisien-koefisien parameter (lihat tabel 11)

TTR = Tanjakan+turunan rata-rata

DTR = Derajat tikungan rata-rata

Tabel 2.47 Nilai tipikal χ , δ_1 , δ_2 , dan δ_3

Jenis Kendaraan	χ	IRI	TTR	DTR
		δ_1	δ_2	δ_3
Sedan	-0,01471	0,01489	-	-
Utiliti	0,01905	0,01489	-	-
Bus Kecil	0,02400	0,02500	0,003500	0,000670

Tabel 2.48 Nilai tipikal γ , δ_1 , δ_2 , dan δ_3 (lanjutan)

Bus Besar	0,10153	-	0,000963	0,000244
Truk Ringan	0,02400	0,02500	0,003500	0,000670
Truk Sedang	0,095835	-	0,001738	0,000184
Truk Berat	0,158350	-	0,002560	0,000280

(Sumber: PdT-15-2005B, 2005)

2.8.6. Biaya Tidak Tetap Besaran BOK (BTT)

Biaya tidak tetap dihitung dengan menjumlahkan biaya konsumsi bahan bakar, biaya konsumsi oli, biaya konsumsi suku cadang, biaya upah tenaga pemeliharaan, dan biaya konsumsi ban seperti berikut:

$$BTT = B_iBBM_j + BO_i + BP_i + BU_i + BB_i \dots\dots\dots(2.30)$$

Dengan:

BTT = Besaran biaya tidak tetap, dalam Rupiah/km

B_iBBM_j = Biaya konsumsi bahan bakar minyak, dalam Rupiah/km

BO_i = Biaya konsumsi oli, dalam Rupiah/km

BP_i = Biaya konsumsi suku cadang, dalam Rupiah/km

BU_i = Biaya upah tenaga pemeliharaan, dalam Rupiah/km

BB_i = Biaya konsumsi

2.9. Biaya Waktu Perjalanan

Nilai waktu didefinisikan sebagai jumlah uang yang tersedia dan dikeluarkan oleh seseorang untuk menghemat waktu perjalanan (Riana,2004).

Atau sejumlah uang yang dipersiapkan untuk membelanjakan atau dikeluarkan

oleh seseorang dengan maksud menghemat atau mendapatkan suatu unit nilai waktu perjalanan.

Nilai waktu adalah jumlah maksimum dari pendapatan seseorang dalam situasi tertentu yang diberikan dimana, seorang individu akan rela menyerahkan ya untuk menghemat waktu perjalanan. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai waktu perjalanan (Riana,2004) adalah:

1. Penghasilan

Nilai waktu adalah tinggi untuk golongan berpenghasilan tinggi dimana penghasilan tersebut memungkinkan pengeluaran yang lebih besar, moda transportasi yang dipergunakan cenderung berkualitas lebih mahal

2. Tujuan Perjalanan

Bagi individu yang melakukan perjalan dengan tujuan untuk bekerja nilai waktu yang dilewatkan kemungkinan akan mempunyai perbedaan yang berbeda bila dibandingkan dengan bagi mereka yang melakukan perjalanan dengan waktu wisata.

3. Periode waktu perjalanan

Bagi individu yang bekerja nilai waktu selama hari kerja mungkin akan berbeda bila dibandingkan dengan nilai waktu pada akhir pekan dimana kesibukan dan kebutuhan akan ketepatan jadwal tidak lagi mendesak.

4. Moda perjalanan

Nilai perjalanan dari moda perjalanan digunakan akan mempengaruhi penilaian seseorang terhadap waktu yang diluangkan selama perjalanan. Hal ini dapat dijelaskan secara sederhana yaitu nilai satu menit bagi seseorang yang menggunakan moda angkutan yang padat dan berserk-desakan serta mengandung resiko keamanan.

5. Panjang Rute Perjalanan

Panjang rute perjalanan sangat berpengaruh terhadap penilaian seseorang terhadap waktu yang dihematnya.

Aktivitas kendaraan adalah sama dengan jumlah jarak perjalanan dengan, sehingga kita dapat melihat biaya operasional secara langsung dan diukur dengan jarak yang ditempuh oleh kendaraan. Biaya kendaran didefinisikan sebagai biaya tetap yang harus dipertanggung jawabkan sebelum kendaraan dipergunakan di jalan sehingga biaya operasional kendaraan adalah sebaliknya, karena biaya yang dikeluarkan akibat dari kendaraan yang dipergunakan. Biaya bahan bakar biasanya paling besar dari semua biaya variabel perjalanan karena biaya komersial bahan bakar yang tinggi kilometer/liter, kenaikan biaya energi yang konstan bila dibandingkan dengan muatan yang kurang optimal.

Sampai saat ini, belum didapatkan besaran nilai waktu yang berlaku untuk Indonesia. Tabel berikut menampilkan besaran nilai waktu beberapa kajian yang pernah dilakukan.

Tabel 2.49 Nilai waktu setiap golongan kendaraan

Rujukan	Nilai waktu (Rp/jam/kendaraan)		
	Golongan I	Golongan IIA	Golongan IIB
PT Jasa Marga (1990-1996)	12.28	18.534	13.768
Padalarang-Cileunyi (1996)	3.385-5.425	3.827-38.344	5.716
Semarang (1996)	3.411-6.221	14.541	1.506
IHCM (1995)	3.281	18.212	4.971
PCI (1979)	1.341	3.827	3.152
JITTER Northern Extension (PCI,1989)	7.06	14.67	3.659
Surabaya-Mojokerto (JICA, 1991)	8.880	7.960	7.980

(Sumber : LAPI-ITB, 1997)

Beberapa modifikasi dilakukan dengan ‘memilih’ nilai waktu yang terbesar antara nilai waktu dasar yang dikoreksi menurut lokasi dengan nilai waktu minimum seperti terlihat pada persamaan berikut.

$$\text{Nilai waktu} = \text{maksimum} ((k \times \text{nilai waktu dasar}), \text{nilai waktu minimum}) \dots \dots \dots (2.31)$$

k adalah nilai faktor koreksi pada tabel di bawah dengan asumsi bahwa nilai waktu dasar tersebut hanya berlaku untuk daerah DKI- Jakarta dan sekitarnya. Untuk daerah lainnya harus dilakukan koreksi sesuai dengan PDRB per kapitanya; DKI-Jakarta dan sekitarnya dianggap mempunyai faktor koreksi 1,0. Tabel 2.42 merangkum beberapa faktor koreksi nilai waktu menurut daerah, sedangkan Tabel 2.43 merangkum nilai waktu minimum yang digunakan.

Tabel 2.50 Nilai waktu minimum (Rupiah/jam/kendaraan)

No	Kabupaten/Kodya	Jasa Marga			JIUTR		
		Gol I	Gol IIA	Gol IIB	Gol I	Gol IIA	Gol IIB
1	DKI-Jakarta	8.200	12.369	9.188	8.200	17.022	4.246
2	selain DKI-Jakarta	6.000	9.051	6.723	6.000	12.455	3.107

(Sumber : LAPI-ITB, 1997)

Tabel 2.51 PDRB atas dasar harga konstan tahun 1995

No	Lokasi	PDRB (juta rupiah)	Jumlah penduduk	PDRB per kapita (juta rupiah)	Nilai koreksi
1	DKI-Jakarta	60.638.217	9.113.000	6,65	1,00
2	Jawa Barat	60.940.114	39.207.000	1,55	0,23
3	Kodya Bandung	6.097.380	2.356.120	2,59	0,39
4	Jawa Tengah	39.125.323	29.653.000	1,32	0,20
5	Kodya Semarang	4.682.002	1.346.352	3,48	0,52
6	Jawa Timur	57.047.812	33.844.000	1,69	0,25
7	Kodya Surabaya	13.231.986	2.694.554	4,91	0,74
8	Sumatera Utara	21.802.508	11.115.000	1,96	0,29
9	Kodya Medan	5.478.924	1.800.000	3,04	0,46

(Sumber : LAPI-ITB, 1997)

Dengan demikian, nilai waktu yang berlaku untuk DKI-Jakarta adalah sebesar Rp 12.287 per kendaraan per jam, sedangkan nilai waktu untuk daerah lainnya dapat dihitung dengan mengalikan faktor koreksi dengan nilai waktu yang berlaku untuk DKI-Jakarta.

Maka, dari asumsi di atas, diperoleh persamaan untuk biaya kemacetan sebagai berikut.

$$C = N * (GA + (1 + A/B)V')T \dots \dots \dots (2.32)$$

Dimana:

C = Biaya kemacetan (rupiah)

N = Jumlah kendaraan (kendaraan)

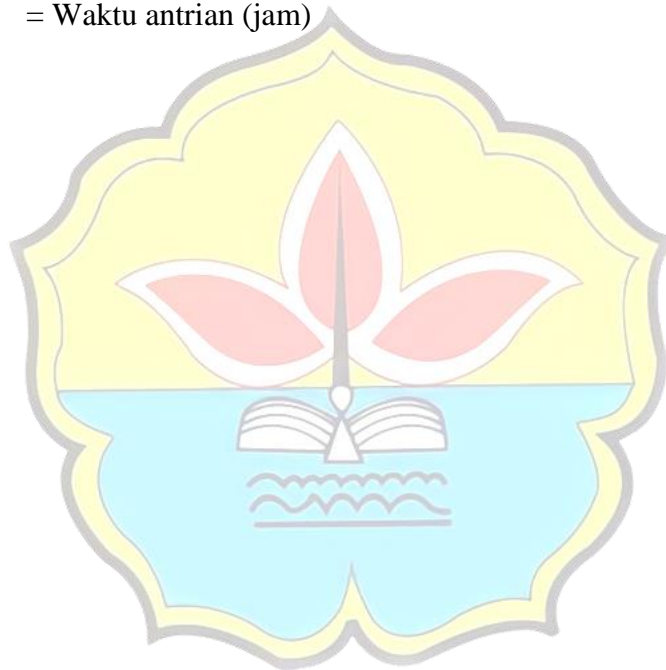
GA = Biaya operasional kendaraan (Rp/kend.Km)

A = Kendaraan dengan kecepatan eksisting (km/jam)

B = Kendaraan dengan kecepatan ideal (km/jam)

V' = Nilai waktu perjalanan kendaraan cepat (Rp/kend.jam)

T = Waktu antrian (jam)



2.10. Penelitian Terdahulu

No	Nama Penulis/Tahun	Judul	Tujuan	Hasil/Kesimpulan
1	Aulia Dewi Fatikasari, Catur Arif Prastyanto/ 2021	Analisis Biaya Kerugian Kemacetan Jalan Akibat Adanya Kerusakan pada Kendaraan Berat di Jalan Arteri Primer (Studi Kasus: Ruas Jalan Surabaya- Mojokerto)	Menghitung besar biaya kemacetan setiap penambahan volume lalu lintas dan lama waktu penanganan, dan dibuatkan model persamaan	Biaya kerugian kemacetan terbesar arah Mojokerto dengan waktu penanganan 0,5 jam besar biaya kerugian Rp. 115.558.736, selama 1 jam sebesar Rp. 226.328.031, selama 2 jam sebesar Rp. 433.383.906 dan selama 3 jam sebesar Rp. 633.959.997, dengan model persamaan waktu penanganan 0,5 jam $Y = 250880135,069 + 98989,277$ X. dengan variable Y biaya kemacetan (Rp) dan x volume lalu lintas (skr)
2	Santhy Aprilyani Sanda, James A. Timboeleng, Audie I.E. Rumayar/ 2019	Analisis Kemacetan Kendaraan Pribadi di Titik Zero Point Manado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengidentifikasi factor-faktor yang mempengaruhi kemacetan lalu lintas, 2. Mengetahui berapa besar biaya operasi kendaraan pribadi pada lengan di zero point 3. Berapa besar biaya yang dikeluarkan akibat terjadinya kemacetan lalu lintas khususnya pada kendaraan pribadi 	Kemacetan yang terjadi Pada Jalan Jendral Sudirman samping Bank Sulut diperoleh biaya operasi kendaraan Rp. 138.885,- dan biaya kemacetan sebesar Rp. 9.548.808 pada Jalan Sam Ratulangi, diperoleh biaya operasi kendaraan Rp. 136.244 dan biaya kemacetan Rp. 3.492.796 pada Jalan Jendral Sudirman samping Gedung Juang diperoleh biaya operasi

				kendaraan Rp. 124.442,- dan biaya kemacetan Rp. 296.048 pada Jl. Suprpto, diperoleh biaya operasi kendaraan Rp. 129.533,- dan biaya kemacetan sebesar Rp. 1.579.386,-
3	Margareth E. Bolla, Ricky A. Yappy, Tri M. W. Sir/ 2017	Biaya kemacetan Ruas Jalan Kota Kupang ditinjau dari segi biaya operasional kendaraan	Menghitung biaya BOK dengan metode Manual BOK 1995 dan metode LAPI ITB-PT	Besarnya biaya BOK per jamnya sebesar Rp. 8.938 untuk jenis kendaraan sepeda motor, Rp. 204.320 untuk jenis kendaraan ringan (LV) dan Rp. 565.661 untuk jenis kendaraan berat (HV), dimana kondisi kinerja pelayanan buruk terjadi pukul 06.30-07.30 Wita, 09.00-10.00 Wita, 12.00-13.00 Wita dan 16.00-19.00 Wita.
4	M. Ameer Aseet, Sugiyanto/ 2021	Analisa Biaya Kerugian karena mengalami kondisi kemacetan akibat perbaikan jalan ditinjau dari waktu tunda perjalanan dan kenaikan bahan bakar minyak (BBM) kendaraan	Menganalisis biaya kerugian akibat kemacetan ditinjau dari waktu tundaan kendaraan ringan dan kendaraan berat	Hasil Analisa biaya kerugian akibat kemacetan untuk kendaraan ringan sebesar Rp. 2.090.699/jam pada kondisi macet di jam kerja dan sebesar Rp. 3.070.875/jam pada kondisi macet di luar jam kerja, sedangkan jenis kendaraan berat sebesar Rp. 3.349.324/jam pada kondisi macet di jam kerja dan sebesar Rp. 5.254.032/jam pada kondisi macet di luar jam kerja

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif yang dilakukan dengan metode observasi dan survey. Penelitian ini dilakukan pada ruas jalan desa Marga Mulya Unit I Sungai Bahar Kabupaten Muaro Jambi, dengan tujuan untuk menganalisis biaya kemacetan pembangunan *rigid pavement* dengan *fast setting concrete*.

3.2. Variabel Penelitian

Maksud penentuan subjek ini adalah variabel yang dapat dijadikan sasaran dalam penelitian. Beberapa variabel tersebut adalah kondisi geometrik ruas jalan, kondisi lingkungan, pengaturan lalu-lintas, volume lalu lintas dan klasifikasi kendaraan.

3.3. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mempermudah dalam pelaksanaan penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data primer

Dalam penelitian ini, data primer yang dimaksud ialah data yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan. Data tersebut berupa data-data kondisi

geometrik ruas jalan, kondisi lingkungan, pengaturan lalu-lintas, volume lalu lintas dan klasifikasi kendaraan.

2. Data sekunder

Data sekunder ialah sumber data yang diperoleh melalui media perantara atau secara tidak langsung yang berupa buku, catatan, bukti yang telah ada, atau arsip baik yang dipublikasikan maupun yang tidak dipublikasikan secara umum. Pada penelitian ini, data sekunder yang digunakan berupa harga kendaraan, harga ban, harga oli dan pertumbuhan kendaraan serta harga beton biasa dan harga beton dengan *fast setting concrete*.

3.4. Alat dan Bahan

Dalam melakukan penelitian, berikut adalah alat dan bahan yang digunakan.

1. *Global Position System* (GPS) yang berfungsi untuk alat penanda koordinat lokasi penelitian.
2. *Theodolit* yang berfungsi untuk menentukan elevasi dari ruas jalan yang diteliti..
3. Alat ukur jarak berupa meteran ukuran 50 m dan 7 m.
4. Kamera digital.
5. Alat bantu lain seperti pulpen, kertas.

3.5. Tahapan Penelitian

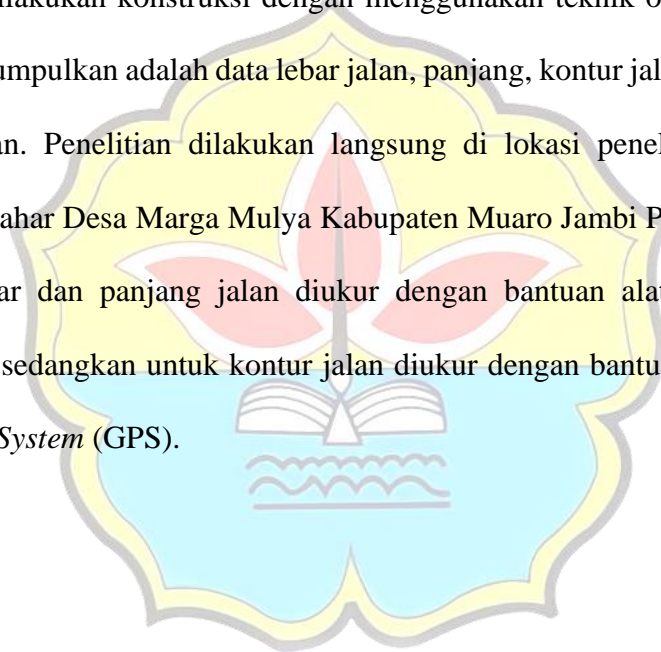
Tahapan-tahapan pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut.

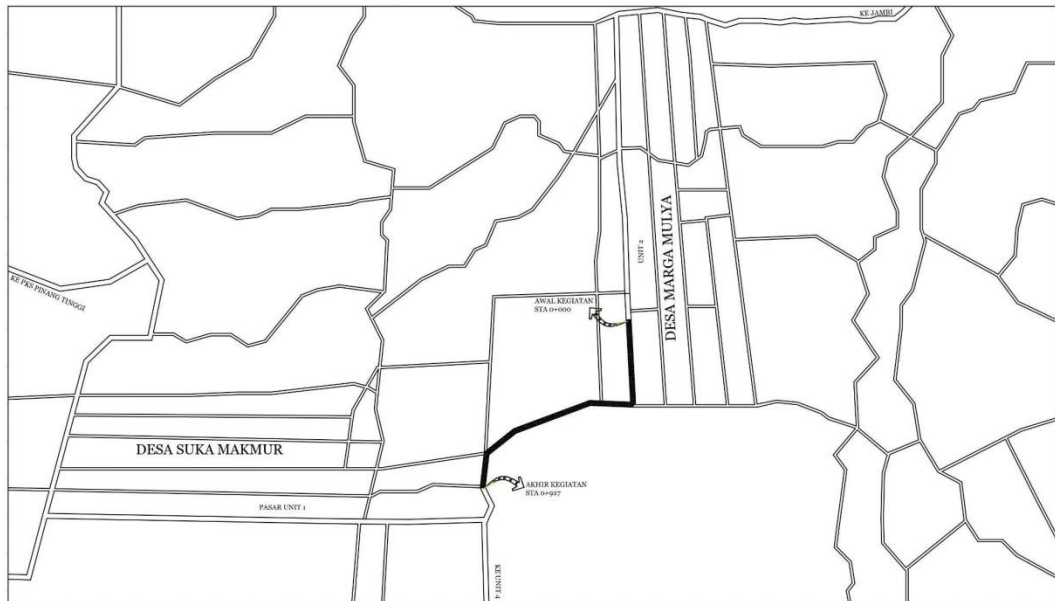
1. Tahap I (Persiapan)

Pada tahap persiapan ini akan dilakukan persiapan dengan segala hal yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilaksanakan seperti berikut ini.

- a. Mempersiapkan surat izin untuk melakukan penelitian kepada pihak yang bersangkutan.
 - b. Mempersiapkan alat dan bahan penelitian.
2. Tahap II (Observasi Topografi Jalan)

Pada tahap ini dilakukan pengukuran untuk mengambil data eksisting jalan setelah dilakukan konstruksi dengan menggunakan teknik observasi. Data yang dikumpulkan adalah data lebar jalan, panjang, kontur jalan dan kondisi perkerasan. Penelitian dilakukan langsung di lokasi penelitian yaitu di Sungai Bahar Desa Marga Mulya Kabupaten Muaro Jambi Provinsi Jambi. Data lebar dan panjang jalan diukur dengan bantuan alat ukur berupa meteran, sedangkan untuk kontur jalan diukur dengan bantuan alat *Global Position System* (GPS).





Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

3. Tahap III (Observasi LHR)

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data volume lalu lintas yang dilakukan secara manual. Pengumpulan data dilakukan dengan mencatat hasil observasi pada lembar formulir survey sesuai dengan MKJI 2017. Data yang dikumpulkan adalah data volume lalu lintas pada saat *peak hour*, yaitu pada pukul 06.00 - 21.00 WIB. Hal ini ditujukan agar pengambilan data lebih akurat dan mencerminkan kondisi objektif sehingga, dapat digunakan untuk perencanaan, di masa yang akan datang.

Dimana masing-masing pendekatan terdapat beberapa kendaraan yang akan disurvey, yang meliputi sebagai berikut.

- a. MC (Sepeda motor) = Kendaraan roda dua atau roda tiga
- b. LV (Kendaraan Ringan) = Kendaraan ber as 2 dan beroda 4

c. HV (Kendaraan Berat) = Kendaraan lebih dari beroda, 2 as, 3 as, atau kombinasi keduanya.

d. UM (Kendaraan Tak Bermotor) = Kendaraan dengan roda yang digerakan oleh orang atau hewan.

4. Tahap IV (Observasi Kecepatan)

Pada tahap ini observasi kecepatan dilakukan dengan cara melakukan pengamatan langsung dengan mobil yang bergerak di lokasi pengamatan.

Kecepatan dihitung dengan cara kendaran melewati dua titik patok yang telah ditentukan, dengan jumlah sample kecepatan sebanyak 30.

5. Tahap V (Analisis Data)

Tahapan ini merupakan analisis data-data dari hasil observasi yang telah dilaksanakan sebelumnya kemudian dibuat pembahasan yang lebih detail.

Analisis yang dilakukan dengan menggunakan metode Jasa Marga dan LAPI ITB sehingga di dapat biaya kemacetan di ruas jalan Sungai Bahar.

Serta dilakukan komparasi biaya kemacetan pembangunan *rigid pavement* dengan *fast setting concrete*.

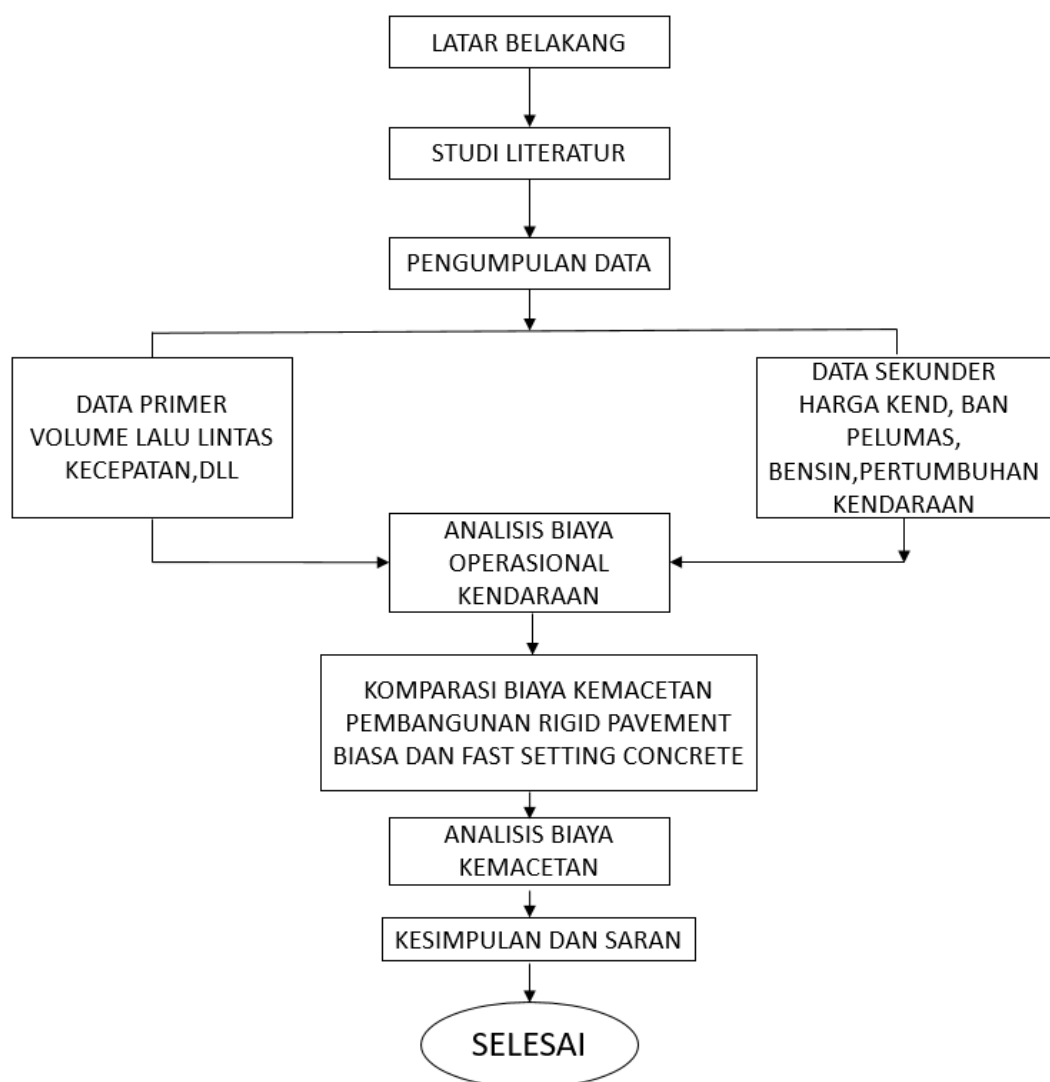
6. Tahap VI (Penyusunan Laporan)

Pada tahapan ini, pembahasan yang telah dibuat akan disusun ke dalam sebuah laporan kemudian dilanjutkan dengan menarik suatu kesimpulan

serta saran-saran untuk penelitian selanjutnya. Tahap ini merupakan tahapan terakhir dari penelitian yang dilakukan.

3.6. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian digunakan untuk menentukan langkah-langkah yang akan dilakukan saat melakukan penelitian, dengan tujuan untuk mempermudah proses penelitian sehingga bias sesuai dengan yang diharapkan, adapun diagram alir pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini diuraikan tentang penyajian dan analisa data biaya kemacetan pembangunan *rigid pavement* dengan *fast setting concrete* di desa marga mulya unit I sungai bahar Kabupaten Muaro Jambi sehingga dapat memenuhi maksud dan tujuan laporan penelitian ini. Adapun data yang akan dianalisis adalah analisis data kemacetan, secara keseluruhan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* dengan menggunakan Pedoman Konstruksi Jalan Indonesia (PKJI) 2014 dan Pdt-15-2005B tentang perhitungan biaya operasional kendaraan, LAPI ITB. Berikut ini adalah point-point yang akan dibahas pada bab 4 laporan ini:

4.1. Penyajian Data

4.1.1. Data Jumlah Penduduk

Data jumlah penduduk merupakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) periode tahun 2021, jumlah penduduk Kabupaten Muaro Jambi sebanyak 406.799 jiwa, data ini dipergunakan dalam perhitungan skala kota maupun perhitungan *product domestic regional bruto* dalam perhitungan nilai waktu. Adapun data jumlah penduduk Kabupaten Muaro Jambi periode 2019-2021 sebagaimana Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Data Jumlah Penduduk Kabupaten Muaro Jambi Periode 2019 - 2021

Rincian	Satuan	2019	2020	2021
Sosial				
Penduduk	Orang	443.364	401.017	406.799

Tabel 4.2 Data Jumlah Penduduk Kabupaten Muaro Jambi Periode 2019-2021 (lanjutan)

Ekonomi				
PDRB Harga Berlaku	Miliar rupiah	24.294,99	24.419,84	27.749,95
Laju Pertumbuhan Ekonomi	%	4,79	0,37	4,08
PDRB Harga Konstan	Miliar rupiah	16.126,72	16.186,86	16.847,01

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2022)

4.1.2 Data Geometrik Jalan

Dari hasil survei dan pengukuran di lokasi pekerjaan desa marga mulya unit I Sungai Bahar Kabupaten Muaro Jambi, Adapun secara terinci data geometrik jalan sebagaimana Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.3 Kondisi Jalan Ruas Sungai Bahar-Marga Mulya

No	Kondisi Jalan	Nilai	Satuan
1	Ruas Jalan	Sungai Bahar-Marga Mulya	
2	No Ruas Jalan	101	
3	Panjang Ruas	0.927	Km
4	Lebar Jalan	6	m
5	Lebar Bahu	1	m
6	Kondisi Medan	Datar	
7	Hambatan Samping	Tinggi	m/km
8	Tanjakan Rata-rata	0.2	m/km
9	Turunan Rata-rata	0.2	m/km
10	Tanjakan + Turunan	0.2	m/km
11	Derajat Tikungan	15	°/km
12	Kekasaran (ITI)	5	m/km

(Sumber: Data Survei, 2022)

4.1.3 Data Volume Kendaraan

Perhitungan volume kendaraan dilakukan dalam dua kondisi yaitu saat jalur dibuka dan saat jalur ditutup (arah utara dan selatan). Survey dilakukan pada saat jalur dibuka selama 15 menit kemudian dihitung jumlah kendaraan yang masuk, serta pada saat jalur ditutup hitung kendaraan yang mengantri pada jalur tersebut sampai dengan jalur dibuka kembali. Dari hasil pencatatan jumlah kendaraan pada lokasi survey yang telah dilakukan selama 1 hari dengan durasi 14 jam dimulai dari jam 06.00-18.00 Wib dan jam 19.00 – 21.00 untuk arah utara pada ruas lokasi penelitian sebagaimana Tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.4 Jumlah Kendaraan Arah Utara Di Ruas Lokasi Penelitian

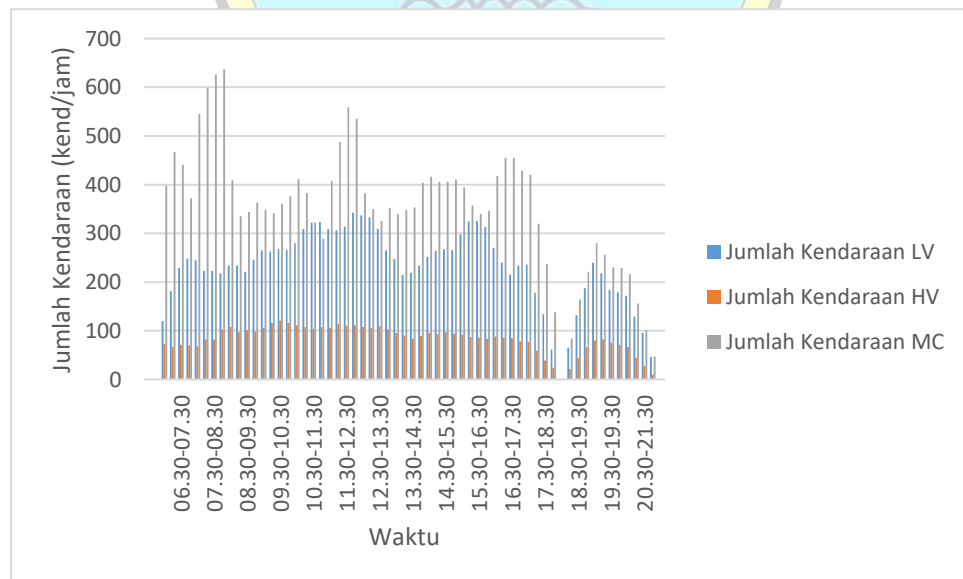
Waktu	Jumlah Kendaraan Arah Utara			
	LV	HV	MC	Total
06.00-07.00	120	73	398	591
06.15-07.15	181	67	467	715
06.30-07.30	229	71	441	741
06.45-07.45	248	70	372	690
07.00-08.00	245	68	545	858
07.15-08.15	223	82	599	904
07.30-08.30	223	82	626	931
07.45-08.45	246	98	363	707
08.00-09.00	234	108	409	751
08.15-09.15	234	97	335	666
08.30-09.30	221	101	344	666
08.45-09.45	246	98	363	707
09.00-10.00	265	106	349	720
09.15-10.15	263	116	341	720
09.30-10.30	268	121	361	750

**Tabel 4.5 Jumlah Kendaraan Arah Utara Di Ruas Lokasi Penelitian
(lanjutan)**

09.45-10.45	266	116	376	758
10.00-11.00	280	111	411	802
10.15-11.15	309	107	383	799
10.30-11.30	322	104	322	748
10.45-11.45	323	107	289	719
11.00-12.00	309	106	408	823
11.15-12.15	306	114	488	908
11.30-12.30	264	93	406	763
11.45-12.45	280	111	411	802
12.00-13.00	337	108	382	827
12.15-12.15	333	106	350	789
12.30-13.30	309	109	325	743
12.45-13.45	265	103	352	720
13.00-14.00	247	95	339	681
13.15-14.15	214	90	348	652
13.30-14.30	219	83	353	655
13.45-14.45	234	89	404	727
14.00-15.00	252	95	416	763
14.15-15.15	264	93	406	763
14.30-15.30	267	97	406	770
14.45-15.45	266	94	410	770
15.00-16.00	298	92	394	784
15.15-16.15	324	87	357	768
15.30-16.30	325	86	340	751
15.45-16.45	313	83	346	742
15.00-17.00	270	88	418	776
16.15-17.15	240	86	455	781
16.30-17.30	215	85	455	755
16.45-17.45	234	78	428	740
17.00-18.00	236	77	420	733
17.15-18.15	178	59	320	557

Tabel 4.6 Jumlah Kendaraan Arah Utara Di Ruas Lokasi Penelitian (lanjutan)

17.30-18.30	134	39	237	410
17.45-18.45	61	39	138	223
18.00-19.00	0	24	0	0
18.15-19.15	65	21	84	170
18.30-19.30	132	44	164	340
18.45-19.45	187	66	220	473
19.00-20.00	240	80	280	600
19.15-20.15	218	82	256	556
19.30-20.30	184	75	230	489
19.45-20.45	179	71	229	479
20.00-20.00	172	67	216	455
20.15-21.15	129	44	156	329
20.30-21.30	96	28	102	226
20.45-21.45	46	10	47	103
21.00-22.00	0	0	0	0



Gambar 4.1 Grafik Jumlah Kendaraan Arah Utara
(Sumber: Data analisis, 2022)

Dari Tabel 4.3 dan Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa jam puncak (*peak hour*) terjadi pada jam 7.30 – 8.30 dengan jumlah kendaraan 931 kend/jam. Dari tabel diatas dapat diketahui volume lalu lintas per jam untuk kendaraan ringan (LV) yang terdiri dari mobil kecil, angkot, dan pick up sebesar 223 kend/jam . Kendaraan berat (HV) yang terdiri dari bus besar, bus kecil, truk sedang, truck besar dan truk gandeng sebesar 82 kend/jam serta untuk sepeda motor (MC) sebesar 626 kend/jam.

Sedangkan hasil pencatatan jumlah kendaraan pada lokasi survey yang telah dilakukan selama 1 hari dengan durasi 14 jam dimulai dari jam 06.00-18.00 Wib dan jam 19.00 – 21.00 untuk arah selatan pada ruas lokasi penelitian sebagaimana Tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.7 Jumlah Kendaraan Di Ruas Lokasi Penelitian

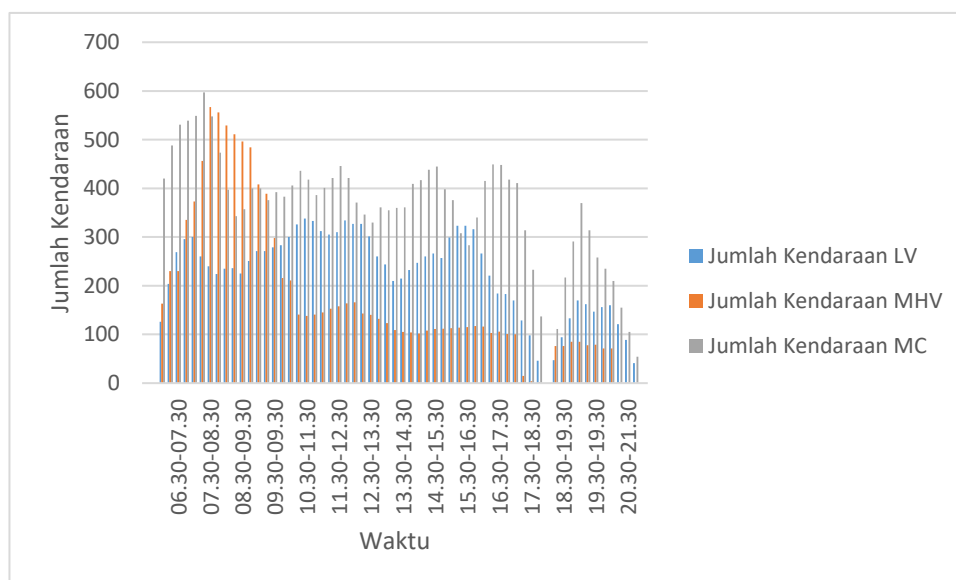
Waktu	Jumlah Kendaraan			
	Arah Selatan			
	LV	HV	MC	Total
06.00-07.00	126	163	420	709
06.15-07.15	204	230	488	922
06.30-07.30	269	230	531	1030
06.45-07.45	296	335	539	1170
07.00-08.00	300	373	549	1222
07.15-08.15	260	456	597	1313
07.30-08.30	240	567	548	1355
07.45-08.45	224	556	473	1253
08.00-09.00	235	529	397	1161
08.15-09.15	236	511	343	1090

Tabel 4.8 Jumlah Kendaraan Di Ruas Lokasi Penelitian (lanjutan)

08.30-09.30	225	496	357	1078
08.45-09.45	251	484	400	1135
09.00-10.00	271	408	400	1079
09.15-10.15	271	389	376	1036
09.30-10.30	279	298	392	969
09.45-10.45	283	216	383	882
10.00-11.00	300	211	406	917
10.15-11.15	326	141	436	903
10.30-11.30	338	138	418	894
10.45-11.45	333	141	386	860
11.00-12.00	312	145	401	858
11.15-12.15	305	153	421	879
11.30-12.30	310	158	446	914
11.45-12.45	334	164	421	919
12.00-13.00	327	166	371	864
12.15-12.15	327	143	346	816
12.30-13.30	301	140	330	771
12.45-13.45	260	132	361	753
13.00-14.00	244	123	355	722
13.15-14.15	210	109	360	679
13.30-14.30	215	105	361	681
13.45-14.45	232	104	409	745
14.00-15.00	247	102	417	766
14.15-15.15	260	108	438	806
14.30-15.30	266	111	445	822
14.45-15.45	257	112	398	767
15.00-16.00	299	113	376	788
15.15-16.15	323	114	308	745
15.30-16.30	323	115	283	721
15.45-16.45	316	117	340	773
15.00-17.00	266	116	415	797

Tabel 4.9 Jumlah Kendaraan Di Ruas Lokasi Penelitian (lanjutan)

16.15-17.15	221	103	449	773
16.30-17.30	184	106	448	738
16.45-17.45	183	101	418	702
17.00-18.00	170	100	411	681
17.15-18.15	129	15	314	458
17.30-18.30	98	4	233	335
17.45-18.45	46	2	137	185
18.00-19.00	0	0	0	0
18.15-19.15	47	76	111	234
18.30-19.30	94	76	217	387
18.45-19.45	133	85	291	509
19.00-20.00	170	85	370	625
19.15-20.15	162	78	314	554
19.30-20.30	147	79	258	484
19.45-20.45	156	71	235	462
20.00-20.00	160	71	210	441
20.15-21.15	121	2	155	278
20.30-21.30	89	1	105	195
20.45-21.45	41	0	54	95
21.00-22.00	0	0	0	0



Gambar 4.2 Grafik Jumlah Kendaraan Arah Selatan
(Sumber: Data analisis, 2022)

Dari Tabel 4.4 dan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa jam puncak (*peak hour*) terjadi pada jam 07.30 – 08.30 dengan jumlah kendaraan 1355 kend/jam. Dari tabel diatas dapat diketahui volume lalu lintas per jam untuk kendaraan ringan (LV) yang terdiri dari mobil kecil, angkot, dan pick up sebesar 240 kend/jam . Kendaraan berat (HV) yang terdiri dari bus besar, bus kecil, truk sedang, truck besar dan truk gandeng sebesar 567 kend/jam serta untuk sepeda motor (MC) sebesar 535 kend/jam. Sedangkan rekapitulasi jumlah kendaraan arah utara dan selatan sebagaimana Tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.10 Jumlah Kendaraan Arah Utara dan Selatan

Waktu	Jumlah Kendaraan Arah Utara				Jumlah Kendaraan Arah Selatan				Jumlah Kendaraan Utara dan Selatan
	LV	HV	MC	Total	LV	HV	MC	Total	
06.00-07.00	120	73	398	591	126	163	420	709	1300
06.15-07.15	181	67	467	715	204	230	488	922	1637

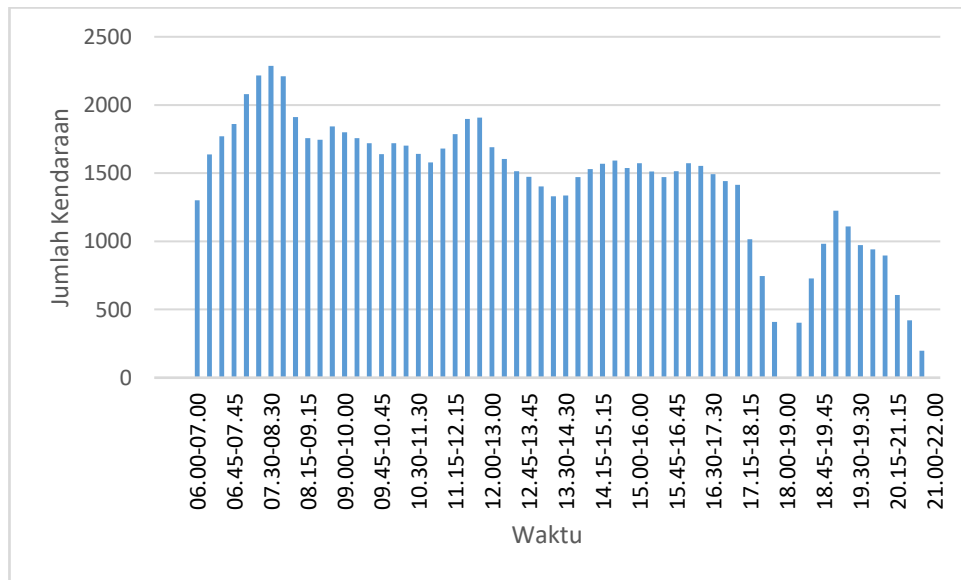
Tabel 4.11 Jumlah Kendaraan Arah Utara dan Selatan (lanjutan)

06.30-07.30	229	71	441	741	269	230	531	1030	1771
06.45-07.45	248	70	372	690	296	335	539	1170	1860
07.00-08.00	245	68	545	858	300	373	549	1222	2080
07.15-08.15	223	82	599	904	260	456	597	1313	2217
07.30-08.30	223	82	626	931	240	567	548	1355	2286
07.45-08.45	218	103	637	958	224	556	473	1253	2211
08.00-09.00	234	108	409	751	235	529	397	1161	1912
08.15-09.15	234	97	335	666	236	511	343	1090	1756
08.30-09.30	221	101	344	666	225	496	357	1078	1744
08.45-09.45	246	98	363	707	251	484	400	1135	1842
09.00-10.00	265	106	349	720	271	408	400	1079	1799
09.15-10.15	263	116	341	720	271	389	376	1036	1756
09.30-10.30	268	121	361	750	279	298	392	969	1719
09.45-10.45	266	116	376	758	283	216	383	882	1640
10.00-11.00	280	111	411	802	300	211	406	917	1719
10.15-11.15	309	107	383	799	326	141	436	903	1702
10.30-11.30	322	104	322	748	338	138	418	894	1642
10.45-11.45	323	107	289	719	333	141	386	860	1579
11.00-12.00	309	106	408	823	312	145	401	858	1681
11.15-12.15	306	114	488	908	305	153	421	879	1787
11.30-12.30	314	110	559	983	310	158	446	914	1897
11.45-12.45	342	111	535	988	334	164	421	919	1907
12.00-13.00	337	108	382	827	327	166	371	864	1691
12.15-12.15	333	106	350	789	327	143	346	816	1605
12.30-13.30	309	109	325	743	301	140	330	771	1514
12.45-13.45	265	103	352	720	260	132	361	753	1473
13.00-14.00	247	95	339	681	244	123	355	722	1403
13.15-14.15	214	90	348	652	210	109	360	679	1331
13.30-14.30	219	83	353	655	215	105	361	681	1336
13.45-14.45	234	89	404	727	232	104	409	745	1472
14.00-15.00	252	95	416	763	247	102	417	766	1529

Tabel 4.12 Jumlah Kendaraan Arah Utara dan Selatan (lanjutan)

14.15-15.15	264	93	406	763	260	108	438	806	1569
14.30-15.30	267	97	406	770	266	111	445	822	1592
14.45-15.45	266	94	410	770	257	112	398	767	1537
15.00-16.00	298	92	394	784	299	113	376	788	1572
15.15-16.15	324	87	357	768	323	114	308	745	1513
15.30-16.30	325	86	340	751	323	115	283	721	1472
15.45-16.45	313	83	346	742	316	117	340	773	1515
15.00-17.00	270	88	418	776	266	116	415	797	1573
16.15-17.15	240	86	455	781	221	103	449	773	1554
16.30-17.30	215	85	455	755	184	106	448	738	1493
16.45-17.45	234	78	428	740	183	101	418	702	1442
17.00-18.00	236	77	420	733	170	100	411	681	1414
17.15-18.15	178	59	320	557	129	15	314	458	1015
17.30-18.30	134	39	237	410	98	4	233	335	745
17.45-18.45	61	39	138	223	46	2	137	185	408
18.00-19.00	0	24	0	0	0	0	0	0	0
18.15-19.15	65	21	84	170	47	76	111	234	404
18.30-19.30	132	44	164	340	94	76	217	387	727
18.45-19.45	187	66	220	473	133	85	291	509	982
19.00-20.00	240	80	280	600	170	85	370	625	1225
19.15-20.15	218	82	256	556	162	78	314	554	1110
19.30-20.30	184	75	230	489	147	79	258	484	973
19.45-20.45	179	71	229	479	156	71	235	462	941
20.00-20.00	172	67	216	455	160	71	210	441	896
20.15-21.15	129	44	156	329	121	2	155	278	607
20.30-21.30	96	28	102	226	89	1	105	195	421
20.45-21.45	46	10	47	103	41	0	54	95	198
21.00-22.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(Sumber: Data analisis, 2022)



Gambar 4.3 Grafik Jumlah Kendaraan Arah Utara dan Selatan
(Sumber: Data analisis, 2022)

Dari Tabel 4.5 dan Gambar 4.3 yang terjadi di daerah pengamatan dapat dilihat bahwa jam puncak (*peak hour*) terjadi pada jam 07.30 – 08.30 dengan jumlah kendaraan 2286 kend/jam. Dari tabel diatas dapat diketahui volume lalu lintas per jam untuk kendaraan ringan (LV) yang terdiri dari mobil kecil, angkot, dan pick up. Kendaraan berat (HV) yang terdiri dari bus besar, bus kecil, truk sedang, truck besar dan truk gandeng serta untuk sepeda motor (MC) untuk ruas jalan desa marga mulya I sungai bahar kabupaten Muaro Jambi sebagaimana Tabel 4.6 berikut ini:

Tabel 4.13 Rekap Volume Kendaraan LV, HV dan MC

Kendaraan	LV	HV	MC	Jumlah
Kend/jam	463	649	1174	2286
ekr/jam	463	778,8	410,9	1652,7

(Sumber: Data analisis, 2022)

Dari Tabel 4.6 didapatkan data volume kendaraan jam puncak sebesar 2286 kendaraan/jam dan besarnya ekr sebesar 1652,7 ekr/jam. Berikut ini merupakan data kendaraan yang berada di ruas jalur yang sedang dilaksanakan kegiatan pengecoran *rigid pavement*. Pola buka tutup dilakukan selama 15 menit dengan harapan kendaraan tidak terlalu lama berada pada zona macet yang mengakibatkan terjadinya kerugian cukup besar bagi masyarakat. Total waktu antrian diasumsikan 15 menit (0,25 jam) dimana kendaraan yang melewati lokasi ini sebanyak 2286 kendaraan/jam.

4.1.4 Kecepatan Kendaraan

Dalam menghitung biaya kemacetan diperlukan data kecepatan existing dan ideal. yang dimaksud dengan data kecepatan ideal adalah kecepatan rata-rata yang ketika melintasi ruas jalan tersebut. Kecepatan eksisting merupakan kecepatan ketika berada di lokasi. Karena saat pembangunan jalan rigid dilakukan sistem buka tutup jalan sehingga memungkinkan kendaraan dari arah utara dan arah selatan dapat melewati ruas jalan tersebut maka kecepatan existing diasumsikan 0 km/jam.

Tabel 4.14 Data Kondisi Lalu lintas pada ruas jalan

No	Kondisi Jalan	Nilai	Satuan	Keterangan
1	Lalu lintas harian rata-rata (LHRT)		Kend/hari	Data sekunder/ hasil survey
2	Volume jam sibuk	2286	Kend/jam	Data sekunder/ hasil survey
3	Volume jam sibuk (V)	1652,7	smp/jam	Perhitungan dengan PKJI

(Sumber: Hasil Penelitian,2022)

Dari hasil survey sepanjang ruas jalan desa marga mulya I Sungai Bahar kabupaten Muaro Jambi terjadi beberapa kondisi yaitu kondisi kecepatan saat jalur jalan dibuka dan kondisi jalan saat kondisi ditutup, kegiatan tutup buka yang dilakukan sebagai strategi agar kendaraan bisa lewat saat kondisi pengecoran rigid pavement berlangsung. Kondisi ini mengakibatkan waktu normal perjalanan bertambah untuk dapat sampai ke tempat tujuan . selain itu dengan akibat adanya kemacetan khususnya pada saat penutupan jalan dengan kecepatan 0 km/jam maka akan mengakibatkan biaya operasional kendaraan . dari hasil survey yang dilakukan indicator yang paling terlihat adalah penurunan kecepatan. Survey kecepatan kendaraan dilakukan menggunakan mobil LV Sedan yang dilakukan pada berbagai waktu dimana pada saat jalur dibuka menghasilkan menghasilkan kecepatan rata-rata pada ruas tersebut sebagaimana Tabel 4.8 berikut ini.

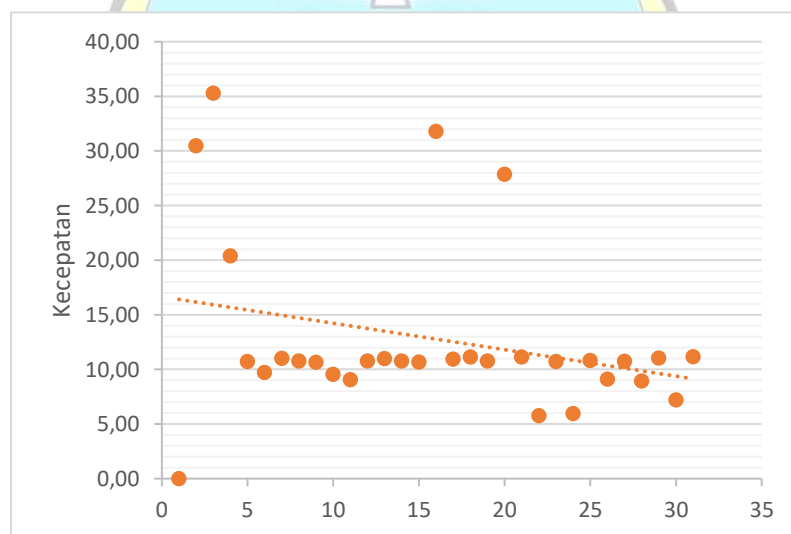
Tabel 4.15 Data Kecepatan Rata-Rata Kendaraan

No	Kecepatan (detik/100m)	Kecepatan (m/detik)	Kecepatan (km/jam)
1	11,81	8,47	30,48
2	10,20	9,80	35,29
3	17,66	5,66	20,39
4	33,60	2,98	10,71
5	37,00	2,70	9,73
6	32,68	3,06	11,02
7	33,46	2,99	10,76
8	33,78	2,96	10,66
9	37,70	2,65	9,55
10	39,71	2,52	9,07
11	33,41	2,99	10,78
12	32,76	3,05	10,99
13	33,42	2,99	10,77
14	33,71	2,97	10,68

Tabel 4.16 Data Kecepatan Rata-Rata Kendaraan (lanjutan)

15	11,32	8,83	31,80
16	32,90	3,04	10,94
17	32,31	3,10	11,14
18	33,42	2,99	10,77
19	12,92	7,74	27,86
20	32,35	3,09	11,13
21	62,41	1,60	5,77
22	33,60	2,98	10,71
23	60,51	1,65	5,95
24	33,30	3,00	10,81
25	39,51	2,53	9,11
26	33,51	2,98	10,74
27	40,33	2,48	8,93
28	32,61	3,07	11,04
29	50,06	2,00	7,19
30	32,28	3,10	11,15
		max	35,29
		min	5,77
		mean	13,20

(Sumber: Hasil Pengolahan, 2022)



Gambar 4.4 Grafik Kecepatan Kendaraan

(Sumber: Hasil Pengolahan, 2022)

Dari Tabel 4.8 dan Gambar 4.4 dapat dijelaskan bahwa kecepatan kendaraan yang diperoleh dilokasi pengamatan untuk kendaraan ringan dengan kecepatan max adalah 35,29 km/jam dan kecepatan min adalah 5,77 km/jam sedangkan kecepatan rata-rata kendaraan adalah 13,20 km/jam.

4.1.5 Kapasitas Jalan

Kapasitas jalan dihitung sebagaimana persamaan 2.2 diperoleh

$$C = C_0 \times FC_{LJ} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK}$$

Dimana

C = kapasitas, skr/jam

C_0 = kapasitas dasar, skr/jam (Tabel 2.23)

FC_{LJ} = faktor penyesuaian kapasitas terkait lebar lajur atau jalur lalu lintas

FC_{PA} = faktor penyesuaian kapasitas terkait pemisahan arah, hanya pada jalan tak terbagi (Tabel 2.24)

FC_{HS} = faktor penyesuaian kapasitas terkait KHS pada jalan berbahu atau berkereb (Tabel 2.25)

FC_{UK} = faktor penyesuaian kapasitas terkait ukuran kota (Tabel 2.26)

Tabel 4.17 Perhitungan Kapasitas Jalan

C_0	FC_{PA}	FC_{HS}	FC_{UK}	C (smp/jam)	C total (smp/jam)
1650	1,00	1,00	0,94	1.652,7	3.203,7

(Sumber: Data Analisis, 2022)

Dari Tabel 4.9 diperoleh perhitungan kapasitas untuk ruas jalan desa margo mulyo I Sungai Bahar Kabupaten Muaro Jambi adalah 3.203,7 smp/jam dan dari Tabel 4.4 diperoleh C sebesar 1.652,7 smp/jam, dengan demikian nilai V/C adalah 0,52

4.2 Perhitungan Nilai Waktu

Perhitungan nilai waktu dilakukan dengan menggunakan metode *income approach* untuk menentukan besarnya nilai waktu yang dapat digunakan sebagai nilai waktu perjalanan. Nilai waktu perjalanan dihitung menggunakan nilai Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Kabupaten Muaro Jambi Tahun 2021 yang di dapat dari BPS, sedangkan jam kerja didapatkan dari Dinas Tenaga Kerja. Data PDRB Menurut Lapangan Usaha Kab. Muaro Jambi sebagaimana Tabel 4.10 berikut ini.

Tabel 4.18 PDRB Menurut Lapangan Usaha Kab. Muaro Jambi, Jambi

Sektor PDRB	PDRB (2010) ADHK Menurut Lapangan Usaha Kab.Muaro Jambi (Milyar Rupiah)		
	2019	2020	2021
A. Pertanian, Kehutanan, dan Perikanan	6.719,67	6.810,09	7.111,38
B. Pertambangan dan Penggalian	2.059,44	2.100,47	2.160,71
C. Industri Pengolahan	2.637,82	2.636,25	2.724,40
D. Pengadaan Listrik dan Gas	5,70	6,06	6,90
E. Pengadaan Air, Pengelolaan Sampah, Limbah dan Daur Ulang	14,97	15,71	16,40
F. Konstruksi	907,74	898,41	976,18

**Tabel 4.19 PDRB Menurut Lapangan Usaha Kab. Muaro Jambi, Jambi
(lanjutan)**

G. Perdagangan Besar dan Eceran; Reparasi Mobil dan Sepeda Motor	829,74	793,09	829,27
H. Transportasi dan Pergudangan	566,75	517,96	554,73
I. Penyediaan Akomodasi dan Makan Minum	105,93	98,43	101,72
J. Informasi dan Komunikasi	409,38	447,80	462,22
K. Jasa Keuangan dan Asuransi	267,80	287,02	305,13
L. Real Estate	204,84	202,11	205,71
M. Jasa Perusahaan	193,90	175,66	178,15
N. Administrasi Pemerintahan, Pertahanan dan Jaminan Sosial Wajib	503,07	486,22	478,24
O. Jasa Pendidikan	304,81	311,01	309,93
P. Jasa Kesehatan dan Kegiatan Sosial	168,89	180,55	203,33
Q. Jasa lainnya	226,25	220,01	222,61
PRODUK DOMESTIK REGIONAL BRUTO	16.126,72	16.186,86	16.847,01

(Sumber: BPS, 2022)

Metode ini termasuk metode yang sederhana, karena hanya mempertimbangkan dua faktor yaitu Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) perorangan dan jumlah waktu kerja dalam setahun perorangan dengan mengasumsikan bahwa waktu yang dipergunakan menghasilkan suatu produk dalam bentuk pendapatan seseorang.

Perhitungan nilai waktu dilakukan berdasarkan persamaan:

PDRB = 16.847,01 Milyar

Jumlah penduduk = 406.799 jiwa

Jam kerja tahunan = 2.112 jam

Berdasarkan pada 1 minggu 40 jam, 1 tahun = 52 minggu efektif = 2.112 jam

$$\lambda = \frac{PDRB/orang}{Jam\ kerja\ tahunan} = \frac{16.847,01/406.799}{2.112} = Rp. 19.608,71 \text{ orang/jam}$$

4.3 Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan

Dibawah ini adalah data perhitungan biaya operasional kendaraan masing-masing komponen yang dilakukan dari hasil survey di lapangan. Berdasarkan hasil survey yang dilakukan di kota sekitar lokasi penelitian di dapatkah harga rata-rata komponen harga yang akan digunakan untuk perhitungan biaya operasional kendaraan sebagaimana Tabel 4.11 berikut ini:

Tabel 4.20 Harga rata-rata Komponen Biaya Operasional Kendaraan

No	Item Biaya	Harga Ekonomi	Satuan	Keterangan
1	Pertamax	14.500	Rp/liter	Data sekunder-hasil survey
2	Solar	6.800	Rp/liter	Data sekunder-hasil survey
3	Oli (HO)	150.000	Rp/liter	Data sekunder-hasil survey
4	Kendaraan Baru	180.000.000	Rp/kend	Data sekunder-hasil survey
5	Upah Tenaga Pemeliharaan	20.000	Rp/jam	Data sekunder-hasil survey
6	Ban Baru	490.000	Rp/ban baru	Data sekunder-hasil survey

(Sumber: Hasil Survey, 2022)

1. Biaya Bahan Bakar

a. Kecepatan rata-rata lalu lintas

Untuk kendaraan LV pada kondisi jalan saat terjadi pengecoran *rigid pavement* adalah sebesar $V = 13,20$ Km/Jam

b. Percepatan rata-rata

Percepatan rata-rata lalu lintas dalam suatu ruas jalan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$A_R = 0,0128 \times (V/C)$$

$$A_R = 0,0128 \times (1.035.9/1.839)$$

$$A_R = 0,0053$$

c. Simpangan baku percepatan

Simpangan baku percepatan lalu lintas dalam suatu ruas jalan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$SA = SA_{\max} \times (1,04 / (1 + e^{(a_0 + a_1) \cdot V/C}))$$

$$SA = 0,75 \times (1,04 / (1 + e^{(5.140 + 8.264) \cdot 1035.9/1839}))$$

$$SA = 0,78$$

d. Tanjakan dan turunan

Dalam menentukan nilai R_R dan F_R digunakan data dari tabel 2.38 pada daerah datar .

$$R_R = 2,5$$

$$F_R = -2,5$$

e. Biaya konsumsi dan bahan bakar minyak

$$\begin{aligned} \text{KBBM}_i &= (\alpha + \beta_1/V_R + \beta_2 \times V_R^2 + \beta_3 \times R^R + \beta_4 \times F_R + \beta_5 \times F_R^2 + \\ &\quad \beta_6 \times DT_R + \beta_7 \times A_R + \beta_8 \times SA + \beta_9 \times BK + \beta_{10} \times BK \times A_R \\ &\quad + \beta_{11} \times BK \times SA)/1.000 \end{aligned}$$

$$\text{KBBM}_i = 0,1127$$

f. Konsumsi bahan bakar minyak

$$\text{BiBBM}_j = \text{KBBM}_i \times \text{HBBM}_j$$

$$\text{BiBBM}_j = 0,1127 \times 14500$$

$$\text{BiBBM}_j = 1.635,1993 \text{ rupiah/km}$$

2. Biaya Oli Mesin

a. Konsumsi oli

Konsumsi oli untuk masing-masing jenis kendaraan dapat dihitung dengan persamaan berikut, yaitu :

$$\text{KO}_i = \text{OHK}_i + \text{OHO}_i \times \text{KBBM}_i$$

$$\text{KO}_i = 0,00175 + 2,8 \times 10^{-6} \times 0,1127$$

$$\text{KO}_i = 0,00175$$

Kehilangan oli akibat kontaminasi dihitung sebagai berikut :

$$\text{OHK}_i = \text{KAPO}_i/\text{JPO}_i$$

$$\text{OHK}_i = 3,5/2000$$

$$\text{OHK}_i = 0,00175$$

- b. Biaya konsumsi oli

$$BO_i = KO_i \times HO_j$$

$$BO_i = 0,00175 \times 150.000$$

$$BO_i = \text{Rp } 262,547$$

3. Biaya Konsumsi Suku Cadang

- a. Kerataan

Data kekasaran permukaan jalan dapat diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan Alat Pengukur Kerataan Permukaan Jalan dengan satuan hasil pengukuran meter per kilometer (IRI) didapatkan 5 m/km.

- b. Harga kendaraan baru

Data harga kendaraan dapat diperoleh melalui survei harga suatu kendaraan baru jenis tertentu dikurangi dengan nilai ban yang digunakan. Dari hasil survey didapatkan HKB sebesar Rp. 180.000.000,-.

- c. Nilai relatif biaya suku cadang kendaraan baru

Nilai relatif biaya suku cadang terhadap harga kendaraan baru atau konsumsi suku cadang untuk suatu jenis kendaraan i dapat dihitung dengan rumus persamaan berikut, yaitu :

$$P_i = (\phi + \gamma_1 + \text{IRI})(KJT_i/100.000)^2$$

$$P_i = (-0,69 + 0,42 + 5)(5.000/100.000)0,1^2$$

$$P_i = 1044,9$$

d. Biaya konsumsi suku cadang

$$BP_i = P_i \times HKB_i / 1000.000$$

$$BP_i = 188,10 \times 180.000.000 / 1000.000$$

$$BP_i = \text{Rp. } 188,10$$

4. Biaya Upah Pemeliharaan Kendaraan

a. Harga satuan upah tenaga pemeliharaan

Data harga satuan upah didapatkan dari hasil survey langsung di bengkel dengan nilai Rp. 20.000/jam.

b. Kebutuhan jam pemeliharaan

Kebutuhan jumlah jam pemeliharaan untuk masing-masing jenis kendaraan dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$JP_i = a_0 \times P_i^{a1} \quad JP_i = 77,14 \times 1044,9^{0,547}$$

$$JP_i = 79,098 \text{ (jam/1.000 km)}$$

c. Biaya upah perawatan

Biaya Upah Perbaikan Kendaraan untuk masing-masing jenis kendaraan dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$BU_i = JP_i \times UTP / 1000$$

$$BU_i = 79,098 \times 20.000 / 1.000$$

$$BU_i = \text{Rp. } 1.580,40$$

5. Biaya Konsumsi Ban

a. Kekasaran

Data kerataan permukaan jalan yang diperlukan dalam satuan hasil pengukuran meter per kilometer (IRI), didapatkan nilai 5 m/km.

b. Tanjakan dan turunan

Nilai tanjakan dan turunan didapatkan dari tabel untuk kondisi medan datar adalah 5 m/km.

c. Derajat tikungan

Derajat tikungan didapatkan dari tabel dengan kondisi medan datar adalah 15°/km.

d. Konsumsi ban

Konsumsi ban untuk masing-masing kendaraan dapat dihitung dengan rumus persamaan berikut, yaitu :

$$KB_i = \chi + \delta_1 \times IRI + \delta_2 \times TT_R + \delta_3 \times DT_R$$

$$KB_i = -0,01471 + 0,01489 \times 5 + 0 \times 0 + 0$$

$$KB_i = 0,05974$$

e. Biaya konsumsi ban

$$BB_i = KB_i \times HB_j / 1000$$

$$BB_i = 0,05974 \times 490.000 / 1.000$$

$$BB_i = \text{Rp. } 29,27$$

Dari perhitungan biaya tidak tetap komponen BOK dapat disimpulkan sebagaimana Tabel 4.12 berikut ini.

Tabel 4.21 Biaya Tidak Tetap Komponen BOK

Jenis Kendaraan	BOK Tidak Tetap	Komponen BOK Tidak Tetap				
	Rp/km	BBM	Oli	Suku Cadang	Upah Perawatan	Ban
Sedan	3.695,539	1.635,199	262,57	188,10	1.580,40	29,27

(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

4.4 Perhitungan Biaya Kemacetan

Biaya kemacetan merupakan suatu bentuk eksternalitas dalam transportasi. Hal ini menjadi akibat adanya tambahan waktu perjalanan, baik yang disebabkan oleh tundaan lalu lintas maupun tambahan volume kendaraan yang mendekati atau melebihi kapasitas pelayanan jalan. Tundaan ini berakibat pada penambahan biaya perjalanan terutama komponen biaya operasional kendaraan dan nilai waktu perjalanan. Biaya kemacetan merupakan biaya perjalanan akibat tundaan waktu lalu lintas maupun tambahan volume kendaraan yang mendekati atau melebihi kapasitas pelayanan jalan. Biaya kemacetan di hitung dengan menggunakan persamaan 2.32 berikut ini:

$$\begin{aligned} C &= N * (GA + (1+A/B)V')T \\ &= 2.286 (3.695,54 + (1 + (0/40))19.608,71) . 0,25 \\ &= \text{Rp } 13.318.378,30 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan biaya kemacetan akibat dari pembangunan *rigid pavement* dengan *fast setting concrete* adalah sebesar Rp. 13.318.378,30

4.4.1 Komparasi Biaya Fast Setting Concrete

Proses pembangunan rigid pavement dengan menggunakan *common concrete* dan *fast setting concrete* pada dasarnya menggunakan metode yang sama, hanya yang berbeda adalah mix design dan proporsi penggunaan materialnya yang berbeda yang dilakukan di batching plant . sehingga dalam pelaksanaan di lapangan tidak merubah metode pelaksanaan berdasarkan hasil survey di lapangan pada beberapa vendor beton readymix didapatkan harga sebagaimana Tabel 4.13 berikut ini

Tabel 4.22 Harga Beton Readymix

No	Jenis Beton	Harga (Rp/m3)
1	Common concrete Fs 45'	1.100.000
2	Beton fast setting Fs'45 3 hari	1.500.000

(Sumber: Hasil Survey, 2022)

Selisih antara harga beton *fast setting concrete* dengan beton biasa didapatkan sebesar Rp.400.0000 panjang jalan yang di cor 927 m dengan lebar 6 meter dan tebal 0,3 cm didapatkan selisih sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Total selisih biaya beton} &= 927 \times 6 \times 0,3 \times \text{Rp. } 400.000,00 \\ &= \text{Rp. } 667.440.000,00 \end{aligned}$$

Biaya kemacetan per jam dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Biaya kemacetan} &= \text{Rp } 13.318.378,30 \times 24 \text{ jam} \times 28 \text{ hari} \\ &= \text{Rp. } 8.949.950.219,95 \end{aligned}$$

Namun, dengan penggunaan jalan pada usia 3 hari maka estimasi penghematan dari biaya kemacetan yang dialami oleh pengguna jalan, maka perhitungannya akan menjadi seperti berikut.

$$\begin{aligned}\text{Biaya kemacetan} &= \text{Rp } 13.318.378,30 \times 24 \text{ jam} \times 3 \text{ hari} \\ &= \text{Rp. } 958.923.237,85\end{aligned}$$



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Volume kendaraan pada ruas Jalan Desa Marga Mulya Unit I Sungai Bahar Kabupaten Muaro Jambi sebesar 2.286 kend/jam dan kecepatan kendaraan yang diperoleh 13,20 km/jam.
2. Biaya operasional kendaraan (BOK) dengan metode LAPI ITB-PT. Jasa Marga pada ruas Jalan Desa Marga Mulya Unit I Sungai Bahar Kabupaten Muaro Jambi sebesar Rp 3.695,54 /km/Kendaraan.
3. Biaya kemacetan pembangunan *rigid pavement* dengan *fast setting concrete* yang dikeluarkan akibat penurunan kecepatan pada ruas Jalan Desa Marga Mulya Unit I Sungai Bahar Kabupaten Muaro Jambi sebesar Rp 13.318.378,30. Untuk Pengerjaan dengan menggunakan Beton biasa dengan umur beton 28 hari biaya kemacetan per jam didapat sebesar Rp.8.949.950.219,95 sementara pengerjaan dengan menggunakan beton Fast setting concrete dengan umur beton 3 hari biaya kemacetan per jam didapat sebesar Rp.958.923.237,85.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Untuk pembangunan rigid pavement baik untuk jalan baru maupun peningkatan jalan maka beton fast setting concrete sangat cocok untuk digunakan dalam rangka untuk meminimalisir biaya kemacetan yang ditanggung oleh masyarakat.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui variabel-variabel lain yang berpengaruh terhadap biaya kemacetan yang ditanggung oleh masyarakat.



DAFTAR PUSTAKA

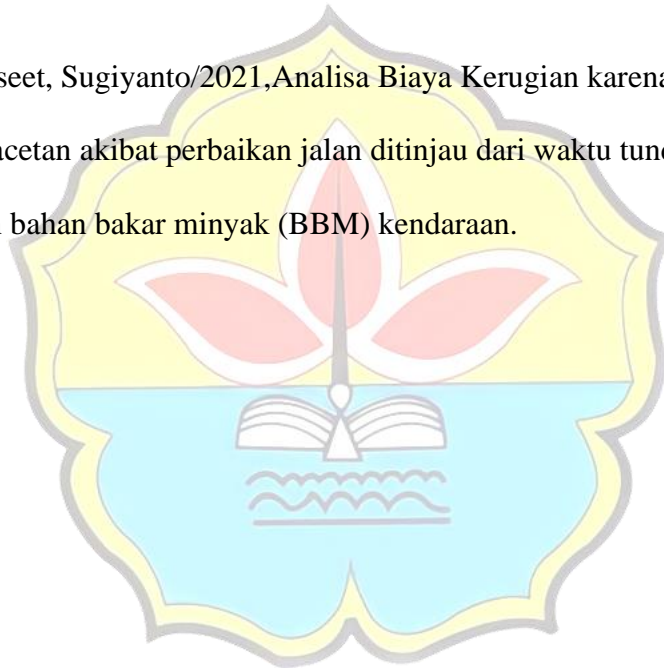
- Badan Pusat Statistik (2022), *Kabupaten Muaro Jambi Dalam Angka 2022*.
- Adisasmita, A. (2011), *Jaringan Transportasi Teori dan Analisis*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Alamsyah, A. (2008), *Rekayasa Lalu lintas*, Malang: Penerbit Universitas Muhammadiyah Malang.
- Cristy & Lall. (2005), *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi*, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Hendarsin. L. (2000), *Penuntun Praktis Perencanaan Geometrik Jalan Raya*, Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- Manual Kapasitas Jalan Indonesia, (1997), Jakarta: Dept, PU
- Pedoman Desain Geometrik Jalan, (2021), Jakarta: Kementerian PUPR
- Pedoman Konstruksi Jalan Indonesia. (2014), Jakarta: Dept PU.
- Peraturan Pemerintah No 34. (2006), *Tentang Jalan*, Jakarta: Dept PU.
- Saodang. H. (2010), *Geometrik Jalan Raya*, Bandung: Penerbit Nova.
- Sukirman. S. (1999), *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Bandung: Penerbit Nova.
- Tamin. Z. (2012), *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Bandung: Penerbit IT.
- Undang- Undang No 2. (2022), *Tentang Jalan*, Jakarta

Aulia Dewi Fatikasari, Catur Arif Prastyanto/2021, Analisis Biaya Kerugian Kemacetan Jalan Akibat Adanya Kerusakan pada Kendaraan Berat di Jalan Arteri Primer (Studi Kasus: Ruas Jalan Surabaya-Mojokerto).

Santhy Aprilyani Sanda, James A. Timboeleng, Audie I.E. Rumayar/2019, Analisis Kemacetan Kendaraan Pribasi di Titik Zero Point Manado.

Margareth E. Bolla, Ricky A. Yappy, Tri M. W. Sir/ 2017, Biaya kemacetan Ruas Jalan Kota Kupang ditinjau dari segi biaya operasional kendaraan.

M. Ameer Aseet, Sugiyanto/2021, Analisa Biaya Kerugian karena mengalami kondisi kemacetan akibat perbaikan jalan ditinjau dari waktu tunda perjalanan dan kenaikan bahan bakar minyak (BBM) kendaraan.



LAMPIRAN

