

**ANALISA PANJANG ANTRIAN DENGAN TUNDAAN PADA
PERSIMPANGAN BERSINYAL DI JL. SUNGGAL
JL. SETIA BUDI - JL. KASUARI
(STUDI KASUS)**

TUGAS AKHIR

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

Disusun oleh:

ARIANTO SELVISTER LASE

20310002

Telah diuji di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir pada tanggal 13 September 2024
dan dinyatakan telah lulus sidang sarjana

Disahkan oleh:

Dosen Pembimbing I

Nuryita Inani Simanjuntak, S.T., MSc

Dosen Pembimbing II

Bartholomeus, S.T., MT

Dosen Penguji I

Luki Hariando Purba, S.T., M.Eng

Dosen Penguji II

Ir. Partahi Lumbangaol., M.Eng.Sc

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Timbang Pangaribuan, M.T

Ketua Program Studi

Ir. Yetty Riris Saragi, S.T., IPU., ACPE

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi didefinisikan sebagai proses perpindahan barang atau manusia dari satu tempat ke tempat tujuan tertentu. Transportasi memiliki peran yang sangat penting untuk saling menghubungkan daerah sumber bahan baku, daerah produksi, daerah pemasaran dan daerah pemukiman sebagai tempat tinggal konsumen. Transportasi juga mempunyai peranan penting untuk manusia, karena memudahkan manusia dalam melakukan aktivitas sehari-hari (Budiman dkk, 2016).

Transportasi dapat dianggap sebagai salah satu bentuk teknologi karena melibatkan penggunaan pengetahuan, keterampilan, dan alat untuk memindahkan orang atau barang dari satu tempat ke tempat lain. Kemajuan dan perkembangan teknologi yang terjadi terhadap kota Medan dan masyarakat kota Medan menimbulkan peningkatan dan perkembangan diberbagai sektor. Dengan meningkatnya perkembangan diberbagai sektor khususnya disektor ekonomi, tentu akan menimbulkan kenaikan taraf hidup dan pendapatan masyarakat Kota Medan tentunya. Dengan meningkatnya taraf hidup maka mobilisasi masyarakat kota Medan dari satu wilayah ke wilayah yang lainnya dengan menggunakan transportasi baik angkutan umum, sepeda motor, mobil dan yang lainnya tentu juga akan meningkat terus menerus (Budiman dkk, 2016).

Dengan meningkatnya perekonomian dan taraf hidup masyarakat Kota Medan maka kebutuhan terhadap transportasi pun akan meningkat. Meningkatnya jumlah kendaraan atau transportasi di Kota Medan tentu akan menimbulkan kepadatan dan panjang antrian yang cukup panjang dipersimpangan-persimpangan Kota Medan (Aryandy, 2017).

Salah satu masalah yang sulit diatasi dan sering terjadi di Kota Medan adalah masalah kemacetan pada lalu lintas yang disebabkan pertumbuhan kendaraan yang semakin meningkat setiap harinya. Sama halnya dengan permasalahan yang sering terjadi di Jalan Sunggal, Jalan Setia Budi, dan Jalan Kasuari di Medan dikenal sebagai jalur yang sering mengalami kemacetan karena tingginya volume

kendaraan. Oleh karena itu, penting untuk menganalisis antrian kendaraan dan penundaan yang terjadi di persimpangan bersinyal di wilayah ini (Aryandy, 2017).

Guna mengatasi masalah tersebut sebaiknya dilakukan evaluasi kembali terhadap kondisi persimpangan, peninjauan kapasitas jalan, antrian dan tundaan sehingga konflik yang terjadi di Jl. Sunggal - Jl. Setia Budi – Jl. Kasuari Medan dapat diminimalisir, sehingga kemacetan dapat dihindarkan. Sehingga dapat memberikan kelancaran, kenyamanan, dan keselamatan bagi pengguna jalan (Aryandy 2017).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana nilai faktor kinerja simpang bersinyal Jl.Sunggal – Jl.Setia Budi – Jl.Kasuari Medan?
2. Bagaimana hubungan antara panjang antrian terhadap tundaan pada persimpangan di Jl. Sunggal – Jl. Setia Budi – Jl. Kasuari Medan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah panjang antrian dengan tundaan pada persimpangan bersinyal, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui nilai faktor-faktor kinerja simpang bersinyal Jl.Sunggal – Jl.Setia Budi – Jl.Kasuari Medan dengan berdasarkan MKJI 1997.
2. Untuk mendapatkan nilai panjang antrian dan mengetahui hubungan antara panjang antrian dengan tundaan yang diperoleh pada persimpangan di Jl. Sunggal – Jl. Setia Budi – Jl. Kasuari Medan.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang ada pada penelitian ini antara lain:

1. Penelitian ini dilakukan disimpang Jl. Sunggal – Jl. Setia Budi – Jl. Kasuari Medan. Dengan menggunakan waktu survei yang sudah ditentukan pada hari *weekdays* dihari Senin, Rabu, Jumat dan *Weekend* dihari Sabtu. Juga dengan ketentuan waktu yg dilaksanakan pada pagi dan sore yang dimana pagi dijam 07.00 – 09.00 WIB, dan sore di jam 17.00 – 19.00 WIB.

2. Arus Lalulintas yang dihitung pada persimpangan dilakukan secara manual yakni: kendaraan ringan (*LV*), kendaraan berat (*HV*), dan kendaraan bermotor (*MC*).
3. Tidak mengevaluasi APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas).
4. Metode pengumpulan data dan pengelolaan data dilakukan dengan menggunakan standar Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi panjang antrian dengan tundaan di persimpangan di Jl. Sunggal – Jl. Setia Budi – Jl. Kasuari Medan.
2. Melalui penelitian ini, penulis akan mengembangkan ketrampilan dan mengembangkan pengetahuan yang bermanfaat tentang analisis dan kinerja pada simpang bersinyal di Jl. Sunggal Jl. Setia Budi Jl. Kasuari Medan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Persimpangan

Persimpangan (*Intersection*) adalah suatu daerah umum yang dimana dua ruas jalan atau lebih saling bergabung atau berpotongan, termasuk fasilitas-fasilitas yang ada dipinggir jalan untuk menggerakkan lalu lintas pada daerah tersebut. Persimpangan juga merupakan bagian paling penting dari sistem jaringan jalan yang harus dirancang dengan baik dengan mempertimbangkan efisiensi, keselamatan, kecepatan, biaya operasi dan kapasitas antara pertemuan dua buah ruas jalan, yang dimana pertemuan antara jalan dan rel kereta api juga disebut dengan perlintasan (Aryandy 2017).

Persimpangan adalah suatu titik yang dimana dua atau lebih jalan bertemu atau sebaliknya, memungkinkan kendaraan untuk berubah arah atau meneruskan perjalanan ke arah yang berbeda. Persimpangan dapat dikatakan simpul jalan sederhana, seperti perpotongan empat arah, atau dapat menjadi persimpangan yang lebih pas seperti bundaran atau persimpangan bertingkat. Tujuan utama dari persimpangan adalah untuk mengatur aliran lalu lintas agar kendaraan dapat bergerak dengan aman dan efisien (Aryandy 2017).

Persimpangan dapat didefinisikan menjadi dua golongan ,yaitu persimpangan dengan lampu (*signalized intersection*) dan persimpangan tanpa lampu (*unsignalized intersection*). Pada persimpangan dengan lampu, fasilitas-fasilitas yang ada seperti sinyal lalu lintas (*traffic light*), dan bundaran (*rotary intersection*). Sedangkan dipersimpangan tanpa lampu, fasilitas-fasilitas yang ada berupa prioritas atau kanalisasi (Aryandy 2017).

Pada umumnya sinyal lalu lintas digunakan untuk satu atau lebih dengan alasan berikut (MKJI,1997):

1. Untuk menghindari kemacetan simpang yang berakibat adanya konflik arus lalu lintas, sehingga dapat dijamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak.

2. Untuk memberi kesempatan kepada pengendara dan atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk memotong jalan utama.
3. Untuk mengurangi jumlah terjadinya kecelakaan pada lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang berlawanan.

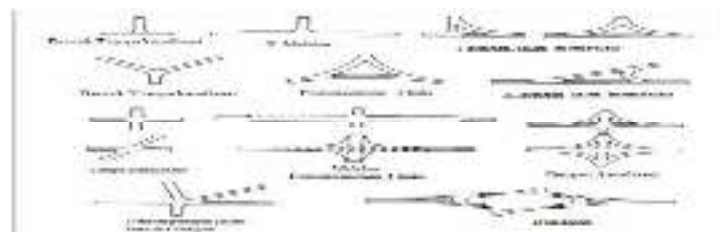
Persimpangan jalan tergolong dari dua kategori utama, yaitu persimpangan sebidang (*intersection*) dan persimpangan tak sebidang yang sering disebut dengan (*interchange*). Persimpangan sebidang adalah persimpangan yang dimana berbagai jalan atau ujung jalan masuk ke persimpangan menuju lalu lintas masuk ke jalur yang dapat berlawanan dengan lalu lintas lainnya, seperti misalnya pada persimpangan di jalan perkotaan. Juga demikian, persimpangan tak sebidang adalah pemisahan lalu lintas pada jalur yang berbeda-beda sedemikian rupa, sehingga persimpangan jalur dari kendaraan hanya terjadi pada kendaraan terpisah dari atau bergabung menjadi satu pada jalur gerak yang sama (Aryandy 2017).

1. Persimpangan sebidang

Persimpangan sebidang merupakan persimpangan dimana jalan raya bergabung atau berpotongan dengan jalan rel kereta api pada ketinggian yang sama. Menurut peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat (no. SK.770/KA.401/DRDJ/2005), maksimum gradien yang dilewati kendaraan pada perlintasan sebidang sebesar 2 % diukur dari sisi terluar permukaan datar untuk jarak 9,4 meter.

Jenis sistem pengendaliannya yaitu:

- a. Jenis tanpa pengaturan lalu lintas (*uncontrolled*).
- b. Jenis pengaturan berhenti atau prioritas (stop).
- c. Jenis pengaturan dengan lampu pengatur lalu lintas (*traffic light*).
- d. jenis pengaturan dengan bundaran lalu lintas (*roundabout*).

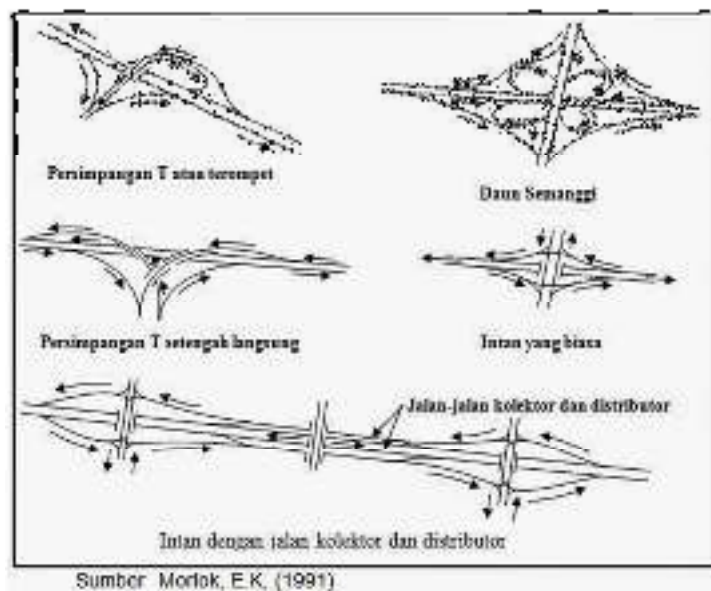


Gambar 2. 1 Jenis persimpangan sebidang (Morlok 1991)

(Sumber: Morlok 1991)

2. Persimpangan tidak sebidang

Sedangkan persimpangan tak sebidang, yaitu suatu pemisahan lalu lintas pada jalur yang berbeda sedemikian rupa sehingga persimpangan jalur dari kendaraan hanya terjadi ditempat dimana kendaraan memisah atau bergabung menjadi satu pada lajur gerak yang sama (contoh jalan layang), karena kebutuhan untuk menyediakan pergerakan membelok tanpa berpotongan, maka membutuhkan tikungan yang lebih besar dan sulit serta biayanya yang mahal. Pertemuan jalan tak sebidang juga membutuhkan lokasi yang luas serta penempatan dan tata letaknya sangat dipengaruhi oleh topografi. Adapun contoh simpang yang disusun secara visual yaitu pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Persimpangan tak sebidang (Morlok1991)

(Sumber: Morlok 1991)

Ada beberapa faktor yang bisa mempengaruhi terjadinya suatu permasalahan lalu lintas yang biasa terjadi pada persimpangan, antara lain:

1. Volume dan kapasitas, yang dimana secara langsung mempengaruhi hambatan.
2. Desain geometrik, dan kebebasan pandangan.
3. Kecelakaan dan keselamatan jalan, kecepatan, dan lampu jalan.
4. Parkir, akses dan pembangunan yang sifatnya aman.
5. Pejalan kaki jarak antar persimpangan.

2.2 Karakteristik lalulintas

Karakteristik awal arus lalulintas adalah arus, kecepatan, dan kerapatan. Karakteristik ini dapat diamati dengan cara makroskopik atau mikroskopik. Pada tingkat pada mikroskopik analisis dilakukan secara individu sedangkan pada tingkat analisis makroskopik dilakukan berkelompok (Soedirdjo, 2002). Tabel 2.1 menggambarkan kerangka dasar dari karakteristik lalulintas. Karakteristik dasar arus lalulintas ialah arus, kecepatan, dan kerapatan. Karakteristik ini dapat disimak dengan cara makroskopik atau mikroskopik. Pada tingkat mikroskopik analisis dilakukan dengan cara individu sedangkan pada tingkat analisis makroskopik dilakukan secara kelompok (Soedirdjo, 2002). Tabel 2.1 menggambarkan kerangka dasar dari karakteristik lalulintas.

Tabel 2. 1 Kerangka dasar karakteristik lalulintas

Karakteristik Lalulintas	Mikroskopik	Makroskopik
Arus	Waktu antara (<i>Time Headway</i>)	Tingkat arus
Kecepatan	Kecepatan individu	Kecepatan rata-rata
Kerapatan	Jarak antara (<i>Distance Headway</i>)	Tingkat kerapatan

(Sumber: Soedirjo, 2002)

Arus lalu lintas dibentuk dari pergerakan individu pengendara dan pengendara yang melakukan interaksi antara yang satu dengan yang lainnya pada suatu ruas jalan dan lingkungannya. Karena persepsi dan kemampuan individu pengemudi mempunyai hal - hal yang berbeda maka perilaku pengendara di dalam arus lalu lintas tidak dapat disamakan lebih lanjut, arus lalu lintas dapat mengalami perbedaan karakteristik lokal dan kebiasaan mengemudi. Tidak ada arus lalu lintas yang sama apa lagi pada keadaan yang serupa, sehingga arus pada suatu ruas jalan tertentu selalu berbeda - beda.

Walaupun demikian diperlukan parameter yang bisa menunjukkan kondisi ruas jalan atau yang akan dipakai untuk mendesain. Parameter tersebut ialah volume, kecepatan, dan kepadatan.

2.2.1 Arus dan Volume Lalulintas

Menurut manual kapasitas jalan Indonesia 1997 (MKJI), arus lalulintas (q) merupakan suatu jumlah kendaraan bermotor yang melewati satu titik pada jalan per-satuan waktu, dinyatakan dalam kendaraan per-jam. Menurut Soedirdjo (2002), arus lalu lintas terbagii atas 4 variasi yaitu: variasi bulanan, variasi harian, variasi jam-an dan variasi per sub jam. Perhitungan arus lalu lintas dilakukan per satuan jam pada satu arah atau lebih periode, misalnya berdasarkan pada kondisi arus lalu lintas rencana jam puncak pagi, siang dan sore. Pada pernyataan, arus lalu lintas tidak disamakan setiap saat. Variasi yang terjadi pada satu jam dinyatakan dalam faktor jam puncak (*Peak Hour Faktor/PHF*), yaitu suatu perbandingan antara arus lalu lintas jam puncak dengan 4 kali 15 menitan arus lalu lintas paling tinggi pada jam yang sama.

$$PHF = \frac{V}{(4 \times V_{15})} \quad 2.1$$

Keterangan:

PHF = Faktor jam puncak (*Peak Hour Faktor*)

V = volume selama 1 jam (kendaraan/jam)

V_{15} = volume selama 15 menit tersibuk pada jam tersebut (kendaraan/15menit)

Arus lalu lintas (Q) untuk setiap gerakan, baik belok kiri, lurus ataupun belok kanan dapat dikonversikan dari kendaraan per-jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per-jam degan menggunakan nilai ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk setiap jenis pendekatan, yaitu pendekatan terlindung (*Protected*) dan pendekatan terlawan (*Oppesed*). Tipe pendekatan terlindung (P) adalah arus keberangkatan tanpa adanya masalah antara gerakan lalu lintas belok kanan dan lurus. Sedangkan jenis pendekatan terlawan adalah arus keberangkatan dengan konflik antara gerak lalu lintas belok kanan dan gerakan lurus/belok kiri.

Tabel 2. 2 Nilai emp pendekat terlindung dan terlawan

Jenis Kendaraan	JalanPerkotaan	
	Pada Ruas	Pada Persimpangan
Kendaraan Ringan (LV)	1	1
Kendaraan Berat (HV)	1,2	1,3
Kendaraan Motor (MC)	0,25	0,2

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

satuan waktu (Alamsyah, 2008). Volume biasanya dapat dihitung dalam kendaraan/hari atau kendaraan/jam. Volume juga dapat dinyatakan dalam periode waktu yang lain.

Biasanya untuk di daerah-daerah perkotaan khususnya Kota Medan, volume lalu lintas cenderung tinggi diwaktu Sedangkan volume merupakan jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tiap pagi hari, seperti yang diketahui untuk pagi hari pada jam 07.00-09.00 biasanya orang mulai beraktifitas pada tujuan masing-masing. Juga pada waktu sore hari volume lalu lintas cenderung juga naik dikarenakan orang-orang juga mulai pulang dari tujuan masing-masing.

Dalam pembahasannya volume dibagi 3 (tiga) (Soedirdjo, 2002) yaitu:

1. Volume Harian (*Daily volume*)

Ada empat parameter volume harian yang sering digunakan yaitu:

- a. Lalulintas harian rata-rata tahunan (LHRT) atau *average annual daily traffic (AADT)* yaitu volume lalu lintas 24 jam rata-rata pada lokasi tertentu selama 365 hari penuh, yaitu jumlah total banyaknya kendaraan yang melintas lokasi dalam satu tahun dibagi 365.

Secara umum ada 2 (dua) tahap yang dapat dilakukan untuk menentukan (LHRT), yaitu:

- 1) Pencacahan volume lalu lintas yang sifatnya menyeluruh selama satu tahun untuk menentukan arus lalu lintas rata-rata harian serta faktor variasi harian dan bulanan. Pencacahan volume lalu lintas harus dilaksanakan paling sedikit 4 (empat) kali dalam 1 (satu) tahun, dan lebih baik jika dilakukan pada setiap 1 (satu) bulan sekali. Pencacahan volume lalu lintas selama 7 (tujuh) hari ditargetkan untuk memperkecil variasi.

2) Pencacahan volume lalu lintas lanjutan dapat dilakukan pada tahun selanjutnya dengan frekuensi yang lebih kecil dan /atau untuk periode waktu yang lebih pendek. Pencacahan volume lalu lintas lanjutan ini dapat dikonversikan sebagai (LHRT) dengan menggunakan faktor variasi.

Pencacahan volume lalu lintas lanjutan direkomendasikan dilaksanakan dalam 7 (tujuh) hari, dan paling sedikit 2 (dua) hari. Jika hasil dari pencacahan pada volume lalu lintas selama 2 (dua) hari sulit untuk dianalisis, maka pencacahan lalu lintas harus dilaksanakan kembali.

- b. Lalulintas hari kerja rata rata tahunan (LHKRT) *average annual weekday traffic* (AAWT) yaitu volume lalulintas 24 jam rata-rata yang terjadi pada hari kerja selama satu tahun penuh.
- c. Lalulintas harian rata-rata (LHR) atau *average daily traffic* (ADT) yaitu volume lalulintas 24 jam rata-rata pada lokasi untuk periode waktu yang kurang dari satu tahun. Sedangkan *AADT* dihitung selama satu tahun penuh.
- d. Lalulintas hari kerja rata-rata (LHKR) atau *average weekday traffic* (AWT) adalah volume lalulintas 24 jam rata-rata yang terjadi pada hari kerja selama periode kurang dari setahun, seperti dalam satu bulan atau satu periode.

2. Volume jam-an (*Hourly Volumes*)

Ialah suatu pengamatan terhadap arus lalulintas untuk menentukan jam puncak selama periode pagi dan sore yang biasanya terjadi pada kesibukan akibat orang pergi dan pulang kerja. Volume lalu lintas pada umumnya rendah pada malam hari, tetapi naik secara cepat pada pagi hari dan sore hari. Volume di jam sibuk biasanya terjadi di jalan perkotaan pada saat orang-orang melakukan perjalanan kerja atau dari tempat kerja atau sekolah. Dari hasil pengamatan tersebut dapat dilihat arus yang paling besar yang disebut sebagai jam puncak.

3. Volume per sub jam (*Sub Hourly Volumes*)

Ialah suatu pengamatan terhadap arus lalu lintas lebih kecil dari satu jam. Pada umumnya kendaraan pada suatu arus lalu lintas memiliki suatu komposisi lalu lintas, dalam hal ini dikenal sebagai klasifikasi kendaraan. Klasifikasi kendaraan sangat bergantung pada tujuan dari suatu survei yang dilakukan.

- a. Klasifikasi pada kendaraan berdasarkan berat kendaraan , terutama beban sumbu, umumnya dilakukan untuk hal-hal yang berhubungan pada desain konstruksi perkerasan dan penanganan jalan.
- b. Klasifikasi pada kendaraan meliputi berdasarkan dimensi kendaraan umumnya dilakukan untuk menentukan lebar lajur dan radius putar.
- c. Klasifikasi pada kendaraan berdasarkan kendaraan pribadi dan kendaraan umum, umumnya dilakukan untuk menentukan skema manajemen pembatasan yang akan dilakukan.
- d. Klasifikasi pada kendaraan berdasarkan kendaraan bermotor, kendaraan tidak bermotor serta pejalan kaki, umumnya dapat dilakukan untuk menentukan suatu teknik-teknik optimasi penggunaan ruang jalan dan keselamatan bagi pejalan kaki.

2.2.2 Kecepatan

Kecepatan merupakan suatu ukuran yang menentukan seberapa cepat suatu objek bergerak dari suatu tempat ke tempat lain dalam waktu tertentu. Dalam konteks transportasi, kecepatan tertuju pada seberapa cepat kendaraan atau alat transportasi bergerak dari suatu lokasi ke lokasi lainnya dalam waktu tertentu. Kecepatan pada transportasi juga dapat mempengaruhi faktor seperti dari jenis kendaraan, kondisi jalan, lalu lintas, dan regulasi kecepatan. Semakin tinggi kecepatan, semakin cepat waktu yang akan berlangsung.

$$\mu = \frac{d}{t} \quad 2.2$$

Dengan :

μ = kecepatan (km/jam atau m/det)

d = jarak tempuh (km atau m)

t = waktu tempuh (jam atau detik)

Menurut Peraturan menteri perhubungan republik Indonesia nomor PM 96 tahun 2015 tentang pedoman yang dimana pelaksanaan suatu kegiatan manajemen dan rekayasa lalu lintas, ada tiga klarifikasi kecepatan yang biasanya dijadikan sebagai analisa, yaitu:

1. Kecepatan Setempat (*spot speed*)

Kecepatan setempat (*spot speed*) ialah merupakan kecepatan sesaat pada lokasi tertentu disuatu ruas jalan. Terdapat 2 (dua) jenis kecepatan rata-rata setempat (*mean spot speed*), yaitu:

- a. Kecepatan rata-rata waktu (*time mean speed*) adalah rata-rata aritmatik kecepatan pada kendaraan yang melintasi dari suatu titik selama rentang waktu tertentu.

$$\bar{\mu}_t = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad 2.3 \quad 2.3$$

Keterangan:

$\bar{\mu}_t$ = kecepatan rata-rata waktu

X = jarak tempuh (km)

Ti = waktu tempuh kendaraan (jam)

N = jumlah kendaraan yang diamati

- b. Kecepatan rata-rata ruang (*space mean speed*) yang merupakan rata-rata aritmatik kecepatan kendaraan yang berada pada rentang jarak tertentu dan pada waktu tertentu.

$$\bar{\mu}_{sr} = \frac{x}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad 2.4$$

Keterangan:

μ = kecepatan rata-rata ruang

x = jarak tempuh (km)

ti = waktu tempuh kendaraan (jam)

n = jumlah yang diamati

Tabel 2. 3 Rekomendasi panjang jalan untuk studi kecepatan setempat

Perkiraan rata-rata arus lalulintas (km/jam)	Penggal jalan
<40	25
40 – 65	50
>65	75

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Dalam suatu pergerakan arus lalulintas, tiap kendaraan yang berjalan pada kecepatan yang berbeda. demikian juga dalam arus lalu lintas tidak dikenal kecepatan tunggal akan tetapi lebih dikenal sebagai distribusi dari pada kecepatan kendaraan tunggal. Dari distribusi ini disebut jumlah rata-rata atau nilai tipikal yang dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik dari arus lalulintas.

2. Kecepatan tempuh (*travel speed*)

Kecepatan tempuh (*travel speed*) adalah suatu kecepatan rata-rata (km/jam) arus lalu lintas yang dihitung dari panjang jalan dibagi waktu tempuh rata-rata kendaraan yang melalui segmen jalan. Waktu pada tempuh rata-rata yang digunakan pada kendaraan menempuh segmen jalan dengan panjang tertentu, termasuk semua tundaan-tundaan waktu berhenti (detik) atau jam. Waktu tempuh tidak termasuk berhenti untuk istirahat dan perbaikan pada kendaraan.

3. Kecepatan arus bebas (*free flow speed*)

Kecepatan arus bebas (*free flow speed*) merupakan suatu kecepatan rata-rata teoritis (km/jam) lalulintas pada kerapatan = 0, ialah tidak ada kendaraan yang lewat. kecepatan arus bebas (*free flow speed*) juga diartikan sebagai kecepatan (km/jam) kendaraan yang tidak mempengaruhi kendaraan lain (yaitu kecepatan dimana suatu pengendara merasakan perjalanan yang nyaman, dalam kondisi geometrik, lingkungan dan pengaturan pada lalulintas yang ada pada segmen jalan yang dimana tidak terdapat kendaraan yang lain).

2.3 Ekivalensi Mobil Penumpang

Untuk keperluan analisa dan perhitungan dari volume lalu lintas yang terdiri dari beberapa tipe, maka perlu dikonversikan didalam satuan kendaraan ringan yang dikenal sebagai satuan mobil penumpang dengan menggunakan faktor ekivalensi

mobil penumpang. MKJI (1997), mendefinisikan suatu satuan mobil penumpang dan ekivalensi mobil penumpang sebagai berikut:

1. Satuan mobil penumpang, yaitu satuan arus, yang dimana arus dari berbagai tipe kendaraan yang diubah menjadi suatu kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan emp.
2. Ekivalensi mobil penumpang, yaitu suatu faktor konversi berbagai jenis pada kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya perilaku pada lalu lintas.

Menurut MKJI (1997), untuk jalan perkotaan dan persimpangan, kendaraan pada arus lalu lintas dibagi menjadi 3 (tiga) tipe yaitu:

1. Kendaraan ringan (*LV*) adalah kendaraan bermotor yang ber as dua dengan empat roda dengan jarak as 2,0 – 3,0 m (meliputi: mobil penumpang, oplet, mikro, bis, pick up dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
2. Kendaraan berat (*HV*) adalah suatu kendaraan bermotor yang lebih dari empat roda (meliputi: bis, truk 2 as, truk 3 as, dan truk kombinasi sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
3. Sepeda motor (*MC*) adalah suatu kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda (meliputi: sepeda motor dan kendaraan roda tiga sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

Tabel 2. 4 Emp untuk jalan perkotaan terbagi dan satu-arah

Tipe Jalan Jalan satu arah dan jalan	Arus lalulintas per lajur (kend/jam)	Emp	
		HV	MC
Dua-lajur-satu arah (2/1), dan empat-lajur terbagi (4/2D)	1050	1,3	0,40
		1,2	0,25
Tiga-lajur satu arah (3/1) dan enam-lajur terbagi	1100	1,3	0,40
		1,2	0,25

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

2.4 Tundaan

Tundaan yang disebabkan oleh adanya gangguan pada arus lalu lintas akan menjadikan kinerja dari sistem lalu lintas terganggu. Tundaan akibat hentian (*stopped delay*) adalah suatu tundaan yang terjadi pada kendaraan yang dimana kendaraan tersebut berada dalam kondisi benar-benar berhenti pada kondisi mesin masih hidup (*stationer*). Keadaan ini bila berlangsung lama, maka pada akhirnya dapat mengakibatkan suatu kemacetan. Tundaan menggambarkan suatu keadaan yang tidak produktif, apa bila dinilai dalam bentuk uang (Aryandy 2017).

Tundaan dapat mengakibatkan perselisihan waktu antara kecepatan perjalanan dan kecepatan bergerak. Pada sebagian besar perjumpaan jalan, waktu operasi akan hilang terutama pada perjumpaan jalan yang sebidang. Baik yang tidak diatur oleh lampu sinyal maupun yang diatur oleh lampu sinyal. Dalam kondisi kemacetan, waktu yang hilang diakibatkan tundaan dan panjang antrian adalah parameter yang sangat esensial dan merupakan hal yang sangat penting untuk ditangani (Aryandy 2017).

Tundaan dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, disebutkan sebagai waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa melalui suatu simpang. Tundaan yang terdiri dari tundaan lalu lintas dan tundaan geometri. Tundaan lalu lintas (*vehicle interaction delay*) merupakan waktu yang menunggu disebabkan oleh interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang bertentangan (Aryandy 2017).

Tundaan geometri (*geometric delay*) merupakan suatu yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan kendaraan yang membelok ke simpang dan atau yang terhenti oleh lampu merah (Aryandy 2017). Beberapa definisi tentang tundaan yang dapat digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. *Stopped delay* merupakan waktu saat kendaraan berada dalam kondisi stasioner akibat adanya aktifitas pada persimpangan, *stopped delay* disini sama pengertiannya dengan *stopped time*.
2. *Time in queue delay* merupakan waktu pada saat kendaraan pertama berhenti sampai kendaraan tersebut keluar dari antrian. Pada persimpangan, waktu kendaraan tersebut dari antrian dihitung saat kendaraan melewati stop line.

Studi tentang tundaan dipersimpangan, yang pada umumnya dilakukan secara terpisah pada tiap-tiap persimpangan. Metode yang akan digunakan berdasarkan pada studi waktu tempuh antara dua titik, dari satu lengan kelengan lainnya dari persimpangan (Aryandy 2017).

Tundaan dapat dipehitungkan pada simpang yang dilengkapi APILL dan simpang yang tidak dilengkapi APILL (simpang prioritas).

1. Tundan pada simpang ber APILL

Tundaan lalu lintas pada simpang ber APILL yakni:

- a. Tundaan lalulintas (*delay Traffic*) adalah waktu menunggu yang disebabkan interaksi pada lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang bertentangan.
- b. Tundaan geometrik adalah waktu menunggu yang diakibatkan oleh perlambatan dan percepatan kendaraan yang membelok disimpangan dan/ atau waktu yang terhenti oleh lampu merah.

2. Tundaan pada simpang yang tidak dilengkapi dengan APILL .

Tundaan lalu lintas pada persimpangan yang tidak dilengkapi dengan APILL (simpang prioritas) meliputi:

- a. Tundaan lalulintas (*delay traffic*) adalah waktu menunggu yang diakibatkan oleh interaksi lalu lintas dengan lalu lintas yang berkonflik. Tundaan pada lalu lintas terdiri dari tundaan lalu lintas yang rata-rata semua kendaraan bermotor yang masuk ke persimpangan dari jalan utama, serta tundaan lalu lintas rata-rata semua kendaraan bermotor yang masuk persimpangan dari jalan minor.
- b. Tundaan geometrik (*delay geometric*) adalah waktu menunggu yang diakibatkan oleh suatu perlambatan dan percepatan lalu lintas yang terganggu dan yang tidak terganggu.

Tundaan lalu lintas rata-rata pada suatu pendekat dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$DT = \frac{c \times 0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)} + \frac{NQ_1 \times 3600}{c} \tag{2.52.5}$$

di mana:

DT = Tundaan Lalulintas rata-rata pada pendekat (det/jam)

GR = Rasio hijau (g/c)

- DS = Derajat kejenuhan
 C = Kapasitas (smp/jam)
 NQ1 = Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya.

Tundaan geometrik rata-rata pada suatu pendekat dapat diperkirakan sebagai berikut:

$$DG = (1 - psv) \times pT \times 6 + (psv \times 4) \quad 2.6$$

Dimana:

- DG = Tundaan geometrik rata-rata pada pendekat (det/smp)
 psv = Rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat
 pT = Rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat.

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat j dihitung sebagai:

$$D = DT + DG \quad 2.7$$

Dimana:

- D = Tundaan rata-rata untuk pendekat j (det/smp)
 DG = Tundaan lalu lintas rata-rata untuk pendekat j (det/smp)
 DT = Tundaan geometrik rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

2.5 Panjang Antrian

Antrian kendaraan merupakan suatu fenomena transportasi yang terlihat sehari-hari. Antrian dalam MKJI 1997, dapat didefinisikan sebagai jumlah yang antri dalam suatu pendekat pada simpang yang dapat dinyatakan dalam kendaraan atau satuan mobil penumpang. Sedangkan panjang antrian didefinisikan sebagai panjang antrian kendaraan yang dimana suatu pendekat dan dinyatakan dalam satuan meter. Gerakan pada kendaraan yang berada dalam antrian akan dikontrol oleh gerakan yang ada didepannya atau kendaraan tersebut dihentikan oleh komponen lain dari sistem lalu lintas (Aryandy 2017).

Antrian dapat dibedakan menjadi antrian bergerak dan antrian berhenti. Antrian biasanya terjadi pada persimpangan, *bottleneck* pada jalan bebas hambatan, lokasi permasalahan dan lokasi penggabungan arus. Dalam analisa pengaruh penutupan gerbang perlintasan kereta api ini digunakan aturan antrian yang pertama

yaitu *first in, first out* hal ini diakibatkan dalam penyesuaian dengan kenyataan dilapangan dan kondisi pendekat lintasan (Aryandy 2017).

Dalam melakukan pengukuran panjang antrian, didalamnya harus mengikuti pencacahan dari jumlah kendaraan yang berada dalam sistem antrian pada suatu waktu tertentu. Hal tersebut dapat dilakukan dengan berbagai perhitungan fisik kendaraan atau dengan memberi tanda (*Placing mark along the road length*) pada jalan, sehingga mengindikasikan suatu jumlah kendaraan yang berada dalam antrian akan dinyatakan sebagai satuan panjang (Aryandy 2017).

2.6 Metode Perhitungan dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)

Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) merupakan suatu metode yang dapat dirancang untuk mempermudah dalam menyelesaikan permasalahan yang terkait dengan kapasitas jalan di Indonesia, termasuk dalam permasalahan simpang bersinyal.

2.7 Kondisi Arus Lalu Lintas

Kondisi arus lalu lintas merujuk pada suatu keadaan dan kelancaran pada pergerakan kendaraan di jalan raya dengan pada waktu tertentu. Perhitungan arus lalu lintas dilaksanakan persatuan jam dalam satu atau lebih periode, misalnya didasarkan pada kondisi arus lalu lintas dengan rencana jam puncak pagi dan sore.

Tabel 2. 5 Tipe kendaraan

No	Tipe Kendaraan	Defenisi
1	Sepeda Bermotor (MC)	Sepeda Motor, Skuter
2	Kendaraan Ringan (LV)	Colt, Pick Up, Taksi
3	Kendaraan Berat (HV)	Bus kecil, Bus besar, Truk

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Tabel 2. 6 Nilai konversi satuan mobil penumpang pada simpang

Jenis Kendaraan	Nilai emp untuk tiap pendekat	
	Terlindung (P)	Terlawan (D)
LV	1,0	1,0
HV	1,3	1,3
MC	0,2	1,4

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Menghitung arus lalu lintas dalam kendaraan/jam dengan pada masing-masing pendekat untuk kondisi arus berangkat terlindung atau terlawan. Dalam menentukan sebuah nilai arus jenuh, pada sebelumnya lebih dahulu menentukan hitungan untuk masing-masing pendekat rasio kendaraan belok kanan dengan menggunakan rumus (MKJI 1997) yakni:

$$P_{LT} = \frac{T \text{ (smp/jam)}}{\text{Total (smp/jam)}} \quad 2.8$$

Dan untuk menentukan pendekat rasio belok kiri dapat dihitung dengan:

$$PRT = \frac{RT \text{ (smp/jam)}}{\text{Total (smp/jam)}} \quad 2.92.9$$

2.8 Fase Sinyal dan Waktu Hilang

Untuk melakukan sebuah perhitungan analisa operasional dan perencanaan, disarankan untuk membuat suatu perhitungan rinci waktu antar hijau untuk waktu dalam bentuk pengosongan dan waktu hilang. Dan apabila periode merah semua untuk masing-masing akhir fase yaitu telah ditetapkan waktu hilang (LTI) untuk simpang dan dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu antar hijau (MKJI 1997):

$$LTI = \sum(\text{Merah Semua} + \text{Kuning}) \quad 2.10$$

2.9 Arus Jenuh

Arus jenuh dasar merupakan suatu perhitungan awal sebelum masuk keperhitungan arus jenuh yang dimana maksud dari arus jenuh adalah suatu hal yang dipengaruhi lebar jalur terhadap kemiringan pada permukaan jalan, akan tetapi untuk pendekat terlindung arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dan lebar efektif pendekat (W_e) (MKJI 1997). Dalam menentukan nilai arus jenuh dasar yaitu dengan menggunakan hitungan;

$$S_o = 600 \times W_e \text{ smp/jam hijau} \quad 2.11$$

Dimana:

S_o = Arus jenuh dasar smp/jam hijau.

W_e = Lebar satuan jalan efektif.

Arus Jenuh yang terjadi dipersimpangan yaitu adalah suatu hal yang harus menjadi perhatian karena dipengaruhi oleh lebar jalur, kemiringan permukaan, dan sebagainya. Tingkat kepadatan lalu lintas atau tingkat arus jenuh merupakan arus kendaraan per jam yang diakomodasi oleh kelompok jalur yaitu dengan anggapan bahwa fase selalu tersedia untuk jalan, yaitu perbandingan g/c adalah 1,00. Perhitungan dimulai dengan memilih suatu tingkat arus jenuh kendaraan per jam yang ideal biasanya 1800 mobil penumpang per jam dan waktu hijau tiap-tiap lajur, dan adanya penyesuaian nilai ini untuk berbagai kondisi yang ada bukan merupakan kondisi yang ideal (MKJI 1997).

Arus jenuh (*saturation flow*) pada suatu simpang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$S = S_o \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_g \times F_{rt} \times F_{lt} \quad 2.12$$

Dimana:

S = Arus jenuh smp/jam hijau.

S_o = Arus jenuh dasar smp/jam.

F_{cs} = Faktor koreksi untuk ukuran kota atau jumlah penduduk kota.

F_{sf} = Faktor koreksi untuk hambatan samping dan lingkungan jalan.

F_g = Faktor koreksi untuk kemiringan jalan.

F_p = Faktor koreksi untuk parkir kendaraan.

F_{rt} = Faktor koreksi untuk kendaraan belok kanan

F_{lt} = Faktor koreksi untuk kendaraan belok kiri

Untuk perhitungan arus jenuh (S) maka diperlukan beberapa tabel yang berisikan faktor-faktor koreksi yaitu:

Tabel 2. 7 Faktor penyesuaian ukuran kota (Fcs)

Penduduk Kota (Juta Jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)
>3,0	1,05
1,0 – 3,0	1,00
0,5 – 1,0	0,94
0,1 – 0,5	0,83
<0,1	0,82

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Tabel 2. 8 Faktor penyesuaian untuk tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (FSF)

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	>0,25
Komersial (COM)	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 (RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,89	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
Akses terbata (RA)	Tinggi/ Sedang/ Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,85	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

1. Menentukan Rasio Arus (FR) dengan masing-masing pendekatan yakni:

$$FR = Q/S$$

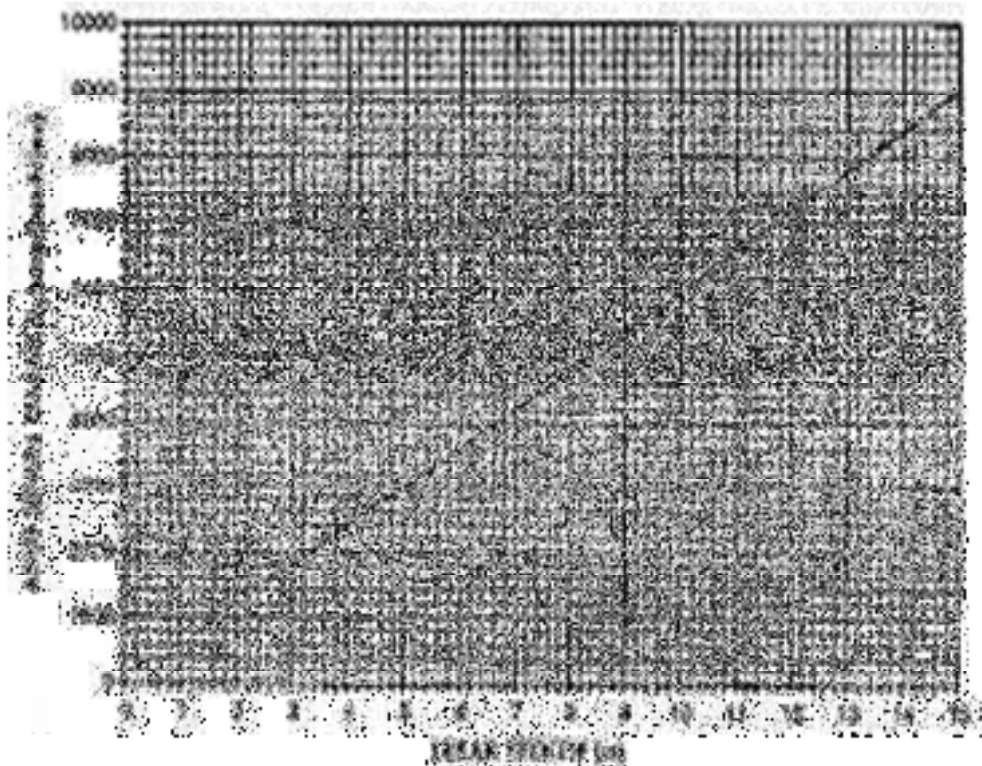
2.13

- Menentukan Rasio Arus Simpang (IFR) yaitu sebagai jumlah dari nilai-nilai FR yang dilingkari (=kritis) dihitung dengan:

$$IFR = \sum(FR_{crit}) \quad 2.14$$

- Menentukan Rasio Fase (PR) pada masing-masing fase sebagai rasio antara FRcrit dan IFR, dan dihitung dengan:

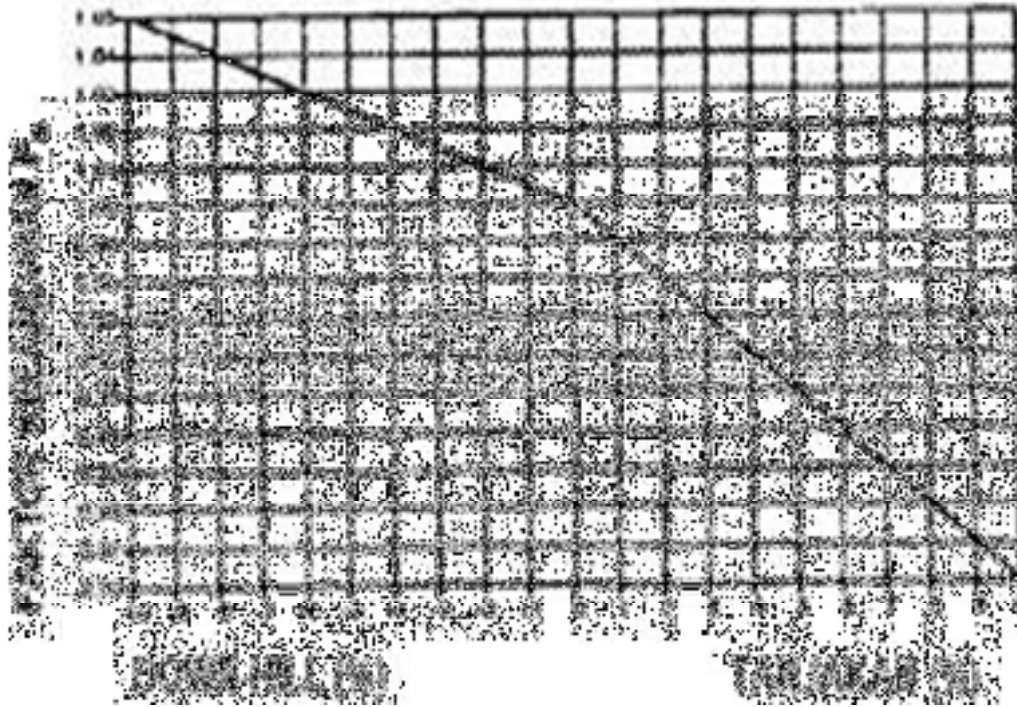
$$PR = FR_{crit} / IFR \quad 2.15$$



Gambar 2. 3 Lebar efektif ruas jalan (W_e)

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Faktor penyesuaian kelandaian ditentukan sebagai fungsi dari kelandaian sebagai faktor penyesuaian parkir (FP) yaitu ditentukan dari gambar 2.4 untuk fungsi jarak garis henti sampai kendaraan yang parkir pertama dan lebar pendekat.



Gambar 2. 4 Faktor penyesuaian untuk kelandaian (FG)

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

FP dapat dihitung dari rumus yang ditentukan sebagai berikut yang mencakup pengaruh panjang waktu hijau:

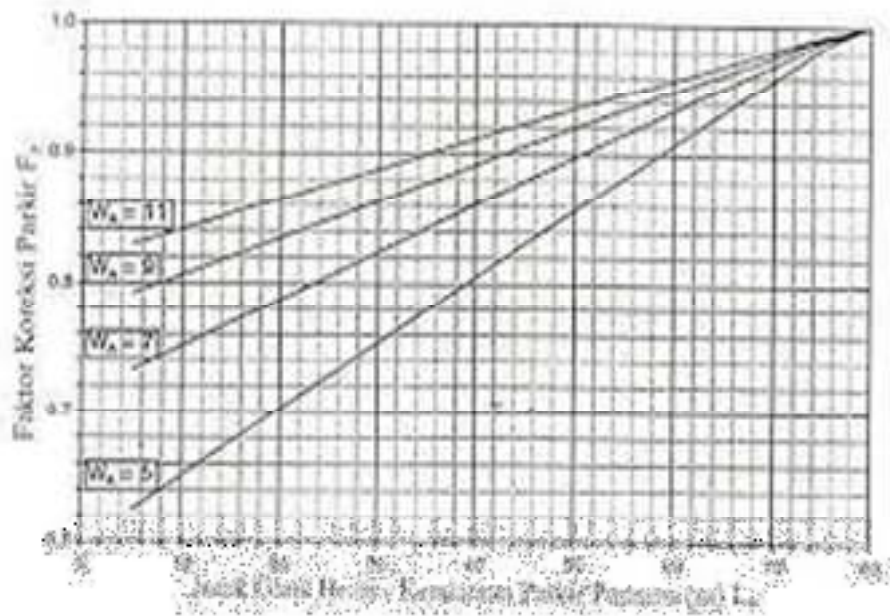
$$FP = [Lp/3-(Wa-2) \times (Lp/3-g) / Wa] / g \quad 2.16$$

Dimana:

Lp = Jarak antar garis henti dan kendaraan parkir

Wa = Lebar pendekat

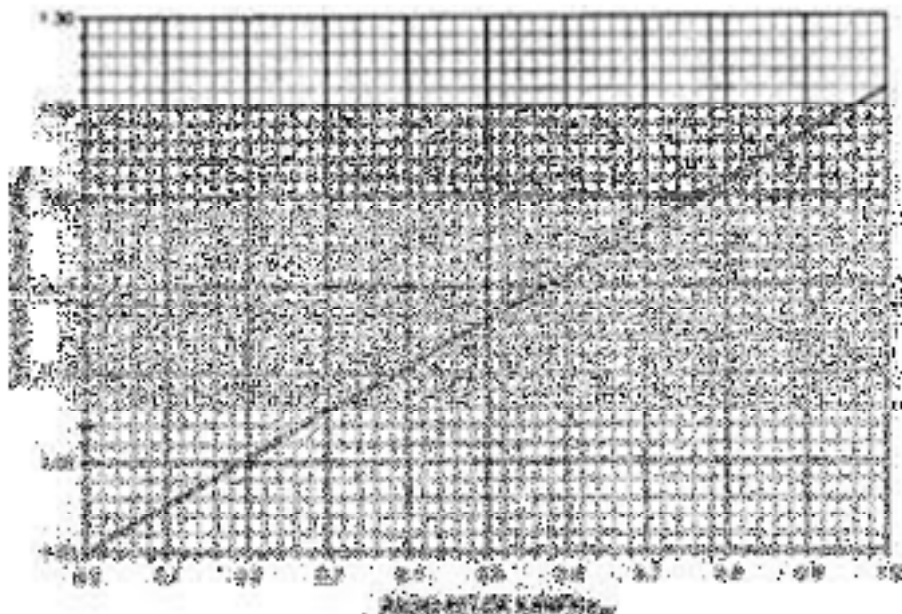
g = Waktu hijau pada pendekat



Gambar 2. 5 Faktor penyesuaian untuk pengaruh parkir (F_p)

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Menentukan faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan berbelok kana (P_{RT}) dengan keterangan hanya untuk tipe P, tanpa median, lebar efektif ditentukan lebar masuk.

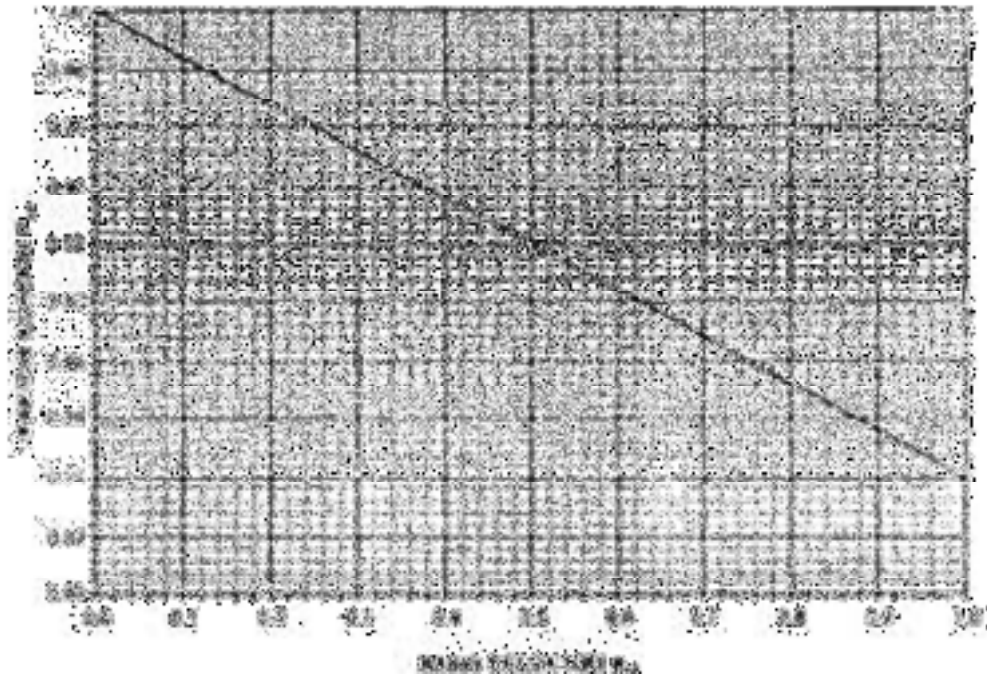


Gambar 2. 6 Faktor penyesuaian untuk kendaraan belok kanan (F_{RT})

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Untuk menentukan nilai Faktor penyesuaian belok kanan yaitu dihitung dengan:

$$F_{RT} = 1.0 + P_{RT} \times 0,26 \quad 2.17$$



Gambar 2. 7 Faktor penyesuaian untuk kendaraan belok kiri (FLT)

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Menentukan faktor penyesuaian untuk kendaraan belok kiri di hitung dengan:

$$F_{LT} = 1,0 + PLT \times 0,16 \quad 2.18$$

2.10 Kapasitas dan Derajat Jenuh

Pada umumnya operasi atau pemakaian terhadap fasilitas yang tersedia sangat jarang sekali dimanfaatkan pada tingkat kapasitas penuh. Oleh karena itu penilaian terhadap jumlah maksimum lalu lintas yang dapat disalurkan pada tingkat yang telah dipertahankan desain dan kriteria operasional yang dinyatakan dalam tingkat pelayanan.

Defenisi kapasitas (C) adalah suatu jumlah arus lalu lintas yang maksimum dan dapat melalui suatu lengan persimpangan dalam kondisi yang tersedia yang dapat dipertahankan. Kondisi lalu lintas yang dimaksud adalah suatu volume setiap datangnya kendaraan, distribusi kendaraan berdasarkan pergerakannya (belok kiri, lurus, dan belok kanan), pergerakan parker disekitar lengan yang ditinjau.

Kapasitas pendekat simpang bersinyal dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$C = S \times \frac{g}{\epsilon} \quad 2.19$$

Dimana:

- C = Kapasitas smp/jam
- S = Arus jenuh smp/jam
- g = Waktu hijau detik
- c = Waktu siklus

Oleh karena itu perlu diketahui bahwa untuk ditentukan waktu sinyal agar dapat menghitung kapasitas dan ukuran perilaku lalu lintas pada persimpangan. Waktu siklus yang layak untuk simpang dapat dilihat pada gambar berikut:

Tabel 2. 9 Waktu siklus yang layak untuk simpang

Tipe pengaturan	Waktu Siklus (detik)
2 fase	40 – 80
3 fase	50 – 100
4 fase	60 - 130

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

2.11 Penentuan Waktu Sinyal

Penentuan waktu sinyal untuk keadaan dengan kendali waktu tetap dapat dilakukan berdasarkan metode Webster (1996) untuk meminimumkan tundaan total pada suatu simpang.

$$C \text{ optimum} = \frac{1,5 \times LTI + 5}{1 - \sum FR_{crit}} \quad 2.20$$

Dimana:

- C = waktu siklus optimum (detik)
- LTI = jumlah waktu yang hilang persiklus (detik)
- FR = arus dibagi dengan arus jenuh (Q/S)
- FRcrit = nilai dari FR tertinggi bagi semua pendekat yang berang pada satu fase sinyal
- $\sum FR_{crit}$ = jumlah FRcrit dari semua fase pada siklustersebut (rasio arus simpan)

Jika siklus tersebut lebih kecil dari nilai ini maka terdapat resiko serius akan terjadinya lewat jenuh pada persimpangan tersebut.

Waktu hijau (*green time*) untuk masing-masing fase dengan menggunakan rumus:

$$g_i = (cua - LTI) \times Pri \quad 2.21$$

Dimana:

G_i = waktu hijau dalam fase-I (detik)

LTI = total waktu hilang per siklus (detik)

cua = waktu siklus pra penyesuaian sinyal (detik)

Pri = perbandingan fase $FR_{crit}/\Sigma(FR_{crit})$

Waktu hijau yang telah disesuaikan (c) berdasarkan waktu hijau yang diperoleh dan telah dibulatkan dan waktu hilang (LTI) dihitung dengan rumus:

$$c = \Sigma g + LTI \quad 2.22$$

Dimana:

c = waktu hijau (detik)

LTI = total waktu hilang per siklus (detik)

Σg = total waktu hijau (detik)

2.12 Derajat Jenuh

Kapasitas pendekat diperoleh dengan perkalian arus jenuh dengan rasio hijau (g/c) pada masing-masing pendekat.

Derajat kejenuhan diperoleh sebagai:

$$DS = \frac{Q}{C} = \frac{(Q \times C)}{C \times g} \quad 2.23$$

Dimana:

C = kapasitas (smp/jam)

Q = arus lalu lintas pada pendekat tersebut (smp/jam)

2.13 Perilaku Lalulintas

2.13.1 Panjang Antrian

Jumlah rata-rata pada antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ) dihitung sebagai jumlah smp yang tersedia dari fase hijau sebelumnya (NQ1) ditambah jumlah smp yang datang pada waktu merah (NQ2).

$$NQ = NQ1 + NQ2 \quad 2.24$$

Dengan:

$$NQ1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \frac{\sqrt{(DS - 1)^2 + 8 \times (DS - 0,5)}}{c} \right] \quad 2.25$$

Jika $DS > 0,5$; selain itu $NQ1 = 0$

$$NQ2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad 2.26$$

Dimana:

NQ1 = jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

NQ2 = jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau

c = waktu siklus

C = kapasitas (smp/Jam)

Q = arus lalu lintas pada pendekat tersebut (smp/jam)

Panjang antrian (QL) dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$QL = NQ_{\max} \times 20 / W_{\text{masuk}} \quad 2.27$$

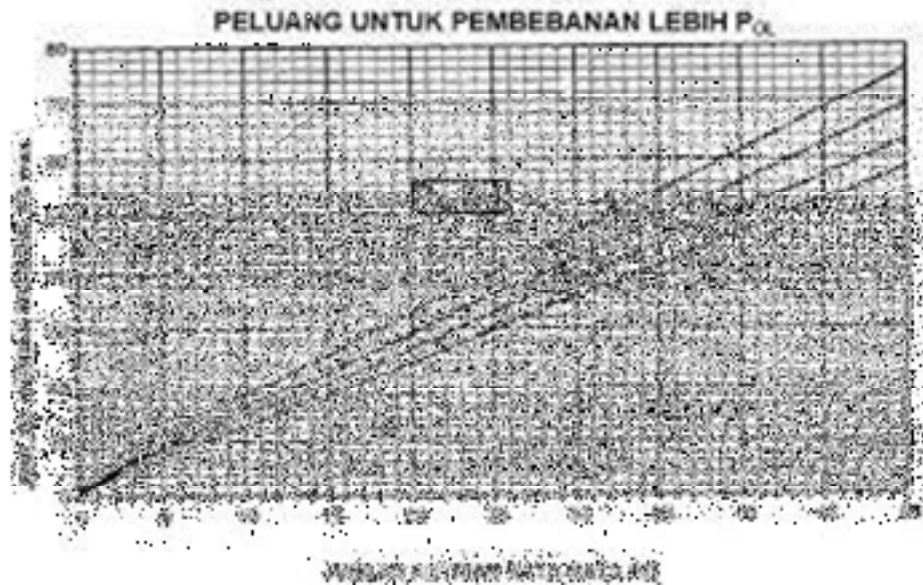
Keterangan:

QL = Panjang antrian

Nqmax = Jumlah antrian

Wmasuk = Lebar antrian

Nilai NQmax diperoleh dari Gambar E-2:2 MKJI yang terlihat pada Gambar 2.8 dibawah dengan anggapan suatu peluang untuk pembebanan (POL) sebesar 5% dalam kegiatan perancangan.



Gambar 2. 8 Peluang untuk pembebanan lebih (P_{OL})

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

2.13.2 Angka Henti

Angka henti (*Number of Stop*), yaitu jumlah rata-rata yang berhenti per kendaraan (termasuk terhenti berulang dalam antrian sebelum atau melewati persimpangan).

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \quad 2.28$$

dimana c adalah waktu siklus (detik) dan Q arus lalu lintas (smp/jam) dari pendekat yang akan ditinjau.

2.14 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 10 Penelitian terdahulu

No	Nama	Tujuan	Kesimpulan
1	Muchtar, T.A (2022)	<ul style="list-style-type: none"> a. Untuk melihat kinerja operasional pada simpang bersinyal. b. Untuk mengetahui faktor yang berpengaruh pada persimpangan. 	Setelah dilakukan perhitungan, panjang antrian yang mempengaruhi terhadap tundaan. Dengan beberapa faktor yaitu: fase hijau, fase merah, waktu henti, dan jumlah kendaraan
2	Rizky, M (2022)	<ul style="list-style-type: none"> a. Untuk Mengetahui faktor yang memengaruhi arus jenuh dan panjang antrian. b. Untuk mengetahui konflik pada simpang. c. Untuk mengetahui kinerja simpang setelah disimulasi menggunakan vissim. 	Berdasarkan penelitia simpang yang dihitung sudah terkondinasi dan memenuhi arus jenuh standar PKJI 2014 sehingga dapat di simpulkan bahwa pengaruh besar pada peningkatan arus jenuh panjang antrian, karen perilaku pengguna jalan yang suka menerobos rambu lalu lintas.
3	Iqadri, M.H (2023)	<ul style="list-style-type: none"> a. Untuk mengetahui Faktor yang mempengaruhi kapasitas disimpang bersinyal. b. Untuk mendapatkan nilai panjang antrian dan mengetahui hubungan antara panjang antrian dengan tundaan yang diperoleh dipersimpangan. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Yang mempengaruhi kapasitas pada persimpangan tersebut adalah lampu hijau dan banyaknya volume kendaraan yang menumpuk dipersimpangan. b. Faktor yang mempengaruhi panjang antrian adalah banyaknya sisa kendaraan pada lampu hijau sebelumnya dengan jumlah kendaraan yang datang pada fase lampu merah sebelumnya

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian bertempat di simpang Jl. Sunggal - Jl. Setia Budi – Jl. Kasuari Medan, Sumatra Utara, dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Denah Lokasi Penelitian

(Sumber: Google earth 2024)

Pada penelitian ini lokasi yang diambil sebagai tempat dilakukannya suatu survei yaitu dipersimpangan Jl. Sunggal - Jl. Setia Budi – Jl. Kasuari Medan, Sumatra Utara.

3.2 Pengumpulan Data

Dalam Pengumpulan data ini, pada sebelumnya perlu kita ketahui apa saja data yang perlu kita kumpulkan dilokasi penelitian, waktu yang akan diambil untuk melakukan sebuah survei, dan peralatan apa saja yang digunakan pada saat survei.

Dalam pengumpulan data ini sebelumnya perlu kita ketahui bahwa apa saja data-data yg dapat kita kumpulkan. Yang dimana dalam pengumpulan data ini tergolong menjadi dua golongan yaitu:

1. Pengumpulan data Primer

Pengumpulan data primer adalah sutau proses pengumpulan informasi langsung dari sumber, sperti survei, atau ovservasi langsung, untuk tujuan dan analisis.

Data primer yang digunakan adalah dengan survei pada lokasi penelitian. Untuk pengumpulan data panjang antrian dan waktu tunda dibutuhkan tim survei untuk masing-masing titik pengamatan. Oleh karena itu dibutuhkan 8 orang tim survei data waktu tundaan pada titik pengamatan yang berbeda-beda dan juga untuk pengambilan data jenis kendaraan yang lewat dan dihitung secara manual.

Berikut adalah data data yang diambil pada penelitian Yakni:

a. Volume lalu lintas

Langkah-langkah untuk mendapatkan data volume lalu lintas adalah dengan metode pencacahan arus lalu lintas atau langkah-langkah pengambilan sampel yaitu mencatat semua jenis kendaraan yang lewat dipersimpangan pada masing-masing arah. Kendaraan dicatat dalam interval per 15 menit.

b. Kapasitas jalan

Pengumpulan data ini yaitu suatu data-data yang diambil pada jalan yaitu seperti pengumpulan yang dilakukan untuk mengukur lebar jalan, banyaknya lajur pada jalan, mengetahui bagaimana tingkat pelayanan pada jalan atau persimpangan.

c. Penentuan waktu sinyal

Pengupulan data ini bertujuan untuk mengambil waktu yang ada pada setiap lampu merah, kuning dan, hijau pada lampu lalu lintas.

d. Fase APILL

Pengumpulan data ini bertujuan untuk mengetahui apa saja pelayanan lalu lintas yang ada pada persimpangan bersinyal.

2. Pengumpulan data sekunder

Pengumpulan data sekunder merupakan suatu pengumpulan data yang dimana diambil dari internet, buku buku lalu lintas serta data dari para penelitian terdahulu.

Berikut adalah data yang perlu diambil dalam penelitian Yakni:

a. Jumlah Penduduk

Pengumpulan data ini bertujuan untuk pengambilan data jumlah penduduk yang ada dikota medan ini.

b. Peta lokasi

Pengumpulan data ini bertujuan untuk mengambil gambar lokasi penelitian untuk mengetahui daerah mana tempat penelitian tersebut dilakukan.

3.3 Pengambilan Data

3.3.1 Periode Survei

Berdasarkan pengamatan arus lalulintas yang dilakukan dalam empat hari yaitu:

a. *Weekdays* = Senin, rabu, jumat.

b. *Weekend* = Sabtu.

Dengan ketentuan waktu yang ditentukan:

a. Pagi = 07:00 WIB – 09:00 WIB

b. Sore = 17:00 WIB – 19:00 WIB

Data mengenai jenis kendaraan yang lewat dibedakan menjadi 3 jenis kendaraan, yaitu:

1) Kendaraan ringan *LV (Light Vehicle)*. Termasuk mobil, mini bus, pick up, dan angkutan umum.

2) Kendaraan berat *HV (Heavy Vehicle)*. Termasuk mikro bus, bus besar, truk 2 as, truk 3 as dan truk gandengan semi trailer.

- 3) Sepeda motor *MC (Motor Cycle)*. Termasuk sepeda motor roda dua dan becak mesin.

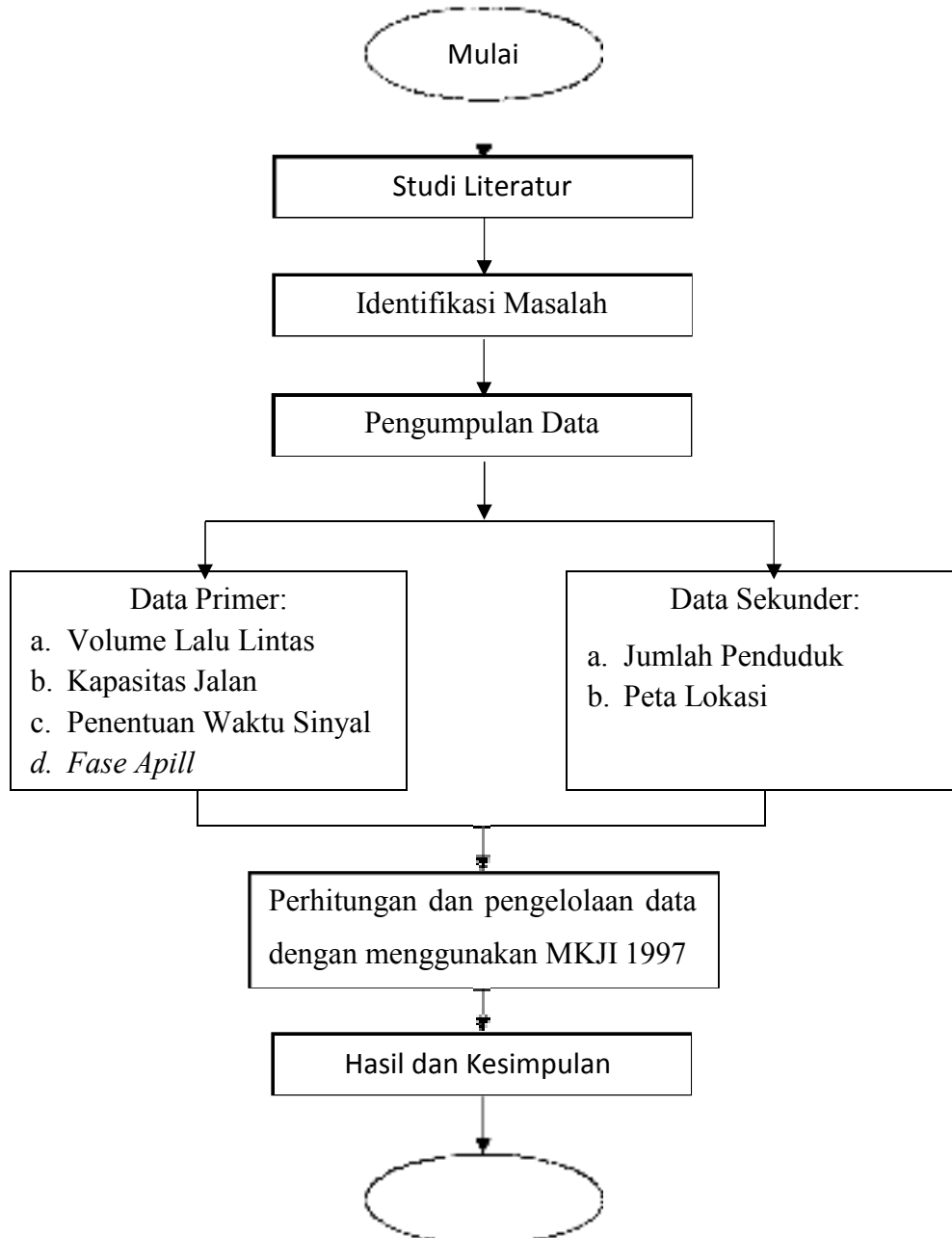
3.3.2 Alat Penelitian

Alat- alat yang digunakan untuk mempermudah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Stopwatch* untuk menghitung waktu lamanya tundaan kendaraan.
2. Meteran yang digunakan untuk mengukur panjang antrian kendaraan.
3. Kamera vidio digunakan untuk merekam kendaraan yang lewat titik pengamatan.
4. Buku dan pulpen digunakan untuk mencatat data-data yang diperlukan.

3.4 Bagan Alir Penelitian

Dalam melakukan sebuah penelitian diperlukan bagan kerja yang berisikan skema penelitian dari awal mulanya sampai dengan diperolehnya suatu kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan. Berikut ini adalah diagram alur (*flowchart*) urutan kerja penelitian yang akan dilakukan:



Gambar 3. 2 Bagan Alir Penelitian

(Sumber: Penelitian 2024)

