

**ANALISA PANJANG ANTRIAN TERHADAP TUNDAAN PADA
PERSIMPANGAN BERSINYAL DI
JL. SISINGAMANGARAJA- JL. LINTAS SUMATERA- JL. TRITURA MEDAN
(STUDI KASUS)**

TUGAS AKHIR

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

Disusun Oleh :

CALVIN SIANTURI

20310048

Telah diuji dihadapan Tim Penguji Tugas Akhir pada tanggal 30 Agustus 2024
dan dinyatakan telah lulus sidang sarjana

Disahkan oleh :

Dosen Pembimbing I



Nurvita Insani M. Simanjuntak, S.T., M.Sc.

Dosen Pembimbing II



Ir. J. Oherlyn Simanjuntak, S.T., M.T., IPM., ASEAN., Eng.

Dosen Penguji I



Humisar Pasaribu, S.T., M.T.

Fakultas Teknik



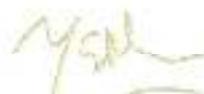
Mr. Yohanes Pangaribuat, M.T.

Dosen Penguji II



Ir. Eben Oktavianus Zal, S.T., M.Sc., IPM

Ketua Program Studi



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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemacetan dan keterlambatan perjalanan merupakan dua contoh permasalahan transportasi yang sering muncul di Indonesia. Waktu tempuh adalah salah satu kriteria yang digunakan untuk menilai kinerja pelayanan jalan dan persimpangan. Tertundanya waktu perjalanan mempunyai dampak yang signifikan terhadap nilai waktu tempuh kendaraan. Waktu perjalanan bertambah seiring dengan nilai penundaan.

Saat ini Kota Medan mengalami kemajuan dan peningkatan teknologi digital yang sangat signifikan. Sehingga menimbulkan perkembangan dan peningkatan masyarakat diberbagai sektor. Dengan meningkatnya perkembangan di berbagai sektor terkhususnya di sektor perekonomian, maka hal ini akan menyebabkan adanya peningkatan gaya hidup dan pendapatan masyarakat Kota Medan. Hal ini menimbulkan kebutuhan akan transportasi sangat besar sebagai aksesibilitas untuk mendukung perekonomian mereka. Meningkatnya kebutuhan akan transportasi mengakibatkan jumlah kendaraan yg meningkat pula. Sehingga menimbulkan kemacetan dan antrian panjang pada persimpangan-persimpangan besar Kota Medan.

Karena sebagian besar persimpangan di Kota Medan adalah simpang sebidang, yang menimbulkan konflik yang berujung pada permasalahan lalu lintas seperti kemacetan yang tidak dapat dihindari. Alat Persinyalan Lalu Lintas (APILL) digunakan untuk mengatur persimpangan yang ada untuk mengurangi atau menghilangkan konflik tersebut.

Permasalahan yang terjadi di persimpangan (Jl. Sisingamangaraja- Jl. Lintas Sumatera- Jl. Tritura) merupakan salah satu masalah kemacetan yang terjadi di kota Medan. Persimpangan jl. Sisingamangaraja- Jl. Lintas Sumatera- Jl. Tritura adalah persimpangan yang ramai padat. Hal ini disebabkan karena terminal Amplas berada di Jl. Sisingamangaraja. Selain itu, persimpangan tersebut juga merupakan

persimpangan yang menghubungkan Jl. Sisingamangaraja dengan Jl. Lintas Sumatera. Jl. Lintas Sumatera adalah nama yang diberikan untuk jalan raya atau jalan nasional yang membentang dari utara hingga selatan Pulau Sumatera.. Jalan ini merupakan jalan yang menghubungkan antar provinsi. Jumlah kendaraan yang sangat besar yang melintasi persimpangan ini mengakibatkan kemacetan dan antrian panjang di jam jam sibuk.

Dengan demikian, berdasarkan latar belakang tersebut, penulis akan melakukan analisis terhadap panjang antrian dan tundaan yang terjadi di persimpangan Jl. Sisingamangaraja dan Jl. Lintas Sumatera. Beberapa hal yang perlu dianalisis yg menyebabkan Panjang antrian dan tundaan adalah, seperti geometri jalan, kondisi persimpangan, kapasitas jalan, panjang antrian dan tundaan. Sehingga dapat memberi kelancaran dan kenyamanan bagi pelaku lalu lintas.

1.2 Rumusan Masalah

1. Faktor apa saja yang berpengaruh pada kapasitas dan nilai panjang antrian di simpang Jl. Sisingamangaraja- Jl. Lintas Sumatera- Jl. Tritura?
2. Bagaimana hubungan antara panjang antrian dengan tundaan pada persimpangan di simpang Jl. Sisingamangaraja- Jl. Lintas Sumatera- Jl. Tritura?

1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian dilakukan di persimpangan Jl. Sisingamangaraja- Jl. Lintas Sumatera- Jl. Tritura.
2. Pengamatan dilakukan pada jam sibuk yaitu pagi dan sore hari. Data yang diambil selama lima (5) hari dalam satu minggu, yaitu tiga (3) hari *weekdays* dan dua (2) hari *weekend*, jam 07.00-09.00 dan 17.00-19.00. Data arus lalu lintas yang disurvei pada persimpangan adalah: (LV) kendaraan ringan, (HV) kendaraan berat, (MC) kendaraan bermotor.
3. Analisis kinerja lalu lintas dilakukan menggunakan metode MKJI 1997.
4. Tidak mengevaluasi APILL
5. Tidak membahas perilaku pengguna jalan.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh pada kapasitas dan nilai panjang antrian di simpang Jl. Sisingamangaraja- Jl. Lintas Sumatera- Jl. Tritura.

2. Untuk mengetahui hubungan antara panjang antrian dengan tundaan yang diperoleh di persimpangan pada Jl. Sisingamangaraja- Jl. Lintas Sumatera- Jl. Tritura Medan

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Perhitungan fase sinyal lalu lintas di simpang.
2. Sebagai bahan pertimbangan bagi pemerintah Kota Medan dalam perbaikan perencanaan sistem manajemen lalu lintas untuk mengurangi kemacetan di Kota Medan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Persimpangan

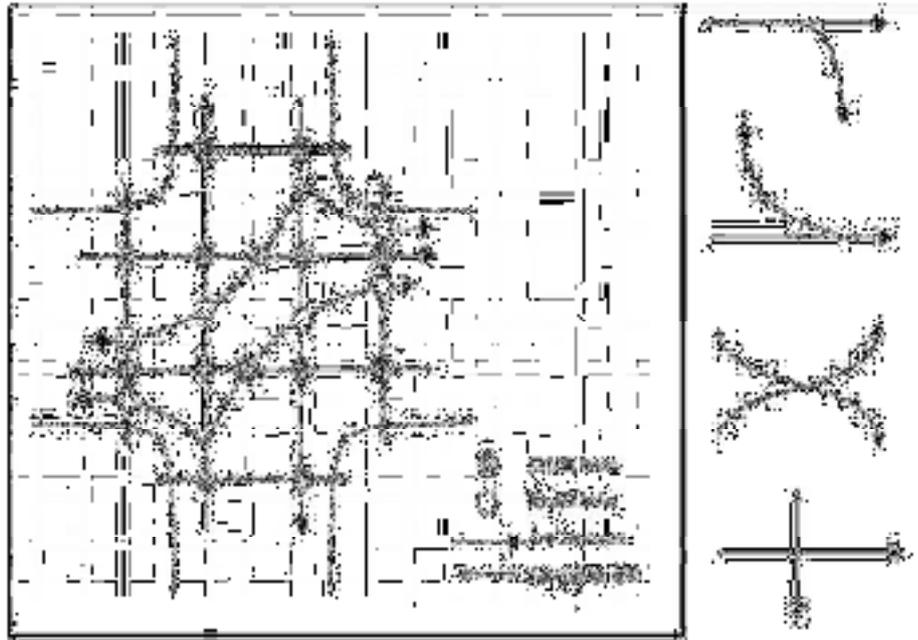
Menurut MKJI (1997), persimpangan adalah titik pertemuan antara dua jalan atau lebih. Persimpangan tak bersinyal dan bersinyal biasanya merupakan persimpangan. Persimpangan adalah percabangan atau pertemuan jalan, sebidang maupun tidak, sebagaimana dimaksud dalam Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan. Persimpangan jalan, menurut Hobbs (1995), adalah simpul transportasi yang terdiri dari beberapa pendekatan di mana arus kendaraan dari beberapa pendekatan bertemu dan membubarkan diri, meninggalkan persimpangan tersebut. Ruang jalan di persimpangan digunakan secara bersama oleh lalu lintas dari kedua arah yang bertemu di persimpangan tersebut.. Persimpangan merupakan elemen utama dalam menentukan batas dan waktu tempuh pada suatu jaringan jalan, khususnya di wilayah perkotaan . Berdasarkan pola lalu lintas pada persimpangan, persimpangan dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

2.1.1 Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal adalah jenis persimpangan yang memiliki beberapa lengan, di mana setiap lengan dilengkapi dengan pengaturan sinyal lalu lintas (*traffic light*) (Suryaningsih dkk, 2020). Tujuan dari penggunaan sinyal lampu lalu lintas menurut MKJI, (1997) adalah sebagai berikut:

1. Agar terhindar dari kemacetan simpang yang dikarenakan adanya permasalahan arus lalu-lintas, sehingga kapasitas tertentu dapat di pertahankan pada saat jam puncak.
2. Untuk memberikan kesempatan kepada kendaraan dan pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) agar dapat menyeberang ke jalan utama.
3. Untuk mengurangi angka kecelakaan lalu lintas yang disebabkan oleh tabrakan antara kendaraan yang datang dari arah yang berlawanan.

APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) menggunakan tiga warna: merah, kuning, dan hijau. Sinyal dengan lampu tiga warna ini dirancang untuk memisahkan jalur lalu lintas yang saling bertentangan dengan mengatur waktu.



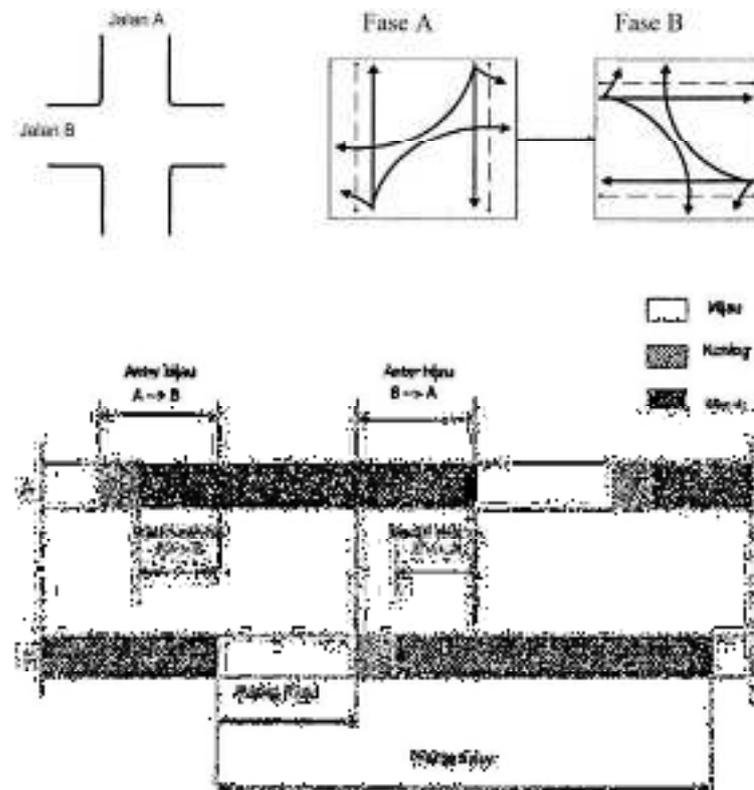
Gambar 2. 1 Konflik utama dan pergerakan arus lalu lintas.

(Sumber: MKJI, 1997)

Dalam pemanfaatan ruang simpang, terdapat berbagai pola arus lalu lintas yang dapat menimbulkan konflik, antara lain:

- a. *Crossing* (Konflik bersilang)
- b. *Diverging* (Konflik memisah)
- c. *Merging* (Konflik bergabung)
- d. *Weaving* (Konflik menjalin)

Kapasitas suatu persimpangan akan berkurang dan kemungkinan terjadinya kecelakaan akan meningkat seiring dengan banyaknya titik konflik di sana. Pemanfaatan rambu dengan tiga warna lampu (hijau, kuning, merah) digunakan untuk mengisolasi arah dari benturan perkembangan lalu lintas dalam aspek waktu. Sinyal lampu lalu lintas ini mencegah terjadinya konflik primer dan sekunder.



Gambar 2. 2 Urutan waktu pada pengaturan sinyal dengan dua fase

(Sumber: MKJI, 1997)

2.1.2 Simpang Tak Bersinyal

Simpang tak bersinyal merupakan simpang yang tidak terdapat lampu sebagai rambu persimpangan pada titik potong dua jalur jalan raya atau lebih dengan persimpangannya masing-masing (Waris, 2022).

2.2 Arus Lalu Lintas

Untuk arus lalu lintas (Q) pada setiap lengan yang terdiri dari (Q_{RT}) belok kanan (Q_{LT}) belok kiri dan (Q_{ST}) gerakan lurus. Akan dikonversi dari kendaraan per jam ke satuan mobil penumpang (Smp/jam). Dengan mengalikan kendaraan per/jam dengan ekivalensi mobil penumpang (emp) untuk tipe pendekatan terlindung dan terlawan (Dharmayanto & Ismail, 2019).

MKJI (1997), definisi dari Smp (satuan mobil penumpang) dan emp (ekivalensi mobil penumpang) adalah sebagai berikut:

1. Satuan mobil penumpang adalah satuan arus lalu lintas yang mengkonversi berbagai tipe kendaraan menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) menggunakan faktor emp.
2. Ekuivalensi mobil penumpang adalah faktor konversi dari berbagai tipe kendaraan guna untuk menyamakan/ menyetarakan tipe kendaraan menjadi kendaraan ringan (mobil penumpang).

Menurut MKJI (1997), terdapat tiga jenis kendaraan dalam arus lalu lintas di jalan perkotaan dan persimpangan, diantaranya:

1. Menurut sistem klasifikasi Bina Marga, kendaraan ringan (LV) adalah kendaraan bermotor dengan dua as dan empat roda yang mempunyai jarak poros 2,0–3,0 m. Kendaraan tersebut antara lain mobil penumpang, oplet, mikrolet, truk pick up, dan truk kecil.
2. Menurut sistem klasifikasi Bina Marga, kendaraan berat (HV) adalah kendaraan bermotor yang rodanya lebih dari empat. Contoh HV antara lain bus, truk 2 as, truk 3 as, dan truk kombinasi.
3. Menurut sistem klasifikasi Bina Marga, kendaraan bermotor roda dua atau tiga disebut dengan “sepeda motor” (MC).

Tabel 2. 1 Tipe-tipe kendaraan

No	Tipe kendaraan	Defenisi
1.	Kendaraan tak bermotor (UM)	Sepeda, gerobak, becak
2.	Kendaraan bermotor (MC)	Sepeda motor
3.	Kendaraan ringan (LV)	Sedan, pick up, angkot
4.	Kendaraan berat (HV)	Bus, truck

(Sumber: PKJI, 2014)

Nilai ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk arus lalu lintas terlindung dan terlawan dapat diperoleh dari Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2. 2 Nilai emp pendekat terlindung dan terlawan

Jenis kendaraan	Nilai emp untuk tiap pendekat	
	Terlindung (P)	Terlawan (O)
Kendaraan Ringan (LV)	1	1
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda Motor (MC)	0,2	0,4

(Sumber: MKJI, 1997)

Untuk menentukan rasio kendaraan belok kiri (PLT) dan rasio kendaraan belok kanan (PRT), dapat digunakan rumus berikut:

$$PLT = \frac{QLT \text{ (smp/ jam)}}{Q_{Total} \text{ (smp/jam)}} \quad 2.1$$

Dimana:

PLT = rasio belok kiri

QLT = arus lalu lintas belok kiri (Smp/jam)

Q_{Tot} = arus lalu lintas total (Smp/jam)

$$PRT = \frac{RT \text{ (smp/ jam)}}{Q_{Total} \text{ (smp/ jam)}} \quad 2.2$$

Dimana :

PRT = rasio belok kanan

Q_{RT} = arus lalu lintas belok kanan (Smp/jam)

Q_{Total} = arus lalu lintas total (Smp/jam)

Untuk menghitung rasio kendaraan tak bermotor, bagi arus kendaraan tak bermotor (QUM) dalam kendaraan per jam dengan arus kendaraan bermotor (QMV) dalam kendaraan per jam menggunakan rumus berikut:

$$PUM = QUM/QMV \quad 2.3$$

2.3 Prinsip Umum MKJI (1997)

Prinsip umum yang digunakan dalam MKJI, (1997) merupakan landasan teori yang digunakan dalam penelitian ini.

2.3.1 Volume Lalu Lintas

Menurut Alamsyah (2008), volume adalah banyaknya kendaraan yang melewati suatu lokasi per satuan waktu. Satuan yang paling umum untuk volume adalah kendaraan per hari atau kendaraan per jam. Volume juga dapat dinyatakan dalam rentang waktu lainnya. Di sebagian besar wilayah perkotaan, terutama Kota Medan, terdapat banyak lalu lintas di pagi hari, ketika orang-orang biasanya mulai menuju tempat kerja mereka antara pukul 07.00 dan 09.00 pagi. Selain itu pada sore hari volume lalu lintas pada umumnya akan meningkat karena orang-orang juga mulai pulang dari lingkungan kerja masing-masing.

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

1. Volume Harian (*Daily Volume*)

Berikut ini adalah empat parameter volume harian yang paling sering digunakan:

a) Lalu lintas harian tahunan rata-rata, atau AADT, adalah jumlah total kendaraan yang melewati suatu lokasi dalam setahun dibagi 365. Ini menggambarkan volume lalu lintas rata-rata per hari selama 365 hari penuh di lokasi tertentu.

Secara umum, ada dua langkah yang diperlukan untuk menentukan (LHRT), yaitu sebagai berikut:

1 Survey volume lalu lintas menyeluruh selama setahun untuk mengetahui arus lalu lintas rata-rata pada hari tertentu dan faktor-faktor yang menyebabkan variasi pada basis harian dan bulanan. Survey volume lalu lintas harus dilakukan setidaknya empat kali per tahun, dan sebaiknya dilakukan satu kali setiap satu bulan. Disarankan untuk melakukan survey volume lalu lintas selama tujuh (tujuh) hari untuk mengurangi variasi.

2. Dilanjutkan dengan penghitungan volume lalu lintas dapat dilakukan untuk tahun berikutnya dengan pengulangan yang lebih sedikit serta dalam jangka waktu yang lebih terbatas. Dengan menggunakan faktor variasi, penghitungan volume lalu lintas yang berkelanjutan ini dapat dikonversi menjadi (LHRT). Sebaiknya penghitungan volume lalu lintas yang berkelanjutan dilakukan paling sedikit selama dua hari dan tujuh hari. Apabila akibat dari identifikasi volume lalu lintas selama 2 (dua) hari tersebut sulit diperiksa, maka penghitungan lalu lintas harus dilakukan sekali lagi.

b) Lalu lintas hari kerja rata-rata tahunan (LHKRT) adalah Rata-rata volume lalu lintas 24 jam pada hari kerja selama setahun penuh

c) Lalulintas harian rata-rata (LHR) adalah volume lalu lintas 24 jam yang umum di suatu wilayah dalam kurun waktu kurang dari satu tahun. Sementara AADT ditetapkan untuk satu tahun penuh.

d) Lalulintas hari kerja rata-rata (LHKR) adalah Rata-rata volume lalu lintas 24 jam yang terjadi pada 11 hari kerja dalam jangka waktu kurang dari setahun.

2. Volume per jam ini adalah pengamatan arus lalu lintas untuk menentukan jam-jam puncak selama periode pagi dan sore yang biasanya padat karena orang-orang berangkat dan pulang kerja. Volume lalu lintas sebagian besar rendah di sekitar waktu malam, namun meningkat cepat menjelang awal hari dan sore. Ketika orang-orang berangkat atau pulang kerja atau sekolah, biasanya ada volume lalu lintas yang tinggi di jalan-jalan kota selama jam sibuk. Jam puncak, atau arus terbesar, dapat diidentifikasi dari pengamatan ini.
3. Volume per jam, khususnya persepsi arus lalu lintas kurang dari 60 menit. Secara umum, kendaraan dalam arus lalu lintas memiliki komposisi lalu lintas, atau klasifikasi kendaraan dalam hal ini. Tujuan survei sangat memengaruhi cara kendaraan diklasifikasikan. Klasifikasi kendaraan antara lain:
 1. Kendaraan kategoris untuk tujuan desain konstruksi perkerasan dan penanganan jalan, klasifikasi kendaraan biasanya dilakukan berdasarkan berat kendaraan, terutama beban gandar.
 2. Klasifikasi kendaraan berdasarkan dimensi Biasanya, dilakukan untuk menghitung lebar jalur dan radius belok.
 3. Klasifikasi kendaraan berdasarkan kendaraan umum dan kendaraan pribadi, biasanya dilakukan untuk rencana pengelolaan pembatasan.
 4. Penataan kendaraan berdasarkan kendaraan bermotor, kendaraan tidak bermotor, dan pejalan kaki sebagian besar dilakukan untuk memutuskan strategi dalam meningkatkan pemanfaatan ruang jalan dan keamanan pejalan kaki.

2.3.2 Tipe Pendekat

Untuk jenis pendekat dapat ditentukan secara langsung dari lokasi penelitian. Ada dua jenis tipe pendekat yang: pendekat tipe P (terlindung) dan pendekat tipe O (terlawan). Pada pendekat tipe P (terlindung) tidak ada pertentangan pada arus lalu lintas dengan lalu lintas dari arah lain. Baik jalan satu arah maupun dua arah dapat menyebabkan pergerakan. Belok kanan dibatasi pada jalan dengan dua jalur. Jenis pendekat O (terlawan) adalah arus lalu lintas dengan pertentangan dengan lalu lintas dari arah lain. Hanya jalan dua arah yang memungkinkan pergerakan, dan pergerakan belok kanan tidak dibatasi.

Tipe pendekat	Keterangan	Contoh pola-pola pendekatan		
Terdahului P	Akses bebasgkat tanpa konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan satu arah	Jalan satu arah	Simpang T
		Jalan dua arah, gerak belok-kiri terbatas		
		Jalan dua arah, fase sinyal terpisah untuk masing-masing arah		
Terdahului Q	Akses bebasgkat dengan konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan dua arah, arus bebasgkat dari arah-arah berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak terbatas		

Gambar 2. 3 Tipe pendekat

(Sumber :MKJI, 1997)

2.3.3 Lebar Pendekat Efektif

Lebar pendekat efektif (W_e), adalah lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, ditentukan berdasarkan data dari lebar pendekat (W_a), lebar masuk (W_{masuk}) dan lebar keluar (W_{keluar}). apabila pergerakan belok kiri langsung (*left turn on red*) pada setiap pendekat diperkenankan dan tidak terpengaruh oleh pergerakan lain dalam pendekat atau pergerakan belok kiri langsung dapat melewati antrian kendaraan dengan arah atau membelok kanan pada saat lampu merah (Dharmayanto & Ismail, 2019).

Berdasarkan MKJI, (1997) untuk menentukan lebar efektif pendekat dengan belok kiri langsung (LTOR) dapat diperoleh dengan 2 cara, yaitu:

1. Jika $W_{LTOR} \geq 2m$, dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan LTOR dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan dalam pendekat selama sinyal merah.

Langkah 1 :

Keluarkan Q_{LTOR} (lalu lintas belok kiri langsung) dari hitungan, maka:

$$Q = Q_{ST} + Q_{RT}$$

Untuk menghitung lebar pendekat efektif adalah sebagai berikut :

$$W_e = \min \left\{ \begin{array}{l} W_{MASUK} + W_{LTOR} \\ W_A + (1 + P_{LTOR}) \cdot W_{LTOR} \end{array} \right.$$

2.42.4

Keterangan:

Q = arus lalu lintas (Smp/jam)

Q_{RT} = arus lalu lintas belok kanan (Smp/jam)

Q_{ST} = arus lalu lintas lurus (Smp/jam)

W_e = lebar efektif (m)

Q_{LTOR} = arus lalu lintas belok kiri langsung (Smp/jam)

W_{LTOR} = lebar belok kiri langsung (m)

W_A = lebar pendekat (m)

Langkah 2 :

Hanya untuk pendekat tipe P, periksa lebar kelura. Jika W_{keluar} < W_e x (1-P_{RT}), W_e sebaiknya diberi nilai baru sama dengan W_{keluar}, dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalu lintas lurus saja (Q=Q_{ST}).

2. Jika W_{LTOR} < 2m, dengan anggapan kendaraan lalu lintas belok kiri langsung (LTOR) tidak dapat mendahului antrian kendaraan lainnya dalam pendekat selama sinyal merah.

Ada dua Langkah yang dapat dilakukan:

Langkah 1 :

Untuk perhitungan selanjutnya sertakan Q_{LTOR}

$$W_e = \min \left\{ \begin{array}{l} W_{MASUK} + W_{LTOR} \\ W_A + (1 + P_{LTOR}) \cdot W_{LTOR} \end{array} \right.$$

2.52.5

Keterangan:

W_A = lebar pendekat (m)

W_{LTOR} = lebar belok kiri langsung (m)

W_{masuk} = lebar masuk (m)

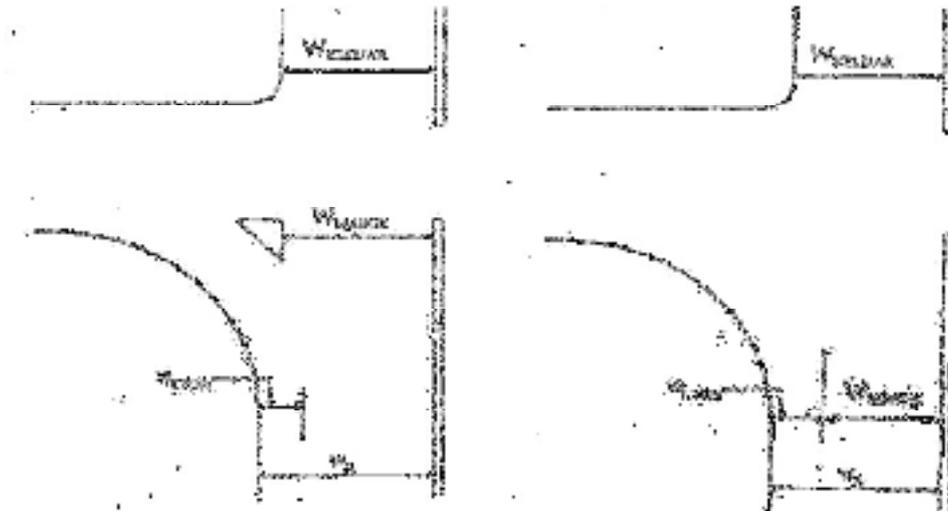
P_{LTOR} = rasio kendaraan belok kiri langsung

W_e = lebar efektif (m)

Langkah 2

hanya untuk pendekat tipe P periksa lebar keluar.

Jika $W_{keluar} < W_e \times (1 - PRT - PLTOR)$, sebaiknya W_e diberi nilai baru yang sama dengan W_{keluar} , dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalu lintas lurus saja ($Q = Q_{ST}$).



Gambar 2. 4 Pendekat dengan dan tanpa pulau lalu lintas

(Sumber: MKJI, 1997)

2.3.4 Arus Jenuh (S)

Arus jenuh (S) adalah besarnya keberangkatan antrian didalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan (Smp/jam hijau) dapat juga dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S_0) yaitu arus jenuh pada keadaan standar, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisikondisi yang telah ditetapkan sebelumnya.

2.3.5 Arus Jenuh Dasar (S_0)

Arus jenuh dasar merupakan besarnya keberangkatan antrian didalam pendekat selama kondisi ideal (Smp/jam hijau).

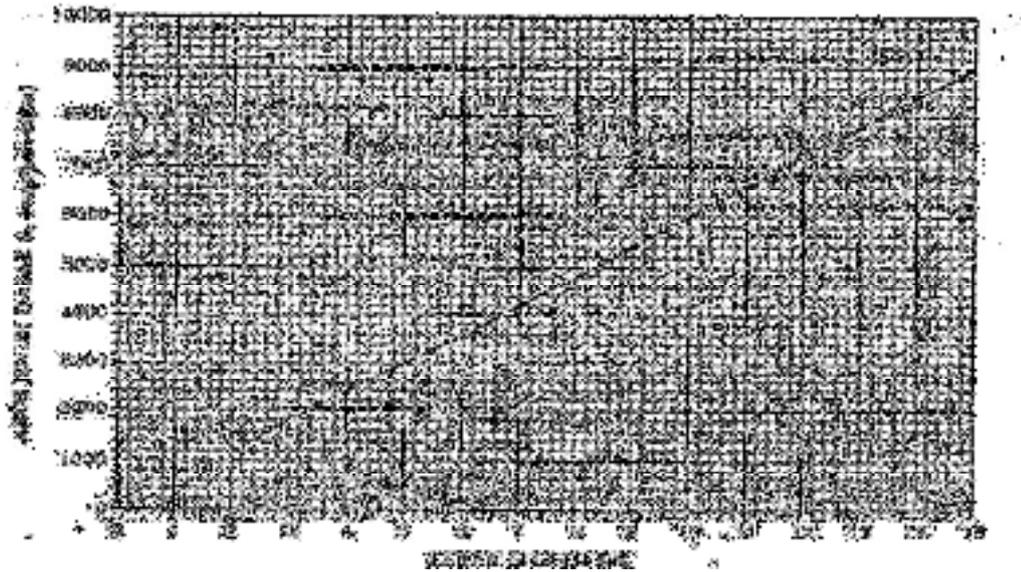
Untuk mencari nilai arus jenuh dasar tipe P (terlindung) adalah sebagai berikut:

$$S_0 = 600 \times W_e \quad 2.6$$

Dimana:

S_o = Arus jenuh dasar

W_e = Lebar efektif pendekat



Gambar 2. 5 Arus jenuh dasar untuk pendekat tipe P

(Sumber: MKJI, 1997)

2.3.6 Arus Jenuh yang Disesuaikan

Untuk mencari nilai dari arus jenuh disesuaikan dapat menggunakan rumus berikut:

$$S = S_o \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_g \times F_p \times F_{RT} \times F_{LT} \quad 2.7$$

Dimana:

S = arus jenuh (Smp/jam hijau)

F_{cs} = faktor penyesuaian ukuran kota

S_o = arus jenuh dasar (Smp/jam hijau)

F_g = faktor penyesuaian kelandaian

F_{sf} = faktor penyesuaian hambatan samping

F_p = faktor penyesuaian parkir

F_{LT} = faktor penyesuaian belok kiri

F_{RT} = faktor penyesuaian belok kanan

2.3.7 Faktor Penyesuaian

Untuk menghitung arus jenuh (S) tipe terlindung (P) maupun tipe terlawan (O) diperlukan faktor penyesuaian dalam bentuk tabel dan gambar diantaranya

ukuran kota, hambatan samping, kelandaian dan parkir. Untuk faktor penyesuaian belok kanan (FRT) dan faktor penyesuaian belok kiri (FLT) hanya untuk tipe pendekat P.

Berikut adalah faktor-faktor penyesuaian dalam perhitungan arus jenuh (S):

1. Faktor penyesuaian ukuran kota (Fcs)

Penduduk Kota (Juta Jirak)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)
> 5,0	1,05
1,0 – 3,9	1,00
0,5 – 1,0	0,94
0,1 – 0,5	0,83
< 0,1	0,81

Tabel 2. 3 Faktor penyesuaian ukuran kota Fcs

(Sumber: MKJI, 1997)

2. Faktor penyesuaian hambatan samping (Fsf)

Tabel 2. 4 Faktor Penyesuaian Untuk tipe lingkungan jalan, hambatan samping

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	0,99	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
Akses Terbatas (RA)	Tinggi / Sedang / Rendah	Terlindung	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlawan	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

dankendaraan tak bermotor (Fsf)

(Sumber: MKJI, 1997)

Faktor penyesuaian hambatan samping diklasifikasikan kedalam lima kelas seperti yang terdapat pada tabel 2.5 berikut:

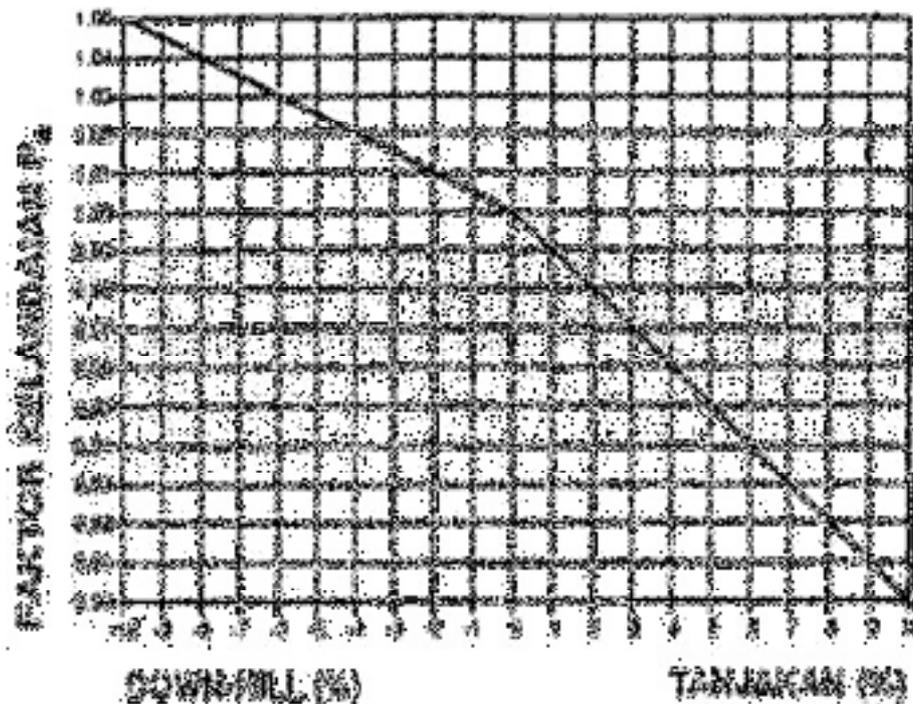
Kelas Hambatan Samping (SFC)	Kode	Jumlah berbobot per 200 meter per jam (2 sisi)	Kondisi Khusus
Sangat Rendah	VL	< 100	Daerah pemukiman: jalan samping tersedia
Rendah	L	100 – 299	Daerah pemukiman: beberapa angkutan umum dan sebagainya.
Sedang	M	300 – 499	Daerah industri: beberapa toko di sisi jalan.
Tinggi	H	500 – 899	Daerah komersial: aktivitas di sisi jalan tinggi
Sangat Tinggi	VH	> 900	Daerah komersial: aktivitas pasar di sisi jalan

Tabel 2. 5 kelas hambatan samping

(Sumber :MKJI, 1997)

3. Faktor penyesuaian kelandaian (Fg)

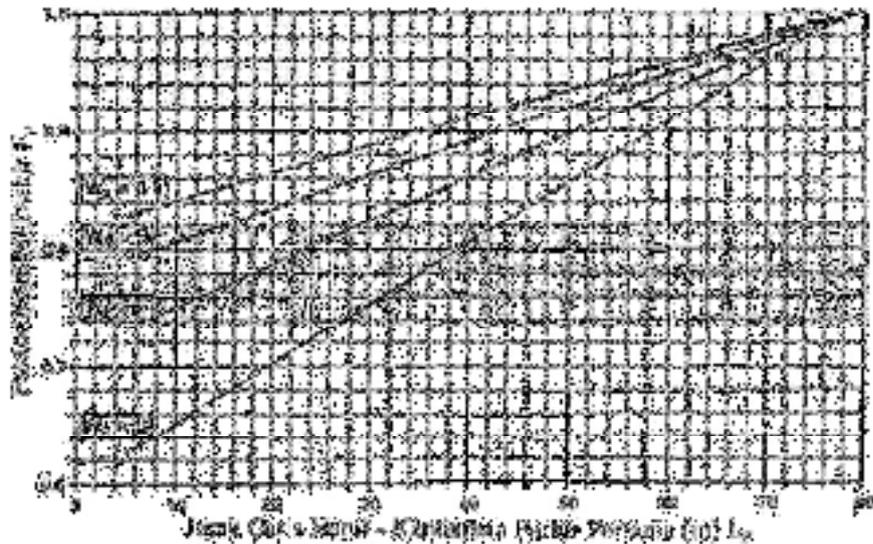
Faktor penyesuaian kelandaian (Fg) diperoleh dari grafik. Untuk kelandaian 0% faktor penyesuaian kelandaian (Fg) = 1.



Gambar 2. 6 Faktor koreksi untuk kemiringan jalan (Fg)

(Sumber: MKJI, 1997)

4. Faktor penyesuaian parkir (Fp)



Gambar 2. 7 Faktor penyesuaian untuk pengaruh parkir (Fp)

(Sumber: MKJI, 1997)

5. Faktor penyesuaian belok kanan (FRT)

Untuk menentukan nilai dari Faktor penyesuaian belok kanan (FRT) ada beberapa hal penting yang harus diperhatikan yaitu: pendekat tipe P, jalan dua arah, tanpa median, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Untuk menghitung Faktor penyesuaian belok kanan dengan menggunakan rumus berikut:

$$FRT = 1,0 \times PRT \times 0,26 \quad 2.8$$

Keterangan:

FRT = faktor penyesuaian belok kanan

PRT = rasio belok kanan



Gambar 2. 8 Faktor penyesuaian untuk kendaraan belok kanan (FRT)

(Sumber: MKJI, 1997)

6. Faktor penyesuaian belok kiri (FLT)

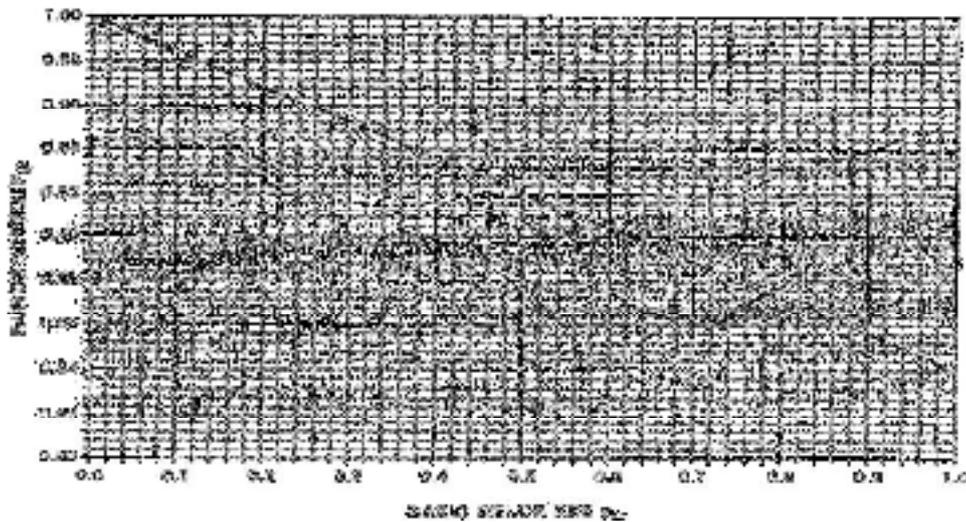
Untuk menentukan nilai faktor penyesuaian belok kiri beberapa hal penting perlu diperhatikan yaitu FLT digunakan untuk jalan tanpa belok kiri langsung (LTOR) dan hanya untuk pendekat tipe P (terlindung), lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Kemudian dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$FLT = 1,0 - PLT \times 0,16 \quad 2.9$$

Keterangan:

FLT = faktor penyesuaian belok kiri

PLT = rasio belok kiri



Gambar 2. 9 Faktor penyesuaian untuk kendaraan belok kiri (FLT)

(Sumber: MKJI, 1997)

2.3.8 Rasio Arus dan Arus Jenuh

Untuk menghitung rasio arus adalah dengan melakukan perbandingan arus dengan arus jenuh, dan dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$FR = \frac{Q}{S} \quad 2.10$$

Keterangan:

FR = rasio arus

S = arus jenuh (Smp/jam hijau)

Q = arus lalu lintas (Smp/jam)

Untuk menghitung rasio arus simpang didapat dengan menggunakan persamaan:

$$IFR = \square FR_{CRIT} \quad 2.11$$

Keterangan:

IFR = rasio arus simpang

FRcrit = rasio arus kritis

Kemudian untuk rasio fase dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$PR = \frac{FRcrit}{IFR} \quad 2.12$$

Dimana:

PR = rasio fase

IFR = rasio arus simpang

FRcrit = rasio arus kritis

2.3.9 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

1. Waktu siklus sebelum penyesuaian

Untuk menghitung waktu siklus sebelum penyesuaian untuk pengendalian waktu tetap dengan menggunakan rumus berikut:

$$Cua = 1,5 \times LTI + 5 (1 - IFR) \quad 2.13$$

Keterangan:

Cua = waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (detik)

LTI = waktu hilang total per siklus (detik)

FR = rasio arus simpang

Grafik dibawah dapat juga digunakan untuk menentukan nilai waktu siklus sebelum penyesuaian.



Gambar 2. 10 Penetapan waktu siklus sebelum penyesuaian

(Sumber: MKJI, 1997)

2. Waktu Hijau

Waktu hijau untuk masing-masing fase dapat dihitung dengan rumus:

$$g_i = C_{ua} - LTI \times PR_i \quad 2.14$$

Dimana:

g_i = waktu hijau pada fase i (detik)

LTI = total waktu hilang per (detik)

c_{ua} = waktu siklus sebelum penyesuaian (detik)

PR_i = rasio fase FR_{crit} / FR_{crit}

Hindari waktu hijau yang kurang dari sepuluh detik karena dapat menyebabkan terlalu banyak pelanggaran lampu merah dan menyulitkan pejalan kaki untuk menyeberang jalan.

3. Waktu siklus yang disesuaikan

Untuk menghitung waktu siklus yang disesuaikan dengan berdasarkan pada waktu hijau yang diperoleh dan waktu hilang. Perhitungan waktu siklus menggunakan rumus berikut:

$$C = \sum g + LTI \quad 2.15$$

Keterangan:

C = waktu hijau yang disesuaikan (detik)

g = waktu hijau (detik)

LTI = waktu hilang total per siklus (detik)

2.3.10 Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (DS)

Menurut MKJI, (1997) kapasitas adalah arus lalu lintas maksimum yang di pertahankan. Kapasitas (C) dari suatu pendekat simpang bersinyal dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$C = S \times g/c = S \times GR \quad 2.16$$

Keterangan:

C = kapasitas (Smp/jam)

G = waktu hijau (detik)

S = arus jenuh (Smp/jam)

c = waktu siklus yang disesuaikan (detik)

GR = rasio hijau

Derajat kejenuhan (DS) menurut MKJI, (1997) adalah rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat.

$$DS = Q/C = Q \times c / S \times G \quad 2.17$$

Keterangan:

DS = derajat kejenuhan,

Q = arus lalu lintas (Smp/detik)

C = kapasitas (Smp/jam)

c = waktu siklus yang ditentukan (detik)

S = arus jenuh (Smp/jam)

G = waktu Hijau (detik)

Adapun standar nilai derajat kejenuhan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 6 Klasifikasi derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan	Rasio Q/C	Karakteristik
A	< 0,60	Arus bebas, volume rendah dan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang dikehendaki.
B	0,60 < V/C < 0,70	Arus stabil, kecepatan sedikit terbatas, pengemudi masih dapat bebas dalam memilih kecepatannya.
C	0,70 < V/C < 0,80	Arus stabil, kecepatan dapat di kontrol
D	0,80 < V/C < 0,90	Arus mulai tidak stabil, kecepatan rendah dan berbeda-beda, volume mendekati kapasitas.
E	0,90 < V/C < 1	Arus tidak stabil, kecepatan rendah dan berbeda-beda, volume mendekati kapasitas.
F	>1	Arus yang terhambat, kecepatan yang rendah, volume diatas kapasitas, sering terjadi kemacetan pada waktu yang cukup lama.

(Sumber: MKJI, 1997)

2.3.11 Panjang Antrian

Panjang antrian adalah panjang antrian kendaraan di dalam suatu pendekat (m). NQ dinyatakan sebagai jumlah rata rata antiran dalam satuan mobil penumpang pada awal sinyal hijau. Jumlah kendaraan smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya dihitung sebagai NQ1. Kemudian jumlah kendaraan yang datang selama fase merah dalam smp adalah NQ2. Untuk menghitung NQ,NQ1 dan NQ2 menggunakan rumus berikut.

$$NQ = NQ1 + NQ2 \quad 2.18$$

$$NQ1 = 0.25 \times C \cdot [(DS-1) + \sqrt{((DS-1))^2 + (8 \times (DS-0.5)) / C}]$$

Jika DS > 0.5, selain dari itu NQ1 = 0

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

Dimana :

NQ1 : jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

NQ2 : jumlah smp yang datang selama fase merah

GR : rasio hijau

C : kapasitas (Smp/jam)

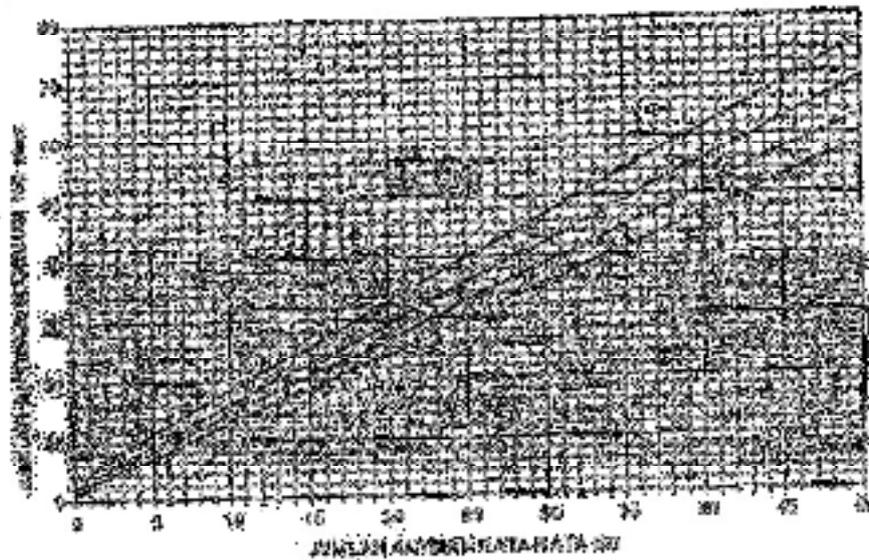
c : waktu siklus (detik)

Q : arus lalu lintas pada pendekat tersebut

Untuk memperoleh nilai dari panjang antrian (QL) dengan mengalikan (NQ) dengan luas rata rata yang di pergunakan per smp (20 m) dan dibagi dengan lebar masuk.

$$QL = NQ_{\max} \times 20 / W_{\text{MASUK}} \quad 2.19$$

PELUANG UNTUK PEMBEBANAN LEBIH F_{M}



Gambar 2. 11 Perhitungan jumlah antrian (NQ_{max}) dalam Smp/jam

(Sumber: MKJI, 1997)

2.3.12 Kendaraan Terhenti

Menurut MKJI, (1997) angka henti (NS), yaitu jumlah berhenti rata-rata per kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu simpang, untuk menghitung angka henti dapat menggunakan rumus berikut:

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \quad 2.20$$

Keterangan:

NS = angka henti

NQ = jumlah panjang antrian total ($NQ_1 + NQ_2$) Smp/jam

Q = arus lalu lintas (Smp/detik)

c = waktu siklus yang ditentukan (detik)

Jumlah kendaraan terhenti pada masing masing pendekat disebut N_{sv} , dihitung dengan persamaan :

$$N_{sv} = Q \times NS \text{ (Smp/jam)}$$

2.3.13 Tundaan

Ada dua (2) hal yang membuat terjadinya tundaan pada suatu simpang yaitu:

1. karena interaksi lalu lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang, disebut Tundaan lalu-lintas (DT).

2. karena perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan/atau terhenti karena lampu merah disebut Tundaan geometri (DG).

Untuk menghitung Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat j dengan rumus berikut:

$$D_j = DT_j + DG_j \quad 2.21$$

Keterangan :

D_j = tundaan rata-rata untuk pendekat j (detik/Smp)

DT_j = tundaan lalu lintas rata-rata untuk pendekat j (detik/Smp)

DG_j = tundaan geometri rata-rata untuk pendekat j (detik/Smp)

Untuk menentukan nilai Tundaan lalu-lintas rata-rata untuk suatu pendekat j dapat ditentukan dari rumus berikut (didasarkan pada Akcelik) :

$$DT = c \times \frac{0.5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR - DS)} + \frac{NQ1 \times 3600}{C} \quad 2.22$$

Dimana:

DT = tundaan lalu lintas rata rata (detik/Smp)

c = waktu siklus yang disesuaikan (detik)

GR = rasio hijau (g/c)

DS = derajat kejenuhan

$NQ1$ = jumlah yang tersisa smp dari fase hijau sebelumnya

C = kapasitas (Smp/jam)

Kemudian untuk Tundaan geometri rata-rata pada suatu pendekat j dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$DG = (1 - P_{sv}) \times PT \times 6 + (P_{sv} \times 4) \quad 2.23$$

Dimana :

P_{sv} = rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat

PT = rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

Berdasarkan anggapan-anggapan bahwa nilai normal 6 detik untuk kendaraan belok tidak berhenti dan 4 detik untuk yang berhenti.

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$D = DT + DG \quad 2.24$$

Dimana:

D = tundaan rata-rata (detik/Smp)

DT = tundaan lalu lintas (detik/Smp)

DG = tundaan geometrik (detik/Smp)

Untuk menghitung Tundaan total adalah perkalian antara tundaan rata-rata dengan arus lalu lintas.

$$D_{total} = D \times Q \quad 2.25$$

Dimana :

D_{total} = tundaan total,

D = tundaan rata-rata (detik/Smp)

Q = arus lalu lintas (detik/Smp)

2.4 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu sangat berguna bagi penulis dimana digunakan sebagai acuan pada saat melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperbanyak teori atau referensi yang dipakai dalam menelaah penelitian yang dilaksanakan.

Berikut ini adalah penelitian terdahulu yang berupa beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis:

Tabel 2. 7 Penelitian Terdahulu

No	Sumber	Tujuan penelitian	kesimpulan
1.	Hapri Dharmayant, (2019)	a. Dengan lampu lalu lintas variabel kinerja persimpangan dianalisis. b. Dengan menggunakan MKJI variabel kinerja simpang dianalisis yang dilakukan dalam kondisi terbangun untuk waktu puncak dan kondisi awal pada waktu puncak siang dan sore	Arah utara Panjang antrian sebesar 2576 smp/jam, arah timur sebesar 2368 smp/jam, arah selatan sebesar 4708 smp/jam dan arah barat sebesar 4891 kend/jam. Dari tundaan dapat diketahui tingkat pelayanan persimpangan, nilai tundaan pada setiap lengan adalah sebagai berikut: arah utara 21,43 det/smp, timur 19,75 det/smp, selatan 17,94 det/smp dan arah barat 20,87 det/smp
2.	Muchtar, (2022)	Meneliti besarnya tundaan kendaraan dan antrian untuk melihat pelaksanaan operasional kinerja simpang yang terdapat lampu lalu lintas menggunakan metode MKJI (1997).	Setelah dilakukan perhitungan diketahui bahwa di Jalan Jamin Ginting volume terbesar sebesar 1.490 smp/jam dengan antrean kendaraan 175 m dan tundaan 55,322 detik/smp. Di Jalan Kapten Pattimura volume terbesar sebesar 1.361 smp/jam sehingga terjadi antrean kendaraan 90 m dan tundaan 44,8 detik/smp. Batas kecepatan maksimum di Jalan Iskandar Muda sebesar 769,7 smp/jam sehingga terjadi

No	Sumber	Tujuan penelitian	kesimpulan
			antrean kendaraan sepanjang 66,67 meter dan tundaan 32 detik per smp. Di Jalan K.H. Wahid Hasyim volume terbesar sebesar 635 smp/jam sehingga terjadi antrean kendaraan 40 m dan tundaan 51,44 detik/smp.
3.	Aryandy, (2017)	<p>a. Untuk mengetahui unsur-unsur yang mempengaruhi kapasitas pada simpang bersinyal di Jl. Prof. Jl. HM Yamin SH Jawa-Jl. Gaharu Medan</p> <p>b. Untuk mengetahui nilai panjang antrian dan pada persimpangan diketahui hubungan panjang antrian dan tundaan.</p>	<p>Berdasarkan hasil penelitian didapat Nilai panjang antrian untuk Jl. Prof. HM. Yamin SH = 189,172 meter, tundaan = 440 detik/smp Jl. Gaharu = 109,314 meter, tundaan = 64 detik/smp Jl. Jawa = 116 meter, tundaan = 58 detik/smp.</p> <p>Sehingga diambil Analisa dari kesimpulan diatas bahwa dengan banyaknya kendaraan yang antri di persimpangan tersebut maka semakin lama tundaan untuk setiap kendaraan.</p>

(Sumber: Google, 2024)

BAB III

METHODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang dijadikan tempat penelitian merupakan simpang bersinyal di Jl. Sisingamangaraja- Jl. Lintas Sumatera- Jl. Tritura Medan. Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Lokasi penelitian

(Sumber: *Google Maps*, 2024)

3.2 Persiapan

Untuk menyelesaikan tugas akhir ini, perlu dilakukan perencanaan terlebih dahulu untuk menyelesaikan penelitian. Ada dua jenis persiapan yang dilakukan:

3.2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang dipersiapkan untuk membantu mempermudah pada saat melakukan penelitian adalah

- a. Kamera
- b. Alat tulis
- c. *Traffic Counter*
- d. Meteran sorong
- e. *Stopwatch*

3.2.2 Persiapan Tim Penelitian

Langkah selanjutnya adalah menyiapkan tim peneliti untuk membantu proses pengumpulan data setelah menyiapkan alat dan bahan. Setiap tim peneliti berjumlah enam orang, dan setiap persimpangan terdiri dari dua orang.

3.3 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari lapangan pada saat proses penelitian yang selanjutnya dilakukan analisa data. Adapun data primer yang dikumpulkan pada penelitian ini melip :

- a. Arus lalu lintas
- b. Geometrik persimpangan
- c. Fase sinyal lalu lintas

2. Data sekunder

Peta lokasi dan data jumlah merupakan data sekunder yang dikumpulkan penelitian ini.

3.4 Pengambilan Data

Ada tiga jenis data yang dikumpulkan dalam penelitian ini, yaitu data arus lalu lintas, data geometrik jalan, dan data sinyal lalu lintas.

3.4.1 Data Arus Lalu Lintas

Data arus lalu lintas yang melewati Jl. Sisingamangaraja- Jl. Lintas Sumatera- Jl. Tritura selama lima (5) hari diambil pada tiga (3) hari *weekdays* dan dua (2) hari *weekend*. Yaitu pada waktu ,

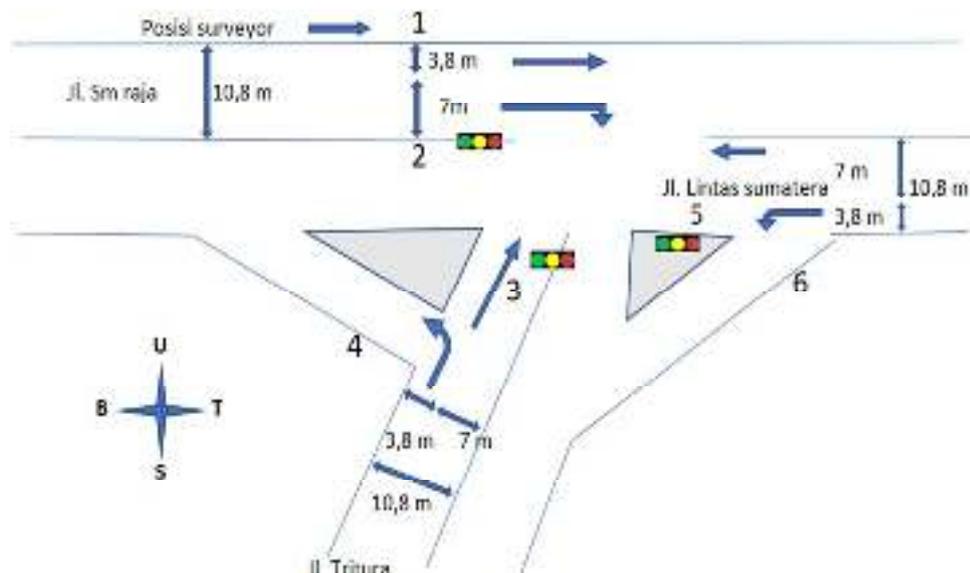
1. Pagi hari pukul 07.00-09.00 WIB
2. Sore hari pukul 17.00-19.00 WIB

Data mengenai jenis kendaraan yang melintasi persimpangan tersebut dibagi menjadi tiga kategori, yaitu:

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

2. Kendaraan berat (HV - *Heavy Vehicle*), yang mencakup mikro bus, bus besar, truk dengan dua as, truk dengan tiga as, dan truk gandengan semi-trailer.
3. Sepeda motor (MC - *Motor Cycle*), yang termasuk sepeda motor roda dua dan becak bermesin.

Gambar dari geometrik simpang dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut.



Gambar 3. 2 Geometrik simpang

(Sumber: Gambar pribadi, 2024)

Posisi surveyor dan data yang diambil

- 1 = Mengambil data LV, HV, dan MC dari Jl. Sisingamangaraja menuju *fly over* Amplas (ST)
- 2 = Mengambil data LV, HV, dan MC dari Jl. Sisingamangaraja yang belok kanan menuju jalan Tritura (RT)
- 3 = Mengambil data LV, HV, dan MC dari Jl. Tritura yang belok kanan menuju jalan Lintas Sumatera (RT)
- 4 = Mengambil data LV, HV dan MC dari jalan Tritura yang belok kiri langsung menuju Jl. Sisingamangaraja (LTO).

5 = Mengambil data LV,HV dan MC dari Jl. Lintas sumatera menuju J. Sisingamangaraja (ST).

6 = Mengambil data LV,HV dan MC dari Jl.Lintas Sumatera yang belok kiri Langsung menuju Jl. Tritura (LTOR).

3.4.2 Data Geometrik Persimpangan

Data geometrik persimpangan yang diukur secara langsung di lapangan meliputi:

- a. jumlah Lajur
- b. lebar jalan
- c. lebar lajur
- d. jumlah jalur
- e. lebar median

Tabel 3. 1 Data geometik persimpangan

Nama jalan	Jumlah jalur	Jumlah lajur	Lebar Jalan (m)	Lebar lajur (m)	Lebar median (m)
Jl. Sisingamangaraja	2	3	11,40	3,80	1,80
Jl. Tritura	2	2	7,30	3,65	5
Jl. Lintas Sumatera	2	3	11,40	3,80	1,80

(Sumber: Data pribadi, 2024)

3.4.3 Data Sinyal Lalu Lintas

Data sinyal lalu lintas yang diamati langsung dilapangan meliputi:

- a. waktu merah
- b. waktu hijau
- c. waktu kuning

Tabel 3. 2 Data sinyal lalu lintas

Nama Jalan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Kuning (detik)
Jl. Sisingamangaraja	148	22	3
Jl. Tritura	105	60	3
Jl. Lintas Sumatera	105	60	3

(Sumber: Data pribadi, 2024)

3.4.4 Data Jumlah Penduduk

Berdasarkan data BPS (Badan pusat Statistik) Kota Medan tahun 2023 bahwa jumlah penduduk Kota Medan adalah sebagai berikut:

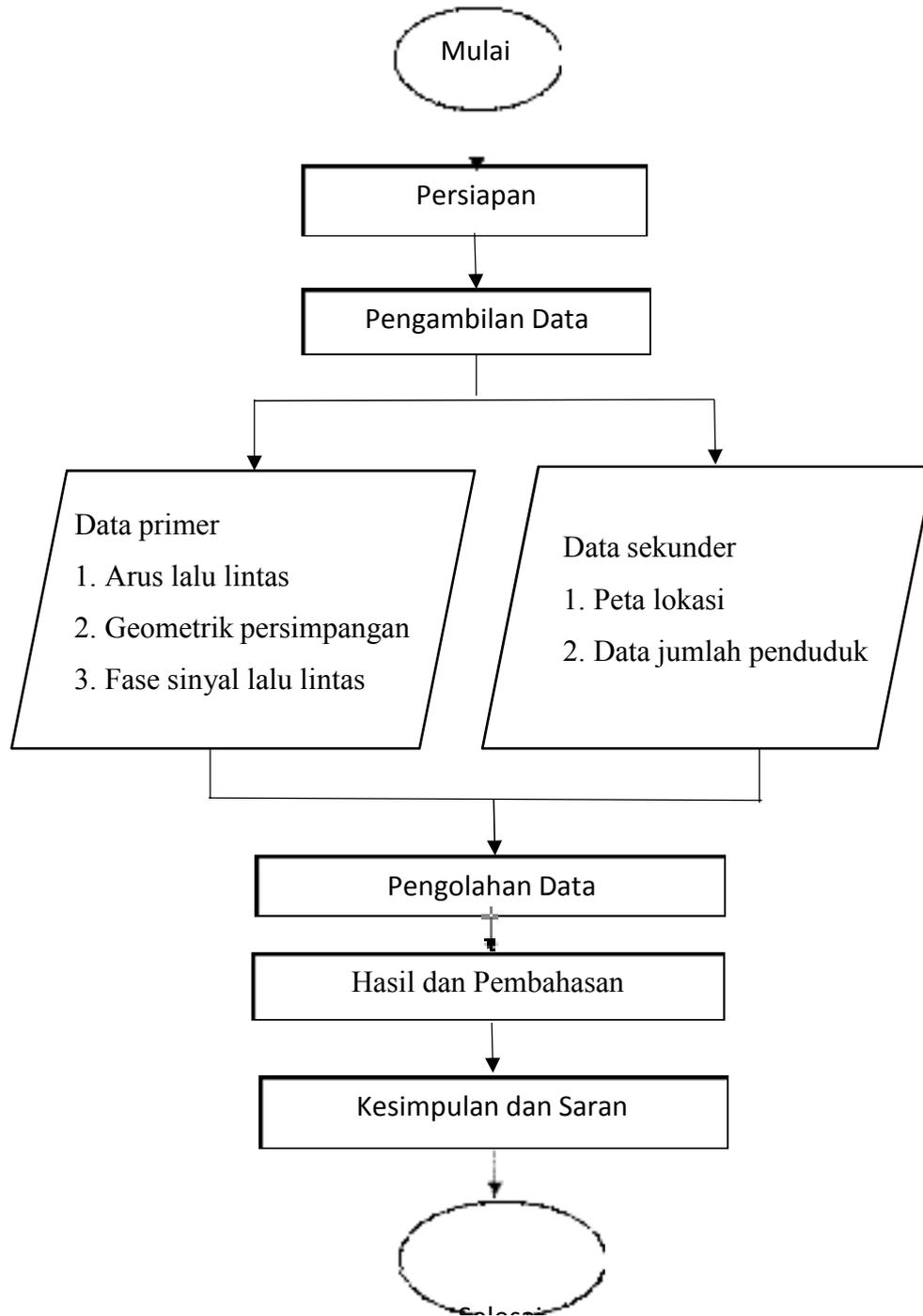
Tabel 3. 3 Jumlah penduduk Kota Medan

Wilayah	Jumlah Penduduk Kota Medan		
	Laki-Laki+Perempuan		
	2021	2022	2023
Medan Tuntungan	98561	100200	100132
Medan Johor	154096	156957	154868
Medan Amplas	130882	132458	131770
Medan Denai	171908	174744	171896
Medan Area	118710	120788	118057
Medan Kota	85563	86738	84778
Medan Maimun	50063	51066	49708
Medan Polonia	60389	61056	60679
Medan Baru	36545	36681	36191
Medan Selayang	103208	103559	104144
Medan Sunggal	130193	131741	133273
Medan Helvetia	166332	168287	168292
Medan Petisah	72587	73565	72432
Medan Barat	90156	92021	89248
Medan Timur	117314	118008	117035
Medan Perjuangan	104432	105380	105317
Medan Tembung	147209	148346	149274
Medan Deli	190822	192933	191743
Medan Labuhan	135589	137863	135622
Medan Marelan	186391	190940	189469
Medan Belawan	109908	111181	110238
Medan	2460858	2494512	2474166

(Sumber: BPS kota Medan, 2023)

3.5 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini seperti pada gambar 3.3 bagan alir berikut.



Gambar 3. 3 Bagan alir penelitian

(Sumber: Gambar pribadi, 2024)

