

**ANALISA KINERJA ALAT PEMBERI ISYARAT LALU LINTAS (APILL)
PADA SIMPANG EMPAT BERSINYAL**

(STUDI KASUS : JALAN GAJAH MADA – JALAN K.H. WAHID HASYIM MEDAN)

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 :

MIKHA TRI ARTINI PURBA

20310078

Telah diuji dihadapan Tim Penguji Tugas Akhir pada tanggal 16 Agustus 2024
dan dinyatakan telah lulus sidang sarjana

Disahkan oleh :

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



Hamisar Pasarikus, ST, MT.

Dosen Penguji I



Ir. Partahi Lumbangaol, M.Eng.Sc.

Dosen Penguji II



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

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Finthang Pangaribuan, M.T.

Ketua Program Studi


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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan suatu kota merupakan akibat dari pertumbuhan ekonomi, kemajuan-kemajuan ini dirasa sangat baik tapi dibalik itu sesuai dengan kemajuan dengan meningkatnya kendaraan maka akan sering terjadi kenaikan didalam penggunaan sarana transportasi baik itu kendaraan umum maupun kendaraan pribadi bila tidak diikuti dengan keseimbangan antara kapasitas jalan dengan banyaknya jumlah kendaraan, sehingga akan mengakibatkan salah satunya kemacetan, maka sangat perlu mengetahui karakteristik arus lalu lintas dari jalan.

Persimpangan adalah bagian dari ruas jalan dimana arus dari berbagai arah atau jurusan bertemu. Itulah sebabnya di persimpangan terjadi konflik antara arus dari jurusan yang berlawanan dan saling memotong, sehingga mengakibatkan terjadinya kemacetan di sepanjang lengan simpang yang disebabkan oleh hambatan samping, tingginya populasi kendaraan yang tidak diimbangi dengan ketersediaan infrastruktur jalan yang memadai.

Arus lalu lintas yang mendekati kapasitas, kemacetan mulai terjadi. Kemacetan semakin meningkat apabila arus begitu besarnya sehingga kendaraan sangat berdekatan satu sama lain. Kemacetan total terjadi apabila kendaraan harus berhenti atau bergerak sangat lambat, oleh karena itu membutuhkan pengaturan lalu lintas seperti Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL).

Untuk meningkatkan pelayanan simpang tersebut perlu melakukan evaluasi serta analisa pada Simpang Bersinyal Jalan Gajah Mada – Jalan K.H. Wahid Hasyim Kota Medan. Analisis Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) pada persimpangan dilakukan berguna mengefektifkan persimpangan sehingga tidak menimbulkan antrian panjang yang akan terjadi terhadap persimpangan tersebut.

Salah satu persimpangan di kota Medan yang perlu di analisis yaitu persimpangan tiga fase di Jalan Gajah Mada – Jalan K.H. Wahid Hasyim. Persimpangan ini

diidentifikasi sebagai persimpangan dengan pengaturan tiga fase dengan start-dini (*early start*), dimana arus lalu lintas timur *start* lebih awal.

Berdasarkan pengamatan lapangan, masalah yang timbul pada persimpangan tersebut antara lain:

1. Pengaturan lalu lintas tiga fase pada persimpangan dengan empat lengan simpang yang dianggap kurang efektif karena menimbulkan titik konflik.
2. Kurangnya disiplin pengendara yang melintasi simpang tersebut.

Jadi dalam penelitian ini dilakukan analisis pada persimpangan tersebut untuk ilialai apakah pengaturan lampu lalu lintas tiga fase masih efektif untuk diberlakukan atau perlu dilakukan simulasi kondisi persimpangan agar kinerja persimpangan menjadi lebih baik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

- a) Bagaimana kinerja simpang dipengaruhi APILL pada Simpang Bersinyal Jl. Gajah Mada – Jl. K.H.Wahid Hasyim?
- b) Bagaimana penentuan fase simpang untuk mengurangi konflik pada Simpang Bersinyal Jl. Gajah Mada – Jl. K.H. Wahid Hasyim?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a) Mengevaluasi kinerja simpang pada Simpang Bersinyal Jl. Gajah Mada – Jl. K.H. Wahid Hasyim.
- b) Menganalisa penentuan fase simpang untuk mengurangi konflik pada Simpang Bersinyal Jl. Gajah Mada – Jl. K.H. Wahid Hasyim.

1.4 Batasan Penelitian

Agar tugas akhir berjalan sesuai rencana dan lebih terarah, maka penulis membuat batasan masalah sebagai berikut :

- a) Pengambilan data selama 5 hari (Senin, Rabu, Jumat, Sabtu, Minggu)
- b) Analisis dibagi menjadi 2 sesi yaitu : pagi (pukul 07.00 – 09.00 WIB), sore (pukul 17.00 – 19.00 WIB).
- c) Simpang jalan yang ditinjau adalah Simpang Bersinyal Jl. Gajah Mada – Jl. K.H.Wahid Hasyim.
- d) Analisa pengolahan data menggunakan acuan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 mengenai kapasitas simpang.
- e) Tidak membahas perilaku pengemudi.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dalam penelitian ini yaitu :

- a) Bagi penulis dan mahasiswa Fakultas Teknik khususnya jurusan Teknik Sipil, yaitu dapat dijadikan sebagai referensi dalam menganalisis kinerja lalu lintas pada persimpangan.
- b) Bagi Pemerintah dan Dinas Perhubungan Kota Medan yaitu sebagai masukan dan bahan pertimbangan dalam mengeluarkan kebijakan terkait hasil penelitian tersebut dalam mengatasi masalah kemacetan pada Simpang ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Persimpangan (*Intersection*)

Persimpangan adalah simpul pada jaringan jalan yang merupakan pertemuan antara jalan dan perpotongan lintasan kendaraan. Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan menggunakan ruang jalan pada persimpangan secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya. Persimpangan-persimpangan merupakan faktor-faktor yang penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan (Departemen Perhubungan Jenderal Perhubungan Darat, 1995).

Simpang adalah pertemuan atau percabangan jalan baik sebidang maupun yang tak sebidang. Simpang merupakan tempat rawan terhadap kecelakaan karena terjadinya konflik antara pergerakan kendaraan dengan pergerakan kendaraan lainnya (Khisty & Lall, 2005).

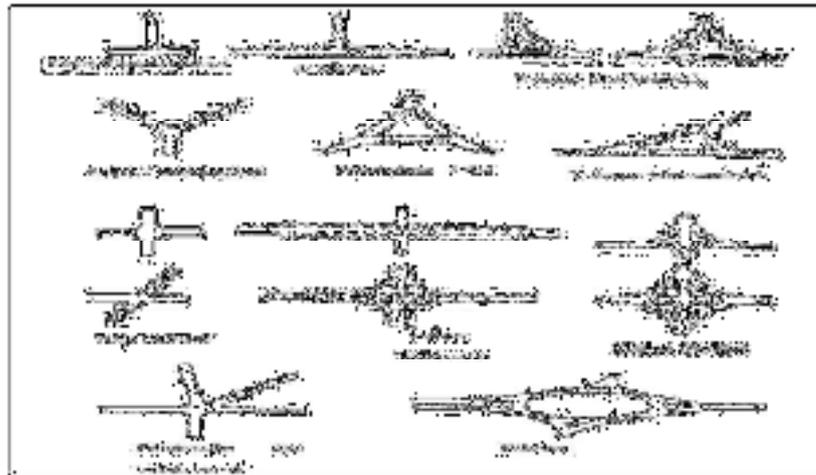
Persimpangan merupakan bagian terpenting dari jalan raya karena sebagian besar dari efisiensi, keamanan, kecepatan, biaya operasional dan kapasitas lalu lintas tergantung pada perencanaan persimpangan (Amrizal, 2012). Masalah-masalah yang terkait pada persimpangan adalah :

- a. Volume dan kapasitas.
- b. Desain geometrik dan kebebasan pandangan.
- c. Perilaku lalu lintas dan Panjang antrian.
- d. Kecepatan.
- e. Pengaturan lampu jalan.
- f. Parkir.
- g. Kecelakaan dan keselamatan (Atisusanti, 2009)

Persimpangan dibagi menjadi 2 (dua) jenis yaitu (Morlok, 1991) :

*1. Persimpangan Sebidang (*At Grade Intersection*)*

Yaitu pertemuan dua atau lebih jalan raya dalam satu bidang yang mempunyai elevasi yang sama. Desain persimpangan ini berbentuk huruf T, huruf Y, persimpangan empat kaki, serta persimpangan berkaki banyak.



Gambar 2. 1 Contoh-contoh Persimpangan Sebidang
 (Sumber: Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi, 2007)

2. Persimpangan tak sebidang (*Grade Separated Intersection*)

Yaitu suatu persimpangan dimana jalan yang satu dengan jalan yang lainnya tidak saling bertemu dalam satu bidang dan mempunyai beda tinggi antara keduanya.

2.2 Pengaturan Persimpangan

Pengaturan persimpangan dilihat dari segi pandang untuk control kendaraan dapat dibedakan menjadi dua (Morlok, 1991) yaitu :

1. Persimpangan tanpa sinyal, dimana pengemudi kendaraan sendiri yang harus memutuskan apakah aman untuk memasuki persimpangan itu.
2. Persimpangan dengan sinyal, dimana persimpangan itu diatur sesuai system dengan tiga aspek lampu yaitu merah, kuning, dan hijau.

Yang dijadikan kriteria bahwa suatu persimpangan sudah harus dipasang alat pemberi isyarat lalu lintas menurut Ditjen. Perhubungan Darat, (1998) adalah :

1. Arus minimal lalu lintas yang menggunakan persimpangan rata – rata diatas 750 kendaraan /jam, terjadi secara kontinu 8 jam sehari.
2. Waktu tunggu atau hambatan rata – rata kendaraan di persimpangan melampaui 30 detik.
3. Sering terjadi kecelakaan pada persimpangan yang bersangkutan.

4. Pada daerah yang bersangkutan dipasang suatu system pengendalian lalu lintas terpadu (*Area Traffic Control / ATC*), sehingga setiap persimpangan yang termasuk di dalam daerah harus dikendalikan dengan APILL.

Persimpangan bersinyal umumnya dipergunakan dengan beberapa alasan antara lain:

1. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak.
2. Untuk memberi kesempatan kepada para pejalan kaki untuk dengan aman dapat menyebrang (MKJI, 1997).

2.3 Tipe Pendekat

Tipe pendekat ditentukan dari jalan yang teliti. Tipe pendekat dibedakan menjadi dua, yaitu Tipe pendekat P (terlindung) dan tipe pendekat O (terlawan). Pada tipe pendekat terlindung P arus berangkat tanpa konflik dengan lalu lintas dari arah yang berlawanan. Gerakan bisa berasal dari jalan satu dan dua arah. Pada jalan dua arah Gerakan belok kanan terbatas. Tipe pendekat terlawan O arus berangkat dengan konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan. Gerakan hanya terjadi pada jalan dua arah dan gerakan belok kanan tidak terbatas (MKJI, 1997).

Tipe Pendekatan	Keterangan	Contoh pola-arah pendekatan		
Terdilindungi (P)	Arus berangkat tanpa konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan satu arah	Jalan satu arah	Diagram T
		Jalan dua arah, gerak belok kanan terbatas	Jalan dua arah, gerak belok kanan terbatas	
		Jalan dua arah, gerak belok kanan terbatas, gerak lurus terbatas	Jalan dua arah, gerak belok kanan terbatas, gerak lurus terbatas	
Terdilindungi (O)	Arus berangkat dengan konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan dua arah, gerak belok kanan tidak terbatas	Jalan dua arah, gerak belok kanan tidak terbatas	Jalan dua arah, gerak belok kanan tidak terbatas

Gambar 2. 2 Penentuan Tipe Pendekat

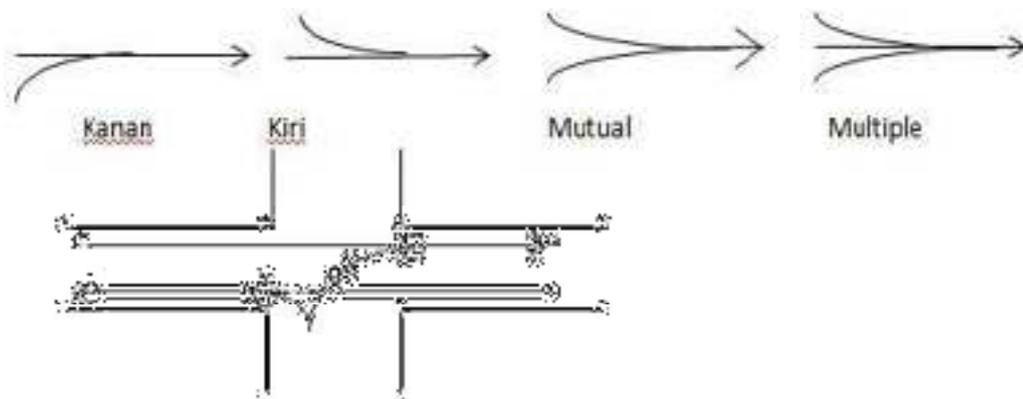
(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

2.4 Gerakan Lalu Lintas pada Persimpangan

Terdapat empat bentuk tipe dasar pergerakan lalu lintas pada persimpangan yang dilihat dari sifat dan tujuan gerakan, yaitu:

1. Gerakan Bergabung (*Merging*)

Peristiwa bergabungnya kendaraan yang bergerak dari beberapa ruas jalan Ketika bergabung pada suatu titik persimpangan (Bahan Ajar Jurusan Teknik Sipil, USU, 2006).

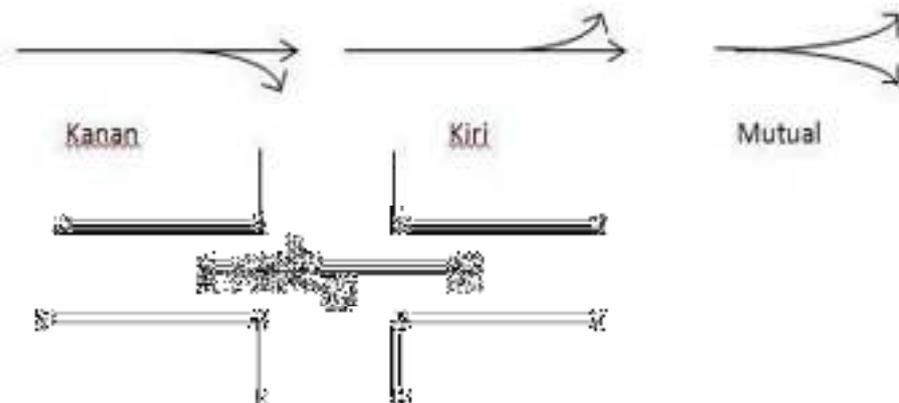


Gambar 2. 3 Arus Bergabung (*Merging*)

(Sumber: Bahan Ajar Jurusan Teknik Sipil, USU, 2006)

2. Gerakan Memisah (*Diverging*)

Peristiwa memisahannya kendaraan yang melewati suatu ruas jalan Ketika kendaraan tersebut sampai pada titik persimpangan.

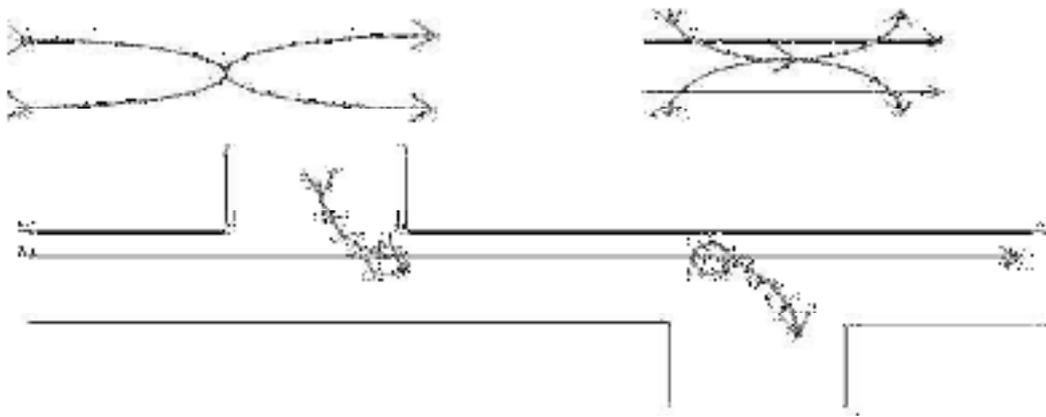


Gambar 2. 4 Gerakan Memisah (*Diverging*)

(Sumber: Bahan Ajar Jurusan Teknik Sipil, USU, 2006)

3. Bersilangan (*Weaving*)

Perpindahan jalur atau arus kendaraan menuju pedekat lain. Gerakan ini merupakan perpaduan dari gerakan *diverging* dan *merging*.

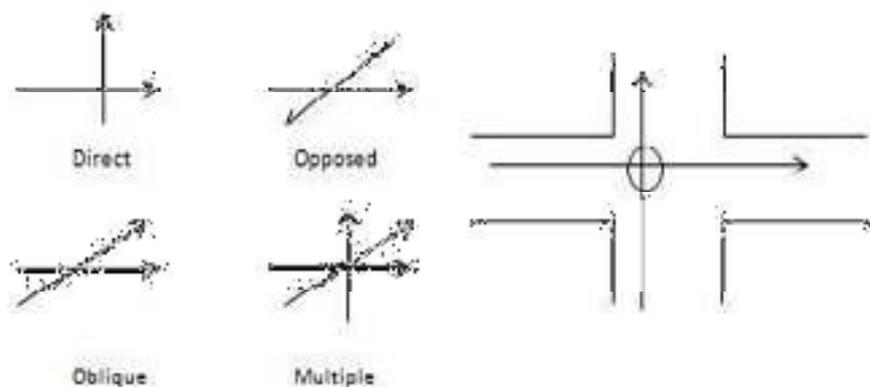


Gambar 2. 5 Gerakan Bersilangan (*Weaving*)

(Sumber: Bahan Ajar Jurusan Teknik Sipil, USU, 2006)

4. Berpotongan (*Crossing*)

Peristiwa perpotongan antara arus kendaraan dari satu jalur ke jalur lain pada persimpangan, biasanya kendaraan demikian akan menimbulkan titik konflik pada persimpangan.



Gambar 2. 6 Gerakan Berpotongan (*Crossing*)

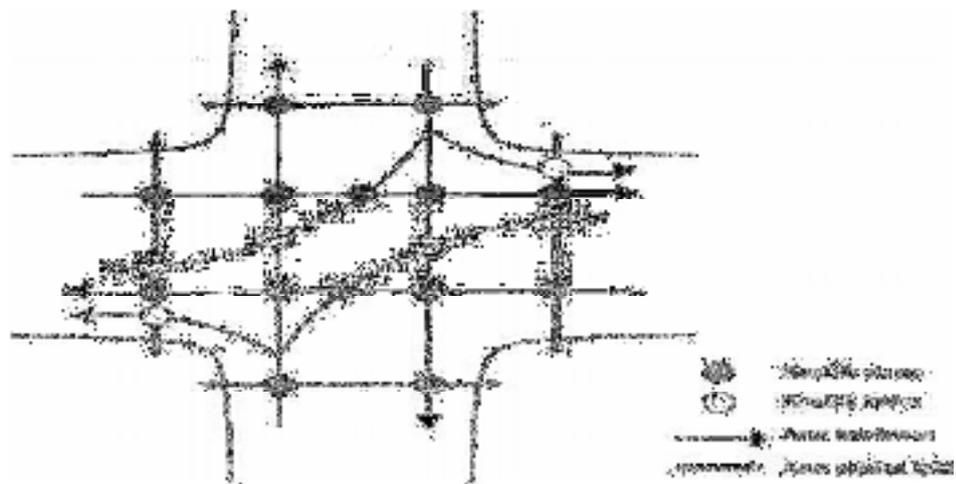
(Sumber : Bahan Ajar Jurusan Teknik Sipil, USU, 2006)

2.5 Titik Konflik Pada Simpang

Keberadaan persimpangan pada suatu jaringan jalan ditujukan agar kendaraan bermotor, para pejalan kaki, dan kendaraan tidak bermotor dapat bergerak dalam arah yang berbeda pada waktu yang bersamaan. Dari persimpangan muncul konflik yang berulang sebagai akibat dari dasar pergerakan. Berdasarkan sifatnya konflik terbagi dua, yaitu :

1. Konflik primer (*primary conflict*) adalah konflik antara arus lalu lintas yang bergerak lurus dari ruas jalan yang saling berpotongan dan termasuk konflik dengan pejalan kaki, sedangkan;
2. Konflik sekunder (*secondary conflict*) adalah konflik yang terjadi antara arus lalu lintas kanan dengan arus lalu lintas arah lainnya (*opposing straight-through traffic*) dan lalu lintas belok kiri dengan para pejalan kaki (*crossing pedestrians*).

Konflik dapat dibedakan atas dua jenis berdasarkan ada tidaknya alat pengatur simpang yaitu konflik yang terjadi pada persimpangan sebidang tidak bersinyal dan konflik yang terjadi pada simpang sebidang bersinyal. Pada persimpangan sebidang tidak bersinyal terdapat lebih banyak konflik dibandingkan pada persimpangan bersinyal (Hariyanto, 2004).



Gambar 2. 7 Titik Konflik pada Persimpangan Sebidang Bersinyal
(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Pada dasarnya jumlah potensial terjadinya titik-titik konflik di persimpangan tergantung pada beberapa faktor, seperti jumlah kaki persimpangan yang ada, jumlah lajur pada setiap kaki persimpangan, jumlah pergerakan yang ada dan system pengaturan yang ada (Hariyanto, 2004).

2.6 Kinerja Ruas Jalan

Kinerja ruas jalan dapat didefinisikan, sejauh mana kemampuan jalan menjalankan fungsinya (Suwardi, *Jurnal Teknik Sipil Vol.7 No.2, Juli 2010*) dimana menurut MKJI 1997 yang digunakan sebagai parameter adalah Derajat Kejenuhan (*Degree of Saturation, DS*).

Tabel 2. 1 Nilai Tingkat Pelayanan

No	Tingkat Pelayanan	$DS = \frac{q}{c}$	Kecepatan Ideal (km/jam)	Kondisi/Keadaan Lalu Lintas
1	A	< 0,04	>60	Lalu lintas lengang, kecepatan bebas
2	B	0,04-0,24	50-60	Lalu lintas agak ramai, kecepatan menurun
3	C	0,25-0,54	40-50	Lalu lintas ramai, kecepatan terbatas
4	D	0,55-0,80	35-40	Lalu lintas jenuh, kecepatan mulai rendah
5	E	0,81-1,00	30-35	Lalu lintas mulai macet kecepatan rendah
6	F	>1,00	<30	Lalu lintas macet, kecepatan rendah sekali

(Sumber :MKJI, 1997)

2.6.1 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik per satuan waktu pada lokasi tertentu. Untuk mengukur jumlah arus lalu lintas, biasanya dinyatakan dalam kendaraan per hari, smp per jam, dan kendaraan per menit. (MKJI 1997). Ekuivalen mobil penumpang (EMP) untuk masing-masing tipe kendaraan tergantung pada tipe jalan dan arus lalu lintas total dinyatakan dalam 1 jam. Semua nilai smp untuk kendaraan yang berbeda berdasarkan koefisien ekuivalen mobil penumpang (EMP), (MKJI, 1997).

Tabel 2. 2 Menentukan Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)

Tipe jalan = Jalan Satu Arah dan Jalan Terbagi	Arus lalu lintas per jalur (kend/jam)	EMP		
		HV	MC	LV
Dua lajur satu arah (2/1)	0	1,3	0,4	1,0
Empat lajur terbagi (4/2D)	>1050	1,3	0,2	1,0
Tiga lajur satu arah (3/1)	0	1,3	0,4	1,0
Enam lajur terbagi (6/2D)	1100	1,2	0,2	1,0

(Sumber :MKJI, 1997)

Volume dapat berupa :

1. Volume berdasarkan arah arus :
 - a. Dua arah
 - b. Satu arah
 - c. Arus lurus
 - d. Arus belok, baik belok kiri maupun belok kanan (C. Jotin Khisty dan B. Kent Lall, 2003).
2. Volume berdasarkan jenis kendaraan, seperti antara lain :
 - a. Mobil penumpang atau kendaraan ringan (LV)
 - b. Kendaraan berat (HV)
 - c. Sepeda motor (MC)

- d. Kendaraan tak bermotor (UM) (C. Jotin Khisty dan B. Kent Lall, 2003).
3. Volume arus lalu lintas mempunyai istilah khusus berdasarkan bagaimana data tersebut diperoleh, yaitu :
- a. ADT (*Avarage Daily Traffic*) atau dikenal juga sebagai LHR (lalu lintas harian rata-rata), yaitu volume lalu lintas rata-rata harian berdasarkan pengumpulan data selama x hari dengan ketentuan $1 < x < 365$ hari, sehingga ADT dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$ADT = \frac{Qx}{x} \quad 2.1$$

Dengan :

Qx : Volume lalu lintas yang diamati selama lebih dari 1 hari dan kurang dari 365

X : Jumlah hari pengamatan

- b. AADT (*Avarage Annual Daily Traffic*) atau dikenal juga sebagai LHRT (lalu lintas harian tahunan), yaitu total volume rata-rata harian (seperti ADT), akan tetapi pengumpulan datanya harus > 365 hari ($x > 365$).
- c. AAWT (*Average Annual Weekly Traffic*), yaitu volume rata-rata harian selama hari kerja berdasarkan pengumpulan > 365 hari, sehingga AAWT dapat dihitung sebagai jumlah volume pengamatan selama hari kerja dibagi dengan jumlah hari kerja selama pengumpulan data.
- d. *Maximum Annual Hourly Volume*, yaitu volume tiap jam yang terbesar untuk suatu tahun tertentu.
- e. 30 HV (*30th highest annual hourly volume*) atau disebut juga sebagai DHV (*Design Hourly Volume*), yaitu volume lalu lintas tiap jam yang dipakai sebagai volume desain. Dalam setahun besarnya volume ini dilampaui oleh 29 data.
- f. *Flow Rate* adalah volume yang diperoleh dari pengamatan yang lebih kecil dari 1 jam, akan tetapi kemudian dikonversikan menjadi volume 1 jam secara linier.

- g. *Peak Hour Factor* (PHF) adalah perbandingan volume satu jam penuh dengan puncak dari flow rate pada jam tersebut (C. Jotin Khisty dan B. Kent Lall, 2003), sehingga PHF dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$PHF = \frac{\text{volume satuan jam}}{\text{maksimum flow rate}} \quad 2.2$$

2.6.2 Kapasitas dari Persimpangan Bersinyal dan Derajat Kejenuhan

Arus Kapasitas (C) pada persimpangan didefinisikan untuk setiap bagian kakinya. Kapasitas ini merupakan tingkat arus maksimum (*Maksimum Rate Of Flow*) umumnya dihitung untuk periode waktu 15 menit dan dinyatakan dalam kendaraan per jam (*vehicle/hour*).

Kapasitas pada persimpangan untuk persimpangan bersinyal didasarkan pada konsep arus jenuh (*saturation flow*) dan tingkat arus jenuh (*saturation flow red*). *Saturation flow red* didefinisikan sebagai tingkat arus maksimum (*red of flow maximum*) yang dapat melalui setiap kaki persimpangan atas grup lajur yang diasumsikan mempunyai 100 waktu hijau efektif (*effective green time*).

Untuk menghitung Nilai Jenuh dan Arus Jenuh Dasar Simpang didapat dari persamaan berikut :

$$C_0 = 600 \times We \quad 2.3$$

Dimana:

600 = Standar kendaraan smp/jam tiap simpang bersinyal

We = Lebar Pendekat Simpang

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \quad 2.4$$

Dimana:

C : Kapasitas (smp/jam)

C_0 : Kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w : Faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas

FC_{sp} : Faktor penyesuaian akibat pemisah arah

FC_{sf} : Faktor penyesuaian akibat hambatan samping

FC_{cs} : Faktor penyesuaian untuk ukuran kota

$$C = S \times \frac{g}{c} \quad 2.5$$

Dimana :

C = Kapasitas untuk lengan

S = Arus jenuh dasar atau kelompok lajur

g = Lama waktu hijau (detik)

c = Lama waktu siklus (detik)

Derajat kejenuhan (DS) adalah hasil bagi arus lalu lintas terhadap kapasitas.

Derajat kejenuhan dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$DS = Q_{TOT}/C \quad 2.6$$

Dimana :

DS = Derajat kejenuhan

Q_{TOT} = Arus total SMP/jam

C = Kapasitas

Tabel 2. 3 Kapasitas Dasar Jalan Perkotaan

Tipe Jalan	Kapasitas Dasar Catatan (smp/jam)	Catatan
Empat Lajur Terbagi atau Jalan Satu Arah	1650	Per Lajur
Empat Lajur Tak Terbagi	1500	Per Lajur
Dua Lajur Tak Terbagi	2900	Total Dua Arah

(Sumber :MKJI, 1997)

2.6.2.1 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (F_{cw})

Tabel 2. 4 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (F_{cw})

Tipe Jalan	Lebar Jalur Lalu Lintas Efektif (W_e)(m)	F_{cw}
Empat Lajur Terbagi atau Jalan Satu Arah	Per Lajur	
	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
Empat Lajur Tak Terbagi	Per Lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,95
	3,50	1,00
	4,00	1,09
Dua Lajur Tak Terbagi	Total Dua Arah	
	5	0,56
	6	0,87
	7	1,00
	8	1,14
	9	1,25
	10	1,29
11	1,34	

(Sumber : MKJI, 1997)

2.6.2.2 Penyesuaian Pemisahan Arah (F_{Csp})

Tabel 2. 5 Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Ukuran Kota (F_{Csp})

Pemisahan arah SP		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
F_{Csp}	Dua-lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat-lajur 4/2	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94

(Sumber : MKJI, 1997)

2.6.2.3 Faktor Hambatan Samping Jalan (F_{sf})

F_{SF} adalah kegiatan di samping jalan yang menyebabkan pengurangan terhadap arus jenuh di dalam pendekat. Dari jenis lingkungan jalan, tingkat hambatan samping dan rasio kendaraan tak bermotor didapat faktor penyesuaian hambatan samping sebagaimana.

Tabel 2. 6 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{sf})

Tipe Lingkungan	Hambatan Samping	Type Fase	Rasio Kendaraan Tidak Bermotor (%)					
			0,00	0,05	0,1	0,15	0,2	>0,25
Komersial (COM)	Tinggi	Terlindungi	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlawan	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlindungi	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlawan	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlindungi	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlawan	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Perumahan (RES)	Tinggi	Terlindungi	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlawan	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86	0,84
	Sedang	Terlindungi	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlawan	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlindungi	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlawan	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses Terbatas (RA)	Tinggi/Sedang/Rendah	Terlindungi	1,0	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlawan	1,0	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

(Sumber : MKJI, 1997)

2.6.2.4 Faktor Koreksi Ukuran Kota (FC_c)

Tabel 2. 7 Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Ukuran Kota (FC_c)

No	Ukuran Kota (Juta Penduduk)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota
1	<0,1	0,86
2	0,1 – 0,5	0,90
3	0,5 – 1,0	0,94
4	1,0 – 3,0	1,00
5	>3,0	1,04

(Sumber : MKJI, 1997)

2.6.3 Level of Service (LOS)

LOS merupakan tolak ukur untuk mencerminkan bagaimana pengguna jalan dalam mengendarai kendaraan, hal tersebut dinyatakan dalam indeks tingkat pelayanan atau *Level of Service (LOS)*. Nilai ITP (Indeks Tebal Perkerasan) simpang dapat diketahui berdasarkan nilai tundaan kendaraan (MKJI, 1997).

Tabel 2. 8 Hubungan Tundaan Dengan Tingkat Pelayanan

No	Tingkat Pelayanan	$D = \frac{v}{c}$	Kecepatan Ideal (km/jam)	Kondisi/Keadaan Lalu Lintas
1	A	< 0,04	>60	Lalu lintas lengang, kecepatan bebas
2	B	0,04-0,24	50-60	Lalu lintas agak ramai, kecepatan menurun
3	C	0,25-0,54	40-50	Lalu lintas ramai, kecepatan terbatas
4	D	0,55-0,80	35-40	Lalu lintas jenuh, kecepatan mulai rendah
5	E	0,81-1,00	30-35	Lalu lintas mulai macet kecepatan rendah
6	F	>1,00	<30	Lalu lintas macet, kecepatan rendah sekali

(Sumber :MKJI, 1997)

2.7 Persinyalan Lalu Lintas

Lampu lalu lintas (menurut UU No. 22 tahun 2009 tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan: Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas atau APILL) adalah perangkat elektronik yang menggunakan isyarat lampu yang dapat dilengkapi dengan isyarat bunyi untuk mengatur lalu lintas dan kendaraan di persimpangan atau arus jalan. APILL terpasang di persimpangan jalan, tempat penyeberangan pejalan kaki (*zebra cross*), dan tempat arus lalu lintas lainnya.

Berdasarkan cara pengoperasiannya, persinyalan lalu lintas dibagi menjadi dua tipe yaitu *fixed time traffic signal* dan *actuated traffic signal*. *Fixed time* merupakan tipe persinyalan dengan waktu siklus yang selalu tetap. Sedangkan *actuated time* merupakan tipe persinyalan dengan waktu siklus yang tidak tentu

sesuai dengan kedatangan kendaraan dari berbagai simpang. Cara kerja persinyalan tipe *actuated time* yaitu dengan dipasangkan sensor atau detector pada suatu titik yang disambungkan ke lampu APILL sehingga pada saat antrian di suatu lengan cukup panjang, maka lampu APILL akan menampilkan waktu hijau yang lebih banyak. Namun waktu hijau yang ditampilkan memiliki batas waktu tertentu (Hasfar & Adiwarsa, 2018).

2.8 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Panjang waktu siklus pada fixed time operation tergantung volume lalu lintas. Bila volume lalu lintas tinggi waktu siklus lebih Panjang. Panjang waktu siklus mempengaruhi tundaan kendaraan rata-rata melewati persimpangan (Ulfah, 2018).

1. Waktu Siklus sebelum Penyesuaian

Menggunakan rumus;

$$C_{ua} = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \quad 2.7$$

Dimana:

C_{ua} = Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (detik)

LTI = Waktu hilang total per siklus (detik)

IFR = rasio arus simpang

Tabel 2. 9 Waktu Siklus yang Digunakan

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus Yang Layak (det)
Pengaturan dua fase	40 - 80
Pengaturan tiga fase	50 - 100
Pengaturan empat fase	80 - 130

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

2. Waktu Hijau

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

$$g_i = (C_{ua} - LTI) \times PR_i \quad 2.8$$

Dimana:

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase I (detik)

C_{ua} = Waktu siklus sebelum penyesuaian (detik)

LTI = Waktu hilang total per siklus (detik)

PR_i = Rasio fase $FR_{CRLT} / \sum (FR_{CRLT})$

Waktu hijau yang lebih pendek dari 10 detik harus dihindari, karena mengakibatkan pelanggaran lampu merah yang berlebihan dan kesulitan bagi pejalan kaki untuk menyeberang jalan.

3. Waktu Siklus yang disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan dihitung berdasarkan pada waktu hijau yang diperoleh dan waktu hilang. Perhitungan waktu siklus menggunakan rumus:

$$c = \sum g + LTI \quad 2.9$$

Dimana:

c = Waktu hijau yang disesuaikan (detik)

g = Waktu hijau (detik)

LTI = Waktu hilang total per siklus (detik)

2.9 Tundaan (*Delay, D*)

Tundaan adalah rata-rata waktu tunggu tiap kendaraan yang masuk dalam pendekat.

2.9.1 Tundaan lalu lintas simpang (DT)

Tundaan lalu lintas simpang adalah tundaan lalu lintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang Tundaan dapat juga didefinisikan sebagai ketidaknyamanan pengendara, borosnya konsumsi bahan bakar dan kehilangan waktu perjalanan (MKJI, 1997). Tundaan lalu lintas rata-rata pada suatu pendekat dapat ditentukan dalam persamaan berikut :

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)} + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \quad 2.10$$

Dimana :

c : Waktu siklus

GR : Rasio hijau

DS : Derajat kejenuhan

C : Kapasitas (smp/jam)

2.9.2 Tundaan Geometrik (DG)

Tundaan geometric adalah tundaan akibat perlambatan dan percepatan kendaraan yang terganggu dan tak terganggu (MKJI, 1997).

Tundaan geometric (DG) dihitung dengan rumus :

$$DG = (1 - P_{sv}) \times P_t \times 6 + (P_{sv} \times 4) \quad 2.11$$

Dimana =

P_{sv} : Rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat

P_t : Rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

2.10 Panjang Antrian

Menurut MKJI 1997 jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ) dihitung sebagai jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ_{\square}) ditambah jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ_{\square}) :

$$NQ = NQ_{\square} + NQ_{\square} \quad 2.12$$

Dengan :

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8x(DS - 0,5)}{c}} \right] \quad 2.13$$

Jika $DS > 0,5$: Selain itu $NQ_{\square} =$

$$0NQ_{\square} = C$$

Dimana :

NQ_{\square} = Jumlah smp tertinggal dari fase hijau

sebelumnya NQ_{\square} = Jumlah SMP yang datang selama fase merah

DS = Derajat Kejenuhan

GR = Rasio hijau

c = Waktu siklus (detik)

C = Kapasitas (smp/jam)

Q = Arus lalu lintas pendekat tersebut (smp/det)

Panjang antrian (QL) dengan mengalikan NQ maksimum dengan luas rata-rata yang digunakan kemudian dibagi dengan lebar masuknya.

QL : Panjang antrian

NQ_{\max} : Jumlah maksimal rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau antara NQ_{\square} dan NQ_{\square}

Wmasuk : Lebar jalur masuk

2.11 Karakteristik Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas terbentuk dari pergerakan individu pengendara yang melakukan interaksi pada suatu ruas jalan. Arus lalu lintas pada suatu ruas jalan karakteristiknya akan bervariasi baik berdasar waktunya. Dalam menggambarkan arus lalu lintas secara kuantitatif agar dimengerti tentang keberagaman karakteristiknya dan rentang kondisi perilakunya, maka perlu suatu parameter. Parameter dapat didefinisikan dan diukur oleh insinyur lalu lintas dalam menganalisis, mengevaluasi, dan melakukan perbaikan fasilitas lalu lintas berdasarkan parameter dan pengetahuan pelakunya (Oglesby, C. H & Hicks. R. G. 1998).

Tabel 2. 10 Karakteristik Dasar Lalu Lintas

No	Karakteristik Arus Lalu Lintas	Mikroskopik (Individu)	Makroskopik (Kelompok)
1	<i>Flow</i>	<i>Time Headway</i>	<i>Flow Rate</i>
2	<i>Speed</i>	<i>Individual Speed</i>	<i>Avarage Speed</i>
3	<i>Density</i>	<i>Distance Headway</i>	<i>Density Rate</i>

(Sumber : A. May, 1990)

2.12 Penelitian Terdahulu

Dalam menentukan keaslian penelitian ini, maka dirangkum beberapa penelitian sejenis terdahulu untuk mengetahui perbedaan yang ada dalam penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Rangkuman beberapa penelitian sejenis terdahulu dijabarkan pada Tabel 2.11 berikut :

Tabel 2. 11 Penelitian Terdahulu

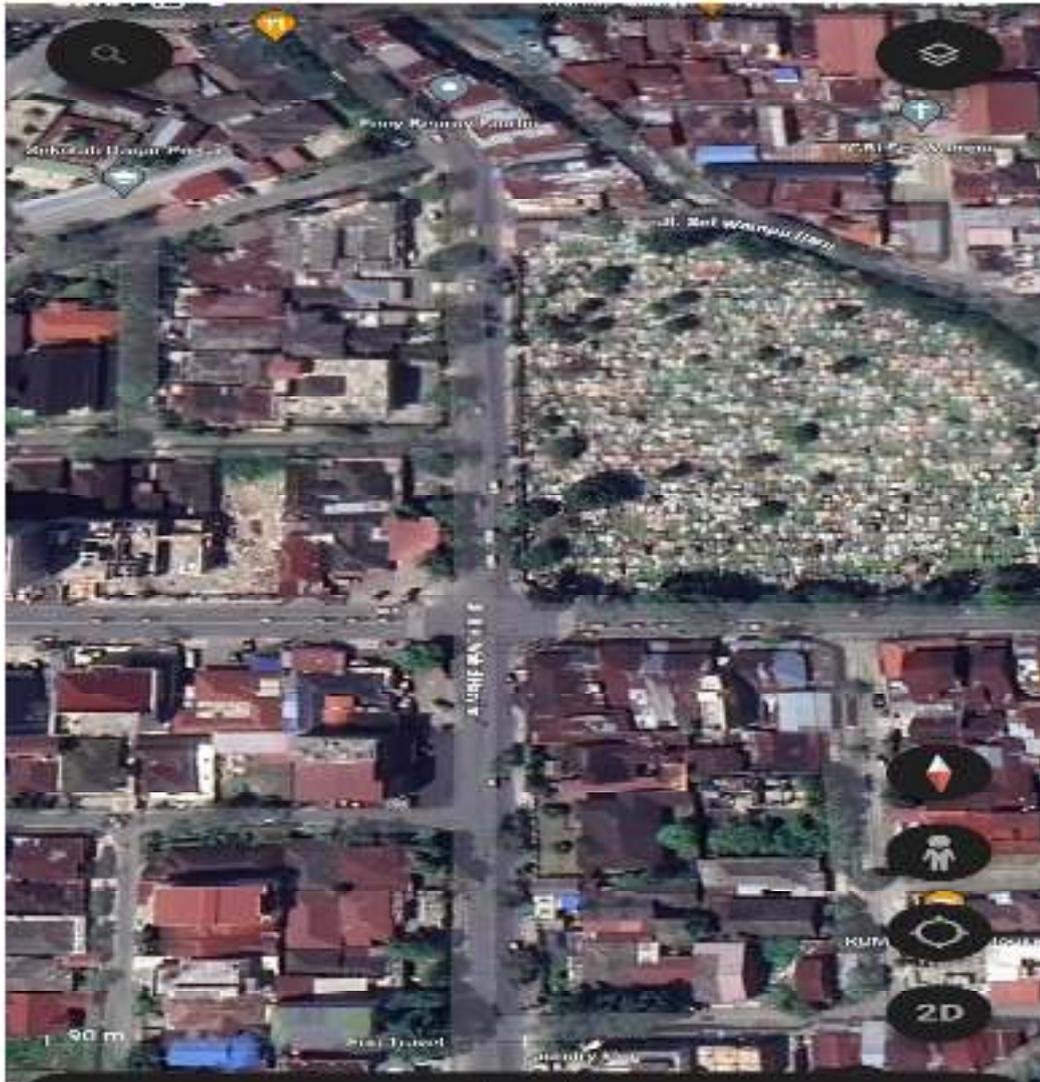
No.	Nama	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Daniel Firdaus Manurung (2018)	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merencanakan koordinasi pada Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL).	Hasil penelitian ini menunjukkan hasil analisis simpang bersinyal diperoleh pada simpang belum terkoordinasi dilihat dari waktu siklus simpang tidak sama sehingga tidak memenuhi syarat simpang.
2.	I Wayan Putra Praja Utama (2017)	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana kinerja jalan dan merencanakan manajemen jalan.	Hasil penelitian ini menghasilkan nilai tingkat pelayanan masih stabil.
3.	Dwi Bangkit Prakoso (2019)	Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja simpang bersinyal.	Hasil penelitian ini adalah kinerja tingkat pelayanan simpang didapatkan tidak sesuai waktu siklus dan tingkat pelayanan simpang rendah.

(Sumber: Hasil Penelitian, 2024)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian Tugas Akhir ini berada pada Simpang Bersinyal Jl. Gajah Mada – Jl.K.H. Wahid Hasyim.

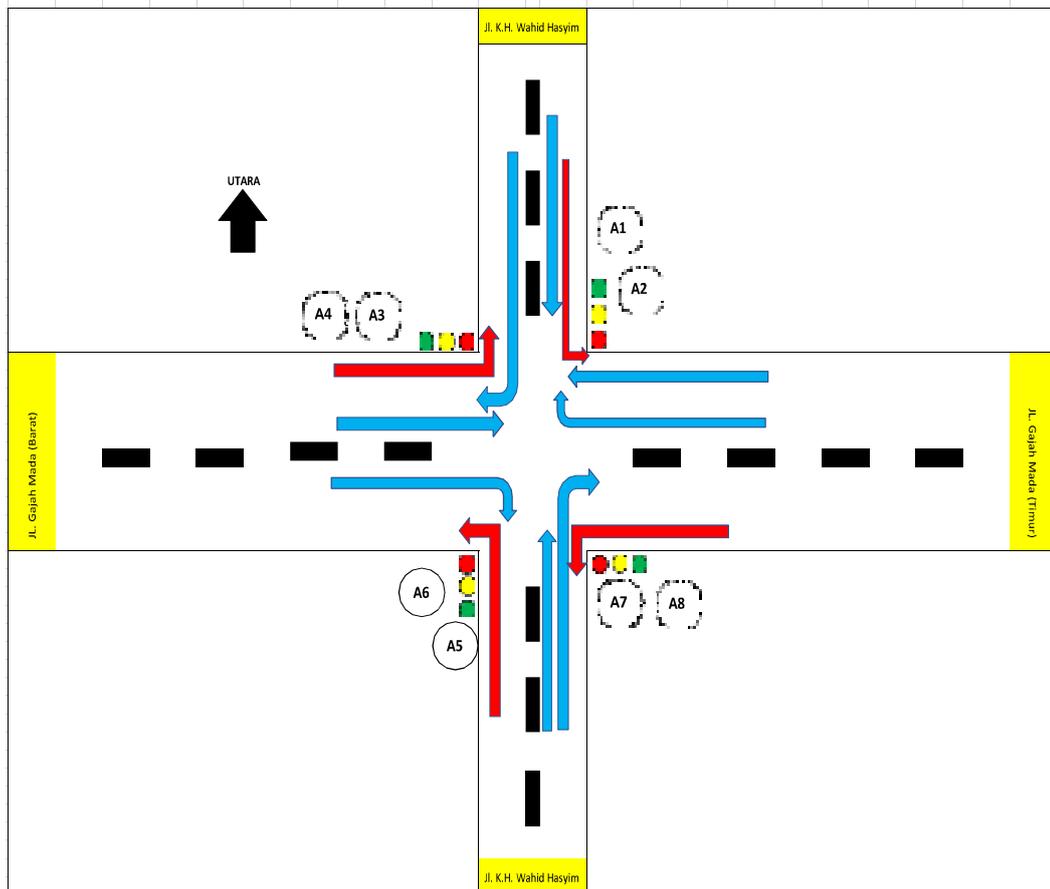


(Sumber: Google Earth. 2024)

Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian

3.2 Pengumpulan Data

Data sekunder yang digunakan adalah berupa foto udara yang diambil dari *Google Earth* guna memudahkan dalam penggambaran/pembuatan jaringan jalan. Sedangkan data primer yang dikumpulkan adalah berupa data inventarisasi/geometrik jalan yang dilakukan secara manual menggunakan *walking measure*, data volume arus lalu lintas yang dihitung menggunakan metode *traffic counting* dengan menggolongkan jenis kendaraan, data panjang antrian tiap lengan simpang yang dihitung dan diamati secara manual, serta kecepatan masing- masing jenis kendaraan yang dihitung menggunakan metode *journey speed*. Tipe kendaraan yang digunakan pada penelitian ini adalah LV (kendaraan ringan), HV (kendaraan berat), MC (sepeda motor).



Gambar 3. 2 Posisi Surveyor di Simpang 4

Jl. Gajah Mada - Jl. K.H. Wahid Hasyim

(Sumber: Hasil Data Penelitian, 2024)

Pada gambar 3.2, posisi surveyor digambarkan dengan lingkaran untuk membagi tugas. Masing-masing surveyor memiliki tugas yang berbeda-beda sesuai posisinya di tiap lengan simang. Berikut ialah tugas dari masing-masing surveyor di tiap lokasi.

1. Surveyor A1 menghitung jumlah sepeda motor (MC), jumlah kendaraan ringan (LV), jumlah kendaraan berat (HV) yang masuk dari Utara ke arah Barat dan Timur.
2. Surveyor A2 menghitung jumlah sepeda motor (MC), jumlah kendaraan ringan (LV), jumlah kendaraan berat (HV) yang masuk dari Utara ke arah Selatan.
3. Surveyor A3 menghitung jumlah sepeda motor (MC), jumlah kendaraan ringan (LV), jumlah kendaraan berat (HV) yang masuk dari Barat ke arah Utara dan Selatan.
4. Surveyor A4 menghitung jumlah sepeda motor (MC), jumlah kendaraan ringan (LV), jumlah kendaraan berat (HV) yang masuk dari Barat ke arah Timur.
5. Surveyor A5 menghitung jumlah sepeda motor (MC), jumlah kendaraan ringan (LV), jumlah kendaraan berat (HV) yang masuk dari Selatan ke arah Barat dan Timur.
6. Surveyor A6 menghitung jumlah sepeda motor (MC), jumlah kendaraan ringan (LV), jumlah kendaraan berat (HV) yang masuk dari Selatan ke arah Barat dan Utara.
7. Surveyor A7 menghitung jumlah sepeda motor (MC), jumlah kendaraan ringan (LV), jumlah kendaraan berat (HV) yang masuk dari Timur ke arah Utara dan Selatan.
8. Surveyor A8 menghitung jumlah sepeda motor (MC), jumlah kendaraan ringan (LV), jumlah kendaraan berat (HV) yang masuk dari Timur ke arah Barat.

3.3 Peralatan Penelitian

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Handphone*

Handphone digunakan sebagai media dalam mempermudah mengambil data penelitian terutama aplikasi *Traffic Counter* sebagai alat hitung survey untuk mengambil data jumlah kendaraan, aplikasi *stopwatch* sebagai penghitung waktu tempuh kendaraan untuk menghitung data waktu tempuh kendaraan yang melintas di lokasi.

2. Alat Tulis

Alat tulis digunakan sebagai penunjang dalam merekap data ke formular survei.

3. Formulir Survei

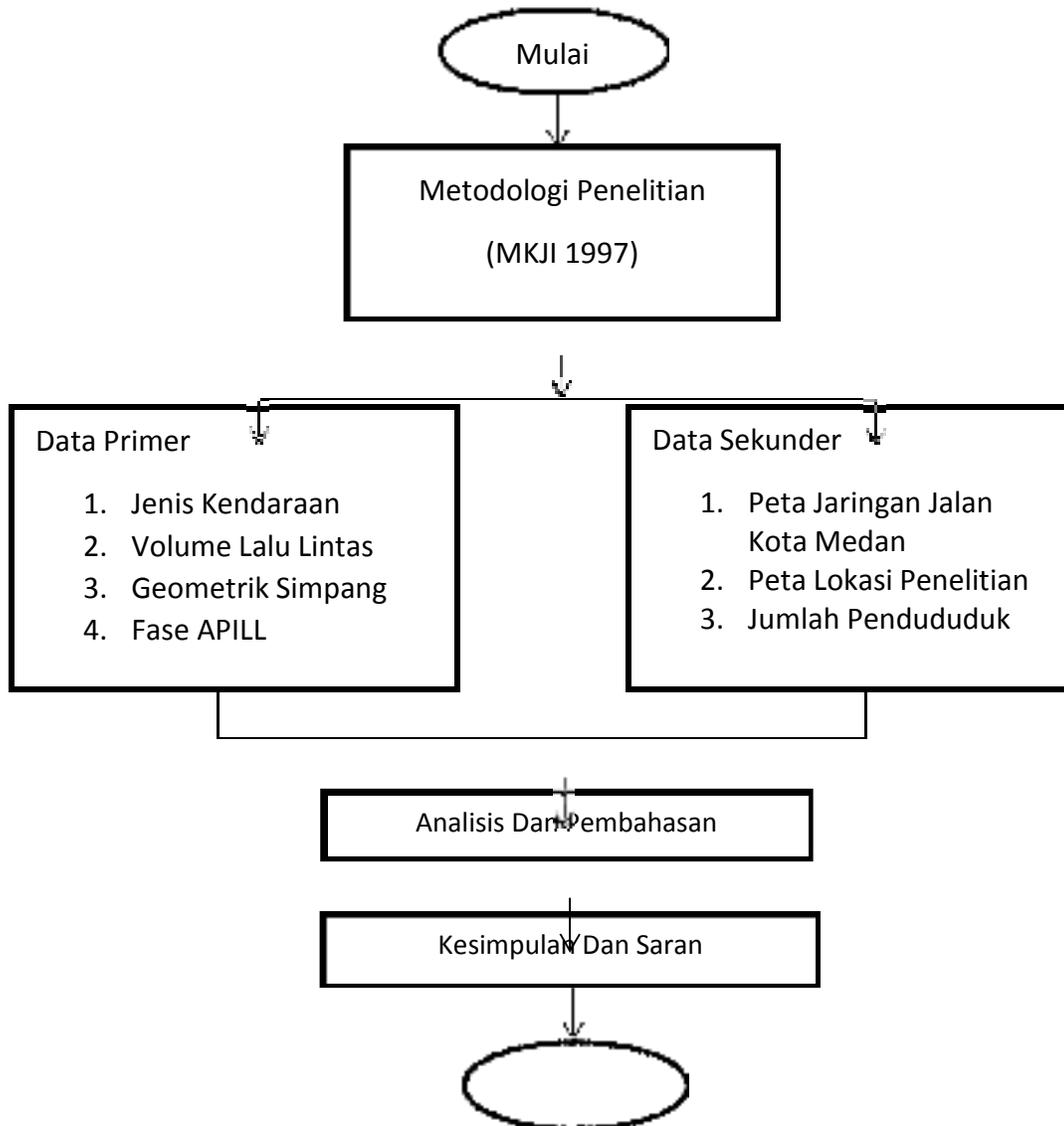
Formulir survei digunakan untuk merekap data jumlah kendaraan melalui aplikasi *Traffic counter* dan waktu tempuh kendaraan melalui stopwatch.

4. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur geometrik jalan yang menjadi lokasi penelitian.

3.4 Bagan Alir Penelitian

Dalam penelitian ini dilaksanakan survei dan pengumpulan data primer dan data sekunder untuk di Analisa agar mendapat kesimpulan dan saran seperti yang tertera pada Gambar 3.3 berikut ini



Gambar 3. 3 Bagan Alir Penelitian