

TUGAS AKHIR

**EVALUASI DURASI LAMPU LALU LINTAS PADA PERSIMPANGAN
JALAN RING ROAD-JALAN GATOT SUBROTO
KOTA MEDAN
(STUDI KASUS)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

ALFRIDO TONDI SIMBOLON
1307210131



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya
Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Alfrido Tondi Simbolon
NPM : 1307210131
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Evaluasi Durasi Lampu Lalu Lintas Pada Persimpangan Jalan
Ring Road-Jalan Gatot Subroto Kota Medan (Studi Kasus)
Bidang Ilmu : Transportasi

**DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI**

Medan, 17 November 2020

Dosen Pembimbing I


Hj. Irma Dewi, S.T, M.Si

Dosen Pembimbing II


Citra Utami, S.T, M.T

Unggul | Cerdas | Terpercaya

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : ALFRIDO TONDI SIMBOLON

NPM : 1307210131

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Evaluasi Durasi Lampu Lalu Lintas Pada Persimpangan Jalan
Ring Road-Jalan Gatot Subroto Kota Medan (Studi Kasus)

Bidang ilmu : Transportasi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 17 November 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



Hj. Irma Dewi, S.T, M.Si

Dosen Pembimbing II / Penguji



Citra Utami, S.T, M.T

Dosen Pembanding I / Penguji



Ir. Zurkiyah, M.T

Dosen Pembanding II / Penguji



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc

Program Studi Teknik Sipil

Ketua,



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Alfrido Tondi Simbolon
Tempat / Tanggal Lahir : Palu / 30 Mei 1995
NPM : 1307210131
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Evaluasi Durasi Lampu Lalu Lintas Pada Persimpangan Jalan Ring Road-Jalan Gatot Subroto Kota Medan”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 17 November 2020

Saya yang menyatakan,



Alfrido Tondi Simbolon

ABSTRAK

EVALUASI DURASI LAMPU LALU LINTAS PADA PERSIMPANGAN JALAN RING ROAD-JALAN GATOT SUBROTO KOTA MEDAN (STUDI KASUS)

Alfrido Tondi Simbolon
1307210131

Hj. Irma Dewi, S.T, M.Si
Citra Utami, S.T, M.T

Penelitian Evaluasi Durasi Lampu Lalu Lintas dilakukan di Simpang Jalan Ring Road Kota Medan karena pada Simpang tersebut mempunyai tingkat kepadatan pada waktu jam sibuk. Sehubungan dengan hal itu maka perlu di lakukan penelitian dengan menggunakan Standar Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tahap lampu lalu lintas dan mengetahui tingkat pelayanan. Perhitungan analisis dan simulasi yang diterapkan dalam penelitian ini menggunakan metode MKJI 1997. Data primer yang diambil dalam penelitian berupa geometrik persimpangan, kondisi lingkungan, volume lalu lintas, dan penentuan waktu sinyal. Berdasarkan hasil analisis data, maka didapatkan nilai derajat kejenuhan (Ds) pada Lengan Utara sebesar 1,65, pada Lengan Barat sebesar 0,70, pada Lengan Selatan sebesar 6,07, dan pada Lengan Timur sebesar 1,26. Sesuai dengan nilai derajat kejenuhan dan didapat Tingkat Pelayanan Kinerja Simpang Jalan Ring Road berada pada Kategori F dimana arus lalu lintasnya kurang stabil dan kadang sering menyebabkan kemacetan.

Kata kunci: Persimpangan, Durasi Lampu Lalu Lintas, Derajat kejenuhan.

ABSTRACT

EVALUATION OF TRAFFIC LIGHTS DURATION AT RING ROAD - GATOT SUBROTO JUNCTION MEDAN CITY (CASE STUDY)

Alfrido Tondi Simbolon
1307210131

Hj. Irma Dewi, S.T, M.Si
Citra Utami, S.T, M.T

The Traffic Light Duration Evaluation Research was carried out at the Ring Road Intersection of Medan City because the intersection has a density level during peak hours. In this regard, it is necessary to conduct research using the Indonesian Road Capacity Manual Standard 1997. This study aims to determine the traffic light stage and determine the level of service. The analysis and simulation calculations applied in this study used the MKJI 1997 method. Primary data taken in this research are geometric intersections, environmental conditions, traffic volume, and signal timing. Based on the results of data analysis, the value of the degree of saturation (Ds) in the North Arm is 1.65, the West Arm is 0.70, the South Arm is 6.07, and the East Arm is 1.26. In accordance with the value of the degree of saturation and it is obtained that the Performance Service Level of the Ring Road Intersection is in Category F where the traffic flow is less stable and sometimes often causes congestion.

Keywords: Intersection, Traffic Light Duration, Degree of saturation.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Tuhan Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Evaluasi Durasi Lampu Lalu Lintas Pada Persimpangan Jalan Ring Road – Jalan Gatot Subroto Kota Medan” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

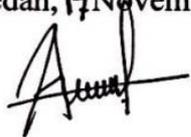
Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis memberikan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Hj. Irma Dewi, S.T, M.Si, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji dan Sekretaris Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Citra Utami, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Ir. Zurkiyah, M.T selaku Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain S.T, M.Sc, selaku Pembimbing II dan Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Dr. Ade Faisal, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

9. Orang Tua penulis: Rappael Simbolon, Ah.T, S.T dan Anita Runtulalo yang telah berusaha payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
10. Sahabat-sahabat penulis: Ade Gunawan Pasaribu, Dedi Dermawan, Fadli, Muklisudin, Muhammad Fadli, Surtina dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia kontruksi teknik sipil.

Medan, 17 November 2020



Alfredo Tondi Simbolon

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xvi

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Persimpangan	5
2.1.1. Pengertian Persimpangan	5
2.1.2. Persimpangan Sebidang	6
2.2. Gerakan Lau Lintas Pada Persimpangan	7
2.3. Simpang Bersinyal	10
2.4. Pengaturan Lalu Lintas Pada Persimpangan	11
2.4.1. Simpang Tanpa Prioritas (<i>Non Priority Junction</i>)	12
2.4.2. Simpang Dengan Prioritas (<i>Priority Junction</i>)	13
2.4.3. Simpang Dengan Lampu Lalu Lintas (<i>Signalized Junction</i>)	14
2.5. Lampu Lalu Lintas (<i>Traffic Light</i>)	17

2.5.1. Sistem Kerja Lampu Lalu Lintas	19
2.5.2. Durasi Lampu Lalu Lintas	19
2.5.3. Definisi Kepadatan Lalu Lintas	24
2.6. Kapasitas Tingkat Pelayanan	24
2.7. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)	27
2.8. Tingkat Pelayanan (<i>Level Of Service</i>)	40
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Bagan Alir	42
3.2. Tahapan Persiapan	43
3.3. Tahapan Kerja Penelitian	43
3.4. Metode Survei	44
3.5. Pengumpulan Data	44
3.5.1. Waktu Penelitian	44
3.5.2. Lokasi Penelitian	45
3.5.3. Penelitian	46
3.6. Data Primer	47
3.6.1. Data Geometrik Persimpangan dan Lingkungan	47
3.6.2. Data Volume Lalu Lintas	48
3.6.3. Data Kondisi Waktu Sinyal atau Fase	49
3.7. Tenaga dan Peralatan	50
3.7.1. Tenaga (Surveyor)	50
3.7.2. Penempatan Surveyor	51
3.7.3. Peralatan	51
BAB 4 PENYAJIAN DATA DAN ANALISA DATA	
4.1. Analisa Data	53
4.1.1. Lebar Efektif (W_e)	53
4.1.2. Arus Jenuh Dasar (S_o)	53
4.1.3. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})	54
4.1.4. Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G)	54
4.1.5. Faktor Penyesuaian Parkir (F_P)	54
4.1.6. Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{SF})	54
4.1.7. Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{RT})	55

4.1.8. Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})	55
4.1.9. Arus Jenuh (S)	55
4.1.10. Rasio Arus (F_R)	56
4.1.11. Waktu Hilang (LTI)	57
4.1.12. Waktu Siklus Pra Penyesuaian (Cua)	57
4.1.13. Rasio Fase (PR)	57
4.1.14. Waktu Hijau (g)	58
4.2. Kapasitas dan Derajat Kejenuhan	58
4.2.1. Kapasitas (C)	58
4.2.2. Derajat Kejenuhan (DS)	59
4.2.3. Panjang Antrian (QL)	60
4.2.4. Kendaraan Terhenti (NSV)	61
4.2.5. Tundaan Lalu Lintas (DT)	62
4.2.6. Tingkat Pelayanan (<i>Level Of Service</i>)	63
4.2.7. Durasi Lampu Lalu Lintas	63
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	65
5.2. Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Normal Waktu Antar Hijau (MKJI, 1997)	18
Tabel 2.2	Penentuan Tipe Pendekat	21
Tabel 2.3	Kriteria Tingkat Pelayanan Pada Persimpangan Bersinyal (MKJI, 1997)	25
Tabel 2.4	Tipe Kendaraan (MKJI, 1997)	28
Tabel 2.5	Nilai Konversi Satuan Mobil Penumpang pada Simpang (MKJI, 1997)	29
Tabel 2.6	Faktor Penyesuaian ukuran kota Fcs (MKJI, 1997)	30
Tabel 2.7	Faktor Penyesuaian Untuk tipe lingkungan jalan, hambatan Samping dan kendaraan tak bermotor (F_{sf}) (MKJI, 1997)	31
Tabel 2.8	Karakteristik Tingkat Pelayanan Jalan (MKJI, 1997)	41
Tabel 3.1	Data Lingkungan Simpang Ring Road	47
Tabel 3.2	Data Geometrik Simpang Ring Road	47
Tabel 3.3	Volume Lalu Lintas Simpang Ring Road Dalam Satuan Kend/Jam	48
Tabel 3.4	Volume Lalu Lintas Simpang Ring Road Dalam Satuan Smp/Jam	49
Tabel 3.5	Hasil Pengamatan Waktu Sinyal Simpang Ring Road	49
Tabel 4.1	Hasil Perhitungan Arus Jenuh Dasar Simpang Ring Road	54
Tabel 4.2	Hasil Perhitungan Factor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{SF})	54
Tabel 4.3	Nilai Arus Jenuh Simpang Ring Road	56
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Rasio Arus (F_R)	57
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan Rasio Fase	58
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan Waktu Hijau (g)	58
Tabel 4.7	Hasil Perhitungan Kapasitas	59
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS)	59
Tabel 4.9	Panjang Antrian	61
Tabel 4.10	Kendaraan Henti (NSV)	62
Tabel 4.11	Tundaan Kendaraan dan Tingkat Pelayanan	63
Tabel 4.12	Hasil Perhitungan Durasi Lampu Lalu Lintas	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tipe Dasar Gerakan <i>Diverging</i> (Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1999)	7
Gambar 2.2	Tipe Dasar Gerakan <i>Merging</i> (Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1999)	8
Gambar 2.3	Tipe Dasar Gerakan <i>Weaving</i> (Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1999)	8
Gambar 2.4	Tipe Dasar Gerakan <i>Crossing</i> (Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1999)	9
Gambar 2.5	Konflik Lalu Lintas pada persimpangan sebidang tak bersinyal (Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1999)	10
Gambar 2.6	Konflik Lalu Lintas pada persimpangan sebidang bersinyal (Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1999)	11
Gambar 2.7	Persimpangan Tanpa Prioritas (Highway Traffic Analysis and Design, R.J Salter)	13
Gambar 2.8	Persimpangan Dengan Prioritas (Highway Traffic Analysis and Design, R.J Salter)	14
Gambar 2.9	Rambu Lalu Lintas untuk Simpang dengan Prioritas (PP. No. 43 Tahun 1993 tentang Rambu Lalu Lintas)	14
Gambar 2.10	Persimpangan Dengan <i>Traffic Light</i> (Highway Traffic Analysis and Design, R.J Salter)	15
Gambar 2.11	Pengaturan Simpang Dengan Dua Fase (Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997, hal. 2-4)	22
Gambar 2.12	Pengaturan Simpang Tiga Fase dengan <i>Late Cut-Off</i> (Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997, hal. 2-5)	22
Gambar 2.13	Pengaturan Simpang Tiga Fase dengan <i>Early-Start</i> (Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997, hal. 2-5)	23
Gambar 2.14	Pengaturan Simpang Tiga Fase dengan Pemisahan Belok Kanan (Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997, hal. 2-5)	23

Gambar 2.15	Pengaturan Simpang Empat Fase dengan Pemisahan Belok Kanan (Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997, hal. 2-5)	23
Gambar 2.16	Pengaturan Simpang Empat Fase dengan Arus Berangkat dari Satu persatu Pendekat pada Saatnya Masing-masing (Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997, hal. 2-5)	23
Gambar 2.17	Lebar Efektif Ruas Jalan (W_e) (Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997, hal. 2-49)	31
Gambar 2.18	Faktor Koreksi untuk Kemiringan Jalan (F_g) (Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997, hal. 2-54)	32
Gambar 2.19	Faktor Penyesuaian untuk Pengaruh Parkir (F_p) (Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997)	32
Gambar 2.20	Faktor Penyesuaian untuk Kendaraan Belok Kanan (F_{rt}) (Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997, hal. 2-55)	33
Gambar 2.21	Faktor Penyesuaian untuk Kendaraan Belok Kiri (F_{lt}) (Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997, hal. 2-55)	33
Gambar 3.1	Bagan alir penelitian	42
Gambar 3.2	Peta lokasi	45

DAFTAR NOTASI

Wa	= Lebar Pendekat
Wmasuk	= Lebar Masuk
Wkeluar	= Lebar Keluar
We	= Lebar Efektif
Grad	= Landai Jalan
emp	= Ekuivalen Mobil Penumpang
smp	= Satuan Mobil Penumpang
<i>I</i>	= Fase
<i>c</i>	= Waktu Siklus
<i>g (Green)</i>	= Waktu Hijau
<i>gmax</i>	= Waktu Hijau Maksimum
<i>gmin</i>	= Waktu Hijau Minimum
GR	= Rasio Hijau
<i>All Red</i>	= Waktu Semua Merah
<i>IG</i>	= Antar Hijau
LTI	= Waktu Hilang
P _{RT}	= Rasio Belok Kanan
P _{LT}	= Rasio Belok Kiri
Q	= Arus Lalu Lintas
Q _{RTO}	= Arus Melawan, Belok Kanan
S	= Arus Jenuh
So	= Arus Jenuh Dasar
Ds	= Arus Kejenuhan
FR	= Rasio Arus
IFR	= Rasio Arus Simpang
PR	= Rasio Fase
C	= Kapasitas
NQ	= Panjang Antrian
NSV	= Kendaraan Henti
DT	= Tundaan Lalu Lintas

DG	= Tundaan Geometrik Rata-rata
D	= Tundaan Rata-rata
RES	= Pemukiman
RA	= Akses Terbatas
CS	= Ukuran Kota
SF	= Hambatan Samping

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

HV	= <i>Heavy Vehicle</i> (Kendaraan Berat)
LV	= <i>Light Vehicle</i> (Kendaraan Ringan)
MC	= <i>Motor Cycle</i> (Sepeda Motor)
UM	= <i>Un-Motorcycle</i> (Kendaraan tak bermotor)
LT	= <i>Left Turn</i> (Belok Kiri)
ST	= <i>Straight</i> (Lurus)
RT	= <i>Right Turn</i> (Belok Kanan)
LTOR	= <i>Left Turn On Red</i> (Belok Kiri Langsung)
COM	= Komersial

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kota Medan yang merupakan kota terbesar ke 3 (tiga) setelah Jakarta dan Surabaya menjadikan Kota Medan memiliki tingkat kepadatan yang sangat tinggi, baik itu dari segi kependudukan maupun lalu lintas. Keterbatasan lahan maupun sarana dan prasarana membuat kebutuhan untuk layanan transportasi semakin meningkat demi tercapainya pelayanan lalu lintas yang baik.

Sejalan dengan perkembangan teknologi serta perekonomian yang begitu pesat, maka menyebabkan semakin banyak pula persoalan-persoalan yang dihadapi oleh masyarakat. Dimana kemacetan lalu lintas adalah suatu permasalahan yang selalu dirasakan masyarakat pengguna jalan, terlebih lagi bagi masyarakat di kota-kota besar, seperti kota medan. Kemacetan yang merupakan sebuah permasalahan ternyata melahirkan berbagai macam permasalahan lainnya. Mulai dari pemborosan waktu hingga polusi. Hal itu tentunya memakan banyak ruang di jalan raya dan merupakan hal yang tidak efektif.

Kondisi ini disebabkan dengan tidak seimbangnya antara pertumbuhan panjang jalan dan pertumbuhan jumlah kendaraan di Indonesia. Menurut data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah kendaraan pada tahun 2017 sampai tahun 2018 meningkat 16%. Bandingkan dengan panjang jalan pada tahun 2017 sampai tahun 2018 hanya meningkat sekitar 0,0012% (Badan Pusat Statistik). Ini membuktikan bahwa setiap harinya, arus lalu lintas di Indonesia semakin padat. Salah satu cara untuk mengurangi kepadatan lalu lintas adalah dengan adanya lampu lalu lintas. Namun dalam beberapa kondisi, lampu lalu lintas kurang efisien untuk menangani masalah tersebut.

Kondisi ini menjadi motivasi utama diadakannya penelitian mengenai Sistem Pengaturan Lampu Lalu Lintas Terdistribusi (SPLLLT). Lalu lintas yang ada saat ini hanya berorientasi terhadap waktu dan tidak menyesuaikan kondisi lalu lintas. SPLLLT diharapkan dapat menjadi bentuk evolusi dari lampu lalu lintas yang ada saat ini. Lampu lalu lintas merupakan salah satu alat yang mengendalikan arus

lalu lintas yang terpasang di persimpangan jalan, tempat penyebrangan pejalan kaki (*zebra cross*), dan tempat arus lalu lintas lainnya. Lampu ini yang menandakan kapan kendaraan harus berjalan dan berhenti secara bergantian dari berbagai arah.

Pada umumnya lampu lalu lintas bekerja secara otomatis menggunakan suatu system yaitu ATCS (*Automatic Traffic Light Control System*). Sistem ini digunakan untuk mengatasi kemacetan lalu lintas pembagian jatah lampu hijau sama rata untuk semua jalur, tanpa melihat jumlah kendaraan yang ada pada masing-masing jalur. Akibatnya, jalur yang sedang sepi kendaraan mendapatkan lampu hijau yang lebih lama dari yang dibutuhkan, yang menyebabkan lampu merah pada simpang jalan lainnya. Itu membuat lampu lalu lintas di persimpangan jalan menjadi kurang efektif dan hanya akan menimbulkan kepadatan di jalur lain yang berada pada posisi lampu merah.

Atas dasar inilah peneliti mengambil tugas akhir yang berjudul “Evaluasi Durasi Lampu Lalu Lintas Pada Persimpangan Jalan Ring Road-Jalan Gatot Subroto Kota Medan”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil tahap (*fase*) lampu lalu lintas (*Traffic Light*) pada setiap Persimpangan Jalan Ring Road-Jalan Gatot Subroto Kota Medan ?
2. Bagaimana tingkat pelayanan (*Level Of Service*) pada persimpangan Jalan Ring Road-Jalan Gatot Subroto Kota Medan ?

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini digunakan batasan-batasan antara lain:

1. Penelitian difokuskan di simpang empat yang mendeteksi volume kendaraan padat.
2. Kepadatan yang dihitung di ruas jalan persimpangan mencakup sepeda motor, mobil, bus dan truk.

3. Waktu penelitian pada hari senin – minggu, Jam 06.30 WIB s/d 08.30 WIB pada pagi hari, 12.00 WIB s/d 14.00 WIB pada siang hari, dan pada sore hari pukul 16.00 WIB s/d 18.00 WIB.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini maka dapat diperoleh tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui hasil tahap (*fase*) lampu lalu lintas (*Traffic Light*) di setiap persimpangan jalan terutama simpang empat di Jalan Ring Road-Jalan Gatot Subroto Kota Medan.
2. Untuk mengetahui tingkat pelayanan (*Level Of Service*) pada persimpangan Jalan Ring Road-Jalan Gatot Subroto Kota Medan.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah:

Manfaat dari hasil perhitungan panjang antrian dengan tundaan pada persimpangan berlampu, diharapkan pada setiap perencanaan persimpangan berlampu, diharapkan pada setiap perencanaan persimpangan agar diperhatikan pengaruh lamanya waktu siklus (*signal timing*), waktu hijau efektif dan waktu merah efektif. Dengan demikian persimpangan tersebut dapat meningkatkan kapasitasnya dan meminimalkan antrian yang terjadi.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran umum, maka penulisan tugas akhir ini dibagi dalam 5 (lima) bab. Pembagian ini dimaksudkan untuk mempermudah pembahasan serta penelitian, dimana uraian yang dimuat dalam penulisan ini dapat dengan mudah dimengerti, Pembagian yang dimaksud dilakukan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini terdiri dari tinjauan pustaka atau landasan teori yang digunakan untuk memberikan penjelasan mengenai penelitian ini.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini akan membahas langkah-langkah kerja yang akan dilakukan dan cara memperoleh data yang relevan dengan penelitian ini. Dalam bab ini juga diterangkan secara jelas proses pengambilan data, pengolahan data, dan analisa data.

BAB 4 ANALISA DATA

Bab ini merupakan sajian data penerapan teknik analisa yang sesuai dengan objek penelitian. Kemudian data-data tersebut dibahas dan dianalisa guna mencapai tujuan dan sasaran penelitian yang di maksud.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini dikemukakan tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran dari penulisan berdasarkan analisis yang telah dilakukan dalam bab sebelumnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Persimpangan

Suatu persimpangan jalan yang sebidang merupakan bagian yang sukar dan rumit dari suatu sistem jalan raya. Disinilah terjadi sebagian besar pertemuan kendaraan dan pejalan kaki, yang selalu menyebabkan keterlambatan, kecelakaan dan kemacetan. Persimpangan sebidang (maksudnya terletak dalam satu daratan, dan bukan simpang susun) dapat saja dikendalikan oleh lampu lalu lintas, persimpangan yang demikian dikenal sebagai persimpangan berlampu lalu lintas. Namun, persimpangan lalu lintas merupakan bagian persilangan sebidang pada sebarang sistem jalan. Hak jalan diperuntungkan bagi suatu ruas jalan dengan pengguna rambu berhenti atau rambu pengendalian kecepatan di persimpangan tanpa lalu lintas.

Umumnya, kapasitas jalan raya tergantung pada karakteristik geometri fasilitas tersebut, bersama dengan komposisi aliran lalu lintas yang menggunakan fasilitas itu. Jadi, kapasitas jalan raya relatif stabil. Sebagai contoh, dalam hal persimpangan dengan lampu lalu lintas, kita memasuki konsep waktu, dimana lampu lalu lintas mengatur giliran bagi pergerakan lalu lintas yang menggunakan rumus yang sama. Pada persimpangan tanpa lalu lintas dikendalikan oleh rambu berhenti dan rambu pengendali kecepatan (*yield sign*), distribusi jarak pada ruas lalu lintas jalan utama, yang digabungkan dengan pertimbangan pengemudi dalam memilih jarak arus utama, akan membuat kapasitas cabang yang dikendalikan pada persimpangan itu tetap.

2.1.1. Pengertian Persimpangan

Simpang jalan merupakan simpul transportasi yang terbentuk dari beberapa pendekat, di mana arus kendaraan dari berbagai pendekat tersebut bertemu dan memencar meninggalkan simpang. Pada sistem transportasi dikenal tiga macam pertemuan jalan, yaitu pertemuan sebidang (*at grade intersection*), pertemuan

tidak sebidang (*interchange*) dan persilangan jalan (*grade separation without ramps*) (Hobbs, 1995).

Menurut *Ir. Iskandar Abubakar, M.Sc* persimpangan adalah simpul pada jaringan jalan, dimana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan. Persimpangan merupakan tempat yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadinya konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya, ataupun kendaraan dengan pejalan kaki. Oleh karena itu, persimpangan merupakan aspek penting dalam pengendalian lalu lintas.

2.1.2. Persimpangan Sebidang

Persimpangan sebidang adalah persimpangan dimana berbagai jalan atau ujung jalan yang masuk ke persimpangan, mengarahkan lalu-lintas masuk ke jalur yang berlawanan dengan lalu-lintas lainnya, seperti misalnya persimpangan pada jalan-jalan kota. Persimpangan ini memiliki ketinggian yang sama. Perencanaan persimpangan yang baik akan menghasilkan kualitas operasional yang baik seperti tingkat pelayanan, waktu tunda, panjang antrian dan kapasitas. Secara lebih rinci, pengaturan simpang sebidang dapat dibedakan sebagai berikut ini.

1. Simpang prioritas

Dimana aliran arus lalu lintas kecil, pengendalian pergerakan lalu lintas pada simpang bisa dicapai dengan kontrol prioritas. Bentuk kontrol prioritas adalah kendaraan pada jalan minor memberikan jalan kepada kendaraan pada jalan mayor. Aliran lalu-lintas prioritas dapat dirancang dengan memasang tanda berhenti (*stop*), memberikan jalan (*give way*), mengalah (*yield*) atau jalan pelan-pelan pada jalan minor.

2. Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal adalah suatu persimpangan yang terdiri dari beberapa lengan dan dilengkapi pengaturan sinyal dengan lampu tiga warna hijau-kuning-merah yang disebut lampu lalu lintas (*traffic light*).

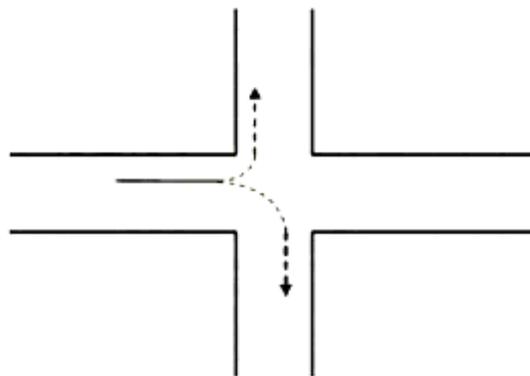
Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, pada umumnya sinyal lalu lintas dipergunakan untuk tujuan sebagai berikut:

- a. Menghindar kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu-lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu-lintas jam puncak.
 - b. Memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk /memotong jalan utama.
 - c. Mengurangi jumlah kecelakaan lalu-lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang bertentangan.
3. Bundaran
- Bundaran atau pulau di tengah persimpangan dapat bertindak sebagai pengontrol, pembagi, pengarah bagi sistem lalu lintas berputar satu arah. Pada cara ini, gerakan penyilangan hilang dan digantikan dengan gerakan jalinan. Pengemudi yang masuk bundaran harus memberikan prioritas kepada kendaraan yang berada disisi kanannya.

2.2. Gerakan Lalu Lintas Pada Persimpangan

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

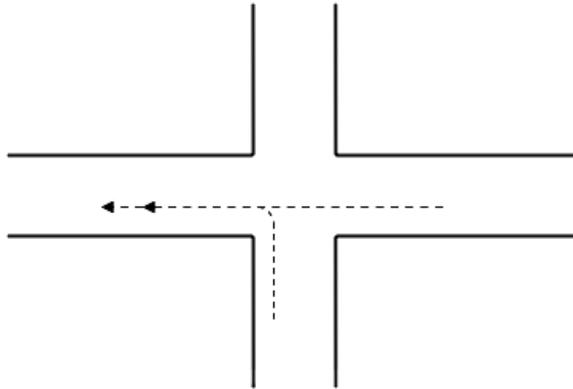
- a. *Diverging* (gerakan memisah)
- Peristiwa berpecahnya kendaraan yang melewati suatu ruas jalan ketika kendaraan tersebut sampai pada titik persimpangan. Konflik ini dapat terjadi pada saat kendaraan melakukan gerakan membelok atau berganti jalur.



Gambar 2.1: Tipe Dasar Gerakan *Diverging*
(Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1999)

b. *Merging* (gerakan bergabung)

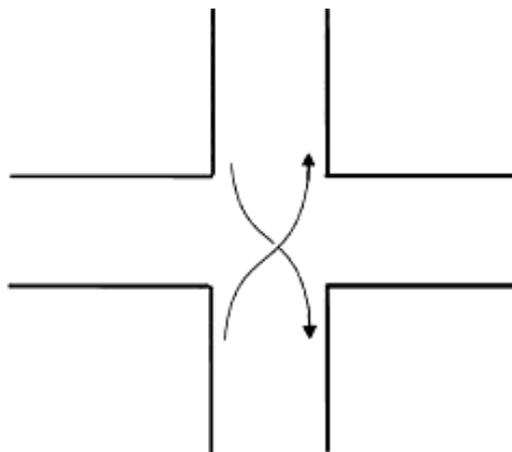
Persitiwa bergabungnya kendaraan yang bergerak dari beberapa ruas jalan ketika bergabung pada suatu titik persimpangan, dan juga pada saat kendaraan melakukan pergerakan membelok dan bergabung.



Gambar 2.2: Tipe Dasar Gerakan *Merging*
(Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1999)

c. *Weaving* (bersilang)

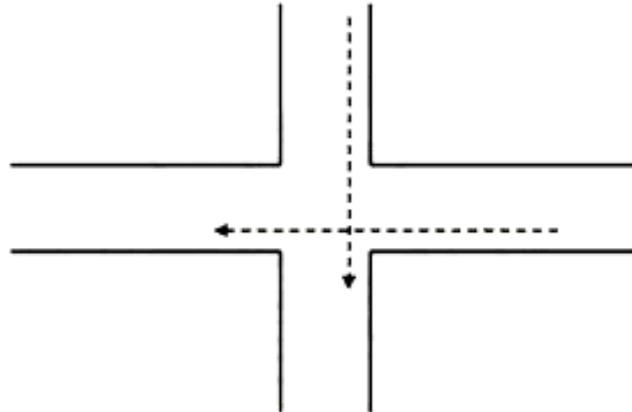
Peristiwa terjadinya perpindahan jalur atau jalinan arus kendaraan menuju pendekat lain. Gerakan ini merupakan perpaduan dari gerakan *diverging* dan *merging*.



Gambar 2.3: Tipe Dasar Gerakan *Weaving*
(Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1999)

d. *Crossing* (berpotongan)

Peristiwa perpotongan antara arus kendaraan dari satu jalur ke jalur lain pada persimpangan, biasanya keadaan demikian akan menimbulkan titik konflik pada persimpangan. Tipe dasar gerakan *crossing* dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut.



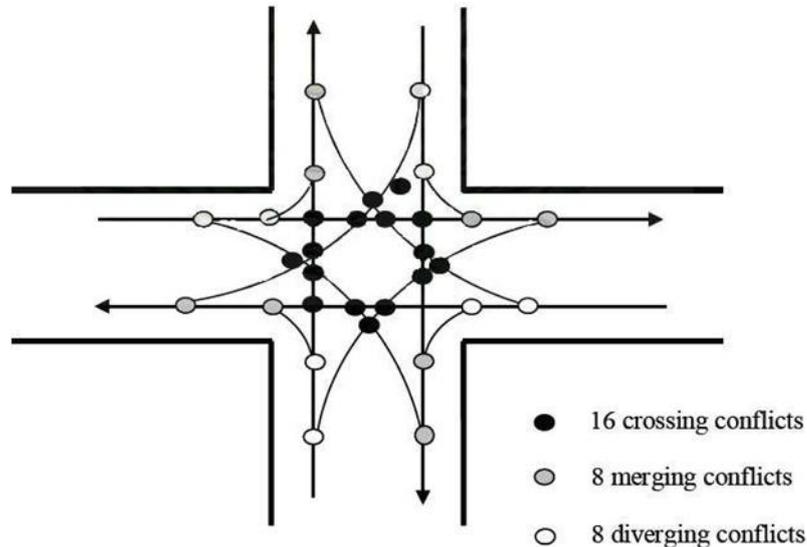
Gambar 2.4: Tipe Dasar Gerakan *Crossing*
(Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1999)

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. Dengan demikian pada persimpangan akan terjadi suatu keadaan yang menjadi karakteristik yang unik dari persimpangan yaitu munculnya konflik yang berulang sebagai akibat dari dasar pergerakan tersebut. 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 terjadiantara arus lalu lintas kanan dengan arus lalu lintas arah lainnya atau lalu lintas belok kiridengan para pejalan kaki.

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. Konflik lalu lintas pada

persimpangan sebidang empat lengan tidak bersinyal memiliki 16 titik *crossing conflicts*, 8 *diverging conflicts*, dan 8 *merging conflicts*. dapat dilihat pada Gambar 2.5, sedangkan untuk persimpangan bersinyal akan dijelaskan pada sub bab berikutnya.



Gambar 2.5: Konflik Lalu Lintas pada persimpangan sebidang tak bersinyal (Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1999)

2.3. Simpang Bersinyal

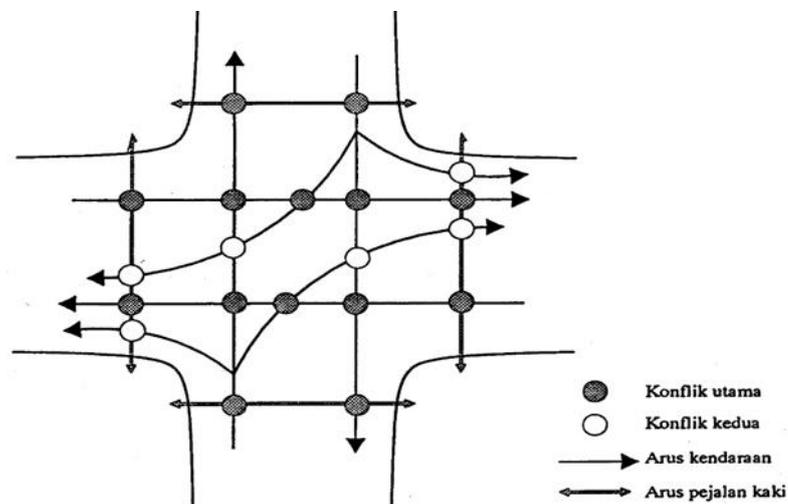
Simpang bersinyal adalah suatu persimpangan yang terdiri dari beberapa lengan dan dilengkapi dengan pengaturan sinyal lampu lalu lintas. Berdasarkan MKJI 1997, adapun tujuan penggunaan sinyal lampu lalu lintas (*traffic light*) pada persimpangan antara lain:

1. Menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas kendaraan dari masing-masing lengan.
2. Memberi kesempatan kepada kendaraan/dan pejalan kaki yang berasal dari jalan kecil untuk memotong ke jalan utama.
3. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang bertentangan.

Kinerja suatu persimpangan dapat dilihat dari beberapa parameter padapersimpangan. Salah satu parameter ini adalah waktu tundaan per mobil yang dialami oleh arus yang melalui simpang. Tundaan terdiri atas tundaan

geometri(*geometric delay*) dan tundaan lalu lintas (*traffic delay*). Kendaraan yang berhenti ini akibat adanya pengendalian sinyal. Nilai angka henti merupakan jumlah berhenti kendaraan rata-rata akibat adanya hambatan simpang, juga termasuk kendaraan berhenti berulang- ulang dalam suatu antrian. Sedangkan rasio kendaraan yang terhenti menggambarkan rasio dari arus lalu lintas yang terpaksa terhenti sebelum mencapai garis henti. Kendaraan yang berhenti ini akibat adanya pengendalian sinyal. Hal lain yang perlu juga mendapat perhatian adalah besarnya panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat. Parameter-parameter ini yang mampu menggambarkan hambatan-hambatan yang terjadi pada suatu persimpangan

Penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna pada *traffic light* (merah,kuning, hijau) dilakukan untuk dapat memisahkan lintasan dari gerakan- gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu yang terjadi bersamaan. Konflik-konflik gerakan lalu lintas di persimpangan bersinyal dapat dibagi menjadi dua, yaitu konflik-konflik utama dan konflik-konflik kedua, yang dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut ini.



Gambar 2.6: Konflik Lalu Lintas pada persimpangan sebidang bersinyal (Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1999)

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 sistem pengaturan yang ada.

2.4. Pengaturan Lalu Lintas Pada Persimpangan

Masalah-masalah yang ada di persimpangan dapat diatasi dengan cara meningkatkan kapasitas simpang dan mengurangi volume lalu lintas. Untuk meningkatkan kapasitas dapat dilakukan dengan cara melakukan perubahan rancang simpang, serta pelebaran cabang simpang, pengalihan arus lalu lintas ke rute-rute lain. Akan tetapi kedua cara tersebut kurang efektif, karena akan mengarah pada peningkatan jarak tempuh suatu perjalanan.

Pemecahan masalah terbatasnya kapasitas simpang maupun masalah ruas jalan dapat diantisipasi dengan cara dilakukan pelebaran jalan akan tetapi hal tersebut memerlukan biaya yang tidak sedikit serta tidak selamanya mampu memecahkan permasalahan yang terjadi. Pemecahan manajemen lalu lintas semacam itu sering kali menyebabkan permasalahan lalu lintas semakin buruk.

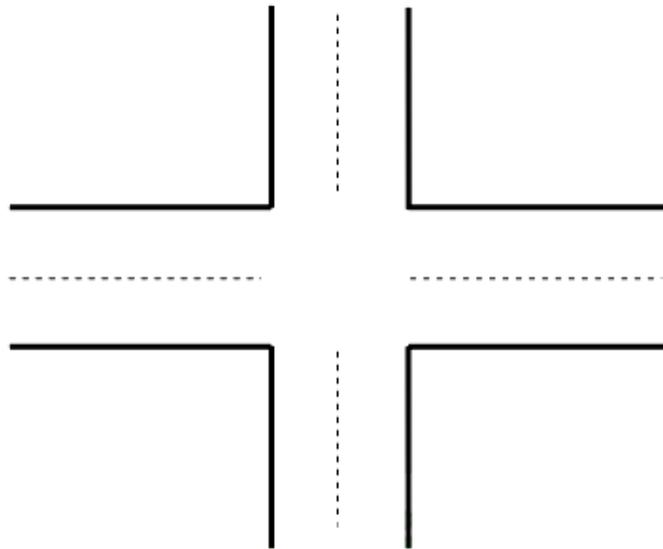
Alternatif pemecahan lain adalah dengan metode system pengendalian simpang yang bergantung kepada besarnya volume lalu lintas. Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam memilih suatu system pengendalian simpang yang akan digunakan yaitu volume lalu lintas dan jumlah kendaraan yang belok, tipe kendaraan yang tersedia, kecepatan kendaraan, akses kendaraan pada ruas jalan, pertumbuhan lalu lintas dan distribusinya, strategi manajemen lalu lintas, biaya pemasangan dan pemeliharaan.

Dari kriteria diatas dapat ditentukan jenis-jenis system pengendalian simpang yang digunakan antara lain:

2.4.1. Simpang Tanpa Prioritas (*Non Priority Junction*)

Simpang tanpa prioritas ini umumnya digunakan pada daerah volume lalu lintas yang kecil pada masing-masing cabang simpang. Apabila pada simpang itu terjadi konflik lalu lintas maka salah satu pihak memperoleh hak utama untuk berjalan berdasarkan pada kebiasaan (peraturan pemerintah yang berlaku) sementara pihak lain akan memperlambat gerakannya atau berhenti.

Meningkatnya volume lalu lintas pada salah satu cabang simpang mempertinggi tingkat konflik antara cabang simpang dengan arus yang rendah arus yang tinggi pada simpang tersebut. Untuk mengatasi konflik lalu lintas ini maka diberikan hak utama tertentu pada suatu simpang yang biasa dengan prioritas. Contoh simpang tanpa prioritas dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.7: Persimpangan Tanpa Prioritas
(Highway Traffic Analysis and Design, R.J Salter)

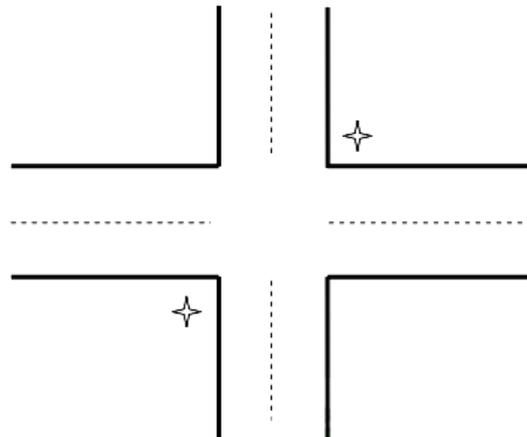
2.4.2. Simpang Dengan Prioritas (*Priority Junction*)

Simpang pengendalian semacam ini cocok untuk simpang dimana lalu lintas pada jalan yang lebih kecil (*minor road*) tidak terlalu besar. Dengan meningkatnya arus pada jalan yang lebih kecil maka semakin banyak kendaraan yang memotong arus jalan yang lebih besar (*major road*). Arus kendaraan di jalan yang lebih kecil dikendalikan oleh rambu lalu lintas, misalnya tanda stop atau tanda untuk mengalah (*giveaway sign*). Fungsi rambu atau marka ini adalah untuk memberikan hak utama untuk bergerak pada jalan yang fungsinya lebih tinggi.

Pada simpang dengan prioritas, diasumsikan tidak ada tundaan yang terjadi pada arus lalu lintas utama. Aspek yang paling penting adalah tingkat pengaruh dari arus lalu lintas pada jalan yang lebih kecil. Kendaraan dari jalan yang lebih

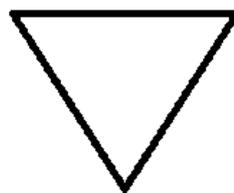
kecil akan datang menuju rambu sebelum memasuki simpang dengan prioritas, kemudian menunggu suatu jarak kendaraan yang member waktu aman pada ruas jalan yang lebih besar.

Tundaan kendaraan pada jalan yang lebih kecil tergantung dari ukuran waktu antara kendaraan pada jalan yang lebih besar. Ukuran waktu antara kendaraan yang terjadi tergantung pada volume lalu lintas pada jalan utama. Jika volume lalu lintas pada jalan yang lebih kecil akan semakin besar. Dengan terus meningkatnya arus lalu lintas maka simpang prioritas akan mengalami banyak kesulitan.



Gambar 2.8: Persimpangan Dengan Prioritas
(Highway Traffic Analysis and Design, R.J Salter)

✦ Rambu Lalu Lintas berupa



Prioritas Bagi Lalu Lintas dari Muka



Rambu Berhenti

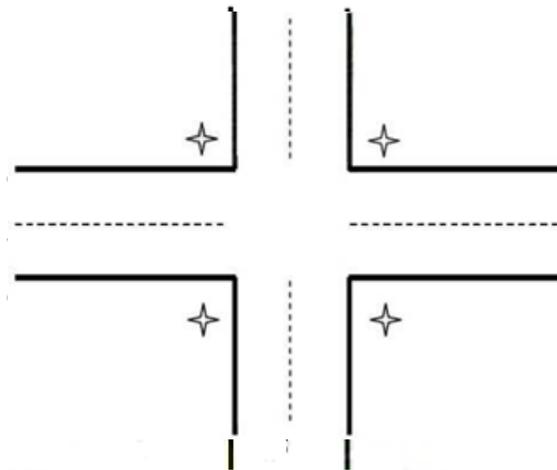
Gambar 2.9: Rambu Lalu Lintas untuk Simpang dengan Prioritas
(PP. No. 43 Tahun 1993 tentang Rambu Lalu Lintas)

2.4.3. Simpang Dengan Lampu Lalu Lintas (*Signalized Junction*)

Sistem pengendalian simpang yang berikutnya adalah dengan pemasangan lampu lalu lintas (*traffic light*). Pengendalian persimpangan seperti ini memberikan hak berjalan pertama kepada fase tertentu kemudian kepada fase

lainnya. Masing-masing pergerakan mendapatkan kesempatan melintas persimpangan dalam suatu jangka waktu tertentu dan pada saat yang berbeda-beda, serta dipengaruhi oleh susunan fisik persimpangan, jenis pengontrolan, volume lalu lintas, pola dan arah lalu lintas.

Lampu lalu lintas (*traffic light*) adalah suatu alat kendali dengan menggunakan lampu yang terpasang pada persimpangan dengan tujuan untuk mengatur arus lalu lintas. Pengaturan arus lalu lintas pada persimpangan pada dasarnya dimaksudkan untuk bagaimana pergerakan kendaraan pada masing-masing kelompok pergerakan kendaraan (*vehicle group movements*) dapat bergerak secara bergantian sehingga tidak saling mengganggu lampu lalu lintas dimana pertimbangan ini sangat tergantung pada situasi dan kondisi persimpangan yang ada seperti volume, geometric simpang dan sebagainya.



Gambar 2.10: Persimpangan Dengan *Traffic Light*
(Highway Traffic Analysis and Design, R.J Salter)

Berdasarkan cakupannya, jenis kendali lampu lalu lintas (*traffic light*) pada persimpangan dibedakan antara lain:

- a. Lampu lalu lintas terpisah (*isolated traffic signal*): yaitu pengoperasian lampu lalu lintas dimana dalam perancangannya hanya didasarkan pertimbangan pada satu tempat persimpangan saja tanpa mempertimbangkan simpang lain yang terdekat.
- b. Lampu lalu lintas terkoordinasi (*coordinated traffic signal*): yaitu pengoperasian lampu lalu lintas dimana perancangannya mempertimbangkan

nya, mencakup beberapa simpang yang terdapat pada suatu jalur/ arah tertentu.

- c. Lampu lalu lintas jaringan (*networking traffic signal*): yaitu pengoperasian lampu lalu lintas dimana dalam perancangannya mempertimbangkan mencakup beberapa simpang yang terdapat dalam suatu jaringan jalan dalam suatu kawasan.

Berdasarkan pengoperasiannya, jenis kendali *traffic light* pada persimpangan dibagi atas tiga bagian, yaitu:

- a. *Fixed time traffic signal*: yaitu pengoperasian *traffic light* dimana pengaturan waktunya (*setting time*) tidak mengalami perubahan (tetap). Pada tipe ini panjang siklus fase, waktu hijau, waktu kuning, waktu merah dan perubahan interval telah diatur menurut selang waktu tertentu. Tipe ini merupakan bentuk pengendalian *traffic light* yang paling umum digunakan di Indonesia. Dalam situasi-situasi tertentu tipe ini memiliki efisiensi yang lebih kecil daripada sistem lainnya karena tidak memiliki respon terhadap perubahan arus kendaraan yang terjadi. Beberapa keuntungan *traffic light* dengan bentuk waktu sinyal tetap ini antara lain: waktu start dan lama interval tetap sehingga memudahkan koordiansi dengan *traffic light* yang berdekatan, tidak dipengaruhi oleh kondisi pergerakan pada suatu waktu tertentu misalnya ada kendaraan yang berhenti, adanya pembangunan disekitar ruas jalan dan sebagainya, dengan sistem ini lebih sesuai bagi daerah yang volume pejalan kaki tetap dan besar, pengemudi dapat memperkirakan lamanya fase.
- b. *Semi actuated traffic signal*: pada tipe digunakan peralatan deteksi yang diletakkan hanya pada jalan minor. *Traffic light* telah diatur sedemikian rupa, sehingga jalan mayor selalu mendapat indikasi warna hijau selama tidak diterima isyarat dari jalan minor maka waktu hijau diterima untuk jalan minor adalah waktu yang paling lama sebesar waktu maksimum yang telah ditentukan. Ketika nyala indikasi warna hijau diterima kembali dan jalan minor oleh jalan mayor maka nyala nyala hijau akan tetap pada jalan mayor sampai diterima kembali isyarat hijau dari jalan minor. Pada umumnya tipe *traffic light* ini dipakai pada persimpangan-persimpangan dimana jalan minor memiliki arus yang kecil.

- c. *Fully Actuated traffic signal*: yaitu pengoperasian *traffic light* dimana pengaturan waktunya (*setting time*) mengalami perubahan dari waktu ke waktu sesuai dengan kedatangan kendaraan (*demand*) dari berbagai pendekatan/kaki simpang (*approaches*).

Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, pengguna *traffic light* bertujuan untuk memenuhi satu atau lebih fungsi-fungsi sebagai berikut :

- 1) Untuk menghindari hambatan (*blockage*) akibat adanya konflik arus lalu lintas dari berbagai arah pergerakan kendaraan. Hal ini dimaksudkan untuk mempertahankan kapasitas simpang terutama pada jam puncak.
- 2) Untuk memfasilitasi persilangan antara jalan utama dengan untuk kendaraan dan pejalan kaki dengan jalan sekunder sehingga kelancaran pada jalan utama dapat lebih terjamin.
- 3) Untuk mengurangi tingkat kecelakaan yang diakibatkan oleh tubrukan (*collisions*) antara kendaraan pada arah yang terdapat konflik.

2.5. Lampu Lalu Lintas (*Traffic Light*)

Menurut Khisty (2003), lampu lalu lintas adalah sebuah alat elektrik (dengan sistem pengatur waktu) yang memberikan hak jalan pada satu arus lalu lintas atau lebih sehingga aliran lalu lintas ini bisa melewati persimpangan dengan aman dan efisien. Pengaturan arus lalu lintas pada persimpangan menggunakan lampu lalu lintas pada dasarnya dimaksudkan untuk mengatur pergerakan kendaraan pada masing-masing pendekatan agar dapat bergerak secara bergantian sehingga tidak saling mengganggu arus yang ada

Kondisi geometrik dan lalu lintas (*demand*) akan berpengaruh terhadap kapasitas dan kinerja lalu lintas pada persimpangan. Oleh karena itu, perencana harus dapat merancang sedemikian rupa sehingga mampu mendistribusikan waktu kepada masing-masing kelompok pergerakan kendaraan secara proporsional sehingga memberikan kinerja yang sebaik-baiknya. Menurut Webster dan Cobbe (1956) optimasi lampu berdasarkan tundaan yang minimum. Sistem perlampuan lalu lintas menggunakan jenis lampu sebagai berikut:

- a. Lampu hijau (*green*): kendaraan yang mendapatkan isyarat harus bergerak maju.
- b. Lampu kuning (*Amber*): kendaraan yang mendapatkan isyarat harus melakukan antisipasi, apabila memungkinkan harus mengambil keputusan untuk berlakunya lampu yang berikutnya (apakah hijau atau merah).
- c. Lampu merah (*red*): kendaraan yang mendapatkan isyarat harus berhenti pada sebelum garis henti (*stop line*).

Perlu diketahui dengan adanya peraturan lalu lintas yang baru (PP 42 dan PP 43 Tahun 1993) untuk kendaraan yang belok kiri selama tidak diatur secara khusus maka kendaraan boleh belok kiri jalan terus. Perlampuan dengan berbagai nyala lampu tersebut diterapkan untuk memisahkan pergerakan lalu lintas berdasarkan waktu. Pemisahan ini diperlukan dengan khususnya untuk jenis konflik primer, namun dalam hal tertentu dapat juga diterapkan pada kondisi konflik primer.

Dalam pengaturan sinyal *traffic light*, terdapat beberapa parameter, yaitu:

1. Fase adalah bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijau disediakan bagi kombinasi tertentu dari gerakan lalu lintas (i = indeks untuk nomor fase).
2. Waktu siklus adalah waktu untuk urutan lengkap dengan indikasi sinyal.
3. Waktu hijau adalah waktu nyala hijau dalam suatu pendekat.
4. Rasio hijau adalah perbandingan antara waktu hijau dan waktu siklus dalam suatu pendekat.
5. Waktu merah semua (*all red*) adalah waktu dengan merah menyala bersamaan dalam pendekat-pendekat yang dilayani oleh dua fase sinyal berurutan.
6. Waktu kuning adalah waktu dengan lampu kuning dinyalakan setelah hijau dalam suatu pendekat.
7. Antar hijau adalah periode kuning + merah semua antar dua fase sinyal yang berurutan.
8. Waktu hilang adalah jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap. Waktu hilang dapat juga diperoleh dari beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau dalam semua fase yang berurutan.

9. Sinyal diterapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam satu dimensi waktu.

2.5.1. Sistem Kerja Lampu Lalu Lintas

Lampu lalu lintas bekerja secara otomatis dengan menggunakan system yang disebut ATCS (*Automatic Traffic Light Control System*). Sistem ini digunakan dalam rangka mengatasi kemacetan lalu lintas. Namun, dengan terus meningkatnya jumlah kendaraan bermotor, maka dikembangkanlah system ATCS yang dapat bekerja menentukan lama penyalaan dari lampu hijau secara otomatis berdasarkan distribusi kepadatan setiap kendaraan.

Sistem ini mengontrol lampu lalu lintas otomatis dengan menggunakan kamera berbasis mikrokontroler. Kamera tersebut juga digunakan sebagai pengamat kepadatan kendaraan pada suatu persimpangan. Hasil pengamatan tersebut akan diolah oleh computer sehingga diperoleh persentase data kepadatan pada setiap jalur di persimpangan yang terdapat lampu lalu lintas.

2.5.2. Durasi Lampu Lalu Lintas

Durasi lampu lalu lintas dan skenario nyala lampu lalu lintas diatur dengan lama durasi sekitar 30 detik lampu hijau untuk masing-masing jalur. Durasi nyala dari masing-masing lampu diatur secara bergiliran. Pada saat posisi simpang 1 lampu hijau maka simpang 2 kuning dan simpang 3,4 merah. Saat simpang 2 hijau simpang 3 kuning dan simpang 1,4 merah. Saat simpang 3 hijau simpang 4 kuning simpang 1,2 merah. Saat simpang 4 hijau simpang 1 kuning simpang 2,3 merah dan begitu seterusnya.

1) Pengaturan Fase

Pemisahan berdasarkan waktu untuk menghindari/mengurangi adanya konflik baik primer maupun sekunder dikenal dengan istilah pengaturan fase. Pengaturan fase harus dilakukan analisis terhadap kelompok pergerakan kendaraan dari seluruh yang ada sehingga terwujud:

- Pengurangan konflik baik primer maupun sekunder.
- Urutan yang optimum dalam pergantian fase.

- Mempertimbangkan waktu pengosongan (*clearance time*) pada daerah persimpangan.

Jika hanya untuk memisahkan konflik primer yang terjadi maka pengaturan fase dapat dilakukan dengan dua fase. Hal ini dilakukan dengan masing-masing fase untuk masing-masing jalur jalan yang saling bersilangan, yaitu kaki simpang yang saling lurus menjadi dalam satu fase. Pengaturan dua fase ini juga dapat diterapkan untuk kondisi yang ada larangan belok kanan.

Pengaturan antar fase diatur dengan jarak waktu penyela/waktu jeda supaya terjadi kelancaran ketika pergantian antar fase. Istilah ini disebut dengan waktu antar hijau (*intergreen*) yang berfungsi sebagai waktu pengosongan (*clearance time*). Waktu antar hijau terdiri dari waktu kuning dan waktu merah semua (*all red*). Waktu antar hijau bertujuan untuk:

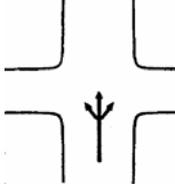
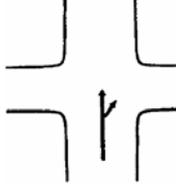
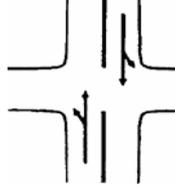
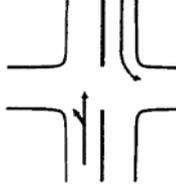
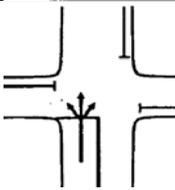
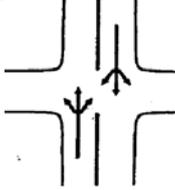
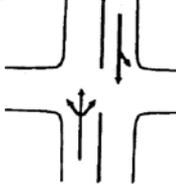
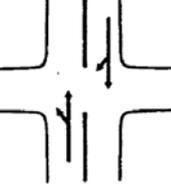
- a. Waktu kuning: peringatan bahwa kendaraan akan berangkat maupun berhenti. Besaran waktu kuning ditetapkan berdasarkan kemampuan seorang pengemudi untuk dapat melihat secara jelas namun singkat sehingga dapat sebagai informasi untuk ditindaklanjuti dalam pergerakannya. Penentuan ini biasanya ditetapkan sebesar tiga detik dengan anggapan bahwa waktu tersebut sudah dapat mengakomodasi ketika terjadi kedipan mata.
- b. Waktu semua merah: untuk memberikan waktu pengosongan (*clearance time*) sehingga resiko kecelakaan dapat dikurangi. Hal ini dimaksudkan supaya akhir rombongan kendaraan pada fase sebelumnya tidak berbenturan dengan awal rombongan kendaraan fase berikutnya. Besaran waktu semua merah sangat tergantung pada kondisi geometrik simpang sehingga benar-benar cukup untuk sebagai *clearance time*.

Tabel 2.1: Nilai Normal Waktu Antar Hijau (MKJI, 1997)

Ukuran Simpang	Lebar jalan rata-rata (m)	Nilai Lost Time (LT) (detik/fase)
Kecil	6 – 9	4
Sedang	10 – 14	5
Besar	>15	>6

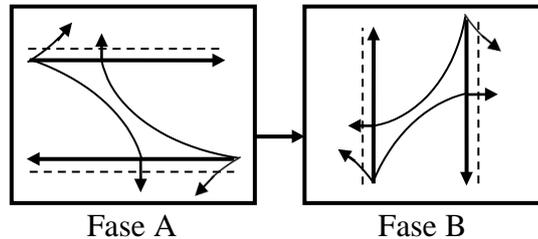
Gerakan yang berlawanan dengan menyilang (*crossing*) maka disebut dengan istilah *Protected* (P) dan sebaliknya disebut dengan istilah *Opposite* (O).

Tabel 2.2: Penentuan Tipe Pendekat

Tipe Pendekat	Keterangan	Contoh pola-pola pendekat			
<p>Terlindung</p> <p>P</p>	<p>Arus berangkat tanpa konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan</p>	<p>Jalan satu arah</p> 	<p>Jalan satu arah</p> 	<p>Simpang T</p> 	
	<p>Jalan dua arah, gerakan belok kanan terbatas</p>				
	<p>Jalan dua arah, fase sinyal terpisah untuk masing-masing arah</p>				
	<p>Terlawan</p> <p>O</p>	<p>Jalan dua arah, arus berangkat dari arah-arah berlawanan dalam fase yang sama.</p> <p>Semua belok kanan tidak terbatas</p>			

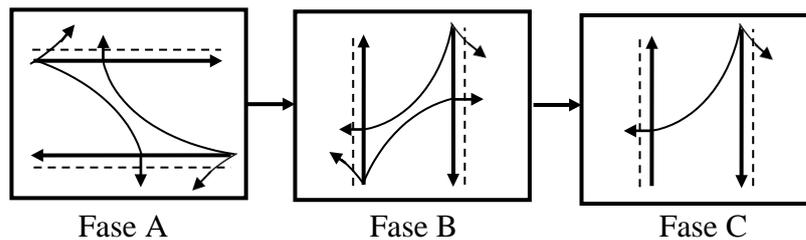
Berdasarkan buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, berbagai contoh kasus pengaturan fase adalah sebagai berikut:

- a. Pengaturan dua fase: pengaturan ini hanya diperlukan untuk konflik primer yang terpisah.



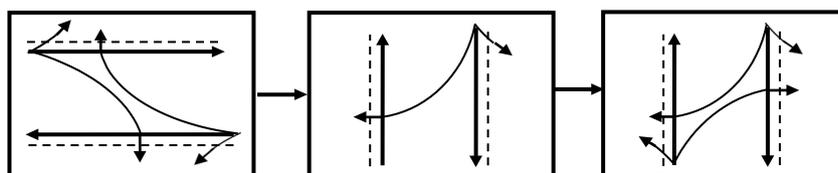
Gambar 2.11: Pengaturan Simpang Dengan Dua Fase
(Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997, hal. 2-4)

- b. Pengaturan tiga fase: pengaturan ini digunakan untuk kondisi penyisaan akhir (*late cut-off*) untuk meningkatkan kapasitas arus belok kanan.



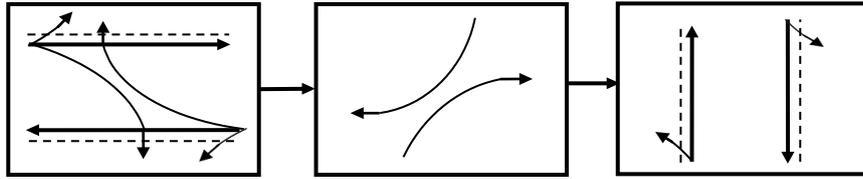
Gambar 2.12: Pengaturan Simpang Tiga Fase dengan *Late Cut-Off*
(Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997, hal. 2-5)

- c. Pengaturan tiga fase: dilakukan dengan cara memulai lebih awal (*early start*) untuk meningkatkan kapasitas belok kanan.



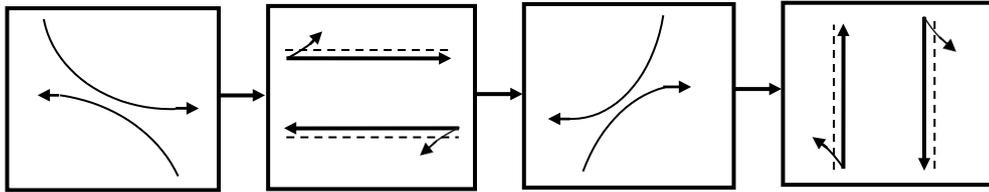
Gambar 2.13: Pengaturan Simpang Tiga Fase dengan *Early-Start*
(Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997, hal. 2-5)

- d. Pengaturan tiga fase: dengan memisahkan belok kanan dalam satu jalan.



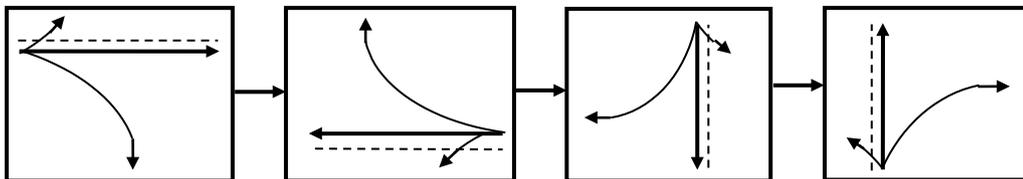
Gambar 2.14: Pengaturan Simpang Tiga Fase dengan Pemisahan Belok Kanan
(Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997, hal. 2-5)

- e. Pengaturan empat fase: dengan belok kanan terpisah pada kedua jalan.



Gambar 2.15: Pengaturan Simpang Empat Fase dengan Pemisahan Belok Kanan
(Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997, hal. 2-5)

- f. Pengaturan empat fase: dengan arus berangkat dari satu persatu pendekat pada saatnya masing-masing.



Gambar 2.16: Pengaturan Simpang Empat Fase dengan Arus Berangkat dari Satu persatu Pendekat pada Saatnya Masing-masing
(Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997, hal. 2-5)

Perhitungan untuk menentukan waktu hijau, kapasitas, derajat kejenuhan, dan tundaan pada simpang bersinyal digunakan acuan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) yang dituangkan dalam formulir-formulir isian SIG.

2.5.3. Definisi Kepadatan Lalu Lintas

Kepadatan merupakan ukuran penting untuk mengetahui kualitas arus lalu lintas di suatu jalan raya. Kepadatan juga menjadi salah satu parameter penting

dalam aliran lalu lintas. Kepadatan lalu lintas juga tidak bisa terlepas dari volume kendaraan. Volume kendaraan dan kepadatan memperlihatkan bahwa kepadatan bertambah apabila volume kendaraan juga bertambah. Volume kendaraan maksimum biasanya terjadi pada jam-jam sibuk seperti pagi hari sekitar pukul 07.00 s.d 08.30 WIB , serta sore hari sekitar pukul 16.00-18.00 WIB.

Kepadatan lalu lintas atau yang bisa kita sebut dengan kemacetan juga kadang terjadi bukan pada jam-jam sibuk. Banyak factor pemicu terjadinya kemacetan lalu lintas pada zaman sekarang ini. Selain factor jam sibuk, ada juga pembenahan jalan, kecelakaan lalu lintas dan lain-lain yang dapat jadi pemicu kepadatan lalu lintas.

Kemacetan adalah kondisi dimana arus lalu lintas yang lewat pada ruas jalan yang ditinjau melebihi kapasitas rencana jalan tersebut yang mengakibatkan kecepatan bebas ruas jalan tersebut mendekati atau melebihi 0-5km/jam sehingga menyebabkan terjadinya antrian. Pada saat terjadinya kemacetan, nilai derajat kejenuhan pada ruas jalan akan ditinjau dimana kemacetan akan terjadi bila nilai derajat kejenuhan mencapai lebih dari 0,5.

2.6. Kapasitas Tingkat Pelayanan

Secara umum dalam penganalisaan kapasitas ada suatu prinsip dasar yang objektif yaitu perhitungan jumlah maksimum lalu lintas yang dapat ditampung oleh fasilitas yang ada serta bagaimana kualitas operasional fasilitas tersebut di dalam pemeliharaan serta peningkatan peningkatan fasilitas itu sendiri yang tentunya sangat berguna dikemudian hari. Dalam merencanakan suatu fasilitas jalan kita jumpai suatu perencanaan agar fasilitas itu dapat mendekati kapasitasnya. Pada umumnya operasi atau pemakaian terhadap fasilitas yang tersedia jarang sekali dimanfaatkan pada tingkat kapasitas penuh. Kapasitas dari suatu fasilitas akan menurun fungsinya jika dipergunakan saat atau mendekati kapasitasnya. Oleh karena itu analisa kapasitas lebih merupakan sebuah penilaian terhadap jumlah maksimum lalu-lintas yang dapat disalurkan pada tingkat atau kualitas operasional yang telah ditentukan dan selama masih dapat dipertahankan.

Meningkatnya kemacetan pada jalan perkotaan maupun jalan luar kota yang diakibatkan bertambahnya kepemilikan kendaraan, meningkatnya kegiatan

ekonomi, terbatasnya sumberdaya untuk pembangunan jalan raya, dan belum optimalnya pengoperasian fasilitas lalu lintas yang ada, merupakan persoalan utama di Indonesia seperti halnya banyak negara lainnya di dunia. Langkah yang didorong salah satunya adalah dengan penambahan kapasitas, dimana akan diperlukan metode efektif yang sesuai dengan karakteristik lalu lintas di Indonesia untuk perancangan dan perencanaan agar didapat nilai terbaik bagi suatu pembiayaan dengan mempertimbangkan biaya langsung maupun keselamatan dan dampak lingkungan.

Pada saat arus rendah kecepatan lalu lintas kendaraan bebas tidak ada gangguan dari kendaraan lain, semakin banyak kendaraan yang melewati ruas jalan, kecepatan akan semakin turun sampai suatu saat tidak bisa lagi arus/volume lalu lintas bertambah, di sinilah kapasitas terjadi. Setelah itu arus akan berkurang terus dalam kondisi arus yang dipaksakan sampai suatu saat kondisi macet total, arus tidak bergerak dan kepadatan tinggi.

Kriteria dan operasional dan suatu fasilitas diwujudkan dengan istilah tingkat pelayanan (*level of service*). Setiap tipe fasilitas telah ditentukan suatu interval dan kondisi operasional, yang dihubungkan dengan jumlah lalu-lintas yang mampu ditampung disetiap tingkat.

Tabel 2.3: Kriteria Tingkat Pelayanan Pada Persimpangan Bersinyal (MKJI, 1997)

Tingkat Pelayanan	Tundaan Henti Tiap Kendaraan (detik)
A	$\leq 5,0$
B	5,1 – 15,0
C	15,1 – 25,0
D	25,1 – 40,0
E	40,1 – 60,0
F	$\geq 60,0$

Dari table diatas dapat diketahui bahwa tingkat pelayanan pada persimpangan bersinyal terbagi atas enam tingkatan yaitu: A, B, C, D, E dan F. Pada kondisi operasional yang paling baik dan suatu fasilitas dinyatakan dengan tingkat pelayanan A, sedangkan untuk kondisi yang paling jelek dinyatakan dengan tingkat pelayanan F.

Kapasitas yang didefinisikan oleh Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 adalah jumlah maksimum arus lalu lintas yang dapat dipertahankan tetap yang melewati suatu titik atau bahagian jalan dalam kondisi tertentu.

Kondisi arus lalu lintas maksimum yaitu kondisi lalu lintas yang meliputi volume setiap kendaraan, distribusi kendaraan berdasarkan pergerakannya (belok kiri, terus dan belok kanan), lokasi dan pemakaian pemberentian bus (*bus stop*) di dalam wilayah persimpangan, arus penyeberang jalan dan pergerakan parkir di dalam wilayah persimpangan. Selain itu juga meliputi keadaan geometrik persimpangan yang meliputi jumlah lajur, kemiringan jalan dan alokasi tata guna lahan.

Dalam penganalisaan digunakan periode waktu 15 menit dengan mempertimbangkan waktu tersebut sebagai interval terpendek selama arus yang ada stabil pada perhitungan kapasitas harus ditetapkan bahwa kondisi yang ada seperti kondisi jalan, kondisi lalu lintas dan pengendalian tetap. Hal-hal yang terjadi yang membuat suatu perubahan dan kondisi yang ada mengakibatkan terjadinya perubahan kapasitas pada fasilitas tersebut. Sangat dianjurkan dalam penentuan kapasitas dilakukan pada cuaca yang baik (cerah).

Dalam penentuan kapasitas ada beberapa kondisi yang harus diperhatikan antara lain:

1. Kondisi Jalan (*road condition*)

Kondisi ini berkaitan dengan karakteristik geometrik suatu ruas jalan antara lain: tipe fasilitas, lingkungan sekitar jalan, bahu jalan, lebar lajur, kebebasan lateral, kecepatan rencana, alinyemen horizontal dan vertical.

Perancangan geometrik dengan karakteristik geometrik persimpangan yang merupakan titik pertemuan antara dua atau lebih jalan, dalam artian perancangan fasilitas jalan dan suatu kaki persimpangan tidak dapat terlepas dari perancangan fasilitas jalan pada lengan persimpangan lainnya. Konflik

yang timbul akibat pertemuan jalan-jalan yang berpotongan baik antara kendaraan dengan kendaraan ataupun antara kendaraan dengan pejalan kaki harus dikendalikan melalui perancangan yang baik sehingga dapat dihindari kemungkinan konflik yang berakibat timbulnya kecelakaan.

2. Kondisi lalu lintas (*traffic condition*)

Kondisi lalu-lintas bergantung pada karakteristik lalu-lintas yang menggunakan fasilitas lalu-lintas tersebut yaitu: pendistribusian tipe kendaraan, jumlah kendaraan dan pembagian jalur yang ada serta srah distribusi lalu-lintas.

3. Pengendalian (*control condition*)

Kondisi ini tergantung pada tipe dan rencana khusus dan alat pengendalian yang terpenting yaitu peraturan yang ada (peraturan lokal yang ada). Hal yang sangat mempengaruhi ini adalah lokasi, jenis dan waktu sinyal lalu-lintas disamping tanda-tanda *stop* dan *yield* dari lajur yang digunakan.

2.7. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)

Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997) atau biasa disingkat MKJI adalah sebuah buku manual atau panduan yang digunakan untuk menghitung kapasitas dan perilaku lalu lintas di segmen-segmen jalan (mikro) di Indonesia, sehingga tidak dapat digunakan untuk melihat atau menganalisis kinerja jaringan jalan secara makro.

Sistem perhitungan persimpangan yang disediakan berupa formulir isian SIG I sampai dengan SIG V. Adapun isi dari tiap-tiap SIG tersebut adalah sebagai berikut :

1. SIG I, menetapkan jenis fase dan penentuan geometrik jalan dengan nilai W_{masuk} dan W_{keluar} .
2. SIG II, menghitung data arus lalu lintas.
3. SIG III, untuk mendapatkan waktu merah dan waktu hilang tiap fase.
4. SIG IV, dari hasil data-data pada SIG sebelumnya, kita dapat memperoleh nilai Kapasitas (C), Waktu Hijau (g), dan Derajat Kejenuhan (DS).

SIG V, mengetahui besarnya antrian, *number of stop*, dan tundaan.

Teori simpang bersinyal didasarkan pada prinsip-prinsip utama sebagai berikut:

1. Geometrik Persimpangan

Perhitungan dikerjakan secara terpisah untuk setiap pendekatan. Satu lengan simpang dapat terdiri lebih dari satu pendekatan. Lebar efektif (W_e) merupakan lebar dari bagian pendekatan yang diperkeras, yang digunakan dalam perhitungan kapasitas, yaitu dengan pertimbangan terhadap W_a , W_{masuk} dan W_{keluar} dan gerakan lalu-lintas membelok.

Untuk pendekatan tipe O (Terlawan).

Jika $W_{LTOR} > 2,0$ meter, maka $W_e = W_a - W_{LTOR}$

Jika $W_{LTOR} < 2,0$ meter, maka $W_e = W_a \times (1 + P_{LTOR}) - W_{LTOR}$.

$$W_e = W_a - W_{LTOR} \quad (2.1)$$

$$W_e = W_a \times (1 + P_{LTOR}) - W_{LTOR} \quad (2.2)$$

Dimana:

W_a = Lebar Pendekat

W_{LTOR} = Lebar Belok Kiri Langsung

P_{LTOR} = Rasio Kendaraan Belok Kiri Langsung

2. Arus Lalu Lintas

Teori arus lalu lintas adalah suatu kajian tentang gerakan pengemudi dan kendaraan antara dua titik dan interaksi mereka membuat satu sama lain. Sayangnya, mempelajari arus lalu lintas sulit karena perilaku pengemudi adalah sesuatu yang tidak dapat diprediksi dengan pasti. Untungnya, pengemudi cenderung berperilaku dalam kisaran cukup konsisten dan, dengan demikian, aliran lalu lintas cenderung memiliki beberapa konsistensi yang wajar dan secara kasar dapat direpresentasikan secara matematis.

Perhitungan dilakukan per satuan jam untuk satu atau lebih periode, misalnya didasarkan pada kondisi arus lalu lintas rencana jam puncak pagi, siang dan sore.

Tabel 2.4: Tipe Kendaraan (MKJI, 1997)

No.	Tipe Kendaraan	Definisi
1	Kendaraan bermotor (UM)	Sepeda, becak
2	Sepeda bermotor (MC)	Sepeda motor, sekuter
3	Kendaraan ringan (LV)	Colt, Pick up, Taksi
4	Kendaraan berat (HV)	Bus kecil, Bus besar, Truk

Tabel 2.5: Nilai Konversi Satuan Mobil Penumpang pada Simpang (MKJI, 1997)

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

Arus jenuh yang terjadi di persimpangan merupakan suatu hal yang harus menjadi perhatian karena dipengaruhi oleh lebar jalur, kemiringan permukaan, dan sebagainya.

Tingkat kepadatan lalu lintas (*Saturation Flow*) atau tingkat arus jenuh adalah arus kendaraan per jam yang dapat diakomodasi oleh kelompok lajur tersebut dengan anggapan bahwa fase hijau selalu tersedia untuk jalan, yakni perbandingan g/c adalah 1,00. Perhitungan dimulai dengan memilih suatu tingkat arus jenuh yang ideal biasanya 1800 mobil penumpang per jam dan waktu hijau tiap lajur, dan penyesuaian nilai ini untuk berbagai kondisi yang ada bukan merupakan kondisi yang ideal.

Akan tetapi untuk pendekat terlindung arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dan lebar efektif pendekat (W_e):

$$S_o = 600 \times W_e \quad (2.3)$$

Dimana :

S_o = Arus jenuh dasar, besarnya keberangkatan antrian di dalam pendekat selama kondisi ideal (smp/jam)

W_e = Lebar Jalan (meter)

Arus jenuh (*saturation flow*) pada suatu persimpangan dapat dihitung dengan:

$$S = S_o \cdot F_{cs} \cdot F_{sf} \cdot F_g \cdot F_p \cdot F_{rt} \cdot F_{lt} \quad (2.4)$$

Dimana:

S = Arus jenuh, besarnya keberangkatan antrian di dalam suatu pendekatan selama kondisi yang ditentukan (smp/jam hijau)

S_o = Arus jenuh dasar, besarnya keberangkatan antrian di dalam pendekat selama kondisi ideal (smp/jam)

F_{cs} = Faktor koreksi untuk ukuran kota (jumlah penduduk kota) dapat dilihat pada tabel 2.5

F_{sf} = Faktor koreksi untuk hambatan samping dan lingkungan jalan dan kendaraan bermotor, ditunjukkan dalam tabel 2.6

F_g = Faktor koreksi untuk kemiringan jalan, diberikan dalam gambar 2.13

F_p = Faktor koreksi untuk parkir kendaraan disepanjang jalan pada areal persimpangan, dalam gambar 2.14

F_{rt} = Faktor koreksi untuk kendaraan belok kanan, diberikan dalam gambar 2.15

F_{lt} = Faktor koreksi untuk kendaraan belok kiri dalam kelompok lajur, diberikan dalam gambar 2.16

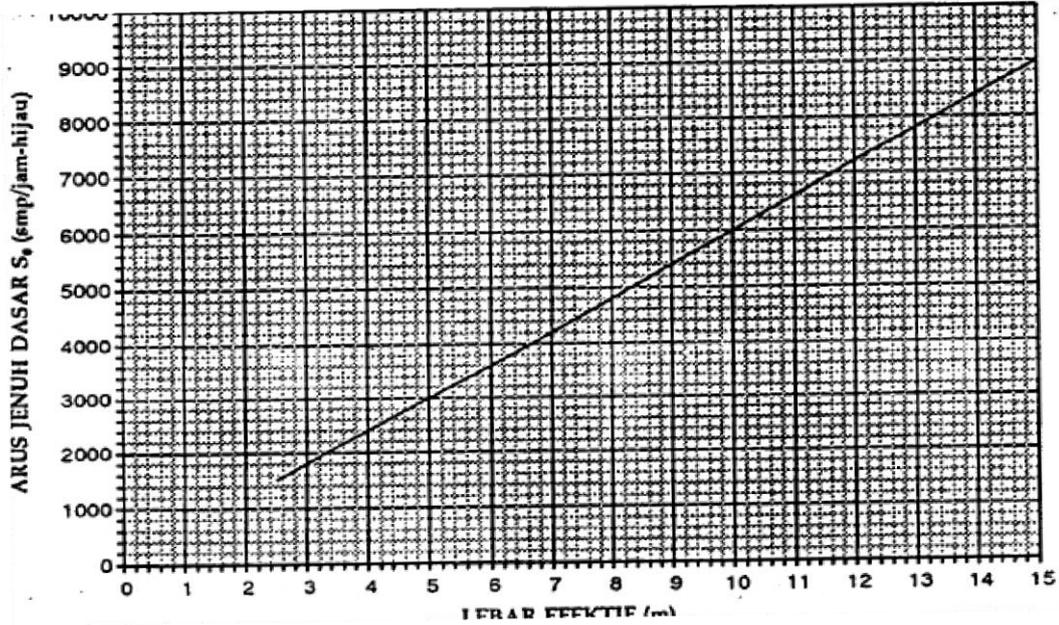
Untuk perhitungan arus jenuh (S) maka diperlukan beberapa tabel yang berisikan faktor-faktor koreksi yaitu:

Tabel 2.6: Faktor Penyesuaian ukuran kota F_{cs} (MKJI, 1997)

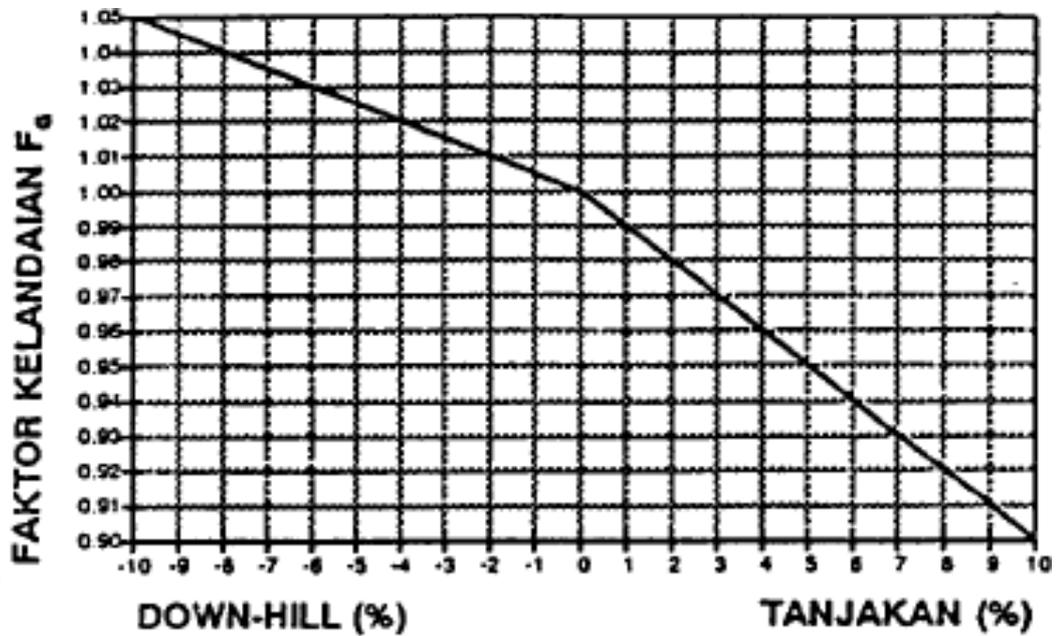
Penduduk Kota (Juta jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran kota (F_{cs})
>3,0	1,05
1,0 – 3,0	1,00
0,5 – 1,0	0,94
0,1 – 0,5	0,83
<0,1	0,82

Tabel 2.7: Faktor Penyesuaian Untuk tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (F_{sf}) (MKJI, 1997)

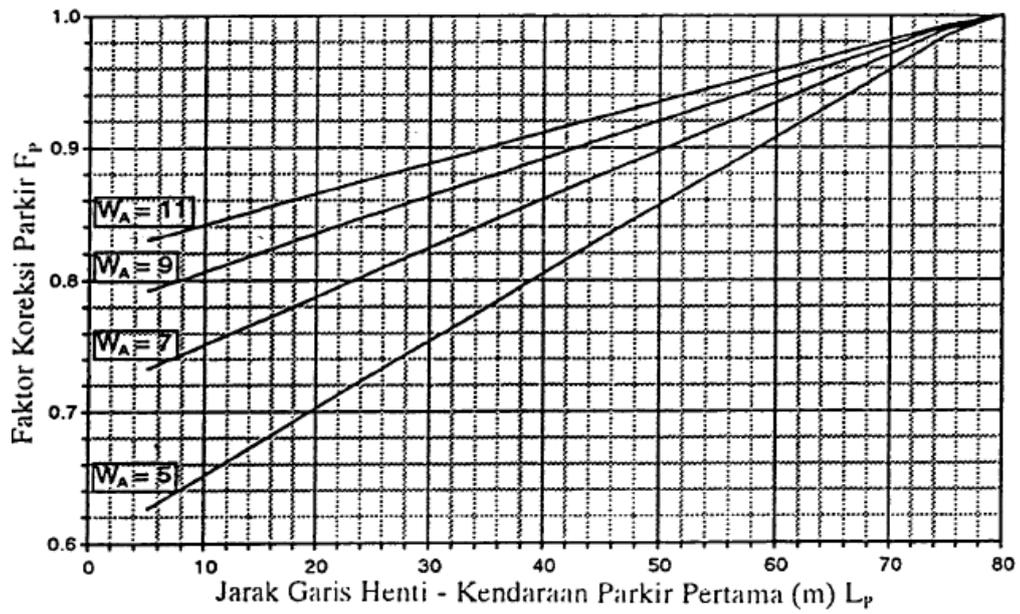
Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	≥ 0.25
Komersial (Com)	Tinggi	Terlawan	0.93	0.88	0.94	0.79	0.74	0.70
		Terlindung	0.93	0.91	0.88	0.87	0.85	0.80
	Sedang	Terlawan	0.94	0.89	0.85	0.80	0.75	0.70
		Terlindung	0.94	0.92	0.89	0.88	0.86	0.82
	Rendah	Terlawan	0.95	0.90	0.86	0.81	0.76	0.70
		Terlindung	0.95	0.93	0.90	0.89	0.87	0.80
Pemukiman (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	0.80
	Sedang	Terlawan	0.97	0.92	0.87	0.82	0.79	0.70
		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	0.70
		Terlindung	0.98	0.96	0.94	0.91	0.88	0.80
Akses Terbatas (RA)	Tinggi/ Sedang/ Rendah	Terlawan	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75
		Terlindung	1.00	0.98	0.95	0.93	0.80	0.80



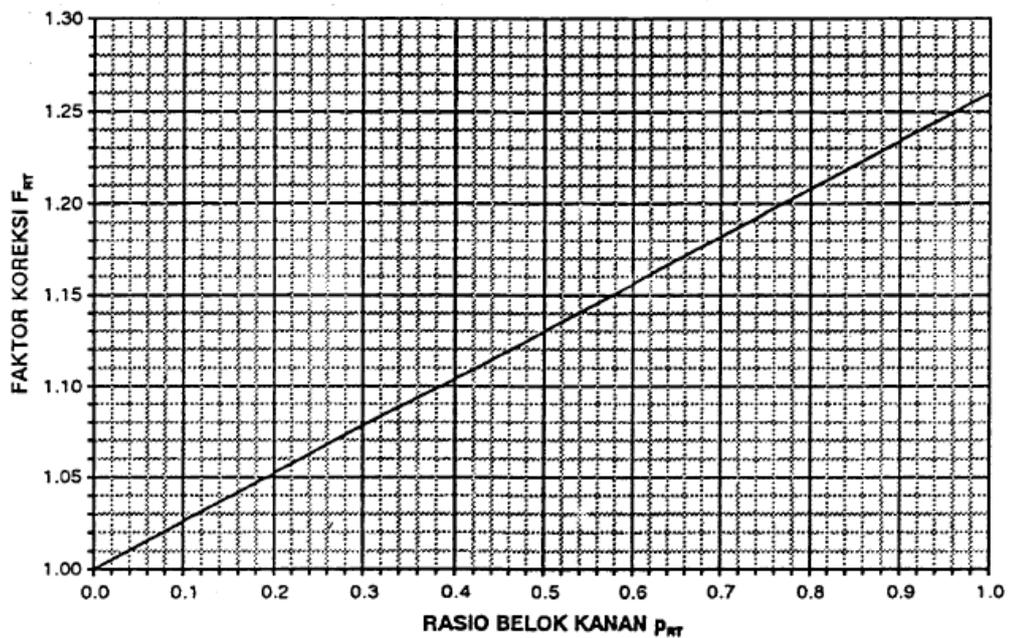
Gambar 2.17: Lebar Efektif Ruas Jalan (W_e)
(Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, hal. 2-49)



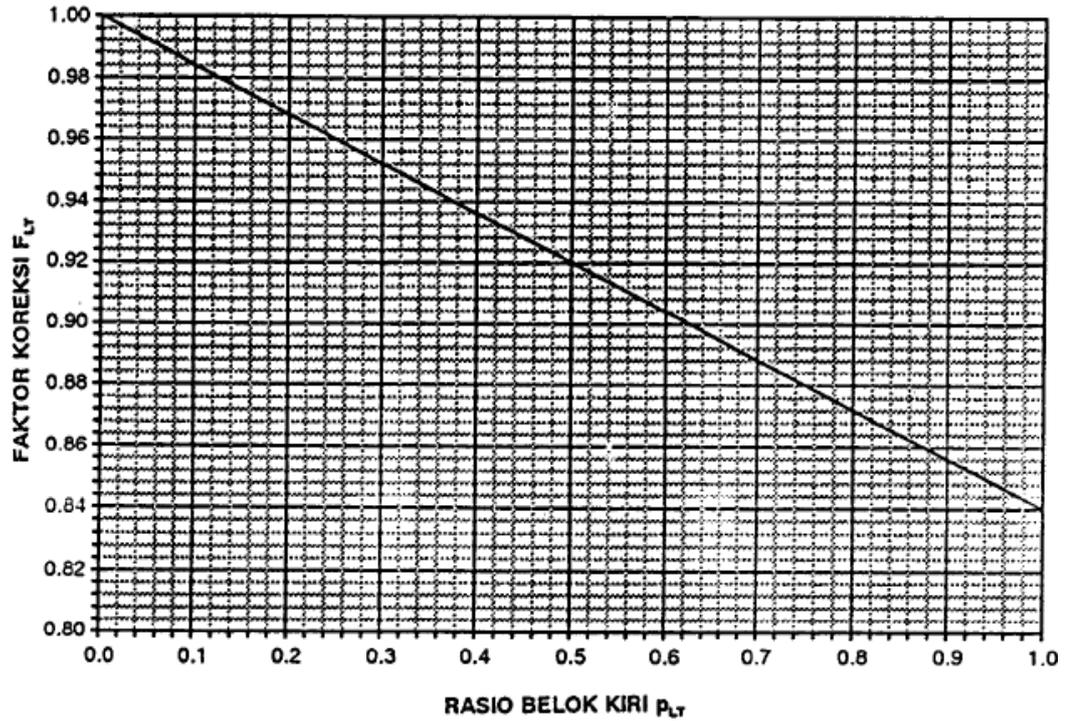
Gambar 2.18: Faktor Koreksi untuk Kemiringan Jalan (F_g)
(Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, hal. 2-54)



Gambar 2.19: Faktor Penyesuaian untuk Pengaruh Parkir (F_p)
(Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)



Gambar 2.20: Faktor Penyesuaian untuk Kendaraan Belok Kanan (F_{rt})
(Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, hal. 2-55)



Gambar 2.21: Faktor Penyesuaian untuk Kendaraan Belok Kiri (F_{Lt})
(Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, hal. 2-55)

3. Rasio Arus / Rasio Arus Jenuh

Rasio Arus Simpang merupakan jumlah dari rasio arus kritis untuk semua fase sinyal yang berurutan dalam suatu siklus. Rasio Arus (F_R) masing-masing pendekatan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$F_R = Q / S \quad (2.5)$$

Dimana:

F_R = Rasio Arus

Q = Arus Lalu Lintas (smp/jam)

S = Arus Jenuh (smp/jam)

Untuk Rasio Arus Simpang (IFR) dihitung dengan rumus:

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

Dimana:

IFR = Rasio Arus Simpang

FR_{crit} = Rasio Arus Kritis

Hitung Rasio Fase (IFR) masing-masing fase sebagai rasio antara FRcrit dan IFR. Untuk Arus Kritis dihitung dengan rumus:

$$PR = FR_{crit}/IFR \quad (2.6)$$

Dimana:

PR = Rasio Fase

FRcrit = Rasio Arus Kritis

IFR = Rasio Arus Simpang

4. Waktu Hilang (LTI)

Waktu Hilang (LTI) digunakan untuk menghitung kapasitas simpang secara keseluruhan dengan cara mengurangi jumlah waktu hilang dihitung dengan rumus:

$$LTI = (\text{Kuning} + \text{All red}) \quad (2.7)$$

Dimana:

LTI = Waktu Hilang

Kuning = Waktu Sinyal Kuning

All red = \sum semua merah

5. Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Waktu siklus adalah waktu hijau menyala pada satu fase hingga hijau menyala berikutnya pada fase yang sama atau waktu untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal dan waktu hijau merupakan waktu nyala dalam suatu pendekat (det). Hitung waktu siklus sebelum penyesuaian (Cua) untuk pengendalian waktu tetap.

$$Cua = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \quad (2.8)$$

Dimana:

Cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

IFR = Rasio arus simpang (FRcrit)

Menghitung waktu hijau g untuk masing-masing fase yaitu menggunakan rumus:

$$g = (Cua - LTI) \times PR \quad (2.9)$$

Dimana:

g = Tampilan waktu hijau pada fase (det)

Cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus

6. Kapasitas (C)

Kapasitas Lalu Lintas merupakan salah satu ukuran kuantitas yang menerangkan kondisi seperti yang dinilai oleh Pembina jalan. Kapasitas pendekat diperoleh dari perkalian arus jenuh dengan rasio hijau (g/c) pada masing-masing pendekat. Kapasitas pendekat simpang dapat dihitung dengan rumus:

$$C = S \times (g/c) \quad (2.10)$$

Dimana:

C = Kapasitas untuk lengan atau kelompok lajur (smp/jam)

g = Waktu Hijau (det)

S = Arus Jenuh, yaitu arus berangkat rata-rata dari antrian dalam pendekat selama sinyal hijau (smp/hijau)

c = Waktu siklus, yaitu selang waktu untuk urutan perubahan sinyal yang lengkap (yaitu antara dua awal hijau yang berurutan pada fase yang sama) (det)

7. Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat Kejenuhan adalah rasio arus terhadap kapasitas jalan. Biasanya digunakan sebagai factor kunci dalam penentuan perilaku lalu lintas pada suatu

segmen jalan dan simpang. Berdasarkan MKJI 1997, jika analisis DS dilakukan untuk analisa tingkat kerja, maka volume lalu lintasnya dinyatakan dalam emp.

Factor yang mempengaruhi emp adalah:

- a) Jenis jalan, seperti jalan luar kota, atau jalan bebas hambatan.
- b) Tipe alinyemen, seperti medan datar, berbukit atau pegunungan
- c) Volume Jalan

Berdasarkan defenisi derajat kejenuhan, maka persamaan untuk mencari besarnya kejenuhan dihitung dengan rumus:

$$DS = Q_{smp} / C \quad (2.11)$$

Dimana:

DS = Derajat Kejenuhan

Q_{smp} = Arus total (smp/jam)

C = Kapasitas Jalan (smp/jam)

Perlu diperhatikan untuk analisa operasional dan peningkatan simpang bersinyal untuk tidak melewati rasio arus/kapasitas = 0,75 selama jam puncak, jika nilai $DS > 0,75$ maka layak menggunakan lampu lalu lintas (*traffic light*)

8. Panjang Antrian (QL)

Jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ) dihitung sebagai jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ_1), ditambah jumlah smp yang dating selama fase merah (NQ_2):

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (2.12)$$

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

Jika $DS > 0,5$, selain itu $NQ_1 = 0$

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

Dimana:

DS = Derajat Kejenuhan

NQ_1 = Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

NQ_2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah

GR = Rasio Hijau

c = Waktu Siklus (det)

C = Kapasitas (smp/jam)

Q = Arus Lalu Lintas pada pendekat tersebut (smp/jam)

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

$$QL = NQ_{\max} \times 20/W_{\text{masuk}} \quad (2.13)$$

Dimana:

QL = Panjang Antrian

NQ_{\max} = Jumlah Antrian

W_{masuk} = Lebar Masuk

9. Angka Henti (NS)

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

Dihitung dengan rumus:

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \quad (2.14)$$

Dimana :

NS = Angka Henti

NQ = Jumlah rata-rata antrian

Q = Arus Lalu Lintas (smp/jam)

c = Waktu Siklus (detik)

10. Tundaan (DT)

Suatu ukuran daya guna yang kritis pada fasilitas arus terganggu adalah tundaan (*delay*). Tundaan adalah suatu ukuran yang umum yang dapat diinterpretasikan dengan jumlah rata-rata. Waktu tunda henti rata-rata (*average stopped time delay*) adalah ukuran keefektifan yang prinsipil yang digunakan dalam mengevaluasi tingkat pelayanan pada persimpangan bersinyal (*signalized intersection*).

Waktu tundaan henti (*stopped time delay*) adalah waktu yang dihabiskan oleh sebuah kendaraan untuk berhenti dalam suatu antrian saat menunggu untuk memasuki suatu persimpangan.

Rata-rata waktu tunda henti (*average stopped time delay*) adalah total waktu tunda henti yang dialami semua kendaraan pada suatu jalan atau kelompok lajur selama suatu periode waktu yang ditentukan, dibagi dengan volume total kendaraan yang memasuki persimpangan pada jalan atau kelompok lajur selama periode waktu yang sama, dinyatakan dalam detik per kendaraan.

Tundaan pada suatu simpang dapat terjadi karena dua hal:

1. Tundaan lalu-lintas (DT), karena interaksi lalu lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang.
2. Tundaan geometri (DG), karena perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang atau terhenti karena lampu merah.

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat j dihitung sebagai:

$$D = DT + DG \quad (2.15)$$

Dimana:

D = Tundaan rata-rata untuk pendekat (det/smp)

DT = Tundaan lalu-lintas rata-rata untuk pendekat (det/smp)

DG = Tundaan geometri rata-rata untuk pendekat (det/smp)

Tundaan lalu-lintas rata-rata untuk suatu pendekat dapat ditentukan dari rumus berikut (didasarkan pada Akcelik 1988):

$$DT = c \times \frac{0.5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)} + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \quad (2.16)$$

Dimana:

DT = Tundaan lalu lintas pada pendekat (det/smp)

GR = Rasio Hijau (g/c)

DS = Derajat Kejenuhan

C = Kapasitas (smp/jam)

NQ₁ = Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

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

$$DG = (1 - P_{SV}) \times PT \times 6 + (P_{SV} \times 4) \quad (2.17)$$

Dimana:

DG = Tundaan geometric

P_{SV} = Rasio Kendaraan terhenti pada suatu pendekat

PT = Rasio Kendaraan membelok pada suatu pendekat

2.8. Tingkat Pelayanan (*Level Of Service*)

LOS (*Level of Service*) atau tingkat pelayanan jalan adalah salah satu metode yang digunakan untuk menilai kinerja jalan yang menjadi indikator dari kemacetan. Suatu jalan dikategorikan mengalami kemacetan apabila hasil perhitungan LOS menghasilkan nilai mendekati 1.

Menurut (Martin dkk,1961), tingkat pelayanan jalan merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan kualitas pelayanan yang disediakan oleh suatu jalan dalam kondisi tertentu. Penilaian tingkat pelayanan jalan dilihat dari aspek perbandingan antara volume lalu lintas dengan kapasitas jalan, dimana volume merupakan gambaran dari kebutuhan terhadap arus lalu lintas sedangkan kapasitas merupakan gambaran dari kemampuan jalan untuk melewati arus lalu lintas.

Menurut (MKJI.1997), perikanan lalu lintas diwakili oleh tingkat pelayanan *level of service* (LOS). LOS (*Level of Service*) atau tingkat pelayanan jalan adalah salah satu metode yang digunakan untuk menilai kinerja jalan yang menjadi indikator dari kemacetan. Suatu jalan diindikasikan mengalami kemacetan apabila hasil perhitungan LOS menghasilkan nilai mendekati 1. Dalam menghitung LOS di suatu ruas jalan, terlebih dahulu harus mengetahui kapasitas jalan (C) yang dapat dihitung dengan mengetahui kapasitas dasar.

Tabel 2.8: Karakteristik Tingkat Pelayanan Jalan (MKJI, 1997)

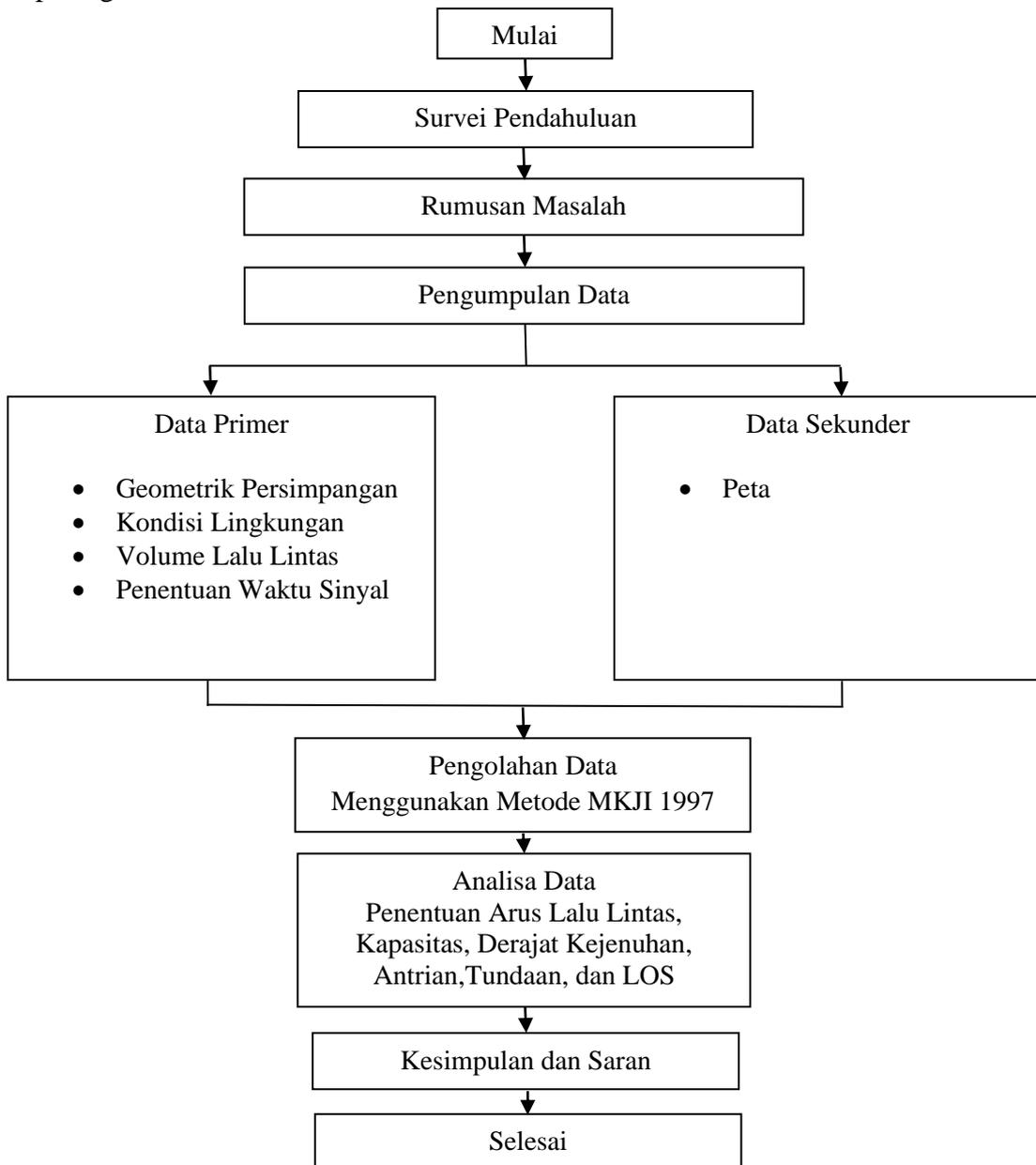
Tingkat Pelayanan	Rasio (V/C)	Karakteristik
A	$< 0,60$	Arus bebas, volume rendah dan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang dikehendaki.
B	$0,60 < V/C < 0,70$	Arus stabil, kecepatan sedikit terbatas oleh lalu lintas, pengemudi masih dapat bebas dalam memilih kecepatannya.
C	$0,70 < V/C < 0,80$	Arus stabil, kecepatan dapat dikontrol oleh lalu lintas.
D	$0,8 < V/C < 0,90$	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 rendah, volume diatas kapasitas, sering terjadi kemacetan pada waktu yang cukup lama.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Bagan Alir

Berdasarkan studi pustaka yang sudah dibahas sebelumnya, maka untuk memudahkan dalam pembahasan dan analisa dibuat suatu bagan alir, dapat dilihat pada gambar 3.1:



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian

3.2. Tahapan Persiapan

Tahap persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan data dan pengolahan data. Dalam tahap ini dilakukan penyusunan rencana agar diperoleh waktu efektif dan efisien dalam mengerjakan penelitian ini. Pada tahap ini dilakukan pengamatan pendahuluan agar didapat gambaran umum dalam mengidentifikasi dan merumuskan masalah yang ada di lapangan. Lingkup pekerjaan yang dilakukan pada tahap persiapan adalah sebagai berikut:

1. Studi pustaka terhadap materi terkait dengan penelitian yang dilakukan.
2. Menentukan kebutuhan data.

3.3. Tahapan Kerja Penelitian

Untuk mendapatkan data yang diinginkan serta memperoleh hasil yang diharapkan dalam penelitian ini, berikut diberikan tahapan-tahapan pekerjaan penelitian, sebagai berikut:

1. Tugas Akhir ini dibagi atas tiga tahapan penelitian, yaitu tahap persiapan, perancangan dan analisis, serta kesimpulan dan rekomendasi.
2. Penelitian ini dimulai dengan proses identifikasi masalah kemudian dirumuskan menjadi tujuan penelitian, seperti yang telah dijelaskan pada Bab I.
3. Setelah dirumuskannya tujuan penelitian, tahapan selanjutnya adalah studi/survei pendahuluan (*pilot study*) untuk menentukan ruang lingkup pembahasan dan pembatasan masalah yang akan dibahas, identifikasi data yang dibutuhkan, teknik/cara pengumpulan data, termasuk waktu pelaksanaan survey.
4. Tahapan pengumpulan data adalah proses pengumpulan data yang akan diolah sehingga dapat digunakan sebagai input dalam proses analisis selanjutnya. Pengumpulan data dan analisis dalam penelitian ini secara garis besar dapat dikelompokkan dengan karakteristik lalu lintas (perilaku lalu lintas) yang ada di persimpangan yakni kondisi geometrik simpang yang diamati, arus lalu lintas, panjang antrian, waktu siklus *traffic light*.

5. Survei perilaku pada satu jenis persimpangan, untuk simpang ditetapkan pada simpang pertemuan Jalan Ring Road dan Jalan Gatot Subroto, simpang pertemuan Jalan Asrama dan Jalan Gatot Subroto, survey dilakukan pada jam puncak (*peak hour*) dimana kondisi lalu lintas padat.
6. Setelah dilakukan survei lalu lintas di setiap persimpangan Jalan Ring Road-Jalan Gatot Subroto-Jalan Asrama yang diamati, tahap selanjutnya adalah pengolahan data. Analisis untuk mengetahui waktu siklus *traffic light* dengan MKJI menggunakan formulir isian MKJI SIG II, IV dan V berdasarkan data yang diperoleh.
7. Setelah dilakukan pengolahan data, tahap berikutnya adalah analisa dan evaluasi. Pada tahap ini ditentukan waktu siklus *traffic light* dengan MKJI 1997 dengan memperhatikan parameter kinerja yakni derajat kejenuhan, antrian, waktu siklus dan tundaan.
8. Setelah tahap-tahap di atas dilakukan, maka akan diperoleh beberapa kesimpulan terutama perbandingan efektivitas waktu *traffic light* pada persimpangan jenuh dan tidak jenuh baik menggunakan perhitungan metode MKJI.

3.4. Metode Survei

Metode survei yaitu dengan mengadakan pengamatan langsung kondisi eksisting di lapangan. Hal ini mutlak dilakukan agar dapat diketahui kondisi aktual pada saat ini, sehingga diharapkan tidak terjadi kesalahan dalam pengambilan keputusan dan kesimpulan atas permasalahan yang ingin diselesaikan.

3.5. Pengumpulan Data

3.5.1. Waktu Penelitian

Sesuai dengan pertimbangan untuk memperoleh gambaran kondisi lalu lintas yang sibuk maka survei lalu lintas untuk digunakan dalam perhitungan MKJI dilakukan pada hari kerja selama satu hari penuh dimulai pada pukul 06.30 WIB sampai dengan sore pukul 18.00 WIB. Hal ini dilakukan agar dapat diperoleh data

yang lebih akurat sehingga hasilnya dapat digunakan untuk perencanaan dan perbaikan dimasa akan datang.

3.5.2. Lokasi Penelitian

Di bawah ini adalah lokasi penelitian yang dilakukan pada persimpangan ringroad – gatot subroto.



Gambar 3.2: Peta lokasi

3.5.3. Penelitian

Sesuai dengan tujuan tugas akhir yaitu untuk menentukan efektifitas waktu *traffic light* pada persimpangan maka untuk pemilihan lokasi persimpangan yang dipilih adalah persimpangan masing-masing mewakili kondisi lalu lintas yang berbeda. Pemilihan persimpangan didasarkan pada kendala kemacetan, antrian yang cukup panjang pada masing-masing lengan terutama yang terjadi pada jam-jam sibuk (*peak hour*). Hal tersebut memungkinkan terjadinya kondisi arus lalu lintas menjadi jenuh pada persimpangan sehingga apabila kendaraan yang melewati persimpangan tersebut harus mengalami lampu merah dua kali.

Pengamatan lalu lintas tidak hanya menghitung volume lalu lintas actual, akan tetapi juga perhitungan mengenai arus lalu lintas pada saat kondisi jenuh dengan tujuan untuk melihat gambaran jumlah kendaraan tiap jam tiap lajur pada masing-masing lengan jika waktu hijau efektif yang tersedia selama satu jam penuh dan diusahakan agar arus kendaraan tidak pernah berhenti.

Pada saat lampu merah menyala arus lalu lintas pada satu kelompok lajur akan berhenti lalu diperlukan suatu waktu keamanan bagi setiap lengan persimpangan yang disebut jarak kehilangan (*clearance lost time*). Saat ini tidak satupun arus lalu lintas yang dapat melintasi persimpangan dan kemudian barulah arus lalu lintas dari arah yang lain dapat melintasi persimpangan tersebut. Di lapangan sinyal lalu lintas menyediakan interval perubahan yang berupa indikasi kuning dan atau semuanya merah bagi jarak kehilangan waktu ini.

Waktu hijau efektif berarti dapat dihasilkan dengan waktu hijau yang tersedia ditambah dengan interval perubahan dikurangi dengan waktu awal dan jarak kehilangan waktu.

Dengan demikian lokasi pengamatan diusahakan pada persimpangan yang memiliki pembagian lajur dan rambu yang melarang kendaraan parkir pada lengan persimpangan selain instalasi persinyalan *traffic light* yang ada. Kondisi ini dapat dianggap mewakili kondisi persimpangan yang tertib.

3.6. Data Primer

3.6.1. Data Geometrik Persimpangan dan Lingkungan

Geometrik simpang untuk memperoleh data fisik lengan simpang yang selanjutnya digunakan untuk menghitung kapasitas *link* dan survei rambu dan marka jalan.

Hasil pengumpulan data inventarisasi jalan yang dilakukan pada daerah studi adalah seperti tabel berikut ini:

Tabel 3.1: Data Lingkungan Simpang Ring Road

Nama Jalan	Kondisi Lingkungan	Hambatan Simpang	Median	Kelandaian (%)
Jl. Gatot Subroto (T)	Komersial	Sedang	Ya	2%
Jl. Gatot Subroto (B)	Komersial	Sedang	Ya	2%
Jl. Asrama (U)	Komersial	Sedang	Ya	2%
Jl. Ring Road (S)	Komersial	Sedang	Ya	2%

Tabel 3.2: Data Geometrik Simpang Ring Road

Nama Jalan	Tipe Fase	Lebar Pendekat (m)			
		W_a	W_{LTOR}	W_{masuk}	W_{keluar}
Jl. Gatot Subroto (T)	Terlawan	10	5	5	5
Jl. Gatot Subroto (B)	Terlawan	8,5	4,25	4,25	4,25
Jl. Asrama (U)	Terlawan	9	4,5	4,5	4,5
Jl. Ring Road (S)	Terlawan	12	6	6	6

Rambu – rambu lalu lintas dan marka jalan yang ada pada simpang tersebut. Adapun hasilnya adalah :

a. Rambu :

1. Lampu pengatur lalu lintas
2. Rambu dilarang berhenti

b. Marka :

Marka yang terdapat pada jalan tersebut adalah marka yang membagi lajur pada jalur jalan dengan bentuk garis putus – putus serta garis henti yang berbentuk garis lurus tidak putus-putus.

3.6.2. Data Volume Lalu Lintas

Menentukan komposisi jenis kendaraan yang diamati menurut pengelompokan yang dibuat oleh MKJI 1997, angka ekivalen tersebut dibagi atas 4 jenis. Adapun 4 jenis kendaraan tersebut antara lain, kendaraan berat (Heavy Vehicle = HV), kendaraan ringan (Light Vehicle = LV) jenis sepeda motor (Motor Cycle = MC), dan kendaraan tak bermotor (Un-Motorcycle = UM). Perhitungan arus kendaraan didasarkan pada time slice *traffic light*.

Formulir data yang dibuat akan berisikan hal sebagai berikut: Arah pergerakan kendaraan berdasarkan asal tujuan yang meliputi pergerakan membelok ke kiri, lurus dan berdasarkan jenis kendaraan. Perhitungan jenis kendaraan berdasarkan jumlah tiap jenis kendaraan berdasarkan jumlah tiap jenis kendaraan selama periode pengamatan dalam interval 15 menit serta tersebar dihitung 4 x 15 menit selama periode pagi, siang dan sore.

Tabel 3.3: Volume Lalu Lintas Simpang Ring Road Dalam Satuan Kend/Jam

Tipe	Pendekatan (Kend/Jam)											
	Jl. Gatot Subroto(Timur)			Jl. Gatot Subroto(Barat)			Jl. Ring Road(Selatan)			Jl. Asrama (Utara)		
	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT
HV	29	18	8	1	3	10	22	3	10	13	6	11
LV	203	48	14	23	89	111	803	43	225	135	545	121
MC	192	120	22	45	198	255	603	54	327	345	323	236
Q	654			735			2090			1735		

Tabel 3.4: Volume Lalu Lintas Simpang Ring Road Dalam Satuan Smp/Jam

Tipe Kend	Pendekatan (Smp/Jam)											
	Jl. Gatot Subroto(Timur)			Jl. Gatot Subroto(Barat)			Jl. Ring Road(Selatan)			Jl. Asrama (Utara)		
	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT
Emp	HV = x 1,3			LV = x 1,0			MC = x 0,4					
HV	37,7	23,4	10,4	1,3	3,9	13	28,6	3,9	13	16,9	7,8	14,3
LV	203	48	14	23	89	111	803	43	225	135	545	121
MC	76,8	48	8,8	18	79,2	102	241,2	21,6	130,8	138	129,2	94,4
Q	470,1			440,4			1510,1			1201,6		

3.6.3. Data Kondisi Waktu Sinyal atau Fase

Keadaan persimpangan yang perlu diamati selanjutnya adalah durasi *traffic light* yang meliputi satu siklus yakni periode merah, kuning (*amber*), dan hijau untuk setiap fase.

Pelaksanaan pengukuran durasi diperoleh dengan cara membuat formulir pencatatan, dengan mempergunakan *stopwatch*, lama durasi dicatat dengan pertama kali melakukan pencatatan waktu merah, hijau, dan kuning. Kemudian mencatat waktu durasi untuk mencocokkan pencatatan waktu durasi (merah, kuning, hijau).

Tabel 3.5: Hasil Pengamatan Waktu Sinyal Simpang Ring Road

Sinyal	Nama Jalan	Waktu (detik)		
		Merah	Kuning	Hijau
Fase 1	Jl. Gatot Subroto (T)	55 detik	3 detik	35 detik
-	Jl. Gatot Subroto (B)	55 detik	3 detik	35 detik
Fase 2	Jl. Asrama (U)	35 detik	3 detik	60 detik
-	Jl. Ring Road (S)	35 detik	3 detik	60 detik

3.7. Tenaga dan Peralatan

3.7.1. Tenaga (Surveyor)

Survey yang dilakukan untuk mengambil data-data volume lalu lintas yang digunakan untuk perhitungan MKJI, masing-masing tim ditujukan untuk melakukan pengamatan pada kedua simpang yang berbeda. Jumlah anggota dalam satu tim tergantung situasi simpang yang akan dihitung volume lalu lintasnya.

Hal pertama yang harus dilakukan adalah survey pendahuluan yang bertujuan untuk mengetahui mengenai data-data awal mengenai pola arus lalu lintas, lokasi survey yang akan dipilih dan jam-jam sibuk/puncak (*peak hour*) dan juga kondisi lingkungan disekitar simpang. Adapun hal-hal yang berfungsi diadakan survey ini yaitu:

1. Penempatan tempat/ titik lokasi survey yang memudahkan pengamat.
2. Penentuan arah lalu lintas dan jenis kendaraan yang disurvei.
3. Membiasakan para surveyor dalam menggunakan alat yang akan digunakan.
4. Memahami kesulitan yang memungkinkan muncul pada pelaksanaan survei dan melakukan revisi sesuai dengan keadaan lapangan serta kondisi yang mungkin dihadapi.

Untuk memudahkan mendapatkan hasil survey yang baik, harus diadakan penjelasan kepada seluruh surveyor yang bersangkutan dengan tugas dan tanggung jawab masing-masing, terdiri dari:

- a. Cara dan pengisian formulir penelitian terkait dengan arus lalu lintas yang dibagi dalam periode tertentu yaitu: 15 menit tiap periode selama 1 jam untuk setiap pengamat.
- b. Pembagian tugas, yang menyangkut pembagian arah dan jenis kendaraan bagi tiap surveyor sesuai dengan formulir yang dipegang.
- c. Mencatat waktu *traffic light* dan perubahan siklus yang terjadi selama 7 hari pengamatan.

3.7.2. Penempatan Surveyor

Masalah penempatan surveyor pada persimpangan jalan ring road - jalan gatot subroto yang diteliti sangat penting untuk diperhatikan, hal ini terkait dengan keakuratan data lalu lintas yang ingin diperoleh, seperti jumlah kendaraan yang dilewatkan oleh masing-masing lengan dan data waktu sinyal *traffic light*. Penempatan surveyor dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa hal, yaitu:

1. Arus Jenuh
Pada saat awal Hijau, kendaraan membutuhkan beberapa waktu untuk memulai pergerakan dan kemudian sesaat setelah bergerak sudah mulai terjadi antrian pada kecepatan relatif normal.
2. Waktu Hijau Efektif
Merupakan lamanya waktu hijau tampilan sinyal dikurangi dengan kehilangan awal dan ditambah waktu hijau tambahan akhir.
3. Waktu Siklus
Waktu yang diperlukan untuk serangkaian fase dimana semua pergerakan dilakukan. Waktu siklus perlu dioptimumkan karena waktu siklus yang terlalu panjang akan mengakibatkan tundaan yang besar.
4. Total Waktu Hilang
Waktu hilang terjadi pada saat awal periode hijau berupa terlambatnya memulai pergerakan (*lost start*) dan pada saat akan berakhirnya periode kuning (*end lost*).
5. Tundaan
Perbedaan antara waktu perjalanan melintasi simpang dengan waktu perjalanan yang tanpa berhenti atau mengalami perlambatan akibat adanya sinyal lalu lintas pada persimpangan.

3.7.3. Peralatan

Untuk memperoleh data yang akurat, perlu didukung peralatan yang lengkap dan baik. Peralatan yang dibutuhkan antara lain sebagai berikut: Formulir penelitian jumlah kendaraan yang keluar dari simpang, untuk prosedur survey MKJI 1997.

- a. Clip Board
- b. Stopwatch
- c. Meteran gulung
- d. Pulpen atau pensil
- e. Kamera
- f. Komputer

BAB 4

PENYAJIAN DATA DAN ANALISA DATA

4.1. Analisa Data

4.1.1. Lebar Efektif (W_e)

- a. Pendekat Dari Arah Jl. Gatot Subroto (Timur)

$$W_a = 10 \text{ m } W_{L\text{TOR}} = 5\text{m}$$

$$\text{Sehingga } W_e = W_a - W_{L\text{TOR}}$$

$$W_e = 5\text{m}$$

- b. Pendekat Dari Arah Jl. Asrama (Utara)

$$W_a = 9 \text{ m } W_{L\text{TOR}} = 4,5 \text{ m}$$

$$\text{Sehingga } W_e = W_a - W_{L\text{TOR}}$$

$$W_e = 4,5 \text{ m}$$

- c. Pendekat Dari Arah Jl. Gatot Subroto (Barat)

$$W_a = 8,5 \text{ m } W_{L\text{TOR}} = 4,25 \text{ m}$$

$$\text{Sehingga } W_e = W_a - W_{L\text{TOR}}$$

$$W_e = 4,25 \text{ m.}$$

- d. Pendekat Dari Arah Jl. Ring Road (Selatan)

$$W_a = 12 \text{ m } W_{L\text{TOR}} = 6\text{m}$$

$$\text{Sehingga } W_e = W_a - W_{L\text{TOR}}$$

$$W_e = 6 \text{ m.}$$

4.1.2. Arus Jenuh Dasar (S_o)

Arus Jenuh dasar dapat dihitung menggunakan persamaan 1 sebagai berikut :

$$S_o = 600 \times W_e$$

$$= 600 \times 5$$

$$= 3000 \text{ smp/jam}$$

Nilai hasil perhitungan arus jenuh dasar dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1: Hasil Perhitungan Arus Jenuh Dasar Simpang Ring Road

Jalan	Tipe Fase	Lebar Efektif (m)	So
Jl. Gatot Subroto (T)	Terlawan	5	3000
Jl. Asrama (U)	Terlawan	4,5	2700
Jl. Gatot Subroto (B)	Terlawan	4,25	2550
Jl. Ring Road (S)	Terlawan	6	3600

4.1.3. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{cs})

Faktor ukuran diketahui melalui Tabel pada MKJI, dengan menyesuaikan jumlah penduduk kota Medan sebesar 2,9 juta jiwa berdasarkan data BPS 2020, maka factor penyesuaian kota sebesar 1,0.

4.1.4. Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G)

Karena tidak terdapat kelandaian dengan nilai 0 (nol) pada masing-masing pendekat, maka factor kelandaian dianggap 1,00.

4.1.5. Faktor Penyesuaian Parkir (F_P)

Dari hasil penelitian di lapangan didapat jarak garis henti ke parker pertama lebih dari 80 m disetiap lengan jalan, sehingga nilai F_P diketahui sebesar 1,00. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada hambatan di setiap lengan jalan yang dapat mempengaruhi nilai arus jenuh.

4.1.6. Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{SF})

Nilai factor penyesuaian hambatan samping (F_{SF}) untuk masing-masing pendekat dapat dilihat pada table 4.2 berikut:

Tabel 4.2: Hasil Penelitian Factor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{SF})

Pendekat	Jl. Gatot Subroto (Timur)	Jl. Asrama (Utara)	Jl. Gatot Subroto (Barat)	Jl. Ring Road (Selatan)

Hambatan Samping	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
Tipe Fase	Terlawan	Terlawan	Terlawan	Terlawan
Lingkungan jalan Rasio	COM	COM	COM	COM
Kendaraan tak bermotor	0,00	0,05	0,00	0,00
F _{SF}	0,94	0,89	0,94	0,94

4.1.7. Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{RT})

Faktor penyesuaian belok kanan diketahui melalui rasio kendaraan belok kanan. Sebagai contoh untuk pendekatan dari arah utara perhitungan untuk F_{RT} dapat dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 P_{RT} &= \frac{Q_{RT} \left(\frac{\text{smp}}{\text{jam}}\right)}{Q_{Total} \left(\frac{\text{smp}}{\text{jam}}\right)} = \frac{33,2}{470,1} \\
 &= 0,07 \text{ smp/jam} \\
 F_{RT} &= 1 + (P_{RT} \times 0,26) \\
 &= 1 + (0,07 \times 0,26) \\
 &= 1,02
 \end{aligned}$$

4.1.8. Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})

Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) tanpa belok kiri langsung (L_{TOR}) dan untuk tipe terlindung (P) dapat dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 P_{LT} &= \frac{Q_{LT} \left(\frac{\text{smp}}{\text{jam}}\right)}{Q_{Total} \left(\frac{\text{smp}}{\text{jam}}\right)} = \frac{317,5}{470,1} \\
 &= 0,67 \text{ smp/jam} \\
 F_{LT} &= 1 + (P_{LT} \times 0,16) \\
 &= 1 + (0,67 \times 0,16) \\
 &= 1,10
 \end{aligned}$$

4.1.9. Arus Jenuh (S)

Arus jenuh (S) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

$$= 3000 \times 1,00 \times 0,94 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,02 \times 1,10$$

$$= 3164,04 \text{ smp/jam}$$

Nilai arus jenuh simpang Ring Road untuk seluruh pendekat dapat ditunjukkan pada table 4.3 berikut:

Tabel 4.3: Nilai Arus Jenuh Simpang Ring Road

Jalan	Faktor Penyesuaian						Arus Jenuh Dasar (So) (smp/jam)	Arus Jenuh (S) (smp/jam)
	F _{CS}	F _{SF}	F _G	F _P	F _{RT}	F _{LT}		
Gatot Subroto (T)	1,00	0,94	1,00	1,00	1,02	1,10	3000	3164,04
Asrama (U)	1,00	0,89	1,00	1,00	1,05	1,04	2700	2624,08
Gatot Subroto (B)	1,00	0,94	1,00	1,00	1,13	1,02	2550	2762,78
Ring Road (S)	1,00	0,94	1,00	1,00	1,06	1,11	3600	3981,61

4.1.10. Rasio Arus (F_R)

Perhitungan rasio arus dapat digunakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$F_R = Q / S$$

$$= 470,1 / 3164,04$$

$$= 0,1486$$

Nilai rasio arus untuk masing-masing pendekat dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4: Hasil Perhitungan Rasio Arus (F_R)

Jalan	Q	S	F_R
Gatot Subroto (T)	470,1	3164,04	0,1486
Asrama (U)	1201,6	2624,08	0,4579
Gatot Subroto (B)	440,4	2762,78	0,1594
Ring Road (S)	1510,1	3981,61	0,3792
$IFR = \sum FR_{crit}$			0,7489

4.1.11. Waktu Hilang (LTI)

Perhitungan waktu hilang (LTI) dapat dilihat pada Formulir SIG-III Lampiran 1 atau dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 LTI &= \sum I^G = (\text{Kuning} + \text{All red}) \\
 &= (3 + 55) \\
 &= 58 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

4.1.12. Waktu Siklus Pra Penyesuaian (Cua)

Perhitungan waktu siklus pra penyesuaian (Cua) dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Cua &= (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \\
 &= (1,5 \times 58 + 5) / (1 - 0,7489) \\
 &= 366 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

4.1.13. Rasio Fase (PR)

Perhitungan rasio fase (PR) dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 PR &= FR / FR_{crit} \\
 &= 0,1486 / 0,7489
 \end{aligned}$$

$$= 0,2$$

Nilai rasio fase (PR) untuk masing-masing pendekat dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5: Hasil Perhitungan Rasio Fase

Pendekat	FR	FRcrit	PR
Gatot Subroto (T)	0,1486	0,7489	0,2
Asrama (U)	0,4579	0,7489	0,6
Gatot Subroto (B)	0,1594	0,7489	0,2
Ring Road (S)	0,3792	0,7489	0,5

4.1.14. Waktu Hijau (g)

Perhitungan waktu hijau (g) untuk masing-masing fase digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} g_i &= (Cua - LTI) \times PR \\ &= (366 - 58) \times 0,2 \\ &= 61,6 \text{ detik} \end{aligned}$$

Nilai Waktu Hijau (g) untuk masing-masing pendekat dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut:

Tabel 4.6: Hasil Perhitungan Waktu Hijau (g)

Jalan	Cua	LTI	PR	g (detik)
Gatot Subroto (T)	366	58	0,2	61,2
Asrama (U)	247	38	0,6	125,4
Gatot Subroto (B)	366	58	0,2	61,6
Ring Road (S)	247	38	0,5	104,5

4.2. Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

4.2.1. Kapasitas (C)

Perhitungan kapasitas (C) dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C &= S \times (g/c) \\ &= 3164,04 \times (35/366) \\ &= 284,76 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Besar Kapasitas untuk masing-masing jalan dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut:

Tabel 4.7: Hasil Perhitungan Kapasitas

Jalan	S (smp/jam)	g (detik)	c (detik)	GR	C (smp/jam)
Gatot Subroto (T)	3164,04	35	366	0,09	284,76
Asrama (U)	2624,08	60	247	0,24	629,77
Gatot Subroto (B)	2762,78	35	366	0,09	248,65
Ring Road (S)	3981,61	60	247	0,24	955,58

4.2.2. Derajat Kejenuhan (DS)

Perhitungan derajat kejenuhan (DS) dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 DS &= Q / C \\
 &= 470,1 / 284,76 \\
 &= 1,65
 \end{aligned}$$

Nilai perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan (DS) untuk seluruh jalan ditunjukkan pada Tabel 4.8 berikut:

Tabel 4.8: Hasil Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS)

Jalan	Gatot Subroto (T)	Asrama (U)	Gatot Subroto (B)	Ring Road (S)
Q (smp/jam)	470,1	440,4	1510,1	1210,6
C (smp/jam)	284,76	629,77	248,65	955,58
DS	1,65	0,70	6,07	1,26

4.2.3. Panjang Antrian (QL)

Jumlah Antrian kendaraan yang terjadi pada lengan jalan yang ditinjau dalam hal ini adalah lengan Utara. Hasil dari Derajat Kejenuhan (DS) digunakan untuk menghitung jumlah antrian (NQ1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya.

Untuk $DS > 0,5$

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

Untuk $DS < 0,5$

$$NQ1 = 0$$

Perhitungan NQ1 pada hari senin jam 17.00 – 18.00 pada lengan Utara Gatot Subroto, Medan.

$$NQ1 = 0,25 \times 284,76 \times [(1,65 - 1) + \sqrt{(1,65 - 1)^2 + \frac{8 \times (1,65 - 0,5)}{284,76}}]$$

$$NQ1 = 94,28$$

Kemudian Jumlah Antrian yang datang selama fase merah (NQ2) dihitung dengan rumus:

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

$$NQ2 = 366 \times \frac{1 - 0,09}{1 - 0,09 \times 1,65} \times \frac{470,1}{3600}$$

$$NQ2 = 51,07$$

$$NQ_{TOTAL} = NQ1 + NQ2$$

$$NQ_{TOTAL} = 94,28 + 51,07$$

$$NQ_{TOTAL} = 145,35$$

Panjang Antrian (QL) pada suatu jalan adalah hasil perkalian jumlah rata-rata antrian pada awal sinyal hijau (NQ) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m^2) dan pembagian dengan lebar masuk, yang peramaanya dituliskan sebagai berikut:

$$QL = NQ_{MAX} \times 20 / W_{masuk}$$

Hasil perhitungan Panjang Antrian (QL) dapat dilihat pada Tabel 4.9 di bawah ini:

Tabel 4.9: Panjang Antrian

Jalan	Tipe Fase	NQ1	NQ2	NQ _{TOTAL}	NQ _{MAX}	Panjang Antrian (QL) (m)
Gatot Subroto (T)	Terlawan	94,28	51,07	145,35	80	320
Asrama (U)	Terlawan	178,08	27,60	205,68	80	355,55
Gatot Subroto (B)	Terlawan	631,42	307,93	939,35	80	376,47
Ring Road (S)	Terlawan	127,06	90,49	217,55	80	266,66

4.2.4. Kendaraan Terhenti (NSV)

Perhitungan analisis kendaraan henti pada jam sibuk lengan utara jalan Gatot Subroto dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ_{total}}{Q \times c} \times 3600$$

$$NS = 0,9 \times \frac{145,35}{470,1 \times 366} \times 3600$$

$$NS = 2,73$$

Perhitungan jumlah kendaraan henti periode jam sibuk pada lengan utara, dapat dihitung dengan persamaan:

$$NSV = Q \times NS$$

$$NSV = 470,1 \times 2,73$$

$$NSV = 1283,37 \text{ smp/jam}$$

Hasil analisis kendaraan henti dirangkum dalam Tabel 4.10 sebagai berikut:

Tabel 4.10: Kendaraan Henti (NSV)

Jalan	Rasio Kendaraan	Jumlah Kendaraan terhenti (smp/jam)
Gatot Subroto (T)	2,73	1283,37
Asrama (U)	6,13	2699,65
Gatot Subroto (B)	5,51	8320,65
Ring Road (S)	1,59	1924,85

4.2.5. Tundaan Lalu Lintas (DT)

Perhitungan analisis tundaan lalu lintas rata-rata (DT) pada jam sibuk lengan utara jalan Gatot Subroto dapat dihitung dengan persamaan:

$$A = \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)}$$

$$A = \frac{0,5 \times (1-0,09)^2}{(1-0,09 \times 1,65)}$$

$$A = 0,48$$

$$DT = c \times A + \frac{NQ1 \times 3600}{c}$$

$$DT = 366 \times 0,48 + \frac{94,28 \times 3600}{284,76}$$

$$DT = 1367,58$$

Perhitungan analisis tundaan geometric rata-rata (DG) pada jam puncak lengan utara jalan Gatot Subroto adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} DG &= (1 - Psv) \times PT \times 6 + (Psv \times 4) \\ &= (1 - 0,75) \times 0,5 \times 6 + (0,75 \times 4) \\ &= 3,75 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= DT + DG \\ &= 1367,58 + 3,75 \\ &= 1371,33 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

Tundaan Total rata-rata:

$$\begin{aligned} &= D \times Q \\ &= 1371,33 \times 470,1 \\ &= 644662,22 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

4.2.6. Tingkat Pelayanan (*Level Of Service*)

$$\begin{aligned} \text{LOS} &= \frac{\text{Volume Lalu Lintas (V)} \left(\frac{\text{smp}}{\text{jam}}\right)}{\text{Kapasitas Jalan (C)} \left(\frac{\text{smp}}{\text{jam}}\right)} \\ &= \frac{470,1}{284,76} \\ &= 1,65 \text{ smp/jam (F)} \end{aligned}$$

Tabel 4.11: Tundaan Kendaraan dan Tingkat Pelayanan

Jalan	Tundaan Lalu Lintas (DT)	Tundaan Geometrik Persimpangan (DG)	Tundaan rata-rata (D)	Tundaan Total	Tingkat Pelayanan
Gatot Subroto (T)	1367,58	3,75	1371,33	644662,22	F
Asrama (U)	1104,42	3,15	1107,57	487773,82	B
Gatot Subroto (B)	9474,87	6,25	9481,12	14317439,3	F
Ring Road (S)	579,94	4,65	584,59	707704,65	F

4.2.7. Durasi Lampu Lalu Lintas

1. Waktu Hijau

$$\begin{aligned} \text{Waktu Hijau} &= \frac{\text{FR} \times \text{Cua}}{\sum \text{FR}_{\text{crit}}} \\ &= \frac{0,1486 \times 366}{0,7489} = 72,6 \text{ detik} \end{aligned}$$

2. Waktu Kuning

$$\text{Waktu Kuning} = 3 \text{ detik}$$

3. Waktu Merah

$$\begin{aligned}\text{Waktu Merah} &= \frac{\text{Jarak Lampu merah (m)}}{\text{Kecepatan } \left(\frac{\text{m}}{\text{detik}}\right)} \\ &= \frac{1840}{13,88} \\ &= 132,5\end{aligned}$$

Tabel 4.12: Hasil Perhitungan Durasi Lampu Lalu Lintas

Sinyal	Nama Jalan	Waktu (detik)		
		Merah	Kuning	Hijau
Fase 1	Jl. Gatot Subroto (T)	132,5 detik	3 detik	72,6 detik
-	Jl. Gatot Subroto (B)	152,7 detik	3 detik	77,9 detik
Fase 2	Jl. Asrama (U)	52,1 detik	3 detik	151 detik
-	Jl. Ring Road (S)	104,4 detik	3 detik	125 detik

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengamatan dan analisa mengenai sistem *Traffic Light* pada persimpangan Jl. Ring Road – Jl. Gatot Subroto Kota Medan dapat disimpulkan seperti dibawah ini:

1. Dari hasil tahap (*fase*) perhitungan menurut MKJI 1997 diperoleh data :
Kapasitas arus lalu lintas sebesar = 287,76 smp/jam(Timur), 629,77 smp/jam(Utara), 248,65 smp/jam(Barat), 955,58 smp/jam(Selatan).
Derajat kejenuhan sebesar = 1,65 smp/jam(Timur), 0,70 smp/jam(Utara), 6,07 smp/jam(Barat), 1,26 smp/jam(Selatan).
Tundaan rata-rata sebesar = 1371,33 det/smp(Timur), 1107,57 det/smp(Utara), 9481,12 det/smp(Barat), 584,59 det/smp(Selatan).
Panjang antrian sebesar = 320 m(Timur). 355,55 m(Utara), 376,47 m(Barat), 266,66 m(Selatan).
Waktu siklus sebesar = 366 detik(Timur), 247 detik(Utara), 366 detik(Barat), 247 detik(Selatan).
2. Tingkat pelayanan (*Level Of Service*) pada persimpangan Jl. Ringroad – Jl. Gatot Subroto secara keseluruhan sebesar = 1,65 smp/jam, jadi dinilai tingkat $F > 1$, Arus yang terlambat, kecepatan rendah, volume diatas kapasitas, sering terjadi kemacetan pada waktu yang cukup lama.

5.2. Saran

Pengamatan dilakukan pada lokasi penelitian adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan perubahan waktu siklus dan waktu sinyal pada lampu lalu lintas yang terdapat pada persimpangan Jalan Gatot Subroto – Jalan Ring Road, untuk mengatasi kemacetan lalu lintas.
2. Untuk menambah tingkat pelayanan (*Level Of Service*) pada persimpangan tersebut, maka perlu dipasang rambu-rambu yang berfungsi sebagai tambahan alat pengatur selain lampu lalu lintas, misalnya rambu dilarang berhenti disepanjang lengan persimpangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, Alik, 2005, *Rekayasa Lalu-lintas*, Penerbit UMM, Malang.
- Amir Sanjaya, *dkk.* *Perencanaan Traffic Light pada Simpang*, Jurusan Teknik Sipil, UNTAN.
- Anggi, Kurnia, 2013, *Kapasitas Simpang Bersinyal dan Derajat Kejenuhannya*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Malikusaleh.
- Anonimus, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik, Kota Medan, 2020, *Medan dalam Angka 2020*, BPS Medan.
- Fidel Miro, 2012, *Pengantar Sistem Transportasi*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Khisty, C. Jotin and Lall, B. Kent, 2003, *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi Jilid 3*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Mamentu S Samuel, 2019, *Evaluasi Penerapan Area Traffic Control System Pada Simpang Bersinyal*, Jurusan teknik sipil, Universitas Sam Ratulangi.
- Muhtadi, Adhi, 2010, *Analisis Kapasitas, Tingkat Pelayanan, Kinerja dan Pengaruh Pembuatan Median Jalan*, Neutron, Vol,10, Februari 2010,43-54.
- Permenhub No. 49 tahun 2005. *Tentang Sistem Transportasi Nasional*.
- Peraturan Undang-Undang Republik Indonesia, 2009, *Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*.
- R. Warpani, Suwardjoko, 2002, *Pengelolaan lalu-lintas dan Angkutan Jalan*, penerbit ITB, Bandung.
- Rachman, *dkk.* 2018, *Studi Efektivitas penggunaan Area Traffic Control System*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Halu Oleo.
- S. Sudarono, 2011, *Pengertian Traffic Light Jalan*, Yogyakarta.

Salter, R. J, 1978, *Highway Traffic Analysis and Design*, Published by the Macmillan.

Saputra, R. M. 2014. Analisis Penerapan Area Traffic Control System di Kota Pangkal Pinang, Jurusan Teknik Sipil, Palembang, Universitas Sriwijaya.

Sebayang Nusa, 2015, Optimasi Offset Sinyal Bersinyal pada ATCS, Jurusan Teknik sipil, Universitas Brawijaya Malang.

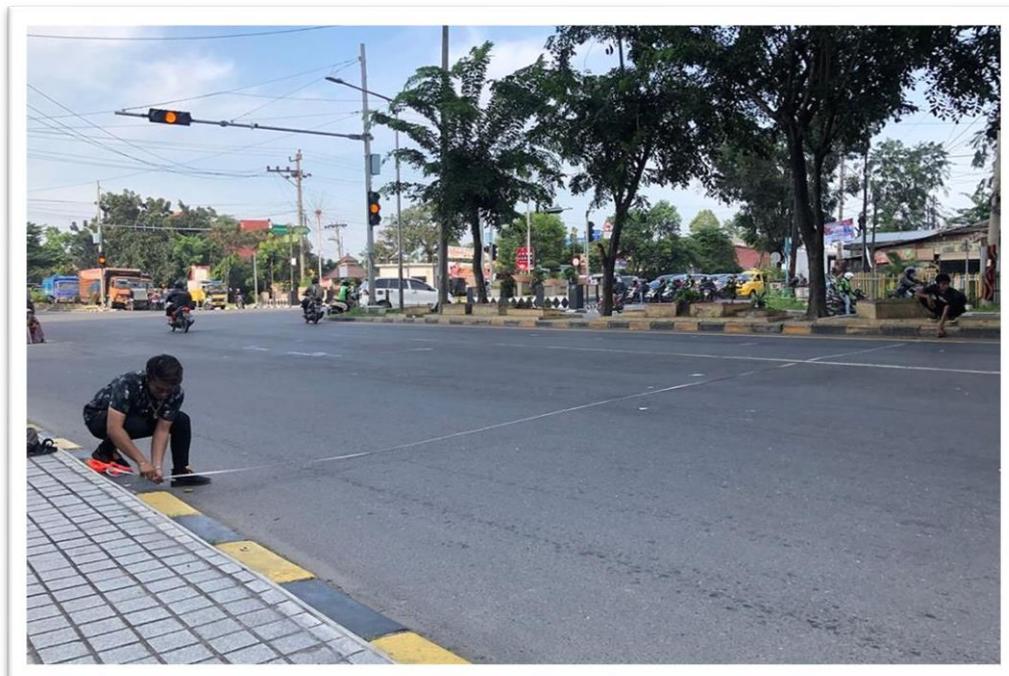
Sukirman Silvia, 1999, Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Nova, Bandung.

Tulus, 2018, Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Kota Makassar, Jurusan Teknik Sipil, Makassar, Universitas Hasanuddin.

Tamin, Ofyar, Z, 2000, Pengelola Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan, Penerbit ITB, Bandung.

Wedagama, Priyantha, dkk, 2013, Analisis Kinerja Ruas Jalan dan Biaya Perjalanan akibat Tundaan pada Ruas Jalan, Jurnal Ilmiah Elektronik Infrastruktur Teknik Sipil, Vol 2, No, 2, Aril 2013, Universitas Udayana, Denpasar.

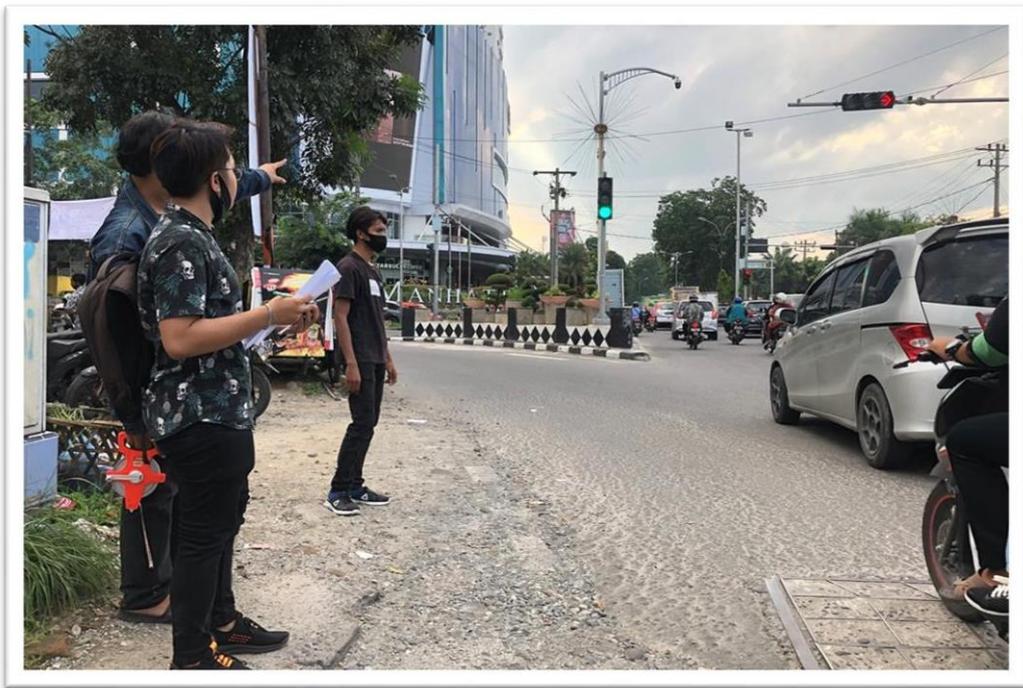
LAMPIRAN



Gambar L.1: Foto Mengambil Data Geometrik Persimpangan



Gambar L.2: Foto Mengambil Data Volume Lalu Lintas



Gambar L.3: Foto Mengambil Data Waktu Sinyal (Durasi Lampu Lalu Lintas)

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : ALFRIDO TONDI SIMBOLON
NPM : 1307210131
PRODI/JURUSAN : TEKNIK/TEKNIK SIPIL
JUDUL : EVALUASI DURASI LAMPU LALU LINTAS PADA
PERSIMPANGAN JALAN RING ROAD-JALAN GATOT
SUBROTO KOTA MEDAN (Studi Kasus)

NO.	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	17/3-2020	- cantumkan nama jalan (persimpangan) pd judul. - Mo. Sup. bab dikeh arikan - perhatikan cara penulisan	df
2	20/7-2020	- bagan alir. - gambar lokasi - data arus lalu lintas - data lampu lalu lintas - Jadwal Slotyor - lanjut ke pembib <u>dia II</u>	df
3.	12/8-2020.	- Pembabi Metodologi (bab 3). - Analisis di sermih. teripula sermih ds. figure.	df

Dosen Pembimbing I

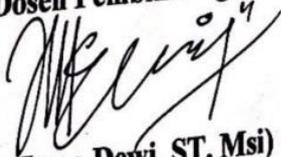
(Hj. Irma Dewi, ST, Msi)



LEMBAR ASISTENSI

NAMA : ALFRIDO TONDI SIMBOLON
NPM : 1307210131
PRODI/JURUSAN : TEKNIK/TEKNIK SIPIL
JUDUL : EVALUASI DURASI LAMPU LALU LINTAS PADA
PERSIMPANGAN JALAN RING ROAD-JALAN GATOT
SUBROTO KOTA MEDAN (Studi Kasus)

NO.	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
4.	23/10 - 20	Acc. ude semin -	df -

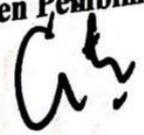
Dosen Pembimbing I

(Hj. Irma Dewi, ST, Msi)



LEMBAR ASISTENSI

NAMA : ALFRIDO TONDI SIMBOLON
NPM : 1307210131
PRODI/JURUSAN : TEKNIK/TEKNIK SIPIL
JUDUL : EVALUASI DURASI LAMPU LALU LINTAS PADA
PERSIMPANGAN JALAN RING ROAD-JALAN GATOT
SUBROTO KOTA MEDAN (Studi Kasus)

NO.	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	24/09 - 2020	<ul style="list-style-type: none">- perbaiki rumusan masalah- perbaiki / tambahkan batasan masalah- perbaiki manfaat penelitian- Tambahkan halaman- periksa penulisan rumus, dan typo	Cit
2.	09/10 - 2020	<ul style="list-style-type: none">- perbaiki penulisan sesuai dengan aturan penulisan Tapi: TC UMSU- perbaiki bab II- tambahkan tabel hasil analisa bab IV- perbaiki / tambahkan kesimpulan & saran.- langskopi daftar pustaka, tabel, gambar, dan dll.	Cit

Dosen Pembimbing II

(Citra Utami, ST, MT)

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : ALFRIDO TONDI SIMBOLON
 NPM : 1307210131
 PRODI/JURUSAN : TEKNIK/TEKNIK SIPIL
 JUDUL : EVALUASI DURASI LAMPU LALU LINTAS PADA
 PERSIMPANGAN JALAN RING ROAD-JALAN GATOT
 SUBROTO KOTA MEDAN (Studi Kasus)

NO.	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
3.	15/10 - 2020	- Tambahkan foto Level of service Lab I? - Tambahkan antara Lab I & II - Perbaiki kesimpulan no 2	
4.	21/10 - 2020	- Att Seminar	

Dosen Pembimbing II


 (Citra Utami, ST, MT)

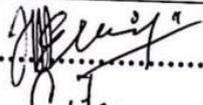
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2020 – 2021**

Peserta seminar

Nama : Alfrido Tondi Simbolon
 NPM : 1307210131
 Judul Tugas Akhir : Evaluasi Durasi Lampu Lalu Lintas Pada Persimpangan Jalan –
 Ring Road Jalan Gatot Subroto Kota Medan (Studi Kasus)

DAFTAR HADIR

TANDA TANGAN

Pembimbing – I : Hj.Irma Dewi.S.T.M.Si : 
 Pembimbing – II : Citra Utami.S.T.M.T : 
 Pembanding – I : Ir.Zurkiyah.M.T : 
 Pembanding – II : DR.Fahrizal Z.S.T.M.Sc : 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 16 Rab.Awal 1442 H
 02 Nopember 2020 M

Ketua Prodi. T.Sipil


 DR.Fahrizal Z.S.T.M.Sc

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Alfrido Tondi Simbolon
NPM : 1307210131
Judul T.Akhir : Evaluasi Durasi Lampu lalu Lintas Pada Persimpangan Jalan –
Ring Road Jalan Gatot Subroto Kota Medan (Studi Kasus)

Dosen Pembimbing – I : Hj.Irma Dewi.S.T.M.Si
Dosen Pembimbing –II : Citra Utami.S.T.M.T
Dosen Pemanding - I : Ir.Zurkiyah.M.T
Dosen Pemanding - II : DR.Fahrizal Z.S.T.M.Sc

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

- Perbaiki arah mata angin
- Tambah analisis Hg durasi lalu lintas lampu

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Acc telah diperbaiki
Jus 11/10/2020

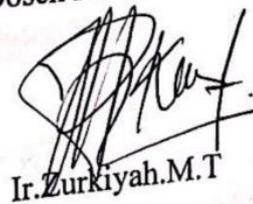
Medan 16 Rab.Awal1442H
02 Nopember 2020 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Sipil



DR.Fahrizal Z.S.T.M.Sc

Dosen Pemanding- I



Ir.Zurkiyah.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Alfrido Tondi Simbolon
NPM : 1307210131
Judul T.Akhir : Evaluasi Durasi Lampu Lalu Lintas Pada Persimpangan Jalan Ring Road Jalan Gatot Subroto Kota Medan (Studi Kasus)

Dosen Pembimbing – I : Hj.Irma Dewi.S.T.M.Si
Desen Pembimbing – II : Citra Utami.ST.M.T
Dosen Pembanding - I : Ir.Zurkiyah.M.T
Dosen Pembanding - II : DR.Fahrizal Z.T.M.Sc

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

.....
.....
.....
.....
.....

Medan 16 Rab.Awal1442H
02 Nopember 2020 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Sipil



DR.Fahrizal Z.S.T.M.Sc

Dosen Pembanding- II



DR.Fahrizal Z.S.T.M.Sc

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DAFTAR DIRI PESERTA

Nama Lengkap = ALFRIDO TONDI SIMBOLON
Panggilan = ALDO
Tempat/Tanggal Lahir = Palu, 30 Mei 1995
Jenis Kelamin = Laki-laki
Alamat = Jln.Pasar III Krakatau No.150/79
Agama = Katholik
Nama Orang Tua
Ayah = Rappael Simbolon
Ibu = Anita Runtulalo
No. HP = 081262472300
E-mail = alfridotondisimbolon95@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa = 1307210131
Fakultas = Teknik
Program Studi = Teknik Sipil
Perguruan Tinggi = Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi = Jln.Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No.	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat
1.	Sekolah Dasar	SD NEGERI 064966
2.	SMP	SMP NEGERI 27 MEDAN
3.	SMA	SMK NEGERI 5 MEDAN
4.	Melanjutkan Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2013	