

TUGAS AKHIR

ANALISA TINGKAT PELAYANAN SIMPANG EMPAT BERSINYAL PADA JL. MH. THAMRIN – JL. D.I. PANJAITAN DAN JL. SUTOYONO SISWOMIHARJO KOTA SIBOLGA

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

Disusun Oleh:

RAJA NAULI SIREGAR
1507210130



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Raja Nauli Siregar

NPM : 1507210130

Program Studi : Teknik Sipil

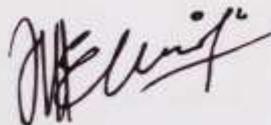
Judul Skripsi : Analisa Tingkat Pelayanan Simpang Empat Bersinyal Pada JL.
MH. Thamrin – JL. D.I. Panjaitan dan JL. Sutoyo Siswomiharjo
Kota Sibolga

Bidang Ilmu : Transportasi.

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada
Panitia Ujian

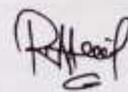
Medan, 10 Oktober 2022

Dosen Pembimbing I



Irma Dewi, ST, MSi.

Dosen Pembimbing II



Rizki Efrida, ST, MT.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Raja Nauli Siregar

NPM : 1507210130

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisa Tingkat Pelayanan Simpang Empat Bersinyal Pada JL.
MH. Thamrin – JL. D.I. Panjaitan dan JL. Sutoyo
Siswomiharjo Kota Sibolga

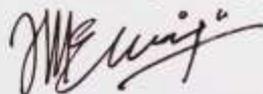
Bidang ilmu : Transportasi

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, 10 Oktober 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



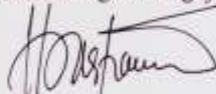
Irma Dewi, ST, MSi.

Dosen Pembimbing II / Penguji



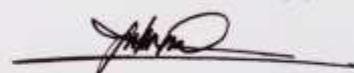
Rizki Efrida, ST, MT.

Dosen Pembanding I / Penguji



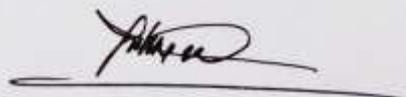
Ir. Sri Asfiati, MT.

Dosen Pembanding II/Penguji



Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

Program Studi Teknik Sipil
Ketua,



Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Raja Nauli Siregar

Tempat /Tanggal Lahir : Gunung Tua/25 Februari 1996

NPM : 1507210130

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

“Analisa Tingkat Pelayanan Simpang Empat Bersinyal Pada JL. MH. Thamrin – JL. D.I. Panjaitan dan JL. Sutoyo Siswomiharjo Kota Sibolga”.

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, 10 Oktober 2022

Saya yang menyatakan,




Raja Nauli Siregar

ABSTRAK

ANALISA TINGKAT PELAYANAN SIMPANG EMPAT BERSINYAL PADA JL. MH. THAMRIN – JL. D.I. PANJAITAN DAN JL. SUTOYONO SISWOMIHARJO KOTA SIBOLGA

Raja Nauli Siregar
1507210130
Irma Dewi, ST, MSi.
Rizki Efrida, ST, MT.

Transportasi mempunyai peranan penting dalam kehidupan masyarakat moderen dimana teknologi berkembang semakin pesat, juga laju pertumbuhan penduduk yang semakin tinggi sehingga mengakibatkan peningkatan kebutuhan masyarakat akan transportasi. Hal ini sangat berkaitan dengan jaringan dan permasalahan lalu lintas. Jalan sebagai salah satu prasarana perhubungan darat, mempunyai fungsi dasar yakni memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas seperti, aman dan nyaman kepada pemakai jalan. Pada penelitian ini penulis memilih persimpangan jl. MH. Thamrin (Barat) - jl. D. I. Panjaitan (Timur) dan jl. Sutoyo Siswomiharjo (Utara dan Selatan) Kota Sibolga untuk dijadikan lokasi penelitian, pemilihan lokasi didasari oleh antrian kendaraan dan kemacetan yang sering terjadi ketika jam-jam sibuk. Penelitian ini dilakukan pada hari Jum'at 01 Juli 2022 sampai dengan 07 Juli 2022. Yang dibagi menjadi 3 waktu penelitian yaitu pada tiap-tiap jam sibuk, pukul 08.00–09.00 WIB, pukul 13.00 –14.00 WIB, dan pukul 17.00–18.00 WIB. Data Penelitian yang diambil dibagi kedalam 2 kategori yaitu data primer dan data sekunder. Kapasitas persimpangan lokasi penelitian adalah 1405 skr/jam, Nilai derajat kejenuhan dari masing - masing lengan yang mana nilai tersebut tidak lebih besar dari nilai batas derajat kejenuhan menurut PKJI 2014 yaitu 0.85 maka lokasi penelitian termasuk simpang yang masih dikatakan layak. Nilai tundaan rata – rata seluruh simpang pada simpang lokasi penelitian didapat 64.6 detik/skr dengan *level of service* dari lokasi penelitian yang penulis teliti adalah LOS E atau rata-rata Kontrol *Delay* (detik/Kendaraan) > 50 - 80, dengan keterangan Arus tidak stabil

Kata kunci: Tingkat Pelayanan, Kinerja Lalu Lintas, Simpang APILL.

ABSTRACT

ANALYSIS OF SERVICE LEVEL OF SIMPANG FOUR SIGNAL ON JL. MH. THAMRIN – JL. IN. PANJAITAN AND JL. SUTOYONO SISWOMIHARJO SIBOLGA CITY

Raja Nauli Siregar
1507210130
Irma Dewi, ST, MSi.
Rizki Efrida, ST, MT.

Transportation has an important role in the life of modern society where technology is developing rapidly, as well as the increasing rate of population growth resulting in an increase in people's need for transportation. This is closely related to network and traffic problems. Roads as one of the land transportation infrastructures have a basic function, namely providing optimal services for traffic flows, such as being safe and comfortable for road users. In this study the authors chose the intersection of Jl. MH. Thamrin (West) - jl. IN. Panjaitan (East) and jl. Sutoyo Siswomiharjo (North and South) of Sibolga City to be used as a location, location selection is based on vehicle queues and congestion that often occurs when traffic jams. This research was conducted on Friday 01 July 2022 to 07 July 2022. Which is divided into 3 research times, namely at each peak hour, 08.00–09.00 WIB, 13.00-14.00 WIB, and 17.00-18.00 WIB. Research data taken into 2 categories, namely primary data and secondary data. The capacity of the intersection of the research location is 1405 cur/hour, the value of the degree of saturation of each arm which is not greater than the limit value of the degree of saturation according to the 2014 PKJI, which is 0.85, the research location includes an intersection which is still said to be feasible. The average delay value for all intersections at the research location obtained is 64.6 seconds / cur with the level of service from the research location the author examines is LOS E or the average Delay Control (seconds / Vehicle) > 50 - 80, with information Unstable flow

Keywords: Service Level, Traffic Performance, APILL Intersection.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah SWT Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT 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 “Analisa Tingkat Pelayanan Simpang Empat Bersinyal Pada JL. MH. Thamrin – JL. D.I. Panjaitan dan JL. Sutoyo Siswomiharjo Kota Sibolga” 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 menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Dosen Pembimbing I Ibu Irma Dewi, ST, MSi. yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Dosen Pembimbing II/Sekaligus Sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Ibu Rizki Efrida, ST, MT. yang juga telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Dosen Pembimbing I Ibu Sri Asfiati, MT. yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Dosen Pembimbing II/Sekaligus Sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil: Bapak Assoc Prof Dr Fahrizal Zulkarnain yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara: Bapak Munawar Alfansury Siregar ST, MT.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipil kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Teristimewah dan khusus orang tua penulis: Ayahanda Erwin Siregar, S.H, Ibunda Etyun Yuni Astuti, S.H, abang penulis: Gustap Edwin Suparlin Siregar, S.T, Yusuf Fajar Siregar, S.H, kakak penulis: Nancy Ramadhani Siregar, S.E dan adik penulis: Azhar Panca Gurda Siregar, S.P terima kasih untuk semua dukungan, do'a serta kasih sayang semangat penuh cinta yang tidak pernah ternilai harganya, yang selalu ada dalam segala permasalahan penulis dan telah bersusah payah membantu dan membiayai studi penulis.
9. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil beserta seluruh mahasiswa/i Teknik Sipil stambuk 2015 yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

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 teknik sipil khususnya transportasi.

Medan, Mei 2022



Raja Nauli Siregar

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
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
2.2 Sifat-Sifat Umum Persimpangan	6
2.2.1 Volume dan Kecepatan Rencana	6
2.2.2 Pengendalian Persimpangan	8
2.2.3 Konflik Lalu Lintas	12
2.3 Lebar dan Jumlah Lajur Pada Kaki Persimpangan	13
2.4 Persimpangan dengan lampu lalu lintas	14
2.4.1 Dasar Operasional Sinyal Lampu Lalu Lintas	15
2.5 Menetapkan Pengaturan Sinyal APILL	21
2.6 Penetapan Waktu Isyarat	23
2.7 Tipe Pendekatan	23
2.8 Menentukan Lebar Pendekatan Efektif (L_E)	23

2.9	Penetapan Waktu Siklus	24
2.10	Menghitung Waktu Hijau	25
2.11	Menghitung Derajat Kejenuhan	25
2.12	Menghitung Arus Jenuh Dasar (S_0)	26
2.13	Kapasitas Persimpangan Jalan	26
2.14	Prilaku Lalu Lintas	29
BAB 3 METODE PENELITIAN		
3.1	Alur Penelitian	33
3.2	Lokasi Penelitian	34
3.3	Maksud dan Tujuan Studi	34
3.4	Pengumpulan Data	34
3.4.1	Data Primer	35
3.4.2	Data Sekunder	39
3.5	Analisa Data	40
BAB 4 ANALISA DATA		
4.1	Deskripsi data	41
4.2	Data Volume Lalulintas	41
4.3	Analisa Data	43
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran	58
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Lebar Lajur Perkerasan	14
Tabel 2.2	Waktu antar hijau Indonesia	20
Tabel 2.3	Waktu Siklus Layan (PKJI, 2014)	25
Tabel 2.4	Tingkat Pelayanan	31
Tabel 3.1	Data Volume Lalulintas Jl. Sutoyo Siswomiharjo (Utara)	35
Tabel 3.2	Data Volume Lalulintas Jl. Sutoyo Siswomiharjo (Selatan)	36
Tabel 3.3	Data Volume Lalulintas Jl. D. I. Panjaitan (Timur)	36
Tabel 3.4	Data Volume Lalulintas Jl. MH. Thamrin (Barat)	37
Tabel 3.5	Data Sinyal Persimpangan Pada Simpang Lokasi Penelitian	38
Tabel 3.6	Data Jumlah Penduduk Kota Sibolga	39
Tabel 4.1	Data Lalulintas Setelah Pemfaktoran	42
Tabel 4.2	Lebar Efektif	43
Tabel 4.3	Nilai S untuk masing masing lengan simpang	45
Tabel 4.4	Nilai Waktu Siklus	45
Tabel 4.5	Nilai Waktu Hijau	47
Tabel 4.6	Kapasitas	48
Tabel 4.7	Nilai Derajat Kejenuhan	48
Tabel 4.8	Nilai Kendaraan Tertinggal Total (NQ)	49
Tabel 4.9	Nilai Panjang Antrian (PA)	52
Tabel 4.10	Nilai Tundaan Total	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Rambu Pengendali Persimpangan	10
Gambar 2.2	Konflik yang terjadi pada persimpangan (PKJI 2014)	13
Gambar 2.3	Model dasar diagram sinyal lalu lintas (PKJI 2014).	18
Gambar 2.4	Titik konflik kritis dan jarak (PKJI, 2014).	21
Gambar 2.5	Penentuan Tipe Pendekat (PKJI, 2014).	23
Gambar 2.6	Lebar Pendekat Dengan Pulau dan Tanpa Pulau Lalu Lintas (PKJI 2014)	24
Gambar 3.1	Bagan alir penelitian	33
Gambar 3.2	Denah Lokasi Penelitian	34
Gambar 4.1	Nilai NQ Maximum	51

DAFTAR NOTASI

APILL	= Alat Pemberi isyarat lalu lintas
C	= Kapasitas untuk lengan atau kelompok lajur i
c	= Waktu Siklus
HV	= Kendaraan Berat
LV	= Kendaraan Ringan
MC	= Sepeda Motor
UM	= Kendaraan Nonmotor
ekr	= Ekvivalen Kendaraan Ringan
L_e	= Lebar Efektif
S_o	= Arus Jenuh Dasar
S	= Arus Jenuh
Q	= Arus lalu-lintas
R	= Rasio Arus
R_f	= Rasio Fase
R_h	= Rasio Hijau
H_i	= Waktu Hijau
D_j	= Derajat Kejenuhan
PA	= Panjang Antrian
TL	= Tundaan Lalulintas
T_g	= Tundaan Geometris
T_i	= Tundaan Rata-Rata
NQ_1	= Jumlah smp yang tertinggal
NQ_2	= Jumlah smp yang datang
LOS	= <i>Level Of Service</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi mempunyai peranan penting dalam kehidupan masyarakat moderen dimana teknologi berkembang semakin pesat, juga laju pertumbuhan penduduk yang semakin tinggi sehingga mengakibatkan peningkatan kebutuhan masyarakat akan transportasi. Hal ini sangat berkaitan dengan jaringan dan permasalahan lalu lintas. Jalan sebagai salah satu prasarana perhubungan darat, mempunyai fungsi dasar yakni memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas seperti, aman dan nyaman kepada pemakai jalan.

Perkembangan teknologi menimbulkan perkembangan dalam berbagai sector kehidupan manusia. Salah satu sektor yang berkembang adalah sektor transportasi, yang didalamnya termasuk angkutan darat. Peningkatan penggunaan kendaraan dikarenakan adanya peningkatan taraf hidup dan pendapatan masyarakat. Meningkatnya jumlah kendaraan yang ada harus diikuti dengan penyediaan jaringan Jalan yang memadai sehingga tidak menimbulkan gangguan transportasi.

Gangguan transportasi itu dapat berupa kemacetan pada ruas jalan termasuk pada persimpangan jalan terutama pada saat jam puncak/jam sibuk. Persimpangan jalan adalah daerah umum dimana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu-lintas didalamnya (Khisty,2003). Persimpangan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari sebuah sistem jalan. Persimpangan ini juga berfungsi sebagai penentu pelayanan fasilitas transportasi dan arus lalu-lintas. Jika desain persimpangan itu memadai maka arus lalu-lintas akan lancar dan pelayanan transportasi juga akan lancar, jika desain persimpangan tidak lagi memadai maka arus lalu-lintas dan pelayanan transportasi juga tidak akan baik

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan yang telah diuraikan dilatar belakang masalah ada beberapa hal yang menjadi pokok permasalahan yang akan dianalisa dalam penelitian ini, adalah:

1. Bagaimana tingkat Kinerja Persimpangan pada simpang empat jl. MH. Thamrin - jl. D. I. Panjaitan dan jl. Sutoyo Siswomiharjo Kota Sibolga?
2. Bagaimana tundaan rata – rata seluruh simpang pada simpang empat empat jl. MH. Thamrin - jl. D. I. Panjaitan dan jl. Sutoyo Siswomiharjo Kota Sibolga Kota Sibolga?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk menghindari penyimpangan pembahasan topik yang diambil, maka penulisan ini memiliki beberapa batasan masalah yaitu:

1. Penelitian dilakukan pada simpang empat jl. MH. Thamrin - jl. D. I. Panjaitan dan jl. Sutoyo Siswomiharjo Kota Sibolga.
2. Volume lalu lintas diambil pada jam jam–jam sibuk masing–masing lengan percabangan yaitu:
 - a. Pagi hari pukul 07.00 WIB – 09.00 WIB
 - b. Siang hari pukul 12.00 WIB – 14.00 WIB
 - c. Sore hari pukul 16.00 WIB – 18.00 WIB
3. Metode analisis menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2014).
4. Klasifikasi arus lalu-lintas yang ditinjau meliputi kendaraan ringan (LV) seperti mobil penumpang, pick up dan truk ringan; kendaraan berat (HV) seperti bus sedang/besar, dan truk besar; sepeda motor (MC); dan kendaraan tidak bermotor (UM) seperti becak dan sepeda.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini dapat memberikan pemahaman sebagai berikut:

1. Mengetahui Kinerja Persimpangan pada simpang empat jl. MH. Thamrin - jl. D. I. Panjaitan dan jl. Sutoyo Siswomiharjo Kota Sibolga
2. Mengetahui tundaan rata – rata seluruh simpang pada simpang empat jl. MH. Thamrin - jl. D. I. Panjaitan dan jl. Sutoyo Siswomiharjo Kota Sibolga

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Dapat dijadikan sebagai bahan referensi dalam proyek terkait.
2. Bagi peneliti sebagai ilmu pengetahuan, dan pedoman dalam analisa terkait.
3. Bagi rekan rekan mahasiswa mungkin dapat dijadikan sebagai referensi tambahan dalam menyusun tugas akhir.

1.6 Sistematika penulisan

Untuk memperjelas tahapan yang dilakukan dalam studi ini, dalam penulisan tugas akhir ini dikelompokkan ke dalam 5 (lima) bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan studi kasus, manfaat studi kasus dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini meliputi pengambilan teori dan beberapa sumber bacaan dan narasumber yang mendukung analisa permasalahan yang berkaitan dengan tugas akhir ini.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini membahas tentang pendeskripsian dan langkah-langkah yang akan dilakukan. Cara memperoleh data-data yang relevan dengan studi kasus yang berisikan objek, alat-alat, tahapan dan kebutuhan data.

BAB 4 ANALISA DATA

Bab ini membahas tentang proses pengolahan data, penyajian data dan hasil data.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan logis berdasarkan analisa data, temuan dan bukti yang disajikan sebelumnya yang menjadi dasar untuk menyusun suatu saran sebagai suatu usulan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Persimpangan

Persimpangan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari semua sistem jalan. Ketika berkendara didalam kota, orang dapat melihat bahwa kebanyakan jalan didaerah perkotaan biasanya memiliki persimpangan, dimana pengemudi dapat memutuskan untuk jalan terus atau membelok dan pindah jalan. Persimpangan jalan dapat didefinisikan sebagai daerah umum di mana dua jalan atau lebih bergabung atau persimpangan termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu-lintas didalamnya (AASHTO, 2001). Persimpangan menurut Sony S Wibowo (1997) adalah Lokasi atau daerah dimana dua atau lebih jalan, bergabung, berpotongan, atau bersilang. Pengertian lain dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), adalah Dua buah ruas jalan atau lebih yang saling bertemu, saling berpotongan atau bersilangan disebut dengan persimpangan (*intersection*).

Karena persimpangan harus dimanfaatkan bersama-sama oleh setiap orang yang ingin menggunakannya, maka persimpangan tersebut harus dirancang dengan hati-hati, dengan mempertimbangkan efisiensi, keselamatan, kecepatan, biaya operasi, dan kapasitas. Pergerakan lalu-lintas yang terjadi dan urutan-urutannya dapat ditangani dengan berbagai cara, tergantung pada jenis persimpangan yang dibutuhkan (AASHTO, 2001).

Tujuan pembuatan persimpangan adalah mengurangi potensi konflik di antara kendaraan (termasuk pejalan kaki) dan sekaligus menyediakan kenyamanan maksimum dan kemudahan pergerakan bagi kendaraan atau dengan kata lain untuk mengatasi konflik-konflik potensial antara kendaraan bermotor, pejalan kaki, sepeda dan fasilitas angkutan lainnya agar pada saat melewati persimpangan didapatkan tingkat kemudahan dan kenyamanan.

Secara umum terdapat tiga jenis persimpangan, yaitu: persimpangan sebidang, pembagian jalur jalan tanpa ramp, dan *interchange* (simpang susun). Persimpangan sebidang (*intersection at grade*) adalah persimpangan di mana dua

jalan raya atau lebih bergabung, dengan tiap jalan raya mengarah keluar dari sebuah persimpangan dan membentuk bagian darinya. Persimpangan tidak sebidang adalah suatu bentuk khusus dari pertemuan jalan yang bertujuan untuk mengurangi titik konflik atau bahaya belok kanan yang menghambat lalu-lintas dan lain-lain, perencanaan persimpangan ini memerlukan lahan yang luas yang cukup besar dan perencanaan yang cukup teliti untuk mendapatkan hasil yang maksimal..

Ada empat elemen dasar yang umumnya dipertimbangkan dalam merancang persimpangan sebidang :

1. Faktor manusia, seperti kebiasaan mengemudi, dan waktu pengambilan keputusan dan waktu reaksi
2. Pertimbangan lalu-lintas, seperti kapasitas dan pergerakan membelok, kecepatan kendaraan, dan ukuran serta penyebaran kendaraan
3. Elemen-elemen fisik, seperti karakteristik dan penggunaan dua fasilitas yang saling berdampingan, jarak pandang dan fitur-fitur geometris
4. Faktor ekonomi, seperti biaya dan manfaat, dan konsumsi energi

Khusus untuk interchange, jenis dan desainnya dipengaruhi oleh banyak faktor seperti klasifikasi jalan raya, karakter dan komposisi lalu-lintas, kecepatan desain, dan tingkat pengendalian akses. Interchange merupakan fasilitas yang mahal, dan karena begitu bervariasinya kondisi lokasi, volume lalu-lintas, dan tata letak interchange, hal-hal yang menentukan dibuatnya interchange bisa berbeda-beda di tiap lokasi.

2.2 Sifat-Sifat Umum Persimpangan

2.2.1 Volume dan Kecepatan Rencana

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan (atau mobil penumpang) yang melalui suatu titik tiap satuan waktu. Manfaat data (informasi) volume adalah:

1. Nilai kepentingan relative suatu rute
2. Fluktasi dalam arus
3. Distribusi lalu-lintas dalam sebuah sistem jalan
4. Kecenderungan pemakai jalan

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

Volume lalu lintas mempunyai nama khusus berdasarkan bagaimana data tersebut diperoleh yaitu:

1. ADT (average daily traffic) atau dikenal juga sebagai LHR (lalu lintas harian rata-rata) yaitu total volume lalu lintas rata-rata harian berdasarkan pengumpulan data selama X hari, dengan ketentuan $1 < X < 365$.
2. AADT (average annual daily traffic) atau dikenal juga dengan LHTR (lalu lintas harian rata-rata tahunan), yaitu total volume rata-rata harian (seperti ADT), akan tetapi pengumpulan datanya harus > 365 hari.
3. AAWT (average annual weakly traffic) yaitu volume rata-rata harian selama hari kerja berdasarkan pengumpulan data > 365 hari. Sehingga AAWT dapat dihitung sebagai jumlah volume pengamatan selama hari kerja dibagi dengan jumlah hari kerja selama pengumpulan data.
4. Maximum annual hourly volume adalah tiap jalan yang terbesar untuk suatu tahun tertentu.
5. 30 HV (30th highest annual hourly volume) atau disebut juga sebagai DHV (design hourly volume), yaitu volume lalu lintas tiap jam yang dipakai sebagai volume desain. Dalam setahun, besarnya volume ini akan dilampaui oleh 29 data.
6. Rate of flow atau flow rate adalah volume yang diperoleh dari pengamatan yang lebih kecil dari satu jam, akan tetapi kemudian dikonversikan menjadi volume 1 jam secara linear.
7. Peak hour factor (PHF) adalah perbandingan volume satu jam penuh dengan puncak dari flow rate pada jam tersebut.

Pada prinsipnya sebuah persimpangan akan dirancang untuk menyediakan lalu lintas pada volume jam perencanaan dari jalan yang saling bersilangan. Kecepatan rencana adalah besar kecepatan yang direncanakan pada saat mendekati persimpangan (kaki persimpangan).

Terdapat dua kecepatan rencana yaitu:

1. Dengan tanda Stop, berarti mempunyai kecepatan rencana < 15 Km/Jam.
 2. Tanpa tanda Stop, berarti mempunyai kecepatan rencana >20 Km/Jam
- Pemilihan kecepatan rencana dilakukan dengan memperhatikan faktor-faktor antara lain, tipe serta fungsi pertemuan, sifat serta keadaan lalu lintas dan sifat daerah.

Untuk kondisi dimana kesulitan keadaan topografi untuk jalan yang direncanakan kecepatan tinggi, kecepatan rencana pada persimpangan dapat dikurangi sehingga tidak lebih dari 20Km/Jam.

2.2.2 Pengendalian Persimpangan

Tujuan pengendalian persimpangan (Control Intersection) dimaksudkan untuk memanfaatkan sepenuhnya kapasitas persimpangan, mengurangi dan menghindari terjadinya kecelakaan dengan mengurangi jumlah konflik serta melindungi jalan utama dari gangguan sehingga hirarki jalan tetap terjamin. Terdapat paling tidak enam cara utama mengendalikan lalu lintas persimpangan, bergantung pada jenis persimpangan dan volume lalu lintas pada tiap aliran kendaraan.

Berdasarkan urutan tingkat pengendalian, dari kecil ke tinggi, di persimpangan, keenamnya adalah: tanpa kendali, kanalisasi, rambu pengendali kecepatan atau rambu henti, bundaran dan lampu lalu lintas. MUTCD memberikan petunjuk mengenai penggunaan jenis pengendali persimpangan, dalam bentuk ketentuan

A. Rambu berhenti

Rambu berhenti harus ditempatkan pada suatu persimpangan pada kondisi-kondisi:

1. Persimpangan antara suatu jalan yang relatif kurang penting dengan jalan utama, dimana penerapan aturan daerah-milik-jalan yang normal bisa berbahaya.
2. Persimpangan antara jalan-jalan luar kota dan perkotaan dengan jalan raya.
3. Jalan yang memasuki suatu jalan atau jalan raya yang tembus.
4. Persimpangan tanpa lalu lintas di suatu daerah.

5. Persimpangan tanpa lampu lintas dimana kombinasi antara kecepatan tinggi, pandangan terbatas, dan banyaknya kecelakaan serius mengindikasikan adanya kebutuhan akan pengendalian oleh rambu berhenti.

B. Rambu pengendalian kecepatan

Rambu ini umumnya ditempatkan:

1. Pada suatu jalan minor di titik masuk menuju persimpangan ketika perlu memberikan hak jalan ke jalan utama, namun di mana kondisi berhenti tidak diperlukan setiap saat, dan di mana kecepatan datang yang aman di jalan minor melebihi 10 mil per-jam.
2. Pada pintu masuk ke jalan ekspress, dimana lajur khusus untuk percepatan tidak ada.
3. Di mana terdapat suatu lajur belok-kanan yang terpisah atau kanalisasi, namun tanpa adanya lajur percepatan yang memadai
4. Di semua persimpangan, dimana masalah lalu lintas dapat ditanggulangi dengan mudah dengan pemasangan rambu pengatur kecepatan
5. Di suatu persimpangan dengan jalan raya yang terbagi, di mana rambu berhenti terletak di pintu masuk menuju jalan yang pertama, dan pengendalian selanjutnya diperlukan pada pintu masuk menuju jalan yang kedua

C. Kanalisasi dipersimpangan (*Channelization*)

Kanalisasi adalah proses pemisahan atau pengaturan terhadap aliran kendaraan yang saling konflik ke dalam rute-rute jalan yang jelas dengan menempatkan beton pemisah atau rambu perkerasan untuk menciptakan pergerakan yang aman dan teratur bagi kendaraan dan pejalan kaki. Kanalisasi yang benar dapat meningkatkan kapasitas, menyempurnakan keamanan, memberikan kenyamanan penuh, dan juga menaikkan kepercayaan pengemudi. Kanalisasi sering kali digunakan bersama dengan rambu berhenti atau rambu pengatur kecepatan atau pada persimpangan dengan lampu lalu lintas.

D. Bundaran (*Rotary*) dan Perputaran (*Roundabout*)

Bundaran dan perputaran adalah persimpangan kanalisasi yang terdiri dari sebuah lingkaran pusat yang dikelilingi oleh jalan satu arah. Perbedaan mendasar antara bundaran dan perputaran adalah bahwa bundaran umumnya menggunakan lampu lalu lintas sedangkan perputaran tidak. Umumnya, dalam kasus perputaran, lalu lintas yang masuk mengikuti arah lalu lintas yang ada disitu.

Perputaran umumnya mempunyai tingkat keselamatan yang baik dan kendaraan tidak harus berhenti saat volume lalu lintas rendah. Perputaran yang didesain dengan baik seharusnya dapat membelokkan kendaraan yang melalui persimpangan dengan menggunakan pulau pusat (*central island*) yang cukup besar, pulau di dekat persimpangan yang desainnya layak dan meliukkan alinyemen keluar dan alinyemen masuk.

E. Persimpangan tanpa rambu

Apabila sebuah persimpangan tidak memiliki peranti pengatur lalu lintas, pengemudi kendaraan yang menuju persimpangan tersebut harus dapat mengamati keadaan agar dapat mengatur kecepatan yang diperlukan sebelum mencapai persimpangan. Waktu yang diperlukan untuk memperlambat kendaraan adalah waktu persepsi reaksi pengemudi dan dapat diasumsikan sebesar 2 detik. Selain itu, pengemudi harus memulai menginjak rem pada jarak tertentu dari persimpangan. Jarak yang dimaksudkan, dimana pengemudi dapat melihat kendaraan lain datang mendekati persimpangan, adalah jarak yang ditempuh selama 2 detik untuk persepsi dan reaksi, ditambah 1 detik lagi untuk mulai menginjak rem atau untuk mempercepat laju hingga laju hingga mencapai kecepatan yang diinginkan.

F. Pengaturan dengan lampu lalu lintas

Satu metode yang paling penting dan efektif untuk mengatur lalu lintas di persimpangan adalah dengan menggunakan lampu lalu lintas. Lampu lalu lintas adalah sebuah alat elektrik (dengan sistem pengatur waktu) yang memberikan hak jalan pada satu arus lalu lintas sehingga aliran lalu lintas ini bisa melewati persimpangan dengan aman dan efisien. Lampu lalu lintas sesuai untuk:

1. Penundaaan berlebihan pada rambu berhenti dan rambu pengendali kecepatan.
2. Masalah yang timbul akibat tikungan jalan.
3. Tabrakan sudut dan sisi.
4. Kecelakaan pejalan kaki.

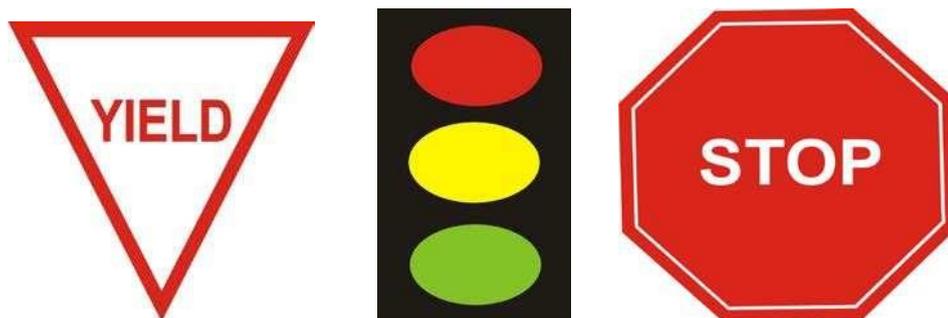
Instansi lampu lalu lintas terdiri dari tampilan–tampilan warna lampu. Instalasi ini juga dapat meliputi berbagai peralatan pendeteksi kendaraan atau bebarapa bentuk peralatan lainnya yang dapat diaktifkan sesuai dengan kebutuhan (seperti tombol untuk pejalan kaki yang hendak menyeberangi jalan).

Warna yang ditampilkan lampu lalu lintas ketika menyala ada beberapa, dimana masing- masing mengendalikan satu aliran lalu lintas atau lebih yang tiba dari arah yang sama. Kepala lampu lalu lintas terdiri dari satu muka lalu lintas atau lebih, yang dapat ditempatkan di sebuah tiang atau digantung pada kabel.

Warna yang menyala pada lampu lalu lintas dibedakan dengan warna, bentuk dan kontinuitasnya. Ada tiga warna yang digunakan: (1) hijau, untuk memberikan hak jalan kepada satu atau kombinasi aliran lalu lintas; (2) merah, untuk melarang pergerakan atau mengharuskan untuk berhenti; (3) kuning, untuk mengatur pemindahan hak jalan dari sekelompok aliran lalu lintas kepada kelompok lainnya atau untuk memberikan peringatan. Apabila terdapat lampu lalu lintas khusus untuk pejalan kaki, biasanya berbentuk pesan tulisan atau logo yang berpendar. Nyala lampu lalu lintas bisa konstan atau berkedip-kedip.

Pengendali lampu lalu lintas adalah piranti eletromekanis atau elektronis yang mengatur panjang dan urutan nyala lampu pada persimpangan. Pengendali yang waktunya sudah diset terlebih dahulu beroperasi dengan lama waktu yang tetap yang dialokasikan untuk pergerakan lalu lintas tertentu dalam urutan yang tetap penetapan waktu dilakukan berdasarkan pengamatan pola arus di persimpangan tersebut. Pengendali sesuai lalu lintas dibuat untuk menerima informasi mengenai pola arus lalu lintas dari berbagai alat pengukur dalam interval waktu yang telah diatur sebelumnya. Informasi ini digunakan untuk memilih satu dari beberapa skema waktu yang disimpan di dalam memori alat pengendali.

Contoh rambu pengendali lalu-lintas pada persimpangan dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini:



Gambar 2.1: Rambu pengendali persimpangan.

Pada kondisi dimana kecepatan rencana ditetapkan 60 km/jam maka *type stop control* tidak dapat digunakan. Di dalam menetapkan pemilihan macam teknik pengendalian yang digunakan pada persimpangan ditentukan oleh faktor-faktor: keamanan, waktu menunggu dan pengurangan kapasitas.

2.2.3 Konflik Lalu Lintas

Suatu perempatan jalan yang umum dengan jalur tunggal dan jalan keluar ditunjukkan pada gambar 7.6. dari diagram dapat diketahui tempat-tempat yang sering terjadi konflik dan tabrakan kendaraan. Jumlah konflik yang terjadi setiap jamnya pada masing-masing pertemuan jalan dapat langsung diketahui dengan cara mengukur volume aliran untuk seluruh gerakan kendaraan. Masing-masing titik berkemungkinan menjadi tempat terjadinya kecelakaan dan tingkat keparahan kecelakaannya berkaitan dengan kecepatan relatif suatu kendaraan. Apabila ada pejalan kaki yang menyeberang jalan pertemuan jalan tersebut, konflik langsung kendaraan dan pejalan kaki akan meningkatkan frekuensinya sekali lagi tergantung pada jumlah dan arah aliran kendaraan dan pejalan kaki. Pada saat pejalan kaki menyeberang jalur pendekatan, 24 titik konflik kendaraan /pejalan kaki terjadi pada pertemuan jalan tersebut, dengan mengabaikan gerakan diagonal yang dilakukan oleh pejalan kaki.

Terdapat 4 macam konflik lalu-lintas yang dapat terjadi antara lain:

1. Konflik Primer (*Divergen conflic*)

Yaitu titik pada lintasan dimana mulai memisahkan menjadi dua lintasan.

2. Konflik Sekunder (*Mergin Conflic*)

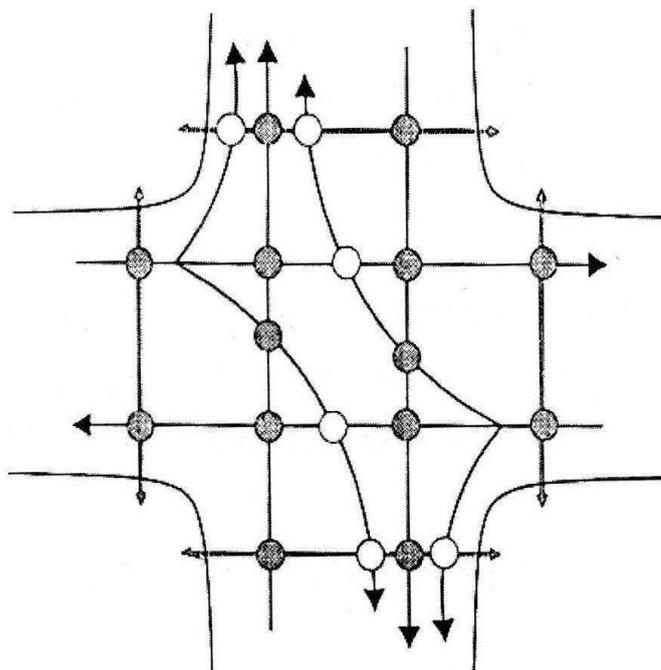
Yaitu titik pertemuan dua lintasan dari dua arah yang berlainan menjadi satu lintasan yang sama.

3. Arus kendaraan (*Through Flow Conflic*)

Yaitu perpotongan dua lintasan lurus yang saling tegak lurus.

4. Arus pejalan kaki (*Turning Flow Conflic*)

Yaitu titik perpotongan antara lintasan lurus dengan lintasan membelok dan yang saling membelok.



Gambar 2.2: Konflik yang terjadi pada persimpangan (PKJI 2014).

2.3 Lebar dan jumlah lajur pada kaki persimpangan

Lebar lajur pada lalu-lintas menerus dapat dikurangi dalam kondisi dimana terdapat lajur tambahan pada persimpangan. Lebar minimum lajur tambahan adalah 3.0 m, untuk kondisi dimana kemungkinan ruang dan karakteristik lalu lintasnya, maka lebar tersebut dapat dirubah seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2.1: Lebar Lajur Perkerasan

No.	Kelas Jalan	Lebar Lajur Dibagian Tangen	Lebar Lajur Menerus
1.	I	3.5	3.25 & 3.00
2.	II	3.25	3.00 & 2.75
3.	III	3.25 & 3.00	3.00 & 2.75
4.	IV	2.75	2.75

Pada kaki persimpangan jumlah lajur dapat lebih banyak daripada bagian tangen, penambahan ini dimaksudkan untuk menampung arus lalu-lintas yang akan melewati persimpangan sehingga tidak menimbulkan antrian yang panjang pada tangen.

Penambahan jumlah lajur harus memperhatikan bahwa jumlah lajur menerus harus sama antara jumlah lajur keluar dan lajur masuk serta berada pada sumbu jalan yang menerus. Hal ini dimaksudkan untuk tidak menimbulkan adanya penyempitan yang dapat mengurangi kapasitas persimpangan.

2.4 Persimpangan dengan lampu lalu lintas

Bagian yang kompleks dalam sistem lalu lintas adalah persimpangan dengan pengaturan sinyal lampu lalu lintas. Persimpangan dengan pengaturan sinyal lampu lalu lintas bila akan dianalisa perhitungannya melibatkan variasi yang luas dari kondisi- kondisi yang menentukan, meliputi jumlah dan distribusi pergerakan lalu-lintas, karakteristik, dan detail dan sistem lampu lalu lintas dipersimpangan.

Dalam konsep kapasitas, suatu elemen yang penting dipertimbangkan adalah alokasi waktu dimana kendaraan yang akan bergerak akan melewati suatu persimpangan bersinyal memberikan rasa aman bagi si pengemudi. Pada dasarnya sinyal lampu lalu lintas mengalokasikan waktu pada setiap pergerakan kendaraan yang mengalami konflik, untuk memberikan ruang yang sama bagi setiap pergerakan kendaraan yang mengalami konflik untuk memberikan ruang yang sama bagi setiap pergerakan. Kapasitas persimpangan yang diatur sinyal lalu

lintas, selain hal tersebut diatas juga dipengaruhi bagaimana cara pergerakan yang direncanakan didalam urutan fase. Dalam penyusunan fase gerakan membelok dapat dibuat untuk gerakan membelok terlindungi dan gerakan membelok terlawan.

Konflik antara arus pejalan kaki atau arus kendaraan dengan arus kendaraan yang membelok merupakan kejadian membelok terlawan, sedangkan gerakan membelok terlindungi terjadi bila dalam penyusunan fase tidak terjadi konflik dengan arus pejalan kaki atau kendaraan lain. Penggunaan fase terlawan dan terlindungi memberikan efisiensi yang lebih baik dalam suatu kondisi tertentu yang tergantung pada volume membelok dan volume arus dari arah berlawanan dan geometrik persimpangan.

2.4.1 Dasar Operasional Sinyal Lampu Lalu lintas

Untuk dapat memahami cara pengaturan lampu lalu lintas waktu tetap, perlu dijelaskan pengertian beberapa istilah yang dipakai. Istilah tersebut akan dijelaskan berdasarkan *highway capacity manual (1985)* berikut ini:

1. Waktu putar (*Cycle time*)

Jumlah waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan satu putaran (dalam detik) , mulai lampu hijau kembali ke hijau lagi.

2. Fase (*Phase*)

Suatu bagian dari suatu putaran yang diberikan pada suatu kombinasi pergerakan lalu lintas yang memberikan hak untuk bergerak (*right of way*) selama satu interval atau lebih

3. Waktu semua merah (*All Red*)

Suatu waktu (dalam detik) yang pada saat itu lampu-lampu lalu lintas pada kaki persimpangan yang bersangkutan menunjukkan nyala lampu merah. Pada umumnya lampu semua merah hanya diberikan pada akhir satu putaran (sebelum Bergeraknya kendaraan pada fase dengan volume tinggi). Jika terdapat lebih dari satu fase yang memiliki volume yang tinggi maka waktu semua merah dapat diberikan sebelum fase yang bersangkutan.

4. Peralihan (*Change Periode*)

Waktu kuning ditambah waktu semua merah, waktu peralihan terjadi diantara

dua fase yang berurutan dan berfungsi untuk menyediakan *clearance* sebelum gerakan dari fase berikutnya diloloskan.

5. Waktu hilang (*Change Periode*)

Waktu selama persimpangan tidak digunakan secara efektif oleh suatu gerakan. Waktu ini terjadi selama terjadinya kekosongan di persimpangan pada waktu peralihan dan pada awal tiap fase akibat beberapa kendaraan dalam antrian mengalami kelambatan awal (*Starting Delay*).

6. Waktu hijau (*Green Time*)

Waktu pada suatu fase (dalam detik), yang selama itu lampu hijau menyala.

7. Waktu Hijau Efektif (*Effective Green Time*)

Suatu waktu (dalam detik) selama fase tertentu yang dapat dipergunakan secara efektif oleh gerakan yang diperkenankan atau sama dengan waktu ditambah waktu peralihan dikurangi waktu hilang pada fase yang bersangkutan.

8. Waktu Merah Efektif (*Effective Red Time*)

Suatu waktu (dalam detik) selama satu atau sekumpulan gerakan secara efektif tidak diperkenankan bergerak. Waktu merah efektif merupakan selisih antara waktu putar dengan waktu hijau efektif.

Kerangka kerja dasar operasional sinyal lampu lalu lintas dikembangkan oleh Webster adalah dengan konsep fase yang merupakan dasar pertimbangan dalam mengalokasikan waktu bagi pergerakan pada persimpangan bersinyal. Konsep tersebut merupakan cara tradisional yang mana parameter-parameter pengontrolnya ditentukan untuk fase-fase dan dilaksanakan untuk semua pergerakan (*all movement*) yang memperoleh hak berjalan dalam satu fase. Konsep fase tersebut bertujuan untuk meminimumkan jumlah fase dengan anggapan bahwa waktu hilang total akan berkurangnya jumlah fase.

Parameter-parameter pengontrol yang menentukan dalam operasional sinyal lampu lalu-lintas pada metode tersebut adalah arus jenuh (*saturation flow*), waktu hijau efektif (*effective green time*), waktu hilang (*lost time*), perbandingan arus (*flow ratio*) dan derajat kejenuhan (*degrees of saturation*). Parameter-parameter tersebut berlaku juga pada konsep pergerakan yang dikenal oleh Akcelik. Dalam

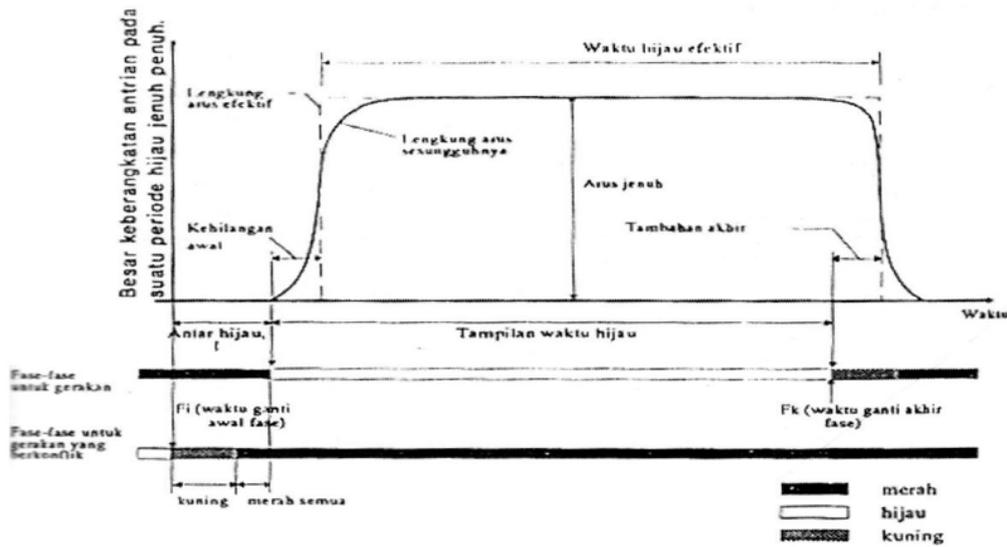
menentukan parameter- parameter tersebut ditentukan untuk pergerakan-pergerakan yang bertujuan untuk memaksimalkan jumlah pergerakan.

Hal tersebut memungkinkan untuk menentukan parameter-parameter apabila terdapat kelebihan pergerakan (*overlap movement*) yang terdapat satu fase, namun akan mengurangi total waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi kapasitas dari semua pergerakan pada persimpangan.

Dengan konsep pergerakan tersebut maka untuk mengidentifikasi kepada seluruh pergerakan pada setiap fase. Konsep pergerakan memungkinkan untuk mengidentifikasi pergerakan kritis (*critical movement*) yakni dengan membandingkan waktu pergerakan (*movement time*) diantara pergerakan pada satu fase yang disebut metode identifikasi pergerakan kritis (*identification critical movement methode*). Metode perbandingan arus yang diperkenalkan oleh Webster beranggapan bahwa waktu hilang untuk seluruh pergerakan adalah sama dalam satu bila tidak terjadi pergerakan yang lebih dalam satu fase berikutnya. Namun untuk pergerakan membelok terlawan (*opposed movement*) pada dasarnya akan mungkin terjadi waktu hilang yang berbeda.

Pergerakan dari suatu pendekat (*approach*) jalan harus digambarkan sedemikian rupa sehingga pergerakan tersebut memiliki suatu karakteristik keadaan tersendiri yang menyatakan arus jenuh (*saturation flow*), waktu hijau efektif (*effective green time*) dan waktu hilang (*lost time*) dari pergerakan tersebut. Dari sini waktu yang dialokasikan kepadanya untuk mencapai kapasitas jalan merupakan kelompok lajur (*lane group*).

Karakteristik pergerakan tersebut juga merupakan konsep yang telah berkembang sebelumnya yakni pada metode Webster yang digambarkan pada gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.3: Model dasar diagram sinyal lalu lintas (PKJI 2014).

Arus jenuh (*saturation flow*) dalam gambar 2.5 diatas, mengamsumsikan bahwa ketika lampu mulai menyala hijau arus lalu lintas bergerak melewati garis berhenti (*stop line*) secara meningkat untuk mencapai arus lalu lintas yang konstan selama waktu hijau hingga pada akhir waktu hijau. Pengertian tersebut dapat diperoleh pada setiap metode penentuan arus lalu-lintas jenuh yang dapat dipakai sebagai acuan seperti pada Manual Kapasitas Jalan.

Waktu hilang (*lost time*) pada metode Akcelik memberikan pengertian waktu hilang untuk pergerakan (*movement lost tome*) . Sedangkan pada konsep fase memberikan pengertian waktu hilang fase (*phase lost time*). Waktu hilang pergerakan dan waktu hilang fase tidak memberikan perbedaan nilai total waktu hilang pada persimpangan. Namun dalam analisa waktu hilang pada konsep pergerakan memberikan selang waktu diantara permulaan waktu menyala hijau aktual dan permulaan waktu hijau efektif (*effective green time*) yang disebut kehilangan awal (*start lost*). Atau pada konsep fase kehilangan waktu awal (*start lost*) merupakan keterlambatan awal bergerak (*lost time due to start*) dan tidak ada penambahan waktu antar hijau (*intergreen*) sebagaimana yang terdapat pada konsep pergerakan. Penjumlahan dari waktu antar hijau dan kehilangan waktu yang masih dapat dimanfaatkan kendaraan pada saat akhir waktu kuning (*amber*) untuk melintasi persimpangan. Sedangkan pada konsep fase memberikan

pengertian yang lain tentang hal tersebut, dimana akhir pada pergantian warna merah (*red*) akan terjadi kehilangan waktu kuning (*amber*). Dengan persamaan matematis waktu hilang pada konsep pergerakan dapat ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$H_H = k + m \quad (2.1)$$

dimana:

H_H = waktu hilang (detik)

k = waktu kuning (detik)

m = waktu merah semua (detik)

Waktu hilang total pada persimpangan merupakan jumlah seluruh waktu hilang pada setiap lengan simpang yang dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$L = \sum H_H \quad (2.2)$$

Waktu antar hijau (*intergreen time*) adalah waktu yang diperlukan untuk pergantian antara waktu hijau pada setiap satu fase awal ke fase awal berikutnya, waktu yang diperuntukkan pada periode ini adalah selama 4-5 detik. Atau dimana waktu semua sinyal beberapa saat tetap sebelum pergantian sinyal berikutnya yang disebut antara (*interval*) dan pertukaran tersebut selama waktu kuning (*amber*) dan merah semua (*all red*) yang disebut pertukaran antara (*charge interval*). Waktu tersebut terdiri atas waktu kuning selama 3 detik dan waktu merah/kuning selama 1-2 detik. Waktu merah/kuning dapat juga disamakan dengan waktu merah pada sistem Amerika Serikat yang juga dipergunakan di Indonesia. Waktu merah semua ini dipergunakan untuk membersihkan daerah persimpangan sebelum pergerakan fase berikutnya. Lama waktu antar hijau bergantung pada ukuran lebar persimpangan dan kecepatan kendaraan, Akcelik merekomendasikan waktu tersebut antara 4-8 detik. Di Indonesia waktu antara hijau dialokasikan sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2: Waktu antar hijau Indonesia.

Ukuran Simpang	Lebar Jalan(m)	Waktu Antar Hijau
Kecil	6-9	4 detik/fase
Sedang	10-14	5 detik/fase
Besar	≥ 15	≥ 6 detik/fase

Waktu hijau (*green time*) adalah waktu aktual dari suatu fase hijau yang mana pada waktu tersebut lalu lintas mendapat hak jalan melintasi persimpangan. Pengertian tersebut merupakan pengertian umum untuk semua metode perancangan sinyal lalu-lintas.

Waktu hijau efektif (*effective green time*) dihitung berdasarkan :

1. Pada waktu lampu lalu lintas kuning (sesudah lampu hijau), maka arus lalu lintas masih akan terus menyeberangi jalan.
2. Walaupun demikian pada saat lampu kuning, arus lalu lintas yang lewat tidak sebanyak pada saat lampu masih hijau, karena sebagian pengemudi sudah ragu-ragu apakah akan terus atau akan berhenti.
3. Pada saat awal lampu hijau, pengemudi masih perlu waktu untuk bereaksi untuk mulai menyeberangi jalan.

Besar waktu hijau efektif adalah :

$$\text{Waktu hijau efektif} = \text{waktu hijau} + \text{koreksi (a)} - \text{koreksi (b)} - \text{koreksi (c)} \quad (2.3)$$

Koreksi (a) = Waktu tambahan, karena pada saat lampu kuning, kendaraan masih melewati garis stop. Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, koreksi (a) dianggap sama dengan koreksi (b) + koreksi (c), sehingga waktu hijau efektif sama dengan waktu hijau sebenarnya.

Koreksi (b) dan (c) disebut waktu hilang (*lost time*), umumnya ditentukan masing-masing sebesar 1 detik. Menghitung Data Masukan Lalu Lintas

Data masukan lalu lintas diperlukan untuk dua hal, yaitu pertama data arus lalu lintas eksisting dan kedua data arus lalu lintas rencana (PKJI, 2014). Data lalu lintas eksisting digunakan untuk melakukan evaluasi kinerja lalu lintas, berupa arus lalu lintas rencana digunakan sebagai dasar untuk menetapkan lebar jalur

lalu lintas jam desain Q_{dj} yang ditetapkan dari LHRT

$$q_{dj} = LHRT \times K \quad (2.4)$$

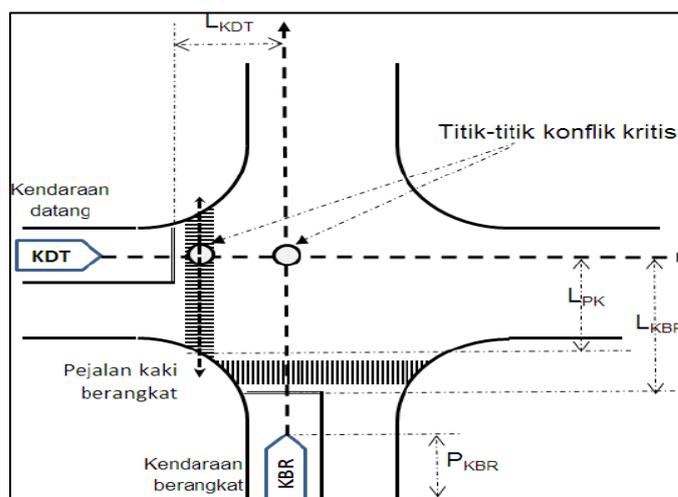
Dimana :

LHRT = Volume lalu lintas harian rata-rata tahunan, dinyatakan dalam skr/hari.

k = faktor jam rencana ditetapkan dari kajian fluktuasi arus lalu lintas berdasarkan jam selama satu tahun. Nilai k yang dapat digunakan untuk jalan perkotaan berkisar antara 7% sampai dengan 12%.

2.5 Menetapkan Pengaturan Sinyal APILL

Titik konflik kritis pada masing-masing fase (i) adalah titik yang menghasilkan M_{Semua} terbesar. M_{Semua} diperlukan untuk pengosongan area konflik dalam simpang pada akhir setiap fase. Waktu ini memberikan kesempatan bagi kendaraan terakhir melewati garis henti pada akhir isyarat kuning sampai dengan meninggalkan titik konflik dijelaskan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.4: Titik konflik kritis dan jarak (PKJI, 2014).

Jarak adalah panjang lintasan keberangkatan (LKBR) ditambah dengan panjang kendaraan berangkat (PKBR) sebelum kedatangan kendaraan pertama yang datang dari arah lain (KDT) pada fase berikutnya yang melewati garis henti pada awal isyarat hijau sampai dengan ke titik konflik yang sama dengan jarak lintasan LKDT. Jadi, M_{Semua} merupakan fungsi dari kecepatan dan jarak dari

kendaraan yang berangkat dan yang datang dari garis henti masing-masing arah sampai ke titik konflik, serta panjang dari kendaraan yang berangkat (PKBR). Dalam hal waktu lintasan pejalan kaki (LPK) lebih lama ditempuh dibandingkan LKBR, maka LPK yang menentukan panjang lintasan berangkat. M_{semua} per fase dipilih yang terbesar dari dua hitungan waktu lintasan, yaitu kendaraan berangkat dan pejalan kaki yang dihitung menggunakan Persamaan 2.5:

$$M_{semua} = M_{ax} \{ [(L_{KBR} + P_{KBR}) / V_{KBR}] - [L_{KDT} / V_{KDT}] \} \quad (2.5)$$

Dimana :

L_{KBR}, L_{KDT}, L_{PK} = Jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat, kendaraan yang datang, dan pejalan kaki, (m).

P_{KBR} = Panjang kendaraan yang berangkat, (m).

V_{KBR}, V_{KDT}, V_{PK} = Kecepatan untuk masing-masing kendaraan berangkat, kendaraan datang dan pejalan kaki, (m/det).

Nilai-nilai V_{KBR} , V_{KDT} , dan P_{KBR} tergantung dari kondisi lokasi setempat. Nilai-nilai berikut ini dapat digunakan sebagai pilihan jika nilai baku tidak tersedia.

V_{KBR} = 10m/det (kendaraan bermotor).

V_{KDT} = 10m/det (kendaraan bermotor) 3m/det (kendaraan tak bermotor misalnya sepeda) 1,2m/det (pejalan kaki).

P_{KBR} = 5m (KR atau KB), 2m (SM atau KTB)

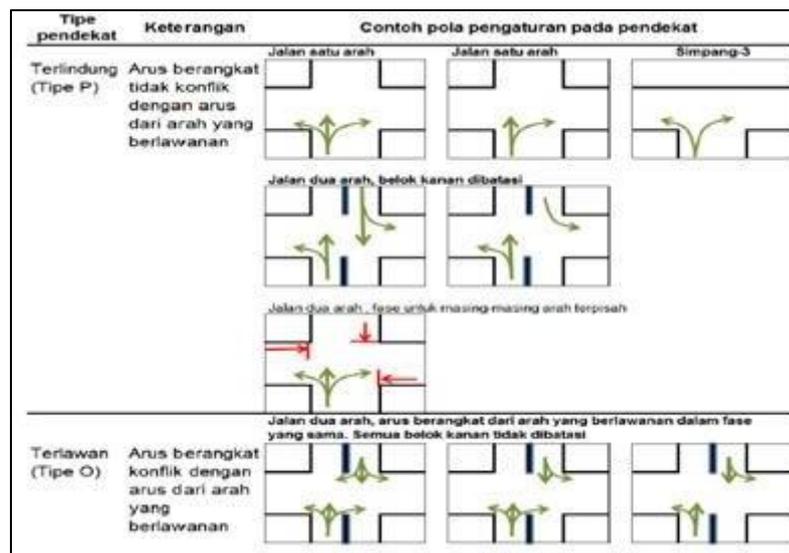
Panjang waktu hitung pada Alat Pengatu Isyarat Lalu Lintas perkotaan di Indonesia biasanya ditetapkan 3,0 detik.

2.6 Penetapan Waktu Isyarat

Untuk menetapkan lama waktu pada APILL maka perlu dilakukan penetapan tipe pendekatan, penentuan lebar efektif (L_E), menentukan arus jenuh dasar, waktu siklus, waktu hijau, rasio arus dan faktor penyesuaian sesuai dengan simpang yang akan dianalisis (PKJI, 2014 :28).

2.7 Tipe Pendekatan

Pada pendekat dengan arus lalu lintas yang berangkat pada fase yang berbeda, maka analisis kaasitas pada masing-masing fase pendekat tersebut harus dilakukan secara terpisah. Hal yang sama pada perbedaan tipe pendekat, pada satu pendekat yang memiliki tipe pendekat, baik terlindung (P) ataupun terlawan(O) pada fase yang berbeda seperti pada Gambar 2.7

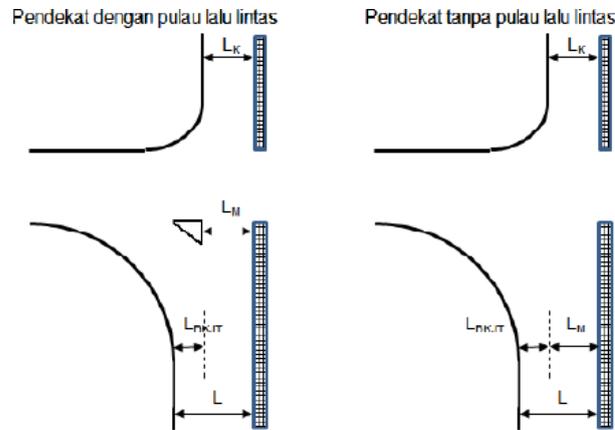


Gambar 2.5: Penentuan Tipe Pendekat (PKJI, 2014).

2.8 Menentukan Lebar Pendekatan Efektif (L_e)

Penentuan lebar pendekat efektif (L_e) berdasarkan lebar ruas pendekat (L), lebar masuk (L_M), dan lebar keluar (L_K). Jika B_{kiJT} diizinkan tanpa mengganggu arus lalu lintas dan arus belok kanan saat isyarat merah maka L_E dipilih dari nilai terkecil diantara L_K dan $(L_M - L_{BijT})$. Jika pendekat dilengkapi dengan pulau lalu

lintas, maka L_M ditetapkan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8



Gambar 2.6: Lebar Pendekat Dengan Pulau dan Tanpa Pulau Lalu Lintas (PKJI 2014)

Jika $L_{BkiJT} \geq 2m$, maka arus kendaraan B_{kiJT} dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan selama isyarat merah. L_e dapat ditetapkan sebagai berikut:

$$L_e = M_{in} \{ (L - L_{BkiJT}) / L_M \} \quad (2.7)$$

2.9 Penetapan Waktu Siklus

Waktu siklus termasuk kedalam pengaturan waktu isyarat APILL. Untuk menentukan waktu siklus dapat menghitung dengan Persamaan 2.8 (Webster, 1996) berikut ini :

$$C = \frac{1,5 \times H_H + 5}{1 - \sum Rq_{/s} / s_{kritis}} \quad (2.8)$$

Dimana :

C = Waktu siklus (detik).

H_H = Jumlah waktu hijau hilang per siklus (detik).

$Rq_{/s}$ = Rasio arus, yaitu arus dibagi arus jenuh (Q/S).

$Rq_{/sKritis}$ = Nilai $Rq_{/s}$ yang tertinggi dari semua pendekat yang berangkat ada fase yang sama.

$\sum Rq_{/sKritis}$ = Rasio arus simpang (sama dengan jumlah semua $Rq_{/sKritis}$ Dari semua fase pada siklus tersebut).

Rumus ini dipakai untuk meminimumkan tundaan total. Dalam PKJI 2014 juga di tetapkan waktu siklus yang layak berdasarkan lebar efektif simpang, ditunjukkan dalam Tabel 2.3

Table 2.3: Waktu Siklus Layak (PKJI, 2014).

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus layak (detik)
Dua-fase	40-80
Tiga-fase	50-100
Empat-Fase	80-130

2.10 Menghitung Waktu Hijau

Untuk menentukan waktu hijau digunakan Persamaan 2.9 :

$$H_i = (c - H_H) \times \frac{Rq_{/sKritis}}{\sum t(Rq_{/sKritis})} \quad (2.9)$$

Dimana :

H_i = Waktu hijau pada fase I (detik)

i = Indeks untuk fase i

2.11 Menghitung Derajat Kejenuhan

Untuk menghitung derajat kejenuhan dapat digunakan Persamaan 2.10 berikut :

$$D_J = \frac{Q}{c} \quad (2.10)$$

Nilai derajat kejenuhan untuk simpang adalah $\leq 0,85$ sebagai batas kelayakan jalan.

2.12 Menghitung Arus Jenuh Dasar (S_0)

Arus jenuh S (skr/Jam) adalah hasil perkalian antara arus jenuh dasar (S_0) dengan faktor-faktor penyesuaian untuk penyimpangan kondisi eksisting terhadap kondisi ideal. S_0 adalah S pada keadaan lalu lintas dan geometrik yang ideal, sehingga faktor-faktor penyesuaian S_0 adalah satu. S dirumuskan menggunakan Persamaan 2.11:

$$S = S_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{Bka} \quad (2.11)$$

Dimana :

F_{UK} = Faktor penyesuaian S_0 terkait ukuran kota.

F_{HS} = Faktor penyesuaian S_0 akibat HS lingkungan jalan.

F_G = Faktor penyesuaian S_0 akibat kelandaian memanjang pendekat.

F_P = Faktor penyesuaian S_0 akibat adanya jarak garis henti pada mulut Pendekat terhadap kendaraan yang parker pertama.

F_{Bka} = Faktor penyesuaian S_0 akibat arus lalu lintas yang membelok kekanan.

F_{BK_i} = Faktor penyesuaian S_0 akibat arus lalu lintas yang membelok kekiri.

Untuk pendekat terlindung (tipe P), S_0 dirumuskan oleh Persamaan 2.12 sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat. Selain itu, penetapan nilai S_0 untuk tipe pendekat terlindung.

$$S_0 = 600 \times L_e \quad (2.12)$$

Dimana :

S_0 = Arus jenuh dasar (skr/jam)

L_e = Lebar efektif pendekat (m)

2.13 Kapasitas Persimpangan Jalan

Dalam penganalisaan kapasitas, ada suatu prinsip dasar yang obyektif yaitu perhitungan jumlah maksimum arus lalu lintas yang dapat ditampung oleh fasilitas yang ada serta sebagaimana kualitas operasional fasilitas itu sendiri yang tentunya

akan sangat berguna dikemudian hari. Dalam merencanakan suatu fasilitas jarang dijumpai suatu perencanaan agar fasilitas tersebut dapat berfungsi mendekati kapasitasnya. Kapasitas dari suatu fasilitas akan menurun fungsinya jika dipergunakan saat atau mendekati kapasitasnya.

A. Defenisi Kapasitas

Kapasitas didefenisikan oleh Kapasitas Manual Jalan Raya 1997 sebagai jumlah maksimum saat manusia atau kendaraan secara rasional diharapkan dapat melalui suatu fisik atau bagian jalur yang seragam atau jalan raya untuk jangka waktu tertentu pada kondisi jalan, lalu lintas dan kondisi pengendalian saat itu.

Dalam menganalisa digunakan periode waktu selama 15 menit dengan mempertimbangkan waktu tersebut merupakan interval terpendek selama arus yang stabil. Pada perhitungan kapasitas bahwa kondisi jalan lalu-lintas dan sistem pengendaliannya tetap. Hal-hal yang terjadi yang dapat membuat suatu perubahan kondisi yang ada, mengakibatkan terjadinya suatu perubahan kondisi yang ada mengakibatkan terjadinya perubahan kapasitas pada fasilitas tersebut. Sangat dianjurkan dalam penentuan kapasitas suatu fasilitas kondisi perkerasan dan cuaca dalam keadaan baik.

B. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kapasitas

Pada umumnya dalam penganalisaan kapasitas, kondisi umum (Prevaling Condition) belum memastikan bahwa kondisi tersebut merupakan kondisi yang ideal.

Kondisi ideal untuk jalan persimpangan bersinyal adalah sebagai berikut:

1. Memiliki lebar lajur 10-12 ft.
2. Memiliki kelandaian yang datar.
3. Tidak adanya parkir dijalan pada persimpangan.
4. Dalam aliran lalu lintas semuanya terdiri dari mobil penumpang, bus-bus transit lokal tidak boleh berhenti pada areal persimpangan.
5. Semua kendaraan yang melintasi persimpangan bergerak lurus.
6. Persimpangan yang bukan berada didaerah "Distrik Usaha Utama" (CBD=Central Business Destrict).

7. Indikasi sinyal hijau ada sepanjang waktu.
8. Kondisi-kondisi umum yang ada biasanya mencakup kondisi jalan, kondisi lalu-lintas serta kondisi pengontrolan.

Kondisi-kondisi inilah yang sangat mempengaruhi kapasitas persimpangan bersinyal.

C. Kapasitas Dari Persimpangan Bersinyal

Kapasitas secara menyeluruh dari suatu persimpangan adalah merupakan akomodasi dari gerakan-gerakan yang utama dan membandingkan terhadap tiap-tiap bagian dari kaki lajur yang ada. Kapasitas pada persimpangan didefinisikan untuk setiap bagian kakinya, Kapasitas ini merupakan tingkat arus maksimum (*maximum rate of flow*) yang dapat melalui suatu persimpangan pada keadaan lalu-lintas awal dan keadaan jalan serta tanda-tanda lalu-lintasnya. Tingkat arus (*Rate Of Flow*) umumnya dihitung untuk periode waktu 15 menit dan dinyatakan dalam kendaraan per jam (*Vehicle/Hour*)

Kondisi lalu lintas mencakup volume setiap kaki persimpangan, distribusi gerakan lalu- lintas (kekiri, lurus dan kekanan), tipe distribusi kendaraan dalam setiap gerakan, lokasi dan penggunaan pemberhentian bus, daerah penyebrangan pejalan kaki dan tempat- tempat parkir didaerah persimpangan tersebut.

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

$$C = S \times \frac{H}{c} \quad (2.13)$$

Dimana:

- C : Kapasitas untuk lengan atau kelompok lajur I (smp/Jam)
- S : Arus jenuh dasar atau kelompok lajur (smp/Jam)
- H : Total waktu hijau dalam satu siklus (detik)

c : Waktu siklus (detik)

Derajat kejenuhan (*degree of saturation*) adalah perbandingan arus kedatangan dengan kapasitas dan dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$D_j = \frac{Q}{c} = \frac{Q \times C}{S \times g} \quad (2.14)$$

Dimana:

Q : Arus lalu lintas

C : Waktu siklus

S : Arus jenuh

G : Waktu hijau

Dalam mencapai kondisi derajat kejenuhan maksimum yang dapat diterima diperlukan waktu siklus maksimum dengan persamaan berikut:

$$C_m = \frac{LTI}{1-IFR} \quad (2.15)$$

Dimana:

C_m : Waktu siklus minimum yakni waktu secara teoritis sepanjang waktu yang dapat dipergunakan arus lalu lintas melintasi persimpangan selama satu siklus.

IFR : Jumlah nilai rasio arus pada arah dominan yang mana rasio arus untuk jalan pada fase yang dipilih memiliki rasio tertinggi.

2.14 Perilaku Lalu Lintas

A. Panjang Antrian

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

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (2.16)$$

Dengan

$$NQ_1 = 0.25 \times C \times \left[(D_j - 1) + \sqrt{(D_j - 1)^2 + \frac{8 \times (D_j - 0.5)}{c}} \right] \quad (2.17)$$

Jika $D_j > 0.5$; selain itu $NQ_1 = 0$

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - RH}{1 - RH \times D_j} \times \frac{Q}{3600} \quad (2.18)$$

Dimana:

NQ_1 : Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

NQ_2 : Jumlah smp yang datang selama fase merah

D_j : Derajat kejenuhan

RH : Rasio hijau

c : Waktu siklus (det)

C : Kapasitas (smp/jam) = arus jenuh kali rasio hijau ($S \times GR$)

Q : Arus lalu-lintas pada pendekat tersebut (smp/det)

B. Angka Henti

Angka henti (NS) yaitu jumlah berhenti rata-rata kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu dihitung sebagai:

$$NS = 0.9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \quad (2.19)$$

Dimana:

c : Waktu siklus (det)

Q : Arus lalu-lintas (smp/jam) dari pendekat yang ditinjau

C. Tundaan (*Delay*)

Tundaan yang terjadi pada simpang disebabkan oleh tundaan lalu lintas (T_L) dan tundaan geometric (T_G) dengan nilai normal T_G untuk kendaraan belok tidak berhenti adalah 6 detik, dan untuk yang berhenti adalah 4 detik. Nilai normal ini didasarkan pada anggapan-anggapan, bahwa kecepatan = 40km/jam, kecepatan belok tidak berhenti = 10km/jam dan percepatan dan perlambatan = 1,5m/det² kendaraan berhenti melambat untuk meminimumkan tundaan, sehingga menimbulkan hanya tundaan percepatan. Tundaan lalu lintas rata – rata dihitung dengan Persamaan 2.20

$$T_i = T_{Li} + T_{Gi} \quad (2.20)$$

Tundaan lalu lintas rata – rata pada suatu pendekat i dapat ditentukan dari persamaan 2.21 :

$$T_L = c \times \frac{0.5 \times (1-R_H)^2}{(1-R_H \times D_f)} + \frac{N_{Q1} \times 3600}{c} \quad (2.21)$$

Selain tundaan lalu lintas terdapat pula perhitungan tundaan rata-rata dengan Persamaan 2-22

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_b \times 6 + (R_{KH} \times 4) \quad (2.22)$$

Dengan P_b = Porsi kendaraan belok pada suatu pendekatan

Pada tabel dibawah akan ditunjukkan Tingkat Pelayanan pada persimpangan bersinyal yang dihubungkan dengan tingkat henti tiap kendaraan.

Tabel 2.4: Tingkat pelayanan

<i>Level of Service</i>	Rata - Rata Kontrol <i>Delay</i> (detik/Kendaraan)	Deskripsi
A	≤ 10	Arus Bebas
B	> 10-20	Arus Stabil (Penundaan Sedikit)
C	> 20-35	Arus Stabil (Penundaan diterima)

Tabel 2.4: *Lanjutan*

<i>Level of Service</i>	Rata - Rata Kontrol <i>Delay</i> (detik/Kendaraan)	Deskripsi
D	> 35-55	Mendekati arus tidak stabil
E	> 55-80	Arus tidak stabil
F	> 80	Arus Dipaksakan

Dapat disimpulkan bahwa dalam pekerjaan desain waktu sinyal memiliki kerangka kerja yang sama untuk tiga metode. Kerangka kerja dari desain waktu sinyal yang dapat terdapat pada semua metode meliputi elemen-elemen sebagai berikut:

1. Penyusunan fase/pergerakan
2. Penentuan arus jenuh
3. Penentuan parameter persimpangan
4. Penentuan waktu siklus
5. Pengalokasian waktu hijau pada tiap fase/pergerakan
6. Peninjauan kinerja persimpangan

Simpang bersinyal secara umum bekerja paling efektif apabila simpang tersebut dapat beroperasi dengan modal dua fase dan bila keadaan berikut dipenuhi

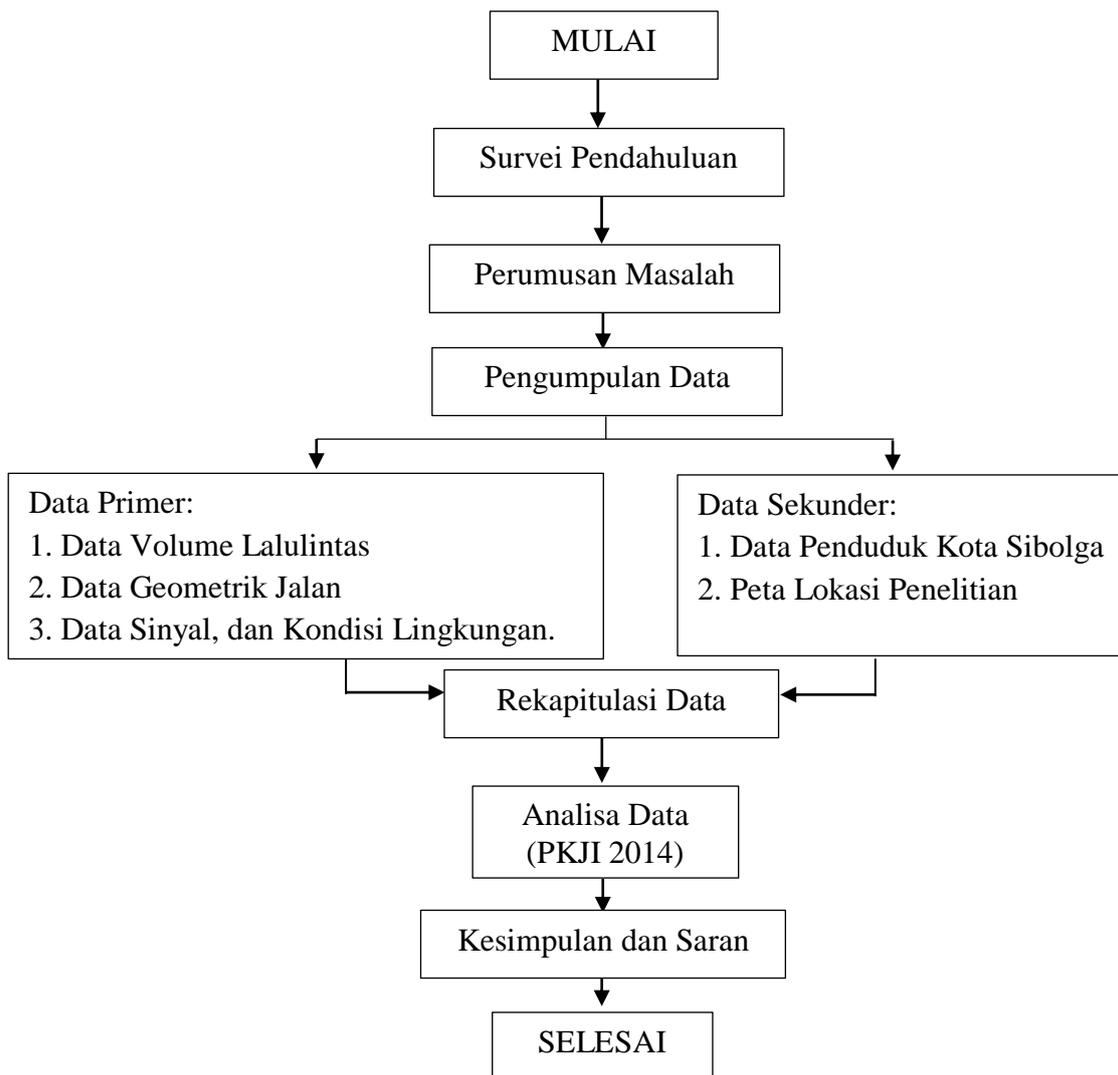
1. Daerah konflik didalam daerah simpang adalah kecil
2. Lajur terdekat dengan kereb sebaiknya dibuat lebih lebar daripada lebar standar untuk lalu-lintas kendaraan bermotor
3. Median harus digunakan bila lebar jalan lebih dari 10 m untuk mempermudah penyebaran pejalan kaki dan penempatan tiang sinyal
4. Marka penyeberangan pejalan kaki sebaiknya ditempatkan 3-4 m dari garis lurus perkerasan untuk mempermudah kendaraan yang membelok mempersilahkan pejalan kaki menyeberang dan tidak menghalangi kendaraan-kendaraan yang bergerak lurus.
5. Perhentian bis sebaiknya setelah simpang,yaitu ditempat keluar dan bukan ditempat pendekat.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

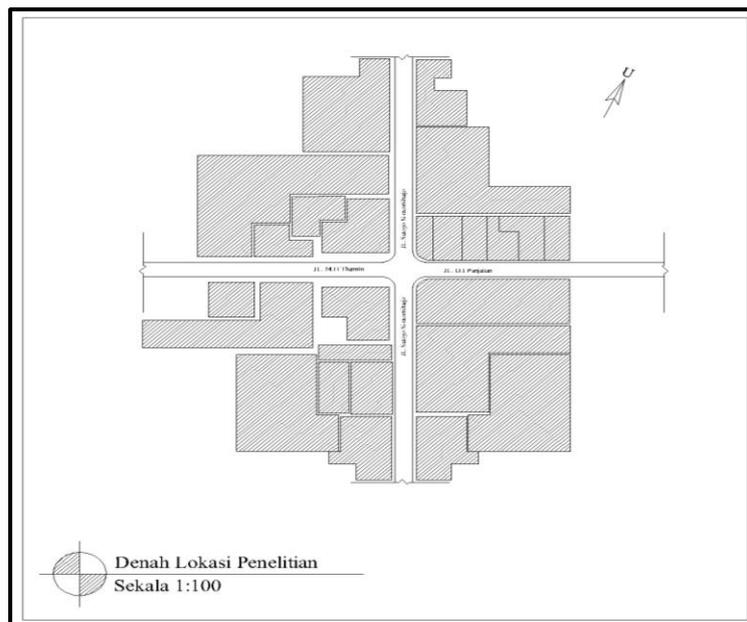
Adapun tahapan penyusunan Tugas akhir ini Seperti yang terlihat pada bagan alur penelitian dibawah, lihat Gambar 3.1



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

3.2 Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini penulis memilih persimpangan jl. MH. Thamrin (Barat) - jl. D. I. Panjaitan (Timur) dan jl. Sutoyo Siswomiharjo (Utara dan Selatan) Kota Sibolga untuk dijadikan lokasi penelitian, pemilihan lokasi didasari oleh antrian kendaraan dan kemacetan yang sering terjadi ketika jam-jam sibuk. lihat gambar 3.2



Gambar 3.2: Denah Lokasi Penelitian

3.3 Maksud dan Tujuan Studi

Adapun maksud penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengatasi terjadinya kemacetan yang terjadi di lengan persimpangan jl. MH. Thamrin - jl. D. I. Panjaitan dan jl. Sutoyo Siswomiharjo Kota Sibolga.

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan di Persimpangan jl. MH. Thamrin - jl. D. I. Panjaitan dan jl. Sutoyo Siswomiharjo Kota Sibolga. Data yang diambil berupa:

3.4.1 Data Primer

Data primer antara lain didapat melalui pengumpulan data yang dilakukan adalah teknik observasi yaitu suatu cara pengumpulan data melalui pengamatan dan pencatatan segala yang tampak pada objek penelitian yang pelaksanaannya dapat dilakukan secara langsung pada tempat dimana suatu peristiwa atau kejadian terjadi. Adapun alat yang digunakan dalam pengamatan ini yaitu peralatan manual, untuk yang paling sederhana yaitu dengan mencatat lembar formulir survei.

Data yang dikumpulkan antara lain:

1. Data volume lalu lintas disetiap kaki persimpangan pada jam sibuk (*peak hour*).

Tabel 3.1: Data Volume Lalulintas Jl. Sutoyo Siswomiharjo (Utara)

Jl. Sutoyo Siswomiharjo (Utara)							
Hari	Tanggal	Waktu	LV	HV	MC	UM	TOTAL
Jum'at	1 Juli 2022	08.00 - 09.00	84	14	112	5	215
		13.00 - 14.00	88	10	120	9	227
		17.00 - 18.00	85	14	107	4	209
Sabtu	2 Juli 2022	08.00 - 09.00	70	18	121	2	211
		13.00 - 14.00	91	15	143	6	254
		17.00 - 18.00	114	24	148	5	291
Minggu	3 Juli 2022	08.00 - 09.00	59	11	123	7	200
		13.00 - 14.00	81	8	119	7	215
		17.00 - 18.00	112	16	126	4	258
Senin	4 Juli 2022	08.00 - 09.00	58	9	121	8	196
		13.00 - 14.00	80	6	115	6	208
		17.00 - 18.00	112	14	112	8	245
Selasa	5 Juli 2022	08.00 - 09.00	77	11	102	5	195
		13.00 - 14.00	81	8	105	4	198
		17.00 - 18.00	78	11	108	7	204
Rabu	6 Juli 2022	08.00 - 09.00	63	15	125	7	211
		13.00 - 14.00	84	12	129	8	233
		17.00 - 18.00	107	22	123	7	259
Kamis	7 Juli 2022	08.00 - 09.00	65	12	103	8	187
		13.00 - 14.00	87	9	131	9	236
		17.00 - 18.00	119	17	111	5	251

Tabel 3.2: Data Volume Lalulintas Jl. Sutoyo Siswomiharjo (Selatan)

Jl. Sutoyo Siswomiharjo (Selatan)							
Hari	Tanggal	Waktu	LV	HV	MC	UM	TOTAL
Jum'at	1 Juli 2022	08.00 - 09.00	87	10	100	3	200
		13.00 - 14.00	91	8	132	11	242
		17.00 - 18.00	88	10	95	2	194
Sabtu	2 Juli 2022	08.00 - 09.00	73	13	133	4	223
		13.00 - 14.00	94	11	131	5	240
		17.00 - 18.00	117	18	160	7	302
Minggu	3 Juli 2022	08.00 - 09.00	62	8	111	5	186
		13.00 - 14.00	84	6	131	9	230
		17.00 - 18.00	115	12	114	2	242
Senin	4 Juli 2022	08.00 - 09.00	61	7	133	10	211
		13.00 - 14.00	83	5	103	4	195
		17.00 - 18.00	115	11	124	10	259
Selasa	5 Juli 2022	08.00 - 09.00	80	8	90	3	181
		13.00 - 14.00	84	6	117	6	213
		17.00 - 18.00	81	8	96	5	190
Rabu	6 Juli 2022	08.00 - 09.00	66	11	137	9	224
		13.00 - 14.00	87	9	117	6	219
		17.00 - 18.00	110	16	135	9	270
Kamis	7 Juli 2022	08.00 - 09.00	68	9	91	6	173
		13.00 - 14.00	90	6	143	11	251
		17.00 - 18.00	122	12	99	3	236

Tabel 3.3: Data Volume Lalulintas Jl. D. I. Panjaitan (Timur)

Jl. D. I. Panjaitan (Timur)							
Hari	Tanggal	Waktu	LV	HV	MC	UM	TOTAL
Jum'at	1 Juli 2022	08.00 - 09.00	93	8	91	4	196
		13.00 - 14.00	97	7	123	5	232
		17.00 - 18.00	94	9	86	3	191
Sabtu	2 Juli 2022	08.00 - 09.00	79	9	124	5	217
		13.00 - 14.00	100	11	122	6	239
		17.00 - 18.00	123	7	151	8	289

Tabel 3.3: Lanjutan

Hari	Tanggal	Waktu	LV	HV	MC	UM	TOTAL
Minggu	3 Juli 2022	08.00 - 09.00	68	6	102	6	182
		13.00 - 14.00	90	8	122	7	227
		17.00 - 18.00	121	9	105	3	238
Senin	4 Juli 2022	08.00 - 09.00	67	6	124	9	206
		13.00 - 14.00	89	7	94	5	196
		17.00 - 18.00	121	9	115	11	255
Selasa	5 Juli 2022	08.00 - 09.00	86	5	81	4	176
		13.00 - 14.00	90	9	108	7	214
		17.00 - 18.00	87	6	87	6	186
Rabu	6 Juli 2022	08.00 - 09.00	72	8	128	6	214
		13.00 - 14.00	93	7	108	7	215
		17.00 - 18.00	116	9	126	10	261
Kamis	7 Juli 2022	08.00 - 09.00	74	6	82	9	171
		13.00 - 14.00	96	7	134	8	246
		17.00 - 18.00	128	9	90	4	230

Tabel 3.4: Data Volume Lalulintas Jl. MH. Thamrin (Barat)

Jl. MH. Thamrin (Barat)							
Hari	Tanggal	Waktu	LV	HV	MC	UM	TOTAL
Jum'at	1 Juli 2022	08.00 - 09.00	96	5	93	4	198
		13.00 - 14.00	101	4	125	3	233
		17.00 - 18.00	97	6	88	6	197
Sabtu	2 Juli 2022	08.00 - 09.00	83	6	126	5	220
		13.00 - 14.00	103	8	124	4	239
		17.00 - 18.00	127	4	153	7	291
Minggu	3 Juli 2022	08.00 - 09.00	72	3	104	6	185
		13.00 - 14.00	94	5	124	5	228
		17.00 - 18.00	125	6	107	6	243
Senin	4 Juli 2022	08.00 - 09.00	71	3	126	9	209
		13.00 - 14.00	93	4	96	3	196
		17.00 - 18.00	124	6	117	7	254
Selasa	5 Juli 2022	08.00 - 09.00	89	2	83	4	178
		13.00 - 14.00	94	6	110	5	215
		17.00 - 18.00	90	3	89	9	191

Tabel 3.4: Lanjutan

Hari	Tanggal	Waktu	LV	HV	MC	UM	TOTAL
Rabu	6 Juli 2022	08.00 - 09.00	76	5	130	6	217
		13.00 - 14.00	96	4	110	5	215
		17.00 - 18.00	120	6	128	8	261
Kamis	7 Juli 2022	08.00 - 09.00	78	3	84	9	173
		13.00 - 14.00	100	4	136	6	246
		17.00 - 18.00	131	6	92	7	236

2. Data geometrik persimpangan.

Data geometrik jalan meliputi jumlah lajur dan lebar lajur. Kondisi geometrik jalan pada simpang empat jl. MH. Thamrin (Barat) - jl. D. I. Panjaitan (Timur) dan jl. Sutoyo Siswomiharjo (Utara dan Selatan) seterusnya akan penulis sebut Simpang Lokasi Penelitian di Kota Sibolga memiliki ukuran yang sama di setiap lengannya yaitu 7 m.

3. Data Sinyal.

Data Sinyal pada simpang empat jl. MH. Thamrin (Barat) - jl. D. I. Panjaitan (Timur) dan jl. Sutoyo Siswomiharjo (Utara dan Selatan) Kota Sibolga dapat dilihat Pada Tabel di bawah

Tabel 3.5: Data Sinyal Persimpangan Pada Simpang Lokasi Penelitian

Nama Lengan Jalan	Jumlah Lajur	Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)	Lebar Keluar (Lk)	Lebar jalur/L (m)	Lebar belok kiri /Lbkijt (m)	Lebar masuk/LM (m)
Utara	2	30	2	45	3.5	7	3.5	3.5
Selatan	2	40	2	35	3.5	7	3.5	3.5
Timur	2	50	2	25	3.5	7	3.5	3.5
Barat	2	60	2	15	3.5	7	3.5	3.5

Waktu survei lalu lintas dilakukan selama satu (1) minggu yaitu hari Minggu – Sabtu, mulai dari tanggal 18 April 2022 s/d 24 April 2022, Alasan pemilihan ini adalah agar mendapatkan data yang lebih akurat sehingga hasilnya dapat digunakan untuk perencanaan dan perbaikan di masa yang akan datang.

Volume lalu lintas diambil pada jam-jam sibuk masing-masing dengan percabangan yaitu:

1. Pagi hari pukul 07.00 WIB – 09.00 WIB
2. Siang hari pukul 12.00 WIB – 14.00 WIB
3. Sore hari pukul 16.00 WIB – 18.00 WIB

Dengan interval 15 menit kemudian dijumlahkan setiap satu (1) jam.

3.4.2 Data Sekunder

Data Sekunder adalah data hasil penelitian atau data administratif kelembagaan. Data Sekunder merupakan data yang dihasilkan oleh sesuatu penelitian, bisa penelitian orang lain dan bisa juga penelitian sendiri. Data pendukung yang di dapat dari instansi terkait, Metode yang dilakukan dalam pengumpulan data sekunder adalah dengan cara mencari di internet seperti website milik pemerintahan daerah dan jurnal - jurnal yang berkaitan dengan penelitian ini .

Data jumlah penduduk adalah termasuk data sekunder. Berdasarkan grafik penyebaran penduduk di Kota Sibolga, yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS), yang diambil pada tahun 2018 adalah sebagai berikut.

Tabel 3.6: Data Jumlah Penduduk Kota Sibolga (<https://sibolgakota.bps.go.id/indicator/12/53/1/jumlah-penduduk.html>)

Kecamatan/Kelurahan	Jumlah Penduduk (Jiwa)		
	Laki-Laki	Perempuan	Jumlah
	2018	2018	2018
SIBOLGA UTARA	10893	10922	21815
Sibolga Ilir	3405	3284	6689
Angin Nauli	1891	1968	3859
Huta Tonga-Tonga	1416	1508	2924
Hutabarangan	1200	1212	2412
Simare-mare	2981	2950	5931
SIBOLGA KOTA	7127	7101	14228
Kota Beringin	1055	1102	2157
Pasar Baru	667	808	1475
Pasar Belakang	2771	2601	5372
Pancuran Gerobak	2634	2590	5224

Tabel 3.6 : *Lanjutan.*

Kecamatan/Kelurahan	Jumlah Penduduk (Jiwa)		
	Laki-Laki	Perempuan	Jumlah
	2018	2018	2018
SIBOLGA SELATAN	15654	15027	30681
Aek Manis	3324	3127	6451
Aek Habil	4690	4529	9219
Aek Parombunan	5077	4990	10067
Aek Muara Pinang	2563	2381	4944
SIBOLGA SAMBAS	10147	10442	20589
Pancuran Pinang	2347	2487	4834
Pancuran Kerambil	1434	1552	2986
Pancuran Dewa	2562	2523	5085
Pancuran Bambu	3804	3880	7684
KOTA SIBOLGA	43821	43492	87313

Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa jumlah penduduk di wilayah Kota Sibolga pada tahun 2018 adalah sebesar 87.313 jiwa. Data ini digunakan untuk menentukan ukuran luas kota.

3.5 Analisa Data

Adapun perhitungan yang dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut dengan menggunakan metode PKJI 2014 seperti:

1. Perhitungan kapasitas persimpangan bersinyal
2. Perhitungan arus jenuh dan derajat kejenuhan
3. Perhitungan waktu siklus
4. Analisa perilaku lalu lintas

BAB 4

ANALISA DATA

4.1 Deskripsi Data

Penelitian ini dilakukan pada hari Jum'at 1 Juli 2022 sampai dengan Kamis 7 Juli 2022. Yang dibagi menjadi 3 waktu penelitian yaitu pada tiap-tiap jam sibuk, pagi hari pukul 07.00 WIB – 09.00 WIB, siang hari pukul 12.00 WIB – 14.00 WIB, dan sore hari pukul 16.00 WIB – 18.00 WIB. Data Penelitian yang diambil dibagi kedalam 2 kategori yaitu data primer dan data skunder. Data primer yang diperoleh meliputi data geometrik jalan yang terdiri dari jumlah jalur, Lebar jalur (L), Lebar masuk (LM) , Lebar belok kiri (Lbkijt) dan Lebar keluar (LK) dalam satuan meter (m). Untuk data perolehan selanjutnya, Data volume lalu lintas yang dikategorikan menjadi empat jenis kriteria kendaraan. Diantaranya, Kendaraan besar (HV), Kendaraan ringan (LV), Sepeda motor (MC) dan Kendaraan nonmotor (UM). Data sekunder didapatkan melalui asumsi-asumsi dan teori yang diperoleh melalui buku-buku literature yang berhubungan dengan transportasi, lalu-lintas dan persimpangan yang berkaitan langsung dengan objek penelitian yang dilakukan.

4.2 Data Volume Lalu lintas

Pada penelitian ini penulis memilih beberapa kriteria Jenis kendaraan yang diamati yaitu kendaraan besar (HV), kendaraan ringan (LV), sepeda motor (MC), dan Kendaraan nonmotor (UM). Data volume lalu lintas setelah dikalikan dengan faktor Ekuivalen Kendaraan Ringan (ekr) dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 4.1: Data Lalulintas Setelah Pemfaktoran

SIMPANG APILL	Tanggal :	08 Juli 2022			
	Kota :	Sibolga			
	Simpang :	Jl. MH. Thamrin - Jl. D. I. Pajaitan dan Jl. Sutoyo Siswomiharjo			
	Ukuran Kota :	87.313 Jiwa			
Arus Lalulintas	Prihal :	Empat Fase			
	Periode :	Jam puncak sore hari			
	Kendaraan Bermotor				
	Qkr	Qkb	Qsm	Qkbtm	
Pendek Arah	ekr terlindung = 1	ekr terlindung = 1.3	ekr terlindung = 0.2	Total arus kendaraan bermotor	
	ekr terlawan = 1	ekr terlawan = 1.3	ekr terlawan = 0.4	Kend/jam	Ter lindung lawan
	Kend/jam	Ter lindung lawan	Kend/jam	Ter lindung lawan	Ter lindung lawan
Utara Lrs	114	114	24	32	59
Timur Lrs	123	123	7	9	60
Selatan Lrs	117	117	18	23	64
Barat Lrs	127	126.6	4	5	61
			153	31	162
			284	162	193
					5
					8
					7
					7

4.3 Analisa data

Analisis data penelitian adalah langkah – langkah yang dilakukan untuk memperoleh data Waktu Siklus, derajat kejenuhan dan parameter parameter lain yang diperlukan pada penelitian ini. langkah analisis ini dilakukan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 (PKJI 2014).

a. Lebar efektif

Dikarenakan lebar belok kiri $L_{bkijt} > 2$ m maka dapat menggunakan analisa menggunakan rumus 2.7 $L_e = M_{in} \{ (L - L_{BkiJT}) / L_M \}$, lihat tabel 4.4

Tabel 4.2: Lebar Efektif

Nama Lengan Jalan	Lebar Keluar (Lk)	Lebar jalur/L (m)	Lebar belok kiri / L_{BkiJT} (m)	Lebar masuk/ LM (m)	kolom (3-4)	Lebar efektif/ $L_e = (3-4)/5$ (m)
1	2	3	4	5	6	7
Utara	3.5	7	3.5	3.5	3.5	1
Selatan	3.5	7	3.5	3.5	3.5	1
Timur	3.5	7	3.5	3.5	3.5	1
Barat	3.5	7	3.5	3.5	3.5	1

Pada tabel 4.4 dapat dilihat lebar efektif pada kolom (7) $L_e = (3-4)/5$ atau dapat dijabarkan $L_e = (7-3.5)/3.5 = 3.5 / 3.5 = 1$ m, maka dapat disimpulkan bahwa $1m < (LM \times (1 - Rbka))$ atau $1 m < (3.5 \times (1-0)) = 1 m < 3.5 m$, maka menurut pedoman kapasitas jalan Indonesia 2014 (PKJI 2014) $L_e = L_k$ dan analisis penentuan waktu isyarat untuk pendekat ini didasarkan hanya bagian lalu lintas yang lurus saja yaitu Q_{LRS}

b. Arus Jenuh Dasar (So)

Arus jenuh dasar dapat diketahui dengan rumus 2.12 ($S = 600 \times L_E$), pada masing - masing lengan jalan mendapatkan nilai So sebesar

1. Jl. Sutoyo Siswomiharjo (Utara) $= 600 \times 3.5 = 2100$ skr/jam
2. Jl. D. I. Panjaitan (Timur) $= 600 \times 3.5 = 2100$ skr/jam

3. Jl. Sutoyo Siswomiharjo (Selatan) = $600 \times 3.5 = 2100$ skr/jam
4. Jl. MH. Thamrin (Barat) = $600 \times 3.5 = 2100$ skr/jam

Dapat dilihat bahwa nilai arus jenuh dasar pada tiap-tiap lengan jalan sama yaitu 2100 skr/jam hal ini di akibatkan oleh lebar efektif dari masing masing lengan jalan adalah sama.

c. Arus Jenuh (S)

Arus jenuh dapat diketahui dengan menggunakan rumus 2.11 yang mana memerlukan beberapa Faktor penyesuaian yaitu sebagai berikut:

1. F_{UK} yaitu faktor penyesuaian terhadap besarnya penduduk kota, pada tabel 4.3 dapat kita lihat bahwa jumlah penduduk kota Sibolga mencapai 87.313 jiwa yang di urutkan berdasarkan jenis kelamin laki laki dan perempuan maka menurut PKJI 2014 halaman 51 tabel B.4, $F_{uk} = 0.82$.
2. F_{HS} yaitu faktor penyesuaian hambatan samping, menurut PKJI 2014 F_{hs} dapat diketahui dengan menggunakan Tabel B.5 halaman 51 dengan rasio kendaraan tidak bermotor total dari masing masing simpang yaitu sebesar 0.05 dengan tipe lingkungan jalan pemukiman serta hambatan samping rendah maka nilai $F_{hs} = 0.96$
3. F_G yaitu faktor penyesuaian kelandaian memanjang, dikarenakan kondisi tiap lengan adalah cenderung landai / $g = 0^\circ$ maka menurut PKJI 2014 halaman 46 Tabel B.6, $F_g = 1.00$.
4. F_P yaitu faktor penyesuaian parkir faktor menurut PKJI 2014 Nilai F_p tidak perlu diterapkan bila lebar efektif di tentukan oleh lebar keluar, $F_p = 1.00$.
5. Berdasarkan PKJI 2014 Faktor penyesuaian belok kanan dan belok kiri hanya di peruntukkan untuk tipe pendekat tipe p dengan ketentuan, faktor penyesuaian belok kanan tanpa median, jalan dua arah, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk dan lebar belok kiri lebar efektifnya di tentukan oleh lebar masuk maka simpang ini tidak sesuai dengan ketentuan di atas yang mana lebar efektifnya di tentukan oleh lebar keluar (L_k) maka nilai F_{Bki} dan $F_{Bka} = 1.00$

Tabel 4.3: Nilai S untuk masing masing lengan simpang

Nama Lengan Jalan	So	F _{HS}	F _{UK}	F _G	F _P	F _{Bki}	F _{Bka}	S
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Utara	2100	0.96	0.82	1.00	1.00	1.00	1.00	1653
Selatan	2100	0.96	0.82	1.00	1.00	1.00	1.00	1653
Timur	2100	0.96	0.82	1.00	1.00	1.00	1.00	1653
Barat	2100	0.96	0.82	1.00	1.00	1.00	1.00	1653

Nilai arus jenuh (S) = 2100 x 0.96 x 0.82 x 1 x 1 x 1 x 1 = 1653. Maka nilai arus jenuh pada tiap – tiap lengan jalan adalah sama sebesar 1653 Skr. Hal ini dapat terjadi dikarenakan oleh lebar efektif tiap-tiap lengan yang sama. Lebar efektif ini sangat berpengaruh terhadap nilai arus jenuh di karenakan cara mencari arus jenuh tersebut adalah perkalian beberapa faktor yang ada di tabel dan arus jenuh So sangat dipengaruhi oleh lebar efektif tiap lengan persimpangan.

d. Waktu Siklus (c)

Waktu siklus termasuk kedalam pengaturan waktu isyarat APILL. Untuk menentukan waktu siklus pada lokasi penelitian dapat dihitung dengan Persamaan

2.8, $(c = \frac{1,5 \times H_H + 5}{1 - \sum Rq / s_{kritis}})$ Dengan hasil dapat dilihat pada Tabel 4.6 dibawah ini

Tabel 4.4: Nilai Waktu Siklus

Nama Lengan Jalan	Arus lalulintas (Q)	Arus Jenuh (S)	Rasio Arus (Q/S)	Rasio Fase (Rf)	Waktu Hilang (Hh)	Waktu Siklus (c)
1	2	3	4	5	6	7
Utara	291	1653	0.176	0.248	12	79.31
Selatan	302	1653	0.183	0.257	12	79.31
Timur	289	1653	0.175	0.246	12	79.31
Barat	291	1653	0.176	0.248	12	79.31
	Rasio Arus Simpang (Ras)		0.71			

Rasio Arus:

$$R(QS) \text{ Utara} = 291 / 1653 = 0.176$$

$$R(QS) \text{ Selatan} = 302 / 1653 = 0.183$$

$$R(QS) \text{ Timur} = 289 / 1653 = 0.175$$

$$R(QS) \text{ Barat} = 291 / 1653 = 0.176$$

$$\begin{aligned} \text{Rasio Arus Smpang} &= R(QS) \text{ Utara} + R(QS) \text{ Selatan} + R(QS) \text{ Timur} + \\ &\quad R(QS)\text{Barat} \\ &= 0.176 + 0.183 + 0.175 + 0.176 \\ &= 0.71 \end{aligned}$$

$$\text{Rasio Fase (Rf)} = R(QS) / \text{Ras}$$

$$\text{Rf Utara} = 0.176 / 0.71 = 0.248$$

$$\text{Rf Selatan} = 0.183 / 0.71 = 0.257$$

$$\text{Rf Timur} = 0.175 / 0.71 = 0.246$$

$$\text{Rf Barat} = 0.176 / 0.71 = 0.248$$

$$\text{Waktu Siklus } c = \frac{1,5 \times H_H + 5}{1 - \sum Rq_{s\text{kritis}}}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu Siklus ALL} &= (1.5 \times 12 + 5) / (1 - 0.71) \\ &= 23 / 0.29 \\ &= 79.31 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan waktu siklus diatas dapat diketahui bahwa nilai waktu siklus yang dicari menggunakan persamaan 2.8 mendapatkan hasil 79.31 detik, waktu siklus tersebut adalah waktu siklus sebelum penyesuaian dan setelah dilakukan pembulatan, nilai waktu siklus yang dihasilkan menjadi 80 detik.

Menurut PKJI 2014 waktu siklus pada Lokasi Penelitian sudah memenuhi syarat kelayakan atau optimum yang mana margin dari kelayakan tersebut dapat dilihat pada tabel 2.3, waktu siklus layak untuk persimpangan dengan empat fase adalah 80 -130 detik sedangkan nilai waktu siklus penyesuaian yang penulis dapatkan adalah 80 detik.

e. Waktu Hijau (Hi)

Perhitungan waktu hijau dapat dilakukan dengan menggunakan rumus 2.7

$$H_i = (c - H_H) \times \frac{Rq/sKritis}{\Sigma t(Rq/sKritis)} \text{ lihat tabel 4.7}$$

Tabel 4.5: Nilai Waktu Hijau

Lengan Jalan	Waktu Siklus (c)	Waktu Hilang (Hh)	Rasio Fase (Rf)	(2-3)	waktu hijau tiap fase (Hi)
1	2	3	4	5	6
Utara	79.31	12	0.248	67.31	16.69
Selatan	79.31	12	0.257	67.31	17.29
Timur	79.31	12	0.246	67.31	16.55
Barat	79.31	12	0.248	67.31	16.69

$$H_i = (c - H_H) \times \frac{Rq/sKritis}{\Sigma t(Rq/sKritis)}$$

$$\begin{aligned} H_i \text{ Utara} &= (79.31 - 12) \times 0.248 \\ &= 67.31 \times 0.248 \\ &= 16.69 \text{ detik} \approx 17 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_i \text{ Selatan} &= (79.31 - 12) \times 0.257 \\ &= 67.31 \times 0.257 \\ &= 17.29 \text{ detik} \approx 17 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_i \text{ Timur} &= (79.31 - 12) \times 0.246 \\ &= 67.31 \times 0.246 \\ &= 16.55 \text{ detik} \approx 17 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_i \text{ Barat} &= (79.31 - 12) \times 0.248 \\ &= 67.31 \times 0.248 \\ &= 16.69 \text{ detik} \approx 17 \text{ detik} \end{aligned}$$

f. Kapasitas (C)

Perhitungan untuk kapasitas dari tiap - tiap lengan jalan pada Lokasi Penelitian adalah sebagai berikut, Lihat tabel 4.8

Tabel 4.6: Kapasitas

Lengan Jalan	Arus Jenuh (S)	Total Waktu Hijau (H)	Waktu Siklus (c)	(3/4)	Kapasitas (C)
1	2	3	4	5	6
Utara	1653	67	79.31	0.85	1405
Selatan	1653	67	79.31	0.85	1405
Timur	1653	67	79.31	0.85	1405
Barat	1653	67	79.31	0.85	1405

$$\begin{aligned}
 C_{\text{All}} &= 1653 \times (67 / 79.31) \\
 &= 1653 \times 0.85 \\
 &= 1405 \text{ skr/ jam}
 \end{aligned}$$

Pada tabel 4.8 dapat dilihat kapasitas dari tiap – tiap lengan adalah 1405 skr/ jam, hal ini dapat di akibatkan oleh parameter yang diketahui untuk masing - masing simpang adalah sama.

g. Derajat kejenuhan (Dj)

Derajat kejenuhan adalah perbandingan antara arus dan kapasitas dari jalan tersebut, derajat kejenuhan dapat diketahui dengan menggunakan rumus 2.14.

$$Dj = \frac{Q}{C} = \frac{Qxc}{Sxg} \text{ Lihat tabel 4.9}$$

Tabel 4.7: Nilai Derajat Kejenuhan

Lengan Jalan	Arus lalulintas (Q)	Waktu Siklus (c)	Arus Jenuh (S)	waktu hijau tiap fase (Hi)	(2*3)	(4*5)	Derajat kejenuhan (DJ)
1	2	3	4	5	6	7	8
Utara	291	79.31	1653	16.69	23079	27628	0.84
Selatan	302	79.31	1653	17.29	23952	28672	0.84
Timur	289	79.31	1653	16.55	22921	27438	0.84
Barat	291	79.31	1653	16.69	23000	27533	0.84

$$\begin{aligned}
 Dj_{\text{utara}} &= \frac{Qxc}{SxHi} \\
 &= (291 \times 79.31) / (1653 \times 16.69) \\
 &= 23079 / 27589 \\
 &= 0.837 \approx 0.84
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dj Selatan} &= (302 \times 79.31) / (1653 \times 17.29) \\ &= 23952 / 28580 \\ &= 0.838 \approx 0.84 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dj Timur} &= (289 \times 79.31) / (1653 \times 16.55) \\ &= 23921 / 28580 \\ &= 0.837 \approx 0.84 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dj Barat} &= (291 \times 79.31) / (1653 \times 16.69) \\ &= 23079 / 27589 \\ &= 0.837 \approx 0.84 \end{aligned}$$

Dari tabel 4.9 dapat dilihat nilai derajat kejenuhan dari masing - masing lengan yang mana nilai tersebut tidak lebih besar dari nilai batas derajat kejenuhan menurut PKJI 2014 yaitu 0.85 maka simpang empat Lokasi Penelitian ini termasuk simpang yang masih dikatakan layak. Nilai derajat kejenuhan yang terjadi pada lengan setiap simpang yaitu 0.84.

h. Panjang Antrian (PA)

Jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ) dihitung sebagai jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ₁) ditambah jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ₂) panjang antrian dapat dihitung dengan menggunakan rumus 2.17; $NQ_1 = 0.25 \times C \times \left[(D_j - 1) + \sqrt{(D_j - 1)^2 + \frac{8x(D_j - 0.5)}{c}} \right]$ dan 2.18 ; $NQ_2 = c \times \frac{1 - RH}{1 - RH \times D_j} \times \frac{Q}{3600}$. Lihat tabel 4.10

Tabel 4.8: Nilai Kendaraan Tertinggal Total (NQ)

Lengan Jalan	Q	Rasio Hijau (Rh)	C	DJ	c	Nq1	Nq2	Nq (7+8)	Nqmax
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Utara	291	0.21	1405	0.84	79.31	11.94	6.09	18.03	30
Selatan	302	0.22	1405	0.84	79.31	11.94	6.38	18.32	30
Timur	289	0.21	1405	0.84	79.31	11.94	6.09	18.03	30
Barat	290	0.21	1405	0.84	79.31	11.94	6.09	18.03	30

$$\begin{aligned}
\text{Rh Utara} &= H_i / c \\
&= 16.69 / 79.31 \\
&= 0.21 \\
\text{Rh Selatan} &= 17.29 / 79.31 \\
&= 0.218 \approx 0.22 \\
\text{Rh Timur} &= 16.55 / 79.31 \\
&= 0.208 \approx 0.21 \\
\text{Rh Barat} &= 16.69 / 79.31 \\
&= 0.21 \\
\text{Nq}_1 \text{ All} &= 0.25 \times C \times \left[(D_j - 1) + \sqrt{(D_j - 1)^2 + \frac{8x(D_j - 0.5)}{c}} \right] \\
&= 0.25 \times 1405 \times \left[(0.84 - 1) + \sqrt{(0.84 - 1)^2 + \frac{8 \times (0.84 - 0.5)}{79.31}} \right] \\
&= 0.25 \times 1405 \times [(-0.16) + 0.16 + 0.034] \\
&= 11.94 \\
\text{Nq}_2 \text{ Utara} &= c \times \frac{1 - RH}{1 - RH \times D_j} \times \frac{Q}{3600} \\
&= 79.31 \times [(1 - 0.21) / (1 - 0.21 \times 0.84)] \times [291 / 3600] \\
&= 79.31 \times [0.79 / 0.824] \times [0.08] \\
&= 79.31 \times 0.96 \times 0.08 \\
&= 6.09 \\
\text{Nq}_2 \text{ Selatan} &= 79.31 \times [(1 - 0.22) / (1 - 0.22 \times 0.84)] \times [302 / 3600] \\
&= 79.31 \times [0.78 / 0.815] \times [0.084] \\
&= 79.31 \times 0.957 \times 0.084 \\
&= 6.38 \\
\text{Nq}_2 \text{ Timur} &= 79.31 \times [(1 - 0.21) / (1 - 0.21 \times 0.84)] \times [289 / 3600] \\
&= 79.31 \times [0.79 / 0.824] \times [0.08] \\
&= 79.31 \times 0.96 \times 0.08 \\
&= 6.09 \\
\text{Nq}_2 \text{ Barat} &= 79.31 \times [(1 - 0.21) / (1 - 0.21 \times 0.84)] \times [290 / 3600] \\
&= 79.31 \times [0.79 / 0.824] \times [0.08] \\
&= 79.31 \times 0.96 \times 0.08 \\
&= 6.09
\end{aligned}$$

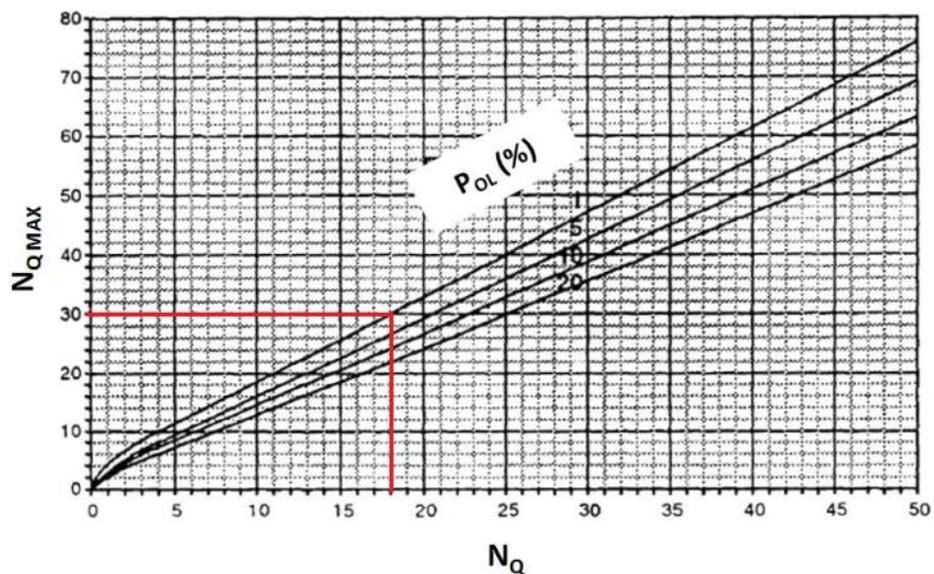
$$\begin{aligned}
 N_q \text{ Utara} &= N_{q1} + N_{q2} \\
 &= 11.94 + 6.09 \\
 &= 18.03
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_q \text{ Selatan} &= N_{q1} + N_{q2} \\
 &= 11.94 + 6.38 \\
 &= 18.32
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_q \text{ Timur} &= N_{q1} + N_{q2} \\
 &= 11.94 + 6.09 \\
 &= 18.03
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_q \text{ Barat} &= N_{q1} + N_{q2} \\
 &= 11.94 + 6.09 \\
 &= 18.03
 \end{aligned}$$

Untuk menetapkan NQ Maximum yang menggunakan Gambar 8 pada halaman 33 PKJI 2014 maka asumsi untuk NQ Maximum diambil dari nilai 18 dengan nilai Pol = 5 %, maka didapat asumsi nilai NQ Maximumnya adalah 30. Lihat Gambar 4.2



Gambar 4.1: Nilai NQ Maximum.

Setelah didapat nilai NQ Maximum maka dilanjutkan untuk mencari panjang antrian (PA). Lihat Tabel 4.11

Tabel 4.9: Nilai Panjang Antrian (PA)

Nama Lengan Jalan	Nqmax	Lebar masuk (Lm)	Panjang Antrian (PA)
1	3	4	5
Utara	30	3.5	171
Selatan	30	3.5	171
Timur	30	3.5	171
Barat	30	3.5	171

$$\begin{aligned}
 PA_{All} &= Nq_{max} \times (20/Lm) \\
 &= 30 \times (20 / 3.5) \\
 &= 171.42 \text{ skr} \approx 171 \text{ skr}
 \end{aligned}$$

Pada tabel 4.11 dapat dilihat panjang antrian sama yaitu 171 skr hal ini diakibatkan oleh lebar masuk yang sama yaitu 3.5 m pada tiap – tiap lengan simpang yang penulis teliti.

i. Tundaan

Tundaan dapat dihitung dengan cara menghitung tundaan lalulintas, tundaan geometrik jalan, dan tundaan rata rata. Setelah didapat data ke tiga point sebelumnya lalu dapat menghitung tundaan total. Lihat Tabel 4.12

Tabel 4.10: Nilai Tundaan Total

Lengan Jalan	Arus lalulintas (Q)	Tundaan Lalulintas (TL)	Tundaan Geometris (Tg)	Tundaan Rata-Rata (Ti)	Tundaan Lengan Simpang (2*5)
1	2	3	4	5	6
Utara	291	60.65	4.8	65.45	18928.1
Selatan	302	60.25	2.3	62.55	18890.1
Timur	289	60.65	4.8	65.45	18915.1
Barat	290	60.65	4.8	65.45	18980.5
Total Arus	1172	Tundaan Total Seluruh Simpang			75713.8
		Tundaan Rata- Rata Seluruh simpang			64.6

1) Tundaan Lalulintas

$$\begin{aligned}\text{TL Utara} &= c \times \frac{0.5 \times (1-R_H)^2}{(1-R_H \times D_J)} + \frac{N_{Q1} \times 3600}{c} \\ &= 79.31 \times [(0.5 \times (1-0.21)^2) / (1-0.21 \times 0.84)] + [(11.94 \times \\ &\quad 3600)/1405] \\ &= 79.31 \times [(0.5 \times 0.624) / 0.824] + 30.59 \\ &= 79.31 \times 0.379 + 30.59 \\ &= 60.65\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{TL Selatan} &= 79.31 \times [(0.5 \times (1-0.22)^2) / (1-0.22 \times 0.84)] + [(11.94 \times \\ &\quad 3600)/1405] \\ &= 79.31 \times [(0.5 \times 0.609) / 0.815] + 30.59 \\ &= 79.31 \times 0.374 + 30.59 \\ &= 60.25\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{TL Timur} &= 79.31 \times [(0.5 \times (1-0.21)^2) / (1-0.21 \times 0.84)] + [(11.94 \times \\ &\quad 3600)/1405] \\ &= 79.31 \times [(0.5 \times 0.624) / 0.824] + 30.59 \\ &= 79.31 \times 0.379 + 30.59 \\ &= 60.65\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{TL Barat} &= 79.31 \times [(0.5 \times (1-0.21)^2) / (1-0.21 \times 0.84)] + [(11.94 \times \\ &\quad 3600)/1405] \\ &= 79.31 \times [(0.5 \times 0.624) / 0.824] + 30.59 \\ &= 79.31 \times 0.379 + 30.59 \\ &= 60.65\end{aligned}$$

2) Rasio Kendaraan Henti

$$\begin{aligned}\text{Rkh Utara} &= 0.9 \times [N_q / (Q \times c)] \times 3600 \\ &= 0.9 \times [18.03 / (291 \times 79.31)] \\ &= 0.9 \times 0.00078 \times 3600 \\ &= 2.53\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rkh Selatan} &= 0.9 \times [N_q / (Q \times c)] \times 3600 \\ &= 0.9 \times [18.32 / (302 \times 79.31)] \times 3600 \\ &= 0.9 \times 0.00075 \times 3600 \\ &= 2.43\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Rkh Timur} &= 0.9 \times [Nq / (Q \times c)] \times 3600 \\
&= 0.9 \times [18.03 / (289 \times 79.31)] \times 3600 \\
&= 0.9 \times 0.00078 \times 3600 \\
&= 2.53
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Rkh Barat} &= 0.9 \times [Nq / (Q \times c)] \times 3600 \\
&= 0.9 \times [18.03 / (290 \times 79.31)] \times 3600 \\
&= 0.9 \times 0.00078 \times 3600 \\
&= 2.53
\end{aligned}$$

3) Porsi Kendaraan Belok

$$\begin{aligned}
P_b \text{ All} &= \sum PA / \sum Q \\
&= 684 / 1172 \\
&= 0.58
\end{aligned}$$

4) Tundaan Geometris

$$\begin{aligned}
\text{Tg Utara} &= (1 - R_{KH}) \times P_b \times 6 + (R_{KH} \times 4) \\
&= [(1 - 2.53) \times 0.58 \times 6] + (2.53 \times 4) \\
&= -5.32 + 10.12 \\
&= 4.8
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tg Selatan} &= (1 - R_{KH}) \times P_b \times 6 + (R_{KH} \times 4) \\
&= [(1 - 2.43) \times 0.58 \times 6] + (2.43 \times 4) \\
&= -7.46 + 9.72 \\
&= 2.3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tg Timur} &= (1 - R_{KH}) \times P_b \times 6 + (R_{KH} \times 4) \\
&= [(1 - 2.53) \times 0.58 \times 6] + (2.53 \times 4) \\
&= -5.32 + 10.12 \\
&= 4.8
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tg Barat} &= (1 - R_{KH}) \times P_b \times 6 + (R_{KH} \times 4) \\
&= [(1 - 2.53) \times 0.58 \times 6] + (2.53 \times 4) \\
&= -5.32 + 10.12 \\
&= 4.8
\end{aligned}$$

5) Tundaan Rata-Rata

$$\begin{aligned}\text{Ti Utara} &= \text{TL Utara} + \text{Tg Utara} \\ &= 60.65 + 4.8 \\ &= 65.45\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ti Selatan} &= \text{TL Selatan} + \text{Tg Selatan} \\ &= 60.25 + 2.3 \\ &= 62.55\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ti Timur} &= \text{TL Timur} + \text{Tg Timur} \\ &= 60.65 + 4.8 \\ &= 65.45\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ti Barat} &= \text{TL Barat} + \text{Tg Barat} \\ &= 60.65 + 4.8 \\ &= 65.45\end{aligned}$$

6) Tundaan Lengan Simpang

$$\begin{aligned}\text{Utara} &= Q \times \text{Ti} \\ &= 291 \times 65.45 \\ &= 18928.1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Selatan} &= 302 \times 62.55 \\ &= 18890.1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Timur} &= 289 \times 65.45 \\ &= 18915.1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Barat} &= 290 \times 65.45 \\ &= 18980.5\end{aligned}$$

7) Tundaan Total Seluruh Simpang

$$\begin{aligned}\text{Tundaan Total} &= 18928.1 + 18890.1 + 18915.1 + 18980.5 \\ &= 75713.8\end{aligned}$$

8) Tundaan Rata - Rata Seluruh Simpang

$$\begin{aligned}\text{Tundaan Rata - Rata} &= \text{Tundaan Total Seluruh Simpang} / \sum Q \\ &= 75713.8/1172 \\ &= 64.6 \text{ detik/skr}\end{aligned}$$

Dari tabel 4.12 dapat dilihat nilai tundaan rata – rata seluruh simpang adalah 64.6 detik/skr yang mana *level of service* dari simpang empat bersinyal yang penulis teliti adalah Tingkatan LOS E atau Rata - Rata Kontrol *Delay* (detik/Kendaraan) > 50 - 80, dengan keterangan Arus tidak stabil Lihat Tabel 2.4.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.2 Kesimpulan

Dari Hasil analisis dan pembahasan studi kasus dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tingkat Kinerja Persimpangan pada Simpang Jl. MH. Thamrin - Jl. D. I. Panjaitan dan Jl. Sutoyo Siswomiharjo Kota Sibolga adalah sebagai berikut:
 - a. Kapasitas = 1405 skr/jam
 - b. Derajat Kejenuhan = 0.84
 - c. Panjang Antrian = 171 skr
 - d. Tundaan seluruh Simpang = 64.6 detik/ skr

Maka menurut nilai-nilai variabel diatas, Simpang Jl. MH. Thamrin - Jl. D. I. Panjaitan dan Jl. Sutoyo Siswomiharjo Kota Sibolga termasuk simpang yang masih dikatakan layak.

2. Nilai tundaan rata – rata seluruh simpang pada Simpang Jl. MH. Thamrin - Jl. D. I. Panjaitan dan Jl. Sutoyo Siswomiharjo Kota Sibolga didapat 64.6 detik/skr yang mana *level of service* dari simpang empat bersinyal yang penulis teliti adalah Tingkatan LOS E atau Rata - Rata Kontrol *Delay* (detik/Kendaraan) > 50 - 80, dengan keterangan Arus tidak stabil

5.3 Saran

Dari hasil penelitian ini, ada beberapa saran yang mungkin akan berguna bagi instansi terkait, yaitu:

1. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat di tinjau untuk jangka waktu yang lebih lama
2. Diharapkan pemerintah untuk meninjau kembali Simpang Jl. MH. Thamrin - Jl. D. I. Panjaitan dan Jl. Sutoyo Siswomiharjo Kota Sibolga
3. Diharapkan tugas akhir ini dapat diteruskan atau dievaluasi kembali dalam rangka mendapatkan hasil yang optimal dan dapat dilakukan perbandingan terhadap hasil yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Munawar, (2004), *Manajemen Lalu Lintas Perkotaan*, Beta Offset, Jogjakarta.
- Alik Ansyori Alamsyah, (2005), *Rekayasa Lalu-lintas*, Universitas Muhammadiyah, Malang.
- C.Jotin Khisty, B.Kent Iall, (2002), *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi*, Terjemahan Fidel Miro, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga, (1997), *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), Sweroad bekerja samadengan PT. Bina Karya*, Jakarta.
- Hobbs, F, D, (1995), *Perencanaan dan Teknik Lalu-lintas*, Terjemahan oleh: Ir.Suprpto TM, M.Sc, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Ir. Sony Sulaksono, M.Sc, (2001), *Rekayasa Lalu lintas*, ITB, Bandung.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2014a). Bagian 5 - Kapasitas Simpang APILL. In *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 (PKJI'14) - Rancangan 1: Pedoman Bahan Konstruksi dan Rekayasa Sipil* (pp. 1-89). Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- PKJI. (2014). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- A Munawar. (2004). *Manajemen Lalu Lintas Perkotan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Morlok, E. K. (1988). *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Erlangga.
- Santoso, I. (1997). *Manajemen Lalu-Lintas Perkotaan*. Bandung: Badan Penerbit ITB.
- Tamin, O. Z. (2000). *Perencanaan & Pemodelan Transportasi*. Bandung: Badan Penerbit ITB.
- Wikipedia. (n.d.). Retrieved April 22, 2017, from Wikipedia: <http://id.wikipedia.org/wiki/persimpangan>

LAMPIRAN

DATA PRIMER

Tabel L1: Data Lalulintas Jl. Sutoyo Siswomiharjo (Utara)

jl. Sutoyo Siswomiharjo (Utara)							
Hari	Tanggal	Waktu	LV	HV	MC	UM	TOTAL
Jum'at	1 Juli 2022	08.00 - 09.00	84	14	112	5	215
		13.00 - 14.00	88	10	120	9	227
		17.00 - 18.00	85	14	107	4	209
Sabtu	2 Juli 2022	08.00 - 09.00	70	18	121	2	211
		13.00 - 14.00	91	15	143	6	254
		17.00 - 18.00	114	24	148	5	291
Minggu	3 Juli 2022	08.00 - 09.00	59	11	123	7	200
		13.00 - 14.00	81	8	119	7	215
		17.00 - 18.00	112	16	126	4	258
Senin	4 Juli 2022	08.00 - 09.00	58	9	121	8	196
		13.00 - 14.00	80	6	115	6	208
		17.00 - 18.00	112	14	112	8	245
Selasa	5 Juli 2022	08.00 - 09.00	77	11	102	5	195
		13.00 - 14.00	81	8	105	4	198
		17.00 - 18.00	78	11	108	7	204
Rabu	6 Juli 2022	08.00 - 09.00	63	15	125	7	211
		13.00 - 14.00	84	12	129	8	233
		17.00 - 18.00	107	22	123	7	259
Kamis	7 Juli 2022	08.00 - 09.00	65	12	103	8	187
		13.00 - 14.00	87	9	131	9	236
		17.00 - 18.00	119	17	111	5	251

Tabel L2: Data Lalulintas Jl. Sutoyo Siswomiharjo (Selatan).

jl. Sutoyo Siswomiharjo (Selatan)							
Hari	Tanggal	Waktu	LV	HV	MC	UM	TOTAL
Jum'at	1 Juli 2022	08.00 - 09.00	87	10	100	3	200
		13.00 - 14.00	91	8	132	11	242
		17.00 - 18.00	88	10	95	2	194
Sabtu	2 Juli 2022	08.00 - 09.00	73	13	133	4	223
		13.00 - 14.00	94	11	131	5	240
		17.00 - 18.00	117	18	160	7	302
Minggu	3 Juli 2022	08.00 - 09.00	62	8	111	5	186
		13.00 - 14.00	84	6	131	9	230
		17.00 - 18.00	115	12	114	2	242

Tabel L2: Lanjutan.

Hari	Tanggal	Waktu	LV	HV	MC	UM	TOTAL
Senin	4 Juli 2022	08.00 - 09.00	61	7	133	10	211
		13.00 - 14.00	83	5	103	4	195
		17.00 - 18.00	115	11	124	10	259
Selasa	5 Juli 2022	08.00 - 09.00	80	8	90	3	181
		13.00 - 14.00	84	6	117	6	213
		17.00 - 18.00	81	8	96	5	190
Rabu	6 Juli 2022	08.00 - 09.00	66	11	137	9	224
		13.00 - 14.00	87	9	117	6	219
		17.00 - 18.00	110	16	135	9	270
Kamis	7 Juli 2022	08.00 - 09.00	68	9	91	6	173
		13.00 - 14.00	90	6	143	11	251
		17.00 - 18.00	122	12	99	3	236

Tabel L3: Data Lalulintas Jl.D.I Panjaitan (Timur).

Jl. D. I. Panjaitan (Timur)							
Hari	Tanggal	Waktu	LV	HV	MC	UM	TOTAL
Jum'at	1 Juli 2022	08.00 - 09.00	93	8	91	4	196
		13.00 - 14.00	97	7	123	5	232
		17.00 - 18.00	94	9	86	3	191
Sabtu	2 Juli 2022	08.00 - 09.00	79	9	124	5	217
		13.00 - 14.00	100	11	122	6	239
		17.00 - 18.00	123	7	151	8	289
Minggu	3 Juli 2022	08.00 - 09.00	68	6	102	6	182
		13.00 - 14.00	90	8	122	7	227
		17.00 - 18.00	121	9	105	3	238
Senin	4 Juli 2022	08.00 - 09.00	67	6	124	9	206
		13.00 - 14.00	89	7	94	5	196
		17.00 - 18.00	121	9	115	11	255
Selasa	5 Juli 2022	08.00 - 09.00	86	5	81	4	176
		13.00 - 14.00	90	9	108	7	214
		17.00 - 18.00	87	6	87	6	186
Rabu	6 Juli 2022	08.00 - 09.00	72	8	128	6	214
		13.00 - 14.00	93	7	108	7	215
		17.00 - 18.00	116	9	126	10	261
Kamis	7 Juli 2022	08.00 - 09.00	74	6	82	9	171
		13.00 - 14.00	96	7	134	8	246
		17.00 - 18.00	128	9	90	4	230

Tabel L4: Data Lalulintas Jl. MH. Thamrin (Barat).

jl. MH. Thamrin (Barat)							
Hari	Tanggal	Waktu	LV	HV	MC	UM	TOTAL
Jum'at	1 Juli 2022	08.00 - 09.00	96	5	93	4	198
		13.00 - 14.00	101	4	125	3	233
		17.00 - 18.00	97	6	88	6	197
Sabtu	2 Juli 2022	08.00 - 09.00	83	6	126	5	220
		13.00 - 14.00	103	8	124	4	239
		17.00 - 18.00	127	4	153	7	291
Minggu	3 Juli 2022	08.00 - 09.00	72	3	104	6	185
		13.00 - 14.00	94	5	124	5	228
		17.00 - 18.00	125	6	107	6	243
Senin	4 Juli 2022	08.00 - 09.00	71	3	126	9	209
		13.00 - 14.00	93	4	96	3	196
		17.00 - 18.00	124	6	117	7	254
Selasa	5 Juli 2022	08.00 - 09.00	89	2	83	4	178
		13.00 - 14.00	94	6	110	5	215
		17.00 - 18.00	90	3	89	9	191
Rabu	6 Juli 2022	08.00 - 09.00	76	5	130	6	217
		13.00 - 14.00	96	4	110	5	215
		17.00 - 18.00	120	6	128	8	261
Kamis	7 Juli 2022	08.00 - 09.00	78	3	84	9	173
		13.00 - 14.00	100	4	136	6	246
		17.00 - 18.00	131	6	92	7	236

Jumlah Penduduk Kota Sibolga

Kecamatan/Kelurahan	Jumlah Penduduk (Jiwa)								
	Laki-Laki			Perempuan			Jumlah		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
SIBOLGA UTARA	10837	10869	10893	10867	10890	10922	21704	21759	21815
Sibolga Ilir	3388	3398	3405	3267	3274	3284	6655	6672	6689
Angin Nauli	1881	1887	1891	1958	1962	1968	3840	3849	3859
Huta Tonga-Tonga	1409	1413	1416	1500	1503	1508	2908	2916	2924
Hutabarangan	1195	1197	1200	1206	1209	1212	2401	2406	2412
Simare-mare	2964	2974	2981	2936	2942	2950	5900	5916	5931
SIBOLGA KOTA	7070	7112	7127	7055	7080	7101	14125	14192	14228
Kota Beringin	1048	1053	1055	1097	1099	1102	2145	2152	2157
Pasar Baru	662	666	667	804	806	808	1467	1472	1475
Pasar Belakang	2749	2765	2771	2583	2593	2601	5332	5358	5372
Pancuran Gerobak	2611	2628	2634	2571	2582	2590	5181	5210	5224
SIBOLGA SELATAN	15545	15620	15654	14962	14983	15027	30507	30603	30681
Aek Manis	3301	3317	3324	3113	3118	3127	6414	6435	6451
Aek Habil	4658	4680	4690	4509	4516	4529	9166	9196	9219
Aek Parombunan	5041	5066	5077	4969	4975	4990	10010	10041	10067
Aek Muara Pinang	2545	2557	2563	2371	2374	2381	4916	4931	4944
SIBOLGA SAMBAS	10063	10125	10147	10390	10411	10442	20453	20536	20589
Pancuran Pinang	2327	2342	2347	2475	2480	2487	4802	4822	4834
Pancuran Kerambil	1421	1431	1434	1543	1547	1552	2964	2978	2986
Pancuran Dewa	2540	2556	2562	2511	2516	2523	5051	5072	5085
Pancuran Bambu	3775	3796	3804	3860	3868	3880	7635	7664	7684
KOTA SIBOLGA	43515	43726	43821	43274	43364	43492	86789	87090	87313

Sumber: Badan Pusat Statistik Kota Sibolga

Source Url: <https://sibolgakota.bps.go.id/indicator/12/53/1/jumlah-penduduk.html>

Access Time: July 16, 2022, 4:19 pm

Formulir Pengisian Data Arus Lalulintas Simpang APILL PKJI 2014

SIMPANG APILL		Tanggal	:	08 Juli 2022										
		Kota	:	Sibolga										
Arus Lalulintas		Simpang	:	Jl. MH. Thamrin - Jl. D. I. Panjaitan dan Jl. Sutoyo Siswomiharjo										
		Ukuran Kota	:	87.313 Jiwa										
		Prihal	:	Empat Fase										
		Periode	:	Jam puncak sore hari										
Pendekat	Arah	Kendaraan Bermotor												Kendaraan Tak bermotor
		Qkr			Qkb			Qsm			Qkbn			Qktm
		ekr terlindung =			ekr terlindung =			ekr terlindung =			Total arus kendaraan bermotor			Arus Kendaraan Tak bermotor
		ekr terlawan =			ekr terlawan =			ekr terlawan =						
		Kend/ jam	Terlindung	Terlawan	Kend/ jam	Terlindung	Terlawan	Kend/ jam	Terlindung	Terlawan	Kend/ jam	Terlindung	Terlawan	
Utara	Lrs	114	114	114	24	32	32	148	30	59	286	175	205	5
Timur	Lrs	123	123	123	7	9	9	151	30	60	281	162	193	8
Selatan	Lrs	117	117	117	18	23	23	160	32	64	295	172	204	7
Barat	Lrs	127	127	126.6	4	5	5	153	31	61	284	162	193	7

Formulir Pengisian Data Geometrik, Pengaturan Lalulintas dan Lingkungan Simpang APILL PKJI 2014

SIMPANG APILL	Tanggal :	08 Juli 2022								
	Kota :	Sibolga								
Data:	Simpang :	Jl. MH. Thamrin - Jl. D. I. Panjaitan dan Jl. Sutoyo Siswomiharjo								
Geometrik	Ukuran Kota :	87.313 Jiwa								
Pengaturan Lalulintas	Prihal :	Empat Fase								
Lingkungan	Periode :	Jam puncak sore hari								
Seketsa Fase Apill										
Utara	Timur	Selatan	Barat	Waktu Siklus, c						
				c = 80 detik						
H = 45	H = 25	H = 35	H = 15	Waktu Hijau Hilang Total, Hh						
Ah = 0	Ah = 4	Ah = 4	Ah = 4	Hh = 12 detik						
Sketsa Simpang :										
Kondisi Lapangan										
Kode Pendekat	Tipe Legkungan Jalan	Hambatan Samping	Median	Kelandaian (%)	BKijT	Jarak Kendaraan Parkir	Lebar Pendekat, m			
							L	Lm	Lbkijt	Lk
U	KIM	Rendah	Tidak	0	ya	0	7	3.5	3.5	3.5
S	KIM	Rendah	Tidak	0	ya	0	7	3.5	3.5	3.5
T	KIM	Rendah	Tidak	0	ya	0	7	3.5	3.5	3.5
B	KIM	Rendah	Tidak	0	ya	0	7	3.5	3.5	3.5

FOTO DOKUMENTASI



Gambar L1: Dokumentasi Penulis di Lokasi Penelitian



Gambar L2: Dokumentasi Lengan Jalan Sutoyo Siswomiharjo



Gambar L3: Dokumentasi Lengan Jalan Sutoyo Siswomiharjo



Gambar L4: Dokumentasi Lengan Jalan DI Panjaitan



Gambar L5: Dokumentasi Lengan Jalan MH Thamrin



Gambar L6: Dokumentasi Subjek Penelitian Sepeda Motor



Gambar L7: Dokumentasi Subjek Penelitian Truck Besar



Gambar L8: Dokumentasi Subjek Penelitian Kedaraan Ringan

RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Raja Nauli Siregar
Tempat, Tanggal Lahir : Gunung Tua, 25 Februari 1996
Alamat : Jl. Merdeka No. 24 Pasar Gunung Tua, Kecamatan Padang Bolak, Kabupaten Padang Lawas Utara
Jenis Kelamin : Laki- Laki
Agama : Islam
No. HP/Telp. Seluler : 0822-7237-3646
E-Mail : razanaulisiregar@gmail.com
Nama Orang Tua
Ayah : Erwin Siregar, SH
Ibu : Ettyn Yuni Astuti, SH

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1507210130
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA, No.3, Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SDN 1 Padang Bolak	2008
2	SMP	SMPN 3 Padang Bolak	2011
3	SMA	SMAN 1 Padang Bolak	2014
4	Melanjutkan Kuliah di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2015 Hingga Selesai		