

TUGAS AKHIR

ANALISA PENENTUAN FASE DAN WAKTU SIKLUS OPTIMUM PADA PERSIMPANGAN BERSINYAL JL. ASAHAN SIMPANG JL. PENDETA JUSTIN SIHOMBING KOTA SIANTAR (*Studi Kasus*)

*Diajukan untuk memenuhi Sebagai Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana teknik (ST)
Program Teknik Sipil*

DI SUSUN OLEH:

GUSTI FIRMANSYAH TAMBUNAN
1507210216



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : GUSTI FIRMANSYAH TAMBUNAN

NPM : 1507210216

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : ANALISA PENENTUAN FASE DAN WAKTU SIKLUS
OPTIMUM PADA PERSIMPANGAN BERSINYAL JL.
ASAHAN SIMPANG JL. PENDETA JUSTIN SIHOMBING
KOTA SIANTAR (Studi Kasus)

Bidang ilmu : Transportasi

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

Medan, Juni 2021

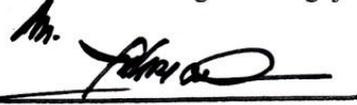
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



Ir. Zurkiyah, M.T

Dosen Pembimbing II / Penguji



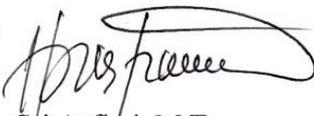
Wiwin Nurzanah, S.T., M.T

Dosen Pembanding I / Penguji



Hj. Irma Dewi, ST., M.Si

Dosen Pembanding II / Penguji



Ir. Sri Asfiati, M.T

Program Studi Teknik Sipil

Ketua,



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gusti Firmansyah Tambunan
Tempat / Tanggal Lahir : Tarutung, 21 Mei 1997
NPM : 1507210216
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Analisa Penentuan Fase Dan Waktu Siklus Optimum Pada Persimpangan Bersinyal Jl. Asahan Simpang Jl. Pendeta Justin Sihombing Kota Siantar (Studi Kasus)”

Bukan merupakan plagiatisme, 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 keserjanaan 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 Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Juni 2021

Saya yang menyatakan,



Gusti Firmansyah Tambunan

ABSTRAK

ANALISA PENENTUAN FASE DAN WAKTU SIKLUS OPTIMUM PADA PERSIMPANGAN BERSINYAL JL. ASAHAN SIMPANG JL. PENDETA JUSTIN SIHOMBING KOTA SIANTAR (Studi Kasus)

Gusti Firmansyah Tambunan
1507210216
Ir. Zurkiyah, M.T.
Wiwin Nurzanah, S.T.,M.T.

Persimpangan merupakan sumber konflik lalu lintas salah satunya kemacetan. Persimpangan tiga lengan di jalan Asahan dan jalan Pendeta Justin Sihombing merupakan salah satu lokasi yang sering terjadi kemacetan akibat perpotongan arus lalu lintas yang tidak teratur dan terdapat berbagai fasilitas umum di sekitarnya yang menyebabkan geometrik jalan tidak dapat lagi menampung kendaraan yang lewat karena banyak kendaraan parkir di pinggir jalan serta permasalahan lampu pengatur lalu lintas yang sudah tidak berfungsi lagi sehingga di lokasi persimpangan sering terjadi antrian dan tundaan pada tiap lengan persimpangan.

Tujuan penelitian ini antara lain untuk mengetahui besarnya volume arus lalu lintas untuk setiap arah dari semua pendekatan serta situasi dan kondisi lalu lintas tanpa sinyal pada persimpangan sebelum dilakukan perencanaan pengaturan fase sinyal yang sesuai kondisi geometri arus lalu-lintas dan lingkungan persimpangan. Penelitian dimulai dengan pengukuran awal data geometrik lengan persimpangan kemudian mengambil data volume lalu lintas dengan melakukan survey selama 7 hari pada tanggal 21 sampai 26 maret 2020 yakni pagi, siang dan sore. Hasil penelitian menunjukkan pada fase sinyal didapat rata rata DS 0.93 dengan waktu siklus 78 detik, waktu hijau sebesar : fase 1 (50 detik), fase 2 (50 detik), fase 3 (50 detik) serta tundaan rata-rata 87.351 det/smp. Nilai DS telah melebihi angka 0,80 artinya tidak terlalu efektif dan sering terjadi kemacetan sehingga didapat tundaan yang besar pada simpang. Dari masalah kemacetan lalu-lintas di persimpangan Jl. Asahan Simpang Jl. Pendeta Justin Sihombing kota Siantar. Didapatkan data bahwa derajat kejenuhan (DS) pada persimpangan tersebut lebih tinggi dari 0.85 ini berarti arus terhambat, kecepatan rendah yang akan menyebabkan antrian panjang dan akan mengakibatkan kemacetan pada kondisi lalu lintas puncak, sehingga perlu diadakan perubahan-perubahan pada persimpangan tersebut. Perubahan tersebut dimaksud untuk meningkatkan kapasitas persimpangan jalan dan tingkat pelayanan persimpangan jalan tersebut.

Kata Kunci : siklus optimum, konflik lalu lintas, tundaan, derajat kejenuhan.

ABSTRACT

OPTIMUM CYCLE PHASE AND TIME DETERMINATION ANALYSIS ON SIGNAL JL. ASAHAN SIMPANG JL. Pastor JUSTIN SIHOMBING SIANTAR CITY (Case study)

Gusti Firmansyah Tambunan
1507210216
Ir. Zurkiyah, M.T.
Wiwin Nurzanah, S.T., M.T.

Crossroads are a source of traffic conflict, one of which is congestion. The three-arm intersection on Jalan Asahan and Jalan Pendeta Justin Sihombing is one of the locations where traffic jams often occur due to the intersection of irregular traffic flows and there are various public facilities in the vicinity which causes the geometric road to no longer accommodate passing vehicles because many vehicles park on the side of the road and the problem of traffic lights that are no longer functioning so that at the intersection location there are often queues and delays at each intersection arm.

The purpose of this study, among others, is to determine the volume of traffic flow for each direction from all approaches as well as the situation and conditions of traffic without signals at the intersection before planning the signal phase arrangement according to the geometric conditions of traffic flow and the intersection environment. The study began with initial measurements of the geometric data of the intersection arm and then took traffic volume data by conducting a survey for 7 days on March 21 to 26, 2020, namely morning, afternoon and evening. The results showed that the signal phase obtained an average DS of 0.93 with a cycle time of 78 seconds, green time of: phase 1 (50 seconds), phase 2 (50 seconds), phase 3 (50 seconds) and an average delay of 87.351 seconds/pcu . The DS value has exceeded 0.80, meaning that it is not very effective and congestion often occurs so that a large delay is obtained at the intersection. From the problem of traffic jams at the intersection of Jl. Asahan Simpang Jl. Pastor Justin Sihombing, Siantar City. The data obtained that the degree of saturation (DS) at the intersection is higher than 0.85, this means that the flow is blocked, the speed is low which will cause long queues and will result in congestion in peak traffic conditions, so it is necessary to make changes to the intersection. The change is intended to increase the capacity of the road junction and the level of service at the intersection.

Keywords: optimum cycle, traffic conflict, delay, degree of saturation.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah 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 Penentuan Fase Dan Waktu Siklus Optimum Pada Persimpangan Bersinyal Jl. Asahan Simpang Jl. Pendeta Justin Sihombing Kota Siantar (studi kasus)” 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 terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Ir. Zurkiyah, M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Wiwin Nurzanah, ST, MT selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Irma Dewi, S.T., M.Si selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Ir Sri Asfiati, M.T. selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibu Irma Dewi, S.T., M.Si selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipil kepada penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Kedua orang tua penulis: Marzuki Tambunan dan Nurilam Pasaribu yang telah memberi semangat dan masukan yang sangat berarti bagi saya pribadi.
11. Sahabat-sahabat penulis: Dahlan Sani Ritonga, Rizky Ansyori Daulay, Sandy Lana Harahap, Kelompok Hijrahlah dan khususnya kelas B2 stambuk 2015 yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu yang telah memberi semangat dan masukan yang sangat berarti bagi saya.

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 dan konstruksi Teknik sipil.

Medan, Juni 2021

Gusti Firmansyah Tambunan

DAFTAR ISI

HALAMAN DEPAN	
HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
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. Umum	5
2.1.1. Jenis-jenis Simpang	6
2.2. Sifat Umum Persimpangan	7
2.2.1. Volume dan Kecepatan Rencana	7
2.2.2. Pengendalian Persimpangan	9
2.2.2.1. Rambu Berhenti	9
2.2.2.2. Rambu Pengendalian Kecepatan	10
2.2.2.3. Kanalisasi Dipersimpangan (<i>channelization</i>)	10
2.2.2.4. Bundaran (<i>Rotary</i>) dan Perputaran (<i>Roundabout</i>)	11
2.2.2.5. Persimpangan Tanpa Rambu	11
2.2.2.6. Pengaturan Dengan Lampu Lalu Lintas	12
2.2.3. Penggunaan Sinyal	13
2.2.4. Konflik Lalu Lintas	15

2.3. Lebar dan Jumlah Lajur Pada Kaki Persimpangan	17
2.4. Persimpangan Dengan Lampu Lalu Lintas	17
2.4.1. Dasar Operasional Sinyal Lampu Lalu Lintas	18
2.5. Desain Operasional Lampu Lalu Lintas	24
2.5.1. Pengendalian Dua Fase	25
2.5.2. Pengendalian Multi Fase	25
2.6. Penentuan Arus Lalu Lintas Jenuh	26
2.6.1. Pengukuran Arus Jenuh	26
2.6.2. Estimasi Arus Jenuh	26
2.7. Kapasitas Persimpangan Jalan	27
2.7.1. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kapasitas	28
2.7.2. Kapasitas Dari Persimpangan Bersinyal	28
2.8. Perilaku Lalu Lintas	29
2.8.1. Panjang Antrian	29
2.8.2. Angka Henti	31
2.8.3. Tundaan (<i>Delay</i>)	31
2.8.4. Derajat Kejenuhan	34
2.8.5. Faktor jam Puncak	35
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1. Bagan Alir Penelitian	36
3.2. Pengumpulan Data	37
3.2.1. Data Primer	37
3.2.2. Pengumpulan Data Volume Lalu Lintas	38
3.2.3. Pengumpulan Data Geometrik Jalan	39
3.2.4. Pengumpulan Data Sinyal	39
3.2.5. Pengumpulan Data Kondisi Lingkungan	39
3.3. Data Lalu Lintas	40
3.3.1. kondisi Sinyal	41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Pengumpulan Data	42
4.1.1. Lokasi	42
4.2. Periode Survei	42

4.2.1. Arus Lalu Lintas Aktual	42
4.2.2. Arus Lalu Lintas Jenuh	42
4.3. Analisa Data	42
4.3.1. Jalan Pendeta Justin Sihombing	42
4.3.2. Jalan Asahan Kiri –Lurus	45
4.3.3. Jalan Asahan Kanan - Lurus	48
4.4. Perhitungan Waktu Siklus Optimum	51
4.4.1. Penggunaan Dua Fase dengan Perhitungan Waktu Siklus Optimum	51 51
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	54
5.2. Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Simpang Sebidang (Morlok; 1991)	6
Gambar 2.2: Simpang tak Sebidang (Morlok; 1991)	7
Gambar 2.3: Rambu pengendali persimpangan (Menteri Perhubungan RI no.13 tahun 2014)	13
Gambar 2.4: Tipikal Pengaturan Fase APILL Pada Simpang 3 (MKJI 1997)	13
Gambar 2.5: Tipikal Pengaturan 3 Fase APILL Simpang 4, khususnya Pemisah Pergerakan Belok kanan (MKJI 1997)	14
Gambar 2.6: Tipikal Pengaturan 4 Fase APILL Simpang 4, khususnya Pemisah Pergerakan Belok kanan (MKJI 1997)	15
Gambar 2.7: Konflik Yang Terjadi Pada Persimpangan (MKJI; 1997)	16
Gambar 2.8: Model Dasar Untuk Arus Jenuh (Akcelik; 1989)	21
Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian	36
Gambar 3.2: Peta Lokasi (google map 2021)	37
Gambar 3.3: Denah Simpang (hasil penelitian)	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Lebar Lajur Perkerasan (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Dirjen Bina Marga 1997).	17
Tabel 2.2: Waktu Antar Hijau Indonesia (Manual kapasitas jalan Indonesia).	23
Tabel 2.3: Tingkat Pelayanan (US-HCM, 1985)	32
Tabel 2.4: Hubungan tingkat pelayanan dengan derajat kejenuhan (<i>Highway Capacity Manual</i>)	34
Tabel 3.1: Tabel Pendekat (hasil penelitian)	40
Tabel 3.2: Volume Jam Puncak (SMP) Jl.Asahan dan Jl. Justin Sihombing. (hasil perhitungan)	41
Tabel 3.3: Data Siklus Lampu Lalu Lintas (hasil perhitungan)	42

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Lalu lintas dapat menjadi barometer kemajuan dari suatu daerah atau kota yang volume lalu lintas tinggi. Lalu lintas lancar dan teratur dapat menunjukkan bahwa disiplin berlalu lintas dari penduduknya juga tinggi yang berarti pembangunan pada daerah tersebut berkembang secara baik. Semakin meningkatnya perekonomian penduduk sehingga mampu untuk memiliki kendaraan pribadi sehingga mengakibatkan semakin ramainya lalu-lintas pada kota-kota yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi. Dengan demikian kemacetan dan kesembrautan lalu-lintas juga meningkat.

Untuk mengatasi kemacetan dan kesembrautan lalu-lintas tersebut diperlukan suatu sistem penentuan fase dan pengaturan lalu-lintas yang baik dan sangat berpengaruh pada kelancaran, kenyamanan, dan keselamatan bagi kendaraan yang melewati jalan tersebut. Sistem penentuan fase dan pengaturan lalu-lintas biasanya lebih ditekankan pada lokasi-lokasi dimana terjadi pertemuan-pertemuan jalan atau persimpangan jalan. Karena pada pertemuan dua jalan atau lebih ini mengakibatkan adanya titik konflik yang akhirnya terjadi kemacetan lalu-lintas.

Persimpangan jalan secara konstruksi diklasifikasikan sebagai persimpangan sebidang (*at-grade intersection*) dan persimpangan tidak sebidang (*grade separate intersection*). Dimana persimpangan itu memerlukan fase, menurut Soejono (1996), fase itu adalah suatu alat pemberi isyarat dalam satu waktu siklus yang memberikan hak jalan pada satu atau lebih gerakan lalu lintas untuk memperlancar arus kendaraan. Sedangkan menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), fase adalah bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijau bagi kombinasi tertentu dari gerakan lalu-lintas. Berdasarkan pelayanan untuk persimpangan, ada empat jenis control pengaturan lalu-lintas yang dapat dilakukan, yaitu:

1. Tanpa pengaturan lalu-lintas
2. Pengaturan dengan rambu peringatan

3. Pengaturan dengan rambu berhenti
4. Pengaturan dengan sinyal lalu-lintas (*traffic signal*)

Ketiga jenis persimpangan pertama dapat digolongkan dalam kelompok persimpangan tanpa kendali perangkat pengatur lalu-lintas atau persimpangan tanpa lalu-lintas (*unsignalized intersection*). Sedangkan yang nomor empat disebut juga dengan persimpangan dengan lampu lalu-lintas (*signalized intersection*).

I.2. Rumusan Masalah Penelitian

Aktifitas yang dilakukan masyarakat secara tidak langsung membuat kawasan-kawasan tertentu, dimana daerah tersebut mempunyai suatu aktifitas tertentu yang dominan dilaksanakan didaerah yang dimaksud, maka permasalahan yang diperlukan untuk kajian adalah:

1. Bagaimana sistem pengaturan lampu lalu lintas di persimpangan Jl. Asahan simpang Jl. Pendeta Justin Sihombing kota Siantar.
2. Bagaimana cara mengatasi terjadinya kemacetan dipersimpangan bersinyal Jl. Asahan simpang Jl. Pendeta Justin Sihombing kota Siantar.

I.3. Ruang Lingkup Penelitian

Untuk mendapatkan suatu sistem pengaturan pada persimpangan jalan, banyak faktor-faktor yang harus dipertimbangkan untuk mendapatkan pemecahan masalah. Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis membatasi pokok permasalahan dan penyelesaiannya dengan mengarahkan penulisan ini pada pokok pembahasan yang relevan dengan judul. Faktor yang paling pokok dibahas berkaitan dengan permasalahan pada persimpangan tersebut antara lain :

- Kondisi geometrik
- Volume lalu-lintas
- Titik-titik konflik arus lalu-lintas, dan
- Data sinyal lalu-lintas

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun maksud penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengatasi terjadinya kemacetan yang terjadi disetiap lengan persimpangan. Sedangkan tujuannya adalah:

1. Untuk mengetahui suatu sistem pengaturan lampu lalu-lintas, yakni fase dan waktu siklus yang optimum di persimpangan Jl. Asahan Simpang Jl. Pendeta Justin Sihombing kota Siantar.
2. Untuk mendapatkan solusi dari masalah kemacetan lalu-lintas di persimpangan Jl. Asahan Simpang Jl. Pendeta Justin Sihombing kota Siantar.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari tugas akhir ini adalah :

1. Secara praktis memberikan masukan khususnya kepada Pemerintah dalam menerapkan kebijakan agar pergerakan kendaraan dapat terkoordinasi dengan baik dan meminimalkan kemacetan yang terjadi di persimpangan Jl. Asahan Simpang Jl. Pendeta Justin Sihombing kota Siantar.
2. Bagi penulis merupakan tambahan ilmu pengetahuan dan wawasan yang sangat berharga yang disinkronkan dengan pengetahuan teoritis yang diperoleh dari bangku kuliah, serta sebagai salah satu syarat guna menyelesaikan pendidikan Strata 1 (S1) pada Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

1.6. Sistematika Penulisan

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

BAB 1 PENDAHULUAN

Merupakan bingkai studi atau rancangan yang akan meliputi umum, latar belakang, perumusan masalah penelitian, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang metode penelitian umum mengenai perparkiran. Berisi juga tentang dasar-dasar teori yang digunakan dalam penyesuaian masalah-masalah yang ada dan menjadi bahan acuan dalam penelitian ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang metode penulisan meliputi kerangka penulisan yang berisi metode penelitian, bahan penelitian dan metode survey, peralatan penelitian, waktu penelitian serta metode pengumpulan data yang sesuai dengan tujuannya.

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang data perhitungan dan analisis yang telah diperoleh untuk penyelesaian permasalahan kemacetan lalu-lintas di persimpangan Jl. Ahmad Yani Simpang Jl. Sisingamangaraja Kota Siantar.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan penutup yang berisikan tentang kesimpulan yang telah diperoleh dari pembahasan pada bab sebelumnya, dan saran mengenai hasil penelitian yang dapat dijadikan masukan yang diperlukan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Persimpangan jalan adalah simpul pada jaringan jalan dimana ruas jalan bertemudan lintasan arus kendaraan berpotongan. Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan menggunakan ruang jalan pada persimpangan secara bersama-sama dengan dengan lalu lintas lainnya. 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*).

Simpang merupakan tempat sumber konflik lalu lintas yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadi konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya atau pun antara kendaran dengan pejalan kaki. Oleh karena itu merupakan aspek penting didalam pengendalian lalu lintas. Masalah utama yang saling kait mengait pada simpang adalah:

1. Volume dan kapasitas, yang secara langsung mempengaruhi hambatan.
2. Desain geometrik dan kebebasan pandang.
3. Kecelakaan dan keselamatan jalan, kecepatan, lampu jalan.
4. Parkir, akses dan pembangunan umum.
5. Pejalan kaki.
6. Jarak antar simpang.

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.

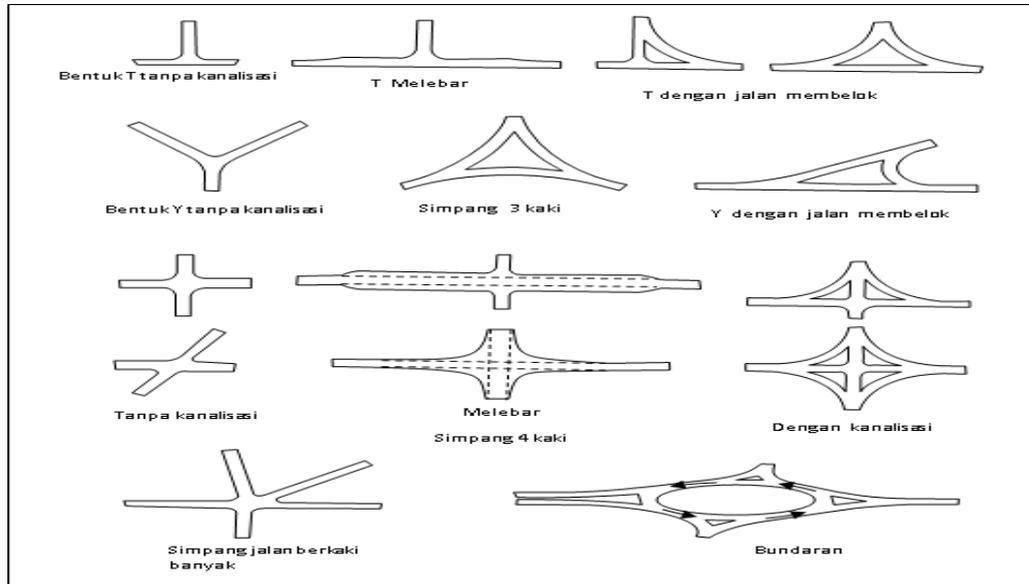
2.1.1. Jenis-jenis simpang

Secara garis besarnya terbagi dalam dua bagian:

1. Simpang sebidang

Simpang sebidang adalah simpang dimana berbagai jalan atau ujung jalan masuk simpang mengarahkan lalu lintas masuk kejalan yang dapat berlawanan dengan lalu lintas lainnya. Pada simpang sebidang menurut jenis fasilitas pengatur lalu lintas menjadi 2 (dua) bagian:

- a. Simpang bersinyal (*signalised intersection*) adalah persimpangan jalan yang pergerakan atau arus lalu lintas dari setiap pendekatannya diatur oleh lampu sinyal untuk melewati persimpangan secara bergilir.
- b. Simpang tak bersinyal (*unsignalised intersection*) adalah pertemuan jalan yang tidak menggunakan sinyal pada pengaturannya.

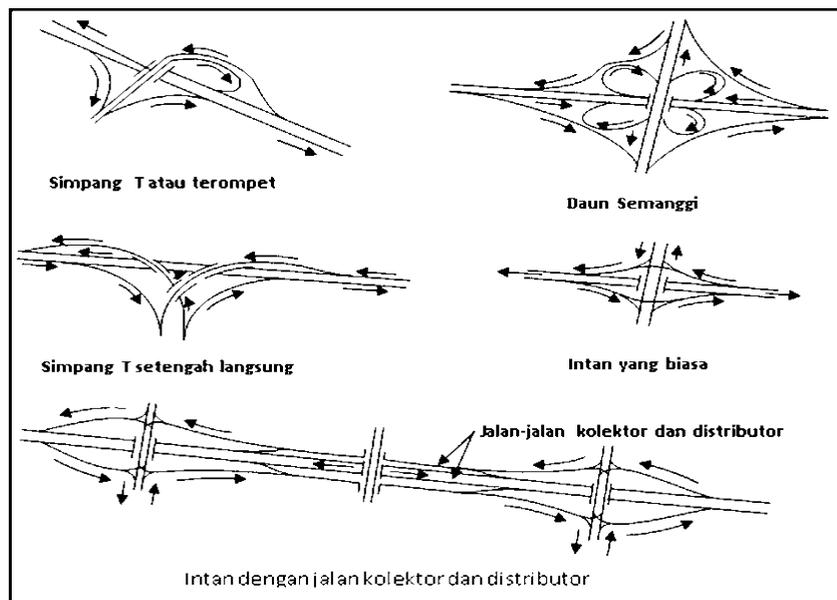


Gambar 2.1: simpang sebidang (Morlok, 1991)

2. Simpang tak sebidang

Sedangkan simpang tak sebidang, sebaiknya yaitu memisah-misahkan lalu lintas pada jalur yang berbeda sedemikian rupa sehingga jalur dari kendaraan-

kendaraan hanya terjadi pada tempat dimana kendaraan-kendaraan memisah dari atau bergabung menjadi satu lajur gerak yang sama. (contoh jalan layang), karena kebutuhan untuk menyediakan gerakan membelok tanpa berpotongan, maka dibutuhkan tikungan yang besar dan sulit serta biaya yang mahal. Pertemuan jalan tidak sebidang juga membutuhkan daerah yang luas serta penempatan dan tata letaknya sangat dipengaruhi topografi. Adapun contoh simpang susunan disajikan secara visual pada Gambar berikut:



Gambar 2.2: simpang tak sebidang (Morlok, 1991)

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 weekly 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 $< 15 \text{ Km/Jam}$
 2. Tanpa tanda *Stop*, berarti mempunyai kecepatan rencana $> 20 \text{ Km/Jam}$
- 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 20 Km/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.

2.2.2.1. 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.

2.2.2.2. 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.

2.2.2.3. 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.

2.2.2.4. Bundaran (*Roundabout*) dan Perputaran (*Rotation*)

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.

2.2.2.5. 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 mencapai kecepatan yang diinginkan.

2.2.2.6. 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.

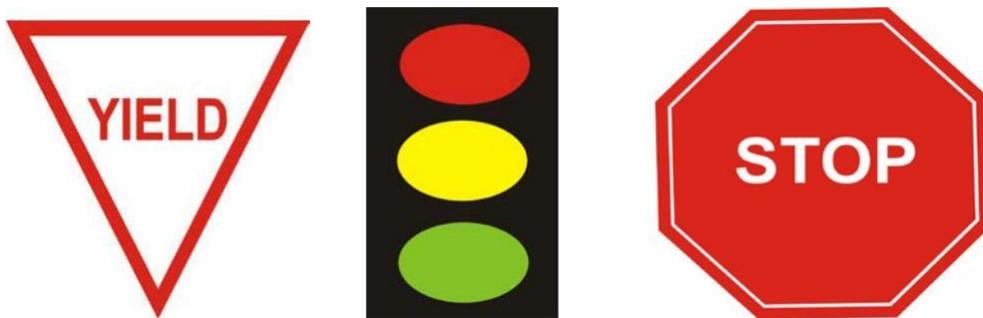
Warna yang menyala pada lampu lalu lintas dibedakan dengan warna, bentuk dan kontinuitasnya. Ada tiga warna yang digunakan:

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 memory alat pengendali.

Contoh rambu pengendali lalu-lintas pada persimpangan dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3: Rambu pengendali persimpangan (Menteri Perhubungan RI no.13 tahun 2014)

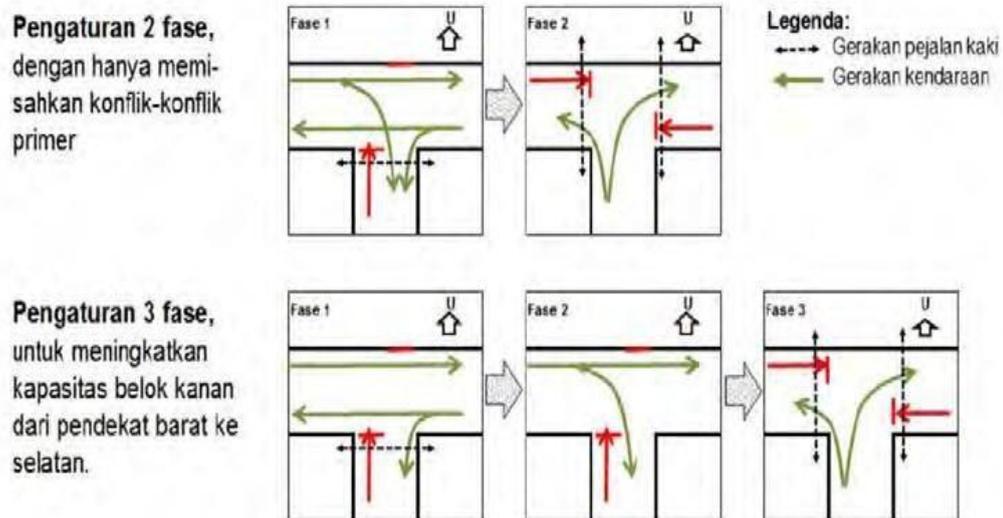
Pada kondisi dimana kecepatan rencana ditetapkan 60 km/jam maka *type stop control* tidak dapat digunakan. Didalam menetapkan pemilihan macam teknik pengendalian yang digunakan pada persimpangan ditentukan oleh faktor-faktor: keamanan, waktu menunggu dan pengurangan kapasitas.

2.2.3. Penggunaan Sinyal

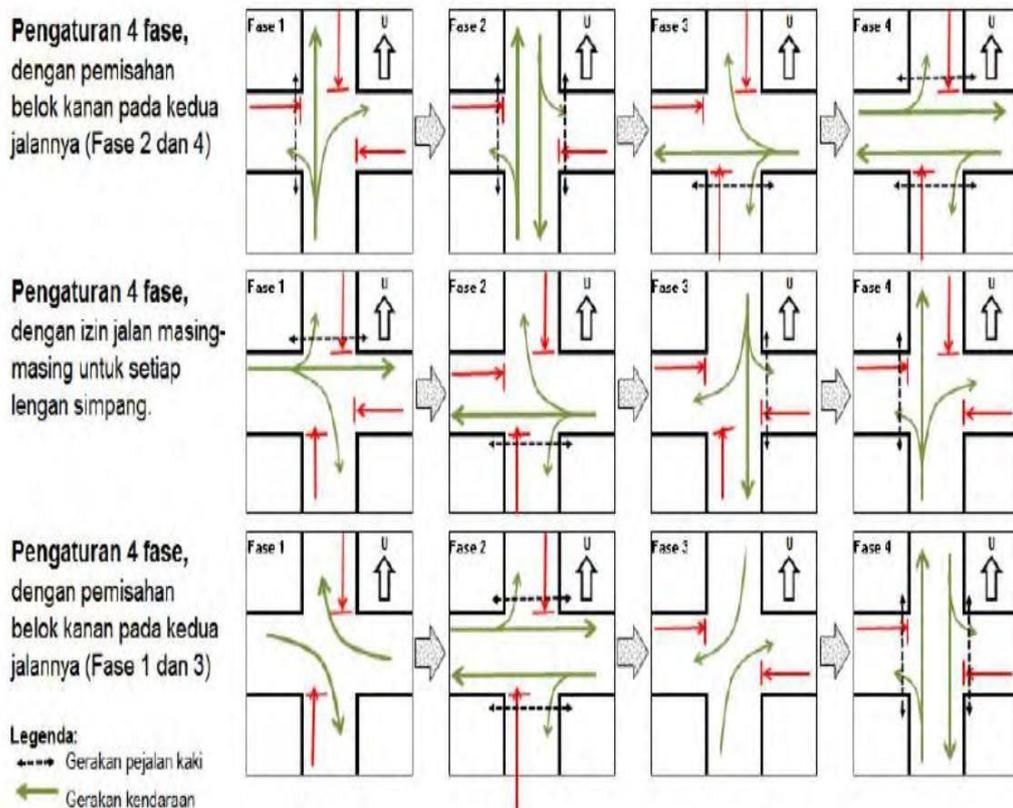
Fase adalah suatu rangkaian dari kondisi yang diberlakukan untuk suatu arus atau beberapa arus, yang mendapatkan identifikasi lampu lalu lintas yang sama. Jumlah fase yang baik adalah fase yang menghasilkan kapasitas besar dan rata-rata tundaan rendah.

Pengaturan dua fase dapat dipertimbangkan pada awal analisis karena memberikan kapasitas terbesar dengan tundaan yang terendah dibandingkan dengan pengaturan fase lainnya seperti terlihat pada gambar di bawah ini. Jika pengaturan dua fase ini belum memadai, maka perlu dievaluasi arus belok

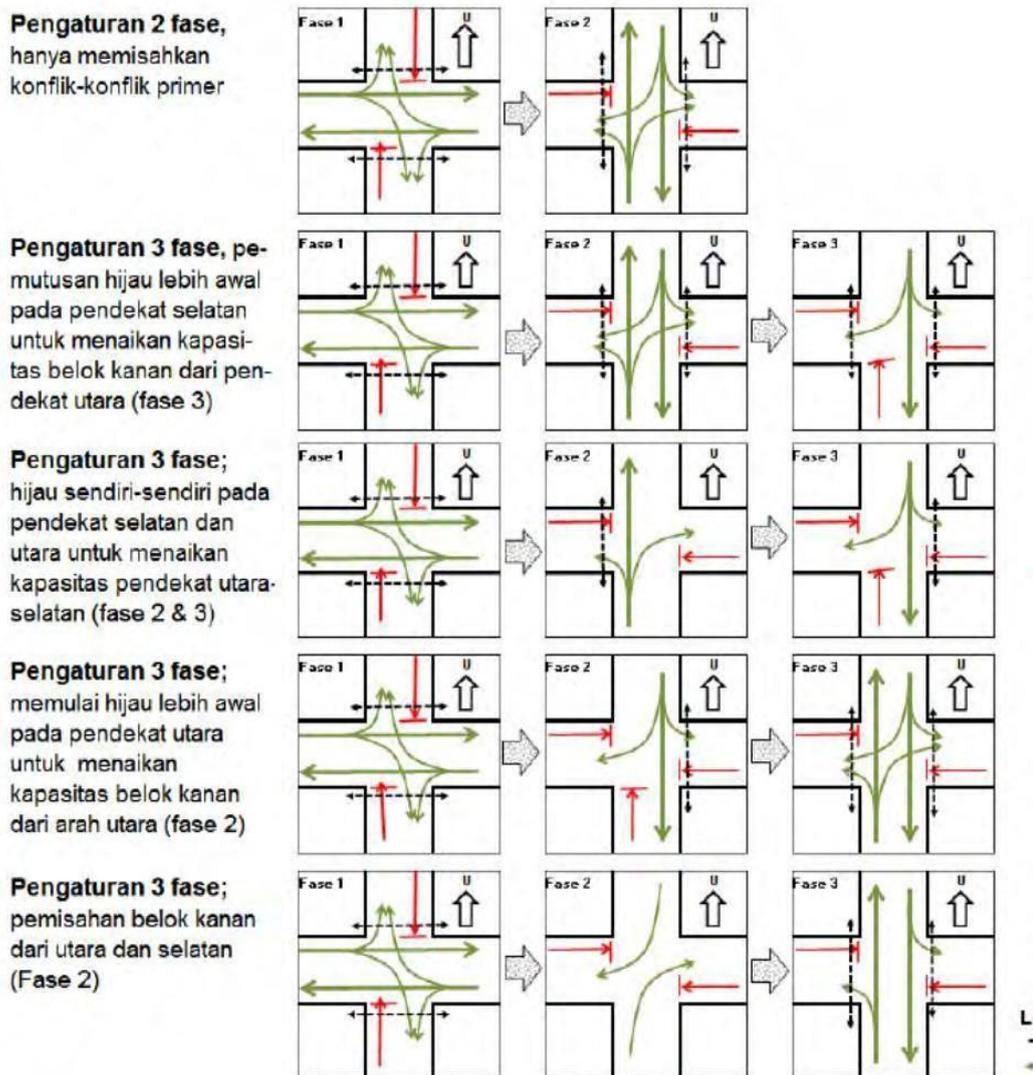
kanan, apakah memungkinkan bila dipisahkan dari arus lurus dan apakah tersedia lajur untuk memisahkannya. Berikut gambar-gambar Pengaturan fase :



Gambar 2.4 Tipikal Pengaturan Fase APILL Pada Simpang 3 (MKJI 1997)



Gambar 2.5 : Tipikal Pengaturan 3 Fase APILL Simpang 4, khususnya Pemisah Pergerakan Belok kanan (MKJI 1997)



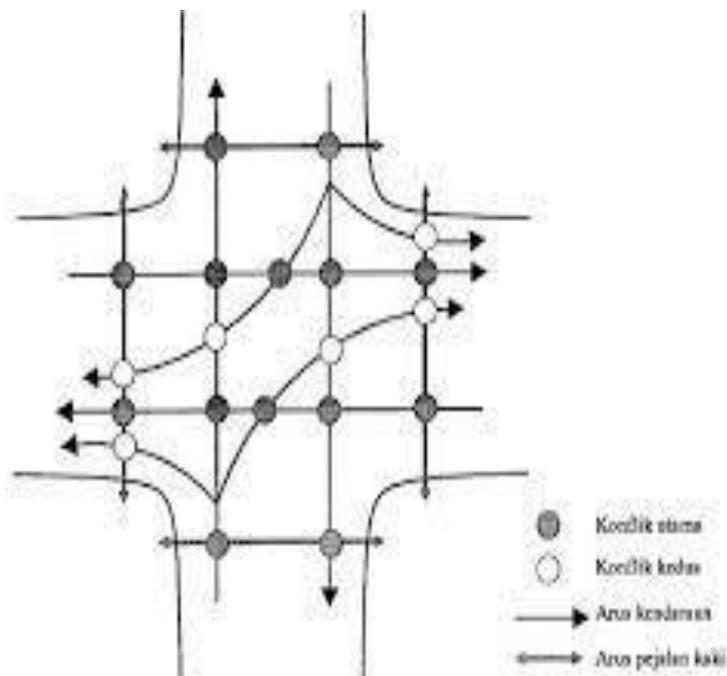
Gambar 2.6 : Tipikal Pengaturan 4 Fase APILL Simpang 4, khususnya Pemisah Pergerakan Belok kanan (MKJI 1997)

2.2.4. Konflik Lalu Lintas

Suatu perempatan jalan yang umum dengan jalur tunggal dan jalan keluar ditunjukkan pada Gambar 2.4 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 kemungkinan 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 meningkatkannya 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 conflict*)
 yaitu titik pada lintasan dimana mulai memisahkan menjadi dua lintasan.
2. Konflik Sekunder (*Mergin Conflict*)
 Yaitu titik pertemuan dua lintasan dari dua arah yang berlainan menjadisatu lintasan yang sama.
3. Arus kendaraan (*Through Flow Conflict*)
 Yaitu perpotongan dua lintasan lurus yang saling tegak lurus.
4. Arus pejalan kaki (*Turning Flow Conflict*)
 Yaitu titik perpotongan antara lintasan lurus dengan lintasan membelok dan yang saling membelok.



Gambar 2.7 : Konflik yang terjadi pada persimpangan (MKJI,1997)

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 (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Dirjen Bina Marga 1997).

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	-	-

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 (*Circle 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 dipersimpangan 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 dikurang 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.

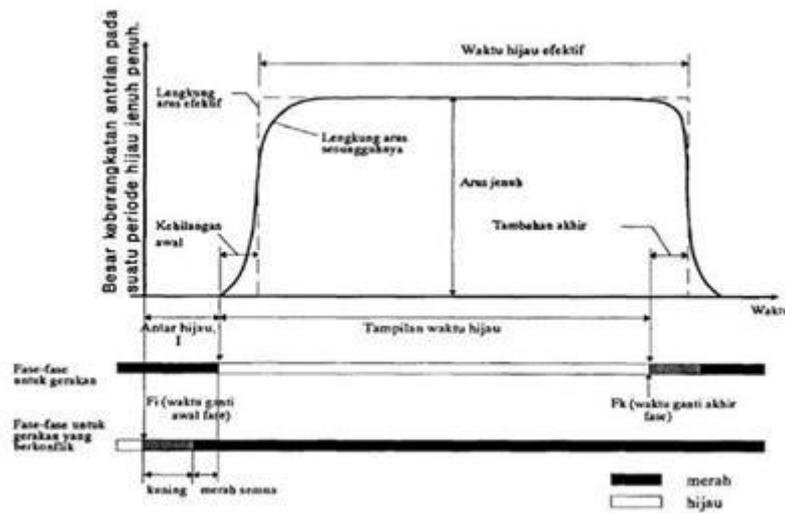
Hal tersebut memungkinkan untuk menentukan parameter-parameter apabila terdapat kelebihan pergerakan (*overlap movement*) yang terdapat satu fase, namun akan mengurangi total waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi kapasitas dari semua pergerakan pada persimpangan.

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 method*).

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.

Arus Jenuh Dasar



Gambar 2.8: Model dasar untuk arus jenuh (Akcelik 1989)

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 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. Dengan persamaan matematis waktu hilang pada konsep pergerakan dapat ditunjukkan dengan persamaan berikut:

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

Keterangan:

i = 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:

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

Keterangan:

L = Jumlah waktu yang hilang setiap siklus

i = Waktu hilang (detik)

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 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 (manual kapasitas jalan Indonesia, 1997)

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 efektif hijau 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.

Waktu siklus (*cyclus time*) adalah panjang waktu yang diperlukan dari rangkaian urutan fase lalu-lintas (*siklus*). Lama waktu siklus dari suatu sistem operasional sinyal lampu lalu-lintas dengan waktu tetap (*fixed time*) mempengaruhi tundaan rata-rata (*average delay*) dari kendaraan yang melewati persimpangan. Waktu siklus yang kecil akan mengakibatkan terjadinya arus lewat jenuh pada simpang tersebut. Waktu siklus yang terlalu panjang juga tidak memberikan kebaikan dalam operasional sinyal lampu lalu-lintas.

Untuk itu penentuan waktu siklus yang optimum dapat ditentukan dengan menggunakan tundaan rata-rata yang dialami setiap kendaraan sebagai dasar penurunan rumus. Sehingga untuk kriteria tundaan minimum rata-rata yang dialami setiap kendaraan, waktu siklus optimum dinyatakan pada persamaan:

$$C_{opt} = C_{opt} = \frac{1,5xLTI + 5}{1 - IFR} \quad (2.4)$$

C_{opt} = Waktu siklus optimum

LTI = Waktu hilang total per siklus (detik)

IFR = Rasio arus simpang

$$IFR = \frac{\text{jumlah arus simpang}}{\text{jumlah arus simpang} \times h} \quad (2.5)$$

Namun selain tundaan rata-rata masih ada faktor yang dapat diperhitungkan dalam menentukan waktu siklus, yakni hentian (*stop*). Rumus penentuan waktu siklus optimum yang demikian mengkombinasikan tundaan dan hentian yang meminimumkan beberapa parameter seperti operasional kendaraan.

2.5. Desain Operasional Lampu Lalu-Lintas

Suatu pergerakan menyatakan suatu antrian kendaraan tersendiri yang bergerak menuju persimpangan dan memiliki kekhususan dalam arah pergerakan, penggunaan lajur, dan saat serta lama penggunaan hak untuk berjalan. Alokasi hak untuk berjalan pada setiap pergerakan ditentukan sistem pemfasaan lampu

lalu-lintas. Hal ini tidak berbeda dengan metode-metode pada desain operasional sinyal lampu lalu-lintas pada Manual Kapasitas jalan maupun pada metode Akcelik.

Penelitian rencana fase yang paling sesuai adalah aspek terpenting dalam perencanaan lampu lalu-lintas. Perencanaan fase meliputi penentuan jumlah fase yang akan digunakan dan urutannya ketika digunakan. Umumnya pengendalian dua fase digunakan apabila tidak dilihat keharusan menggunakan fase tambahan.

Sebab interval pergantian antar fase memberikan waktu hilang dalam satu siklus, sehingga apabila jumlah fase bertambah, maka presentase waktu siklus yang merupakan waktu hilang akan meningkat juga.

2.5.1. Pengendalian Dua Fase

Pengaturan sinyal lampu lalu lintas dengan pengendalian dua fase merupakan yang paling sederhana dan paling murah, Masing-masing jalan dari dua jalan yang berpotongan diberikan fase untuk kendaraan yang diperbolehkan bergerak melewati persimpangan. Seluruh gerakan belok kanan dan kiri dilakukan menurut gerakan membelok terlawan terhadap arus dari arah yang berlawanan maupun pejalan kaki. Fase ini direncanakan secara umum digunakan kalau volume membelok dibutuhkan dengan fase tersendiri.

2.5.2. Pengendalian Multi Fase

Pengendalian multi fase dipakai pada persimpangan dimana satu atau lebih gerakan membelok kekiri maupun kekanan memerlukan fase tersendiri (*exclusive*). Secara umum gerakan membelok ke kanan dengan fase tersendiri baik secara sebagian atau penuh (*partially or fully right turn phase*).

Manual kapasitas jalan memberikan batasan untuk volume belok kanan yang memerlukan fase tersendiri, apabila volume tersebut telah mencapai lebih dari 200 kendaraan per jam. Fase untuk gerakan belok kanan diperlukan apabila kecepatan kendaraan dari arah berlawanan (*Opposing*) melebihi kecepatan 65 km per jam.

2.6. Penentuan Arus Lalu Lintas Jenuh

Arus jenuh adalah antrian arus lalu lintas pada saat awal waktu hijau yang dapat melewati garis stop pada suatu lengan secara terus-menerus selama waktu hijau dari suatu antrian tidak terputus. Sebagaimana yang telah diutarakan diatas bahwa arus lalu lintas jenuh pada persimpangan bersinyal merupakan karakteristik pergerakan.

Arus lalu lintas jenuh pada suatu lengan persimpangan merupakan kapasitas lengan tersebut per siklus. Oleh karena kapasitas suatu persimpangan ditentukan oleh kapasitas masing-masing lengan simpang. Maka kondisi fisik lengan persimpangan, seperti lebar pendekat maupun lajur, jari-jari belok dan kelandaian lengan simpang serta jenis kendaraan yang melewati persimpangan, dengan demikian faktor-faktor tersebut akan mempengaruhi besar arus pada persimpangan itu.

2.6.1. Pengukuran Arus Jenuh

Perhitungan arus jenuh yang telah dikemukakan sebelumnya, untuk lokasi tertentu dapat dilakukan pengukuran langsung dilapangan. Dengan data-data yang ada dilapangan, seperti lebar jalan, faktor kendaraan parkir, jumlah kendaraan tak bermotor, dan lain sebagainya dapat dihitung arus jenuh jalan pada persimpangan tersebut.

2.6.2. Estimasi Arus Jenuh

Arus jenuh dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S_0), yaitu arus jenuh pada keadaan standar, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya.

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_p \quad (2.6)$$

Keterangan :

S = Arus jenuh (smp/jam)

S_o = Arus lalu lintas jenuh dasar (smp/jam)

F_{CS} = Faktor koreksi ukuran kota

F_G = Faktor koreksi kelandaian

F_p = Faktor koreksi parkir

Untuk pendekatan terlindungi arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekatan (W_e):

$$S_o = 600 \times W_e \quad (2.7)$$

Dengan :

S_o = Arus lalu lintas jenuh dasar (smp/jam)

W_e = lebar jalan (meter)

Arus lalu lintas jenuh dasar tersebut, kemudian masih harus dikoreksi lagi dengan:

1. Ukuran kota (CS) = Jumlah penduduk.
2. Hambatan samping (SF) = Kelas hambatan samping dari lingkungan.
3. Kelandaian (G) = % naik(+) atau turun (-).
4. Parkir = Jarak garis henti-kendaraan parkir pertama.
5. Gerakan membelok = %belok kanan (RT), % belok kiri (LT).

2.7. 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.

2.7.1. 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 di jalan 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 di daerah "Distrik Usaha Utama" (CBD) = (*Central Business District*).
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.

2.7.2. Kapasitas Dari Persimpangan Bersinyal

Kapasitas secara menyeluruh dari satu persimpangan adalah merupakan ekomodasi dari gerakan-gerakan yang utama dan membandingkan terhadap tiap-tiap bagian dari kaki lajur yang ada. Kapasitas pada persimpangan di definisikan 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 di daerah 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*).

$$C = S \times \frac{g}{c} \quad (2.8)$$

Dimana:

C = Kapasitas pendekat (smp/jam)

c = Waktu siklus

S = Arus jenuh (smp/jam hijau)

g = Waktu hijau (detik)

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

$$C_{ua} = \frac{(0.5 \square \square \square + 5)}{1} \quad (2.9)$$

Dimana:

C_{ua} = Waktu siklus minimum yakni waktu secara teoritis sepanjang waktu yang dapat dipergunakan arus lalu lintas melintasi persimpangan selama satu siklus.(detik)

LTI = Waktu hilang total per siklus (detik)

2.8. Perilaku Lalu-Lintas

2.8.1. Panjang Antrian

Dari nilai derajat jenuh dapat digunakan untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ₁), yang merupakan sisa dari fase hijau terdahulu, diperoleh dari persamaan untuk DS > 0,5

$$NQ_1 = 0,25 \times c \times \left[(\frac{Q}{c} - 1) + \sqrt{(\frac{Q}{c} - 1)^2 + \frac{8 \times (GR - 0.5)}{c}} \right] \quad (2.10)$$

$$C = S \times GR. \quad (2.11)$$

Untuk derajat kejenuhan $DS \leq 0.5$, Maka $NQ_1 = 0$

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya.

DS = Derajat jenuh.

C = Kapasitas (smp/jam)

GR = Rasio hijau

Kemudian dihitung jumlah antrian smp yang datang selama fase (NQ_2), dengan persamaan berikut:

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (2.12)$$

Dimana:

NQ_2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah.

Q = Volume lalu lintas yang masuk di luak LTOR (smp/detik).

c = Waktu siklus (detik).

DS = Derajat jenuh.

GR = Rasio hijau (detik).

Untuk menghitung jumlah antrian total dengan menjumlahkan kedua hasil diatas:

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (2.13)$$

Dimana:

NQ = Jumlah panjang antrian total

NQ_1 = Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

NQ_2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah

2.8.2. Angka Henti

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

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

NS = Angka henti

NQ = Jumlah panjang antrian total

Q = Arus lalu lintas (smp/detik)

c = Waktu siklus yang di tentukan (detik)

2.8.3. Tundaan (*Delay*)

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

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

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

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

Dimana:

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

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

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

Tundaan lalu-lintas rata-rata pada suatu pendekat j dapat ditentukan dari rumus berikut:

$$DT = c \times \frac{0.5 \times (1 - GR)^2}{(1 - DS \times GR)} + \frac{NQ1}{C} \times 3600 \quad (2.16)$$

Dimana:

DT = Tundaan lalu lintas rata-rata (detik/smp)

c = Waktu siklus.

GR = Rasio hijau (g/c).

DS = Derajat Kejenuhan.

C = Kapasitas (smp/jam).

NQ1 = Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

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

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

Dimana:

P_{sv} = Rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat

P_τ = Rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

DG = Tundaan geometrik rata-rata (detik/smp)

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

Tabel 2.3. Tingkat pelayanan (US-HCM, 1985)

Tingkat Pelayanan	Tundaaan Henti Tiap Kendaraan (detik)
A	≤ 5.0

Tingkat Pelayanan	Tundaaan Henti Tiap Kendaraan (detik)
B	5.1 – 15.0
C	15.1 – 25.0
D	25.1 – 40.0
E	40.1 – 60.0
F	≥ 60.0

Dapat disimpulkan bahwa dalam pekerjaan desain waktu sinyal memiliki kerangka kerja yang sama untuk tipa 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.

2.8.4. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan didefenisikan sebagai rasio arus jalan terhadap kapasitas, yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen lain. Nilai DS menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

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

$$DS = \frac{Q}{C} = \frac{S}{g} \quad (2.18)$$

Dimana:

Q = Arus lalu lintas (smp/detik)

C = Kapasitas (smp/jam)

c = Waktu siklus (detik)

S = Arus jenuh (smp/jam)

g = Waktu hijau (detik)

Jika $DS < 0.75$ maka jalan tersebut masih layak, tetapi jika $DS > 0.75$ maka diperlukan penanganan pada pada jalan tersebut untuk mernguragi tingkat kepadatan lalu lintas.

Tabel 2.4. Hubungan tingkat pelayanan dengan derajat kejenuhan (*Highway Capacity Manual*)

Tingkat Pelayanan	Derajat Kejenuhan (DS)	Keterangan
A	0.00 – 0.20	Arus bebas, kecepatan bebas
B	0.20 – 0.44	Arus stabil, Kecepatan mulai terbatas
C	0.45 – 0.74	Arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan Dikendalikan
D	0.75 – 0.84	Arus tidak stabil, kecepatan menurun
E	0.85 – 1.00	Arus terhambat, Kecepatan tersendat
F	≥ 1.00	Arus terhambat kecepatan rendah

2.8.5. Faktor Jam Puncak

Faktor jam puncak (*Peak hour factor/PHF*) dapat didefinisikan sebagai perbandingan volume lalu-lintas rata-rata selama jam sibuk dengan volume maksimum yang terjadi selama periode waktu yang sama. Dalam penganalisaan kapasitas, PHF ditetapkan berdasarkan periode waktu 15 menit. Untuk mendapatkan nilai PHF untuk suatu persimpangan diambil dalam interval waktu 15 menit selama 2 jam.

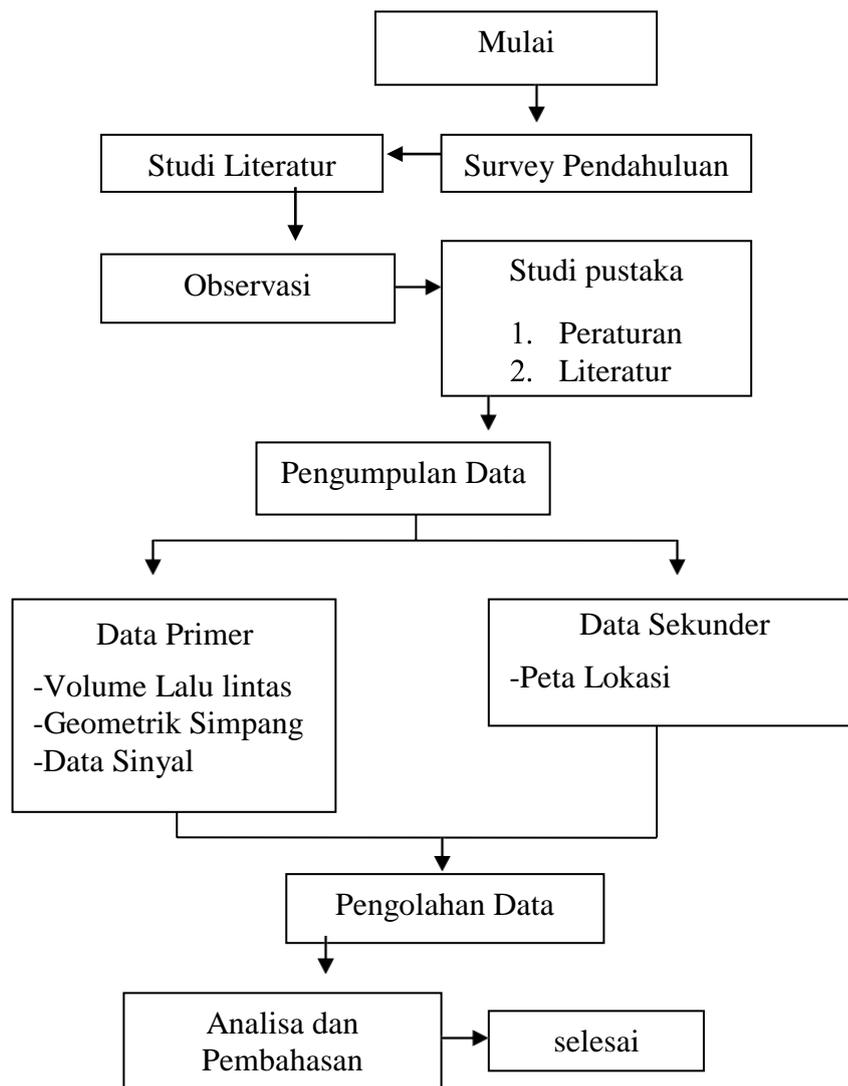
$$PHF = \frac{\text{volume pada saat jam sibuk}}{4 \times \text{volume puncak 15 menit}} \quad (2.19)$$

Batasan minimum dan maksimal hasil penelitian berkisar dari 0,47 s/d 1,00. Harga PHF ditentukan secara terpisah untuk tiap-tiap kaki persimpangan.

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1. Bagan Alir Penelitian

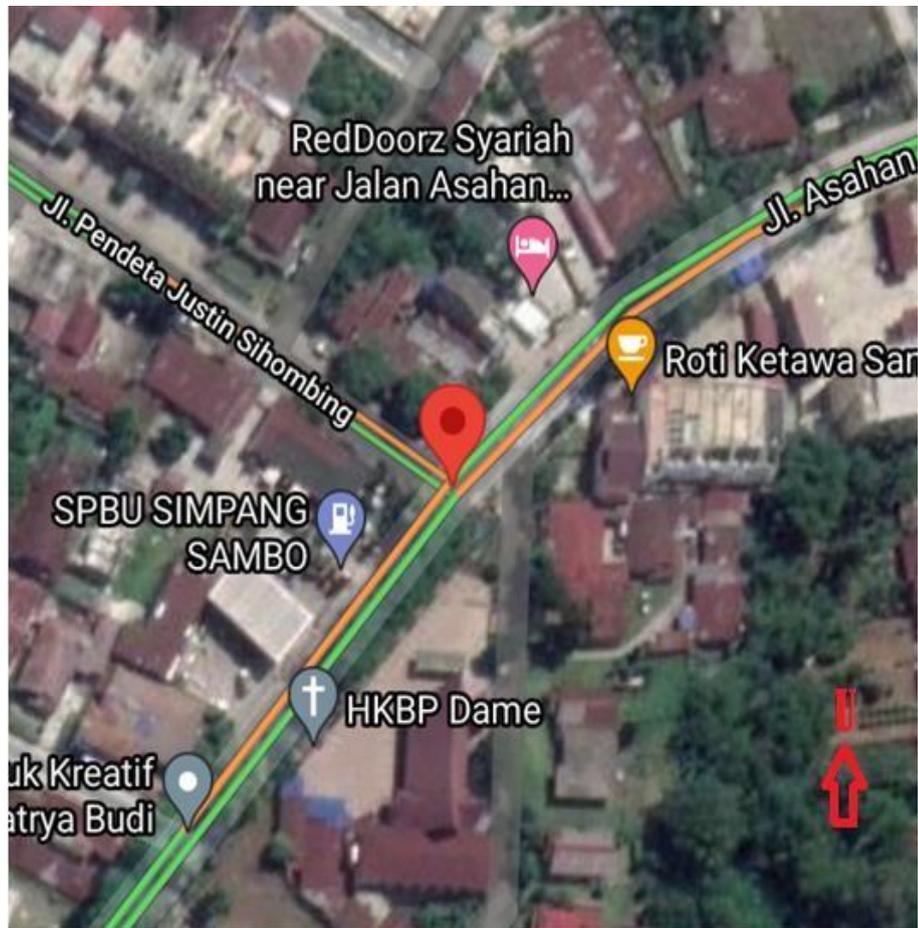
Adapun tahapan langkah-langkah penelitian disajikan dalam bentuk diagram alir seperti Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan Alir

3.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan di persimpangan Jl. Asahan Simpang Jl. Pendeta Justin Sihombing kota Siantar. Pada persimpangan tersebut terdapat tiga (3) kaki persimpangan.



Gambar 3.2. Peta Lokasi (google map, 2021)

3.2.1. 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 geometrik jalan
2. Data volume lalu lintas disetiap kaki persimpangan pada jam sibuk (*peak hour*)
3. Data sinyal
4. Data kondisi lingkungan

Waktu survei lalu lintas dilakukan selama satu 7 hari yaitu hari Senin – Minggu, mulai dari tanggal 20 Maret 2020 s.d. 26 Maret 2020. 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–jam sibuk masing–masing pada 3 lengan 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 (2) jam.

3.2.2. Pengumpulan Data Volume Lalu Lintas

Metode pengumpulan data volume lalu lintas dilakukan secara manual, pengumpulan data ini dilakukan untuk mendapatkan data volume lalu lintas. Untuk mendapatkan data ini ditempatkan dua pos pengamatan yang setiap pos ditempati satu orang petugas yang bertugas untuk mencatat jumlah dan asal dari kendaraan yang melalui pos pencatatan. Pada setiap pos, petugas dilengkapi dengan formulir jumlah dan jenis kendaraan. Pos petugas ditempatkan pada posisi yang mudah mengamati pergerakan arah lalu lintas yang sedang dihitung.

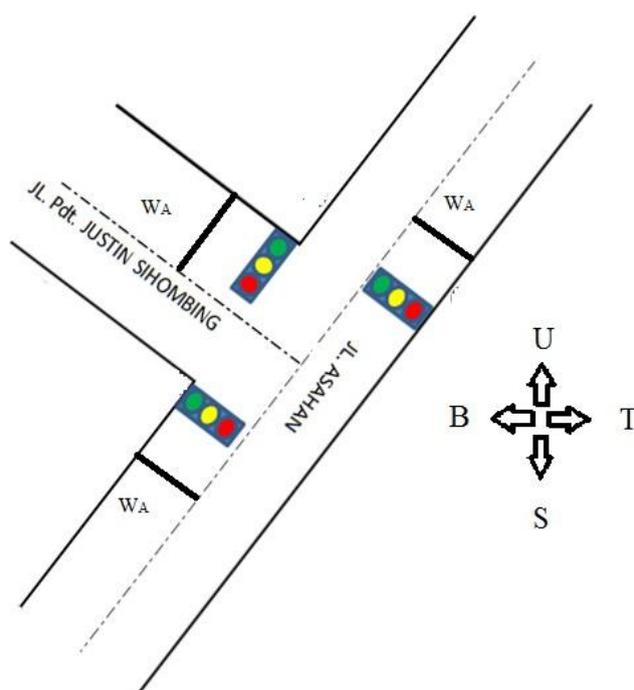
Adapun klasifikasi untuk memudahkan didalam perhitungan dengan metode Manual Kapasitas Jalan Raya Indonesia 1997 (MKJI 1997) yaitu:

- Sepeda motor (MC) : Sepeda motor, sekuter, becak mesin
- Kendaraan ringan (LV) : Sedan , jeep, station wagon, Oplet, pick up, combi, moco bis, suburban, Micro bis, mobil hantaran.

- Kendaraan berat (HV) : Bus kecil, Bus besar, Truk 2 as, Truk 3 as, Truk gandeng, Truk semi trailer.
- Kendaraan tak bermotor (UM) : Kendaraan tak bermotor

3.2.3. Pengumpulan Data Geometrik Simpang

Metode pengumpulan data geometrik persimpangan dilakukan dengan pengukuran langsung dilapangan. Tujuan dari pengumpulan data ini adalah untuk mendapatkan tipe lokasi, jumlah lajur, lebar lajur, keberadaan belok kiri khusus dan belok kanan khusus, dan kondisi parkir.



Gambar 3.3. denah simpang

Lebar jalan dua lajur dua arah tak terbagi ($2/2UD$) = 12 m. Kota dengan jumlah penduduk 0.5 - 1.0 juta. Simpang tersebut berada dikawasan *residential* (pemukiman) dengan hambatan samping sedang, jarak parkir *on street* lebih dari 80 meter dari lengan simpang. Alinyemen datar tidak memiliki median

Tipe pendekat :

Asahan Utara : Terlindung

Asahan Selatan : Terlindung

Pdt. Justin Barat : Terlindung

Tidak ada belok kiri langsung (LTOR)

Menggunakan 3 Fase

Tabel 3.1. Pendekat (hasil perhitungan)

Kode Pendekat	Lebar Pendekat			
	W _A	W _{masuk}	W _{LTOR}	W _{keluar}
U	6 m	6 m	0	6 m
S	6 m	6 m	0	6 m
B	6 m	6 m	0	6 m

3.2.4. Pengumpulan Data Sinyal

Metode yang dilakukan dalam pengumpulan data sinyal ini adalah dengan melakukan pengamatan secara langsung. Adapun tujuannya untuk mendapatkan:

- Lama masing – masing waktu merah, kuning dan hijau
- Fase lampu lintas

Untuk mengukur lamanya waktu merah, kuning dan hijau digunakan stopwatch yang dicocokkan pada timer display yang berada pada samping lampu lalu lintas tersebut.



3.2.5. Pengumpulan Data Kondisi Lingkungan

Metode yang dilakukan dalam pengumpulan data kondisi lingkungan ini dilakukan dengan pengamatan langsung. Tujuan dari pengumpulan data ini adalah untuk mengetahui penggunaan lahan disekitar daerah persimpangan yang menjadi objek dari karya tulis ini.

Data – data yang didapatkan berupa:

- Data kelas ukuran kota
- Kelas hambatan samping
- Tipe lingkungan jalan
- Tata guna lahan dan lain sebagainya

3.3. Pengumpulan Data

Adapun perhitungan yang dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut adalah perhitungan fase dan waktu siklus optimum dengan menggunakan metode MKJI 1997. Dari data-data diperoleh dari lokasi dibuat perhitungan sebagai berikut:

Tabel.3.2. Volume jam puncak (Kend/jam) jl.Asahan dan jl. Justin Sihombing. (hasil perhitungan)

Jenis Kendaraan	Rata-Rata Jumlah kendaraan Maksimum (Kend/jam)					
	Data kendaraan Jl. Asahan		Data kendaraan Jl. Asahan		Data kendaraan Jl. Pdt. Justin, S	
	Kanan (RT)	Lurus (LT)	Kiri (LT)	Lurus (ST)	Kiri (LT)	Kanan (RT)
LV	531	446	555	591	529	517
HV	115	120	215	208	228	236
MC	713	614	705	737	779	640
UM	11	11	9	10	8	11
TOTAL	1370	1191	1483	1546	1544	1404

Data-data yang didapat dilapangan pada pendekatan :

- Lebar efektif jalan (We) = 12.00 (meter)
- Lama waktu hijau (g) = 50 detik
- Lama waktu kuning = 3 detik
- Lama waktu merah = 25 detik
- Waktu siklus (c) = 78 detik.

3.3.4. Kondisi Sinyal

Survei keadaan persimpangan meliputi kondisi sinyal lampu lalu lintas yakni alokasi waktu siklus dan sistem operasional sinyal pada persimpangan tersebut. Pencatat waktu siklus dilaksanakan pada satu hari meliputi jam sibuk dan diluar jam sibuk, untuk mendapatkan keadaan sistem sinyal yang beroperasi. Geometrik simpang yang dibutuhkan sebagai data masukan yakni lebar jalan setiap lengan

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

Terdapat pada tabel 3.2 dibawah :

Tabel 3.3 : Data siklus lampu lalu lintas (hasil perhitungan)

Lengan	Sinyal		
	Merah (Detik)	Kuning (Detik)	Hijau (Detik)
Jl. Pendeta Justin Sihombing Kanan	50	3	25
Jl. Jend.Pendeta Justin Sihombing kiri	50	3	25
Jl. Asahan	50	3	25

BAB 4

ANALISA DATA

4.1. Pengumpulan Data

4.1.1. Lokasi

Pemilihan lokasi yang diambil adalah persimpangan Jl. Asahan simpang Jl. Pendeta Justin Sihombing kota Siantar. untuk dinilai pengaruh pengoperasian sinyal lalu lintas pada persimpangan tersebut.

4.2. Periode survei

4.2.1. Arus lalu lintas Aktual

Pengamatan arus lalu lintas didasarkan pada pengamatan arus rata rata satu periode jam puncak (*peak hour*). Berdasarkan pengamatan pendahuluan yang Pendeta Justin Sihombing kota Siantar didapat jam puncak selama periode pagi (jam 07.00-08.00), siang (12.00-1300), sore (16.00-17.00).

Arus lalu lintas dihitung berdasarkan pengelompokan jenis kendaraan dan distribusi pergerakan yakni membelok ke kiri, ke kanan, dan lurus. Periode pengamatan adalah selama 1 jam dengan interval waktu selama 15 menit.

4.2.2. Arus Lalu lintas jenuh

Pengamatan arus lalu lintas jenuh pada persimpangan adalah perhitungan jumlah arus lalu lintas yang mengalir melintas garis berhenti pada periode awal hijau sampai akhir hijau. Pengamatan dilaksanakan pada kaki persimpangan dalam waktu yang bersamaan pada waktu jam sibuk.

4.3. Analisa Data

Dari data-data diperoleh dari lokasi dibuat perhitungan sebagai berikut:

4.3.1. Jalan Pendeta Justin Sihombing

- Belok Kiri (LT)

LV	= 529 kend/jam
HV	= 228 kend/jam
MC	= 779 kend/jam
UM	= 8 kend/jam
Total	= 1544 kend/jam

- Kanan (RT)

LV	= 517 kend/jam
HV	= 236 kend/jam
MC	= 640 kend/jam
UM	= 11 kend/jam
Total	= 1404 kend/jam

Sehingga jumlah kendaraan seluruhnya dari jl. Asahan belok kiri - kanan adalah = 3248 kend/jam.

Karena arus lalu lintas adalah dalam kondisi arus berangkat terlindungi dimana keberangkatan arus tidak ada titik konflik antara gerak belok kanan dan gerak belok kiri dari bagian pendekat dengan lampu hijau pada fase yang sama, maka besarnya total arus lalu lintas menjadi:

Sehingga jumlah kendaran seluruhnya adalah = Pendeta Justin Sihombing

- Belok Kiri (LT)

LV	= 529 x 1.0 kend/jam = 529 smp/jam
HV	= 228 x 1.3 kend/jam = 296 smp/jam
MC	= 779 x 0.2 kend/jam = 154 smp/jam
UM	= 8 x 0.5 kend/jam = 4 smp/jam
Total	= 985 smp/jam

- Belok Kanan (RT)

LV	= 517 x 1.0 kend/jam = 517 smp/jam
HV	= 236 x 1.3 kend/jam = 307 smp/jam
MC	= 640 x 0.2 kend/jam = 128 smp/jam
UM	= 11 x 0.5 kend/jam = 6 smp/jam
Total	= 958 smp/jam

Sehingga jumlah kendaraan seluruhnya dan pendekatan adalah

$$Q = 985 \text{ smp/jam} + 958 \text{ smp/jam} = 1943 \text{ smp/jam}$$

a. Pendekat Jalan

$$\text{Arus belok kiri (Q LT)} = 985 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Arus belok ksnsn (Q RT)} = 958 \text{ smp/jam}$$

b. Nilai arus jenuh dasar (smp/jam hijau)

$$S_o = 600 \times W_e$$

$$= 600 \times 12.00$$

$$= 7200 \text{ smp/jam hijau}$$

c. Nilai arus jenuh (smp/jam hijau)

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_p$$

$$S_o = \text{Arus jenuh dasar (smp/jam hijau)}$$

$$F_{CS} = 0.5\text{-}1.0 \text{ juta jiwa}$$

$$F_{CS} = 0.94$$

$$F_{SF} = F_{SF} = 0.90$$

$$F_G = F_G = 1.00$$

$$F_p = F_p = 1.00$$

Jadi nilai jenuh (smp/jam hijau)

$$S = 7200 \times 1.00 \times 0.90 \times 1.00 \times 1.00$$

$$= 6091.2 \text{ smp/jam hijau.}$$

d. kapasitas (C)

$$C = S \times \frac{\square}{\square}$$

$$C = 6091.2 \times \frac{25}{78} = 1952.30 \text{ smp/jam}$$

Derajat kejenuhan (DS)

$$DS = Q/C$$

$$DS = \frac{1943}{1952.30}$$

$$= 0.994$$

e. Panjang antrian (NQ)

$$NQ1 = 0.25 \times C \times \left[(\rho - 1) + \sqrt{(\rho - 1)^2 + \frac{8 \times (\rho - 0.5)}{\rho}} \right]$$

$$NQ1 = 0.25 \times 1952.30 \times \left[(0.994 - 1) + \sqrt{(0.994 - 1)^2 + \frac{8 \times (0.994 - 0.5)}{1952.30}} \right]$$

$$NQ1 = 19.665 \text{ smp/jam}$$

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

$$NQ2 = 78 \times \frac{1 - 0.3205}{(1.3205) \times 0.994} \times \frac{1943}{3600}$$

$$NQ2 = 42.300 \text{ smp/jam}$$

$$NQ = NQ1 + NQ2$$

$$NQ = 19.665 + 42.300$$

$$NQ = 61.966 \text{ smp/jam}$$

f. Tundaan lalu lintas rata-rata (DT)

$$DT = c \times \frac{0.5 \times (1 - \rho)^2}{(1 - \rho) \times \rho} + \frac{\rho \times 1}{\rho} \times 3600$$

$$DT = 78 \times \frac{0.5 \times (1 - 0.3205)^2}{(1 - 0.3205) \times 0.994} + \frac{19.665}{1952.30} \times 3600$$

$$DT = 85.374 \text{ det/smp}$$

Tundaan lalu lintas 85.374 det/smp, tundaan lebih ≥ 60 det/smp maka tingkat pelayanan F.

4.3.2. Jl. Asahan Belok Kiri – Lurus

- Belok Kiri (LT)

$$LV = 555 \text{ kend/jam}$$

$$HV = 215 \text{ kend/jam}$$

$$MC = 705 \text{ kend/jam}$$

UM = 9 kend/jam
Total = 1482 kend/jam

- Lurus (ST)

LV = 591 kend/jam
HV = 208 kend/jam
MC = 737 kend/jam
UM = 10 kend/jam
Total = 1546 kend/jam

Sehingga jumlah kendaraan seluruhnya dari jl. Asahan belok kiri - lurus adalah = 3028 kend/jam.

Karena arus lalu lintas adalah dalam kondisi arus berangkat terlindungi dimana keberangkatan arus tidak ada titik konflik antara gerak belok kiri dan gerak lurus dari bagian pendekat dengan lampu hijau pada fase yang sama, maka besarnya total arus lalu lintas menjadi:

Sehingga jumlah kendaraan seluruhnya adalah = Jalan Asahan

- Belok Kiri (LT)

LV = 555 x 1.0 kend/jam = 555 smp/jam
HV = 215 x 1.3 kend/jam = 279 smp/jam
MC = 705 x 0.2 kend/jam = 141 smp/jam
UM = 9 x 0.5 kend/jam = 4 smp/jam
Total = 980 smp/jam

- Lurus (ST)

LV = 591 x 1.0 kend/jam = 591 smp/jam
HV = 208 x 1.3 kend/jam = 271 smp/jam
MC = 734 x 0.2 kend/jam = 147 smp/jam
UM = 10 x 0.5 kend/jam = 5 smp/jam
Total = 1014 smp/jam

Sehingga jumlah kendaraan seluruhnya dari pendekat adalah

$Q = 980 \text{ smp/jam} + 1014 \text{ smp/jam} = 1994 \text{ smp/jam}$.

Arus belok kiri (Q LT) = 980 smp/jam

Arus Lurus (Q ST) = 1014 smp/jam

a. Nilai arus jenuh dasar (smp/jam hijau)

$$\begin{aligned}S_o &= 600 \times W_e \\ &= 600 \times 12.00 \\ &= 7200 \text{ smp/jam hijau}\end{aligned}$$

b. Nilai arus jenuh (smp/jam hijau)

$$\begin{aligned}S &= S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_p \\ S_o &= \text{Arus jenuh dasar (smp/jam hijau)} \\ F_{CS} &= 0.5-1.0 \text{ juta jiwa} = 0.94 \\ F_{CS} &= 0.94 \\ F_{SF} &= 0.90 \\ F_G &= 1.00 \\ F_p &= 1.00\end{aligned}$$

Jadi nilai jenuh (smp/jam hijau)

$$\begin{aligned}S &= 7200 \times 0.94 \times 0.90 \times 1.00 \times 1.00 \\ &= 6091.2 \text{ smp/jam hijau.}\end{aligned}$$

c. Kapasitas (C)

$$\begin{aligned}C &= 6091.2 \times \frac{25}{78} \\ &= 1952.30 \text{ smp/jam}\end{aligned}$$

e. Derajat Kejenuhan

$$\begin{aligned}DS &= \frac{\square}{\square} \\ DS &= \frac{1994}{1952.30} \\ &= 1.021\end{aligned}$$

f. Panjang antrian (NQ)

$$NQ1 = 0.25 \times C \times \left[(\square \square - 1) + \sqrt{(\square \square - 1)^2 + \frac{8 \square (\square \square - 0.5)}{\square}} \right]$$

$$NQ1 = 0.25 \times 1952.30 \times \left[(1.021 - 1) + \sqrt{1.021 - 1)^2 + \frac{8 \times (1.021 - 0.5)}{1952.30}} \right]$$

$$NQ1 = 35.213 \text{ smp/jam}$$

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

$$NQ2 = 78 \times \frac{1 - 0.3205}{(1.3205) \times 1.021} \times \frac{1994}{3600}$$

$$NQ2 = 42.300 \text{ smp/jam}$$

$$NQ = NQ1 + NQ2$$

$$NQ = 35.213 + 42.300$$

$$NQ = 77.513 \text{ smp/jam}$$

g. Tundaan lalu lintas rata rata (DT) $DT = \frac{0.5 \times (1 - \rho)^2}{\rho \times (1 - \rho \times \rho)} + \frac{\rho \times 1}{\rho} \times 3600$

$$DT = 78 \times \frac{0.5 \times (1 - 0.341)^2}{(1 - 0.341) \times 1.021} + \frac{9.380}{1952.30} \times 3600$$

$$DT = 112.779 \text{ det/smp}$$

Tundaan lalu lintas 112.779 det/smp, tundaan lebih ≥ 60 det/smp maka tingkat pelayanan F.

4.3.3. Jl. Asahan Belok Kanan – Lurus

- Belok Kanan (RT)

$$LV = 531 \text{ kend/jam}$$

$$HV = 115 \text{ kend/jam}$$

$$MC = 713 \text{ kend/jam}$$

$$UM = 11 \text{ kend/jam}$$

$$\text{Total} = 1352 \text{ kend/jam}$$

- Lurus (ST)

$$LV = 446 \text{ kend/jam}$$

$$HV = 120 \text{ kend/jam}$$

$$MC = 614 \text{ kend/jam}$$

$$UM = 11 \text{ kend/jam}$$

$$\text{Total} = 1191 \text{ kend/jam}$$

Sehingga jumlah kendaraan seluruhnya dari jl. Asahan belok kanan - lurus adalah = 2543 kend/jam.

Karena arus lalu lintas adalah dalam kondisi arus berangkat terlindungi dimana keberangkatan arus tidak ada titik konflik antara gerak belok kanan dan gerak lurus dari bagian pendekat dengan lampu hijau pada fase yang sama, maka besarnya total arus lalu lintas menjadi:

Sehingga jumlah kendaraan seluruhnya adalah = Jalan Asahan Belok Kiri (LT)

- Belok kanan (RT)

LV	=	531 x 1.0 kend/jam	=	531 smp/jam
HV	=	115 x 1.3 kend/jam	=	150 smp/jam
MC	=	713 x 0.2 kend/jam	=	143 smp/jam
UM	=	11 x 0.5 kend/jam	=	6 smp/jam
Total	=		=	829 smp/jam

- Lurus (ST)

LV	=	446 x 1.0 kend/jam	=	446 smp/jam
HV	=	120 x 1.3 kend/jam	=	156 smp/jam
MC	=	614 x 0.2 kend/jam	=	123 smp/jam
UM	=	11 x 0.5 kend/jam	=	6 smp/jam
Total	=		=	730 smp/jam

Sehingga jumlah kendaran seluruhnya dan pendekatan adalah

$$Q = 829 \text{ smp/jam} + 730 \text{ smp/jam} = 1559 \text{ smp/jam}$$

a. Pendekat Jalan

$$\text{Arus belok kiri (Q RT)} = 829 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Arus lurus (ST)} = 730 \text{ smp/jam}$$

b. Nilai arus jenuh dasar (smp/jam hijau)

$$S_o = 600 \times W_e$$

$$= 600 \times 12.00$$

$$= 7200 \text{ smp/jam hijau}$$

c. Nilai arus jenuh (smp/jam hijau)

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_p$$

S_o = Arus jenuh dasar (smp/jam hijau)

F_{CS} = 0.5-1.0 juta jiwa

F_{CS} = 0.94

F_{SF} = $F_{SF} = 0.90$

F_G = $F_G = 1.00$

F_p = $F_p = 1.00$

Jadi nilai jenuh (smp/jam hijau)

$$S = 7200 \times 1.00 \times 0.90 \times 1.00 \times 1.00$$

$$= 6091.2 \text{ smp/jam hijau.}$$

d. kapasitas (C)

$$C = S \times \frac{\square}{\square}$$

$$C = 6091.2 \times \frac{25}{78} = 1952.30 \text{ smp/jam}$$

Derajat kejenuhan (DS)

$$DS = Q/C$$

$$DS = \frac{1559}{1952.30}$$

$$= 0.798$$

e. Panjang antrian (NQ)

$$NQ1 = 0.25 \times C \times \left[(\square - 1) + \sqrt{(\square - 1)^2 + \frac{8 \times (\square - 0.5)}{\square}} \right]$$

$$NQ1 = 0.25 \times 1952.30 \times \left[(0.798 - 1) + \sqrt{(0.798 - 1)^2 + \frac{8 \times (0.798 - 0.5)}{1952.30}} \right]$$

$$NQ1 = 1.471 \text{ smp/jam}$$

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

$$NQ2 = 78 \times \frac{1-0.3205}{(1.3205) \times 0.798} \times \frac{1559}{3600}$$

$$NQ2 = 42.300 \text{ smp/jam}$$

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

$$NQ = 1.471 + 42.300$$

$$NQ = 43.772 \text{ smp/jam}$$

f. Tundaan lalu lintas rata-rata (DT)

$$DT = c \times \frac{0.5 \times (1 - \rho)^2}{(1 - \rho \times \rho)} + \frac{\rho \times 1}{\rho} \times 3600$$

$$DT = 78 \times \frac{0.5 \times (1 - 0.3205)^2}{(1 - 0.3205 \times 0.798)} + \frac{6.168}{1952.30} \times 3600$$

$$DT = 63.901 \text{ det/smp}$$

Tundaan lalu lintas 63.901 det/smp, tundaan antara 40.1-60 det/smp maka tingkat pelayanan F

4.4. Perhitungan waktu siklus optimum

Setelah dianalisis dapat diketahui bahwa derajat kejenuhan (DS) pada persimpangan tersebut lebih tinggi dari 0.85 ini berarti jalan tersebut mendekati lewat jenuh yang akan menyebabkan antrian panjang dan akan mengakibatkan kemacetan pada kondisi lalu lintas puncak, sehingga perlu diadakan perubahan-perubahan pada persimpangan tersebut. Perubahan tersebut dimaksud untuk meningkatkan kapasitas persimpangan jalan dan tingkat pelayanan persimpangan jalan tersebut.

4.4.1. Penggunaan tiga fase dengan perhitungan waktu siklus optimum

a). Waktu siklus

fase 1

$$Q1 = 1943 \text{ smp/jam}$$

$$S1 = 6091.2 \text{ smp/jam}$$

$$FR1 = \frac{\rho}{\rho}$$

$$\begin{aligned} \text{FR1} &= \frac{1943}{6091.2} \\ &= 0.313 \end{aligned}$$

Fase 2

$$Q2 = 1994 \text{ smp/jam}$$

$$S2 = 6091.2 \text{ smp/jam}$$

$$\text{FR2} = \frac{\square}{\square}$$

$$\begin{aligned} \text{FR2} &= \frac{1994}{6091.2} \\ &= 0.324 \end{aligned}$$

Fase 3

$$Q3 = 1559 \text{ smp/jam}$$

$$S3 = 6091.2 \text{ smp/jam}$$

$$\text{FR3} = \frac{\square}{\square}$$

$$\begin{aligned} \text{FR3} &= \frac{1559}{6091.2} \\ &= 0.254 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{IFR} &= \sum \square \square \text{ Kritis} \\ &= 0.313 + 0.324 + 0.254 \\ &= 0.889 \end{aligned}$$

$$\text{b). Rasio fase (PRi)} = \frac{\square \square}{\square \square \square}$$

$$\begin{aligned} \text{PR1} &= \frac{\square \square 1}{\square \square \square} \\ &= \frac{0.313}{0.889} \\ &= 0.3520 \end{aligned}$$

$$\text{Rasio Fase (PRi)} = \frac{\square \square}{\square \square \square}$$

$$\begin{aligned} \text{PR2} &= \frac{\square \square 2}{\square \square \square} \\ &= \frac{0.324}{0.889} \\ &= 0.3644 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rasio Fase (PR}_i) &= \frac{\square\square}{\square\square\square} \\ \text{PR}_3 &= \frac{\square\square^3}{\square\square\square} \\ &= \frac{0.254}{0.889} \\ &= 0.2857 \end{aligned}$$

c). Waktu siklus sebelum penyesuaian (Cua)

$$\text{(Cua)} = \frac{(1.5\text{LTI}+5)}{(1-\square\square\square)}$$

$$\text{LTI} = 5 \text{ detik}$$

$$\text{Cua} = \frac{(1.5 \times 5 + 5)}{(1 - 0.889)}$$

$$\text{Cua} = 112.61 \text{ detik}$$

d). Waktu hijau (g) pada fase :

$$g_i = (\text{Cua} - \text{LTI}) \times \text{PR}_1$$

$$\begin{aligned} g_1 &= (112.61 - 5) \times 0.3520 \\ &= 37.87 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g_2 &= (\text{Cua} - \text{LTI}) \times \text{PR}_2 \\ &= (112.61 - 5) \times 0.3644 \\ &= 39.21 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g_3 &= (\text{Cua} - \text{LTI}) \times \text{PR}_3 \\ &= (112.61 - 5) \times 0.2857 \\ &= 30.74 \text{ detik} \end{aligned}$$

e). Waktu siklus yang disesuaikan (C):

$$\begin{aligned} C &= \sum \square + \text{LTI} \\ &= (37.87 + 39.21 + 30.74) + 5 \\ &= 52.685 \text{ detik} \end{aligned}$$

Jadi waktu siklus yang harus disesuaikan adalah 112.85 detik.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari data yang didapatkan pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut;

1. Untuk menentukan suatu sistem pengaturan lampu lalu-lintas, yakni fase dan waktu siklus yang optimum di persimpangan Jl. Asahan Simpang Jl. Pendeta Justin Sihombing kota Siantar. Dari pengaturan fase sinyal didapat nilai rata-rata DS 0.93 dengan waktu siklus 78 detik, waktu hijau sebesar: fase 1 (50 detik), fase 2 (50 detik), fase 3 (50 detik) serta tundaan rata-rata 87.351 det/smp. Nilai DS telah melebihi angka 0,80 artinya tidak terlalu efektif dan sering terjadi kemacetan sehingga didapat tundaan yang besar pada simpang.
2. Untuk mendapatkan solusi dari masalah kemacetan lalu-lintas di persimpangan Jl. Asahan Simpang Jl. Pendeta Justin Sihombing kota Siantar. Didapatkan data bahwa derajat kejenuhan (DS) pada persimpangan tersebut lebih tinggi dari 0.85 ini berarti arus terhambat, kecepatan rendah yang akan menyebabkan antrian panjang dan akan mengakibatkan kemacetan pada kondisi lalu lintas puncak, sehingga perlu diadakan perubahan-perubahan pada persimpangan tersebut. Perubahan tersebut dimaksud yaitu :
 1. Meningkatkan kapasitas persimpangan jalan dan tingkat pelayanan persimpangan jalan tersebut.
 2. Membatasi angkutan yang lewat pada persimpangan tersebut

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk keperluan studi lebih lanjut adalah :

1. Untuk mengurangi hambatan samping dengan memberikan tempat khusus bagi angkutan umum dalam menaikkan dan menurunkan penumpang

2. Pelarangan parkir kendaraan di pinggir jalan dengan memasang rambu lalu lintas
3. Memberikan pengetahuan kepada masyarakat tentang pentingnya mematuhi peraturan dan kebijaksanaan berlalu lintas demi kenyamanan dan keselamatan juga menghindari kemacetan
4. Memberikan himbauan kepada masyarakat untuk tidak saling serobot dalam menggunakan kendaran

DAFTAR PUSTAKA

- Budi Hartanto Susilo, Apriyanto loentan, *Alternatif Pemecahan Masalah pada Simpang Tiga kariangau-Soekarno hatta KM 5,5, Balik Papan ditinjau dari Kondisi Geometrik.*
- C. Jotin Khisty & B. Kent Lall. 2005. *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi*. Jilid I Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Darma (1997), *Tundaan dan panjang antrian pada simpang bersinyal dengan model simulasi*. Tugas Akhir Sarjana Teknik, Universitas Gadjah mada, Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum (1997), *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum
- Hobbs, F.D 1995, *Perancaan Dan Teknik Lalulintas*, Gajah Mada University Press Yogyakarta
- Jawahir (2000), *Jalan Kolonel Analisa Panjang Antrean Sugiono Dan Jalan Sisingamangraja*, Yogyakarta. Tugas Sarjana Teknik Muhammadiyah Yogyakarta
- Khisty,C.J., Lall,B.K., 2005, *Jilid 2 Dasar – Dasar Rekayasa Transportasi*. Edisi Ketiga. Erlangga, Jakarta
- Manajemen lalu lintas Perkotaan, Beta Offset, JogjakartaC. Jotin Khisty, Bkend Lall, (2002), *Dasar dasar Rekayasa Transportasi*.
- Miro, Penerbit Erlangga, Jakarta Direktorat Bina Marga. (1997), *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*.(MKJI), Sweroad Bekerja sama dengan PT Bina Karya
- Ofyar Z. Tamin, 1997, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, ITB. Bandung
- Sony Sulaksono, M.S.C, (2001), *Rekayasa Lalu Lintas*, ITB, Bandung.
- Tamin, Ofyar Z, Edisi Ke-2, 2000, *Perencanaan Dan Pemodelan Transportasi*, Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung

Widodo, W. (1997), *Perbandingan Metode MKJI(1997) dengan program OSCADY pada simpang bersinyal*. Tesis Megister Sistem dan Teknik Transportasi, Unibersitas Gadjah Mada, Yokyakarta

1991, Keputusan Direktur Jendral Perhubungan Darat No. AJ 401/1/7 tentang *Pedoman Sistem Pengendalian Lalu Lintas Terpusat*, Jakarta

LAMPIRAN

LAMPIRAN GAMBAR DILOKASI PENELITIAN



Gambar L1 : kendaraan lewat jl. Asahan



Gambar L2: Kendaraan lewat jl. Pdt Justin Sihombing



Gambar L3 : Kondisi lampu merah jl. Asahan



Gambar L4: Kondiri lampu merah jl. Asahan



Gambar L5 : Kondisi jl. Asahan simpang jl. Ptd justin sihombing



Gambar L6: Kondisi jl. Asahan simpang jl. Ptd justin sihombing

**Jalan. Pendeta Justin Sihombing Belok Kiri
LV (Kend/jam)**

Periode Pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	535	560	555	520	530	480	479
12.00-13.00	536	568	553	589	520	470	475
16.00-17.00	540	540	567	580	520	500	490
volume rata rata (kend/jam)	537	556	558	563	523	483	481
volume jam puncak (kend/jam)	540	568	567	589	530	500	490
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	529						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	541						

HV (Kend/jam)

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	280	180	234	230	198	270	178
12.00-13.00	270	210	200	285	190	190	243
16.00-17.00	268	212	220	270	187	188	280
volume rata rata (kend/jam)	273	201	218	262	192	216	234
volume jam puncak (kend/jam)	280	212	234	285	198	270	280
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	228						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	251						

MC (Kend/jam)

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	980	789	879	776	876	767	656
12.00-13.00	567	787	656	678	657	765	678
16.00-17.00	890	768	879	767	876	898	765
volume rata rata (kend/jam)	812	781	805	740	803	810	700
volume jam puncak (kend/jam)	980	789	879	776	876	898	766
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	779						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	852						

UM (Kend/jam)

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	8	5	12	5	6	7	19
12.00-13.00	7	6	8	6	3	8	6
16.00-17.00	9	8	8	6	8	6	20
volume rata rata (kend/jam)	8	6	9	6	6	7	15
volume jam puncak (kend/jam)	9	8	12	6	8	7	20
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	8						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	10						

**Jalan. Pendeta Justin Sihombing Belok Kanan
LV (Kend/jam)**

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	502	560	520	580	580	517	454
12.00-13.00	437	478	509	576	402	567	568
16.00-17.00	569	589	521	478	521	512	421
volume rata rata (kend/jam)	502,6667	542	517	545	501	532	481
volume jam puncak (kend/jam)	690	589	879	982	798	970	980
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	517						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	841						

HV (Kend/jam)

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	300	278	260	230	210	290	178
12.00-13.00	270	201	207	278	150	301	276
16.00-17.00	180	280	270	190	167	270	167
volume rata rata (kend/jam)	250	253	246	233	176	287	207
volume jam puncak (kend/jam)	300	278	270	230	210	301	276
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	236						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	266						

MC (Kend/jam)

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	560	670	590	700	730	720	550
12.00-13.00	648	610	500	685	730	798	587
16.00-17.00	568	612	520	670	680	720	600
volume rata rata (kend/jam)	592	631	537	685	713	746	579
volume jam puncak (kend/jam)	648	670	590	700	730	720	600
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	640						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	665						

UM (Kend/jam)

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	12	8	7	7	4	9	19
12.00-13.00	11	8	13	12	17	8	20
16.00-17.00	10	7	9	9	12	14	20
volume rata rata (kend/jam)	11	8	10	9	11	10	20
volume jam puncak (kend/jam)	12	8	13	12	17	14	20
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	11						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	14						

Jalan. Asahan Belok Kiri

LV (Kend/jam)

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	510	570	500	520	588	570	501
12.00-13.00	580	560	550	599	578	500	507
16.00-17.00	597	523	570	580	590	630	540
volume rata rata (kend/jam)	562,33333	551	540	566,3333	585	567	516
volume jam puncak (kend/jam)	597	570	570	599	590	630	540
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	555						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	585						

HV (Kend/jam)

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	250	245	201	198	289	170	120
12.00-13.00	247	267	243	187	298	212	109
16.00-17.00	245	210	203	207	267	180	158
volume rata rata (kend/jam)	247	241	216	197	285	187	129
volume jam puncak (kend/jam)	250	267	243	207	298	212	158
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	215						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	234						

MC (Kend/jam)

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	680	789	608	689	700	764	643
12.00-13.00	659	765	765	678	712	712	657
16.00-17.00	780	784	603	602	723	719	765
volume rata rata (kend/jam)	706	779	659	656	712	732	688
volume jam puncak (kend/jam)	780	789	765	689	723	764	765
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	705						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	754						

UM (Kend/jam)

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	8	9	11	15	7	8	12
12.00-13.00	7	8	5	8	6	7	8
16.00-17.00	7	6	8	11	14	12	10
volume rata rata (kend/jam)	7	8	8	11	9	9	10
volume jam puncak (kend/jam)	8	9	11	15	14	12	12
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	9						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	12						

Jalan. Asahan Lurus

LV (Kend/jam)

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	520	560	590	578	587	560	578
12.00-13.00	608	540	600	611	512	687	520
16.00-17.00	590	690	678	546	590	501	769
volume rata rata (kend/jam)	572,6667	597	623	578	563	583	622
volume jam puncak (kend/jam)	608	690	678	611	590	687	769
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	591						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	662						

HV (Kend/jam)

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	230	231	278	243	189	197	120
12.00-13.00	271	204	213	214	209	176	194
16.00-17.00	156	189	241	243	280	187	107
volume rata rata (kend/jam)	219	208	244	233	226	187	140
volume jam puncak (kend/jam)	271	231	278	243	280	197	194
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	208						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	242						

MC (Kend/jam)

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	870	784	789	850	768	654	654
12.00-13.00	812	765	678	678	897	678	567
16.00-17.00	801	675	670	765	765	678	678
volume rata rata (kend/jam)	828	741	712	764	810	670	633
volume jam puncak (kend/jam)	870	784	789	850	897	678	678
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	737						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	792						

UM (Kend/jam)

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	7	10	9	6	12	8	14
12.00-13.00	6	8	9	7	6	12	13
16.00-17.00	7	17	14	11	8	6	16
volume rata rata (kend/jam)	7	12	11	8	9	9	14
volume jam puncak (kend/jam)	7	17	14	11	12	12	16
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	10						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	13						

Jalan. Asahan Belok Kanan

LV (Kend/jam)

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	506	550	550	562	567	390	478
12.00-13.00	520	589	527	512	545	450	460
16.00-17.00	540	613	542	621	532	512	587
volume rata rata (kend/jam)	522	584	540	565	548	451	508
volume jam puncak (kend/jam)	540	613	550	621	567	512	587
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	531						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	570						

HV (Kend/jam)

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	102	125	78	76	120	87	89
12.00-13.00	100	120	121	89	158	111	170
16.00-17.00	120	137	120	90	140	102	167
volume rata rata (kend/jam)	107	127	106	85	139	100	142
volume jam puncak (kend/jam)	120	137	121	90	158	111	170
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	115						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	130						

MC (Kend/jam)

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	720	734	756	721	711	724	765
12.00-13.00	600	721	590	748	578	727	769
16.00-17.00	780	609	685	754	801	681	800
volume rata rata (kend/jam)	700	688	677	741	697	711	778
volume jam puncak (kend/jam)	780	734	756	754	801	727	800
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	713						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	765						

UM (Kend/jam)

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	7	11	14	16	8	9	10
12.00-13.00	12	16	8	11	10	13	14
16.00-17.00	11	13	15	12	9	7	14
volume rata rata (kend/jam)	10	13	12	13	9	10	13
volume jam puncak (kend/jam)	12	16	15	16	10	13	14
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	11						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	14						

Jalan. Asahan Lurus**LV (Kend/jam)**

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	480	430	420	570	470	312	450
12.00-13.00	468	431	512	451	450	400	402
16.00-17.00	433	450	556	534	411	310	417
volume rata rata (kend/jam)	460,3333	437	496	518	444	341	423
volume jam puncak (kend/jam)	480	450	556	570	470	400	450
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	446						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	482						

HV (Kend/jam)

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	110	123	145	120	150	75	78
12.00-13.00	112	120	78	199	120	87	87
16.00-17.00	131	100	176	168	156	93	90
volume rata rata (kend/jam)	118	114	133	162	142	85	85
volume jam puncak (kend/jam)	131	123	176	199	156	93	90
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	120						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	138						

MC (Kend/jam)

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	668	560	632	532	612	400	387
12.00-13.00	601	610	629	679	587	583	590
16.00-17.00	690	540	623	769	712	816	675
volume rata rata (kend/jam)	653	570	628	660	637	600	551
volume jam puncak (kend/jam)	690	610	632	769	712	816	675
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	614						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	701						

UM (Kend/jam)

periode pengamatan	volume lalu lintas harian						
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	sabtu	minggu
07.00-08.00	12	8	10	9	12	11	12
12.00-13.00	9	10	7	11	15	12	6
16.00-17.00	9	11	10	15	17	14	11
volume rata rata (kend/jam)	10	10	9	12	15	12	10
volume jam puncak (kend/jam)	12	11	10	15	17	14	12
volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam)	11						
volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam)	13						

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Gusti Firmansyah Tambunan
Tempat, Tanggal Lahir : Tarutung, 21 Mei 1997
Alamat : GG. Cendana I Komp. Mesjid, Kec. Tarutung.
Kab. Tapanuli Utara
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
No. HP/Telp. Seluler : 081363048209
E-Mail : gustitambunan2@gmail.com
Nama Orang Tua
Ayah : Marzuki Tambunan
Ibu : Nurilam Pasaribu

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1507210216
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	Sekolah Dasar	SD NEGERI 173104 TARUTUNG	2009
2	MTs	SMP NEGRI 2 TARUTUNG	2012
3	MA	SMA NEGRI 2 TARUTUNG	2015
4	Melanjutkan Kuliah di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2015 Hingga		