

**ANALISA TRAFFIC CONTROL PADA
SIMPANG JALAN PELANGI MEDAN
(PENELITIAN)**

SKRIPSI

OLEH :

**HERMANTINUS WARUWU
14.811.0035**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2019**

LEMBARAN PENGESAHAN

**ANALISA TRAFFIC CONTROL PADA
SIMPANG JALAN PELANGI MEDAN
(PENELITIAN)**

OLEH :

HERMANTINUS WARUWU

14.811.0035

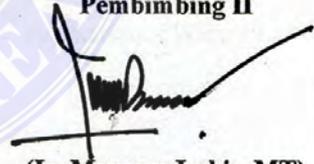
TELAH DISETUJUI OLEH :

Pembimbing I



(Ir. H. Edy Hermanto, MT)

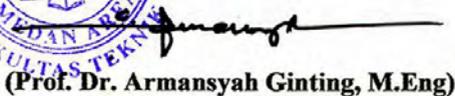
Pembimbing II



(Ir. Marwan Lubis, MT)



Dekan Fakultas Teknik



(Prof. Dr. Armansyah Ginting, M.Eng)



Ka Prodi Teknik Sipil



(Ir. Kamaluddin Lubis, MT)

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri, adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah ditulis sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 11 Februari 2019



Hermantinus Waruwu

(14.811.0035)

ABSTRAK

Penelitian dilakukan di simpang Pelangi kota Medan karena pada simpang tersebut mempunyai tingkat kepadatan dan keramaian yang cukup besar. Sehubungan dengan hal itu maka perlu di lakukan penelitian dengan menggunakan standar Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis apakah penggunaan sinyal (traffic light) pada simpang Pelangi masih mempunyai kinerja yang baik dalam mengatasi arus lalu lintas jalan pada simpang tersebut. Perhitungan analisis dan simulasi yang diterapkan dalam penelitian ini menggunakan metode MKJI 1997. Data primer yang diambil dalam penelitian berupa geometrik jalan, kondisi lingkungan, jarak parkir, volume lalu lintas, dan penggunaan sinyal. Sedangkan data sekunder yang dibutuhkan adalah data jumlah penduduk Kota Medan. Berdasarkan hasil analisa data, maka didapatkan nilai derajat kejenuhan (DS) simpang sebesar 0,74 dan tundaan kendaraan sebesar 38,75 detik. Sesuai dengan nilai DS dan nilai tundaan maka kinerja simpang Pelangi berada pada kategori (*Level Of Service*) D dimana arus lalu lintasnya kurang stabil dan kadang sering menyebabkan kemacetan.

Penanganan simpang dilakukan dengan merubah waktu hilang (LTI) dan waktu hijau (g) sesuai dengan standar nilai normal waktu antar hijau di MKJI dimaksudkan agar dapat mempersingkat waktu siklus (c). Dari hasil simulasi dengan waktu siklus (c)= 130 detik dan waktu hilang (LTI) = 20 detik, didapat nilai $D_s = 0.59$ dan tundaan sebesar 15,22 detik,. Dengan hasil perhitungan simulasi tersebut, maka dapat menambah kapasitas pada simpang Pelangi dan menambah kenyamanan untuk pengguna jalan karena waktu siklus yang lebih pendek.

Kata Kunci : Analisa Simpang Bersinyal, Derajat kejenuhan, Tundaan, Tingkat Pelayanan, Penanganan Simpang.

ABSTRACT

Research was carried out at the intersection of Pelangi in Medan city because at the intersection it has a large enough density and density. In connection with this, research needs to be done using the Indonesian Road Capacity Manual 1997. This study aims to analyze whether the use of signals (traffic light) at the Pelangi intersection still has a good performance in overcoming the road traffic flow at the intersection. Calculation of analysis and simulation applied in this study uses MKJI 1997 method. The primary data taken in the research are road geometric, environmental conditions, parking distance, traffic volume, and signal usage. While the secondary data needed is data on the population of Medan City. Based on the results of data analysis, the intersection degree of saturation (DS) is 0.74 and the vehicle delay is 38.75 seconds. In accordance with DS value and delay value, the performance of Pelangi intersection is in the category (*Level Of Service*) D where the traffic flow is less stable and sometimes often causes congestion.

Deviation handling is done by changing the lost time (LTI) and green time (g) in accordance with the standard normal value of green intervals in MKJI intended to shorten cycle time (c). From the simulation results with cycle time (c) = 130 seconds and time lost (LTI) = 20 seconds, the value of $D_s = 0.59$ and a delay of 15.22 seconds is obtained. With the results of the simulation calculation, it can increase the capacity at the Pelangi intersection and increase comfort for road users because of shorter cycle times.

Keywords : Analysis of signalized intersection, degree of saturation, delay, service level, intersection handling.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini hingga selesai.

Skripsi ini dapat dikatakan sebagai prasyarat terakhir yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar sarjana teknik dari Universitas Medan Area. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini dapat terselesaikan karena bantuan banyak pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M. Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Prof. Dr. Armansyah Ginting, M. Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT., selaku kaprodi Teknik Sipil Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. H. Edy Hermanto, MT., selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membantu pelaksanaan skripsi ini.
5. Bapak Ir. Marwan Lubis, MT., selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membantu pelaksanaan skripsi ini.
6. Seluruh Dosen dan Pegawai di Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area.

7. Ucapan terima kasih kepada teman-teman yang telah membantu dalam melakukan survey lapangan.
8. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada keluarga terutama kedua orang tua saya, ayah (Alm.) dan ibu saya yang telah banyak memberi kasih sayang dan dukungan moril maupun materi serta doa yang tiada henti untuk penulis.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari bahwa isi maupun teknik penulisannya jauh dari kesempurnaan, maka untuk itu penulis mengharapkan kritikan maupun saran dari para pembaca yang bersifat positif demi menyempurnakan dari skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat khususnya bagi penulis dan umumnya para pembaca sekalian.

Medan, Februari 2019

Penyusun :

Hermantinus Waruwu

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR NOTASI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan	3
1.3 Perumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Metode Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Persimpangan.....	6
2.3 Simpang Bersinyal.....	8
2.4 Model Dasar.....	22
2.5 Perencanaan Geometrik Jalan.....	23
2.6 Titik Konflik pada Simpang	25
2.7 Perhitungan Simpang Bersinyal	26

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	40
3.1 Umum.....	40
3.2 Tahap Persiapan	40
3.3 Tahap Pengumpulan Data	41
3.4 Lokasi Survei	42
3.5 Pengolahan Data	42
3.6 Analisis Data	46
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	48
4.1 Data Masukan	48
4.2 Pengolahan Data	55
4.3 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan	62
4.4 Keperluan Untuk Perubahan	68
4.5 Pembahasan.....	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Waktu Siklus yang Disarankan	12
Tabel 2.2 Nilai Normal Waktu Antar Hijau	14
Tabel 2.3 Tipe Pendekat	21
Tabel 2.4 Penyesuaian Arus Lalu Lintas dengan Lebar Pendekat	24
Tabel 2.5 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota pada Simpang Bersinyal	28
Tabel 2.6 Kapasitas Dasar Tergantung Pada Tipe Jalan Dan Jumlah Lajur	33
Tabel 2.7 Tundaan Simpang Rata-Rata (LOS)	39
Tabel 4.1 Data lingkungan Simpang Pelangi, Medan	49
Tabel 4.2 Data Geometrik Simpang Pelangi, Medan	49
Tabel 4.3 Hasil Penelitian Fase Sinyal	52
Tabel 4.4 Volume Lalu Lintas Jam Puncak Simpang Pelangi, Medan	53
Tabel 4.5 Data Volume Lalu Lintas Dalam Satuan Smp/Jam	55
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Arus Jenuh Dasar	56
Tabel 4.7 Hasil Penelitian Factor Penyesuaian Hambatan Samping (FSF)	57
Tabel 4.8 Nilai Arus Jenuh	59
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Rasio Arus (FR)	60

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Rasio Fase.....	61
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Waktu Hijau (g).....	62
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Kapasitas	63
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS)	63
Tabel 4.14 Panjang Antrian.....	65
Tabel 4.15 Kendaraan Henti (NSV).....	66
Tabel 4.16 Tundaan Kendaraan	68
Tabel 4.17 Nilai Waktu Hilang (LTI) Simulasi	69
Tabel 4.18 Nilai Waktu Hijau (g) Simulasi.....	69
Tabel 4.19 Nilai Derajat Kejenuhan (Ds) Simulasi.....	70
Tabel 4.20 Perbandingan Kinerja Simpang Bersinyal Pelangi	71
Tabel 4.21 Kesimpulan Hasil Akhir dari Penelitian.....	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Titik Konflik pada Simpang.....	6
Gambar 2.2 Jenis-jenis Simpang.....	7
Gambar 2.3 Aliran Kendaraan dan Laju Penggabungan, Penyebaran, dan Persimpangan (Salter, 1974).....	8
Gambar 2.4 Konflik Lalu Lintas Persimpangan Bersinyal	9
Gambar 2.5 Peralatan Sistem Pengendali Sinyal Lalu Lintas	17
Gambar 2.6 Jenis-jenis Interchange	18
Gambar 2.7 Lampu Lalu Lintas	20
Gambar 2.8 Arus Jenuh yang Diamati per Selang Waktu Enam Detik	22
Gambar 2.9 Model Dasar Untuk Arus Jenuh	23
Gambar 2.10 Titik konflik pada simpang tiga lengan.....	25
Gambar 2.11 Lengan Simpang Untuk Masing-masing Pendekat	26
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian	42
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian	47
Gambar 4.1 Kondisi Geometri Simpang.....	48
Gambar 4.2 Geometrik Simpang Pelangi.....	50
Gambar 4.3 Potongan Melintang Jalan Simpang Pelangi	50

Gambar 4.4 Kondisi Persinyalan Simpang52

Gambar 4.5 Grafik Lalu Lintas Wilayah Penelitian.....54



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.A. Data Arus Lalu Lintas

Lampiran 1.B. Data Arus Lalu Lintas

Lampiran 1.C. Data Arus Lalu Lintas

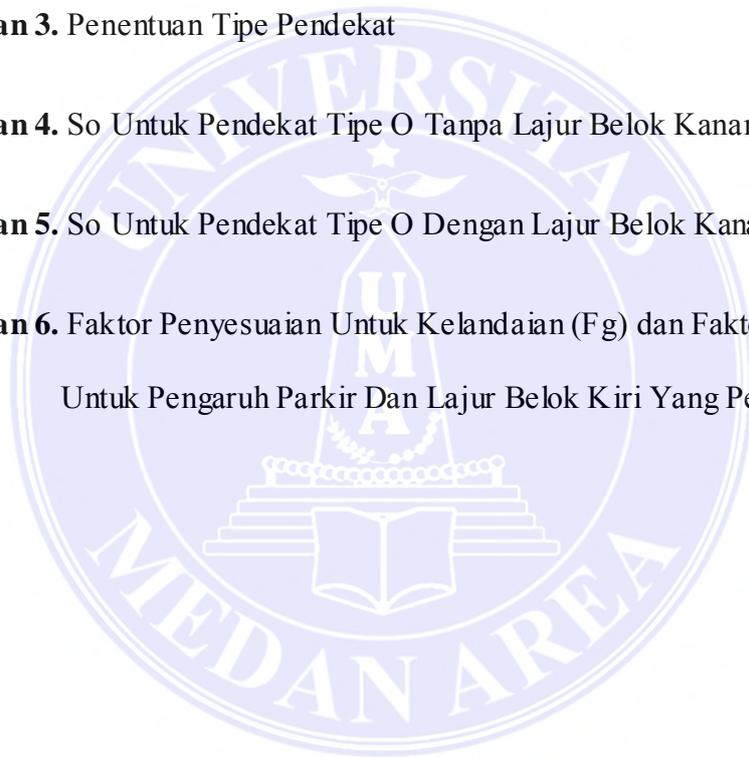
Lampiran 2. Dokumentasi

Lampiran 3. Penentuan Tipe Pendekat

Lampiran 4. So Untuk Pendekat Tipe O Tanpa Lajur Belok Kanan Terpisah

Lampiran 5. So Untuk Pendekat Tipe O Dengan Lajur Belok Kanan Terpisah

Lampiran 6. Faktor Penyesuaian Untuk Kelandaian (Fg) dan Faktor Penyesuaian Untuk Pengaruh Parkir Dan Lajur Belok Kiri Yang Pendek (FP)



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setiap kota besar dihadapkan pada problem transportasi yang serius, antara lain adalah kemacetan dan tundaan pada ruas-ruas jalan terutama di persimpangan jalan. Seiring dengan perkembangan di kota Medan, maka arus transportasi juga semakin padat terutama pada persimpangan jalan. Kemacetan lalu lintas tersebut terjadi karena ruas jalan tersebut sudah mulai tidak mampu menerima/melewatkan luapan arus kendaraan yang datang secara lancar.

Fenomena kemacetan lalu lintas dipersimpangan pada saat-saat peak hour pasti akan kita jumpai disetiap persimpangan. Menurut Lili Anggraini, Hamzani, Zulfhazli (2015), factor yang mempengaruhi tingkat pelayanan jalan adalah factor jalan seperti lebar lajur, bahu jalan, keberadaan median, permukaan jalan, kebebasan lateral, dan trotoar, dan factor lalu lintasnya seperti volume, komposisi lalu lintas, gangguan lalu lintas, gangguan samping, dan lain sebagainya, factor-faktor tersebut berperan penting dalam melayani arus lalu-lintas. Salah satu penanganan yang diperlukan untuk mengatasi kemacetan tersebut adalah dengan dilakukannya pengaturan/pengendalian pada persimpangan tersebut. Cara pengaturan/pengendalian persimpangan adalah suatu upaya yang dipandang paling mudah dan paling ekonomis untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Menurut Ferli Febrian (2014) dengan penerapan operasional sinyal lampu dinamis sebagai pengatur pengendalian waktu siklus (traffic light), maka akan meningkatkan kapasitas simpang untuk melayani kebutuhan lalu lintas terutama pada jam-jam sibuk (peak hour), dan juga menjadikan waktu perjalanan yang lebih pendek, penurunan tingkat resiko kecelakaan, serta memberikan kenyamanan dan keselamatan yang lebih tinggi bagi pejalan kaki dan para pengguna jalan. Pengaturan lalu lintas meliputi penetapan kebijakan lalu lintas pada jaringan atau ruas jalan tertentu, berupa perintah, anjuran, dan larangan yang masing-masing mengandung konsekuensi hukum (Suwardjoko P. Warpani, 2002).

Persimpangan adalah simpul pada jaringan jalan dimana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan (Ir. Iskandar Abubakar, M.Sc, 1995:41). Persimpangan dapat dipengaruhi kemampuan (Capability) jalan dalam melayani volume kendaraan dan volume pejalan kaki sebab “gangguan” kepada lalu lintas sering terjadi di persimpangan sehingga persimpangan harus dirancang sedemikian rupa, baik dari pengaturan geometriknya maupun dari pengaturan/pengendalian Traffic Light sehingga pergerakan arus lalu lintas pada persimpangan dapat terkendali aman dan nyaman (Ningsih Farida Manalu, Medis S. Surbakti, MT).

Oleh karena itu, berdasarkan latar belakang di atas penulis tertarik menganalisa traffic Control pada simpang Pelangi, Medan, dimana arus lalu lintasnya sangatlah padat terutama pada saat peak hour (jam puncak) yang disebabkan oleh berbagai hal, seperti kapasitas persimpangan jalan, waktu siklus, manajemen persimpangannya yang kurang tepat, dan lain sebagainya.

1.2 Maksud dan Tujuan

1.2.1. Maksud

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh kinerja lalu lintas jalan terhadap penerapan Traffic Control pada ruas jalan Sisingamangaraja, jalan Turi, dan jalan Pelangi dengan menganalisis kapasitas dan perilaku lalu lintas pada persimpangan jalan tersebut.

1.2.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk dapat meningkatkan peranan Traffic Control dalam mengatasi arus lalu lintas jalan pada simpang Pelangi tersebut, sehingga diharapkan dapat tercapai kelancaran, kemudahan, dan keamanan dalam berlalu-lintas.

1.3 Perumusan Masalah

1. Apakah penggunaan Traffic Control dapat mengatasi kemacetan lalu lintas jalan pada persimpangan?
2. Bagaimanakah pengaruh penggunaan Traffic Control terhadap arus lalu lintas jalan pada simpang Pelangi?
3. Bagaimanakah tingkat kinerja simpang tersebut setelah adanya Traffic Control?

1.4 Batasan Masalah

Mengingat adanya keterbatasan waktu yang ada pada kami sebagai penulis. Adapun batasan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Penelitian di lakukan di simpang Pelangi yang berada di jalan Sisingamangaraja-Turi-Pelangi, kota Medan.
2. Pengamatan dilakukan pada jam puncak pagi, siang, dan sore hari.
3. Data diambil sebanyak tiga kali dalam satu pekan, yaitu awal pekan, tengah pekan, dan akhir pekan.
4. Waktu siklus lampu Traffic Control pada masing-masing ruas jalan.
5. Kendaraan yang menerobos lampu merah diabaikan.

1.5 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini penulis melakukan pengamatan dan pengumpulan data menggunakan data primer dan data sekunder, data primer didapat langsung di lapangan, sedangkan data sekunder merupakan data yang diperlukan untuk melengkapi dan dalam bentuk yang sudah jadi dari suatu badan atau instansi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

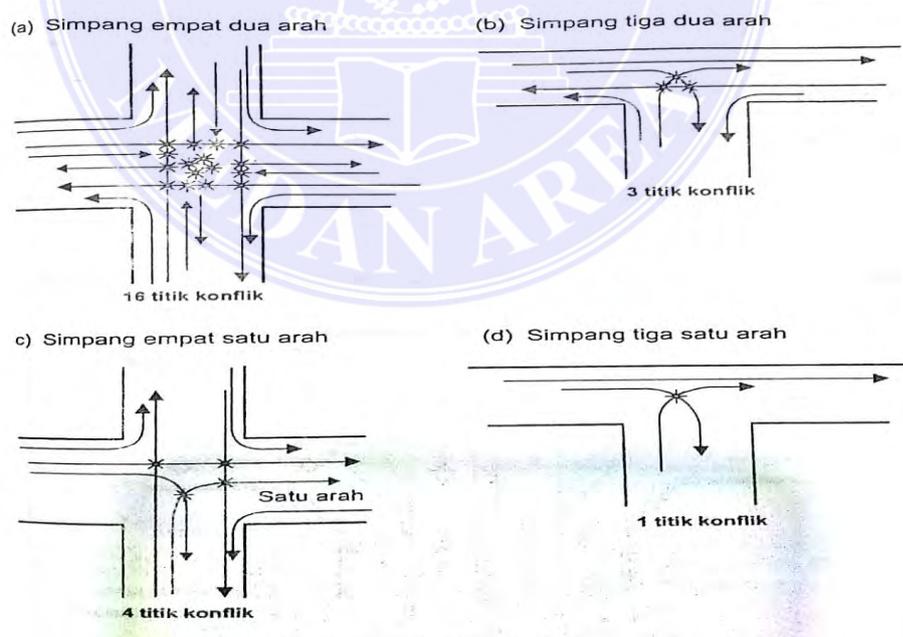
Suatu persimpangan jalan yang sebidang merupakan bagian yang sukar dan rumit dari suatu sistem jalan raya. Di sinilah terjadi sebagian besar pertemuan kendaraan dan pejalan kaki, yang selalu menyebabkan keterlambatan, kecelakaan dan kemacetan. Persimpangan sebidang (maksudnya terletak dalam satu daratan,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

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

2.2 Persimpangan

2.2.1. Pengertian Persimpangan

Persimpangan adalah bagian terpenting dari system jaringan jalan, yang secara umum kapasitas persimpangan dapat dikontrol dengan mengendalikan volume lalu lintas dalam system jaringan tersebut (*Alik Ansyori Alamsyah, 2005:89*). Persimpangan merupakan tempat yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadinya konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya, ataupun kendaraan dengan pejalan kaki. Oleh karena itu, menurut Suwardjoko R. Warpani, (2002:86) upaya memperlancar arus lalu lintas adalah dengan ‘meniadakan’ titik konflik ini, misalnya dengan membangun ‘pulau lalu lintas’ atau bundaran, menerapkan ‘ arus searah’, menerapkan ‘larangan belok kanan’ maka titik konflik tinggal 4 buah, dan dengan simpang susun titik konflik secara teori ditiadakan.



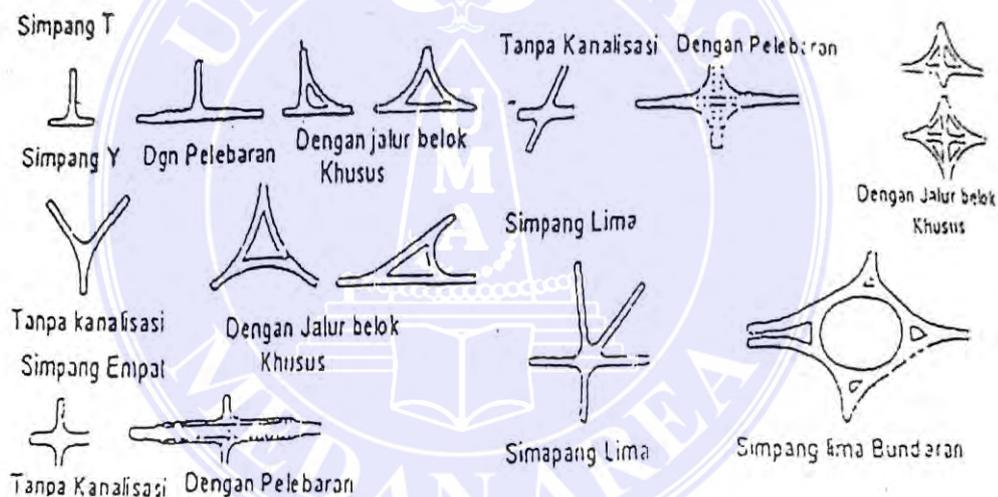
Gambar 2.1 Titik Konflik pada Simpang
Sumber : Pengelolaan Lalu-lintas dan Angkutan Jalan, 2002

2.2.2. Jenis-jenis Pengaturan Persimpangan

Ada beberapa jenis pengaturan simpang (*Alik Ansyori Alamsyah, 2005:94*), yaitu :

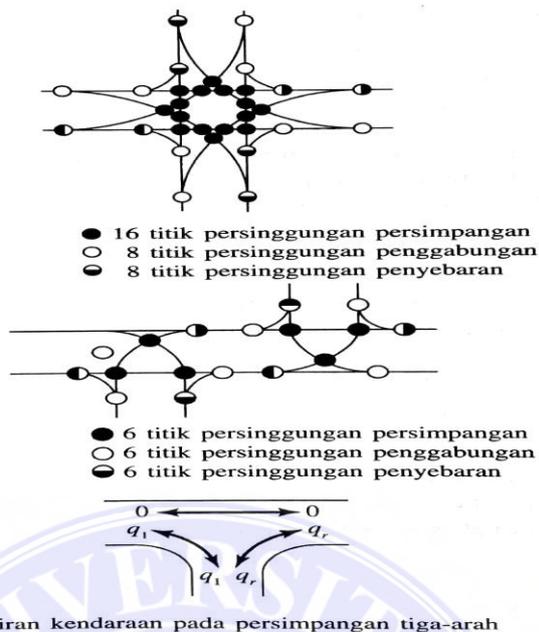
- a. Pengaturan simpang tanpa lampu lalu lintas, dan
- b. Pengaturan simpang dengan lampu lalu lintas.

Pemilihan jenis pengaturan simpang pada karakter fisik dari simpang maupun kondisi lalu lintasnya, jenis-jenis simpang dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.2 Jenis-jenis Simpang
Sumber : Rekayasa Lalulintas, 2005

Terdapat paling tidak enam cara utama untuk mengendalikan lalu lintas di persimpangan, bergantung pada jenis persimpangan dan volume lalu lintas pada tiap aliran kendaraan. Berdasarkan urutan tingkat pengendalian, dari kecil ke tinggi, dipersimpangan, keenamnya adalah : tanpa kendali, kanalisasi, rambu pengendali kecepatan atau rambu berhenti, bundaran, dan lampu lalu-lintas (*C. Jotin Khisty, B. Kent Lall (2003:278)*).



Gambar 2.3 Aliran Kendaraan dan Laju Penggabungan, Penyebaran, dan Persimpangan (Salter, 1974)
Sumber : Dasar-dasar Rekayasa Transportasi, 2003

Menurut Panji Tejo Buono (2016), ada beberapa tujuan pengaturan simpang, namun secara umum tujuan pengaturan simpang dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Untuk mengurangi kecelakaan.
2. Untuk meningkatkan kapasitas.
3. Meminimalkan tundaan atau antrian.

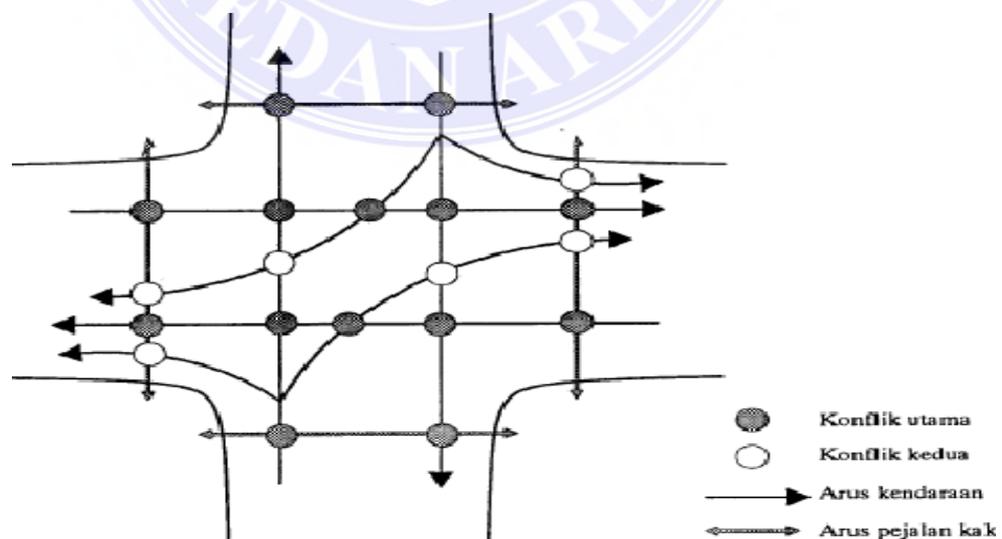
2.3 Simpang Bersinyal

Menurut MKJI (1997:2-2), simpang bersinyal merupakan tata cara menentukan waktu sinyal, kapasitas dan perilaku lalu lintas (tundaan, panjang antrian, dan rasio kendaraan terhenti) pada simpang di daerah perkotaan dan semi perkotaan). Simpang bersinyal adalah dimana pemakai jalan dapat melewati

simpang sesuai dengan pengoprasian sinyal lalu lintas, jadi pemakai jalan hanya boleh lewat pada saat sinyal lalu lintas menunjukkan warna hijau pada lengan simpangnya. Pada umumnya sinyal lalu lintas dipergunakan untuk satu atau lebih dari alasan berikut (MKJI 1997:2-2) :

- a. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak.
- b. Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk /memotong jalan utama.
- c. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu-lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang bertentangan.

Penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna pada traffic light (merah, kuning, hijau) dilakukan untuk dapat memisahkn lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu yang terjadi secara bersamaan.



Gambar 2.4 Konflik Lalu Lintas Persimpangan Bersinyal
 Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997:2-2) ada beberapa tujuan dari pemasangan lampu lalu lintas yaitu :

- 1) Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama konsisi lalulintas jam puncak,
- 2) Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk memotong jalan utama, dan,
- 3) Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang bertentangan.

2.3.1. Karakteristik Sinyal Lalu Lintas

Sinyal lalu lintas adalah alat kontrol elektris untuk lalu lintas di persimpangan jalan yang berfungsi untuk memisahkan arus kendaraan berdasarkan waktu, yaitu dengan memberikan kesempatan berjalan secara bergiliran kepada kendaraan dari masing-masing kaki simpang/pendekat dengan menggunakan isyarat dari lampu lalu lintas (Amir Sanjaya, Eti Sulandari, Said Basalim, 2016). Fungsi pemisahan arus ini menjadi sangat penting karena pertemuan arus kendaraan terutama dalam volume yang cukup besar akan membahayakan kendaraan yang melalui simpang dan dapat mengacaukan sistem lalu lintas dipersimpangan.

Pengaturan arus lalu lintas pada persimpangan pada dasarnya dimaksudkan untuk bagaimana pergerakan kendaraan pada masing-masing kelompok pergerakan kendaraan (*vehicle group movements*) dapat bergerak secara bergantian sehingga tidak mengganggu antar arus yang ada. Ada berbagai jenis

kendali dengan menggunakan kendali lampu lalu lintas dimana pertimbangan ini sangat tergantung pada situasi dan kondisi persimpangan yang ada seperti volume dan geometrik simpang.

Berdasarkan cakupan jenis kendali lampu lalu lintas pada persimpangan dibedakan antara lain :

- a. Lampu lalu lintas terpisah (*isolated traffic signal*): yaitu pengoperasian lampu lalu lintas dimana dalam perencanaannya hanya didasarkan pertimbangan pada satu tempat persimpangan saja tanpa pertimbangkan simpang lain yang terdekat.
- b. Lampu lalu lintas terkoordinasi (*coordinated traffic signal*): yaitu pengoperasian lampu lalu lintas dimana dalam perancangannya mempertimbangkan cakupan beberapa simpang yang terdapat pada suatu jalur/arah tertentu.
- c. Lampu lalu lintas jaringan (*networking traffic signal*): yaitu pengoperasian lampu lalu lintas dimana dalam perancangannya mempertimbangkan cakupan beberapa simpang yang terdapat dalam suatu jaringan jalan dalam suatu kawasan.

Menurut MKJI 1997, dalam pengaturan dan pengoperasian sinyal lampu lalu lintas ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- 1) Fase sinyal, yaitu bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijau disediakan bagi kombinasi tertentu dari gerakan lalu lintas,
- 2) Waktu siklus, yaitu waktu untuk ukuran lengkap dari indikasi sinyal.

waktu siklus yang terlalu panjang akan menyebabkan meningkatnya keadaan rata-rata. Jika nilai rasio arus (FR) mendekati atau lebih dari satu maka

simpang tersebut adalah lewat jenuh dan rumus tersebut akan menghasilkan waktu siklus yang sangat tinggi atau negatif. Jika perhitungan menghasilkan waktu siklus yang lebih dari batas yang disarankan, maka hal ini menunjukkan bahwa kapasitas dari simpang tidak mencukupi. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Waktu Siklus yang Disarankan

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus yang Layak (det)
Pengaturan 2 fase	40 – 80
Pengaturan 3 fase	50 – 100
Pengaturan 4 fase	80 – 130

Sumber : Simpang Bersinyal MKJI 1997

3) Waktu hijau (*g*), yaitu waktu nyala hijau dalam suatu pendekat (detik).

Waktu hijau dibedakan menjadi 2 macam yaitu :

- a). waktu hijau maksimum (*g_{max}*) adalah waktu hijau maksimal yang diijinkan dalam suatu fase untuk kendali lalu lintas aktuasi kendaraan (detik) dan,
- b) waktu hijau minimum (*g_{min}*) adalah waktu hijau minimum yang diperlukan (contoh : adanya penyeberangan pejalan kaki).

4) Rasio hijau (*green ratio*), yaitu perbandingan antara waktu hijau dengan waktu siklus dalam suatu pendekat

$$(GR=g/c) \dots\dots\dots(1)$$

5) Waktu merah semua, yaitu waktu di mana sinyal merah menyala bersama dalam pendekat-pendekat yang dilayani oleh dua fase sinyal yang berurutan (detik),

6) Waktu hilang, yaitu jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap (detik). Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)

waktu antar hijau sebaiknya ditentukan dengan menggunakan metodologi yang sesuai sehingga lama nyala hijau dapat disesuaikan dengan lebar jalan yang dapat menjadikan nyala hijau yang efektif (tidak terlalu lama), dan,

- 7) Waktu kuning, yaitu waktu di mana lampu kuning dinyalakan setelah hijau dalam suatu pendekat.

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997:2-33), ada beberapa pertimbangan pengaturan sinyal lalu lintas antara lain sebagai berikut :

- 1) Pengaturan waktu tetap umumnya dipilih bila simpang tersebut merupakan bagian dari sistem sinyal lalu lintas terkoordinasi.
- 2) Pengaturan sinyal aktuasi (detektor hanya dipasang pada jalan minor atau tombol penyeberangan pejalan kaki) umumnya simpang tersebut terisolir dan terdiri dari sebuah jalan minor atau penyeberangan pejalan kaki dan berpotongan dengan jalan arteri. Pada keadaan ini sinyal selalu hijau untuk jalan utama bila tidak ada kebutuhan dari jalan minor.
- 3) Pengaturan sinyal aktuasi penuh adalah model pengaturan yang paling efisien untuk simpang terisolir di antara jalan-jalan dengan kepentingan dan kebutuhan lalu lintas yang sama atau hampir sama.
- 4) Pengaturan sinyal terkoordinasi umumnya diperlukan bila jarak antara simpang bersinyal berdekatan adalah kecil (kurang dari 200 m).

Untuk analisa operasional dan perencanaan disarankan untuk membuat suatu perhitungan rinci waktu antar hijau (IG) dan waktu hilang (LTI). Waktu antar hijau adalah periode kuning + merah semua antara dua fase sinyal yang berurutan (detik). Waktu hilang adalah jumlah semua periode antar hijau

dalam siklus yang lengkap (detik). Nilai normal waktu antar hijau dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Nilai Normal Waktu Antar Hijau

Ukuran Simpang	Lebar Jalan Rata-Rata	Nilai Normal Waktu Antar Hijau
Kecil	6 – 9 m	4 detik/fase
Sedang	10 – 14 m	5 detik/fase
Besar	≥ 15 m	≥ 6 detik/fase

Sumber : Simpang Bersinyal MKJI 1997

Perhitungan waktu merah semua yang diperlukan antara pengosongan pada akhir setiap fase harus memberikan kesempatan bagi kendaraan terakhir (melewati garis henti pada akhir sinyal kuning) berangkat dari titik konflik sebelum kedatangan kendaraan yang datang pertama di fase berikutnya (melewati garis henti sinyal hijau) pada titik yang sama. Jadi, merah semua merupakan fungsi dari kecepatan dan jarak dari kendaraan yang berangkat dan yang datang (dari garis henti sampai ke titik konflik) dan panjang dari kendaraan yang berangkat.

Titik-titik konflik pada masing-masing fase adalah titik yang menghasilkan waktu merah semua (i) terbesar dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$MERAH\ SEMUA\ (i) = \frac{(L_{EV} + I_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan :

L_{EV}, L_{AV} : Jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk

kendaraan yang berangkat dan yang datang (m)

I_{EV} : Panjang kendaraan yang berangkat (m)

V_{EV} , V_{AV} : Kecepatan masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/dt).

Perhitungan waktu hilang (LTI), dihitung setelah ditetapkan periode merah semua untuk masing-masing akhir fase. Waktu hilang untuk simpang dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu-waktu antar hijau seperti persamaan berikut.

$$LTI = \Sigma(MERAH SEMUA + KUNING) i = \Sigma IGi \dots \dots \dots (3)$$

Panjang waktu kuning pada sinyal lalu lintas perkotaan di Indonesia biasanya adalah 3,0 detik.

Lampu lalu lintas dapat dikoordinasikan dalam beberapa cara, tetapi tiga teknik yang paling banyak dilakukan adalah system simultan, system alternatif, dan system progresif fleksibel (C. Jotin Khisty, B. Kent Lall, 2003:315).

1. System simultan: dalam teknik ini, seluruh lampu lalu-lintas disepanjang bagian jalan yang dikoordinasi menampilkan aspek yang sama kepada aliran lalu lintas, yang sama pada waktu yang sama.
2. System alternatif : dalam system ini lampu lalu-lintas alternatif atau kelompok lampu lalu-lintas menunjukkan tanda yang berlawanan pada waktu yang sama, yang berarti bahwa jika sebuah kendaraan melintasi jarak antara dua persimpangan dalam waktu setengah siklus, maka kendaraan tersebut tidak perlu berhenti.
3. System progresif : terdapat dua jenis system progresif yang digunakan. Dalam system progresif yang sederhana, berbagai muka sinyal yang mengendalikan suatu jalan, menampilkan warna hijau sesuai dengan jadwal waktu untuk tetap menjaga agar iring-iringan kendaraan tetap dapat bergerak

pada kecepatan yang telah direncanakan. Pada system progresif fleksibel, interval waktu pada lampu lalu lintas dapat diselesaikan secara independen tergantung persyaratan lalu-lintas dan dimana warna hijau pada setiap lampu lalu-lintas dapat saja menyala secara independen pada saat yang akan memberikan efisiensi maksimum.

2.3.2. Efek dari Sinyal Lalu Lintas

Penerapan sinyal lampu lalu lintas dari simpang diharapkan dapat memberikan efek-efek :

- a) Peningkatan keselamatan Lalu Lintas.
- b) Pemberian fasilitas kepada penyeberangan pejalan kaki.
- c) Peningkatan kapasitas dari simpang antara dua jalan yang sibuk.
- d) Pengaturan distribusi dari kapasitas berbagi arah arus lalu lintas atau kategori arus lalu lintas (kendaraan umum, bis, dll).

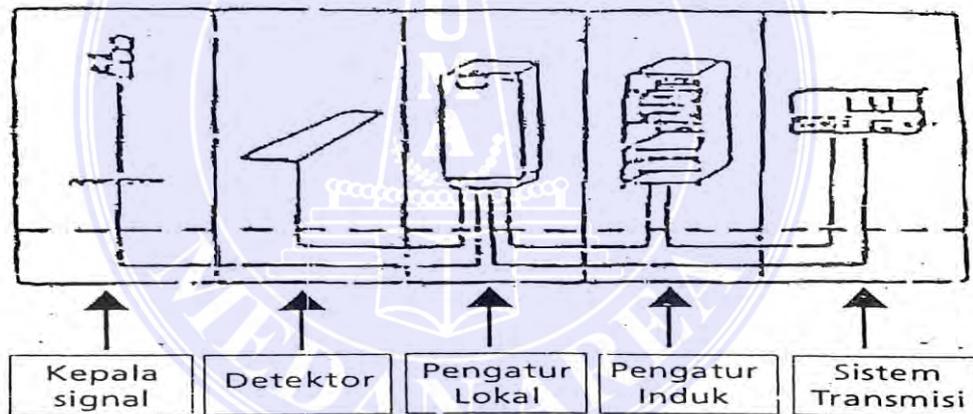
Menurut Alik Ansyori Alamsyah (2005:113), operasi perencanaan yang buruk atau kurangnya pemeliharaan sinyal lampu lalu lintas dapat menyebabkan :

- a. Meningkatkan frekuensi kecelakaan
- b. Mengakibatkan tundaan
- c. Kemungkinan sinyal tidak ditaati
- d. Perjalanan menumpuk pada alternatif

2.3.3. Peralatan Sistem Sinyal Lalu Lintas

Peralatan pengendali lalu lintas meliputi rambu, penghalang yang dapat dipindahkan, dan lampu lalu lintas. Sistem pengendalian sinyal lalu lintas terdiri dari peralatan-peralatan sebagai berikut :

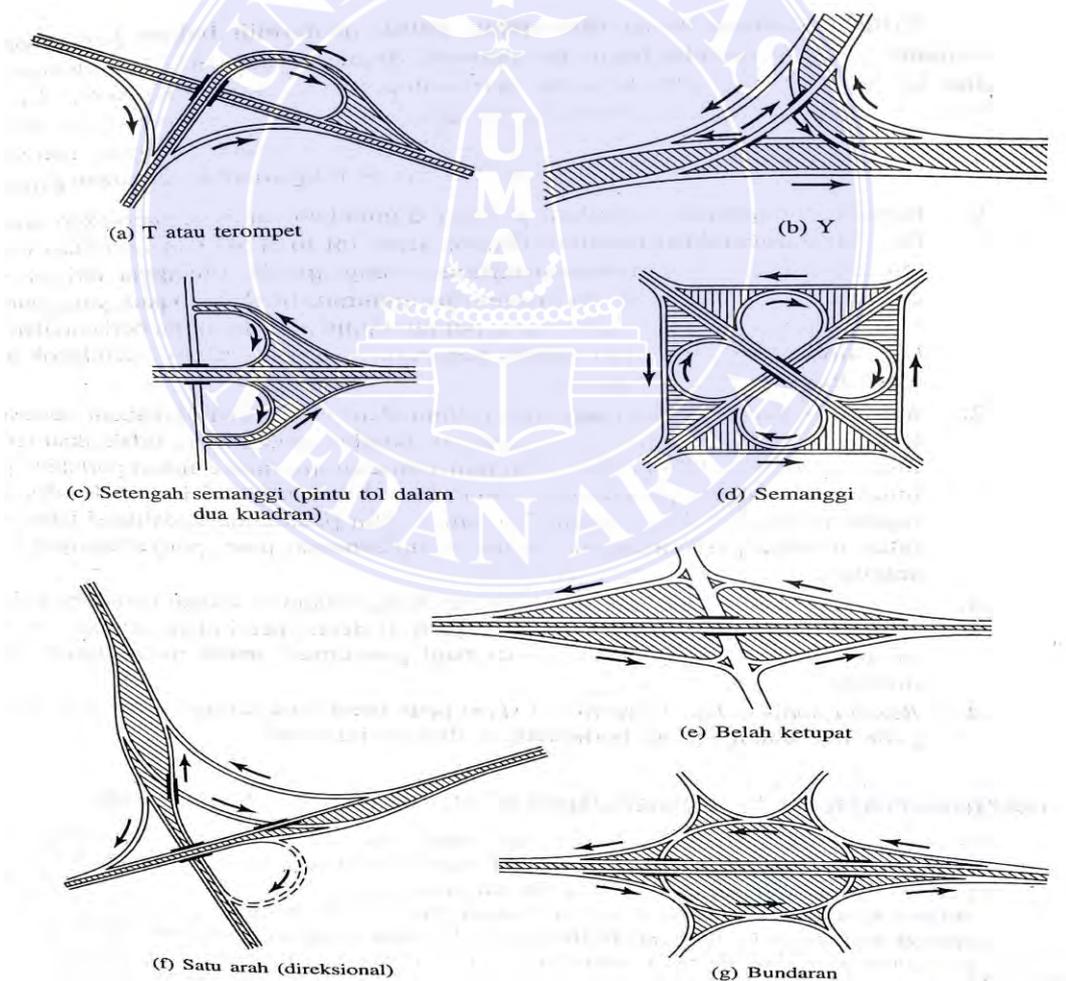
- a. Kepala tiang,
- b. Detector untuk lalu lintas (bila otomatis),
- c. Pengendali local untuk menyalakan lampu sinyal pada persimpangan,
- d. Pengendali induk untuk mengkoordinasi beberapa pengatur lokal bila ATC,
- e. Sistem transmisi untuk menghubungkan sinyal detector pengendali lokal dan pengendali induk.



Gambar 2.5 Peralatan Sistem Pengendali Sinyal Lalu Lintas
Sumber : Rekayasa Lalu Lintas, 2005

Seluruh alat tersebut dapat digunakan secara terpisah atau digabungkan bila perlu. Kesemuanya adalah sarana utama pengaturan, peringatan, atau pemanduan lalu lintas, di seluruh jalan dan jalan raya. Alat pengendalian lalu lintas berfungsi menjamin keamanan dan keefisienan persimpangan dengan cara memisahkan aliran kendaraan yang saling bersinggungan pada waktu yang tepat (C. Jotin Khisty dan B. Kent Lall, 2003:275).

Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD) (FHWA, 2000) menetapkan prinsip-prinsip yang mengatur desain dan penggunaan alat pengendali lalu-lintas untuk seluruh jalan dan jalan raya yang terbuka untuk umum, terlepas dari jenis kelas atau instansi pemerintah yang memiliki kewenangan. Secara khusus, rambu lalu-lintas dan marka jalan memenuhi tujuan berikut ini : peraturan lalu-lintas (misalnya batas kecepatan), larangan memutar, member peringatan kepada pengemudi dan pejalan kaki mengenai kondisi jalan, dan memandu lalu-lintas agar tetap pada rute yang benar untuk mencapai tujuan melalui rambu dan marka jalan.



Gambar 2.6 Jenis-jenis Interchange
 Sumber : Dasar-dasar Rekayasa Transportasi, 2003

Tujuan ini berlaku untuk semua alat pengendali, mencakup lampu lalu lintas, marka jalan dan kanalisasi. Biasanya, supaya efektif, alat pengendali harus memenuhi persyaratan dasar berikut :

1. Memenuhi suatu kebutuhan
2. Menarik perhatian
3. Memberikan pesan yang jelas dan sederhana
4. Menghormati pengguna jalan
5. Memberikan waktu yang memadai untuk memberikan respon yang sesuai

2.3.4. Pengaturan Waktu Sinyal Lalu Lintas

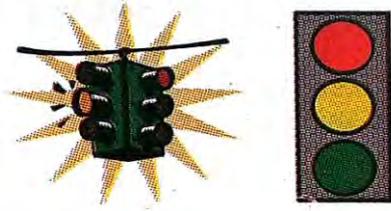
Pengaturan waktu dari persimpangan dengan sinyal secara individu mencakup penentuan dari parameter-parameter utama sebagai berikut :

- a. Periode intergreen antara phase,
- b. Waktu siklus (cycle time)?
- c. Pembagian waktu hijau ke masing-masing phase.

Menurut Suwardjoko R. Warpani (2002:97), alat pemberi isyarat lalu lintas berfungsi untuk mengatur lalu lintas kendaraan dan atau pejalan. Alat ini terdiri dari :

- 1) Lampu tiga warna, untuk mengatur kendaraan,
- 2) Lampu dua warna, untuk mengatur kendaraan atau pejalan kaki,
- 3) Lampu satu warna, untuk member peringatan bahaya kepada penggna jalan.

(a) Lampu tiga warna



Banyaknya lampu dan penempatannya dibuat sedemikian rupa sehingga mudah dilihat

(b) Lampu kedip



Pada beberapa tempat yang dianggap perlu, dapat dipasang lampu warna kuning yang terus-menerus berkedip, dengan tujuan memberi isyarat kepada para pengguna jalan untuk tetap waspada.

Gambar 2.7 Lampu Lalu Lintas

Sumber : Pengelolaan Lalu-lintas dan Angkutan Jalan, 2002

Lampu isyarat sebagian melekat pada kendaraan, sebagian lagi menjadi perlengkapan jalan (lampu kedip). Lampu isyarat yang melekat pada kendaraan misalnya : lampu rem, lampu isyarat membelok lampu dim. Lampu isyarat ini menjadi persyaratan teknis minimal pada setiap kendaraan yang dinyatakan laik jalan. Isyarat yang menjadi perlengkapan jalan, misalnya : lampu kedip (kelap-kelip) berwarna kuning atau merah, cahaya berwarna kuning atau merah yang bersumber dari lempeng pantul.

Prinsip-prinsip dasar untuk pengaturan waktu dapat dinyatakan sebagai berikut :

1. Tidak terdapat arus lalu lintas yang harus menunggu pada lampu merah jika dapat melewati persimpangan tanpa mengganggu arus lalu lintas lainnya.
2. Pelepasan lalu lintas selama lampu hijau dilakukan seefektif mungkin (pada tingkat arus jenuh) dalam usaha menghasilkan sekecil-kecilnya tundaan yang mungkin untuk arus lalu lintas yang mendapat arus lalu lintas.

2.3.5. Arus Lalu Lintas

Dalam MKJI (1997:2-10), perhitungan arus lalu lintas dilakukan per satuan jam untuk satu atau lebih periode, misalnya didasarkan pada kondisi arus lalu lintas rencana jam puncak pagi, siang dan sore. Arus lalu lintas (Q) untuk setiap gerakan (belok kiri (QLT), lurus (QST) dan belok kanan (QRT)) dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan penumpang (smp) per jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan terlindung dan terlawan.

Tabel 2.3 Tipe Pendekat

Jenis Kendaraan	Emp untuk Tipe Pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda Motor (MC)	0,2	0,4

Sumber : Simpang Bersinyal MKJI, 1997

Untuk masing-masing pendekatan rasio kendaraan belok kiri (PLT) dan rasio belok kanan (PRT) didapatkan dari rumus berikut :

$$P_{LT} = \frac{LT \text{ (smp /jam)}}{\text{Total (smp /jam)}} \dots\dots\dots(4)$$

$$P_{RT} = \frac{RT \text{ (smp /jam)}}{\text{Total (smp /jam)}} \dots\dots\dots(5)$$

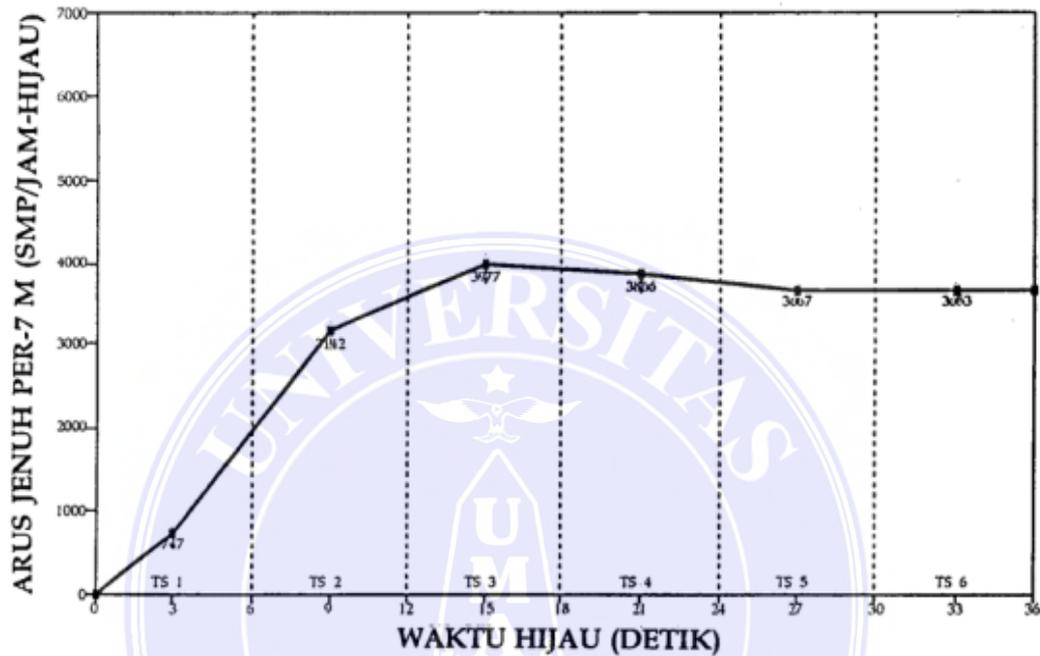
Untuk rasio kendaraan tak bermotor dengan membagi arus kendaraan tak bermotor (QUM) kend/jam dengan arus kendaraan bermotor (QMV) kend/jam didapatkan dengan rumus berikut :

$$P_{UM} = Q_{UM}/Q_M \dots\dots\dots(6)$$

2.4 Model Dasar

Kapasitas pendekat simpang bersinyal dapat dinyatakan sebagai berikut :

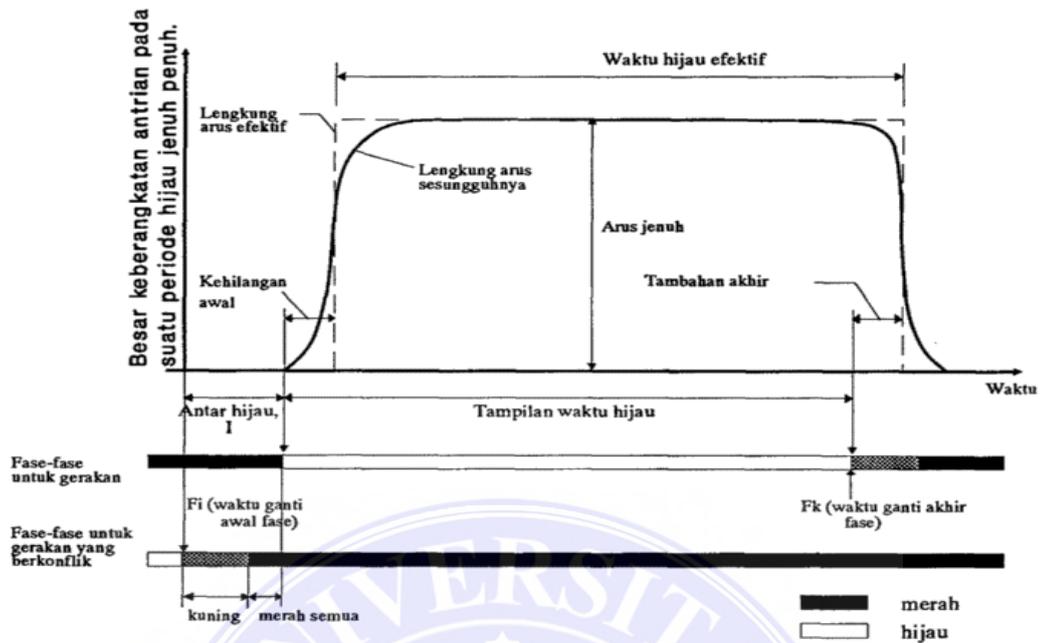
$$C = S \times g/c \dots\dots\dots(7)$$



Gambar 2.8 Arus Jenuh Yang Diamati per Selang Waktu Enam Detik
 Sumber : Simpang Bersinyal MKJI,1997

Permulaan arus berangkat menyebabkan terjadinya apa yang tersebut sebagai ‘Kehilangan awal’ dari waktu hijau efektif, arus berangkat setelah akhir waktu hijau menyebabkan suatu ‘Tambahan akhir’ dari waktu hijau efektif. Jadi besarnya waktu hijau efektif, yaitu lamanya waktu hijau di mana arus berangkat terjadi dengan besaran tetap sebesar S, dapat kemudian dihitung sebagai berikut :

$$\text{Waktu Hijau Efektif} = \text{Tampilan Waktu Hijau} - \text{Kehilangan Awal} + \text{Tambahan Akhir}$$



Gambar 2.9 Model Dasar Untuk Arus Jenuh
 Sumber : Simpang Bersinyal MKJI, 1997

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

2.5 Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam perencanaan geometric jalan terdapat beberapa parameter yaitu sebagai berikut :

a. Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang merupakan wakil dari kelompoknya, dipergunakan untuk merencanakan bagian-bagian dari jalan. Untuk perencanaan geometrik jalan, ukuran lebar rencana akan mempengaruhi lebar lajur yang dibutuhkan.

b. Kecepatan

Kecepatan adalah besaran yang menunjukkan jarak yang ditempuh kendaraan dibagi waktu tempuh. Biasanya dinyatakan dalam km/jam. Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang dan lain-lain.

Menurut MKJI 1997, lebar-lebar pendekat sewajarnya harus disesuaikan menurut ketidakseimbangan dalam rasio arus antara jalan yang berpotongan dan pendekat-pendekatnya. Untuk analisa simpang bersinyal pada tingkat perencanaan dan perancangan maka lebar pendekat dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini :

Tabel 2.4 Penyesuaian Arus Lalu Lintas dengan Lebar Pendekat

Arus Lalu Lintas Yang Masuk ke Simpang (smp/jam)	Lebar Pendekat Rata-Rata (m)
< 2500	4,5
2500-4000	7
4000-5000	10 (Lebar belok kanan terpisah)
> 5000	Rencana lebih besar

Sumber : Simpang Bersinyal MKJI 1997

Tipe jalan dapat menunjukkan perilaku berbeda pada pembebanan lalu lintas tertentu. Tipe jalan ditunjukkan dengan tipe potongan melintang jalan berdasarkan jumlah lajur dan arah suatu segmen jalan. Tipe jalan dapat dibedakan sebagai berikut :

- Jalan dua lajur dua arah tak terbagi (2/2 UD).
- Jalan empat lajur dua arah tak terbagi (4/2 UD) dan atau terbagi(4/2D).
- Jalan enam lajur dua arah terbagi (6/2 D).
- Jalan satu arah dan lajur bebas hambatan.

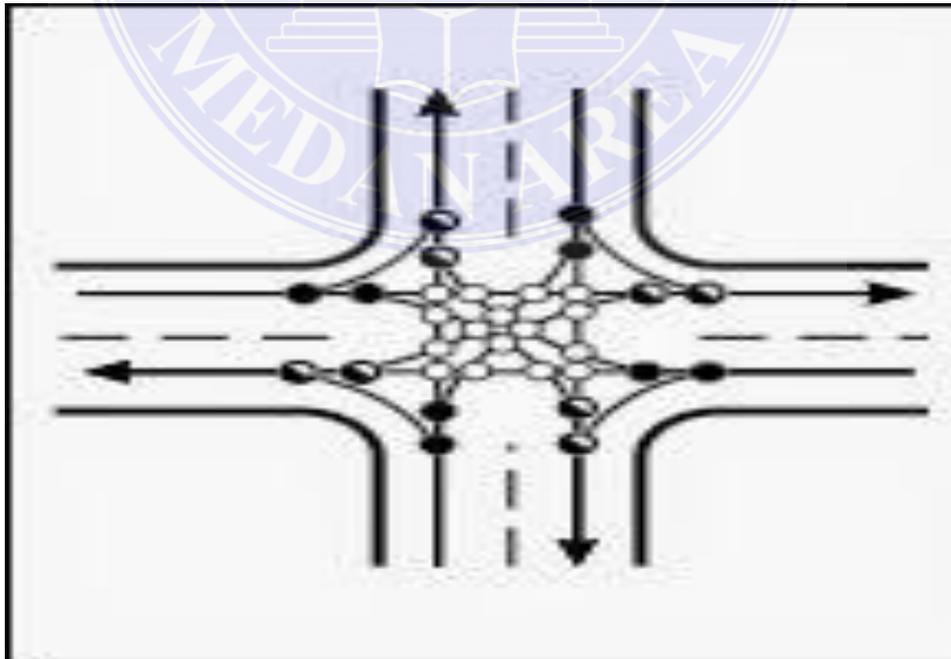
2.6 Titik Konflik pada Simpang

Keberadaan persimpangan pada suatu jaringan jalan, ditujukan agar kendaraan bermotor, pejalan kaki (pedestrian), dan kendaraan tidak bermotor dapat bergerak dalam arah yang berbeda dan pada waktu yang bersamaan.

Menurut MKJI 1997(2-2), berdasarkan sifatnya konflik yang ditimbulkan oleh manuver kendaraan dan keberadaan pedestrian dibedakan 2 tipe, yaitu :

- a. Konflik primer yaitu konflik yang terjadi antara arus lalu lintas yang datang dari jalan-jalan yang saling berpotongan dan,
- b. Konflik sekunder yaitu konflik yang terjadi karena gerakan membelok dari lalu lintas lurus melawan, atau untuk memisahkan gerakan lalu lintas membelok dari pejalan kaki yang menyeberang.

Adapun titik konflik yang terjadi pada persimpangan salah satunya dapat dilihat pada Gambar 2.10

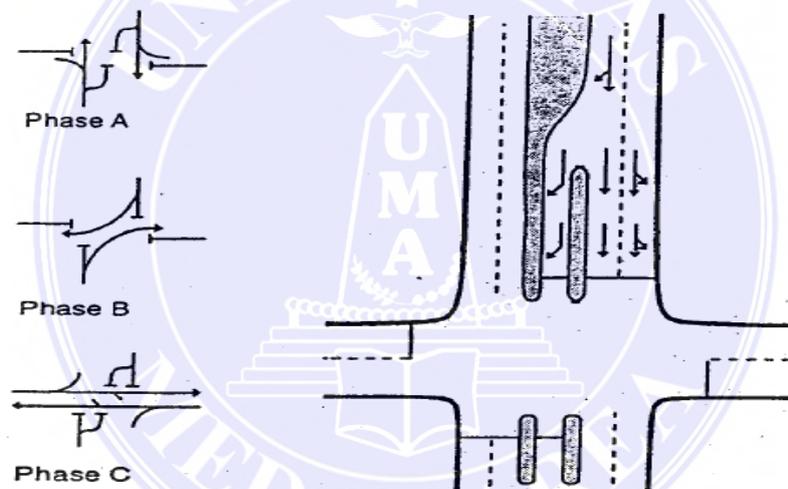


Gambar 2.10 Titik konflik pada simpang tiga lengan
Sumber : Federal Highway Administration, 2000

2.7 Perhitungan Simpang Bersinyal

2.7.1 Data masukan

Menurut MKJI 1997(2-10), kondisi geometrik pengaturan lalu lintas dan kondisi lingkungan perhitungannya dikerjakan secara terpisah untuk setiap pendekat. Satu lengan Simpang dapat terdiri lebih dari satu pendekat, yaitu dipisahkan menjadi dua atau lebih sub pendekat. Hal ini terjadi jika gerakan belok kanan dan/atau belok kiri mendapat sinyal hijau pada fase yang berlainan dengan lalu-lintas yang lurus, atau jika dipisahkan secara fisik dengan pulau-pulau lalu-lintas dalam pendekat.



Gambar 2.11 Lengan Simpang Untuk Masing-masing pendekat
Sumber : Simpang Bersinyal MKJI 1997

2.7.2 Penentuan waktu sinyal

Untuk menentukan waktu sinyal dapat dilakukan dengan 5 pendekatan sebagai berikut:

1. Tipe pendekat (*approach*)

Pendekat merupakan daerah dari suatu lengan persimpangan jalan untuk kendaraan mengantri sebelum keluar melewati garis henti. Apabila gerakan

lalu-lintas kekiri atau kekanan dipisahkan dengan pulau lalu-lintas, sebuah lengan persimpangan jalan dapat mempunyai dua pendekat yaitu pendekat terlindung (P) atau terlawan (O).

2. Lebar pendekat efektif

Lebar efektif merupakan lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, yang digunakan dalam perhitungan kapasitas, yaitu dengan pertimbangan terhadap W_A , W_{masuk} dan W_{keluar} dan gerakan lalu-lintas membelok.

Untuk pendekat tipe O (Terlawan).

Jika $W_{LTOR} > 2.0$ meter, maka $W_e = W_A - W_{LTOR}$

Jika $W_{LTOR} < 2.0$ meter, maka $W_e = W_A \times (1 + PLTOR) - W_{TOR}$

Keterangan:

W_A : Lebar pendekat

W_{LTOR} : Lebar pendekat lengan belok kiri langsung

Untuk pendekat tipe P (Terlindung)

Jika $W_{keluar} < W_e \times (1 - PRT - PLTOR)$

Keterangan:

PRT : Rasio kendaraan belok kanan

$PLTOR$: Rasio kendaraan belok kiri langsung.

3. Arus jenuh dasar (S_0)

Arus jenuh dasar adalah besarnya keberangkatan antrian di dalam pendekat selama kondisi ideal (smp/jam hijau). Untuk pendekat tipe P (arus terlindung),

$$S_0 = 600 \times W_e \text{ smp/jam} \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan:

$S0$ = Arus jenuh dasar (smp/jam)

We = Lebar jalan efektif (m)

4. Faktor Penyesuaian Arus Jenuh

a. Faktor penyesuaian ukuran kota (Fcs)

Ditentukan berdasarkan data dari Biro Pusat Statistik pada kota yang ditinjau. Faktor penyesuaian ukuran kota dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Faktor penyesuaian Ukuran Kota pada Simpang Bersinyal

Penduduk Kota (juta jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota
> 3,0	1,05
1,0 – 3,0	1,00
0,5 – 1,0	0,94
0,1 – 0,5	0,83
< 0,1	0,82

Sumber : Simpang Bersinyal MKJI 1997

b. Faktor penyesuaian kelandaian,

c. Faktor penyesuaian parkir (FP) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$FP = [\{LP/3 - \{WA - 2\} \times \{LP/3 - g\} / WA\} / g] \dots \dots \dots (9)$$

Dengan,

LP : Jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m)
panjang dari lajur pendek

WA : Lebar Pendekat (m)

g : Waktu hijau pada pendekat (nilai normal 26 detik)

d. Faktor penyesuaian hambatan samping (FSF) pada perhitungan simpang bersinyal adalah fungsi dari jenis lingkungan jalan, tingkat hambatan samping dan rasio kendaraan tak bermotor.

e. Faktor penyesuaian arus belok kiri (FLT) dan arus belok kanan (FRT),
Faktor penyesuaian untuk nilai arus jenuh dasar hanya pada pendekat tipe P (Terlindung) adalah sebagai berikut.

1. Faktor penyesuaian belok kanan (FRT)

Faktor penyesuaian belok kanan (FRT) ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan (FRT). Pertemuan jalan untuk tipe P (terlindung), tanpa median dan jalan dua arah dengan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk dapat digunakan persamaan berikut :

$$FRT = 1,0 + PRT \times 0,26 \dots \dots \dots (10)$$

2. Faktor penyesuaian belok kiri (FLT)

Faktor penyesuaian belok kiri (PLT) dengan pendekat terlindung (pendekat tipe P) tanpa belok kiri langsung ($LTOR$) dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk dapat digunakan dengan persamaan berikut :

$$FLT = 10 - PLT \times 0,16 \dots \dots \dots (11)$$

Pada pendekat-pendekat terlindung tanpa menyediakan belok kiri langsung, kendaraan yang belok kiri cenderung melambat dan mengurangi arus jenuh pendekat tersebut. Karena arus berangkat dalam pendekat tipe O (terlawan) pada umumnya lenih lambat, maka tidak perlu penyesuaian untuk rasio belok kiri.

5. Rasio arus /rasio arus jenuh

Rasio arus Simpang merupakan jumlah dari rasio arus kritis untuk semua fase sinyal yang berurutan dalam suatu siklus. Rasio Arus (FR) masing-masing

pendekat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$FR = Q / S \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan:

FR = Rasio arus

Q = Arus lalu-lintas (smp/jam)

S = Arus jenuh (smp/jam hijau)

Untuk rasio arus Simpang (IFR) dihitung dengan rumus:

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

Keterangan:

IFR = Rasio arus Simpang

FRcrit = Rasio arus kritis

Hitung Rasio Fase (IFR) masing-masing fase sebagai rasio antara FRCRIT dan IFR. Untuk arus kritis dihitung dengan rumus:

$$PR = FR_{crit} / IFR \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan:

PR = Rasio fase

FRcrit = Rasio arus kritis

IFR = Rasio arus Simpang

6. Waktu siklus dan waktu hijau

Waktu siklus adalah waktu hijau menyala pada satu fase hingga hijau menyala berikutnya pada fase yang sama atau waktu untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal dan waktu hijau merupakan waktu nyala dalam suatu pendekat

(det). Hitung waktu siklus sebelum penyesuaian (Cua) untuk pengendalian waktu tetap.

$$Cua = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \dots\dots\dots(14)$$

Keterangan:

Cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

IFR = Rasio arus Simpang (FRCRIT)

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

$$g_i = (Cua - LTI) \times Pri \dots\dots\dots(15)$$

Keterangan:

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)

Cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus

Pri = Rasio fase FRCRIT / Σ (FRCRIT)

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

$$c = \Sigma g + LTI \dots\dots\dots(16)$$

Keterangan:

c = Waktu siklus (det)

Σg = Total waktu hijau (det)

LTI = Waktu hilang (det)

2.7.3 Kapasitas

Kapasitas dapat didefinisikan sebagai arus lalu lintas yang dapat dipertahankan pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu dalam satuan kendaraan/ jam atau smp/jam. Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas suatu Simpang adalah kondisi fisik Simpang dan operasi, yaitu ukuran dan dimensi lebar jalan, kondisi parkir dan jumlah lajur, kondisi lingkungan, yaitu faktor jam sibuk pada suatu simpang, karakteristik gerakan lalu lintas, yaitu gerakan membelok dari kendaraan, karakteristik lalu lintas kendaraan berat, yaitu truk dan bus melewati simpang.

Definisi kapasitas adalah jumlah maksimum kendaraan atau orang yang dapat melintasi suatu titik pada lajur jalan pada periode waktu tertentu dalam kondisi jalan tertentu atau merupakan arus maksimum yang bisa di lewatkan pada suatu ruas jalan. Dinyatakan dalam kend/jam atau smp/jam (MKJI 1997). Kapasitas satu ruas jalan dalam satu sistem jalan raya adalah jumlah kendaraan maksimum yang memiliki kemungkinan yang cukup untuk melewati ruas jalan tersebut, baik satu maupun dua arah dalam periode waktu tertentu di bawah kondisi jalan dan lalu lintas yang umum.

Ada beberapa jenis kapasitas jalan yaitu sebagai berikut :

a. Kapasitas Dasar (Basic Capacity)

Kapasitas dasar digunakan sebagai dasar perhitungan untuk kapasitas rencana. Kapasitas dasar tergantung pada tipe jalan dan jumlah lajur dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.6 Kapasitas Dasar Tergantung Pada Tipe Jalan Dan Jumlah Lajur.

Tipe Jalan	Kapasitas Dasar (smp/jam)	Catatan
Empat lajur terbagi (4/2D) atau jalan 1 arah	1650	Per lajur
Empat lajur tak terbagi	1500	Per lajur
Dua lajur tak terbagi	2900	Total dua arah

Sumber: Simpang Bersinyal MKJI 1997

b. Kapasitas Rencana (Design Capacity)

Merupakan jumlah kendaraan atau orang maksimum yang dapat melintasi suatu penampang jalan tertentu selama satu jam pada kondisi jalan dan lalu lintas yang sedang berlaku tanpa mengakibatkan kemacetan, keterlambatan, dan bahaya yang masih dalam batas-batas yang diinginkan.

c. Kapasitas yang Mungkin (Possible Capacity).

Merupakan jumlah kendaraan atau orang maksimum yang dapat melintasi suatu penampang jalan tertentu selama satu jam pada kondisi jalan dan lalu lintas yang sedang berlaku (pada saat itu). Kapasitas yang mungkin harus lebih kecil dari kapasitas rencana.

Factor-faktor yang mempengaruhi kapasitas jalan adalah sebagai berikut :

1. Kondisi fisik dan operasi

a. Lebar jalan pada persimpangan

Lebar jalan pada persimpangan dapat dilihat dari jumlah lajur. Semakin banyak jumlah lajur yang dipergunakan maka semakin besar kapasitas jalan tersebut.

b. Kondisi parkir

Semakin banyak kendaraan yang parkir di atas lebar efektif jalan, maka akan mengurangi kapasitas jalan tersebut.

c. Jalan satu arah versus Jalan dua arah

Pertemuan jalan satu arah dengan jalan dua arah, akan mempengaruhi besar kapasitas.

2. Lingkungan

a. Faktor beban

Faktor beban yang dibawa kendaraan yang melintas akan sangat berpengaruh pada kapasitas jalan, berat beban akan mempengaruhi kecepatan sehingga mengurangi kapasitas jalan dalam satu periode.

b. Faktor jam sibuk (Peak Hour factor / PHF)

Besar kapasitas suatu jalan akan terlihat pada saat jam sibuk, karena pada jam sibuk dapat diketahui jumlah kendaraan terbanyak.

3. Karakteristik Lingkungan

a. Gerakan membelok

Gerakan membelok akan mengurangi kecepatan arus terlawan dalam satu periode dan dapat menyebabkan konflik.

b. Truk dan bis berjalan lurus

Truk dan bis yang menaik-turunkan penumpang tidak pada halte dapat mengurangi besarnya kapasitas

c. Bis angkutan lokal

Bis angkutan yang menaik-turunkan penumpang sembarangan dapat mengurangi besarnya kapasitas jalan.

4. Tolak ukur pengendalian

Adalah Kepadatan lalu lintas (traffic density) yaitu jumlah kendaraan rata-rata yang menempati jalan sepanjang 1 mil pada satu periode.

Kapasitas lalu lintas merupakan salah satu ukuran kuantitas yang menerangkan kondisi seperti yang dinilai oleh pembina jalan. Kapasitas pendekat diperoleh dari perkalian arus jenuh dengan rasio hijau (g/c) pada masing-masing pendekat. Kapasitas pendekat simpang bersinyal dapat dinyatakan sebagai berikut

$$C = S \times g/c \dots\dots\dots(17)$$

Keterangan:

g = Waktu hijau (det).

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

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

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

2.7.4 Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan adalah rasio arus terhadap kapasitas jalan. Biasanya digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan perilaku lalu-lintas pada suatu segmen jalan dan Simpang. Dalam MKJI 1997, jika analisis DS dilakukan untuk analisi tingkat kinerja, maka volume lalu lintasnya dinyatakan dalam emp. Factor yang mempengaruhi emp adalah :

- a) Jenis jalan, seperti jalan luar kota, atau jalan bebas hambatan.

- b) Tipe alinyemen, seperti medan datar, berbukit atau, pegunungan, dan
- c) Volume jalan

Berdasarkan defenisi derajat kejenuhan, maka persamaan untuk mencari besarnya kejenuhan adalah sebagai berikut:

$$DS = Q_{smp} / C \dots\dots\dots(18)$$

Keterangan:

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

DS = Derajat kejenuhan

C = Kapasitas jalan (smp/jam)

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

2.7.5 Panjang Antrian

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

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots\dots\dots(19)$$

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

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

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

Dimana :

NQ_1 : Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

NQ_2 : Jumlah smp yang datang selama fase merah

GR : Rasio hijau

c : Waktu siklus (det)

C : Kapasitas (smp/jam)

Q : Arus lalu lintas pada pendekat tersebut

Panjang antrian (QL) diperoleh dari perkalian (NQ) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m^2) dan pembagian dengan lebar masuk.

$$QL = NQ_{MAX} \times 20 / W_{MASUK} \dots\dots\dots(20)$$

2.7.6 Angka Henti

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

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \dots\dots\dots(21)$$

Dimana c adalah waktu siklus (det) dan Q adalah arus lalu-lintas (smp/jam) dari pendekat yang ditinjau.

2.7.7 Tundaan

Tundaan pada suatu simpang dapat terjadi karena dua hal :

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

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat j dihitung sebagai :

$$D_j = DT_j + DG_j \dots \dots \dots (22)$$

Dimana : D_j = Tundaan rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

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

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

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

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GRXDS)} + \frac{NQ1 \times 3600}{C} \dots \dots \dots (23)$$

Tundaan deometri rata-rata pada suatu pendekat j dapat diperkirakan sebagai berikut :

$$DG = (1 - P_{sv}) \times PT \times 6 + (P_{sv} \times 4) \dots \dots \dots (24)$$

Dimana : P_{sv} = Rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat

PT = Rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

2.7.8 Level of service (LOS)

Tingkat pelayanan adalah ukuran kecepatan laju kendaraan yang dikaitkan dengan kondisi dan kapasitas jalan (Suwardjoko R. Warpani, 2002). Tujuan dari adanya tingkat pelayanan adalah untuk melayani seluruh kebutuhan lalu-lintas (*demand*) dengan sebaik mungkin. Baiknya pelayanan dapat dinyatakan dalam tingkat pelayanan (*Level of Service*).

Level Of Service (LOS) merupakan ukuran kualitas sebagai rangkaian dari beberapa faktor yang mencakup kecepatan kendaraan dan waktu perjalanan, kebebasan untuk manuver, keamanan, kenyamanan mengemudi dan ongkos operasi (*operation cost*),

Tabel 2.7 Tundaan Simpang Rata-Rata (LOS)

Tingkat Pelayanan	Tundaan (det/Smp)	Keterangan
A	<5	Baik Sekali
B	5,1 – 15	Baik
C	15,1 – 25	Sedang
D	25,1 – 40	Kurang
E	40,1 – 60	Buruk
F	>60	Buruk Sekali

Sumber : Highway Capacity Manual, 2000 (HCM)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Metode penelitian merupakan cara ilmiah dalam mencari dan mendapatkan data, serta memiliki kaitan dengan prosedur dalam melakukan penelitian dan teknis penelitian. Proses perencanaan dalam melakukan penelitian perlu dilakukan analisis yang teliti, semakin rumit permasalahan yang dihadapi semakin kompleks pula analisis yang akan dilakukan. Analisis yang baik memerlukan data atau informasi yang lengkap dan akurat disertai dengan teori atau konsep dasar yang relevan.

3.2 Tahap Penelitian

3.2.1 Tahapan Persiapan

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

- a. Studi pustaka terhadap materi terkait dengan penelitian yang dilakukan;
- b. Menentukan kebutuhan data;
- c. Mendata instansi/institusi yang dapat dijadikan sumber data.

3.3 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan langkah awal setelah tahap persiapan dalam proses penelitian. Adapun beberapa metode yang dilakukan dalam rangka pengumpulan data ini antara lain:

3.3.1 Data Primer

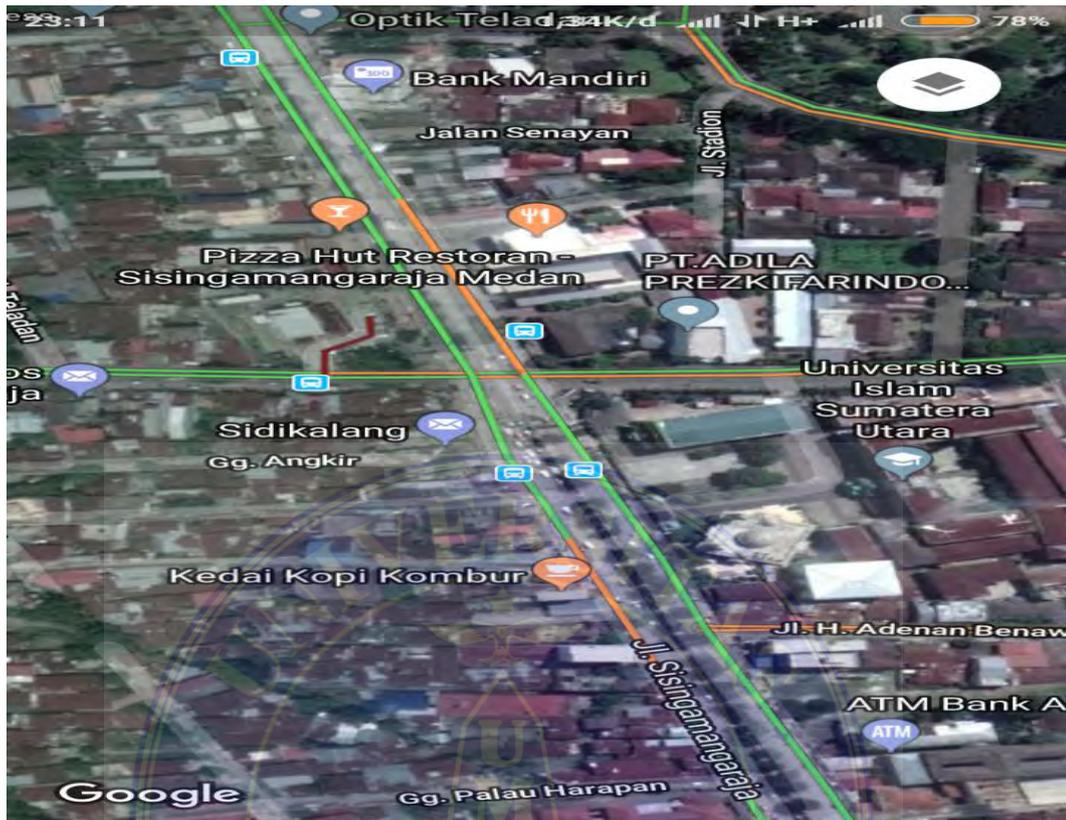
Data primer yaitu data yang diperoleh dari hasil survei secara langsung. Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara survey langsung pada lokasi penelitian. Mencatat secara manual kendaraan yang melintas berdasarkan jenisnya. Data yang diperlukan sebagai bahan analisis simpang bersinyal meliputi:

1. Data geometrik simpang,
2. Data arus lalu lintas,
3. Data sinyal,
4. Hambatan samping,

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder yaitu data yang diperoleh dari pihak terkait, seperti dinas, kantor, dan yang lainnya. Data sekunder yaitu data kependudukan dan peta jaringan jalan. Pengumpulan data sekunder yaitu dengan cara meminta kepada dinas/kantor terkait.

3.4 Lokasi Survei



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian
Sumber : <https://maps.google.com>

3.5 Pengolahan Data

3.5.1 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan ini bertujuan untuk mengetahui data awal mengenai pola arus lalu lintas, lokasi survei yang akan dipilih dan jam puncak (peak hour) dan juga kondisi lingkungan di sekitar simpang.

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dari survei ini adalah :

- a. penempatan tempat atau titik lokasi survei yang memudahkan pengamat,
- b. penentuan arah lalu lintas dan jenis kendaraan yang disurvei,

- c. membiasakan para pensurvei dalam menggunakan alat yang akan digunakan untuk survei, dan
- d. memahami kesulitan yang memungkinkan muncul pada saat pelaksanaan survei dan melakukan revisi sesuai dengan keadaan lapangan serta kondisi yang mungkin dihadapi.

3.5.2 Persiapan Survei dan Penjelasan Kepada Pengamat

Tahapan ini dilakukan agar pelaksanaan survei dapat berjalan dengan baik. Kegiatan yang disiapkan antara lain: membuat formulir penelitian (untuk pencacahan volume lalu lintas) dan pengujian efektif dari formulir yang digunakan, mengumpulkan sejumlah pengamat, pemberian informasi kepada pengamat tentang kegiatan yang akan dilakukan dan cara mengisi formulir, menentukan survei dan periode pengamatan, dan mempersiapkan alat-alat yang digunakan untuk penelitian.

3.5.3 Alat Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa alat untuk menunjang pelaksanaan di lapangan sebagai berikut ini :

1. Formulir survey,
2. Alat tulis,
3. Stopwatch,
4. Roll meter (alat ukur),
5. Jam.

3.5.4 Jadwal Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada jam-jam puncak yaitu pagi, siang, dan sore hari. Cuaca cerah dan simpang bebas dari pengaruh luar seperti adanya kemacetan dan pengaturan lalu lintas secara manual oleh polisi.

3.5.5 Pengumpulan Data Lapangan

Untuk memperoleh tujuan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya maka dilakukan pengumpulan data. Pengumpulan data tersebut digolongkan menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang diambil dari lapangan meliputi kondisi geometrik, kondisi lingkungan, hambatan samping, volume lalu lintas, pencatatan waktu siklus dan fase sinyal. Untuk data sekunder adalah data yang didapat dari sumber lain, sumber ini didapat dari instansi swasta dan instansi pemerintah antara lain dapat berupa laporan penelitian, laporan sensus, peta, dan foto.

a. Pengamatan geometrik simpang dan pengukuran geometrik simpang dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- 1) Mencatat jumlah lajur dan arah.
- 2) Menentukan kode untuk masing-masing pendekat (Utara, Selatan, dan Barat) dan tipe pendekat (P = terlindung, O = terlawan).
- 3) Menentukan ada tidaknya median jalan.
- 4) Menentukan kelandaian jalan.
- 5) Mengukur lebar pendekat, lebar masuk, dan lebar keluar.

- b. Pengamatan kondisi lingkungan adalah dengan menentukan simpang tersebut sebagai lahan komersial, permukiman, atau daerah dengan akses terbatas.
- c. Penentuan fase sinyal dilakukan dengan cara sebagai berikut :
- 1) Mencatat lamanya waktu menyala tiap fase dengan alat pencatat waktu.
 - 2) Waktu siklus diperoleh dengan cara mencatat lamanya waktu semua fase dari saat menyala, berhenti sampai menyala kembali.
 - 3) Waktu hilang diperoleh dengan menjumlahkan fase merah semua dan fase kuning.
- d. Survei lalu lintas dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor jumlah kendaraan, arah gerakan waktu pengamatan dan periode jam sibuk. Setiap pengamat mencatat semua kendaraan yang melewati pendekatan (Kendaraan ringan, Kendaraan berat, dan Sepeda motor) baik untuk gerakan lurus, belok kiri, dan belok kanan, serta memasukkan data tersebut ke dalam formulir pencacahan yang telah diberikan. Pengumpulan data volume lalu lintas pada simpang dilakukan dengan mencatat semua kendaraan yang lewat pada dua buah titik pengamatan atau garis pengamatan pada ruas jalan dan simpang yang diamati oleh surveyor, kendaraan digolongkan kedalam tiga kategori yaitu :
- a. Sepeda Motor / Motorcycle (MC)
 - b. Kendaraan ringan / Light Vehicle (LV)
 - c. Kendaraan berat / Heavy Vehicle (HV)

3.6 Analisis Data

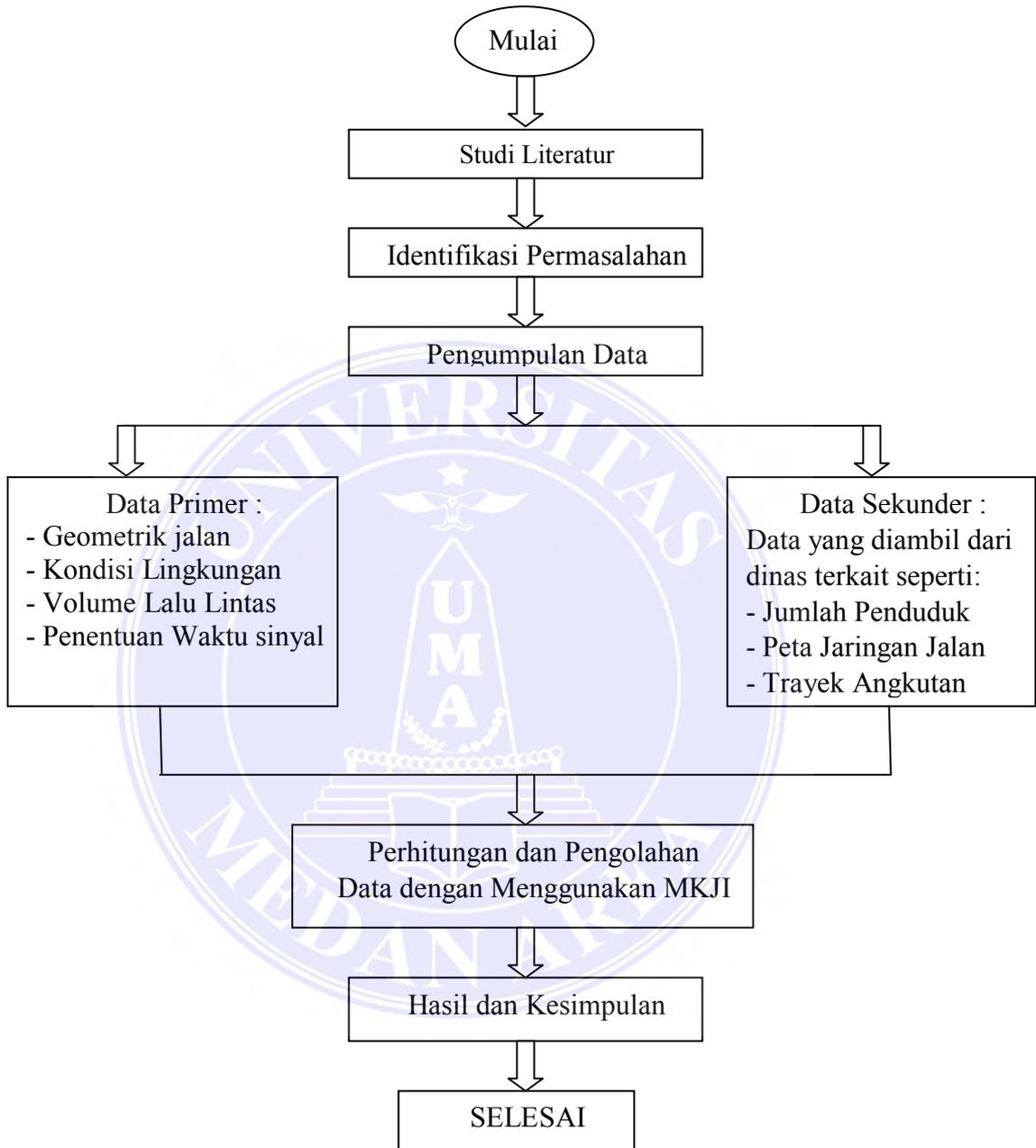
Data yang dikumpulkan akan diolah sesuai dengan keperluan analisis data yang terdapat pada MKJI sebagai perbandingan, antara lain :

1. Kondisi – kondisi geometrik, pengendalian lalu lintas dan lingkungan tertera pada formulir SIG I.
2. Data arus lalu lintas dapat dilihat pada formulir SIG II.
3. Waktu kuning dan waktu merah semua dapat dilihat pada formulir SIG III.
4. Hasil perhitungan arus jenuh ditunjukkan pada formulir SIG IV.



Berikut ini adalah diagram alur (flowchart) urutan kerja penelitian

yang akan dilakukan :



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

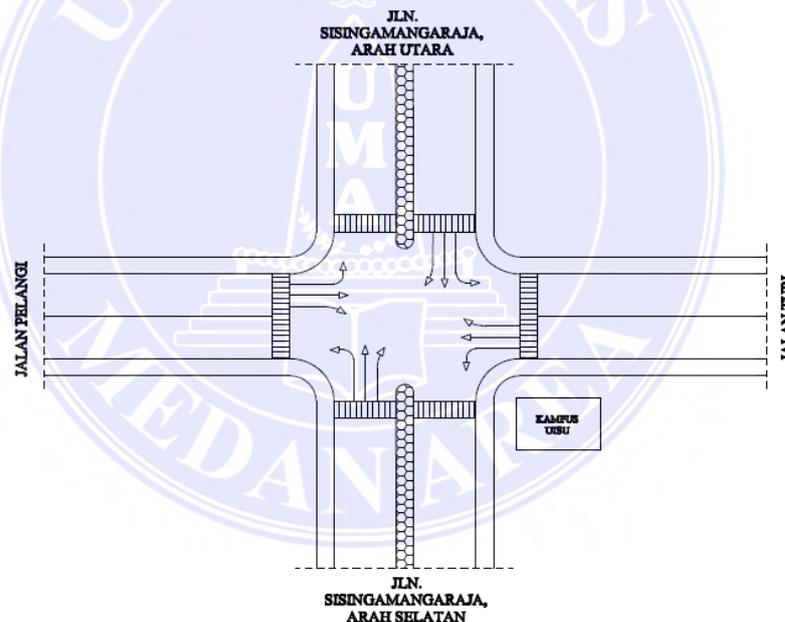
BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Masukan

4.1.1 Kondisi Geometrik dan Lingkungan Persimpangan

Dari hasil survei kondisi lingkungan dan geometrik persimpangan jalan dilakukan dengan pengamatan visual, serta dilakukan langsung pengukuran dilokasi penelitian. Kondisi geometrik simpang didaerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kondisi Geometri Simpang

- Lebar lengan A atau lengan Utara :20,8 m
- Lebar lengan B atau lengan Selatan :20,54 m
- Lebar lengan C atau lengan Barat : 9,27 m
- Lebar lengan D atau lengan Timur : 8,22m

4.1.2 Data Lingkungan dan Geometrik Jalan

Pada simpang Pelangi ini, kondisi lingkungan banyak yang dijadikan sebagai lahan niaga, contohnya : toko, restoran, dan kantor, dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan sehingga aktivitas di samping jalan sangatlah padat. Data lingkungan dan geometrik jalan pada simpang Pelangi ini dapat kita lihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.1 Data lingkungan Simpang Pelangi, Medan

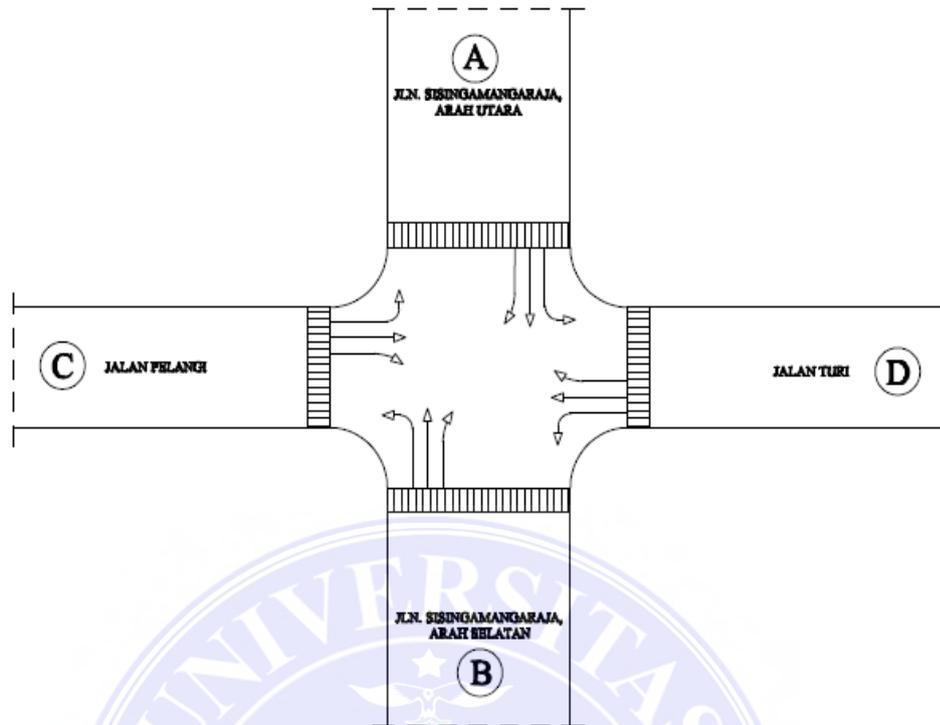
Nama Jalan	Kondisi Lingkungan	Hambatan Samping	Median	Kelandaian (%)
Jl. Sisingamangaraja (U)	Komersial	Tinggi	Ya	-
Jl. Sisingamangaraja (S)	Komersial	Tinggi	Ya	-
Jl. Pelangi (B)	Komersial	Tinggi	Ya	-
Jl. Turi (T)	Komersial	Tinggi	Ya	-

Sumber : Data Survei Lapangan

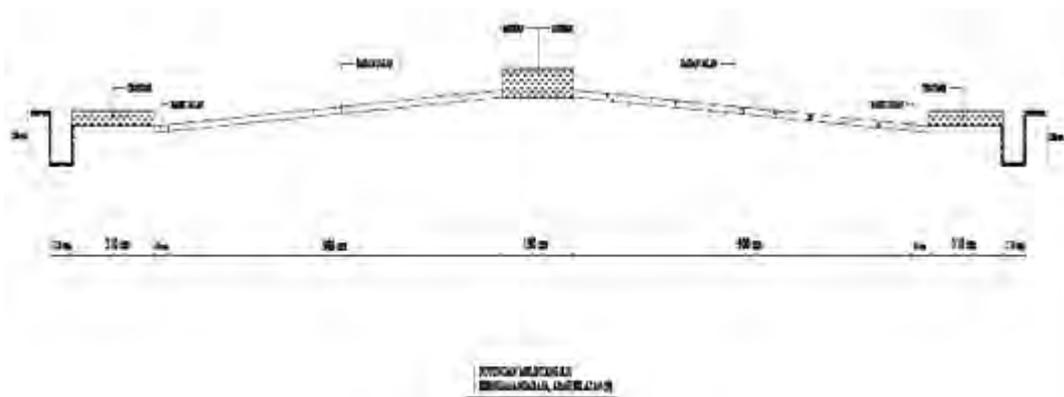
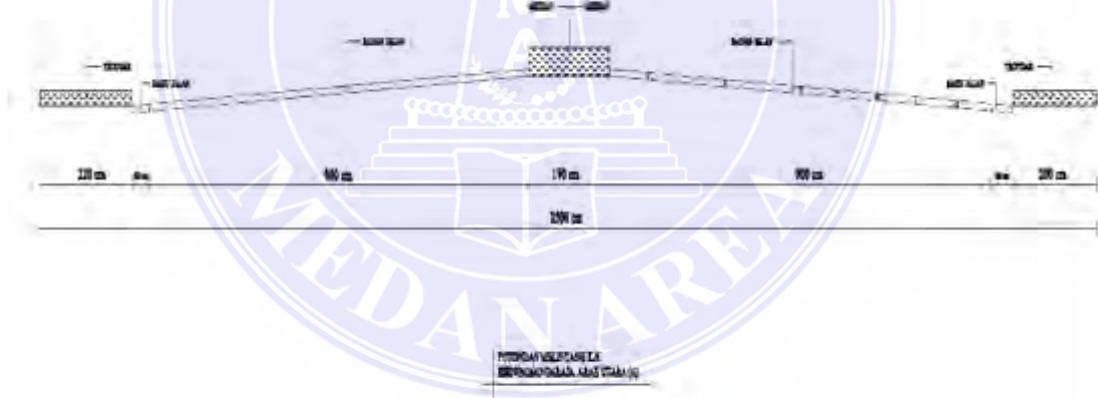
Tabel 4.2 Data Geometrik Simpang Pelangi, Medan

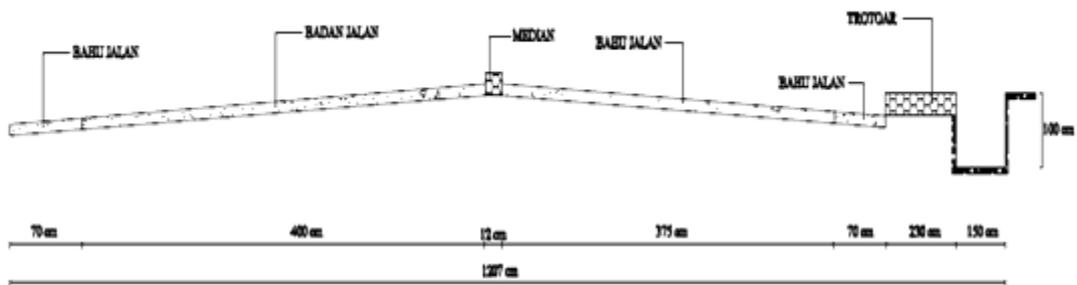
Nama Jalan	Tipe Pendekat	Lebar Pendekat (m)		
		Wa	Wmasuk	Wkeluar
Jl. Sisingamangaraja (U)	P	18	9	9
Jl. Sisingamangaraja (S)	P	18	9	9
Jl. Pelangi (B)	O	7,75	4	3,75
Jl. Turi (T)	O	6,80	3,40	3,40

Sumber : Data Survei Lapangan

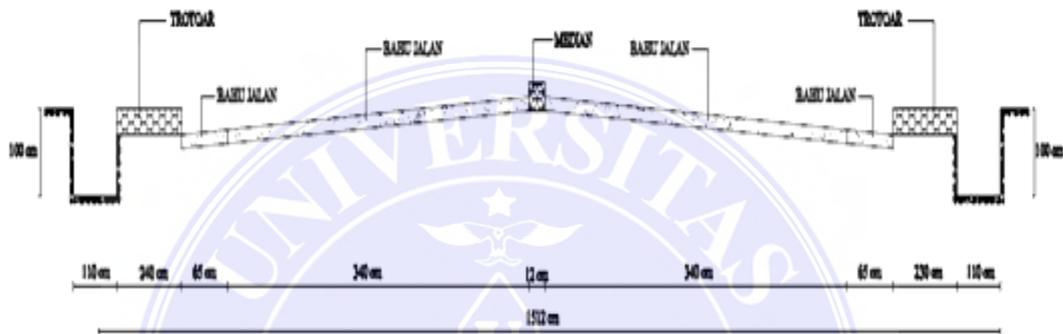


Gambar 4.2 Geometrik Simpang Pelangi





POTONGAN MELINTANG JLN. PELANGI (C)



POTONGAN MELINTANG JLN. TURI (D)

Gambar 4.3 Potongan Melintang Jalan Simpang Pelangi
Sumber : Data Survei Lapangan

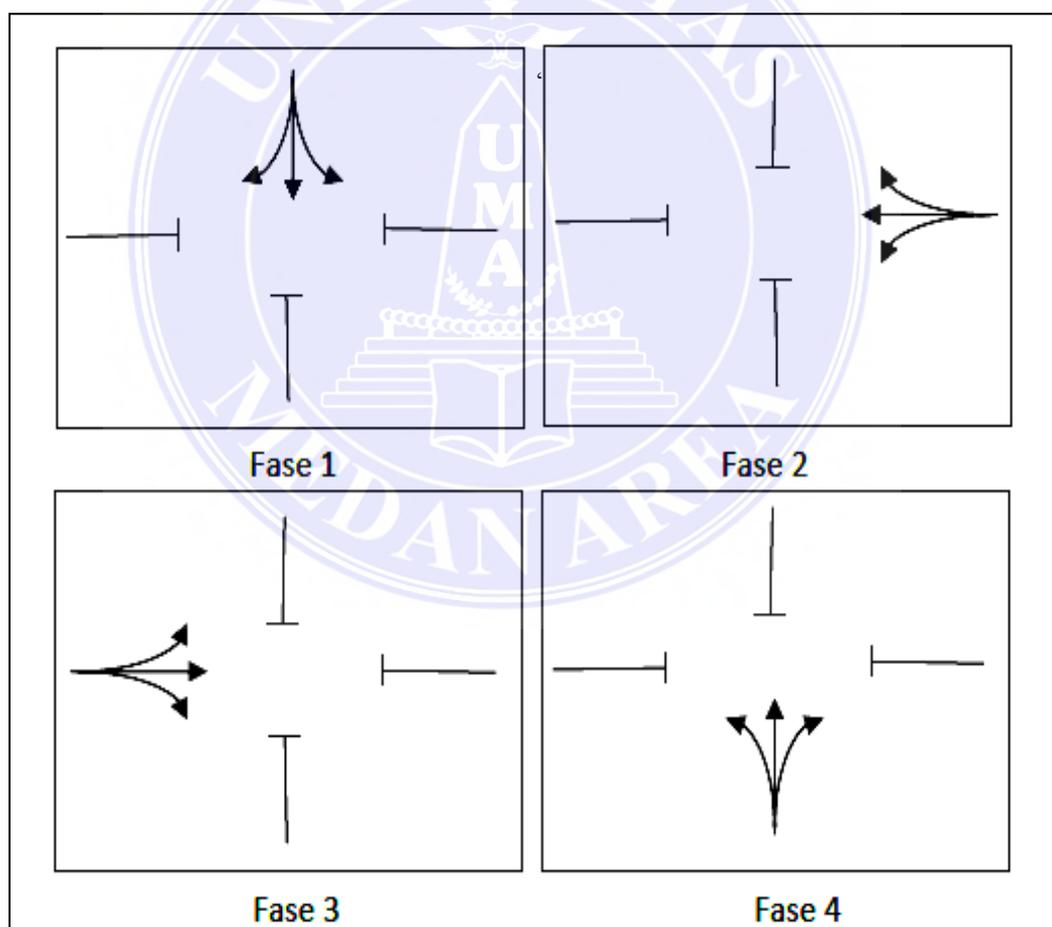
4.1.3 Kondisi Sinyal atau Fase

Kondisi Lalu Lintas pada simpang bersinyal antara lain meliputi, jumlah fase, waktu masing-masing fase dan gerakan sinyal. Gerakan sinyal meliputi waktu hijau, waktu kuning dan waktu merah. Pada lokasi penelitian (Simpang Pelangi, Medan) terdapat empat fase Lalu Lintas. Lamanya waktu pengoperasian sinyal Lalu Lintas dilokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.3 di bawah ini :

Tabel 4.3 Hasil Penelitian Fase Sinyal

Sinyal	Lengan	Waktu (detik)		
		Merah	Kuning	Hijau
Fase 1	Jl. Sisingamangaraja (U)	84 detik	3 detik	64 detik
Fase 2	Jl. Turi (T)	108 detik	3 detik	44 detik
Fase 3	Jl. Pelangi (B)	108 detik	3 detik	44 detik
Fase 4	Jl. Sisingamangaraja (S)	84 detik	3 detik	64 detik

Sumber : Data Survei Lapangan



Gambar 4.3 Kondisi Persinyalan Simpang

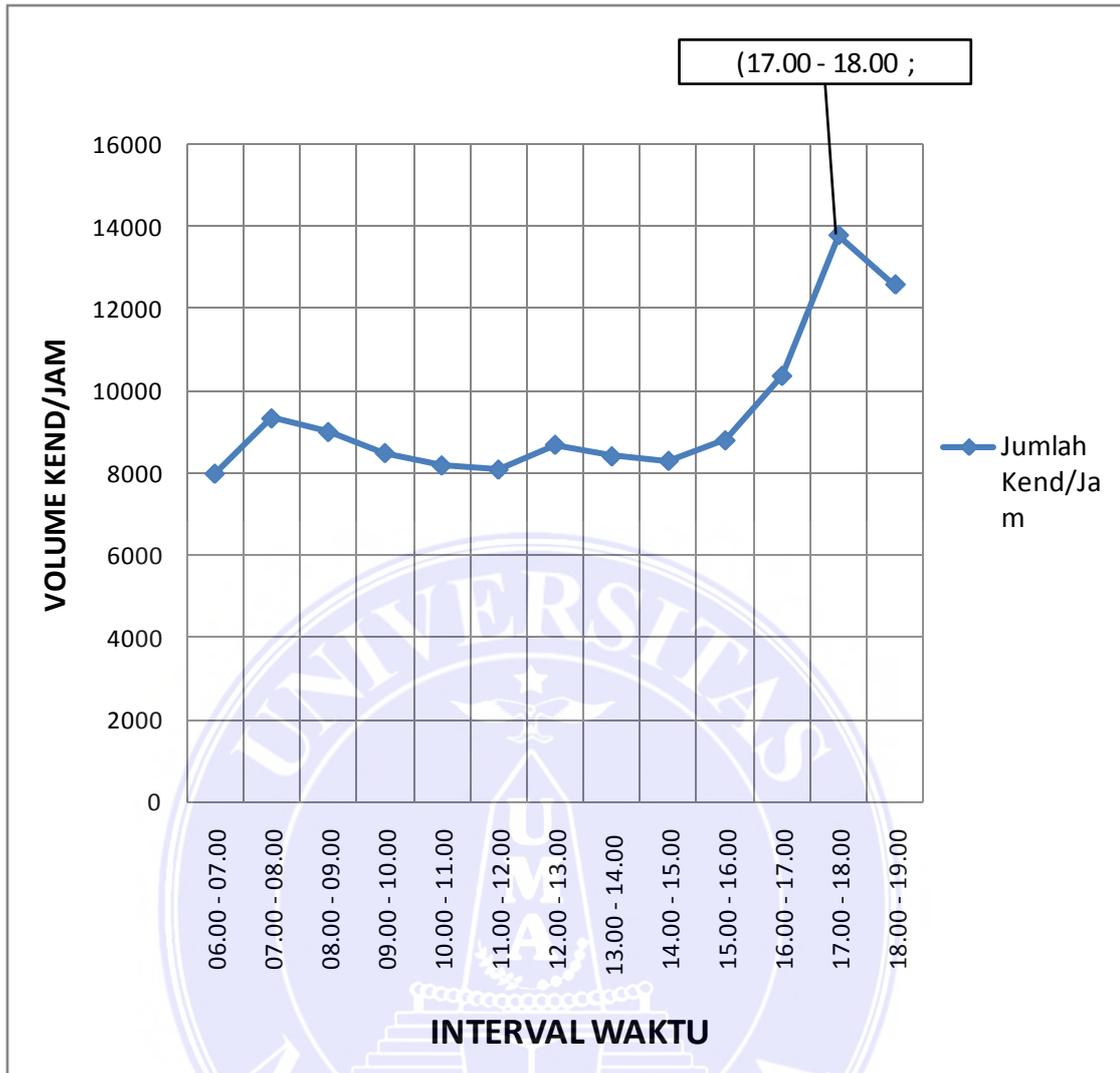
4.1.4 Data Volume Lalu Lintas

Data lalu lintas yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hasil survey lapangan. Pengamatan volume lalu lintas dilakukan selama 3 (tiga) hari yaitu pada hari senin (tanggal 16 Juli 2018), Kamis (tanggal 19 Juli 2018), dan hari sabtu (tanggal 21 Juli 2018). Pengambilan data dilakukan pada jam-jam puncak yaitu : pagi antara pukul 07.00 WIB sampai pukul 09.00 WIB, siang antara pukul 12.00 WIB sampai pukul 14.00 WIB, dan sore antara pukul 17.00 WIB sampai pukul 19.00 WIB. Hasil data pengamatan volume lalu lintas selama 3 hari dapat dilihat pada lampiran, dari hasil pengamatan volume lalu lintas didapat volume terbesar yaitu pada hari senin jam puncak sore sebesar 13.796 kend/jam. Volume lalu lintas pada hari senin jam puncak sore simpang Pelangi dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut :

Tabel 4.4 Volume Lalu Lintas Jam Puncak Simpang Pelangi, Medan

Tipe	Pendekatan (Kend/Jam)											
	A (Utara)			B (Selatan)			C (Barat)			D (Timur)		
	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT
LV	271	1394	95	117	1733	156	75	357	22	62	200	98
HV	1	33	0	0	22	0	0	2	2	0	0	2
MC	1325	2556	219	331	866	121	283	1298	115	247	1464	329
Q	5894			3346			2154			2402		

Sumber : Hasil Survei Lapangan



Gambar 4.4 Grafik Lalu Lintas Wilayah Penelitian
 Sumber : Hasil Survei Lapangan

Data volume lalu lintas yang dipakai dalam perhitungan harus dalam satuan smp/jam, maka tabel yang ada pada tabel 4.4 harus diubah dari satuan kend/jam menjadi smp/jam dengan cara mengalikan volume lalu lintas dengan nilai emp dari masing-masing tipe kendaraan. Data volume lalu lintas yang telah diubah satuannya menjadi smp/jam dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Data Volume Lalu Lintas Dalam Satuan Smp/Jam

Tipe	Pendekatan (Smp/Jam)											
	A (Utara)			B (Selatan)			C (Barat)			D (Timur)		
	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT
emp	LV = 1,0			HV = 1,3			MC = 0,2 (P) dan 0,4 (O)					
LV	271	1394	95	117	1733	156	75	357	22	62	200	98
HV	1	43	0	0	29	0	0	3	3	0	0	3
MC	265	511	44	66	173	24	113	519	46	99	586	132
Q	2624			2298			1138			1180		

Sumber : Hasil Survei Lapangan

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Lebar Efektif

Lebar efektif (W_e) adalah sama dengan W_{masuk} pada masing-masing pendekat sehingga didapat W_e sebagai berikut :

- a. Pendekat Dari Arah Sisingamangaraja (Utara)

$$W_{masuk} = 9 \text{ m}$$

Sehingga W_e pendekat dari arah Sisingamangaraja (Utara) sebesar 9 m.

- b. Pendekat Dari Arah Turi (Barat)

$$W_{masuk} = 3.40 \text{ m}$$

Sehingga W_e pendekat dari arah Turi (Timur) sebesar 3.40 m.

- c. Pendekat Dari Arah Sisingamangaja (Selatan)

$$W_{masuk} = 9 \text{ m}$$

Sehingga W_e pendekat Dari Arah Sisingamangaja (Selatan) sebesar 9 m.

d. Pendekat Dari Arah Pelangi (Barat)

$$W_{\text{masuk}} = 4 \text{ m}$$

Sehingga W_e pendekat Dari Arah Pelangi (Barat) sebesar 4 m.

4.2.2 Arus Jenuh Dasar (S_o)

Arus jenuh dasar dapat dihitung menggunakan persamaan 1 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} S_o &= 600 \times W_e \\ &= 600 \times 9 \\ &= 5400 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Nilai hasil perhitungan arus jenuh dasar dapat dilihat pada Tabel 4.6

Berikut :

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Arus Jenuh Dasar

Pendekat	Tipe Pendekat	Lebar Efektif (m)	S_o
Jl. Sisingamangaraja (U)	P (Terlindung)	9	5400
Jl. Turi (T)	O (Terlawan)	3.40	2040
Jl. Sisingamangaraja (S)	P (Terlindung)	9	5400
Jl. Pelangi (B)	O (Terlawan)	4	2400

Sumber : Hasil Perhitungan Penelitian

4.2.3 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_c)

Faktor ukuran diketahui melalui Tabel pada MKJI, dengan menyesuaikan jumlah penduduk kota Medan sebesar 2,2 juta jiwa berdasarkan data BPS 2018, maka faktor penyesuaian kota sebesar 1,0.

4.2.4 Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G)

Karena tidak terdapat kelandaian dengan nilai 0 (no) pada masing-masing pendekat, maka factor kelandaian dianggap 1.00.

4.2.5 Faktor Penyesuaian Parkir (F_P)

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

4.2.6 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{SF})

Nilai factor penyesuaian hambatan samping (F_{SF}) untuk masing-masing pendekat dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Hasil Penelitian Factor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{SF})

Pendekat	Sisingamangaraja (Utara)	Pelangi (Barat)	Sisingamangaraja (Selatan)	Turi (Timur)
Hambatan samping	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi
Tipe fase	Terlindung	Terlawan	Terlindung	Terlawan
Lingkungan jalan	COM	COM	COM	COM
Rasio				
Kendaraan tak bermotor	0,05	0,00	0,05	0,00
F_{SF}	0,91	0,93	0,91	0,93

Sumber : Hasil Perhitungan Penelitian

4.2.7 Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{RT})

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

$$\begin{aligned}F_{RT} &= 1 + (P_{RT} \times 0,26) \\ &= 1 + (0,05 \times 0,26) \\ &= 1,01\end{aligned}$$

4.2.8 Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})

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

$$\begin{aligned}F_{LT} &= 1 + (P_{LT} \times 0,16) \\ &= 1 + (0,20 \times 0,16) \\ &= 1,03\end{aligned}$$

4.2.9 Arus Jenuh (S)

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

$$\begin{aligned}S &= S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \\ &= 5400 \times 1,0 \times 0,91 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,01 \times 1,03 \\ &= 5112,03 \text{ smp/jam}\end{aligned}$$

Nilai arus jenuh pada simpang Pelangi untuk seluruh pendekat dapat ditunjukkan pada tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Nilai Arus Jenuh

Interval	Kode	Faktor Penyesuaian						Arus	Arus
		F _{CS}	F _{SF}	F _G	F _P	F _{RT}	F _{LT}	Jenuh Dasar (S _o) (smp/jam)	Jenuh (S) (smp/jam)
17.00 – 18.00	U	1,0	0,91	1,0	1,0	1,01	1,03	5400	5112,03
	S	1,0	0,91	1,0	1,0	1,02	1,01	5400	5062,40
	T	1,0	0,93	1,0	1,0	1,05	1,02	2040	2031,90
	B	1,0	0,93	1,0	1,0	1,02	1,03	2400	2344,94

Sumber : Hasil Perhitungan Penelitian

4.2.10 Rasio Arus (F_R)

Perhitungan rasio arus dapat digunakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F_R &= Q / S \\
 &= 2624 / 5112,03 \\
 &= 0,513
 \end{aligned}$$

Nilai rasio arus untuk masing-masing pendekat dapat dilihat pada

Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Rasio Arus (F_R)

Pendekat	Q	S	FR
Sisingamangaraja (U)	2624	5112,03	0,513
Pelangi (B)	1138	2344,94	0,485
Sisingamangaraja (S)	2298	5062,40	0,454
Turi (T)	1180	2031,90	0,581
IFR= Σ FRcrit			0,498

Sumber : Hasil Perhitungan Peneliti

4.2.11 Waktu Hilang (LTI)

Perhitungan waktu hilang (LTI) dapat di lihat pada Formulir SIG-I

Lampiran 1 atau dapat digunakan persamaan sebagai berikut.

$$LTI = \Sigma IG$$

$$= 108 \text{ detik}$$

4.2.12 Waktu Siklus Pra Penyesuaian (Cua)

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

$$Cua = (1.5 \times LTI + 5) / (1 - IFR)$$

$$= (1.5 \times 108 + 5) / (1 - 0,498)$$

$$= 332,67 \text{ detik}$$

4.2.13 Rasio Fase (PR)

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

$$\begin{aligned} PR &= FR / FR_{crit} \\ &= 0,513 / 0,498 \\ &= 1,03 \end{aligned}$$

Nilai rasio fase (PR) untuk masing-masing pendekatan dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Rasio Fase

Pendekat	FR	FR _{crit}	PR
Sisingamangaraja (U)	0,513	0,498	1,03
Pelangi (B)	0,485	0,498	0,97
Sisingamangaraja (S)	0,454	0,498	0,91
Turi (T)	0,581	0,498	1,17

Sumber : Hasil Perhitungan Peneliti

4.2.14 Waktu Hijau (g)

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

$$\begin{aligned} g_i &= (Cua - LTI) \times PR_i \\ &= (332,67 - 108) \times 1,03 \\ &= 231 \text{detik} \end{aligned}$$

Nilai waktu hijau (g) untuk masing-masing pendekat dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Waktu Hijau (g)

Pendekat	Cua	LTI	PRi	g (detik)
Sisingamangaraja (U)	332,67	108	1,03	231
Pelangi (B)	332,67	108	0,97	218
Sisingamangaraja (S)	332,67	108	0,91	204
Turi (T)	332,67	108	1,17	263

Sumber : Hasil Perhitungan Peneliti

4.3 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

4.3.1 Kapasitas

Perhitungan kapasitas (C) dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 C &= S \times (g / c) \\
 &= 5112,03 \times (231 / 332,67) \\
 &= 3549,70 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

Besar kapasitas untuk masing masing pendekat dapat dilihat pada

Tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Kapasitas

Pendekat	S	g	c	C (smp/jam)
Sisingamangaraja (U)	5112,03	231	332,67	3549,70
Pelangi (B)	2344,94	218	332,67	1536,65
Sisingamangaraja (S)	5062,40	204	332,67	3104,37
Turi (T)	2031,90	263	332,67	1606,37

Sumber : Hasil Perhitungan Peneliti

4.3.2 Derajat Kejenuhan

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

$$\begin{aligned}
 DS &= Q / C \\
 &= 2624 / 3549,70 \\
 &= 0,74
 \end{aligned}$$

Nilai perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan (Ds) untuk seluruh pendekat ditunjukkan pada Tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS)

Pendekat	Sisingamangaraja (U)	Pelangi (B)	Sisingamangaraja (S)	Turi (T)
Q (smp/jam)	2624	1138	2298	1180
C (smp/jam)	3549,70	1536,65	3104,37	1606,37
Ds	0,74	0,74	0,74	0,74

Sumber : Hasil Perhitungan Peneliti

4.3.3 Panjang Antrian (NQ)

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

Untuk $DS > 0,5$

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

Untuk $DS < 0,5$

$$NQ1 = 0$$

Contoh Perhitungan NQ1 pada hari Senin jam 17.00 – 18.00 pada lengan Utara simpang Pelangi, Medan.

$$NQ1 = 0,25 \times 3549,48 [(0,74-1) + \sqrt{(0,74-1)^2 + \frac{8 \times (0,74-0,5)}{3549,48}}]$$

$$NQ1 = 0$$

Kemudian Jumlah Antrian yang datang selama fase merah (NQ2)

dihitung dengan rumus :

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

$$NQ2 = 332,67 \times \frac{1-0,69}{1-0,69 \times 0,74} \times \frac{2624}{3600}$$

$$NQ2 = 153,41$$

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

$$NQ_{TOTAL} = 0 + 153,41$$

$$NQ_{TOTAL} = 153,41$$

Panjang Antrian (QL) pada suatu pendekat adalah hasil perkalian jumlah rata-rata antrian pada awal sinyal hijau (NQ) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m²) dan pembagian dengan lebar masuk, yang persamaannya dituliskan sebagai berikut :

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

Untuk hasil perhitungan Panjang Antrian (QL) dapat dilihat pada Tabel 4.14 di bawah ini :

Tabel 4.14 Panjang Antrian

Interval	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau (NQ1)	Jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ2)	NQ Total	NQ Max	Panjang antrian (QL) (m)
17.00 s/d	A(Utara)	P	0	153,41	153,41	70	156
	B(Selatan)	P	0	150,58	150,58	70	156
18.00	C(Barat)	O	0	70,10	70,10	70	350
	D(Timur)	O	0	54,52	54,52	70	412

Sumber : Hasil Perhitungan Peneliti

4.3.4 Kendaraan Terhenti

Contoh perhitungan analisis kendaraan henti pada jam 17.00–18.00 lengan utara dapat dihitung menggunakan persamaan :

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

$$NS = 0,9 \times \frac{153,41}{2624 \times 332,67} \times 3600$$

$$NS = 0,57$$

Contoh perhitungan jumlah kendaraan henti periode 17.00–18.00 pada lengan utara, dapat dihitung dengan Persamaan:

$$NSV = Q \times NS$$

$$NSV = 2624 \times 0,57$$

$$= 1496 \text{ smp/jam}$$

Hasil analisis kendaraan henti dirangkum dalam Tabel 4.15 sebagai berikut:

Tabel 4.15 Kendaraan Henti (NSV)

Interval	Kode	Tipe	Jumlah kendaraan terhenti smp/jam
	Pendekat	Pendekat	
17.00	A(Utara)	P	1496
	B(Selatan)	P	1471
s/d 18.00	C(Barat)	O	683
	D(Timur)	O	531

Sumber : Hasil Perhitungan Peneliti

4.3.5 Tundaan

Contoh perhitungan analisis tundaan lalulintas rata – rata (DT) pada jam 17.00 – 18.00 lengan utara dapat dihitung dengan persamaan :

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

$$A = \frac{0,5 \times (1-0,69)^2}{(1-0,69 \times 0,74)}$$

$$A = 0,098$$

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

$$DT = 332,67 \times 0,098 + \frac{0 \times 3600}{3549,70}$$

$$DT = 32,6$$

Contoh perhitungan analisis tundaan geometri rata – rata (DG) pada jam 17.00 – 18.00 lengan utara adalah sebagai berikut:

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

$$= (1 - 0,57) \times 0,5 \times 6 + (0,57 \times 4)$$

$$= 3,57 \text{ det/smp}$$

$$D = DT + DG$$

$$= 32,6 + 3,57$$

$$= 36,17 \text{ det/smp}$$

Contoh perhitungan tundaan total pada jam 17.00 – 18.00 adalah sebagai berikut :

$$= D \times Q$$

$$= 36,17 \times 2624$$

$$= 94910,08 \text{det/smp}$$

Tabel 4. 16 Tundaan Kendaraan

Interval	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Tundaan					Tundaan Total	Tingkat Pelayanan
			Tundaan Lalulintas Rata-Rata (DT)	Tundaan Geometrik Rata-Rata (DG)	Tundaan Rata-Rata (D)	Tundaan rata – rata simpang			
17.00 s/d 18.00	A(Utara)	P	32,6	3,57	36,17	38,75	94910,08	D	
	B(Selatan)	P	46,58	3,64	50,22		11540,56	D	
	C(Barat)	O	36,59	3,60	40,19		45736,22	D	
	D(Timur)	O	17,30	3,45	20,75		24485	D	

Sumber : Hasil Perhitungan Peneliti Untuk Waktu Tunda Dengan Kondisi Existing

4.4 Keperluan Untuk Perubahan

Dari hasil penelitian diketahui bahwa simpang bersinyal Pelangi masih mempunyai kinerja yang baik ditunjukkan dengan nilai derajat kejenuhan ≤ 0.85 . Namun agar simpang bersinyal tersebut dapat lebih efektif dalam menampung arus lalu lintas dan juga menambah keamanan dalam berkendara maka dilakukan simulasi pada simpang bersinyal tersebut. Simulasi yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Langkah pertama adalah dengan merubah waktu hilang (LTI) sesuai dengan standar nilai normal waktu antar hijau di MKJI 1997 yang ada pada tabel. Dari tabel tersebut didapat nilai waktu hilang yang ditunjukkan pada Tabel 4.17 berikut.

Tabel 4.17 Nilai Waktu Hilang (LTI) Simulasi

Pendekat	Lebar Pendekat	IG Lapangan	IG Disesuaikan
Sisingamangaraja (Utara)	18	64 detik	6 detik
Sisingamangaraja (Selatan)	18	64 detik	6 detik
Pelangi (Barat)	7,75	44 detik	4 detik
Turi (Timur)	6,80	44 detik	4 detik
LTI=ΣIG		216 detik	20 detik

Sumber : Hasil Simulasi

2. Langkah kedua adalah dengan merubah waktu hijau (g) sesuai dengan waktu hijau minimal dari MKJI 1997. Menurut MKJI 1997 waktu hijau yang kurang dari 10 detik harus dihindari karena dapat mengakibatkan pelanggaran lampu merah yang berlebihan dan kesulitan menyeberang bagi pejalan kaki. Perubahan waktu hijau dapat dilihat pada Tabel 4.18 berikut :

Tabel 4.18 Nilai Waktu Hijau (g) Simulasi

Pendekat	Waktu Hijau Simulasi (detik)	Waktu Hijau Disesuaikan (detik)
Sisingamangaraja (Utara)	20	35
Pelangi (Barat)	9	20
Sisingamangaraja (Selatan)	20	35
Turi (Timur)	9	20
Jumlah	58	110

Sumber : Hasil Simulasi

3. Langkah ketiga adalah perubahan pada waktu siklus (*c*) yang disesuaikan, pada tahap ini digunakan persamaan yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}c &= \Sigma g + LTI \\ &= 110 + 20 \\ &= 130 \text{ detik}\end{aligned}$$

Dari perhitungan didapat waktu siklus (*c*) sebesar 130 detik, nilai tersebut jauh dibawah waktu siklus (*c*) lapangan dengan nilai 332,67 detik.

4.5 Pembahasan

Terjadinya penurunan waktu hilang (LTI) dengan cara memberikan nilai normal waktu antar hijau sesuai dengan standar MKJI 1997 dimaksudkan agar dapat mempersingkat waktu siklus (*c*). Sehingga dengan waktu siklus (*c*) yang lebih singkat maka dapat meningkatkan kapasitas dari simpang tersebut dan juga pengguna jalan tidak terlalu lama menunggu untuk berangkat pada saat nyala hijau.

Dari hasil simulasi di atas menghasilkan derajat kejenuhan (*Ds*) untuk masing-masing pendekatan ditunjukkan pada Tabel 4.19 sebagai berikut.

Tabel 4.19 Nilai Derajat Kejenuhan (*Ds*) Simulasi

Pendekat	Derajat Kejenuhan (<i>Ds</i>)
Sisingamangaraja (Utara)	0,59
Pelangi (Barat)	0,59
Sisingamangaraja (Selatan)	0,59
Turi (Timur)	0,59

Sumber : Hasil Simulasi

Dari hasil perhitungan dan pembahasannya dapat dirangkum dan dinilai kinerja dari simpang bersinyal jalan Pelangi berdasarkan standar MKJI 1997. Perbandingan kinerja simpang bersinyal di jalan Pelangi antara hasil penelitian dan hasil alternatif dengan standar MKJI 1997 ditunjukkan pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Hasil Alternatif Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Pelangi

Pendekat	Standar MKJI 1997	Sisingam angaraja (Utara)	Sisingam angaraja (Selatan)	Pelangi (Barat)	Turi (Timur)	Catatan Kinerja
Arus lalulintas (Q) (smp/jam)	2500-4000	2624	2298	1138	1180	Baik, arus lalulintas \leq standar
Waktu siklus (c) (detik)	80-130	130	130	130	130	Sesuai
Waktu hijau (g) (detik)	≥ 10	35	35	20	20	Baik, $g \geq 10$ detik
Kapasitas (C) (smp/jam)	5800	3961,8	3489,4	1700,1	1777,9	Baik, kapasitas $<$ standar
Derajat kejenuhan (DS)	$\leq 0,85$	0,59	0,59	0,59	0,59	Sesuai, DS $< 0,85$
Tundaan simpang rata-rata	≤ 40	15,22	15,22	15,22	15,22	Tingkat pelayanan C (sedang)

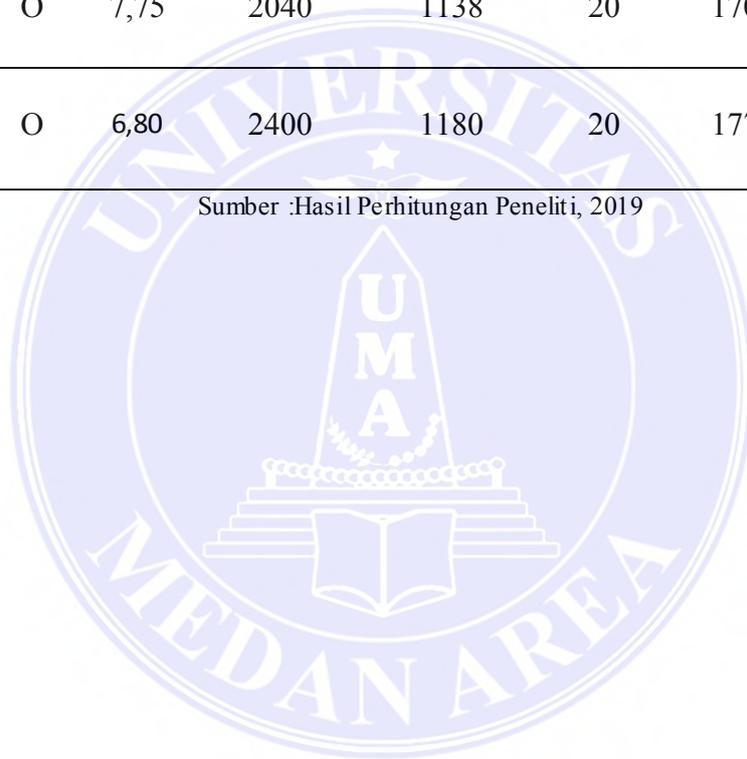
Sumber :Hasil Alternatif Perhitungan Peneliti, 2019

Kesimpulan hasil akhir dari perhitungan peneliti, dapat dilihat pada tabel 4.21 di bawah ini :

Tabel 4.21 Kesimpulan Hasil Akhir dari Penelitian

Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Lebar Efektif (m)	Nilai Arus Dasar, So (smp/jam)	Arus Lalu Lintas, Q (smp/jam)	Waktu Hijau, g (det)	Kapasitas, C (smp/jam)	Derajat Kejenjihan
U	P	18	5400	2624	35	3961,8	0,59
S	P	18	5400	2298	35	3489,4	0,59
B	O	7,75	2040	1138	20	1700,1	0,59
T	O	6,80	2400	1180	20	1777,9	0,59

Sumber :Hasil Perhitungan Peneliti, 2019



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dalam penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Metodologi yang dipakai dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini dibagi menjadi tiga tahap. Tahap 1 yaitu persiapan dan studi literatur, tahap 2 adalah survey lapangan untuk memperoleh data primer dan data sekunder, dan tahap 3 yaitu analisis dan pengolahan data dengan menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia.
2. Berdasarkan hasil hitungan yang diperoleh di lapangan kapasitas yang terjadi di simpang Pelangi pada hari Senin (16/07/2018) pukul 17.00 – 18.00 WIB untuk masing-masing pendekatan utara, barat, selatan, dan timur adalah 2624 smp/jam, 1138 smp/jam, 2298 smp/jam, 1180 smp/jam. Data tersebut diambil pada pengambilan survey paling puncak selama survey 3 hari di lapangan.
3. Derajat kejenuhan yang terjadi di simpang Pelangi pada hari Senin (16/07/2018) pukul 17.00 – 18.00 WIB untuk masing-masing pendekatan utara, barat, selatan, dan timur adalah 0,74 untuk semua pendekatan. Data tersebut diambil pada pengambilan survey paling puncak selama survey 3 hari di lapangan.
4. Dari hasil perhitungan di lapangan di dapat waktu siklus (c) sebesar 332,67 detik. Nilai tersebut tidak sesuai dengan MKJI 1997 untuk waktu

siklus yang disarankan karena waktu lebih dari 130 detik untuk tipe pengaturan 4 fase.

5. Solusi penanganan untuk kinerja simpang Pelangi adalah dengan diberikan alternative desain geometrik jalan disertai perubahan waktu hijau.
6. Dari hasil alternatif didapat nilai waktu siklus dan waktu hilang yang lebih sedikit, yaitu waktu siklus 130 detik dan waktu hilang sebesar 20 detik. Dengan waktu siklus dan waktu hilang yang lebih singkat maka arus lalu lintas sudah mulai stabil dan lancar, sehingga kepadatan lalu lintasnya sudah mulai berkurang dan pengendara aman dalam berlalu-lintas.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diberikan saran atau usulan sebagai berikut :

1. Perlunya penambahan lebar jalan pada pendekat Barat dan Timur serta mengubah waktu hijau pada pengaturan traffic light.
2. Untuk kendaraan angkutan umum diharapkan tidak menaikkan dan menurunkan penumpang pada area persimpangan terutama untuk arus pendekat dari Barat agar tidak mengganggu arus lalu lintas.
3. Melakukan penelitian-penelitian lainnya yang masih berhubungan dengan analisis traffic control, hal ini diharapkan dapat menunjang dan mendukung serta mempunyai suatu tindak lanjut terhadap kelancaran arus lalu lintas pada persimpangan seperti pada penelitian yang sudah ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, Alik. 2005. *Rekayasa Lalu-lintas*, Penerbit UMM, Malang.
- Anonimus, 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Fidel Miro. 2012. *Pengantar Sistem Transportasi*, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Jurnal Amir Sanjaya, Eti Sulandari, Said basalim, *Perencanaan Traffic Light pada Simpang*, Jurusan Teknik Sipil, UNTAN.
- Jurnal Lili Anggraini, Hamzani, Zulfhazli, *Analisis Pengaruh Kinerja Lalu-Lintas Terhadap Pemasangan Traffic Light*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Malikussaleh.
- Khisty, C. Jotin and Lall, B. Kent. 2003. *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi Jilid 3*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Morlok, Edward K, 1995. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 14, 2006, *Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*, Menteri Perhubungan.
- RA, Bukhari dkk, 1997, *Rekayasa Lalu Lintas*, Fakultas Teknik Unsyiah, Banda Aceh.
- R. Warpani, Suwardjoko. 2002. *Pengelolaan Lalu-lintas dan Angkutan Jalan*, penerbit ITB, Bandung.
- Sukirman, Silvia, 1999, *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Nova, Bandung.
- Tamin Z. Ofyar, 2008. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Penerbit ITB, Bandung.

Tabel arus lalu lintas pada jam puncak simpang Pelangi, Medan (Senin, 16 Juli 2018)

Pendekat	Tipe kendaraan	Waktu	Arah pergerakan			Jumlah (Kend/Jam)
			ST (Kend/Jam)	LT (Kend/Jam)	RT (Kend/Jam)	
A Sisingamangaraja (Uara)	MC	Pagi	863	217	150	1230
		Siang	1025	310	85	1420
		Sore	2556	1325	219	4100
	LV	Pagi	856	196	108	1160
		Siang	830	204	56	1090
		Sore	1394	271	95	1760
	HV	Pagi	14	0	0	14
		Siang	29	3	0	32
		Sore	33	1	0	34
	Total jumlah kendaraan			Pagi 2404	Siang 2542	Sore 5894
B Sisingamangaraja (Selatan)	MC	Pagi	1136	215	467	1818
		Siang	1178	257	425	1860
		Sore	866	331	121	1318
	LV	Pagi	1577	212	279	2068
		Siang	774	180	104	1058
		Sore	1733	117	156	2006
	HV	Pagi	18	0	0	18
		Siang	34	0	0	34
		Sore	22	0	0	22
	Total jumlah kendaraan			Pagi 3904	Siang 2952	Sore 3346
C Pelangi (Barat)	MC	Pagi	518	112	320	950
		Siang	399	235	167	801
		Sore	1298	283	115	1696
	LV	Pagi	183	65	52	300
		Siang	265	56	69	390
		Sore	357	75	22	454
	HV	Pagi	1	0	3	4
		Siang	1	0	2	3
		Sore	2	0	2	4
	Total jumlah kendaraan			Pagi 1254	Siang 1194	Sore 2154
D Turi (Timur)	MC	Pagi	839	131	560	1530
		Siang	1017	218	465	1700
		Sore	1464	247	329	2040
	LV	Pagi	61	85	100	245
		Siang	191	92	47	330
		Sore	200	62	98	360
	HV	Pagi	4	3	0	7
		Siang	0	2	0	2
		Sore	0	0	2	2
	Total jumlah kendaraan			Pagi 1782	Siang 2032	Sore 2402

Pagi = 9344 Kend/Jam

Siang = 7720 Kend/Jam

Sore = 13796 Kend/Jam

Jam puncak terjadi pada sore hari = 13796 Kend/Jam

Tabel arus lalu lintas pada jam puncak simpang Pelangi, Medan (Kamis, 19 Juli 2018)

Pendekat	Tipe kendaraan	Waktu	Arah pergerakan			Jumlah (Kend/Jam)
			ST (Kend/Jam)	LT (Kend/Jam)	RT (Kend/Jam)	
A Sisingamangaraja (Uara)	MC	Pagi	832	237	126	1195
		Siang	899	308	173	1380
		Sore	2298	1124	628	2794
	LV	Pagi	842	142	91	1075
		Siang	849	186	85	1120
		Sore	1250	307	98	1655
	HV	Pagi	11	0	1	12
		Siang	26	1	3	29
		Sore	30	0	1	31
	Total jumlah kendaraan			Pagi 2282	Siang 2529	Sore 4480
B Sisingamangaraja (Selatan)	MC	Pagi	1075	227	496	1798
		Siang	1040	314	536	1890
		Sore	498	287	504	1289
	LV	Pagi	1384	291	315	1990
		Siang	661	203	141	1005
		Sore	1646	235	219	2100
	HV	Pagi	14	2	0	16
		Siang	29	2	0	31
		Sore	18	0	0	18
	Total jumlah kendaraan			Pagi 3804	Siang 2926	Sore 3407
C Pelangi (Barat)	MC	Pagi	751	178	116	1045
		Siang	683	121	92	896
		Sore	1205	280	165	1650
	LV	Pagi	206	57	49	312
		Siang	263	77	40	380
		Sore	220	115	88	423
	HV	Pagi	0	2	3	5
		Siang	0	1	2	3
		Sore	0	1	3	4
	Total jumlah kendaraan			Pagi 1362	Siang 1279	Sore 2077
D Turi (Timur)	MC	Pagi	1094	126	270	1490
		Siang	1183	192	310	1685
		Sore	1650	221	279	2150
	LV	Pagi	159	51	65	275
		Siang	187	61	52	300
		Sore	211	46	68	325
	HV	Pagi	3	3	0	6
		Siang	0	1	0	1
		Sore	0	2	0	2
	Total jumlah kendaraan			Pagi 1771	Siang 1986	Sore 2477

Pagi = 9219 Kend/Jam

Siang = 8720 Kend/Jam

Sore = 12441 Kend/Jam

Jam puncak terjadi pada sore hari = 12411 Kend/Jam

Tabel arus lalu lintas pada jam puncak simpang Pelangi, Medan (Sabtu, 21 Juli 2018)

Pendekat	Tipe kendaraan	Waktu	Arah pergerakan			Jumlah (Kend/Jam)
			ST (Kend/Jam)	LT (Kend/Jam)	RT (Kend/Jam)	
A Sisingamangaraja (Uara)	MC	Pagi	644	231	175	1050
		Siang	738	310	182	1230
		Sore	2989	621	290	3900
	LV	Pagi	729	160	76	965
		Siang	685	172	63	920
		Sore	653	350	137	1140
	HV	Pagi	6	0	1	7
		Siang	6	0	0	6
		Sore	9	0	1	10
	Total jumlah kendaraan			Pagi 2022	Siang 2156	Sore 5050
B Sisingamangaraja (Selatan)	MC	Pagi	912	228	406	1546
		Siang	801	249	417	1467
		Sore	889	268	623	1780
	LV	Pagi	1102	186	152	1440
		Siang	626	173	151	950
		Sore	1497	214	179	1890
	HV	Pagi	12	0	0	12
		Siang	10	1	0	11
		Sore	12	2	0	14
	Total jumlah kendaraan			Pagi 2998	Siang 2428	Sore 3684
C Pelangi (Barat)	MC	Pagi	588	165	137	890
		Siang	442	201	118	761
		Sore	956	275	226	1457
	LV	Pagi	300	70	25	395
		Siang	239	53	33	325
		Sore	377	91	55	523
	HV	Pagi	0	2	2	4
		Siang	0	0	3	3
		Sore	0	1	5	6
	Total jumlah kendaraan			Pagi 1289	Siang 1089	Sore 1989
D Turi (Timur)	MC	Pagi	1032	144	176	1352
		Siang	1120	162	185	1467
		Sore	1241	210	439	1890
	LV	Pagi	110	35	60	205
		Siang	190	41	57	288
		Sore	204	125	86	415
	HV	Pagi	0	3	2	5
		Siang	0	1	0	1
		Sore	0	2	1	3
	Total jumlah kendaraan			Pagi 1562	Siang 1756	Sore 2308

Pagi = 7871 Kend/Jam

Siang = 7429 Kend/Jam

Sore = 13031 Kend/Jam

Jam puncak terjadi pada sore hari = 13031 Kend/Jam

Lampiran 2. Dokumentasi



Gambar Pendekat dari Arah Jalan Sisingamangaraja (Utara)



Gambar Pendekat dari Arah Jalan Sisingamangaraja (Selatan)



Gambar Pendekat dari Arah Jalan Turi (Timur)



Gambar Pendekat dari Jalan Pelangi (Barat)



Gambar Pencatatan Volume Arus Lalu Lintas



Gambar Pengumpulan Data Volume Lalu Lintas Setelah Selesai Survey



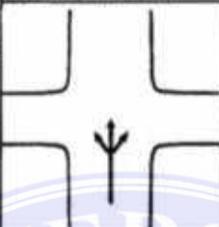
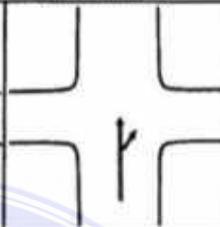
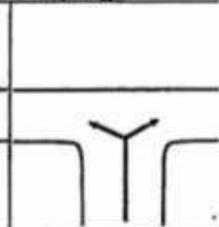
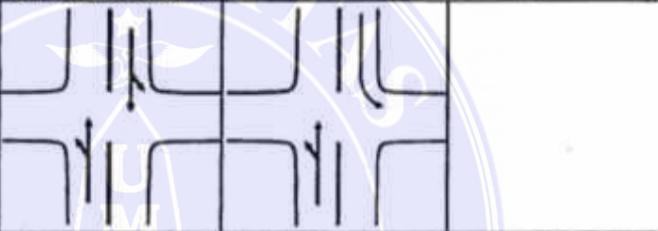
Gambar Kondisi Arus Lalu Lintas



Gambar Angkutan Kota yang Sedang Menurunkan Penumpang Sembarangan

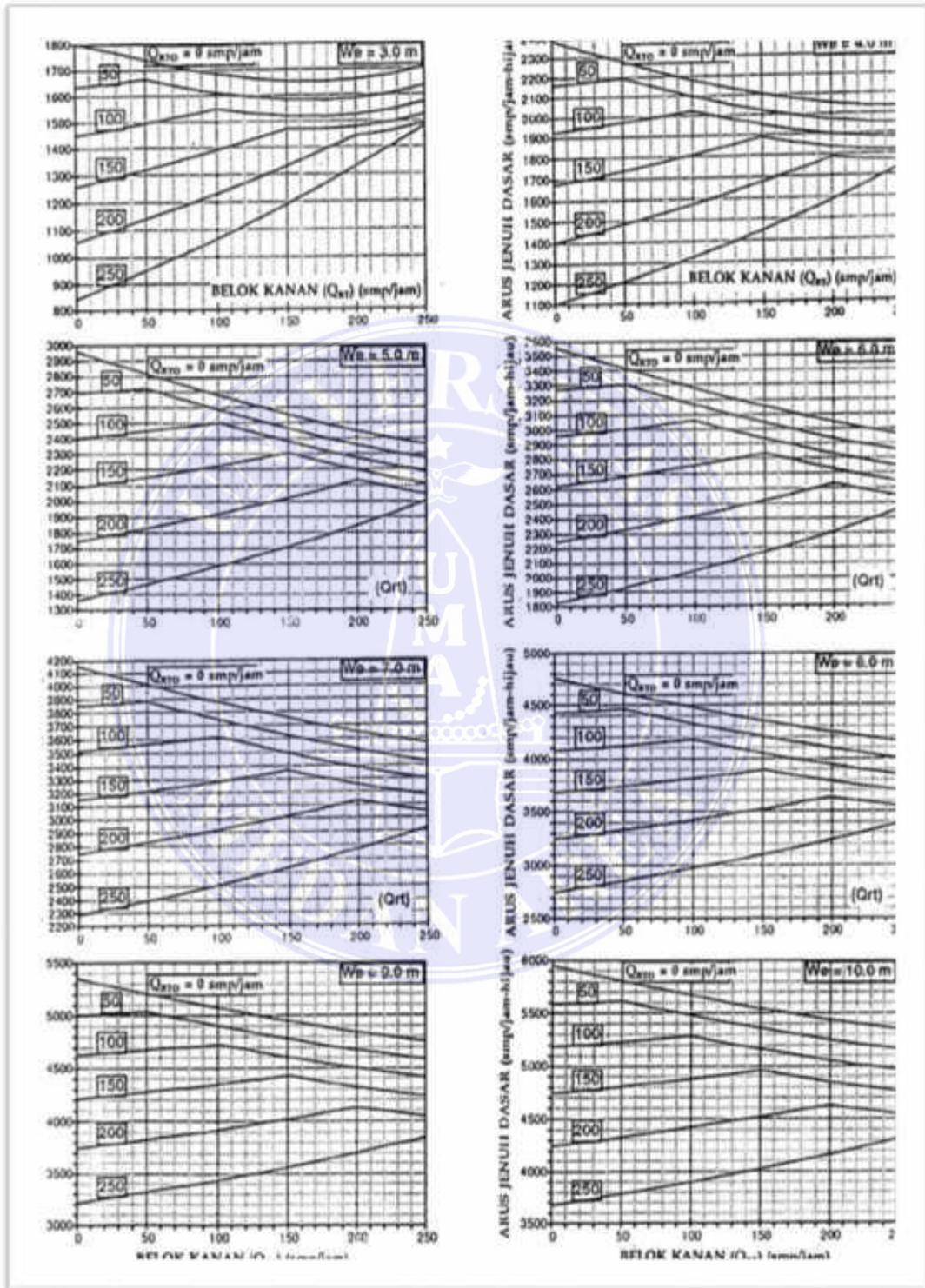
Di Jalan Pelangi

Lampiran 3

Tipe pendekat	Keterangan	Contoh pola-pola pendekat		
Terlindung P	Arus berangkat tanpa konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan satu arah:	Jalan satu arah	Simpang T
				
		Jalan dua arah, gerakan belok kanan terbatas		
				
Terlawan O	Arus berangkat dengan konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan dua arah, arus berangkat dari arah-arah bertlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak terbatas.		
				

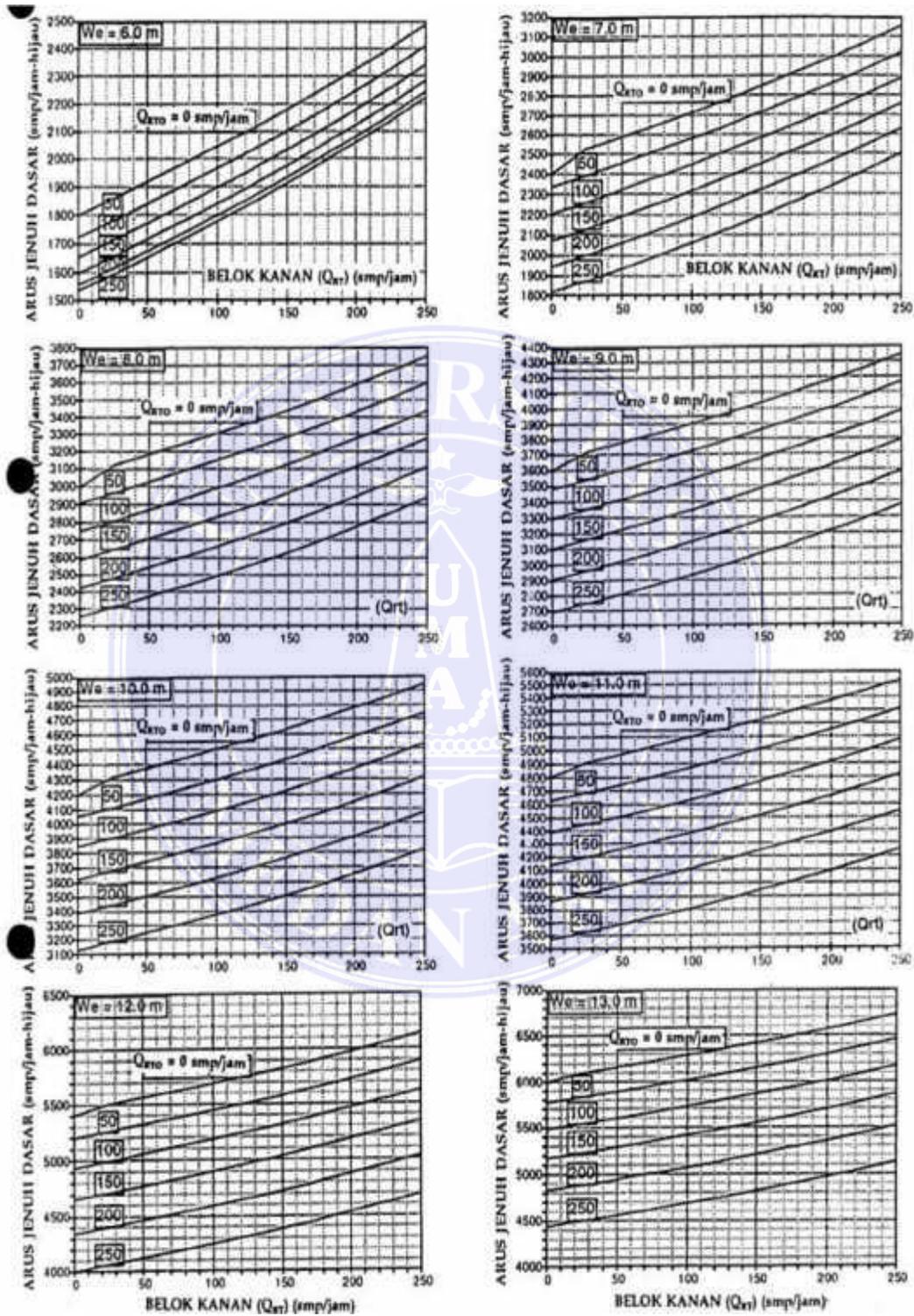
Penentuan Tipe Pendekat

Lampiran 4



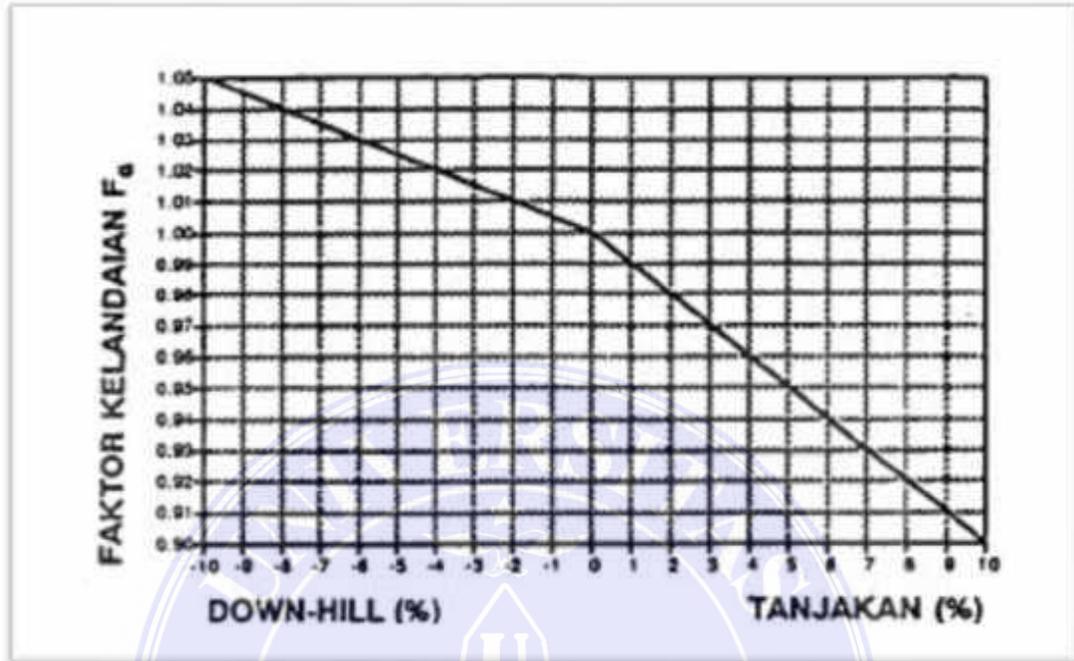
So Untuk Pendekat Tipe O Tanpa Lajur Belok Kanan Terpisah

Lampiran 5

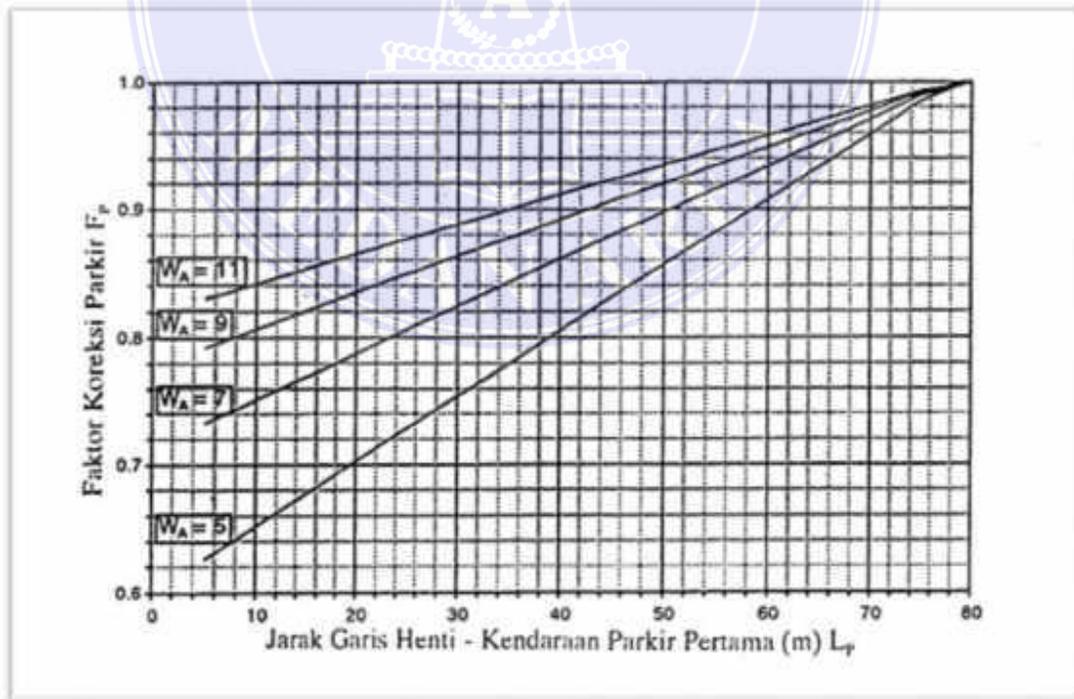


So Untuk Pendekat Tipe O Dengan Lajur Belok Kanan Terpisah

Lampiran 6



Faktor Penyesuaian Untuk Kelandaian (F_g)



Faktor Penyesuaian Untuk Pengaruh Parkir Dan Lajur Belok Kiri Yang Pendek (F_p)