

SKRIPSI

PERENCANAAN PENERAPAN *AREA TRAFFIC CONTROL SYSTEM* TERHADAP KINERJA RUAS JALAN (STUDI KASUS: SIMPANG JALAN BAMBU)

Diajukan Guna Melengkapi Persyaratan untuk Memenuhi Gelar Sarjana Teknik
di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Disusun oleh:

**LEONARDO SIHOTANG
16.811.0021**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2020**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 28/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)28/12/21

**PERENCANAAN PENERAPAN AREA TRAFFIC CONTROL SYSTEM
TERHADAP KINERJA RUAS JALAN
(STUDI KASUS: SIMPANG JALAN BAMBU)**

Diajukan Guna Melengkapi Persyaratan untuk Memenuhi Gelar Sarjana Teknik
di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik

Universitas Medan Area

Disusun Oleh:

LEONARDO SIHOTANG

16.811.0021

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir. Melloukey Ardan, MT.

Suranto, ST., MT.

Diketahui Oleh:

Dekan Fakultas Teknik

Ka. Prodi Teknik Sipil



Dr. Ir. Dina Maizana, MT.



Ir. Nurmaidah, MT.

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN

PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya mahasiswa Universitas Medan Area:

Nama : Leonardo Sihotang
Nomor Mahasiswa : 168110021
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan Kepada Universitas Medan Area hak bebas royalty noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: PERENCANAAN PENERAPAN AREA TRAFFIC CONTROL SYSTEM TERHADAP KINERJAUAS JALAN (STUDI KASUS: SIMPANG JALAN BAMBU). Beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan demikian saya memberikan kepada perpustakaan Universitas Medan Area hak untuk menyimpan, mengalihkan dalam bentuk media lain, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data, mendistribusikan secara terbatas, dan mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya maupun memberikan royalti kepada saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan sini yang saya buat dengan sebenarnya

Medan, oktober 2020

Yang menyatakan



Leonardo Sihotang

168110021

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Leonardo Sihotang

Npm : 16.811.0021

Judul : Perencanaan Penerapan *Area Traffic Control System* terhadap Kinerja Ruas Jalan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber dengan jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa paksaan dari pihak mana pun.

Medan, Oktober 2020




Leonardo Sihotang

KATA PENGANTAR

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

Skripsi ini disusun 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. Ibu Dr.Ir. Dina Maizana, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Ir. Nurmaidah, MT. Selaku Kaprodi Teknik Sipil Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. Melloukey Ardan, MT. Selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membantu pelaksanaan skripsi ini.
5. Bapak Suranto, ST., 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 survei lapangan.
8. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada keluarga terutama kedua orang tua saya, ayah 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 juga 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, Oktober 2020
Penyusun,

Leonardo Sihotang
16.811.0021

ABSTRAK

Penelitian Perencanaan Penerapan *Area Traffic Control System* dilakukan di Simpang Jalan Bambu Kota Medan karena pada Simpang tersebut mempunyai tingkat kepadatan pada waktu jam sibuk. Sehubungan dengan hal itu maka perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan Standar Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penerapan ATCS pada simpang Bambu. Perhitungan analisis dan simulasi yang diterapkan dalam penelitian ini menggunakan metode MKJI 1997. Data primer yang diambil dalam penelitian berupa geometrik jalan, kondisi lingkungan, kecepatan lalu lintas, volume lalu lintas, dan penggunaan sinyal. Sedangkan data sekunder yang dibutuhkan adalah data Jumlah Penduduk Kota Medan. Berdasarkan hasil analisis data, maka didapatkan nilai derajat kejenuhan (D_s) pada Lengan Utara Simpang Jalan Bambu sebesar 1,09, pada Lengan Selatan Simpang Jalan Bambu sebesar 1,16, pada Lengan Barat Simpang Jalan Sutomo Ujung sebesar 1,51, dan pada Lengan Timur Simpang Sutomo Ujung sebesar 1,27. Sesuai dengan nilai derajat kejenuhan dan didapat Tingkat Pelayanan (*Level of Service*) Kinerja Simpang Jalan Bambu berada pada Kategori F 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) = 305 detik dan waktu hilang (LTI) = 18 detik, didapat nilai $D_s = 0,52$. Dengan hasil perhitungan simulasi tersebut, maka dapat menambah Kapasitas Pada Simpang Jalan Bambu dan menambah kenyamanan untuk pengguna jalan karena waktu siklus yang lebih pendek.

Kata Kunci: Tingkat pelayanan, derajat kejenuhan.

ABSTRACT

Planning research on the implementation of The Traffic Control System was carried out at the Bambu Intersection in Medan City because at this level the density during peak hours. In connection with this, it is necessary to conduct research using the 1997 Indonesian Road Capacity Manual Standart. This study aims to determine the effectiveness of the application of the Traffic Control System at the Intersection Bambu. Analysis and Simulation calculations applied in this study used the MKJI 1997 Method. Primary data were taken in the form of Road Geometries, Environmental Condition, Traffic Speeds, Traffic Volumes and Signal Usage. While The Secondary data needed is data on the number of Terrain City Residents. Based on the result of the data analysis, the value of degree of saturation (D_s) On the north arm of the Bambu Intersection is 1,09, on the southern arm of the Bambu Intersection is 1,16, on the western arm of the Sutomo Ujung Road at 1,51 and at the eastern arm of the Sutomo Intersection at 1,27. In accordance with the value of the degree of saturation and the Level of Service obtained (LOS) the performance of the Bambu Road Intersection is in Category F where the Traffic flow is less stable and sometimes often causes congestion. Intersection handling is done by changing the lost time (LTI) and green Time (g). according to the Standart value o the normal time between green in MKJI to facilitate accelerating the cycle time (c). From the simulation results with cycle time = 305 second and the lost time = 19 second. The value of $D_s = 0,56$ is obtained. With the results of this simulations calculation it can add capacity to the Bambu Crossroads and Increase comfort for road users due to shorter cycle times.

Keywords: Level of servis, degree of saturation

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
KATA PERNYATAAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DATAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	2
1.2.1 Maksud Penelitian.....	2
1.2.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Metode Pengumpulan Data.....	3
1.5 Penelitian Yang Sudah Dilakukan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Persimpangan.....	8
2.2.1 Pengertian Persimpangan	8
2.2.2 Jenis-Jenis Pengaturan Persimpangan.....	9

2.3	Simpang Bersinyal	11
2.3.1	Karakteristik Sinyal Lalu Lintas	13
2.3.2	Efek dari Sinyal Lalu Lintas	19
2.3.3	Peralatan Sistem Sinyal Lalu Lintas	19
2.3.4	Pengaturan Waktu Sinyal Lalu Lintas.....	22
2.4	Model Dasar.....	24
2.5	Perencanaan Geometrik Jalan.....	27
2.6	Titik Konflik Pada Simpang	28
2.7	Perhitungan Simpang Bersinyal.....	29
2.7.1	Data Masukan	29
2.7.2	Penentuan Waktu Sinyal.....	30
2.7.3	Kapasitas.....	35
2.7.4	Derajat Kejenuhan.....	39
2.7.5	Panjang Antrian	40
2.7.6	Angka Henti.....	41
2.7.7	Tundaan	41
BAB III METODE PENELITIAN		44
3.1.	Umum.....	44
3.2.	Tahap Penelitian.....	44
3.2.1	Tahap Persiapan	44
3.3.	Tahap Pengumpulan Data.....	45
3.3.1	Data Primer	45
3.3.2	Data Sekunder.....	45
3.4.	Lokasi Survei	46

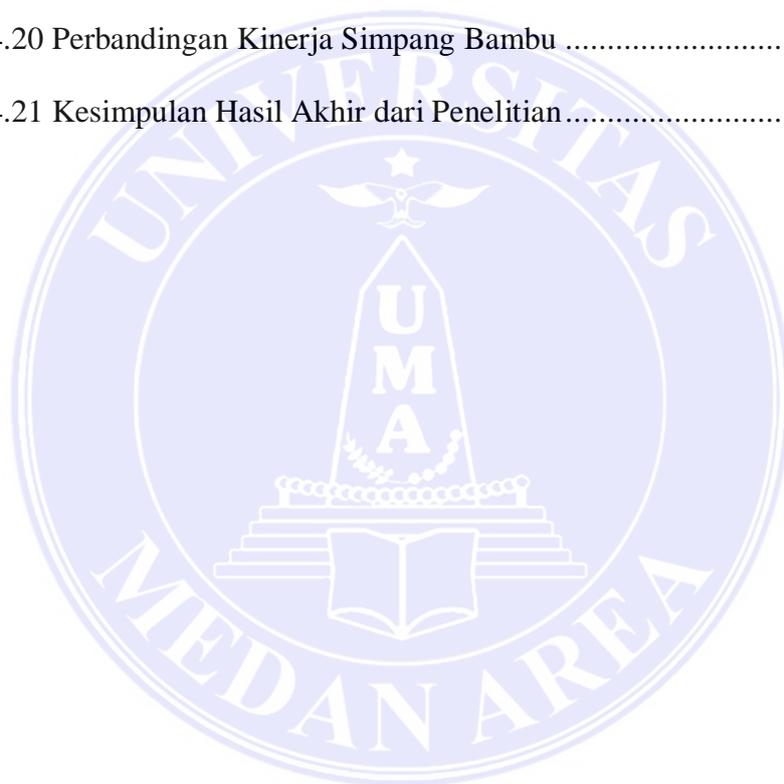
3.5.	Pengolahan Data	46
3.5.1	Suvei Pendahuluan	46
3.5.2	Persiapan Suvei dan Penjelasan Kepada Pengamat	47
3.5.3	Alat Penelitian.....	47
3.5.4	Jadwal Penelitian.....	48
3.5.5	Pengumpulan Data Lapangan	48
3.6.	Analisa Data.....	50
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		52
4.1	Data Masukan	52
4.1.1	Kondisi Geometrik dan Kondisi Persimpangan	52
4.1.2	Data Lingkungan dan Geometrik Jalan	53
4.1.3	Kondisi Sinyal atau Fase.....	55
4.1.4	Data Volume Lalu Lintas	56
4.2	Pengolahan Data.....	57
4.2.1	Lebar Efektif	57
4.2.2	Arus Jenuh Dasar (SO)	58
4.2.3	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{cs})	59
4.2.4	Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G).....	59
4.2.5	Faktor Penyesuaian Parkir (F_p).....	59
4.2.6	Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{SF}).....	59
4.2.7	Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{RT}).....	60
4.2.8	Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT}).....	60
4.2.9	Arus Jenuh (S).....	61
4.2.10	Rasio Arus (FR).....	62

4.2.11 Waktu Siklus Pra Penyesuaian (Cua)	62
4.2.12 Rasio Fase (PR)	63
4.2.13 Waktu Hijau(g).....	63
4.3 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan	64
4.3.1 Kapasitas	64
4.3.2 Derajat Kejenuhan	65
4.3.3 Panjang Antrian (NQ).....	66
4.3.4 Kendaraan Terhenti	67
4.3.5 Tundaan.....	68
4.4 Keperluan Untuk Perubahan	70
4.5 Pembahasan	71
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	77
DOKUMENTASI.....

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Penelitian Yang Sudah Dilakukan.....	4
Tabel 2.1 Waktu Siklus Yang Disarankan	15
Tabel 2.2 Nilai Normal Waktu Antar Hijau	17
Tabel 2.3 Tipe Pendekat.....	24
Tabel 2.4 Penyesuaian Arus Lalu Lintas dengan Lebar Pendekat	27
Tabel 2.5 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota pada Simpang Bersinyal	32
Tabel 2.6 Kapasitas Dasar Tergantung Pada Tipe Jalan Dan Jumlah Lajur	37
Tabel 2.7 Tundaan Simpang Rata-Rata	43
Tabel 4.1 Data lingkungan	53
Tabel 4.2 Data Geometrik	55
Tabel 4.3 Hasil Penelitian Fase Sinyal	55
Tabel 4.4 Volume Lalu Lintas Jam Puncak Simpang Bambu, Medan	56
Tabel 4.5 Data Volume Lalu Lintas Dalam Satuan Smp/Jam.....	57
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Arus Jenuh Dasar	58
Tabel 4.7 Hasil Penelitian Factor Penyesuaian Hambatan Samping (FSF)	60
Tabel 4.8 Nilai Arus Jenuh.....	61
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Rasio Arus (FR).....	62
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Rasio Fase	63
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Waktu Hijau (g)	64
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Kapasitas	64

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS).....	65
Tabel 4.14 Panjang Antrian.....	67
Tabel 4.15 Kendaraan Henti (NSV)	68
Tabel 4.16 Tundaan Kendaraan.....	70
Tabel 4.17 Nilai Waktu Hilang (LTI) Simulasi.....	71
Tabel 4.18 Nilai Waktu Hijau (g) Simulasi.....	71
Tabel 4.19 Nilai Derajat Kejenuhan (Ds) Simulasi	72
Tabel 4.20 Perbandingan Kinerja Simpang Bambu	73
Tabel 4.21 Kesimpulan Hasil Akhir dari Penelitian.....	74



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Titik Konflik pada Simpang	9
Gambar 2.2 Jenis-jenis Simpang	10
Gambar 2.3 Aliran Kendaraan dan Laju Penggabungan, Penyebaran, dan Persimpangan	10
Gambar 2.4 Konflik Lalu Lintas Persimpangan Bersinyal	12
Gambar 2.5 Peralatan Sistem Pengendali Sinyal Lalu Lintas	20
Gambar 2.6 Jenis-jenis <i>Interchange</i>	21
Gambar 2.7 Lampu Lalu Lintas.....	22
Gambar 2.8 Arus Jenuh yang Diamati per Selang Waktu Enam Detik	25
Gambar 2.9 Model Dasar Untuk Arus Jenuh	26
Gambar 2.10 Titik konflik pada Simpang Tiga Lengan	29
Gambar 2.11 Lengan Simpang untuk masing-masing Pendekat.....	30
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian.....	46
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian.....	51
Gambar 4.1 Kondisi Geometri Simpang.....	52
Gambar 4.2 Potongan Melintang Lengan Utara.....	53
Gambar 4.3 Potongan Melintang Lengan Selatan	54
Gambar 4.4 Potongan Melintang Lengan Barat	54
Gambar 4.4 Potongan Melintang Lengan Barat	54

DAFTAR NOTASI

1. Kondisi Geometrik

- A. WA = Lebar Pendekat
- B. W_{masuk} = Lebar Masuk
- C. W_{keluar} = Lebar Keluar
- D. W_e = Lebar Efektif
- E. $Grad$ = Landai Jalan

2. Kondisi Lalu Lintas

- A. emp = Ekuivalen Mobil Penumpang
- B. smp = Satuan Mobil Penumpang
- C. $Type O$ = Arus Berangkat Terlawan
- D. $Type P$ = Arus Berangkat Terlindung
- E. LT (*Left Turn*) = Belok Kiri
- F. RT (*Right Turn*) = Belok Kanan
- G. ST (*Straight*) = Lurus
- H. $LTOR$ (*Left Turn On Red*) = Belok Kiri Langsung
- I. P_{RT} = Rasio Belok Kanan
- J. P_{LT} = Rasio Belok Kiri
- K. Q = Arus Lalu Lintas
- L. Q_{RTO} = Arus Melawan, Belok Kanan
- M. S = Arus Jenuh
- N. S_o = Arus Jenuh Dasar
- O. D_s = Derajat Kejenuhan
- P. FR = Rasio Arus
- Q. IFR = Rasio Arus Simpang
- R. PR = Rasio Fase
- S. C = Kapasitas
- T. NQ = Panjang Antrian
- U. NSV = Kendaraan Henti
- V. DT = Tundaan Lalu-lintas Rata-rata
- W. DG = Tundaan Geometrik Rata-rata

X. D = Tundaan Rata-rata

Y. LoS = Tingkat Pelayanan

3. Kondisi Lingkungan

A. COM = Komersial

B. RES = Pemukiman

C. RA = Akses Terbatas

D. CS = Ukuran Kota

E. SF = Hambatan Samping

4. Parameter Pengatur Sinyal

A. I = Fase

B. c = Waktu Siklus

C. g (*Green*) = Waktu Hijau

D. g_{max} = Waktu Hijau Maksimum

E. g_{min} = Waktu Hijau Minimum

F. GR (*Green Ratio*) = Rasio Hijau

G. *All Red* = Waktu Semua Merah

H. IG (*Inter Green*) = Antar Hijau

I. LTI = Waktu Hilang

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu permasalahan lalu lintas yang di hadapi di dunia ini adalah kemacetan lalu lintas, Di Indonesia kemacetan lalu lintas terjadi di kota-kota besar seperti kota Medan. Lokasi pada jaringan jalan yang menjadi titik rawan terjadinya kemacetan lalu lintas adalah persimpangan. Menurut Ferli Febrian: (2014), Kemacetan lalu lintas dapat menimbulkan masalah yang sangat dirasakan oleh pengguna jalan, sehingga salah satu solusi untuk mengatasi hal tersebut adalah dibuat control lampu lalu lintas system detector yaitu “*traffic actuated*”, dikarenakan system ini mengatur waktu siklus dan panjang fase secara berkelanjutan disesuaikan dengan kedatangan arus lalu-lintas setiap saat.

Belakangan ini kemacetan lalu lintas terjadi dipersimpangan pada saat jam puncak (*peak hour*). 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. Dengan penggunaan *Area Traffic Control System* (ATCS). Menurut Ronal Merza Saputra: (2014), Penataan siklus lampu lalu lintas dilakukan berdasar input data lalu lintas yang diperoleh secara real time, dan pemantau lalu lintas pada titik-titik persimpangan, sehingga diharapkan

tercapai kenyamanan, kelancaran, kemudahan, dan keamanan dalam berlalu-lintas.

Oleh karena itu, berdasarkan uraian di atas penulis tertarik untuk meneliti tentang merencanakan peranan *Area Traffic Control System* terhadap kinerja ruas Jalan pada Simpang Bambu Medan. Dikarenakan pada persimpangan jalan bambu tersebut merupakan dulunya persimpangan tak bersinyal dan sekarang jadi persimpangan bersinyal. dan situasi pada persimpangan itu sangat ramai dan memiliki ruas jalan yang sedang. dan jika pada saat jam puncak (*peak hour*) sering terjadinya kemacetan di jalan tersebut.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.2.1. Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk merencanakan penerapan *Area Traffic Control System* (ATCS) pada ruas jalan dengan menganalisis kapasitas dan perilaku lalu lintas pada persimpangan jalan.

1.2.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas penerapan *Area Traffic Control System* terhadap kinerja kapasitas jalan, derajat kejenuhan dan simulasi waktu siklus lampu lalu lintas pada ruas jalan di Simpang Jalan Bambu Medan.

1.3 Perumusan Masalah

Apakah penggunaan penerapan *area traffic control system* efektif dalam mengontrol arus lalu lintas pada persimpangan?

1.4 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini dengan melakukan pengamatan dan pengumpulan data menggunakan data primer dan data sekunder, data primer didapat langsung di lapangan dengan cara meninjau kapasitas dan kinerja ruas jalan yang akan diteliti, sedangkan data sekunder merupakan data yang diperlukan untuk melengkapi data yang didapat dari suatu badan atau instansi yang resmi.

1.5 Penelitian Yang Sudah Dilakukan

Penelitian terdahulu adalah salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Berdasarkan penelitian terdahulu, penulis tidak menemukan penelitian dengan judul yang sama seperti judul penelitian penulis. Namun penulis mengangkat beberapa penelitian sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian pada penelitian penulis.

Berikut merupakan penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis.

Tabel 1.1 Penelitian yang sudah dilakukan

No	Judul	Tahun	Hasil dan kesimpulan	Sumber
1	Optimasi offset sinyal simpang bersinyal pada ATCS	2015	Optimasi sinyal lampu isyarat lalu lintas pada ATCS dapat dilakukan menggunakan pendekatan Cell Transmission Model (CTM) untuk mendapatkan offset optimum	Sebayang Nusa, 2015, Optimasi Offset Sinyal Bersinyal pada ATCS, Jurusan Teknik sipil, Universitas Brawijaya Malang.
2	Evaluasi Penerapan <i>Area Traffic Control System</i> Pada Simpang Bersinyal	2019	Penerapan ATCS belum memberikan dampak pada kinerja persimpangan.	Mamentu S Samuel, 2019, Evaluasi Penerapan <i>Area Traffic Control System</i> Pada Simpang Bersinyal, Jurusan teknik sipil, Universitas Sam Ratulangi.
3	Analisa Penerapan ATCS Di Kota Pangkal Pinang	2014	Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan maka yang dipilih menggunakan ATCS adalah pada simpang yang tingkat kepadatan volume lalu lintasnya tinggi	Saputra, R. M. 2014. Analisis Penerapan Area Traffic Control System di Kota Pangkal Pinang, Jurusan Teknik Sipil, Palembang, Universitas Sriwijaya
4	Studi Efektivitas Penggunaan ATCS (Simpang Taman Kota Kendari)	2018	Dari hasil penelitian yang telah dilakukan bahwasanya penggunaan ATCS pada persimpangan tersebut efektif	Rachman, dkk. 2018, Studi Efektivitas penggunaan <i>Area Traffic Control System</i> , Jurusan Teknik Sipil, Universitas Halu Oleo

Sumber: Jurnal-jurnal yang dimiliki

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Area Traffic Control System (ATCS) adalah suatu sistem pengendalian simpang lalu lintas jalan raya dengan menggunakan lampu lalu lintas (*traffic light*) dimana pengaturan lampu lalu lintas pada masing-masing simpang saling terkoordinasi, sehingga pengguna jalan mendapatkan tundaan minimum. Dengan penerapan ATCS atau lampu lalu lintas terkoordinasi maka akan terjadi efisiensi pergerakan dan akan meningkatkan kapasitas simpang untuk melayani lalu lintas, waktu perjalanan yang lebih pendek, penurunan tingkat resiko kecelakaan bagi pengendara dan kesempatan juga keselamatan yang lebih tinggi dari pejalan kaki/penyeberang jalan serta kenyamanan pengguna jalan yang lebih baik (Wishnukoro, 2008)

ATCS sangat baik diterapkan pada persimpangan yang mempunyai banyak titik konflik pergerakan lalu lintas dan volume lalu lintas yang cukup tinggi. Adapun manfaat yang diperoleh dengan pengembangan ATCS ini adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan keselamatan lalu lintas.
2. Mengurangi pemakaian bahan bakar karena berkurangnya waktu perjalanan.
3. Secara tidak langsung mengurangi polusi udara dan kebisingan.
4. Meningkatkan kualitas kehidupan perkotaan.
5. Memberikan kelancaran pelayanan bagi kendaraan darurat seperti pemadam kebakaran, ambulans, dan lain-lain. (Mahyudi Noor, 2007).

Area Traffic Control System atau yang dikenal dengan ATCS adalah suatu sistem pengendalian lampu lalu lintas secara terkoordinasi di suatu kawasan, wilayah, area, dan daerah. Menurut pedoman *Highway Capacity Manual America* 2000, ATCS dapat dibedakan menjadi 3, yaitu:

1. ATCS yang tidak responsif

Menggunakan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) yang dioperasikan secara *fixed setting* berdasarkan data survey tanpa ada sinkronisasi terhadap laju trafik aktual pada simpang.

2. ATCS yang semi responsif

Menggunakan detector kendaraan pada APILL dan melakukan sinkronisasi berdasarkan trafik aktual pada simpang yang bersangkutan saja, tetapi tidak ada pengelolaan lalu lintas secara menyeluruh dan terkoordinasi di seluruh wilayah (region).

3. ATCS yang fully responsif

Memiliki pusat pengendalian APILL berhubungan dengan komputer dan dilengkapi dengan alat pencatat pergerakan arus lalu lintas berupa detector sehingga program pengaturan nyala lampu besarnya dapat berubah-ubah.

Fungsi dari *Area Traffic Control System* ini adalah:

1. Dapat mengatur waktu sinyal dipersimpangan sehingga penggunaan jalan mendapatkan tundaan minimum.
2. Memberikan prioritas lampu hijau di persimpangan.

3. Dalam keadaan tertentu, memberikan lampu hijau pada kendaraan yang memiliki prioritas seperti ambulans, pemadam kebakaran, dan lainnya.
4. Menyampaikan informasi kondisi lalu lintas dan alternatif lintasan.
5. Menyediakan data rekaman lalu lintas, kejadian kecelakaan, dan kejadian lainnya di persimpangan.

Dengan penerapan operasional sinyal lampu lalu lintas 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.

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 diperuntukkan bagi suatu ruas jalan dengan penggunaan rambu berhenti atau rambu pengendalian kecepatan di persimpangan tanpa lalu lintas.

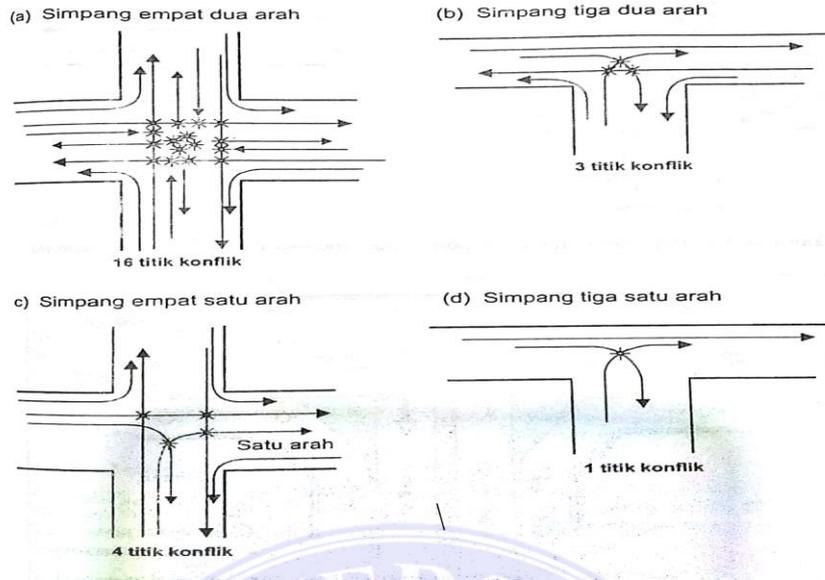
Umumnya, kapasitas jalan raya tergantung pada karakteristik geometri fasilitas tersebut, bersama dengan komposisi aliran lalu lintas yang menggunakan

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)*. 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) 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.



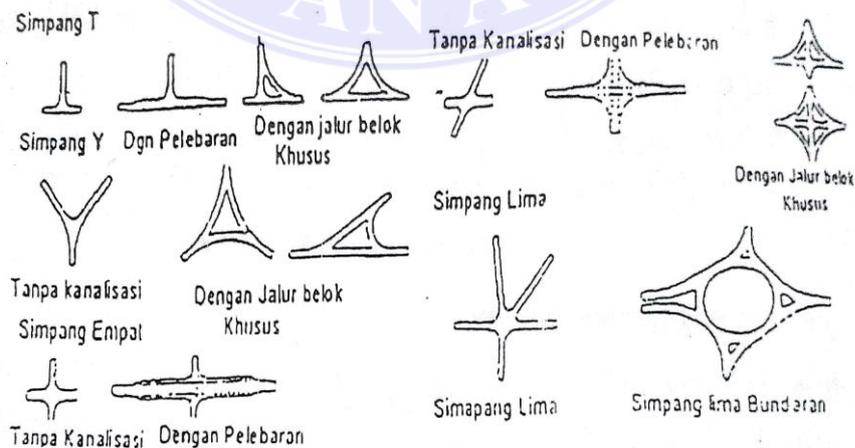
Gambar 2.1 Titik Konflik pada Simbang
Sumber: Pengelolaan Lalu-lintas dan Angkutan Jalan, 2002

2.2.2. Jenis-jenis Pengaturan Persimpangan

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

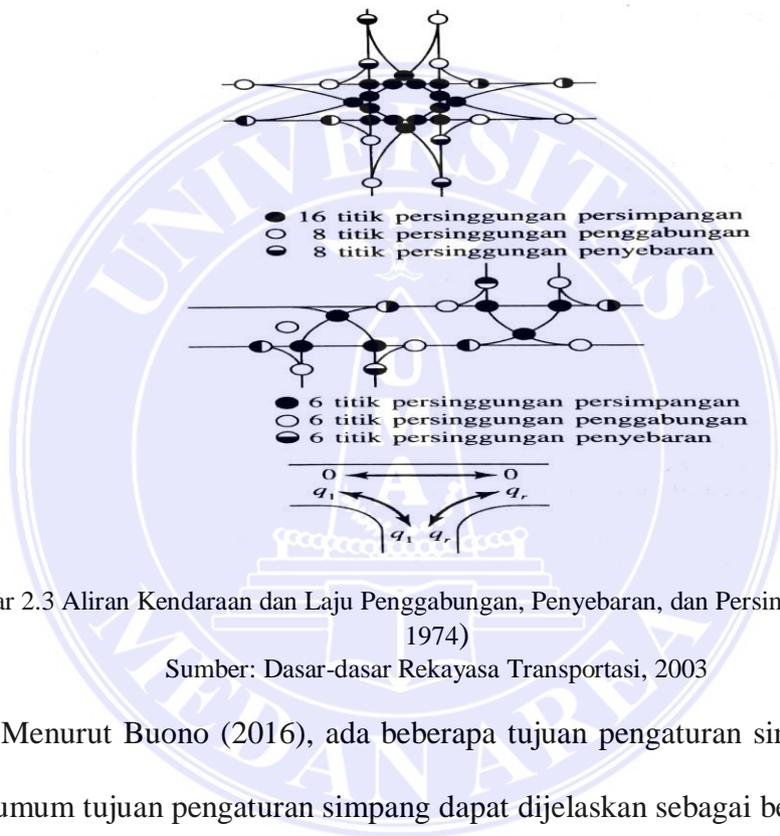
- Pengaturan simpang tanpa lampu lalu lintas, dan
- Pengaturan simpang dengan lampu lalu lintas.

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 Simbang
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)



Gambar 2.3 Aliran Kendaraan dan Laju Penggabungan, Penyebaran, dan Persimpangan(Salter, 1974)

Sumber: Dasar-dasar Rekayasa Transportasi, 2003

Menurut 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.

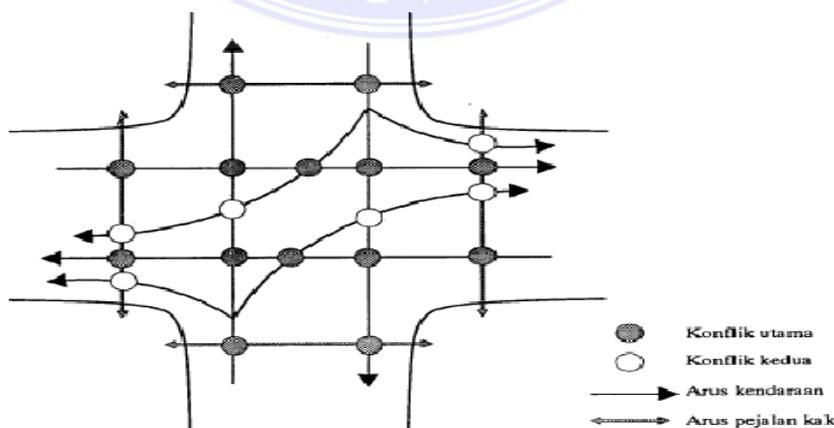
2.3 Simpang Bersinyal

Menurut MKJI 1997, 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 pengoperasian 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)

- 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 memisahkan 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

Tujuan dari pemasangan lampu lalu lintas menurut Manual MKJI (1997) yaitu:

- 1) Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak,
- 2) Untuk memberi kesempatan kepada 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 elektrik untuk lalu lintas dipersimpangan 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 (A. Sanjaya, E. Sulandari dan S. 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 pengoprasian sinyal lampu lalu lintas ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

- 1) Fase Sinyal, yaitu bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijaudisediakan 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 meningkatnyakeadaan rata-rata. Jika nilai rasio arus (FR) mendekati atau lebih darisatu maka simpang tersebut adalah lewat jenuh dan rumus tersebutakan 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:
- Waktu hijau maksimum (g_{max}) adalah waktu hijau maksimal yang diijinkan dalam suatu fase untuk kendali lalu lintas aktuasi kendaraan (detik) dan,
 - 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
- $$(GR=g/c) \dots\dots\dots pers (1)$$
- 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.

Pertimbangan pengaturan sinyal lalu lintas menurut MKJI (1997), 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:

$$MERAHSEMUA(i) = \frac{(L_{EV} + I_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \dots \dots \dots \text{pers (2)}$$

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 danyang 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 antarhijau seperti persamaan berikut.

$$LTI = \Sigma (MERAHSEMUA + KUNING) i = \Sigma IGi.....pers (3)$$

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).

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 Alamsyah (2005), 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 alternative

2.3.3. Peralatan Sistem Sinyal Lalu Lintas

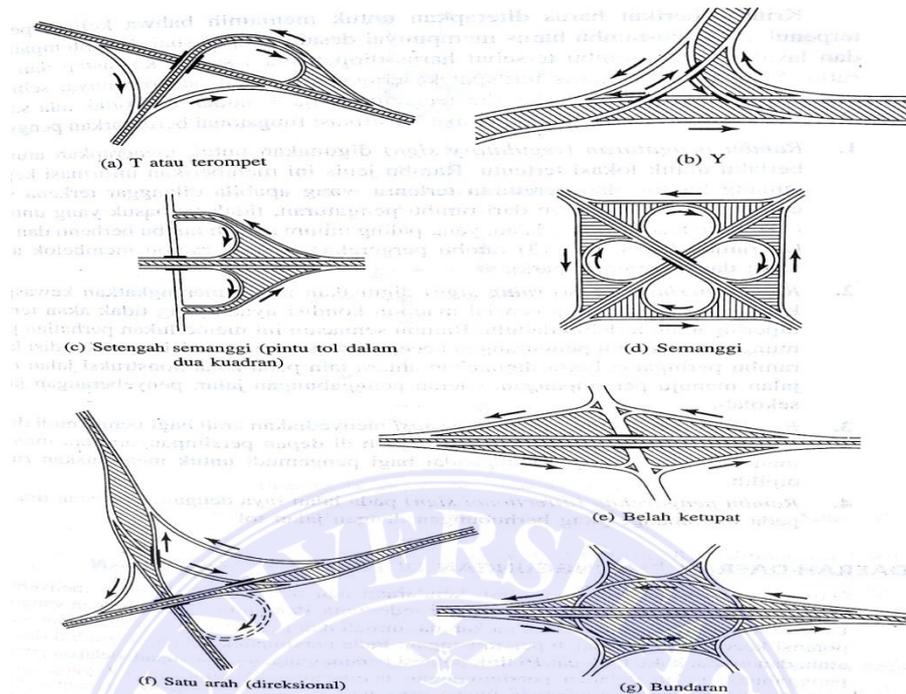
Peralatan pengendali lalu lintas meliputi rambu, penghalang yang dapat dipindahkan, dan lampu lalu lintas. Sistem pengendalian sinyal lalu lintas terdiri dari peralatan-peralatan sebagai berikut:

- 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.

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. J. Khisty dan B. K. Lall, 2003).

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 Warpani (2002), 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 pengguna jalan.



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), 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 :

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

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

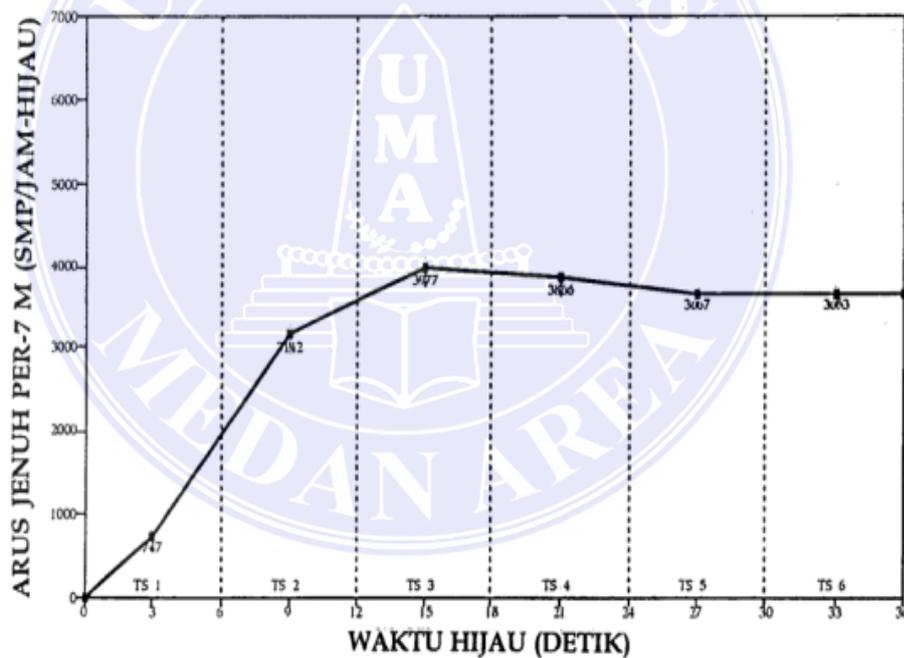
Untuk rasio kendaraan tak bermotor dengan membagi arus kendaraan tak bermotor (QUM) kend/jam dengan arus kendaraan bermotor (QMV) kend/jam didapatkan dengan rumus berikut :

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

2.4 Model Dasar

Kapasitas pendekat simpang bersinyal dapat dinyatakan sebagai berikut:

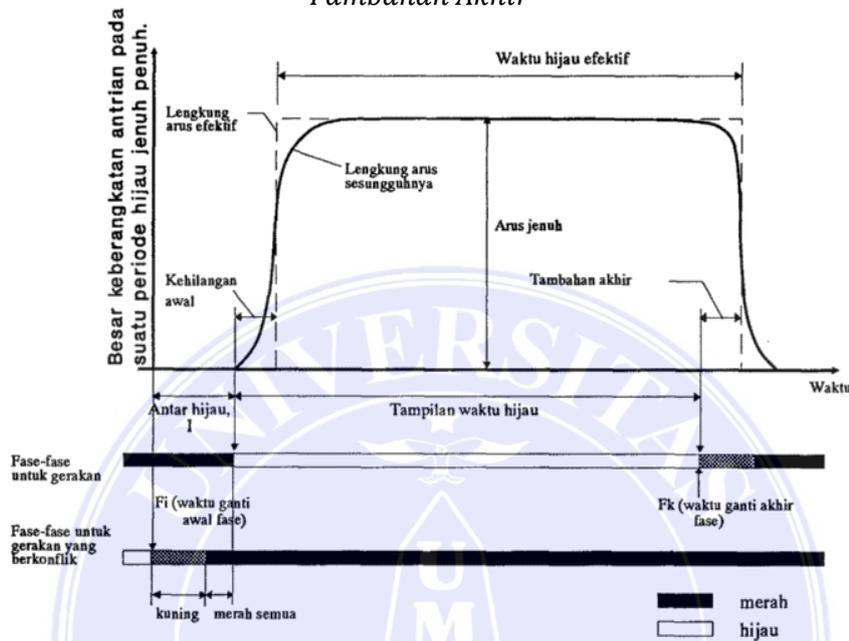
$$C = S \times g/c \dots \text{pers (7)}$$



Permulaan arus berangkat menyebabkan terjadinya apa yang tersebut sebagai ‘Kehilangan awal’ dari waktu hijau efektif, arus berangkat setelah akhir waktuhijau 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 :

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



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 geometrik 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 berbedapada 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 :

- a. Jalan dua lajur dua arah tak terbagi (2/2 UD).
- b. Jalan empat lajur dua arah tak terbagi (4/2 UD) dan atau terbagi(4/2D).

- c. Jalan enam lajur dua arah terbagi (6/2 D).
- d. Jalan satu arah dan lajur bebas hambatan.

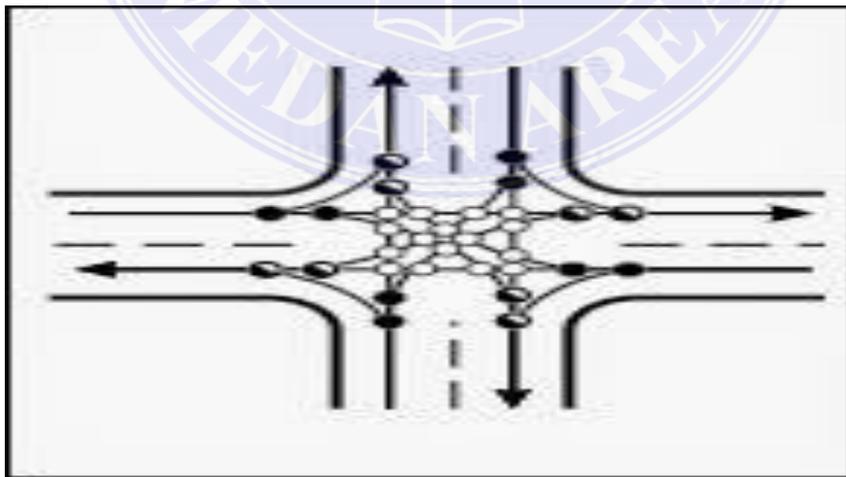
2.6 Titik Konflik pada Simpang

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), 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

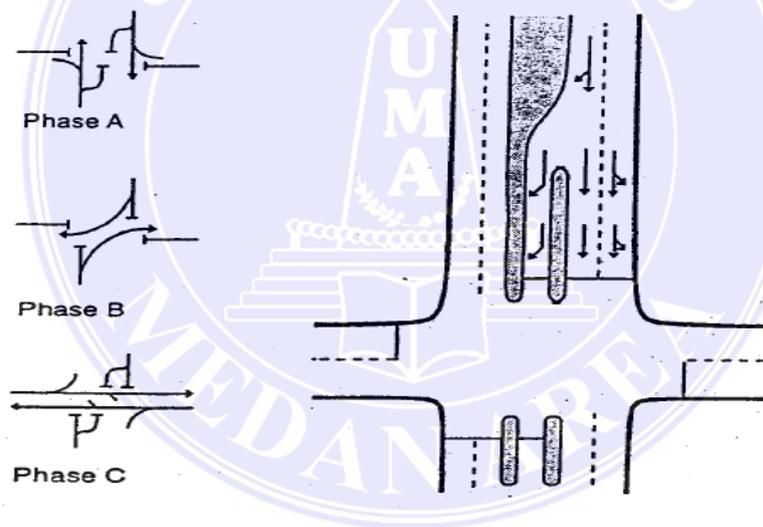


Gambar 2.10 Titik konflik pada simpang tiga lengan.
Sumber: Federal Highway Administration, 2000

2.7 Perhitungan Simpang Bersinyal

2.7.1 Data masukan

Menurut MKJI (1997), kondisi geometrik pengaturan lalu lintas dan kondisilingkungan 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),

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

Keterangan:

S_0 = Arus jenuh dasar (smp/jam)

W_e = Lebar jalan efektif (m)

4. Faktor Penyesuaian Arus Jenuh

a. Faktor penyesuaian ukuran kota (Fcs)

Ditentukan berdasarkan data dari Biro Pusat Statistik pada kotayang 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 persamaanberikut:

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

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 perhitungansimpang

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

$$FRT = 1,0 + PRT \times 0,26 \dots \dots \dots \text{pers (10)}$$

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 kiricenderung 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 fasesinyal yang berurutan dalam suatu siklus. Rasio Arus (FR) masing-masing pendekat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$FR=Q/S.....pers (12)$$

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

FR_{crit} = Rasio arus kritis

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

$$PR=FR_{crit}/IFRpers (13)$$

Keterangan:

PR = Rasio fase

FR_{crit} = 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 pendekatan (det). Hitung waktu siklus sebelum penyesuaian (Cua) untuk pengendalian waktu tetap.

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

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:

$$g_i = (Cua - LTI) \times P_{ri} \dots\dots\dots \text{pers (15)}$$

Keterangan:

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)

Cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus

P_{ri} = 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.

$$c = \Sigma g + LTI \dots\dots\dots \text{pers (16)}$$

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 ruasjalan tersebut, baik satu maupun dua arah dalam periode waktu tertentu dibawah 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.

Faktor-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
- d. 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

$$C = Sxg/c \dots \dots \dots \text{pers (17)}$$

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. Berdasarkan MKJI 1997, jika analisis DS dilakukan untuk analisa 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:

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

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):

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots \dots \dots \text{pers (19)}$$

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

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 m²) dan pembagian dengan lebar masuk.

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

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 :

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

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 :

$$Dj = DTj + DGj \dots\dots\dots \text{pers (22)}$$

dimana : Dj = Tundaan rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

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

DGj = 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):

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

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

$$DG = (1 - Psv) \times PT \times 6 + (Psv \times 4) \dots \dots \dots \text{pers (24)}$$

dimana: Psv = 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 (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

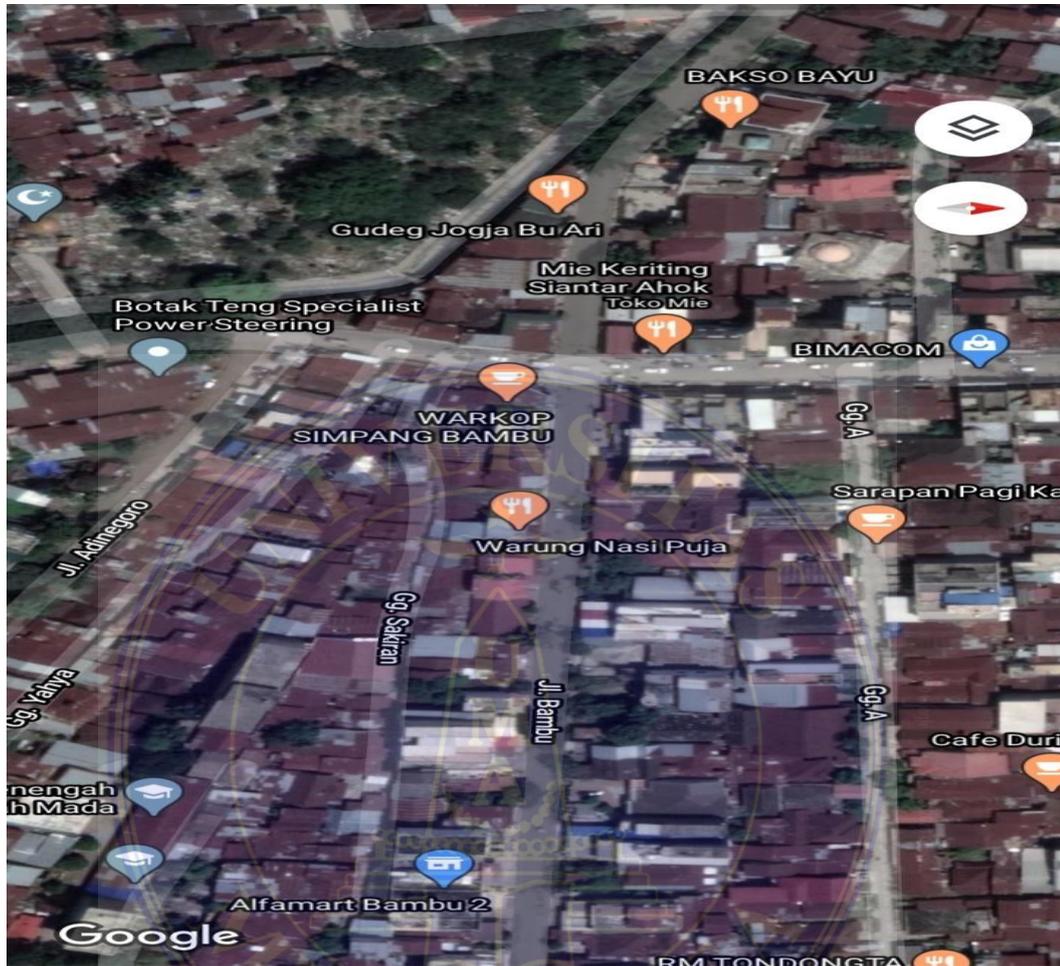
Data primer yaitu data yang diperoleh dari hasil survei secara langsung. Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara survey langsung pada lokasi penelitian. Mencatat secara manual kendaraan yang melintas berdasarkan jenisnya. Data yang diperlukan sebagai bahan analisis simpang bersinyal meliputi:

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 langsung kepada dinas/kantor terkait.

3.4 Lokasi Survei



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian

Sumber: [google map](#)

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-cara mengisi formulir, menentukan survei dan periode pengamatan, dan mempersiapkan alat-alat yang digunakan untuk penelitian.

3.5.3 Alat Penelitian

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

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

3.5.4 Jadwal Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada jam-jam puncak (*peak hour*) 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

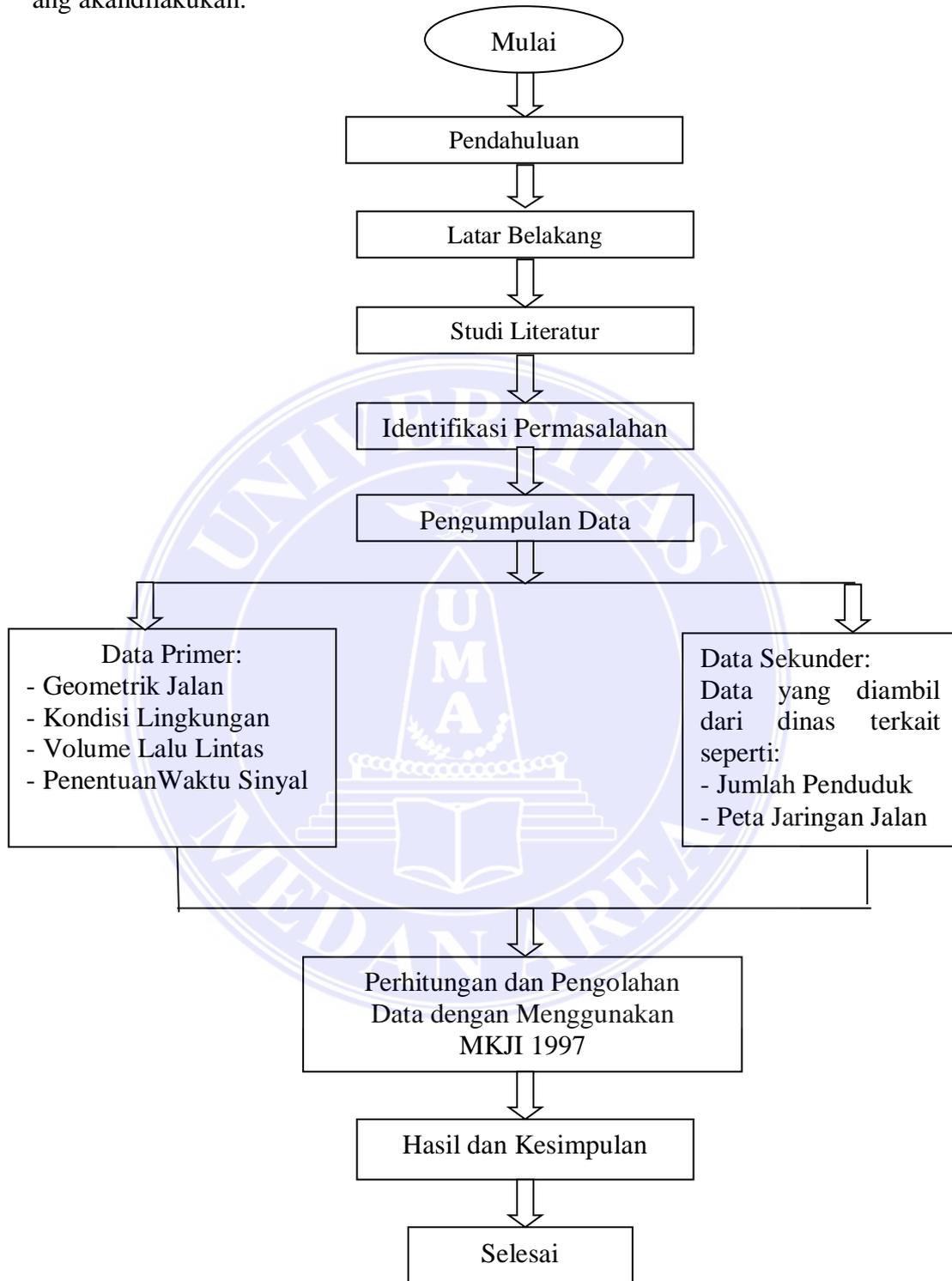
Data yang dikumpulkan akan diolah sesuai dengan keperluan analisis data yang terdapat pada MKJI1997 sebagai perbandingan, antara lain :

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 V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Kapasitas yang didapat dari penelitian di Persimpangan Jalan Bambu. Pada masing-masing pendekat utara, barat, selatan, dan timur sebesar 770 smp/jam, 769,6 smp/jam, 3254,8 smp/jam, 2579,4 smp/jam. Data tersebut diambil pada pengambilan survey paling puncak selama survey 3 hari di lapangan.
2. Derajat kejenuhan yang terjadi di simpang bambu pada hari rabu. Untuk pendekat utara sebesar 1,09, pada lengan barat sutomo ujung 1,51, pada lengan pendekat selatan bambu sebesar 1,16, pada lengan pendekat timur sebesar 1,27.
3. 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) = 305 detik dan waktu hilang (LTI) = 18 detik, didapat nilai $D_s = 0,52$.

4. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan bahwasanya penerapan Area Traffic Control System pada Simpang Jalan Bambu sudah efektif dalam mengatasi kinerja kapasitas jalan, derajat kejenuhan dan simulasi waktu siklus lampu lalu lintas pada ruas jalan di Simpang Jalan Bambu Medan.

5.2 Saran

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

1. Melakukan perubahan waktu siklus pada setiap program penyalan lampu lalu lintas, serta untuk jangka panjang melakukan perubahan geometrik dengan melakukan pelebaran jalan pada setiap pendekat.
2. Untuk kendaraan angkutan umum diharapkan tidak menaikkan dan menurunkan penumpang pada area 100 m dari persimpangan terutama untuk arus pendekat dari Barat agar tidak mengganggu arus lalu lintas.
3. Menerapkan *Area Traffic Control Sytem* (ATCS) pada setiap persimpangan khususnya pada persimpangan jalan bambu di pendekat barat agar ada pengkoordinasian yang bersinergi antar simpang bersinyal lainnya.
4. 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, 2015, *Rekayasa Lalu-lintas*, Penerbit UMM, Malang.
- Amir Sanjaya, *dkk.* *Perencanaan Traffic Light* pada Simpang, Jurusan Teknik Sipil, UNTAN.
- Anggi, Kurnia, 2017, *Kapasitas Simpang Bersinyal dan Derajat Kejenuhannya*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Malikusaleh.
- Anonimus, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik, Kota Medan, 2020, *Medan dalam Angka 2020*, BPS Medan.
- Fidel Miro, 2017, *Pengantar Sistem Transportasi*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Khisty, C. Jotin and Lall, B. Kent, 2003, *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi Jilid 3*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Mamentu S Samuel, 2019, *Evaluasi Penerapan Area Traffic Control System Pada Simpang Bersinyal*, Jurusan teknik sipil, Universitas Sam Ratulangi.
- Muhtadi, Adhi, 2015, *Analisis Kapasitas, Tingkat Pelayanan, Kinerja dan Pengaruh Pembuatan Median Jalan*, Neutron, Vol,10, Februari 2015, 43-54.
- Peraturan Undang-Undang Republik Indonesia, 2016, *Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*.
- R. Warpani, Suwardjoko, 2018, *Pengelolaan lalu-lintas dan Angkutan Jalan*, penerbit ITB, Bandung.
- Rachman, *dkk.* 2018, *Studi Efektivitas penggunaan Area Traffic Control System*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Halu Oleo.
- Saputra, R. M. 2018. *Analisis Penerapan Area Traffic Control System di Kota Pangkal Pinang*, Jurusan Teknik Sipil, Palembang, Universitas Sriwijaya.
- Sebayang Nusa, 2015, *Optimasi Offset Sinyal Bersinyal pada ATCS*, Jurusan Teknik sipil, Universitas Brawijaya Malang.
- Sukirman Silvia, 1999, *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Nova, Bandung.
- Tulus, 2018, *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Kota Makassar*, Jurusan Teknik Sipil, Makassar, Universitas Hasanuddin.

Tamin, Ofyar, Z, 2016, *Pengelola Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan*, Penerbit ITB, Bandung.

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



DOKUMENTASI

A. Kondisi Lalu Lintas





B. Pengambilan Data Pada Persimpangan









