

TUGAS AKHIR

EVALUASI PENENTUAN FASE DAN WAKTU SIKLUS OPTIMUM PADA PERSIMPANGAN BERSINYAL JALAN GATOT SUBROTO – JALAN RING ROAD – JALAN ASRAMA KOTA MEDAN (*Studi Kasus*)

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

Disusun Oleh:

SUFRIANDI
1607210146



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : SUFRIANDI

NPM : 1607210146

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Evaluasi Penentuan Fase Dan Waktu Siklus Optimum Pada
Persimpangan Bersinyal Jalan Gatot Subroto – Jalan Ringroad –
Jalan Asrama Kota Medan

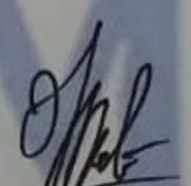
Bidang Ilmu : Transportasi.

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada
Panitia Ujian

Medan, 08 Maret 2022

Dosen Pembimbing

UMSU


Zulkifli Siregar, ST, MT.

Unggul | Cerdas | Terpercaya

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : SUFRIANDI

NPM : 1607210146

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Evaluasi Penentuan Fase Dan Waktu Siklus Optimum Pada
Persimpangan Bersinyal Jalan Gatot Subroto – Jalan Ringroad
– Jalan Asrama Kota Medan


Bidang ilmu : Transportasi

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

Medan, 21 April 2022

Mengetahui dan menyetujui:


Dosen Pembimbing I / Penguji


Zulkifli Siregar, ST, MT


Dosen Pembimbing I / Penguji


Muhammad Husin Gultom, ST, MT.

Dosen Pembimbing II/Penguji


Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

Program Studi Teknik Sipil
Ketua,


Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : SUFRIANDI

Tempat /Tanggal Lahir: Kutacane/06 Oktober 1998

NPM : 1607210146

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil,

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

“Evaluasi Penentuan Fase Dan Waktu Siklus Optimum Pada Persimpangan Bersinyal Jalan Gatot Subroto – Jalan Ringroad – Jalan Asrama Kota Medan”.

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

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

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

Medan, 08 Maret 2022

Saya yang menyatakan,


SUFRIANDI

ABSTRAK

EVALUASI PENENTUAN FASE DAN WAKTU SIKLUS OPTIMUM PADA PERSIMPANGAN BERSINYAL JALAN GATOT SUBROTO – JALAN RING ROAD – JALAN ASRAMA KOTA MEDAN (Studi Kasus)

Sufriandi
1607210146
Zulkifli Siregar, ST, MT

Transportasi mempunyai peranan penting dalam kehidupan masyarakat moderen dimana teknologi berkembang semakin pesat, juga laju pertumbuhan penduduk yang semakin tinggi sehingga mengakibatkan peningkatan kebutuhan masyarakat akan transportasi. Gangguan transportasi itu dapat berupa kemacetan pada ruas jalan termasuk pada persimpangan jalan terutama pada saat jam puncak/jam sibuk. Persimpangan jalan adalah daerah umum dimana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu-lintas didalamnya, pada simpang yang penulis teliti lalu lintas tertinggi adalah pada jalan Lintas Sumatera pada hari Jum'at 3 Desember 2021 pada jam 17.00 – 18.00 sebesar 1392, Waktu Siklus yang penulis dapat adalah 233 detik yang mana waktu siklus pada simpang empat bersinyal manhattan sudah dikatakan tidak memenuhi syarat kelayakan waktu siklus simpang empat bersinyal, yang menurut PKJI 2014 waktu siklus optimum untuk simpang empat bersinyal adalah 80 -130 detik. Derajat kejenuhan simpang empat bersinyal manhattan dari masing masing lengan yang terkecil adalah 0.93 yang mana nilai tersebut lebih besar dari nilai batas derajat kejenuhan menurut PKJI 2014 yaitu 0.85. Nilai tundaan rata – rata seluruh simpang adalah 102.06 detik/skr yang mana *level of service* (LOS) dari simpang empat bersinyal yang penulis teliti adalah Tingkatan LOS F atau Rata - Rata Kontrol *Delay* (detik/Kendaraan) > 80, dengan keterangan Arus dipaksakan

Kata kunci: Waktu Siklus, Simpang Apill, PKJI 2014.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE DETERMINATION OF OPTIMUM PHASES AND CYCLE TIMES AT THE GATOT SUBROTO SIGNING junction – JALAN RING ROAD – JALAN ASRAMA KOTA MEDAN (Case study)

Sufriandi
1607210146
Zulkifli Siregar, ST, MT

Transportation has an important role in the life of modern society where technology is developing more rapidly, as well as the rate of population growth is getting higher, resulting in an increase in people's need for transportation. Transportation disturbances can be in the form of congestion on roads, including at crossroads, especially during peak hours/busy hours. A road intersection is a general area where two or more roads join or intersect, including roads and roadside facilities for traffic movement therein, at the intersection that the writer examines the highest traffic is on the Sumatra Cross road on Friday 3 December 2021 at 17.00 – 18.00 of 1392, the Cycle Time that the author got is 233 seconds, where the cycle time at the Manhattan signalized intersection has been said to not meet the eligibility requirements for the signalized intersection, which according to PKJI 2014 the optimum cycle time for the signalized intersection is 80 -130 seconds . The degree of saturation of the Manhattan signaled intersection of each arm is 0.93, which is greater than the limit value of the degree of saturation according to the 2014 PKJI, which is 0.85. The average delay value for all intersections is 102. 06 seconds/current, where the level of service (LOS) of the signalized intersections that the authors examine is the LOS F Level or Average Delay Control (seconds/vehicle) > 80, with a description of forced current

Keywords: Cycle Time, Apill Intersection, PKJI 2014.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Evaluasi Penentuan Fase Dan Waktu Siklus Optimum Pada Persimpangan Bersinyal Jalan Gatot Subroto Jalan Ring-Road Jalan Asrama” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

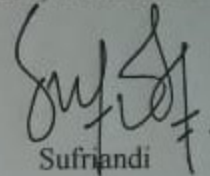
Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Zulkifli Siregar, ST ,MT selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Hj. Irma Dewi, ST, MSi selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Assoc Prof Dr Fahrizal Zulkarnain selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipil kepada penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Orang tua penulis: Ayahanda Rasyidin Porang dan Ibunda penulis Nurmasidah, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis dan memotivasi penulis untuk terus maju kearah yang lebih baik.

8. Teman-teman Teknik Sipil A2 siang 2016 yang telah banyak berbagi waktu serta informasi dan saran-saran terbaiknya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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

Medan, 08 Maret 2022



Sufriandi

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
DAFTAR PERSAMAAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Persimpangan	5
2.2 Sifat-Sifat Umum Persimpangan	6
2.2.1 Volume dan Kecepatan Rencana	6
2.2.2 Pengendalian Persimpangan	8
2.2.2.1 Rambu Berhenti	8
2.2.2.2 Rambu Pengendalian Kecepatan	9
2.2.2.3 Kanalisasi Dipersimpangan (<i>Channelization</i>)	9
2.2.2.4 Bundaran (<i>Rotary</i>) dan Perputaran (<i>Roundabout</i>)	10
2.2.2.5 Persimpangan Tanpa Rambu	10
2.2.2.6 Pengaturan Dengan Lampu Lalu-Lintas	10
2.2.3 Konflik Lalu-Lintas	12

2.3	Lebar dan Jumlah Lajur Pada Kaki Persimpangan	13
2.4	Tipe Persimpangan	14
2.4.1	Persimpangan Sebidang (<i>At Grade Intersection</i>)	14
2.4.2	Persimpangan Tak Sebidang	19
2.5	Persimpangan Dengan Lampu Lalu-Lintas	25
2.5.1	Dasar Operasional Sinyal Lampu Lalu-Lintas	25
2.6	Menetapkan Pengaturan Sinyal APILL	31
2.7	Penetapan Waktu Isyarat	33
2.8	Tipe Pendekatan	33
2.9	Menentukan Lebar Pendekatan Efektif (L_E)	34
2.10	Penetapan Waktu Siklus	35
2.11	Menghitung Waktu Hijau	36
2.12	Menghitung Derajat Kejenuhan	36
2.13	Menghitung Arus Jenuh Dasar (S_0)	37
2.14	Kapasitas Persimpangan Jalan	37
2.14.1	Defenisi Kapasitas	38
2.14.2	Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kapasitas	38
2.14.3	Kapasitas Dari Persimpangan Bersinyal	39
2.15	Perilaku Lalu-lintas	41
2.15.1	Panjang Antrian	41
2.15.2	Angka Henti	41
2.15.3	Tundaan (<i>Delay</i>)	42
2.15.4	Faktor Jam Puncak	44
2.16	Perangkat Lunak Vissim	44

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1	Alur Penelitian	46
3.2	Lokasi Penelitian	47
3.3	Maksud dan Tujuan Studi	47
3.4	Pengumpulan Data	48
3.4.1	Data Primer	48
3.4.2	Data Sekunder	49

3.4.2.1	Pengumpulan Data Volume Lalu-Lintas	49
3.4.2.2	Pengumpulan Data Geometrik Persimpangan	50
3.4.3	Pengumpulan Data Sinyal	50
3.4.4	Pengumpulan Data Kondisi Lingkungan	50
3.5	Analisa Data	51
BAB 4 ANALISA DATA		
4.1	Deskripsi data	52
4.2	Data Geometrik Jalan	52
4.3	Data Volume Lalulintas	53
4.4	Data Jumlah Penduduk	55
4.5	Analisa Data	56
4.6	Simulasi Vissim	64
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	68
5.2	Saran	68
DAFTAR PUSTAKA		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Lebar Lajur Perkerasan	14
Tabel 2.2	Waktu Antar Hijau Indonesia.	30
Tabel 2.3	Waktu Siklus Layak	36
Tabel 2.4	Tingkat Pelayanan	43
Tabel 4.1	Data Geometrik Jalan Pada Simpang Empat Manhattan	53
Tabel 4.2	Data Volume Lalulintas Simpang Empat Manhattan	54
Tabel 4.3	Data Jumlah Penduduk Kota Medan	55
Tabel 4.4	Lebar Efektif	56
Tabel 4.5	Nilai S untuk masing masing lengan simpang	58
Tabel 4.6	Nilai Waktu Siklus	58
Tabel 4.7	Nilai Waktu Hijau	59
Tabel 4.8	Nilai Kapasitas	60
Tabel 4.9	Nilai Derajat Kejenuhan	61
Tabel 4.10	Nilai Kendaraan Tertinggal total	62
Tabel 4.11	Nilai Panjang Antrian	63
Tabel 4.12	Nilai Tundaan Total	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Rambu pengendali persimpangan.	12
Gambar 2.2	Konflik yang terjadi pada persimpangan.	13
Gambar 2.3a	Persimpangan tipe “T” tanpa kanal dan tanpa lebar tambahan (<i>Flare</i>).	15
Gambar 2.3b	Persimpangan tipe “T” tanpa kanal dan dengan lebar tambahan (<i>Flare</i>).	15
Gambar 2.3c	Persimpangan tipe “T” dengan kanal dan tanpa lebar tambahan (<i>Flare</i>).	16
Gambar 2.3d	Persimpangan tipe “T” dengan kanal dan tanpa lebar tambahan (<i>Flare</i>).	16
Gambar 2.3e	Persimpangan tipe “Y” tanpa kanal dan tanpa lebar tambahan (<i>Flare</i>).	17
Gambar 2.3f	Persimpangan tipe “Y” dengan kanal dan tanpa lebar tambahan (<i>Flare</i>).	17
Gambar 2.3g	Persimpangan tipe “Y” dengan kanal dan tanpa lebar tambahan (<i>Flare</i>).	18
Gambar 2.4a	Persimpangan tidak sebidang.	20
Gambar 2.4b	Persimpangan tidak sebidang tipe semanggi persial.	20
Gambar 2.4c	Persimpangan tidak sebidang tipe semanggi.	21
Gambar 2.4d	Persimpangan tidak sebidang tipe directional.	21
Gambar 2.4e	Persimpangan tidak sebidang tipe “Y”.	22
Gambar 2.4f	Persimpangan tidak sebidang tipe “T” atau terompet.	22
Gambar 2.4g	Persimpangan tidak sebidang tipe bundaran.	23
Gambar 2.5	Model dasar digram sinyal lalu lintas.	28
Gambar 2.6	Titik konflik kritis dan jarak	32
Gambar 2.7	Penentuan Tipe Pendekat	34
Gambar 2.8	Lebar Pendekat Dengan Pulau dan Tanpa Pulau Lalu Lintas	34
Gambar 3.1	Alur penelitian.	46

Gambar 3.2	Denah Lokasi Penelitian	47
Gambar 4.1	Ukuran Jalur pada simpang empat Manhattan Sumber: Aplikasi <i>Maps Ruler</i>	53
Gambar 4.2	Nilai NQ Maximum	62
Gambar 4.3	Denah <i>Network Model</i>	64
Gambar 4.4	Contoh gambar 3D dari model kendaraan	65
Gambar 4.5	Input data Volume kendaraan	65
Gambar 4.6	Pembatas Kecepatan pada model kendaraan	66
Gambar 4.7	Pemodelan APILL dan waktu siklus	66

DAFTAR NOTASI

APILL	= Alat Pemberi isyarat lalu lintas
C	= Kapasitas untuk lengan atau kelompok lajur i
c	= Waktu siklus
CBD	= Central Business Destrict
Cm	= Waktu siklus minimum
C _{opt}	= Waktu siklus optimum
DGj	= Tundaan geometric rata-rata
Dj	= Tundaan rata-rata
Dj	= Derajat kejenuhan
DTj	= Tundaan lalu-lintas rata-rata
Hh	= Waktu hijau
g	= Rasio waktu hijau atau kelompok lajur
GR	= Rasio hijau
HV	= Kendaraan berat
i	= Wakyu hilang (detik)
IFR	= Jumlah FR maksimum tiap fase
k	= Waktu kuning (detik)
LTI	= Waktu hilang total pada satu fase
LV	= Kendaraan ringan
m	= Waktu merah semua (detik)
MC	= Sepeda motor
NQ ₁	= Jumlah smp yang tertinggal
NQ ₂	= Jumlah smp yang datang
PHF	= Faktor jam puncak
Psv	= Rasio kendaraan terhenti
Pt	= Rasio kendaraan membelok
Q	= Arus lalu-lintas
S	= Arus Jenuh
So	= Arus lalu-lintas jenuh (smp/jam)
UM	= Kendaraan tak bermotor

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1	Waktu hilang (H_H)	29
Persamaan 2.2	Hilang total	29
Persamaan 2.3	Waktu hijau efektif	31
Persamaan 2.4	q_{dj}	31
Persamaan 2.5	M_{Semua}	32
Persamaan 2.6	Faktor jam puncak	44
Persamaan 2.7	Lebar efektif	35
Persamaan 2.8	Waktu Siklus	35
Persamaan 2.9	Waktu Hijau	36
Persamaan 2.10	Derajat Kejenuhan	36
Persamaan 2.11	Arus Jenuh	37
Persamaan 2.12	Arus Jenuh Dasar	37
Persamaan 2.13	Kapasitas	39
Persamaan 2.14	Derajat kejenuhan (<i>degree of saturation</i>)	40
Persamaan 2.15	Waktu siklus minimum	40
Persamaan 2.16	NQ	41
Persamaan 2.17	NQ1	41
Persamaan 2.18	NQ2	41
Persamaan 2.19	NS	42
Persamaan 2.20	T_i	42
Persamaan 2.21	T_L	42
Persamaan 2.22	T_G	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.

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

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

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

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Apakah waktu siklus pada persimpangan Jalan Gatot Subroto – Jalan Ring Road dan Jalan Asrama sudah optimum?
2. Bagaimana tingkat pelayanan pada persimpangan bersinyal Jalan Gatot Subroto – Jalan Ring Road dan Jalan Asrama?
3. Bagaimana Tingkat Kejenuhan pada simpang empat bersinyal Jl. Gatot Subroto – Jl. Ring Road Dan Jl. Asrama?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

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

1. Penelitian dilakukan pada persimpangan Jalan Gatot Subroto – Jalan Ring Road dan Jalan Asrama.
2. Waktu penelitian diambil selama tujuh hari mulai tanggal Minggu 28 November 2021 – Sabtu 4 Desember 2020.
3. Volume lalu lintas diambil pada jam-jam sibuk masing-masing lengan percabangan yaitu:
 - a. Pagi hari pukul 07.00 WIB – 09.00 WIB
 - b. Siang hari pukul 12.00 WIB – 14.00 WIB
 - c. Sore hari pukul 16.00 WIB – 18.00 WIB
4. Metode analisis menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2014).
5. Klasifikasi arus lalu-lintas yang ditinjau meliputi kendaraan ringan (LV) seperti mobil penumpang, pick up dan truk ringan; kendaraan berat (HV) seperti bus sedang/besar, dan truk besar; sepeda motor (MC); dan kendaraan tidak bermotor (UM) seperti becak dan sepeda.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini dapat memberikan pemahaman sebagai berikut:

1. Mengetahui waktu siklus optimum pada persimpangan Jalan Gatot Subroto – Jalan Ring Road dan Jalan Asrama.
2. Mengetahui tingkat pelayanan pada persimpangan bersinyal Jalan Gatot Subroto – Jalan Ring Road dan Jalan Asrama.
3. Mengetahui Tingkat Kejenuhan pada simpang empat bersinyal Jl. Gatot Subroto – Jl. Ring Road Dan Jl. Asrama.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Dapat dijadikan sebagai bahan referensi dalam proyek – proyek yang berkenaan dengan pelayanan persimpangan bersinyal.
2. Bagi peneliti bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan sebagai pedoman dalam menganalisa kinerja persimpangan bersinyal.
3. Bagi rekan rekan mahasiswa dapat menjadi referensi tambahan dalam menyusun tugas akhir yang berkenaan dengan topik sejenis.

1.6 Sistematika penulisan

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

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB 3 METODE PENELITIAN

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

BAB 4 ANALISA DATA

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

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Persimpangan

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

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

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

Secara umum terdapat tiga jenis persimpangan, yaitu: (1) persimpangan sebidang, (2) pembagian jalur jalan tanpa ramp, dan (3) interchange(simpang susun). Persimpangan sebidang (*intersection at grade*) adalah persimpangan di

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

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

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

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

2.2 Sifat-sifat Umum Persimpangan

2.2.1 Volume dan Kecepatan Rencana

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

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

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

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

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

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

Terdapat dua kecepatan rencana yaitu:

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

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

2.2.2 Pengendalian Persimpangan

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

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

2.2.2.1 Rambu berhenti

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

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

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

2.2.2.2 Rambu pengendalian kecepatan

Rambu ini umumnya ditempatkan:

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

2.2.2.3 Kanalisasi dipersimpangan (Channelization)

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

2.2.2.4 Bundaran (Rotary) dan Perputaran (Roundabout)

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

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

2.2.2.5 Persimpangan tanpa rambu

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

2.2.2.6 Pengaturan dengan lampu lalu lintas

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

persimpangan dengan aman dan efisien. Lampu lalu lintas sesuai untuk:

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

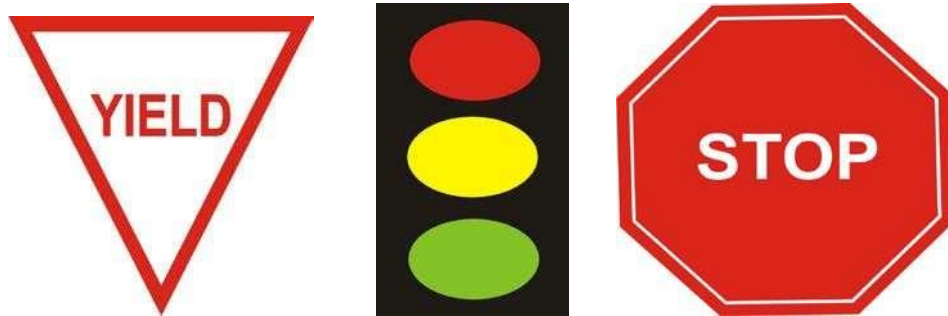
Instansi lampu lalu lintas terdiri dari tampilan – tampilan warna lampu. Instalasi ini juga dapat meliputi berbagai peralatan pendeteksi kendaraan atau beberapa bentuk peralatan lainnya yang dapat diaktifkan sesuai dengan kebutuhan (seperti tombol untuk pejalan kaki yang hendak menyeberangi jalan).

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

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

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

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



Gambar 2.1: Rambu pengendali persimpangan.

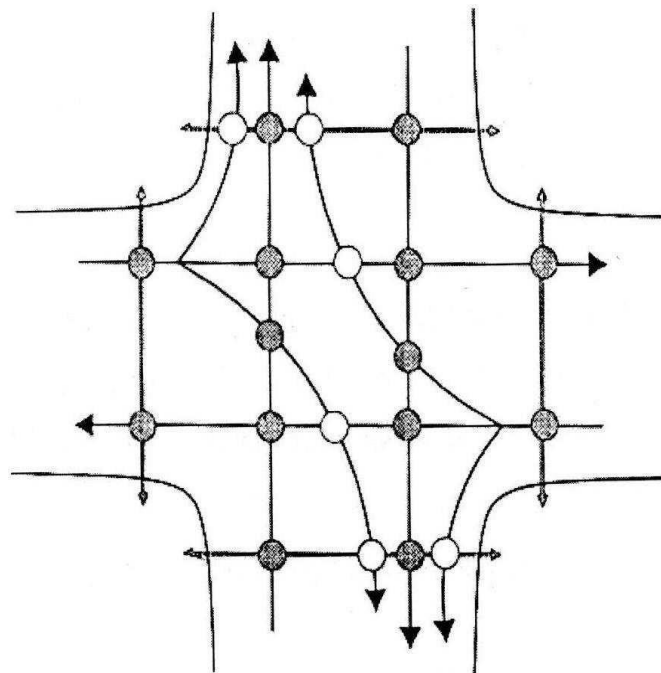
Pada kondisi dimana kecepatan rencana ditetapkan 60 km/jam maka *type stop control* tidak dapat digunakan. Di dalam menetapkan pemilihan macam teknik pengendalian yang digunakan pada persimpangan ditentukan oleh faktor-faktor: keamanan, waktu menunggu dan pengurangan kapasitas.

2.2.3 Konflik Lalu Lintas

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

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

1. Konflik Primer (*Divergen conflic*)
Yaitu titik pada lintasan dimana mulai memisahkan menjadi dua lintasan.
2. Konflik Sekunder (*Mergin Conflic*)
Yaitu titik pertemuan dua lintasan dari dua arah yang berlainan menjadi satu lintasan yang sama.
3. Arus kendaraan (*Though Flow Conflic*)
Yaitu perpotongan dua lintasan lurus yang saling tegak lurus.
4. Arus pejalan kaki (*Turning Flow Conflic*)
Yaitu titik perpotongan antara lintasan lurus dengan lintasan membelok dan yang saling membelok.



Gambar 2.2: Konflik yang terjadi pada persimpangan.

2.3 Lebar dan jumlah lajur pada kaki persimpangan

Lebar lajur pada lalu-lintas menerus dapat dikurangi dalam kondisi dimana terdapat lajur tambahan pada persimpangan. Lebar minimum lajur tambahan adalah 3.0 m, untuk kondisi dimana kemungkinan ruang dan karakteristik lalu

lintasnya, maka lebar tersebut dapat dirubah seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Lebar Lajur Perkerasan

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

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

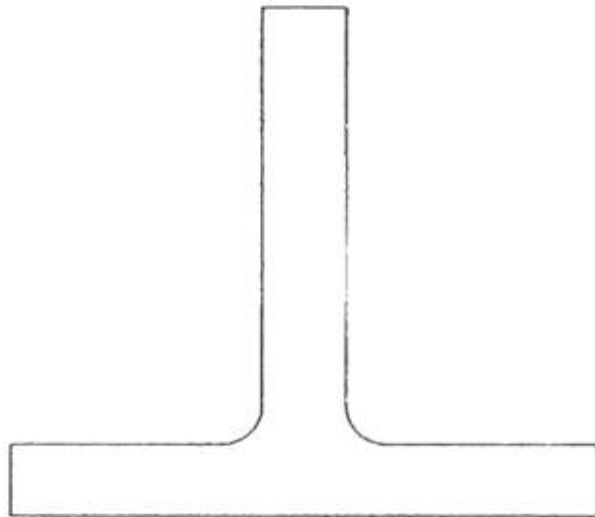
Penambahan jumlah lajur harus memperhatikan bahwa jumlah lajur menerus harus sama antara jumlah lajur keluar dan lajur masuk serta berada pada sumbu jalan yang menerus. Hal ini dimaksudkan untuk tidak menimbulkan adanya penyempitan yang dapat mengurangi kapasitas persimpangan.

2.4 Tipe persimpangan

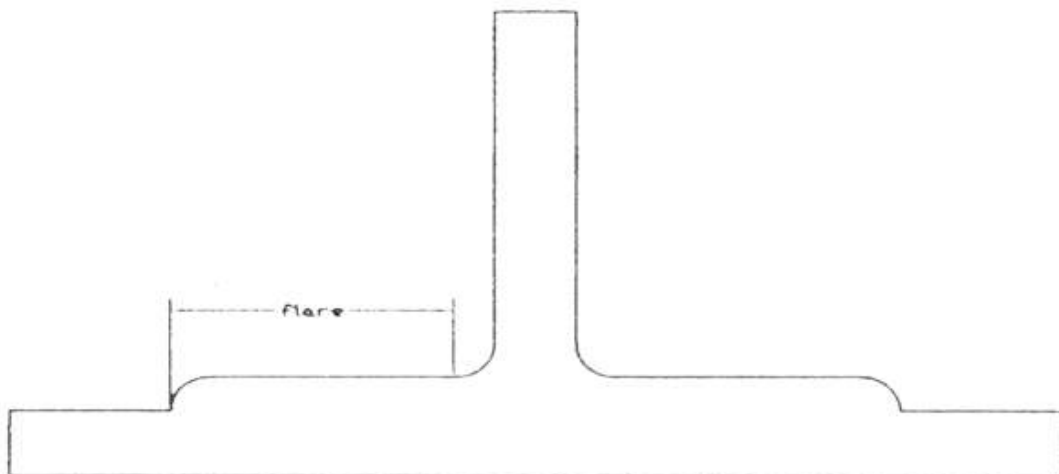
2.4.1 Persimpangan sebidang (*at Grade Intersection*)

Persimpangan sebidang memiliki kaki simpang berada pada satu bidang sama. Keadaan ini akan menimbulkan berbagai masalah bila terjadi arus kendaraan yang melebihi kapasitasnya.

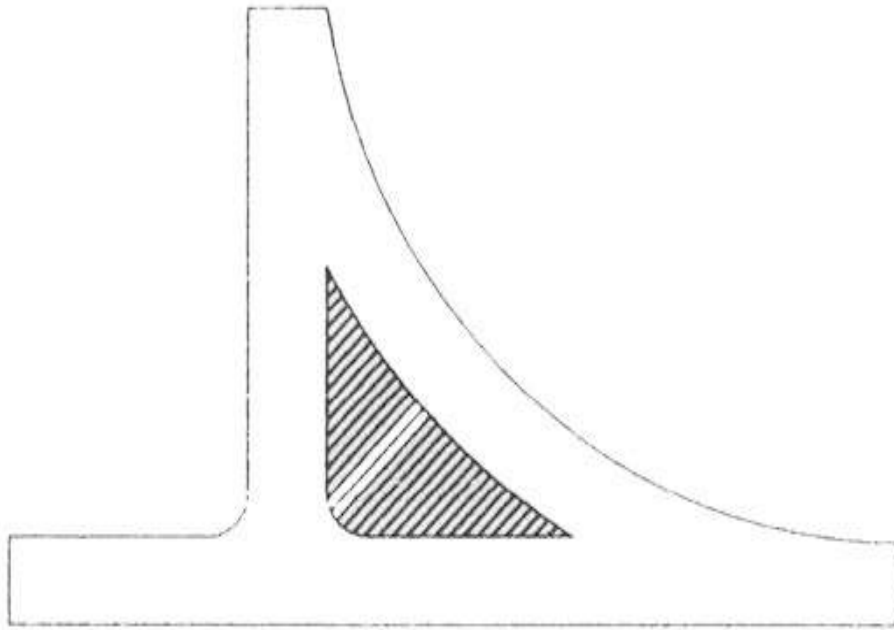
Di daerah persimpangan terjadi gerakan membelok atau memotong arus lalu-lintas. Beberapa jenis pertemuan sebidang dapat dilihat pada gambar 2.3a s/d 2.3g (terlampir).



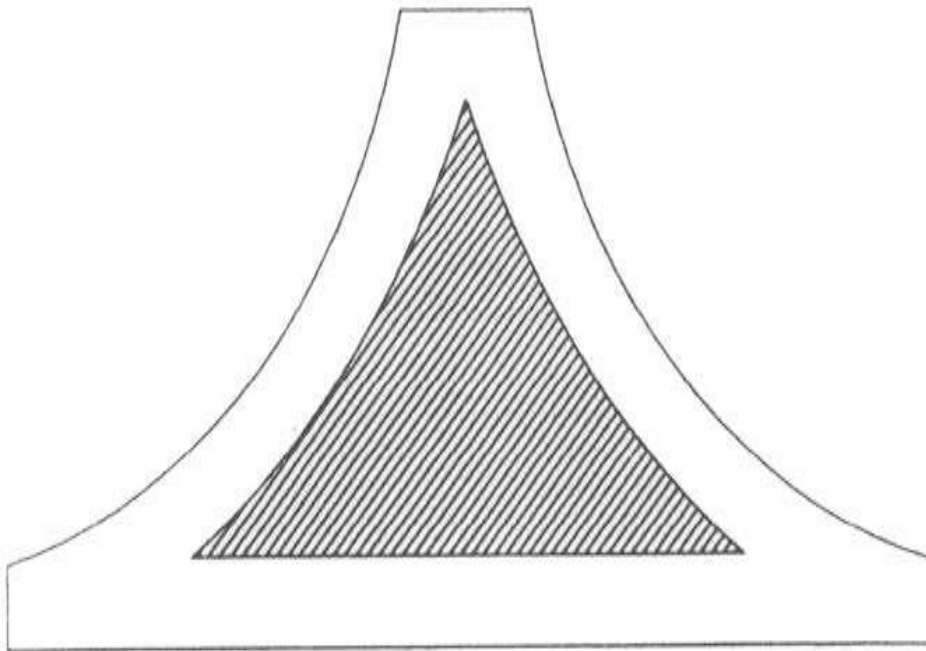
Gambar 2.3a: Persimpangan tipe “T” tanpa kanal dan tanpa lebar tambahan (*Flare*).



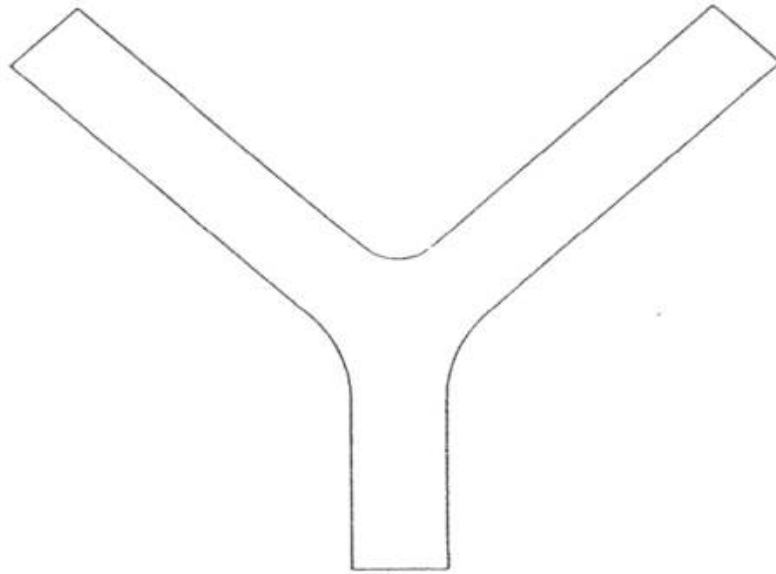
Gambar 2.3b: Persimpangan tipe “T” tanpa kanal dan dengan lebar tambahan (*Flare*).



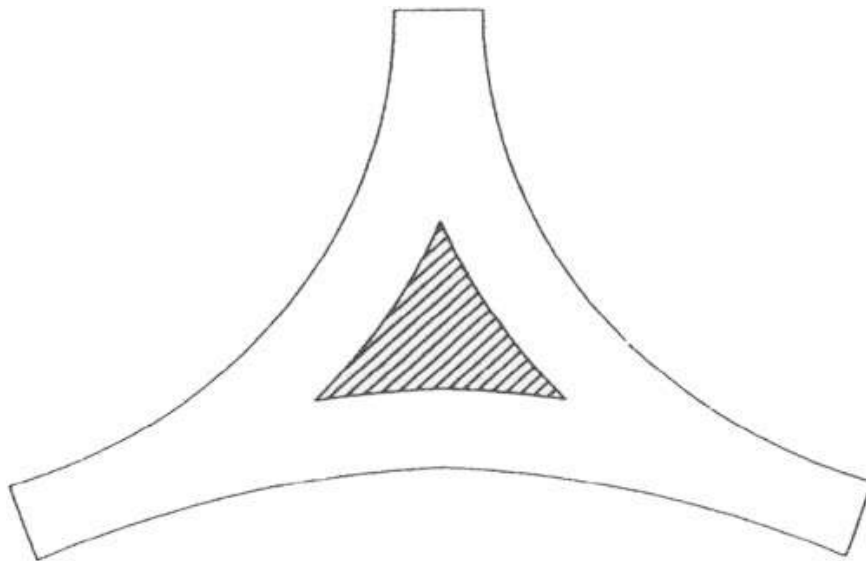
Gambar 2.3c: Persimpangan tipe “T” dengan kanal dan tanpa lebar tambahan (*Flare*).



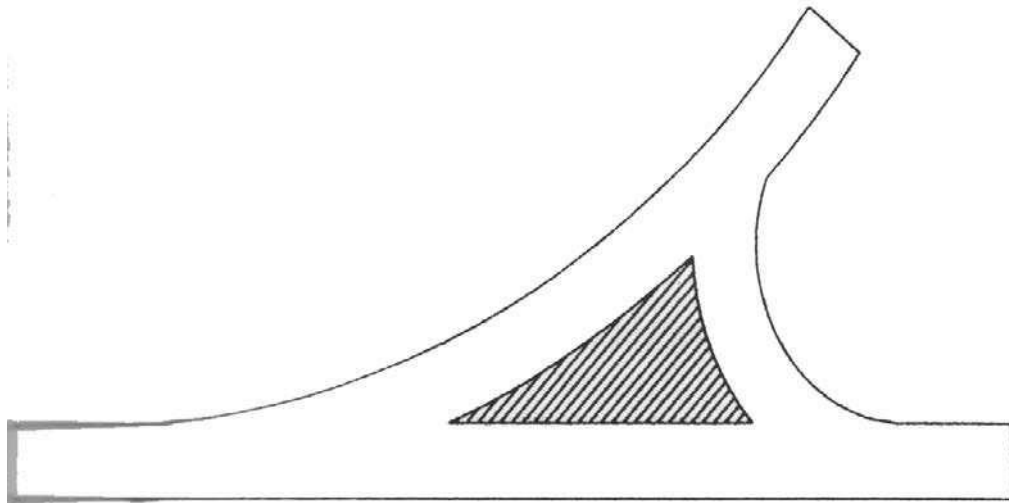
Gambar 2.3d: Persimpangan tipe “T” dengan kanal dan tanpa lebar tambahan (*Flare*).



Gambar 2.3e: Persimpangan tipe “Y” tanpa kanal dan tanpa lebar tambahan (*Flare*).



Gambar 2.3f: Persimpangan tipe “Y” dengan kanal dan tanpa lebar tambahan (*Flare*).



Gambar 2.3g: Persimpangan tipe “Y” dengan kanal dan tanpa lebar tambahan (*Flare*).

Gambar 2.3a s/d 2.3g, diatas menggambarkan tipe persimpangan sebidang secara skematik mulai dari bentuk yang sederhana sampai yang kompleks. Persimpangan jalan tanpa kanalisasi adalah yang termurah dan paling sederhana. Pada jenis ini, titik pertemuan jalan dibuat melengkung untuk memudahkan kendaraan yang akan membelok kiri. Pada jalan dengan volume lalu lintas atau kemungkinan pemasangan kerb agar kendaraan tidak keluar dari lapis kendaraan.

Pada persimpangan jalan berbentuk Y atau yang serupa, sebaiknya disediakan kanalisasi mengingat kendaraan bertemu pada sudut yang kurang menguntungkan. Pada bentuk melebar diperlukan:

1. Jalan masuk untuk memungkinkan perlambatan kendaraan menjelang aliran lalu lintas lurus
2. Pelebaran jalur untuk penggabungan ke dalam aliran lalu lintas.

Permasalahan yang sering terjadi pada arus pertemuan sebidang adalah timbulnya titik konflik dalam pergerakan kendaraan.

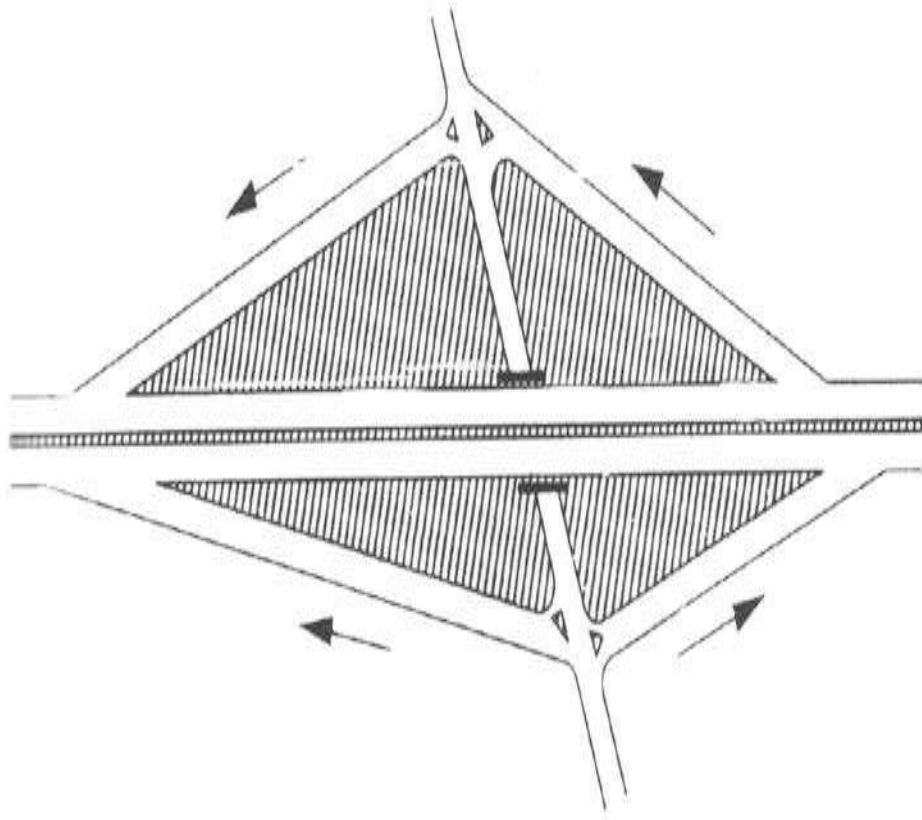
2.4.2 Persimpangan tak sebidang

Persimpangan tak sebidang disebut juga dengan jalan bebas hambatan dimana tidak terdapat jalur gerak kendaraan yang berpapasan dengan jalur gerak lainnya pada persimpangan tak sebidang.

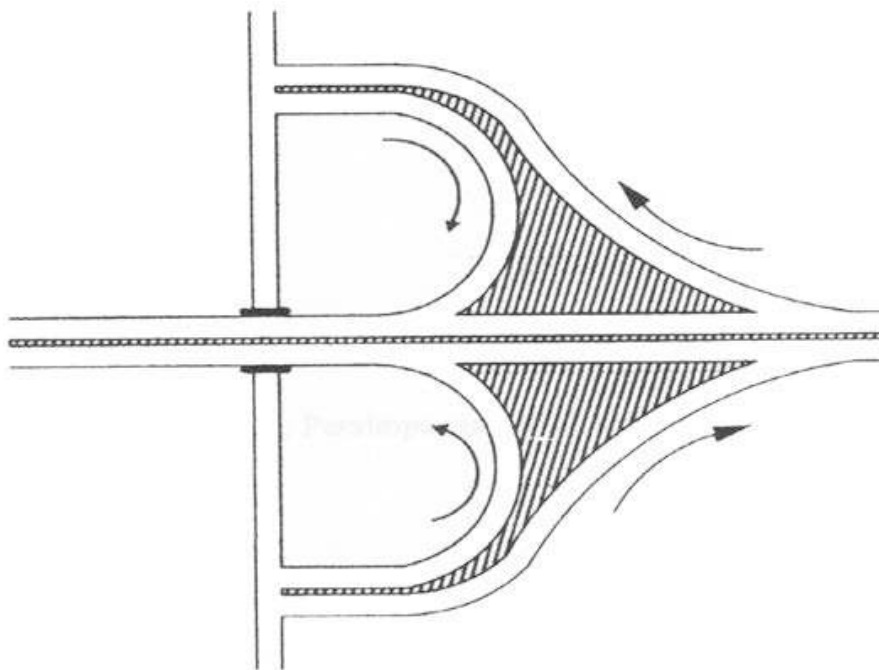
Keuntungan dari persimpangan tak sebidang adalah :

1. Dengan adanya jalur gerak yang saling memotong pada persimpangan tak sebidang, maka tingkat kecelakaan akan dapat dikurangi.
2. Kecepatan kendaraan akan dapat bertambah besar dikarenakan arus lalu lintas terganggu.
3. Kapasitas akan meningkat oleh karena tiadanya gangguan dalam setiap jalur lalu lintas.

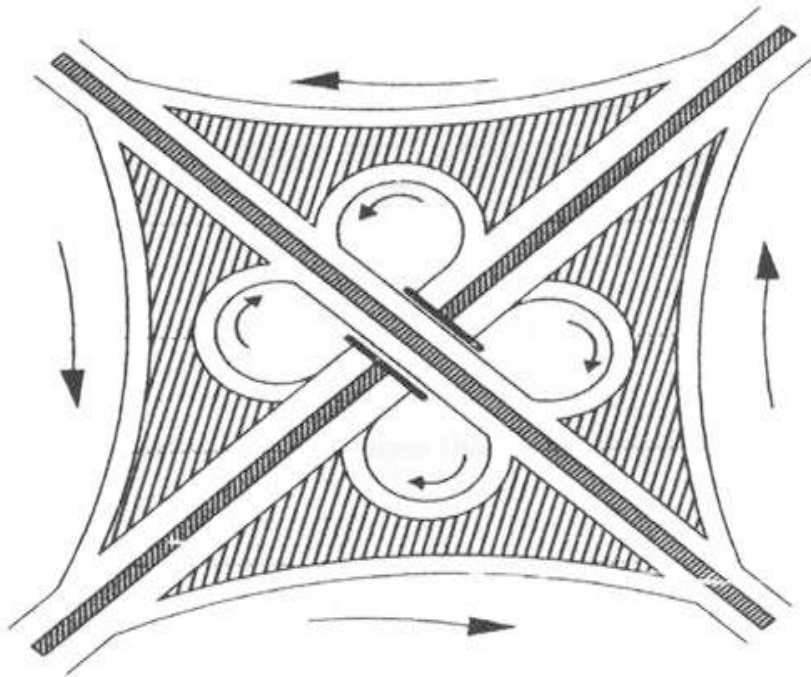
Persimpangan ini bertujuan untuk mengurangi titik konflik atau bahaya belok kanan yang selalu menghambat lalu lintas jalan tersebut, mengurangi kemacetan lalu lintas dan lain-lain. Perencanaan persimpangan ini memerlukan lahan yang cukup luas serta biaya yang cukup besar. Perencanaan ini harus dilakukan dengan teliti untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Berikut akan diperlihatkan jenis-jenis persimpangan tak sebidang mulai dari gambar 2.4a s/d 2.4g.



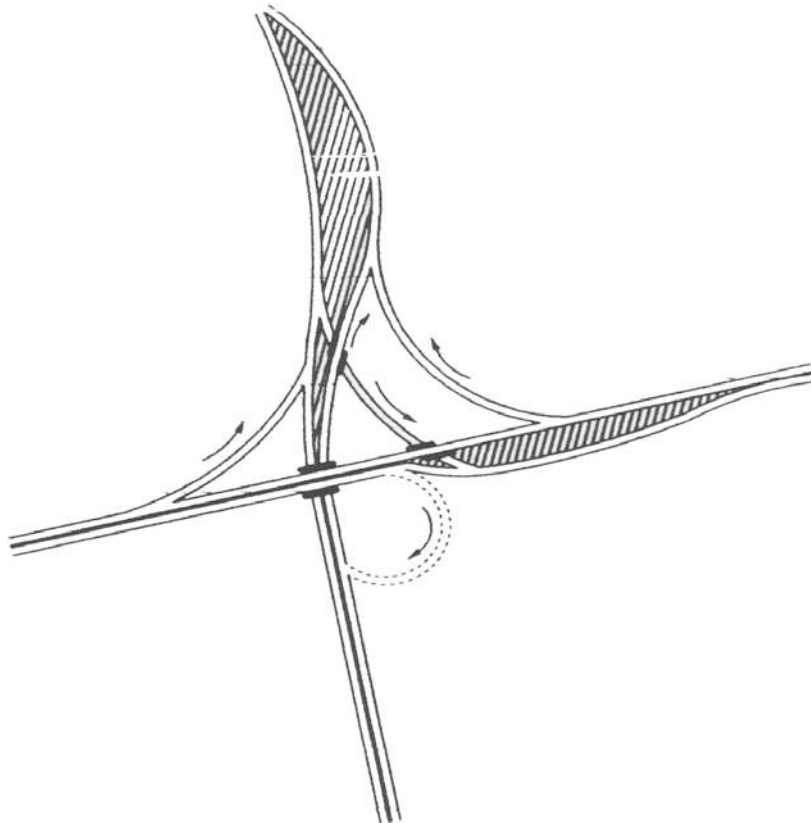
Gambar 2.4a: Persimpangan tidak sebidang.



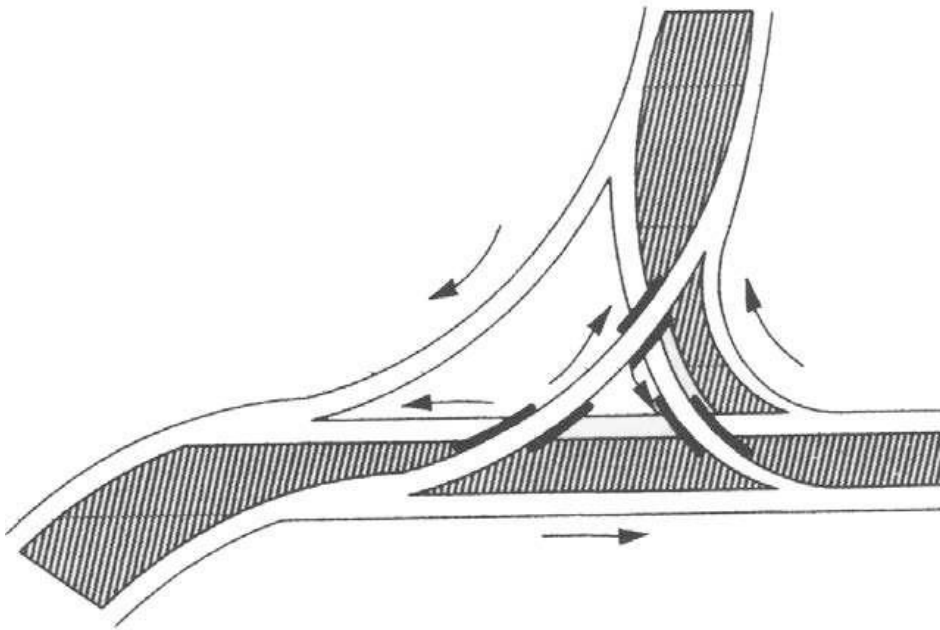
Gambar 2.4b: Persimpangan tidak sebidang tipe semanggi persial.



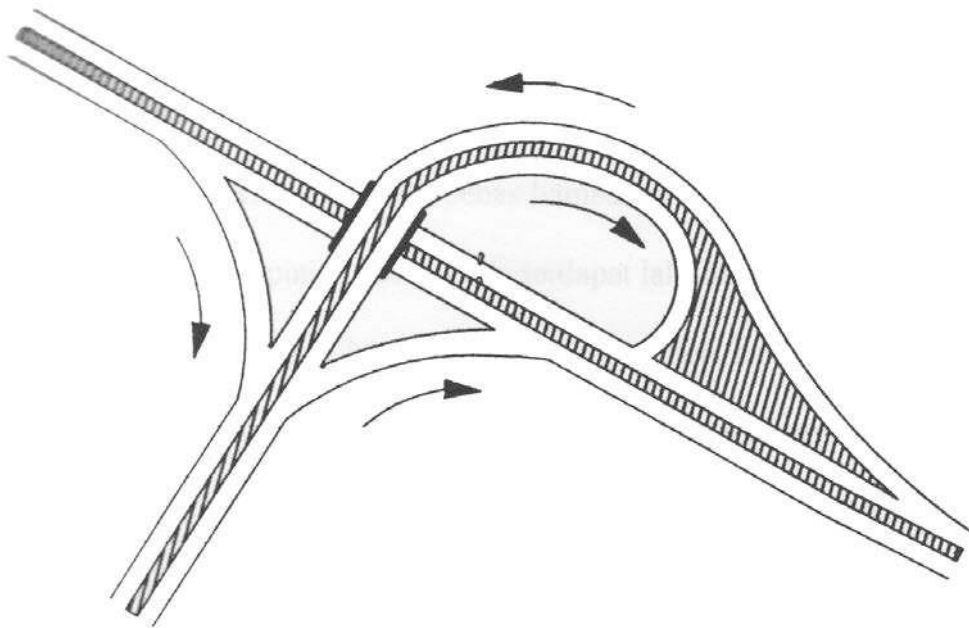
Gambar 2.4c: Persimpangan tidak sebidang tipe semanggi.



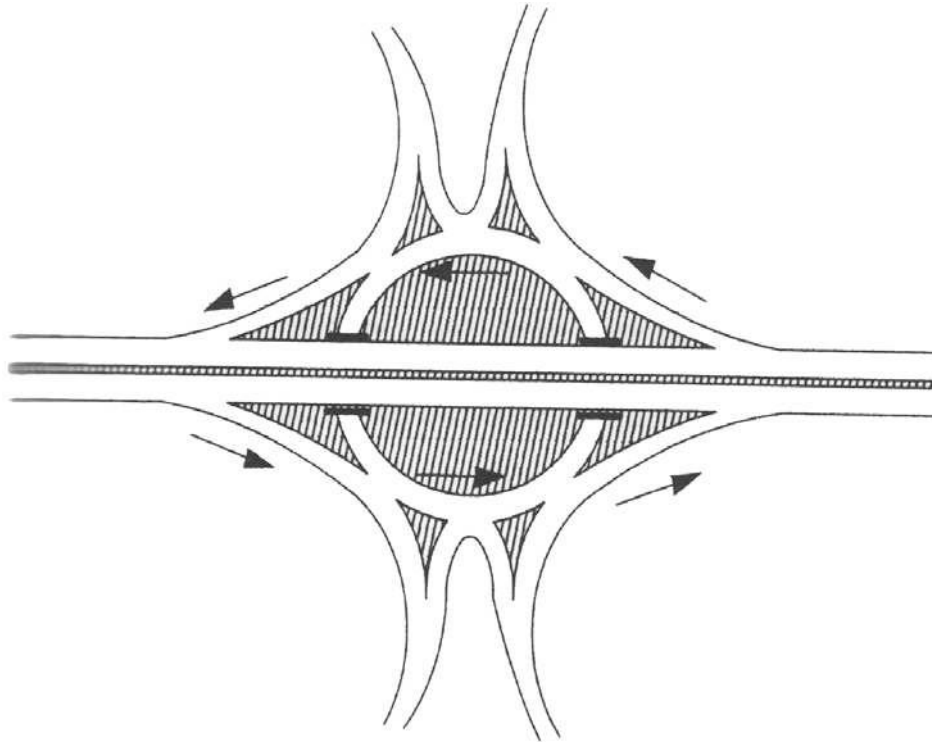
Gambar 2.4d: Persimpangan tidak sebidang tipe directional.



Gambar 2.4e: Persimpangan tidak sebidang tipe “Y”.



Gambar 2.4f: Persimpangan tidak sebidang tipe “T” atau terompet.



Gambar 2.4g: Persimpangan tidak sebidang tipe bundaran.

Bentuk pertemuan tak sebidang yang paling sederhana dan umumnya paling murah adalah belah ketupat (*diamond*) yang dapat dilihat pada gambar 2.4a. Bentuk ini terutama digunakan pada situasi dimana jalan bebas hambatan tak terputus, kecuali apabila terdapat lalu-lintas lain yang keluar atau masuk melalui ramp, tetapi lalu-lintas pada jalan arteri cukup kompleks, karena jalan harus melayani 2 buah gerakan terus dan 4 gerakan belok kanan. 2 diantara gerakan membelok kiri harus menggunakan lajur dalam atau lajur membelok terpisah. Bila volume lalu-lintas cukup besar, umumnya diperlukan lampu lalu-lintas.

Bentuk setengah semanggi (gambar 2.4b) memungkinkan kendaraan bergabung ke dalam jalan bebas hambatan utama, tetapi kendaraan yang berbelok kekanan harus menantang arus lalu-lintas yang berlawanan pada arteri kecil. Simbang susun jenis ini dapat dibangun dalam berbagai bentuk dengan menetapkan loop dikuadran yang berlainan di sesuaikan dengan kondisi topografi dan pola lalu-lintas.

Mungkin bentuk yang paling umum untuk perpotongan antara jalan bebas hambatan dan jalan arteri adalah bentuk semanggi (gambar 2.4c). Pada

persimpangan susun ini, jalan arteri memotong letaknya terpisah dan selain itu kedelapan gerakan membelok dapat dilakukan bebas dai perpotongan dimana lintasan kendaraan harus memotong. Kendaraan yang membelok keluar dari bagian kiri jalan, kemudian memasuki simpang susun dan selanjutnya bergabung lalu-lintas pada jalan yang dimasuki.

Gambar 2.4.d adalah bentuk diagram simpang susun *directional* yang sesuai untuk simpang susun antara jalan hambatan dengan jalan bebas hambatan lain. Gambar tersebut dengan jelas menunjukkan konsep dasar bahwa gerakan belok kanan yang padat dapat diatasi dengan menyediakan belokan 90° kearah kanan. Ini diperlihatkan dengan adanya hubungan antara bagian kanan atas dengan kiri atas.

Gambar 2.4e menggambarkan susunan simpang susun bentuk Y. Disini hanya 1 pemisahan tak sebidang yang dibutuhkan untuk menghindari perpotongan-perpotongan arus lalu-lintas sebidang. Tetapi perlu dicatat bahwa kendaraan yang berjalan dari atas kekanan bahwa adalah harus memutar. Juga dibutuhkan 2 buah gerakan menyelip dan keluar dari 1 jalan dan memasuki yang lainnya pada bagian kanan. Cara demikian sebenarnya kurang baik sehingga gerakan ini sepenuhnya harus dilarang.

Gambar 2.4f memperlihatkan pola simpang bentuk T atau terompet yang cocok untuk pertigaan. Perhatikan bahwa lalu-lintas yang berasal dari kiri atas ke kiri bahwa harus melalui belokan sebesar 270°, tetapi gerakan membelok lainnya memiliki sudut kelengkungan yang lebih kecil dari 90°. Suatu variasi bentuk terompet menggantikan loop sebesar 270 dengan sebuah jalan langsung (*directional road way*).

Gambar 2.4.g adalah diagram sebuah bundaran (*rotary intercection*) yang digabungkan dengan sebuah “lalu-lintas” (*over crossing*) atau “ lintas bawah” “(*under crossing*) untuk jalan bebas hambatan. Bentuk ini efektif hanya bila digunakan untuk menarik volume lalu-lintas yang relatif rendah dari beberapa jalan lokal.

2.5 Persimpangan dengan lampu lalu lintas

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

Dalam konsep kapasitas, suatu elemen yang penting dipertimbangkan adalah alokasi waktu dimana kendaraan yang akan bergerak akan melewati suatu persimpangan bersinyal memberikan rasa aman bagi si pengemudi. Pada dasarnya sinyal lampu lalu lintas mengalokasikan waktu pada setiap pergerakan kendaraan yang mengalami konflik, untuk memberikan ruang yang sama bagi setiap pergerakan kendaraan yang mengalami konflik untuk memberikan ruang yang sama bagi setiap pergerakan. Kapasitas persimpangan yang diatur sinyal lalu lintas, selain hal tersebut diatas juga dipengaruhi bagaimana cara pergerakan yang direncanakan didalam urutan fase. Dalam penyusunan fase gerakan membelok dapat dibuat untuk gerakan membelok terlindungi dan gerakan membelok terlawan.

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

2.5.1 Dasar Operasional Sinyal Lampu Lalu lintas

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

1. Waktu putar (*Cycle time*)
Jumlah waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan satu putaran (dalam detik) , mulai lampu hijau kembali ke hijau lagi.
2. Fase (*Phase*)
Suatu bagian dari suatu putaran yang diberikan pada suatu kombinasi pergerakan lalu lintas yang memberikan hak untuk bergerak (*right of way*) selama satu interval atau lebih
3. Waktu semua merah (*All Red*)
Suatu waktu (dalam detik) yang pada saat itu lampu-lampu lalu lintas pada kaki persimpangan yang bersangkutan menunjukkan nyala lampu merah. Pada umumnya lampu semua merah hanya diberikan pada akhir satu putaran (sebelum Bergeraknya kendaraan pada fase dengan volume tinggi). Jika terdapat lebih dari satu fase yang memiliki volume yang tinggi maka waktu semua merah dapat diberikan sebelum fase yang bersangkutan.
4. Peralihan (*Change Periode*)
Waktu kuning ditambah waktu semua merah, waktu peralihan terjadi diantara dua fase yang berurutan dan berfungsi untuk menyediakan *clearance* sebelum gerakan dari fase berikutnya diloloskan.
5. Waktu hilang (*Change Periode*)
Waktu selama persimpangan tidak digunakan secara efektif oleh suatu gerakan. Waktu ini terjadi selama terjadinya kekosongan dipersimpangan pada waktu peralihan dan pada awal tiap fase akibat beberapa kendaraan dalam antrian mengalami kelambatan awal (*Starting Delay*).
6. Waktu hijau (*Green Time*)
Waktu pada suatu fase (dalam detik), yang selama itu lampu hijau menyala.
7. Waktu Hijau Efektif (*Effective Green Time*)
Suatu waktu (dalam detik) selama fase tertentu yang dapat dipergunakan secara efektif oleh gerakan yang diperkenankan atau sama dengan waktu ditambah waktu peralihan dikurang waktu hilang pada fase yang bersangkutan.
8. Waktu Merah Efektif (*Effective Red Time*)
Suatu waktu (dalam detik) selama satu atau sekumpulan gerakan secara

efektif tidak diperkenankan bergerak. Waktu merah efektif merupakan selisih antara waktu putar dengan waktu hijau efektif.

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

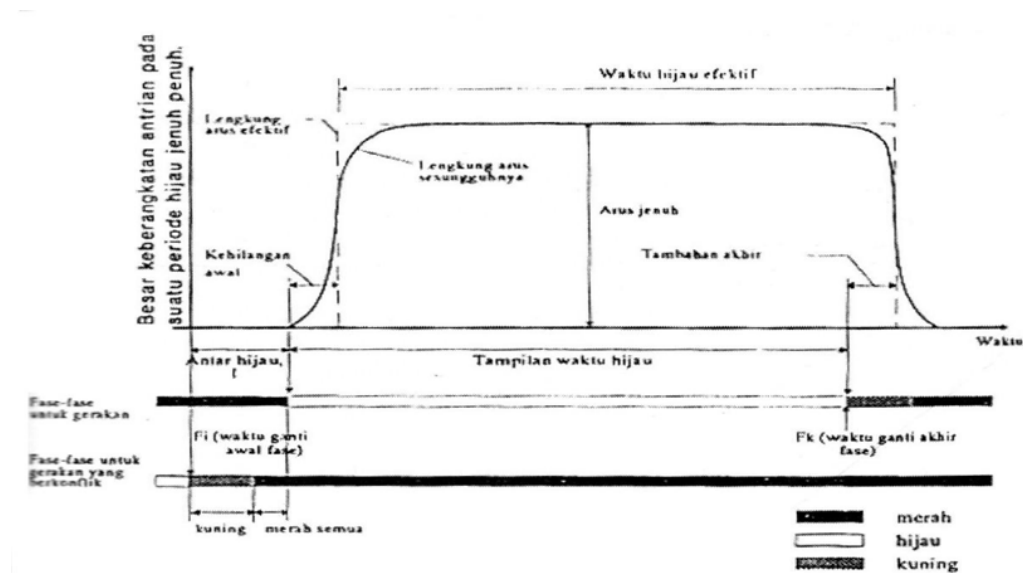
Parameter-parameter pengontrol yang menentukan dalam operasional sinyal lampu lalu-lintas pada metode tersebut adalah arus jenuh (*saturation flow*), waktu hijau efektif (*effective green time*), waktu hilang (*lost time*), perbandingan arus (*flow ratio*) dan derajat kejenuhan (*degrees of saturation*).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

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

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

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

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



Gambar 2.5: Model dasar diagram sinyal lalu lintas.

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

Waktu hilang (*lost time*) pada metode Akcelik memberikan pengertian waktu hilang untuk pergerakan (*movement lost tome*) . Sedangkan pada konsep fase

memberikan pengertian waktu hilang fase (*phase lost time*). Waktu hilang pergerakan dan waktu hilang fase tidak memberikan perbedaan nilai total waktu hilang pada persimpangan. Namun dalam analisa waktu hilang pada konsep pergerakan memberikan selang waktu diantara permulaan waktu menyala hijau aktual dan permulaan waktu hijau efektif (*effective green time*) yang disebut kehilangan awal (*start lost*). Atau pada konsep fase kehilangan waktu awal (*start lost*) merupakan keterlambatan awal bergerak (*lost time due to start*) dan tidak ada penambahan waktu antar hijau (*intergreen*) sebagaimana yang terdapat pada konsep pergerakan. Penjumlahan dari waktu antar hijau dan kehilangan waktu yang masih dapat dimanfaatkan kendaraan pada saat akhir waktu kuning (*amber*) untuk melintasi persimpangan. Sedangkan pada konsep fase memberikan pengertian yang lain tentang hal tersebut, dimana akhir pada pergantian warna merah (*red*) akan terjadi kehilangan waktu kuning (*amber*). Dengan persamaan matematis waktu hilang pada konsep pergerakan dapat ditunjukkan dengan persamaan berikut:

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

dimana:

H_H = waktu hilang (detik)

k = waktu kuning (detik)

m = waktu merah semua (detik)

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

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

Waktu antar hijau (*intergreen time*) adalah waktu yang diperlukan untuk pergantian antara waktu hijau pada setiap satu fase awal ke fase awal berikutnya, waktu yang diperuntukkan pada periode ini adalah selama 4-5 detik. Atau dimana waktu semua sinyal beberapa saat tetap sebelum pergantian sinyal berikutnya

yang disebut antara (*interval*) dan pertukaran tersebut selama waktu kuning (*amber*) dan merah semua (*all red*) yang disebut pertukaran antara (*charge interval*). Waktu tersebut terdiri atas waktu kuning selama 3 detik dan waktu merah/kuning selama 1-2 detik. Waktu merah/kuning dapat juga disamakan dengan waktu merah pada sistem Amerika Serikat yang juga dipergunakan di Indonesia. Waktu merah semua ini dipergunakan untuk membersihkan daerah persimpangan sebelum pergerakan fase berikutnya. Lama waktu antar hijau bergantung pada ukuran lebar persimpangan dan kecepatan kendaraan, Akcelik merekomendasikan waktu tersebut antara 4-8 detik. Di Indonesia waktu antara hijau dialokasikan sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2: Waktu antar hijau Indonesia.

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

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

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

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

Besar waktu hijau efektif adalah :

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

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

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

Data masukan lalu lintas diperlukan untuk dua hal, yaitu pertama data arus lalu lintas eksisting dan kedua data arus lalu lintas rencana (PKJI, 2014). Data lalu lintas eksisting digunakan untuk melakukan evaluasi kinerja lalu lintas, berupa arus lalu lintas rencana digunakan sebagai dasar untuk menetapkan lebar jalur lalu lintas jam desain q_{dj} yang ditetapkan dari LHRT

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

Dimana :

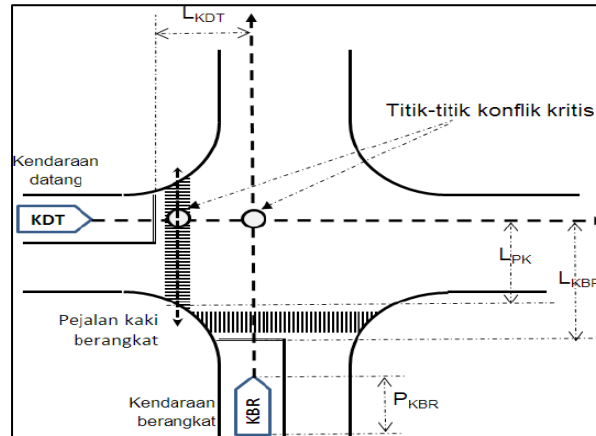
LHRT = Volume lalu lintas harian rata-rata tahunan, dinyatakan dalam skr/hari.

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

2.6 Menetapkan Pengaturan Sinyal APILL

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

dengan meninggalkan titik konflik dijelaskan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Titik konflik kritis dan jarak

Sumber : (PKJI, 2014)

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

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

$$M_{semua} = M_{ax} \left\{ \frac{L_{KBR} + P_{KBR}}{V_{KBR}} - \frac{L_{KDT}}{V_{KDT}} \right\} \quad (2.5)$$

Dimana :

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

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

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

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

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

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

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

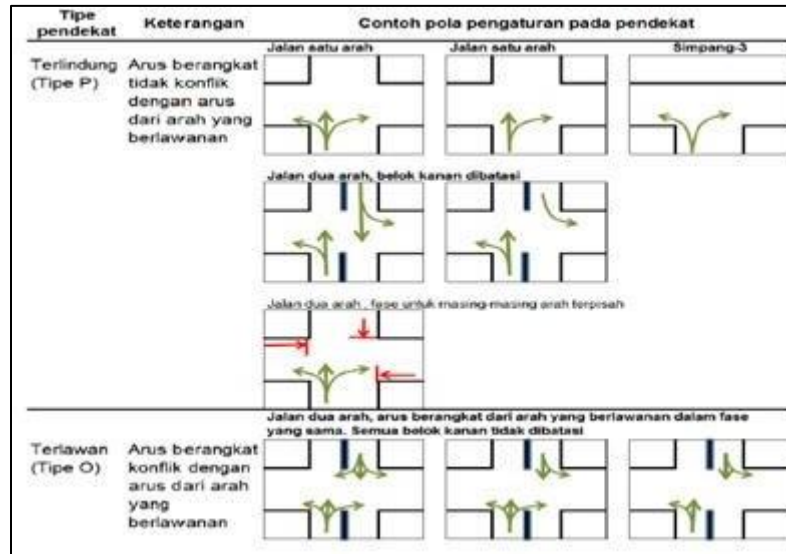
Panjang waktu hitung pada Alat Pengatu Isyarat Lalu Lintas perkotaan di Indonesia biasanya ditetapkan 3,0 detik.

2.7 Penetapan Waktu Isyarat

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

2.8 Tipe Pendekatan

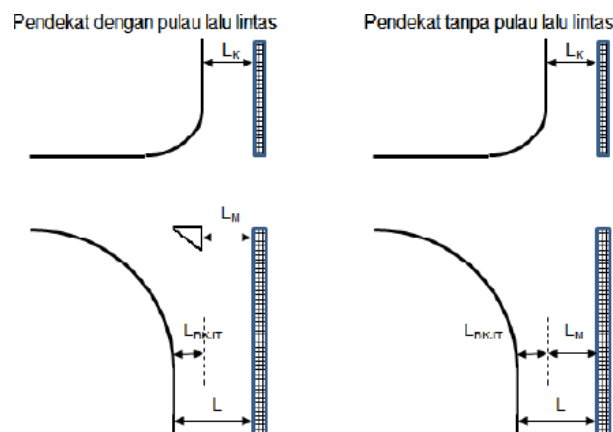
Pada pendekat dengan arus lalu lintas yang berangkat pada fase yang berbeda, maka analisis kaasitas pada masing-masing fase pendekat tersebut harus dilakukan secara terpisah. Hal yang sama pada perbedaan tipe pendekat, pada satu pendekat yang memiliki tipe pendekat, baik terlindung (P) ataupun terlawan(O)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



Gambar 2.7 Penentuan Tipe Pendekat
 Sumber : (PKJI, 2014)

2.9 Menentukan Lebar Pendekatan Efektif (L_E)

Penentuan lebar pendekat efektif (L_E) berdasarkan lebar ruas pendekat (L), lebar masuk (L_M), dan lebar keluar (L_K). Jika B_{kiJT} diizinkan tanpa mengganggu arus lalu lintas dan arus belok kanan saat isyarat merah maka L_E dipilih dari nilai terkecil diantara L_K dan $(L_m - L_{BjiJT})$. Jika pendekat dilengkapi dengan pulau lalu lintas, maka L_M ditetapkan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 Lebar Pendekat Dengan Pulau dan Tanpa Pulau Lalu Lintas
 Sumber : (PKJI, 2014)

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

$$L_E = M_{in} \left\{ \frac{L - L_{BKijT}}{L_M} \right\} \quad (2.7)$$

2.10 Penetapan Waktu Siklus

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

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

Dimana :

C = Waktu siklus (detik).

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

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

$R_{q/s \text{ kritis}}$ = Nilai $R_{q/s}$ yang tertinggi dari semua pendekat yang berangkat ada fase yang sama.

$\sum R_{q/s \text{ kritis}}$ = Rasio arus simpang (sama dengan jumlah semua $R_{q/s \text{ kritis}}$ Dari semua fase pada siklus tersebut).

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

Table 2.3: Waktu Siklus Layak

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

Sumber : (PKJI, 2014)

2.11 Menghitung Waktu Hijau

Untuk menentukan waktu hijau digunakan Persamaan 2.9 :

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

Dimana :

H_i = Waktu hijau pada fase I (detik)

i = Indeks untuk fase i

2.12 Menghitung Derajat Kejenuhan

Untuk menghitung derajat kejenuhan dapat digunakan Persamaan 2.10 berikut :

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

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

2.13 Menghitung Arus Jenuh Dasar (S_0)

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

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

Dimana :

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

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

F_G = Faktor penyesuaian S_0 akibat kelandaian memanjang pendekat.

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

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

F_{BKk} = Faktor penyesuaian S_0 akibat arus lalu lintas yang membelok ke kiri.

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

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

Dimana :

S_0 = Arus jenuh dasar (skr/jam)

L_E = Lebar efektif pendekat (m)

2.14 Kapasitas Persimpangan Jalan

Dalam penganalisaan kapasitas, ada suatu prinsip dasar yang obyektif yaitu perhitungan jumlah maksimum arus lalu lintas yang dapat ditampung oleh fasilitas

yang ada serta sebagaimana kualitas operasional fasilitas itu sendiri yang tentunya akan sangat berguna dikemudian hari. Dalam merencanakan suatu fasilitas jarang dijumpai suatu perencanaan agar fasilitas tersebut dapat berfungsi mendekati kapasitasnya. Kapasitas dari suatu fasilitas akan menurun fungsinya jika dipergunakan saat atau mendekati kapasitasnya.

2.14.1 Defenisi Kapasitas

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

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

2.14.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kapasitas

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

Kondisi ideal untuk jalan persimpangan bersinyal adalah sebagai berikut:

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

(CBD=Central Business Destrict).

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

Kondisi-kondisi inilah yang sangat mempengaruhi kapasitas persimpangan bersinyal.

2.14.3 Kapasitas Dari Persimpangan Bersinyal

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

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

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

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

Dimana:

C : Kapasitas untuk lengan atau kelompok lajur I (smp/Jam)

S : Arus jenuh dasar atau kelompok lajur (smp/Jam)

- H : Total waktu hijau dalam satu siklus (detik)
 c : Waktu siklus (detik)

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

$$DS = \frac{Q}{c} = \frac{QxG}{Sxg} \quad (2.14)$$

Dimana:

- Q : Arus lalu lintas
 C : Waktu siklus
 S : Arus jenuh
 G : Waktu hijau

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

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

Dimana:

- C_m : Waktu siklus minimum yakni waktu secara teoritis sepanjang waktu yang dapat dipergunakan arus lalu lintas melintasi persimpangan selama satu siklus.
 IFR : Jumlah nilai rasio arus pada arah dominan yang mana rasio arus untuk jalan pada fase yang dipilih memiliki rasio tertinggi.

2.15 Perilaku Lalu-Lintas

2.15.1 Panjang Antrian

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

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

Dengan

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

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

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

Dimana:

NQ₁ : Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

NQ₂ : Jumlah smp yang datang selama fase merah

D_j : Derajat kejenuhan

RH : Rasio hijau

c : Waktu siklus (det)

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

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

2.15.2 Angka Henti

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

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

Dimana:

c : Waktu siklus (det)

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

2.15.3 Tundaan (*Delay*)

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

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

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

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

Selain tundaan lalu lintas terdapat pula perhitungan tundaan rata-rata dengan Persamaan 2.22

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

Dengan P_b = Porsi kendaraan belok pada suatu pendekatan

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

Tabel 2.4: Tingkat pelayanan

<i>Level of Service</i>	Rata - Rata Kontrol <i>Delay</i> (detik/Kendaraan)	Deskripsi
A	≤ 10	Arus Bebas
B	$> 10-20$	Arus Stabil (Penundaan Sedikit)
C	$> 20-35$	Arus Stabil (Penundaan diterima)
D	$> 35-55$	Mendekati arus tidak stabil
E	$> 55-80$	Arus tidak stabil
F	> 80	Arus Dipaksakan

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

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

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

1. Daerah konflik didalam daerah simpang adalah kecil
2. Lajur terdekat dengan kereb sebaiknya dibuat lebih lebar daripada lebar

standar untuk lalu-lintas kendaraan bermotor

3. Median harus digunakan bila lebar jalan lebih dari 10 m untuk mempermudah penyebaran pejalan kaki dan penempatan tiang sinyal
4. Marka penyeberangan pejalan kaki sebaiknya ditempatkan 3-4 m dari garis lurus perkerasan untuk mempermudah kendaraan yang membelok mempersilahkan pejalan kaki menyeberang dan tidak menghalangi kendaraan-kendaraan yang bergerak lurus.
5. Perhentian bis sebaiknya setelah simpang,yaitu ditempat keluar dan bukan ditempat pendekat.

2.15.4 Faktor Jam Puncak

Faktor jam puncak (Peak hour factor/PHF) dapat didefinisikan sebagai perbandingan volume lalu-lintas rata-rata selama jam sibuk dengan volume maksimum yang terjadi selama periode waktu yang sama. Dalam penganalisaan kapasitas, PHF ditetapkan berdasarkan periode waktu 15 menit. Untuk mendapatkan nilai PHF untuk suatu persimpangan diambil dalam interval waktu 15 menit selama 1 jam.

$$PHF = \frac{\text{Volume total selama jam sibuk}}{4 \times \text{Volume puncak 15 menit}} \quad (2.6)$$

Batasan minimum dan maksimum hasil penelitian berkisar dari 0.47 s/d 1.00. harga PHF ditentukan secara terpisah untuk tiap-tiap kaki persimpangan.

2.16 Perangkat Lunak VISSIM

VISSIM adalah sebuah program simulasi mikroskopis yang digunakan untuk memodelkan arus lalu lintas multi-moda. Perangkat lunak ini dapat melakukan simulasi untuk daerah perkotaan dan jalan raya lalu lintas, termasuk pejalan kaki, pengendara sepeda dan kendaraan bermotor. Aryandi (2014) melakukan penelitian menggunakan VISSIM dengan studi kasus di Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta. Dengan menginput data geometric simpang, volume lalu-lintas dan waktu sinyal, dapat dihasilkan data *output* berupa panjang antrian. Hasil tersebut

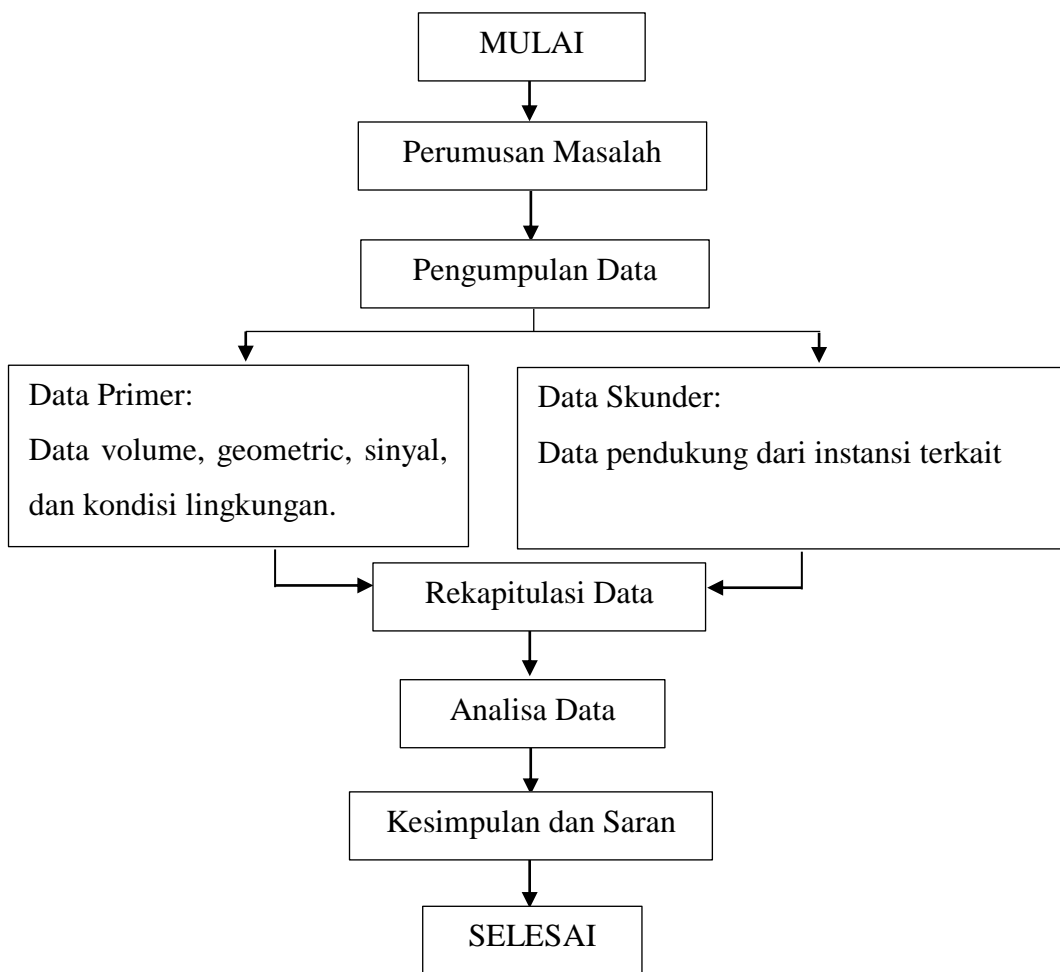
kemudian dijadikan sebagai parameter dalam pengkalibrasian. Panjang antrian maksimum, minimum dan rata-rata hasil dari pemodelan dibandingkan dengan hasil dari pengamatan langsung di lapangan. Setelah tahap kalibrasi dan validasi, dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara simulasi dengan hasil di lapangan, namun terdapat perbedaan yang cukup signifikan pada deviasi (penyebaran) hasil antrian. Namun penelitian ini hanya mempertimbangkan satu lengan di simpang dan mengabaikan lengan yang lain. Penelitian ini juga tidak melihat panjang antrian per waktu siklusnya.

Diantara beberapa penelitian yang sudah dilakukan mengenai kalibrasi VISSIM, Fellendorf dan Vortisch (2001) membahas secara khusus proses kalibrasi di model pembuntutan kendaraan (car following model) dan perilaku pengemudi (driver behavior).

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

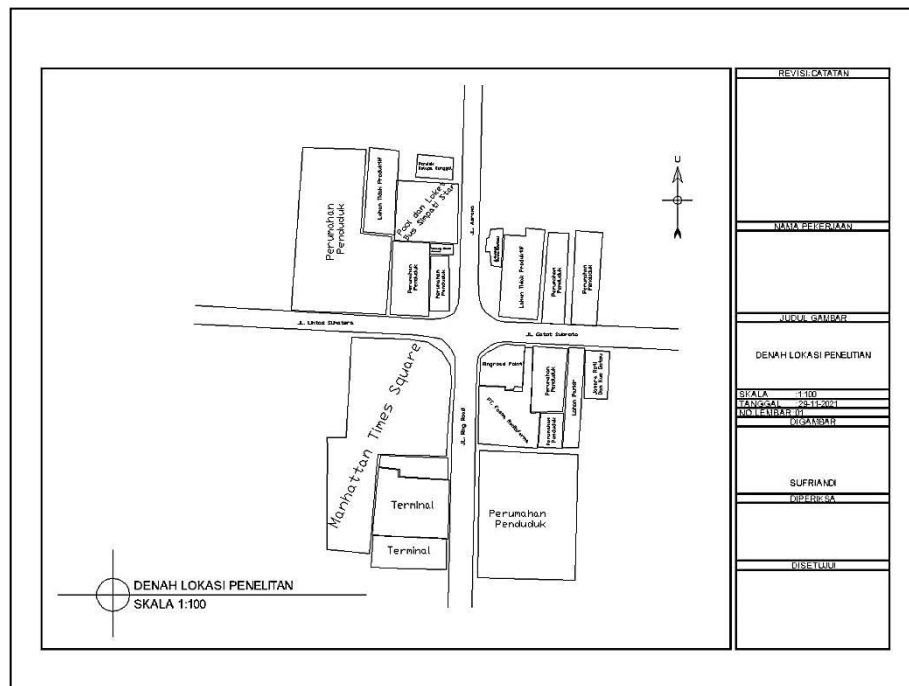
Adapun tahapan penyusunan Tugas akhir ini Seperti yang terlihat pada bagan alur penelitian dibawah, lihat gambar 3.1



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

3.2 Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini penulis melihat persimpangan di JL. Gatot Subroto – JL. Ring Road – JL. Asrama Kota Medan untuk dijadikan lokasi penelitian, pemilihan lokasi didasari oleh antrian kendaraan dan kemacetan yang sering terjadi ketika jam-jam sibuk. lihat gambar 3.2



Gambar 3.2: Denah Lokasi Penelitian

3.3 Maksud dan Tujuan Studi

Maksud dari studi ini adalah :

Adapun maksud penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengatasi terjadinya kemacetan yang terjadi di lengan persimpangan JL. Gatot Subroto – JL. Ring Road – JL. Asrama Kota Medan.

Adapun tujuan dalam studi ini adalah untuk menentukan suatu sistem pengaturan lampu lalu lintas yakni fase dan waktu siklus optimum agar kemacetan pada lengan persimpangan dapat diatasi.

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan di persimpangan JL. Gatot Subroto – JL. Ring Road – JL. Asrama Kota Medan. Pada persimpangan tersebut terdapat empat (4) kaki persimpangan yaitu JL. Gatot Subroto (B), JL. Ring Road (S), JL. Asrama Kota Medan (U). Data yang diambil berupa:

3.4.1 Data Primer

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

Data yang dikumpulkan antara lain:

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

Waktu survei lalu lintas dilakukan selama satu (1) minggu yaitu hari Minggu – Sabtu, mulai dari tanggal 28 November 2021 s/d 4 Desember 2021. Alasan pemilihan ini adalah agar mendapatkan data yang lebih akurat sehingga hasilnya dapat digunakan untuk perencanaan dan perbaikan di masa yang akan datang.

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

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

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

3.4.2 Data Sekunder

3.4.2.1 Pengumpulan Data Volume Lalu Lintas

Metode pengumpulan data volume lalu lintas dilakukan secara manual, pengumpulan data ini dilakukan untuk mendapatkan data volume lalu lintas.

Untuk mendapatkan data ini ditempatkan empat (4) pos pengamatan yang setiap pos ditempati dua (2) orang petugas yang bertugas untuk mencatat jumlah dan asal dari kendaraan yang melalui pos pencatatan. Pada setiap pos, petugas dilengkapi dengan formulir jumlah dan jenis kendaraan. Pos petugas ditempatkan pada posisi yang mudah mengamati pergerakan arah lalu lintas yang sedang dihitung.

Adapun klasifikasi kendaraan dibagi menjadi sebelas (11) bagian yaitu:

1. Kelas 1 : Sepeda motor, sekuter, becak mesin
2. Kelas 2 : Sedan , jeep, station wagon
3. Kelas 3 : Oplet, pick up, combi, mocro bis, suburban
4. Kelas 4 : Micro bis, mobil hantaran
5. Kelas 5a : Bus kecil
6. Kelas 5b : Bus besar
7. Kelas 6 : Truk 2 as
8. Kelas 7a : Truk 3 as
9. Kelas 7b : Truk gandeng
10. Kelas 7c : Truk semi trailer
11. Kelas 8 : Kendaraan tak bermotor

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

1. Kendaraan berat (HV) : Kelas 5a, 5b, 6, 7a, 7b, 7c
2. Kendaraan ringan (LV) : Kelas 2, 3, 4
3. Sepeda motor (MC) : Kelas 1
4. Kendaraan tak bermotor (UM) : Kelas 8

3.4.2.2 Pengumpulan Data geometrik Persimpangan

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

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *Walking measure* dengan ketelitian 0.1 meter, dan waktu pengambilan dilakukan pada saat kendaraan yang melalui ruas jalan tersebut tidak dilintasi karena lampu lalu lintas dalam keadaan merah (*Stop*). Hal ini dilakukan agar tidak mengganggu arus lalu lintas dipersimpangan tersebut.

3.4.3 Pengumpulan Data Sinyal

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

1. Lama masing – masing waktu merah, kuning dan hijau
2. Fase lampu lintas

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

3.4.4 Pengumpulan Data Kondisi Lingkungan

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

Data – data yang didapatkan berupa:

1. Data kelas ukuran kota
2. Kelas hambatan samping
3. Tipe lingkungan jalan

4. Tata guna lahan dan lain sebagainya

3.5 Analisa Data

Adapun perhitungan yang dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut adalah perhitungan fase dan waktu siklus optimum dengan menggunakan metode PKJI 2014

BAB 4

ANALISA DATA

4.1 Deskripsi Data

Penelitian ini dilakukan pada hari Minggu 28 september 2021 sampai dengan 4 desember 2021. Yang dibagi menjadi 3 waktu penelitian yaitu pada tiap-tiap jam sibuk, pagi hari pukul 07.00 WIB – 09.00 WIB, siang hari pukul 12.00 WIB – 14.00 WIB, dan sore hari pukul 16.00 WIB – 18.00 WIB. Data Penelitian yang diambil dibagi kedalam 2 kategori yaitu data primer dan data skunder. Data primer yang diperoleh meliputi data geometrik jalan yang terdiri dari jumlah jalur, Lebar jalur (L), Lebar masuk (LM) , Lebar belok kiri (Lbkijt) dan Lebar keluar (LK) dalam satuan meter (m). Untuk data perolehan selanjutnya, Data volume lalu lintas yang dikategorikan menjadi empat jenis kriteria kendaraan. Diantaranya, Kendaraan besar (HV), Kendaraan ringan (LV), Sepeda motor (MC) dan Kendaraan nonmotor (UM). Dan untuk pengumpulan data sinyal yang diantaranya lama masing-masing waktu merah, kuning dan hijau. Dihitung menggunakan stopwatch dalam satuan (detik) yang dicocokkan pada timer display yang berada pada samping alat pemberi isyarat lampu lalu lintas (APILL) pada lokasi penelitian tersebut. Data sekunder didapatkan melalui asumsi-asumsi dan teori yang diperoleh melalui buku-buku literature yang berhubungan dengan transportasi, lalu-lintas dan persimpangan yang berkaitan langsung dengan objek penelitian yang dilakukan.

4.2 Data Geometrik Jalan

Data geometrik jalan meliputi jumlah lajur dan lebar lajur. Kondisi geometrik jalan pada simpang empat bersinyal Jl. Gatot Subroto – Jl. Ring Road Dan Jl. Asrama (Simpang Smpat Manhattan) memiliki ukuran yang berbeda di setiap lengannya. Berikut ini ukuran masing – masing lajur pada simpang empat Manhattan.



Gambar 4.1: Ukuran Jalur pada simpang empat Manhattan
 Sumber: Aplikasi *Maps Ruler*

Dapat dilihat pada Gambar 4.1, gambar sebelah kiri adalah sample foto ketika penulis melakukan survey yang mana sudah terlihat kepadatan kendaraan dari arah jalan Gatot Subroto (Gatsu) dan jalan Asrama begitu pula dengan jalan Lintas Sumatera dan jalan Ringroad. Pada gambar sebelah kiri adalah pengukuran jalan dengan menggunakan aplikasi *maps ruler* dengan ketelitian 1 m dengan membandingkan pengumpulan data di lapangan secara manual.

Tabel 4.1: Data Geometrik Jalan Pada Simpang Empat Manhattan

Nama Lengan Jalan	Jumlah Lajur	Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)	Lebar jalur/L (m)	Lebar belok kiri /Lbkijt (m)	Lebar masuk/LM (m)
1	2	3	4	5	6	7	8
Jl. Gatot Subroto	2	135	2	105	12	2	10
Jl. Asrama	2	155	2	85	12	2	10
Jl. Lintas Sumatera	2	175	2	65	12	2	10
Jl. Ring Road	2	195	2	45	12	2	10

4.3 Data Volume Lalulintas

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

4.2: Data Volume Lalulintas Simpang Empat Mahattan

SIMPANG APILL		Tanggal	:	03 Desember 2021										
		Kota	:	Medan										
Arus Lalulintas		Simpang	:	Jl. Asrama - Jl. Gatot Subroto										
		Ukuran Kota	:	2.2 Juta Jiwa										
		Prihal	:	Empat Fase										
		Periode	:	Jam puncak sore hari										
Pendekat	Arah	Kendaraan Bermotor												Kendaraan Tak bermotor
		Qkr			Qkb			Qsm			Qkbm			Qktm
		ekr terlindung =			ekr terlindung =			ekr terlindung =			Total arus kendaraan bermotor			Arus Kendaraan Tak bermotor
		ekr terlawan =			ekr terlawan =			ekr terlawan =						
Kend/ jam	Terlindung	Terlawan	Kend/ jam	Terlindung	Terlawan	Kend/ jam	Terlindung	Terlawan	Kend/ jam	Terlindung	Terlawan			
U - Jl. Asrama	Bkijt	126	126	126	15	20	20	205	41	82	346	187	228	2
	Lrs	405	405	405	29	38	38	579	232	232	1013	674	674	
	Total	531	531	531	44	57	58	784	273	314	1359	861	902	
S - Jl. Ringroad	Bkijt	132	132	132	17	22	22	178	35.6	71.2	327	190	225	5
	Lrs	390	390	390	39	51	51	597	119.4	238.8	1026	560	680	
	Total	522	522	522	56	73	73	775	155	310	1353	750	905	
T - Gatot Subroto	Bkijt	129	129	129	11	14	14	139	27.8	55.6	279	171	199	3
	Lrs	395	395	395	40	52	52	638	127.6	255.2	1073	575	702	
	Total	524	524	524	51	66	66	777	155.4	310.8	1352	746	901	
B - Lintas Sumatera	Bkijt	119	119	119	13	17	17	126	25.2	50.4	258	161	186	10
	Lrs	424	424	424	30	39	39	670	134	268	1124	597	731	
	Total	543	543	543	43	56	56	796	159.2	318.4	1382	758	917	

4.4 Data Jumlah Penduduk

Data jumlah penduduk adalah termasuk data sekunder. Berdasarkan grafik penyebaran penduduk di Kota Medan, yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS), yang diambil pada tahun 2019 adalah sebagai berikut.

Tabel 4.3 Data Jumlah Penduduk Kota Medan

Wilayah	Jumlah Penduduk Kota Medan Tahun 2019		
	Laki-Laki	Perempuan	TOTAL
Medan Tuntungan	43655	44969	88624
Medan Johor	67543	69824	137367
Medan Amplas	64589	66337	130926
Medan Denai	73296	75142	148438
Medan Area	49488	50774	100262
Medan Kota	37148	38083	75231
Medan Maimun	20314	20825	41139
Medan Polonia	28456	29226	57682
Medan Baru	20306	20843	41149
Medan Selayang	54676	56376	111052
Medan Sunggal	58032	59503	117535
Medan Helvetia	76576	78861	155437
Medan Petisah	31627	32448	64075
Medan Barat	36301	37235	73536
Medan Timur	55776	57269	113045
Medan Perjuangan	47880	49111	96991
Medan Tembung	68683	70566	139249
Medan Deli	94403	96568	190971
Medan Labuhan	60478	61714	122192
Medan Marelan	86812	88570	175382
Medan Belawan	49228	50383	99611
TOTAL	1125267	1154627	2279894

Sumber : <https://medankota.bps.go.id>

Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa jumlah penduduk di wilayah Kota Medan pada tahun 2019 adalah sebesar 2.279.894 jiwa. Data ini digunakan untuk menentukan ukuran luas kota.

4.5 Analisa data

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

a. Lebar efektif

Dikarenakan lebar belok kiri $L_{bkijt} > 2$ m maka dapat menggunakan analisa menggunakan rumus 2.7 $L_e = M_{in} \left(\frac{L - L_{BKIJT}}{LM} \right)$, lihat tabel 4.4

Tabel 4.4 Lebar Efektif

Nama Lengan Jalan	Lebar Keluar (Lk)	Lebar jalur/L (m)	Lebar belok kiri /Lbkijt (m)	Lebar masuk/LM (m)	kolom (3-4)	Le=6/5)	Le = Lk
1	2	3	4	5	6	7	8
Jl. Gatot Subroto	12	12	2	10	10	1	12
Jl. Asrama	12	12	2	10	10	1	12
Jl. Lintas Sumatera	12	12	2	10	10	1	12
Jl. Ring Road	12	12	2	10	10	1	12

Pada tabel 4.7 dapat dilihat lebar efektif pada kolom (6) $< (LM \times (1 - R_{bka}))$, maka menurut pedoman kapasitas jalan Indonesia 2014 (PKJI 2014) $L_e = L_k$

b. Arus Jenuh Dasar (So)

Arus jenuh dasar dapat diketahui dengan rumus 2.12 ($S = S_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_\alpha}$), pada masing - masing lengan jalan mendapatkan nilai S_0 sebesar

1. Jl. Gatot Subroto = 7200 skr/jam
2. Jl. Asrama = 7200 skr/jam
3. Jl. Lintas Sumatera = 7200skr/jam

4. Jl. Ringroad = 7200 skr/jam

Dapat dilihat bahwa nilai arus jenuh dasar pada tiap tiap lengan jalan sama yaitu 7200 skr/jam hal ini di akibatkan oleh lebar efektif dari masing masing lengan jalan adalah sama.

c. Arus Jenuh (S)

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

1. Fuk yaitu faktor penyesuaian terhadap besarnya penduduk kota, pada tabel 4.6 dapat kita lihat bahwa jumlah penduduk kota medan mencapai 2.279.894 jiwa yang di urutkan berdasarkan jenis kelamin laki laki dan perempuan maka menurut PKJI 2014 halaman 51 tabel B.4, Fuk = 1.00.
2. Fhs yaitu faktor penyesuaian hambatan samping, menurut PKJI 2014 Fhs dapat diketahui dengan menggunakan Tabel B.5 halaman 51 dengan rasio kendaraan tidak bermotor total dari masing masing simpang yaitu sebesar 0.05 dengan tipe lingkungan jalan komersial serta hambatan samping tinggi maka nilai Fhs = 0.88
3. Fg yaitu faktor penyesuaian kelandaian memanjang, dikarenakan kondisi tiap lengan adalah cenderung landai / $g = 0^\circ$ maka menurut PKJI 2014 halaman 46 Tabel B.6, Fg = 1.00.
4. Fp yaitu faktor penyesuaian parkir faktor menurut PKJI 2014 Nilai Fp tidak perlu diterapkan bila lebar efektif di tentukan oleh lebar keluar, Fp = 1.00.
5. Berdasarkan PKJI 2014 Faktor penyesuaian belok kanan dan belok kiri hanya di peruntukkan untuk tipe pendekat tipe p dengan ketentuan, faktor penyesuaian belok kanan tanpa median, jalan dua arah, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk dan lebar belok kiri lebar efektifnya di tentukan oleh lebar masuk maka simpang ini tidak sesuai dengan ketentuan di atas yang mana lebar efektifnya di tentukan oleh lebar keluar (Lk) maka nilai Fbki dan Fbka = 1.00

Tabel 4.5 Nilai S untuk masing masing lengan simpang

Nama Lengan Jalan	So	Fhs	Fuk	Fg	Fp	Fbki	Fbka	S
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Jl. Gatot Subroto	7200	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6336
Jl. Asrama	7200	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6336
Jl. Lintas Sumatera	7200	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6336
Jl. Ring Road	7200	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6336

Pada tabel 4.5 dapat dilihat nilai arus jenuh (S) pada tiap – tiap lengan jalan adalah sama sebesar 6336 Skr. Hal ini dapat terjadi dikarenakan oleh lebar efektif tiap - tiap lengan yang sama. Lebar efektif ini sangat berpengaruh terhadap nilai arus jenuh di karenakan cara mencari arus jenuh tersebut adalah perkalian beberapa faktor yang ada di tabel dan arus jenuh So sangat dipengaruhi oleh lebar efektif tiap lengan persimpangan.

d. Waktu Siklus (c)

Waktu siklus termasuk kedalam pengaturan waktu isyarat APILL. Untuk menentukan waktu siklus pada lokasi penelitian dapat dihitung dengan Persamaan 2.8, ($c = \frac{1,5 \times H_H + 5}{1 - \sum Rq/s_{kritis}}$) Dengan hasil sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.6 dibawah ini

Tabel 4.6 Nilai Waktu Siklus

Nama Lengan Jalan	Arus lalulintas (Q)	Arus Jenuh (S)	Rasio Arus (Q/S)	Rasio Fase (Rf)	Waktu Hilang (Hh)	Waktu Siklus (c)
1	2	3	4	5	6	7
Jl. Gatot Subroto	1355	6336	0.21386	0.248	18	233.05
Jl. Asrama	1361	6336	0.21480	0.249	18	233.05

Tabel 4.6 Lanjutan

Nama Lengan Jalan	Arus lalulintas (Q)	Arus Jenuh (S)	Rasio Arus (Q/S)	Rasio Fase (Rf)	Waktu Hilang (Hh)	Waktu Siklus (c)
Jl. Lintas Sumatera	1392	6336	0.21970	0.255	18	233.05
Jl. Ring Road	1358	6336	0.21433	0.248	18	233.05
Rasio Arus kritis (Ras)			0.86269			

Dari hasil perhitungan waktu siklus pada tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai waktu siklus yang dicari menggunakan persamaan 2.8 mendapatkan hasil 233.05detik, waktu siklus tersebut adalah waktu siklus sebelum penyesuaian dan setelah dilakukan pembulatan, nilai waktu siklus yang dihasilkan menjadi 233 detik.

Menurut PKJI 2014 waktu siklus pada simpang Manhattan belum memenuhi syarat kelayakan atau optimum yang mana margin dari kelayakan tersebut dapat dilihat pada tabel 2.3, waktu siklus layak untuk persimpangan dengan empat fase adalah 80 -130 detik sedangkan nilai waktu siklus penyesuaian yang penulis dapatkan adalah 233 detik.

e. Waktu Hijau (Hi)

Perhitungan waktu hijau dapat dilakukan dengan menggunakan rumus 2.7

$$H_i = (c - H_H) \times \frac{R_{q/sKritis}}{\sum t(R_{q/sKritis})} \text{ lihat tabel 4.10}$$

Tabel 4.7 Nilai Waktu Hijau

Nama Lengan Jalan	Waktu Siklus (c)	Waktu Hilang (Hh)	Rasio Fase (Rf)	Total Waktu Hijau (2-3)	waktu hijau tiap fase (Hi)
1	2	3	4	5	6
Jl. Gatot Subroto	233.05	18	0.248	215.0482759	53
Jl. Asrama	233.05	18	0.249	215.0482759	54
Jl. Lintas Sumatera	233.05	18	0.255	215.0482759	55
Jl. Ring Road	233.05	18	0.248	215.0482759	53

Pada tabel 4.7 dapat dilihat bahwa waktu hijau tiap fase terendah adalah 53 detik yaitu pada lengan Jl. Gatot Subroto dan Jl. Ringroad dan waktu hijau tiap fase tertinggi adalah 55 detik yaitu pada lengan Jl. Lintas sumatera hal ini dipengaruhi oleh Rasio fase tiap – tiap lengan jalan yang berbeda.

f. Kapasitas (C)

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

Tabel 4.8: Kapasitas

Nama Lengan Jalan	Arus Jenuh (S)	Total Waktu Hijau (G)	Waktu Siklus (c)	Derajat Kejenuhan	Kapsitas (C)
1	2	3	4	5	6
Jl. Gatot Subroto	6336	215	233	0.93	5847
Jl. Asrama	6336	215	233	0.93	5847
Jl. Lintas sumatera	6336	215	233	0.93	5847
Jl. Ring Road	6336	215	233	0.93	5847

Pada tabel 4.8 dapat dilihat kapasitas dari tiap – tiap lengan adalah 5847 skr/jam, hal ini dapat di akibatkan oleh parameter yang diketahui untuk masing - masing simpang adalah sama.

g. Derajat kejenuhan (Dj)

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

$$DS = \frac{Q}{C} = \frac{QxG}{Sxg} \text{ Lihat tabel 4.9}$$

Tabel 4.9 Nilai Derajat Kejenuhan

Nama Lengan Jalan	Arus lalulintas (Q)	Waktu Siklus (c)	Arus Jenuh (S)	waktu hijau tiap fase (Hi)	(2*3)	(4*5)	Derajat kejenuhan (DJ)
1	2	3	4	5	6	7	8
Jl. Gatot Subroto	1355	233.05	6336	53	315780.4	337770	0.93
Jl. Asrama	1361	233.05	6336	54	317178.7	339265	0.93
Jl. Ring Road	1358	233.05	6336	53	316479.6	338518	0.93
Jl. Lintas Sumatera	1392	233.05	6336	55	324403.2	316800	0.93

Dari tabel 4.9 dapat dilihat nilai derajat kejenuhan dari masing masing lengan yang mana nilai tersebut lebih besar dari nilai batas derajat kejenuhan menurut PKJI 2014 yaitu 0.85 maka simpang empat manhattan ini termasuk simpang yang sudah layak untuk ditambah kapasitas daya tampungnya. Nilai derajat kejenuhan yang terjadi pada lengan setiap simpang yaitu 0.93.

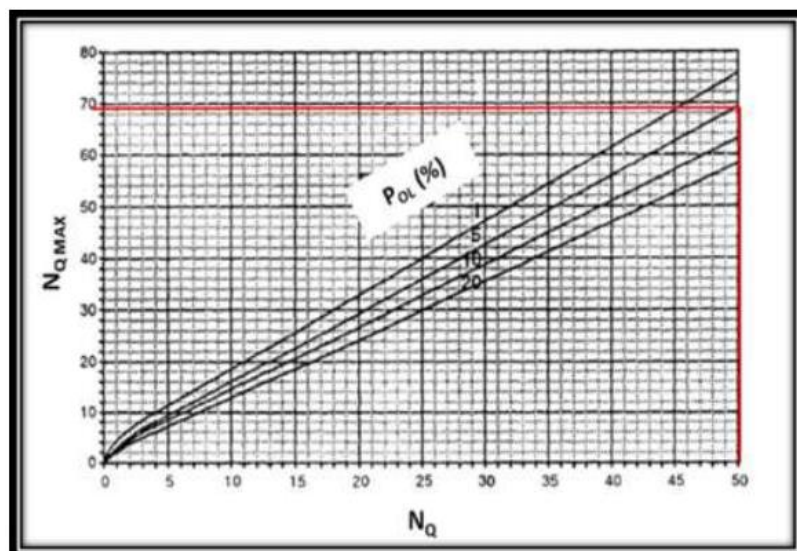
h. Panjang Antrian (PA)

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) panjang antrian dapat dihitung dengan menggunakan rumus 2.17; $NQ_1 = 0.25 \times C \times \left[(D_j - 1) + \sqrt{(D_j - 1)^2 + \frac{8x(D_j - 0.5)}{c}} \right]$ dan 2.18 ; $NQ_2 = c \times \frac{1 - RH}{1 - RH \times D_j} \times \frac{Q}{3600}$. Lihat tabel 4.10

Tabel 4.10 Nilai Kendaraan Tertinggal Total (NQ)

Nama Lengan Jalan	Arus lalulintas (Q)	Rasio Hijau (Rh)	Kapasitas (C)	Derajat kejenuhan (DJ)	Waktu Siklus (c)	Nq1	Nq2	NQ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Jl. Gatot Subroto	1355	0.23	5847	0.93	233	21.82	86.06	107.88
Jl. Asrama	1361	0.23	5847	0.93	233	21.82	86.43	108.25
Jl. Lintas Sumatera	1392	0.23	5847	0.93	233	21.82	88.35	110.17
Jl. Ring Road	1358	0.23	5847	0.93	233	21.82	86.24	108.06

Nilai NQ total pada masing masing lengan simpang diatas nilai 50 maka untuk menetapkan NQ Maximum yang menggunakan Gambar 8 pada halaman 33 PKJI 2014 maka asumsi untuk NQ Maximum diambil dari nilai 50 dengan nilai Pol = 5 %, maka didapat asumsi nilai NQ Maximumnya adalah 69. Lihat Gambar 4.2



Gambar 4.2: Nilai NQ Maximum.

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

Tabel 4.11 Nilai Panjang Antrian (PA)

Nama Lengan Jalan	Nqmax	Lebar masuk (Lm)	Panjang Antrian (PA)
1	3	4	5
Jl. Gatot Subroto	69	10	138.00
Jl. Asrama	69	10	138.00
Jl. Lintas Sumatera	69	10	138.00
Jl. Ring Road	69	10	138.00

Pada tabel 4.11 dapat dilihat panjang antrian sama yaitu 138 skr hal ini diakibatkan oleh lebar masuk yang sama yaitu 10 m pada tiap – tiap lengan simpang yang penulis teliti.

i. Tundaan

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

Tabel 4.12 Nilai Tundaan Total

Nama Lengan Jalan	Arus lalulintas (Q)	Tundaan Lalulintas (TL)	Tundaan Geometris (Tg)	Tundaan Rata-Rata (Ti)	Tundaan Total (2*5)
1	2	3	4	5	6
Jl. Gatot Subroto	1355	101.60	0.701706635	102.30	138623
Jl. Asrama	1361	101.48	0.701284391	102.18	139065.6
Jl. Lintas Sumatera	1392	100.83	0.699160783	101.53	141328.5
Jl. Ring Road	1358	101.54	0.701495047	102.24	138844.5
Total Arus	5466	Tundaan Total			557861.4
		Tundaan Rata- Rata Seluruh simpang			102.06

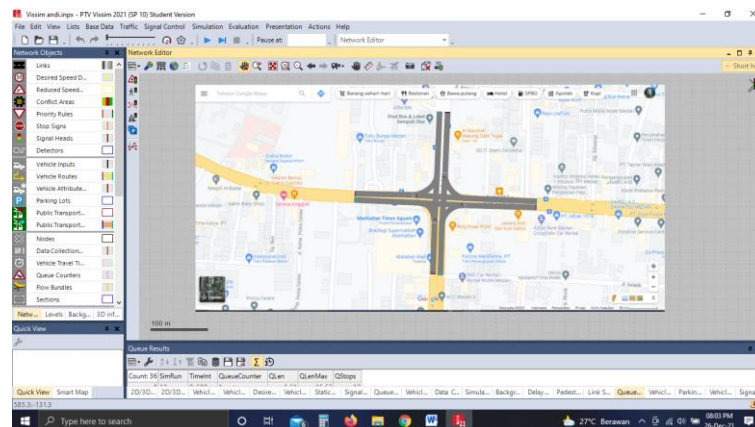
Dari tabel 4.12 dapat dilihat nilai tundaan rata – rata seluruh simpang adalah 102. 06 detik/skr yang mana *level of service* dari simpang empat bersinyal yang penulis teliti adalah Tingkatan LOS F atau Rata - Rata Kontrol *Delay* (detik/Kendaraan) > 80, dengan keterangan Arus dipaksakan Lihat Tabel 2.4.

4.6 Simulasi Vissim

Simulasi *vissim* dilakukan untuk mendapatkan *output* nilai tundaan kendaraan yang dimulai dari :

1. *Network model* / jaringan jalan.

Simulasi menggunakan aplikasi *vissim* adalah dengan cara membuat jaringan jalan terlebih dahulu. Pembuatan jaringan jalan diawali dengan membuat *background* sesuai skala yang didapat dari *google maps*, setelah itu membuat *link* dan *connector*. *Link* berfungsi untuk membuat lajur pada jalan yang ingin disimulasikan, *link* dibuat sesuai dengan lebar lajur yang terdapat pada lokasi sesungguhnya, dan *connector* berfungsi untuk menyambungkan *link* yang sudah dibuat. Lihat Gambar 4.3

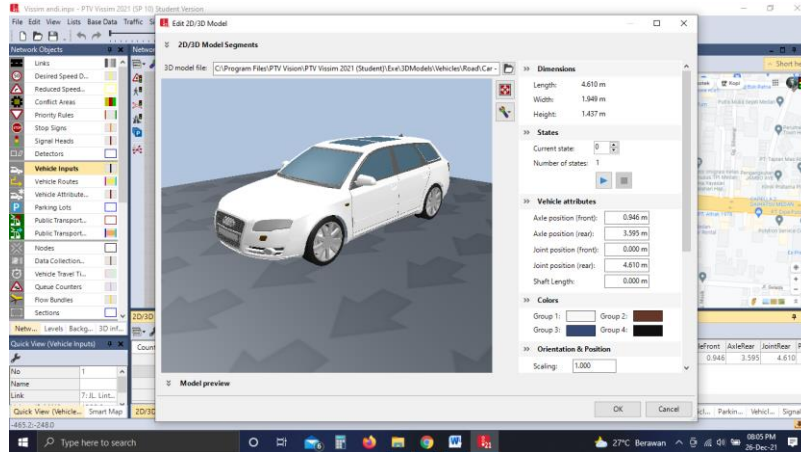


Gambar 4.3 Denah *Network Model*

2. Input Lalu Lintas Kendaraan

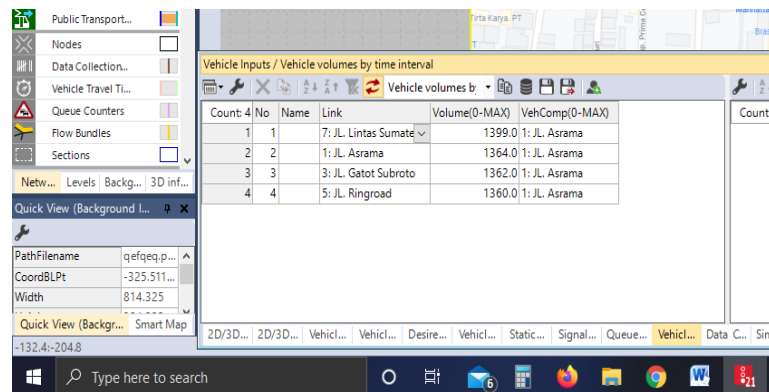
Input kendaraan dimulai dari input *2D/3D model*, dan *2D/3D model segments*. *2D/3D model* merupakan input untuk unit kendaraan roda dua (sepeda motor), mobil penumpang, bus, maupun truk. *2D/3D model segments* merupakan

input untuk spesifikasi kendaraannya, seperti tinggi kendaraan, panjang kendaraan, lebar kendaraannya, dan lain sebagainya. Lihat gambar 4.4



Gambar 4.4 Contoh gambar 3D dari model kendaraan

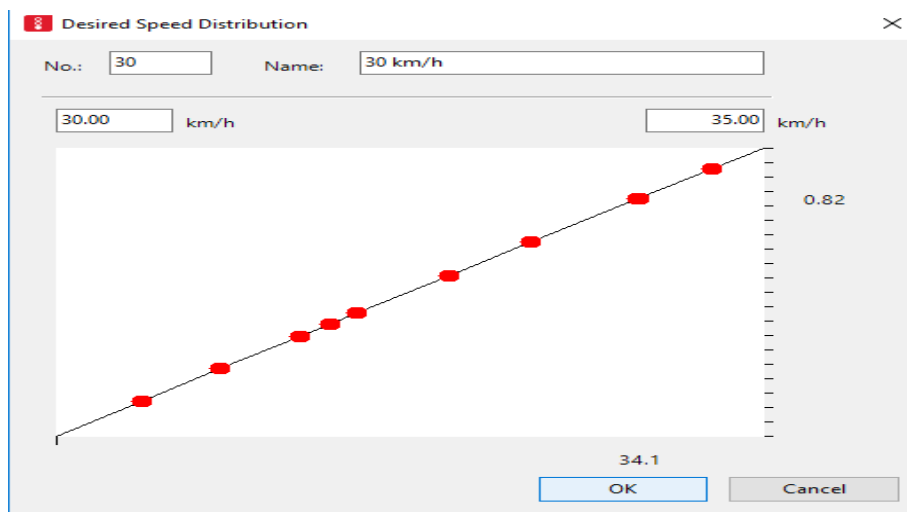
Setelah menginput *2D/3D model*, dan *2D/3D model segments* langkah selanjutnya adalah menginput volume kendaraan untuk setiap jalan yang sudah dibuat. Input volume kendaraan ini menggunakan volume kendaraan pada hari Jumat pada pukul 17.00 – 18.00 WIB yang merupakan volume kendaraan tertinggi saat survei penelitian di lapangan. Pengaturan input volume kendaraan ini mencakup komposisi kendaraan dan juga rute kendaraan. Dapat dilihat pada gambar 4.5



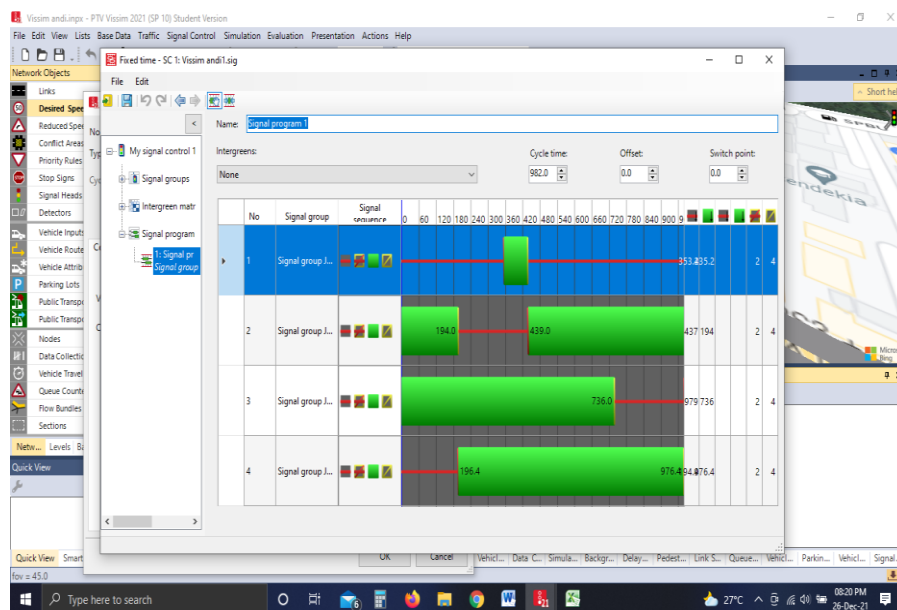
Gambar 4.5 Input data Volume kendaraan

3. Kecepatan Kendaraan dan Sinyal Kontrol

Kecepatan kendaraan dapat ditentukan dalam aplikasi *vissim* berdasarkan kondisi dilapangan dan berdasarkan tipe dari kendaraanya seperti mobil, sepeda motor, truk, dan bus. Sinyal kontrol merupakan pengaturan dari lampu lalu lintas sesuai dengan fase sinyal. Kecepatan dan sinyal kontrol dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Pembatasan kecepatan pada model kendaraan



Gambar 4.7 Pemodelan APILL dan waktu siklus

Pada perhitungan manual menggunakan Metode PKJI 2014 tundaan rata rata tiap simpang adalah 102.06 detik/ skr sedangkan hasil dari simulasi vissim adalah 103.43 detik/skr hal ini kemungkinan di akibatkan oleh kesalahan penulis dalam pembulatan angka yang tidak konsisten dapat dilihat dari interval perbedaan yang tidak terlalu jauh antara perhitungan manual dan hasil simulasi *Software Vissim*.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.2 Kesimpulan

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

1. Waktu Siklus yang di dapat adalah 233 detik yang mana waktu siklus pada simpang empat bersinyal manhattan masih dikatakan belum memenuhi syarat kelayakan waktu siklus simpang empat bersinyal, berdasarkan data PKJI 2014 waktu siklus optimum untuk simpang empat bersinyal adalah 80 - 130 detik.
2. Derajat kejenuhan simpang empat bersinyal pada lokasi penelitian, Nilai yang di dapat dari masing masing lengan lebih besar dari pada 0.85 yang mana menurut PKJI 2014 simpang empat manhattan sudah sangat perlu dilakukannya penambahan kapasitas daya tampung simpang yang memadai.
3. Nilai tundaan rata – rata seluruh simpang pada lokasi penelitian di dapat 102.06 detik/skr yang mana *level of service* (LOS) dari simpang empat bersinyal yang di teliti adalah Tingkatan LOS F atau Rata - Rata Kontrol *Delay* (detik/Kendaraan) > 80, dengan keterangan Arus dipaksakan

5.3 Saran

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

1. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat di tinjau untuk jangka waktu yang lebih lama
2. Diharapkan pemerintah untuk meninjau kembali simpang empat bersinyal manhattan khususnya untuk kapasitas jalan.
3. Diharapkan pemerintah untuk meninjau kembali waktu siklus agar tundaan yang terjadi tidak mencapai nilai F atau arus dipaksakan.

DAFTAR PUSTAKA

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

LAMPIRAN



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapten. Mukhtar Basri No.3 (061) 6624-567 Medan 20238

NAMA : SUFRIANDI
NPM : 1607210146
Judul : **EVALUASI PENENTUAN FASE DAN WAKTU SIKLUS OPTIMUM PADA PERSIMPANGAN BERSINYAL JALAN GATOT SUBROTO - JALAN RING ROAD - JALAN ASRAMA KOTA MEDAN**

No	Hari/Tanggal	Keterangan	Paraf
8.	Sabtu, 22-01-2022	- Menghaji Daftar Pers. - Sempurnakan hasil & kesimpulan "ACC Seminar Hasil"	

Dosen Pembimbing

(ZULKIFLI SIREGAR, ST.,M.T)



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238

Nama : SUFRIANDI
NPM : 1607210146
Judul : EVALUASI PENENTUAN FASE DAN WAKTU SIKLUS OPTIMUM PADA PERSIMPANGAN BERSINYAL JALAN GATOT SUBROTO-JALAN RING ROAD-JALAN ASRAMA KOTAMEDAN(Studi Kasus)

No	Hari/Tanggal	Keterangan	Paraf
5.	Pabtu, 4-12-2021	- Lembar kopi Tujuan prosedur terkait Visi - Lanjutkan ke BAB berikut.	<i>[Signature]</i>
6.	Kamis, 13-01-2022	Siapkan data Perhitungan untuk perbandingan - Perhitungan dicantumkan dalam analisis - Data yang diambil 7 hari	<i>[Signature]</i>
7.	Kamis, 20-01-2022	- Perbaiki perhitungan untuk arus lalu lintas (RL)	<i>[Signature]</i>

Dosen Pembimbing

[Signature]
(Zulkifli Siregar, ST, MT.)


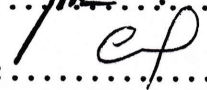

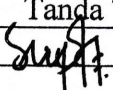
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2021 – 2022**

Peserta seminar

Nama : Sufriandi

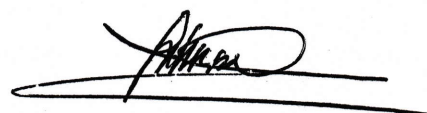
NPM : 1607210146

Judul Tugas Akhir : Evaluasi Penentuan Fase Dan Waktu Siklus Optimum Pada
Persimpangan Bersinyal Jalan Gatot Subroto – Jalan Ringroad – Jalan
Asrama

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
	Pembimbing – I	: Zulkifli Siregar, ST, MT	: 
	Pemanding – I	: Irma Dewi, ST, M.Si <i>M. Huriin Culture</i>	: 
	Pemanding – II	: Dr. Fahrizal Zulkarnain	: 
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1607210146	SUFRIANDI	
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 05 Sya'ban 1443 H
08 Maret 2022 M

Ketua Prodi. T. Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain

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

Nama : Sufriandi
NPM : 1607210146
Judul Tugas Akhir : Evaluasi Penentuan Fase Dan Waktu Siklus Optimum Pada
Persimpangan Bersinyal Jalan Gatot Subroto – Jalan Ringroad – Jalan
Asrama

Dosen Pembanding – I : Irma Dewi, ST, M.Si
Dosen Pembanding – II : Dr. Fahrizal Zulkarnain
Dosen Pembimbing – I : Zulkifli Siregar, ST, MT

KEPUTUSAN

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

..... *keiki jabatan Pembaca TA Prodi Sipil*

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

Has May Saja
Jae 17/12
4

Medan 05 Sya'ban 1443 H
08 Maret 2022 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Sipil

Dosen Pembanding- II



Dr. Fahrizal Zulkarnain



Dr. Fahrizal Zulkarnain

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

Nama : Sufriandi
NPM : 1607210146
Judul Tugas Akhir : Evaluasi Penentuan Fase Dan Waktu Siklus Optimum Pada
Persimpangan Bersinyal Jalan Gatot Subroto – Jalan Ringroad – Jalan
Asrama

Dosen Pembanding – I : Irma Dewi, ST, M.Si
Dosen Pembanding – II : Dr. Fahrizal Zulkarnain
Dosen Pembimbing – I : Zulkifli Siregar, ST, MT

KEPUTUSAN

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

... lengkapi data lapangan
... perbaiki hasil hitungan
.....
.....

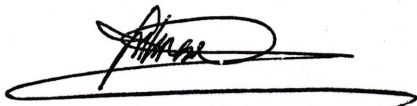
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

... Acc. sidang 28/3.2022. 7/
.....
.....

Medan, 05 Sya'ban 1443 H
08 Maret 2022 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Sipil

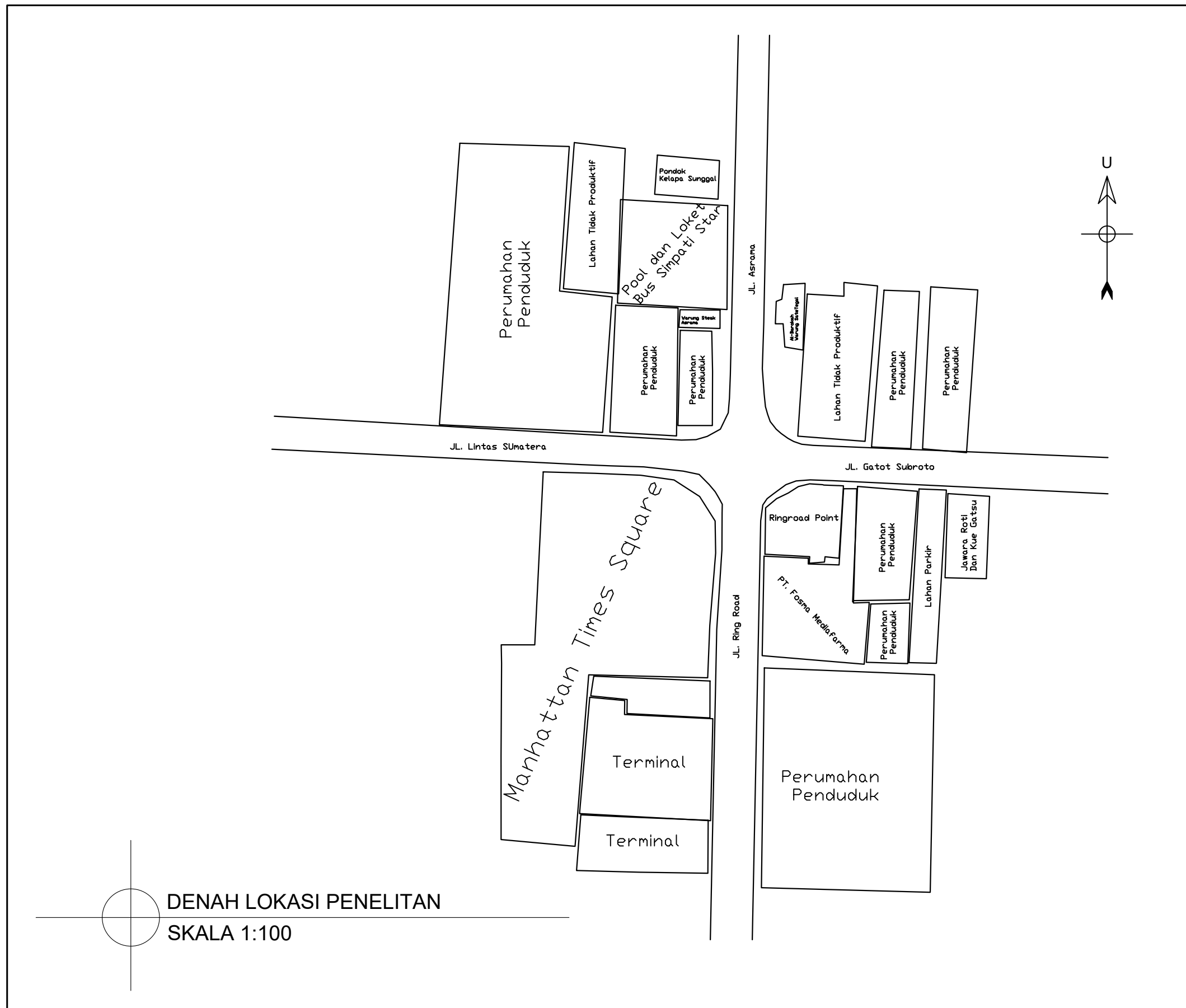
Dosen Pembanding- I



Dr. Fahrizal Zulkarnain



Irma Dewi, ST, M.Si
M. Dewi Sultan



REVISI/CATATAN
NAMA PEKERJAAN
JUDUL GAMBAR
DENAH LOKASI PENELITIAN
SKALA :1:100
TANGGAL :29-11-2021
NO.LEMBAR :01
DIGAMBAR
SUFRIANDI
DIPERIKSA
DISETUJUI

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

SIMPANG APILL	Tanggal :	03 Desember 2021								
	Kota :	Medan								
Data:	Simpang :	Jl. Asrama - Jl. Gatot Subroto								
Geometrik	Ukuran Kota :	2.2 Juta Jiwa								
Pengaturan Lalulintas	Prihal :	Empat Fase								
Lingkungan	Periode :	Jam puncak sore hari								
Seketsa Fase Apill				Waktu Siklus, c						
Jl. Asrama 	Jl. Gatot Subroto 	Jl. Ringroad 	Jl. Lintas Sumatera 	c = 233 detik						
H = 60 Ah = 0	H = 65 Ah = 6	H = 40 Ah = 6	H = 50 Ah = 6	Waktu Hijau Hilang Total, Hh						
				Hh = 18 detik						
Sketsa Simpang : U - Jl. Asrama 										
Kondisi Lapangan										
Kode Pendekat	Tipe Legkungan Jalan	Hambatan Samping	Median	Kelayakan (%)	BKijT	Jarak Kendaraan Parkir	Lebar Pendekat, m			
							L	Lm	Lbkijt	Lk
U	KIM	Tinggi	Ada	0	ya	0	12	10	2	12
S	KIM	Tinggi	Ada	0	ya	0	12	10	2	12
T	KIM	Tinggi	Ada	0	ya	0	12	10	2	12
B	KIM	Tinggi	Ada	0	ya	0	12	10	2	12

Formulir Pengisian Data Arus Lalulintas Simpang APILL PKJI 2014

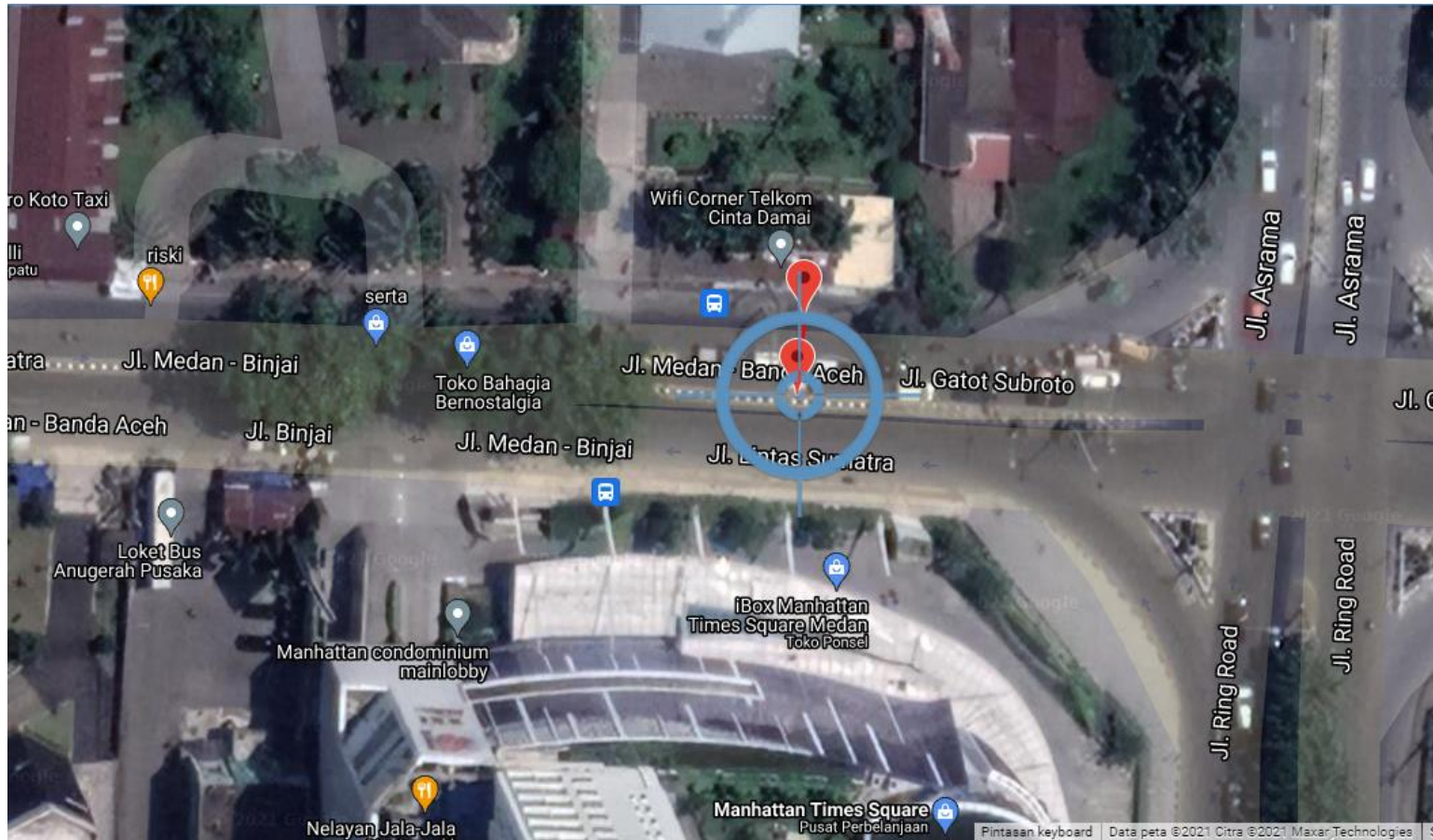
SIMPANG APILL		Tanggal	:	03 Desember 2021											
		Kota	:	Medan											
Arus Lalulintas		Simpang	:	Jl. Asrama - Jl. Gatot Subroto											
		Ukuran Kota	:	2.2 Juta Jiwa											
		Prihal	:	Empat Fase											
		Periode	:	Jam puncak sore hari											
Pendekat	Arah	Kendaraan Bermotor												Kendaraan Tak bermotor	
		Qkr			Qkb			Qsm			Qkbn			Qktn	
		ekr terlindung =			1 ekr terlindung =			1.3 ekr terlindung =			0.2			Total arus kendaraan bermotor	Arus Kendaraan Tak bermotor
		ekr terlawan =			1 ekr terlawan =			1.3 ekr terlawan =			0.4				
Kend/ jam	Terlindung	Terlawan	Kend/ jam	Terlindung	Terlawan	Kend/ jam	Terlindung	Terlawan	Kend/ jam	Terlindung	Terlawan				
U - Jl. Asrama	Bkijt	126	126	126	15	20	20	205	41	82	346	187	228	2	
	Lrs	405	405	405	29	38	38	579	232	232	1013	674	674		
	Total	531	531	531	44	57	58	784	273	314	1359	861	902		
S - Jl. Ringroad	Bkijt	132	132	132	17	22	22	178	35.6	71.2	327	190	225	5	
	Lrs	390	390	390	39	51	51	597	119.4	238.8	1026	560	680		
	Total	522	522	522	56	73	73	775	155	310	1353	750	905		
T - Gatot Subroto	Bkijt	129	129	129	11	14	14	139	27.8	55.6	279	171	199	3	
	Lrs	395	395	395	40	52	52	638	127.6	255.2	1073	575	702		
	Total	524	524	524	51	66	66	777	155.4	310.8	1352	746	901		
B - Lintas Sumatera	Bkijt	119	119	119	13	17	17	126	25.2	50.4	258	161	186	10	
	Lrs	424	424	424	30	39	39	670	134	268	1124	597	731		
	Total	543	543	543	43	56	56	796	159.2	318.4	1382	758	917		

Wilayah	Jumlah Penduduk Kota Medan Tahun 2019		
	Laki-Laki	Perempuan	TOTAL
Medan Tuntungan	43655	44969	88624
Medan Johor	67543	69824	137367
Medan Amplas	64589	66337	130926
Medan Denai	73296	75142	148438
Medan Area	49488	50774	100262
Medan Kota	37148	38083	75231
Medan Maimun	20314	20825	41139
Medan Polonia	28456	29226	57682
Medan Baru	20306	20843	41149
Medan Selayang	54676	56376	111052
Medan Sunggal	58032	59503	117535
Medan Helvetia	76576	78861	155437
Medan Petisah	31627	32448	64075
Medan Barat	36301	37235	73536
Medan Timur	55776	57269	113045
Medan Perjuangan	47880	49111	96991
Medan Tembung	68683	70566	139249
Medan Deli	94403	96568	190971
Medan Labuhan	60478	61714	122192
Medan Marelan	86812	88570	175382
Medan Belawan	49228	50383	99611
TOTAL	1125267	1154627	2279894

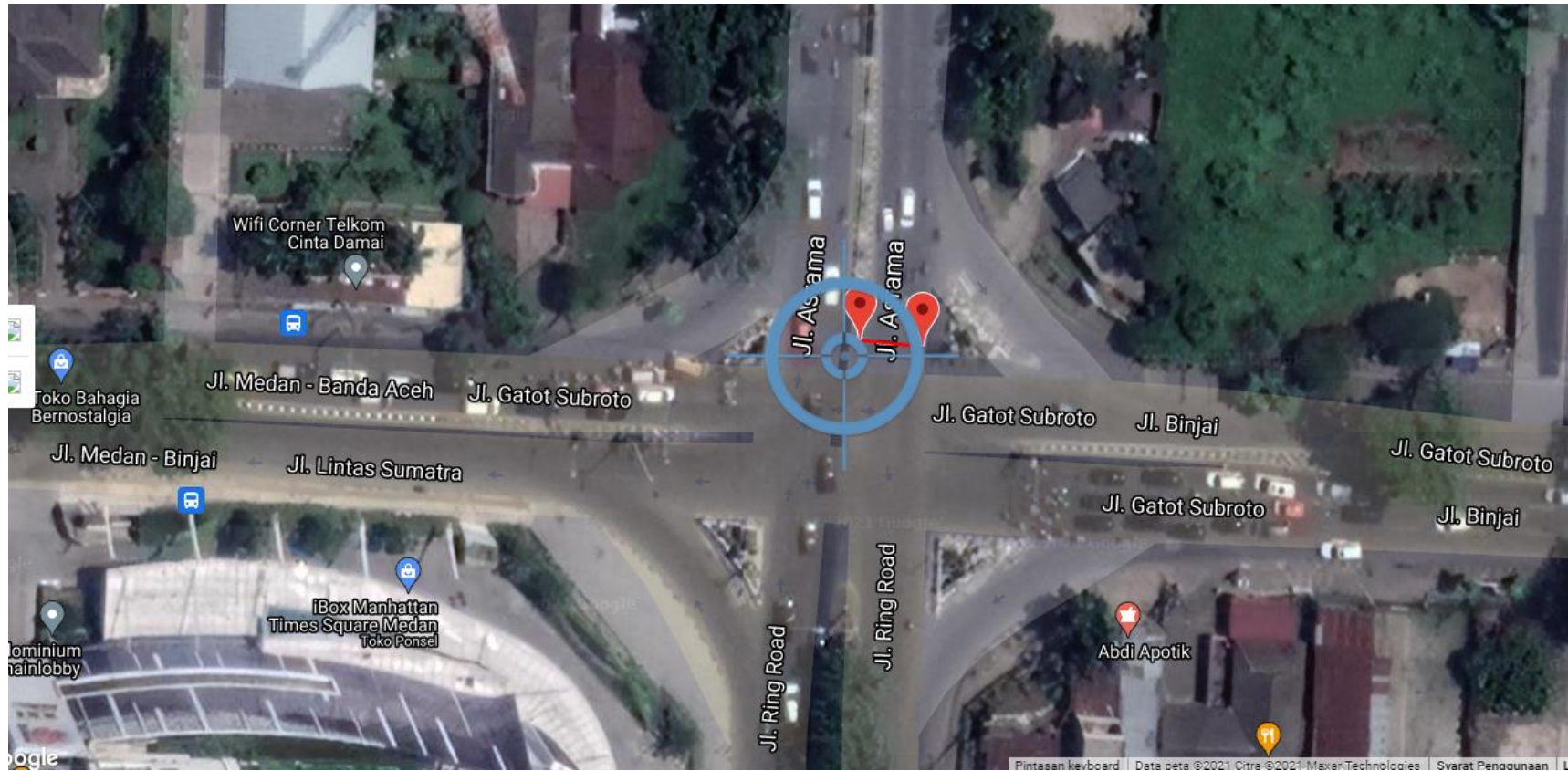
Source Url: <https://medankota.bps.go.id/indicator/12/31/1/jumlah-penduduk-kota-medan-menurut-kecamatan-dan-jenis-kelamin.html>

Access Time: December 18, 2021, 10:24 pm

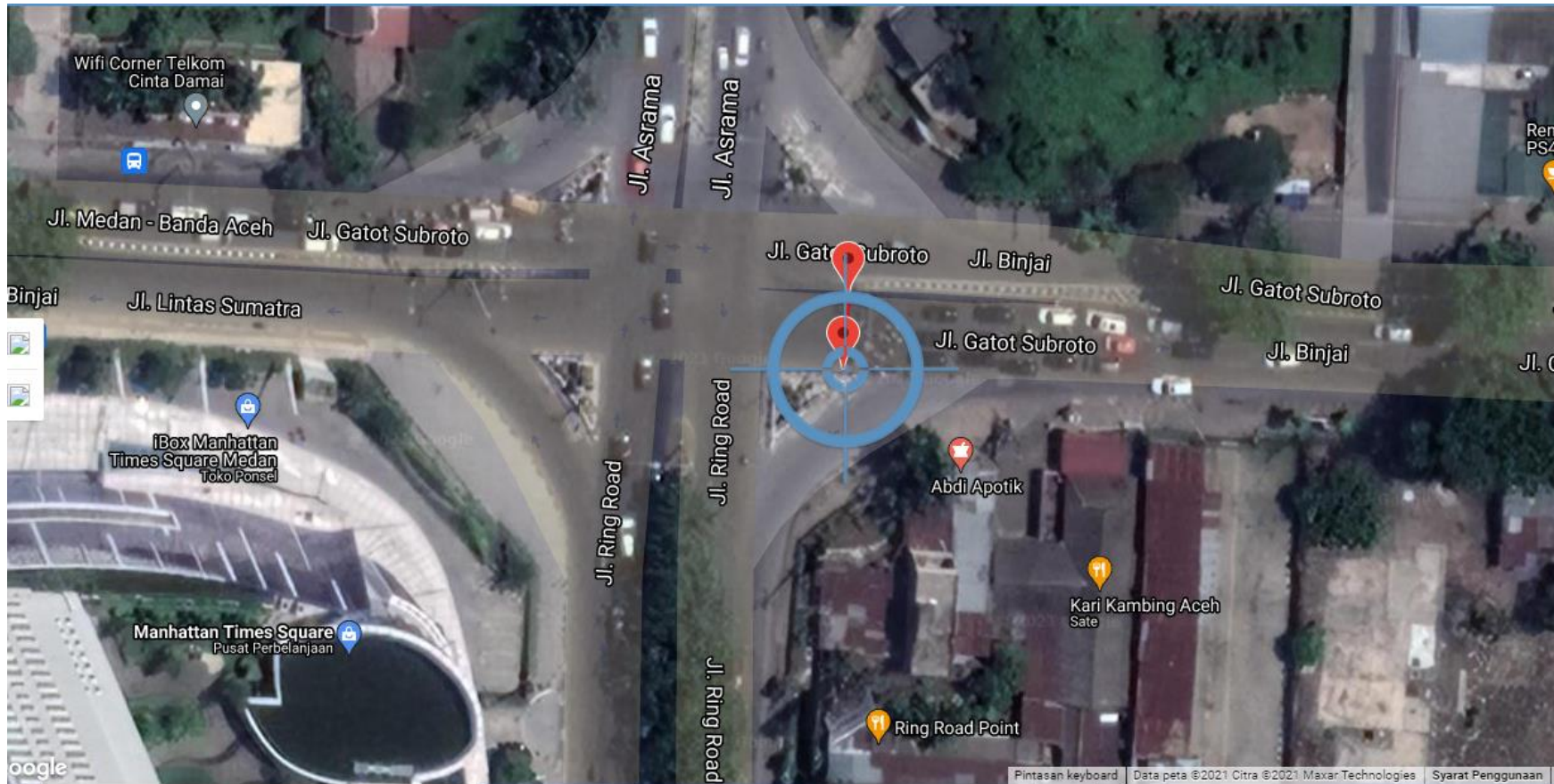
Pengukuran Lebar Lengan Jalan Menggunakan *Maps Ruller*



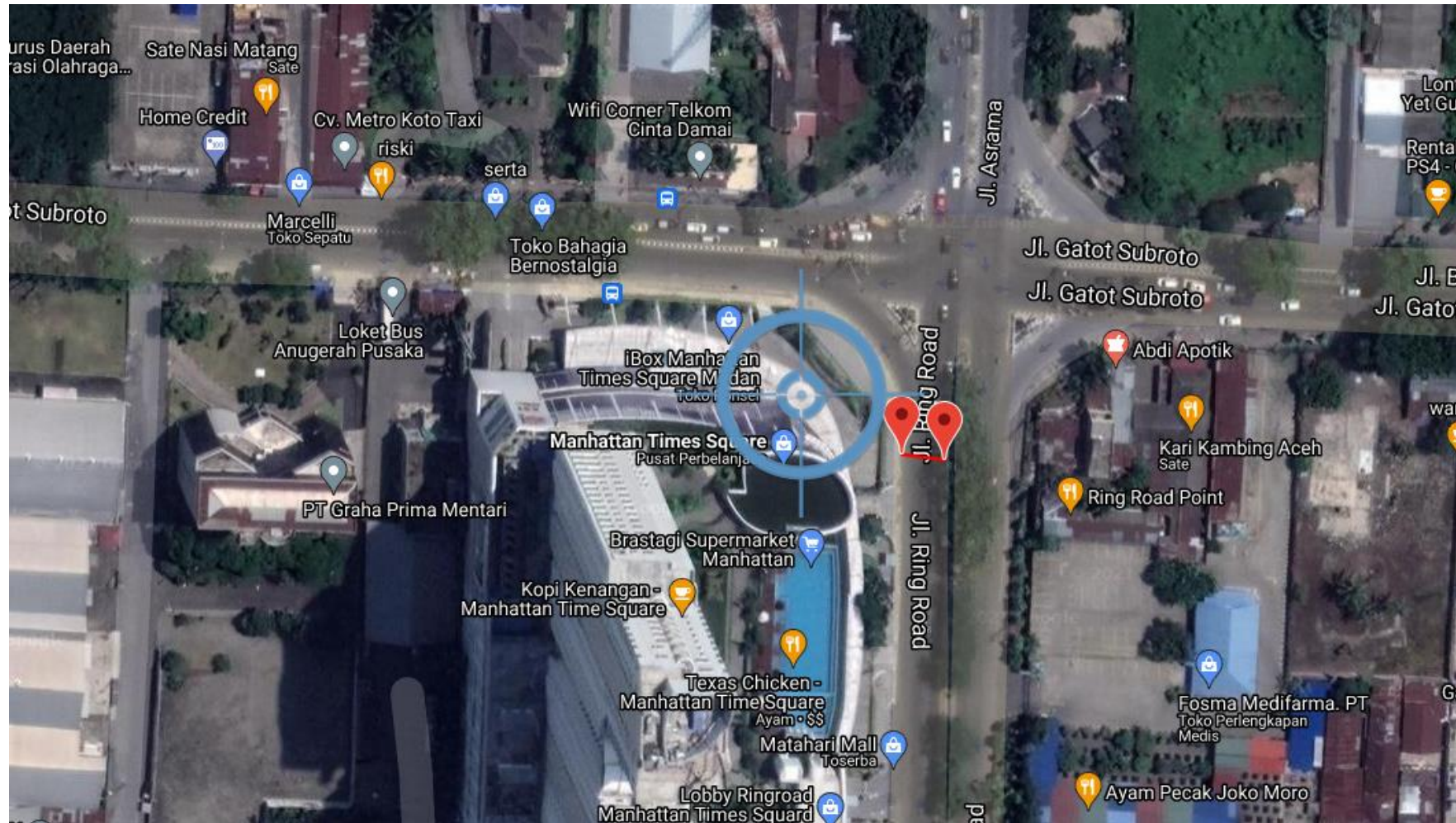
Gambar L1 : Pengukuran Lebar Lengan Jalan Lintas Sumatera Menggunakan Aplikasi *Maps Ruller*



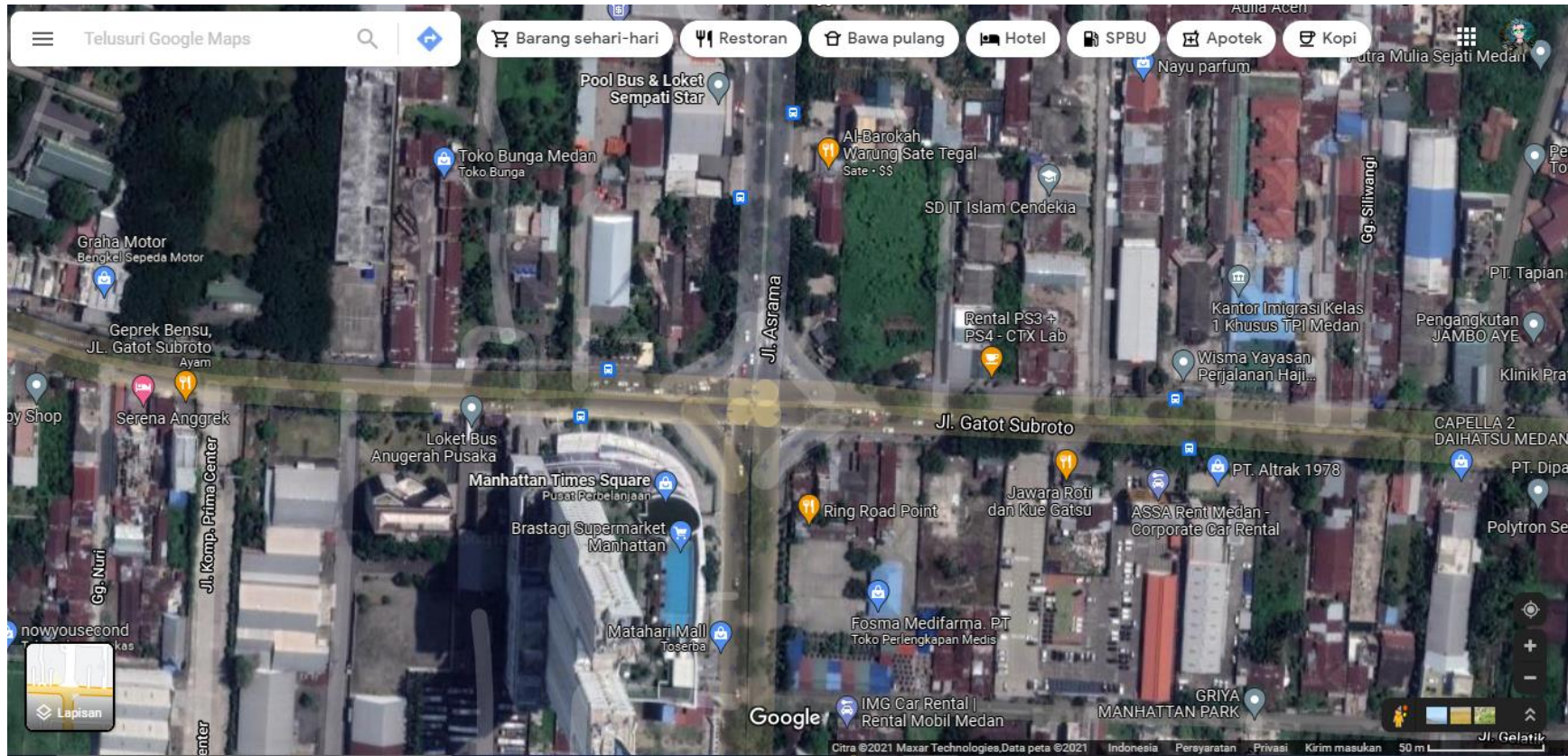
Gambar L2 : Pengukuran Lebar Jalan Asrama Menggunakan Aplikasi *Maps Ruller*



Gambar L3 : Pengukuran Lebar Jalan Gatot Subroto Menggunakan Aplikasi *Maps Ruller*



Gambar L4 : Pengukuran Lebar Jalan *Ringroad* Menggunakan Aplikasi *Maps Ruller*



Gambar L5 : Denah Lokasi Penelitian Untuk Pensimulasian Vissim

FOTO DOKUMENTASI



Gambar L1: Dokumentasi lengan jalan Ringroad ketika lampu merah



Gambar L2: Dokumentasi lengan jalan Gatot Subroto ketika lampu merah



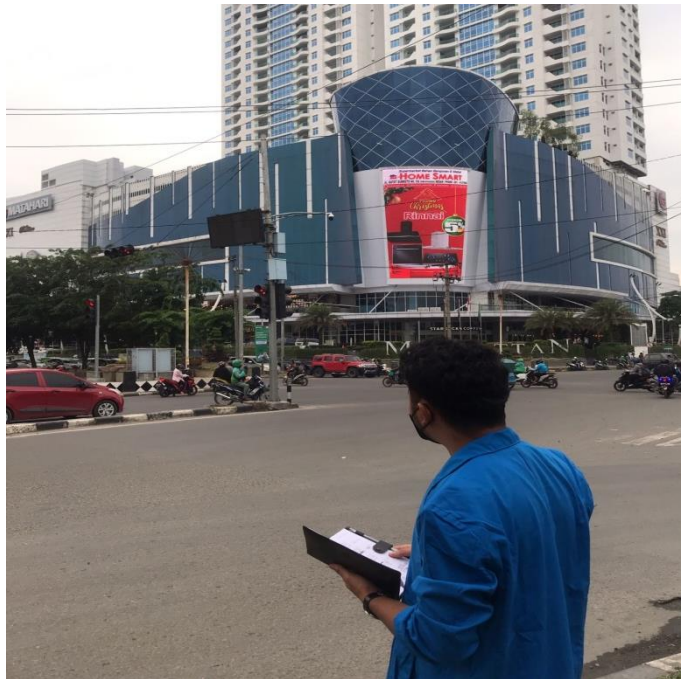
Gambar L3: Dokumentasi lengan jalan Lintas Sumatera ketika lampu merah



Gambar L4: Dokumentasi lengan jalan Asrama ketika lampu merah



Gambar L5: Dokumentasi proses pengambilan data primer

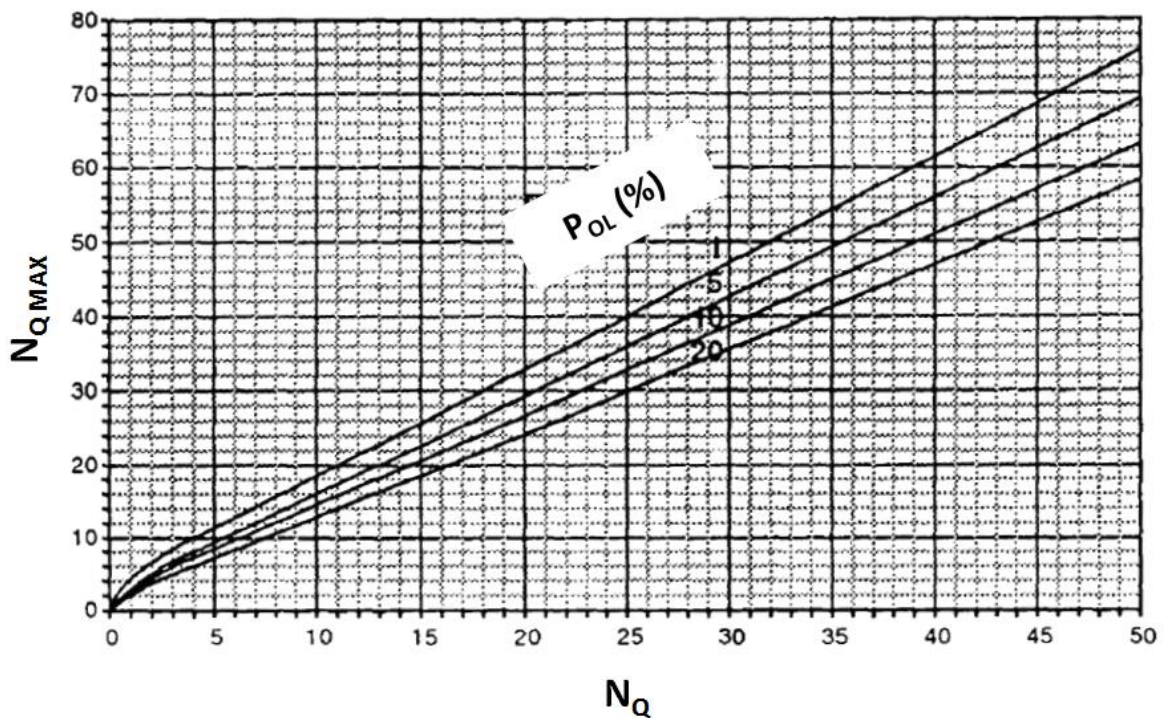


Gambar L6: Dokumentasi proses pengambilan data primer 2

5.5.2 Langkah E.2. Panjang antrian, PA

Dengan data yang telah dipersiapkan, hitung panjang antrian mengikuti prosedur pada sub-bab tentang kinerja lalu lintas pada bagian panjang antrian. Hitungan meliputi:

- 1) Jumlah kendaraan tersisa dari fase hijau sebelumnya. N_{Q1} dapat dihitung menggunakan persamaan 16 atau menggunakan Gambar B.11. dalam Lampiran B.
- 2) Jumlah kendaraan yang antri (skr) selama fase merah. N_{Q2} dapat dihitung menggunakan persamaan 17) atau menggunakan Gambar B.12., untuk nilai $c = 80$ detik untuk $R_H = 0,7$, dan $c = 100$ detik untuk $R_H=0,8$.
- 3) Jumlahkan N_{Q1} dan N_{Q2} untuk mendapatkan N_Q (persamaan 15). Lakukan koreksi untuk mengevaluasi pembebanan yang lebih dari N_Q . Jika diinginkan peluang untuk terjadinya pembebanan sebesar $P_{OL}(\%)$, maka tetapkan nilai N_{QMAX} menggunakan Gambar 8. Untuk desain dan perencanaan disarankan $P_{OL} \leq 5\%$. Untuk analisis operasional, nilai $P_{OL} = 5\%$ s.d. 10% masih dapat diterima.



Gambar 8. Jumlah antrian maksimum (N_{QMAX}), skr, sesuai dengan peluang untuk beban lebih (P_{OL}) dan N_Q

5.5.3 Langkah E.3. Jumlah kendaraan terhenti

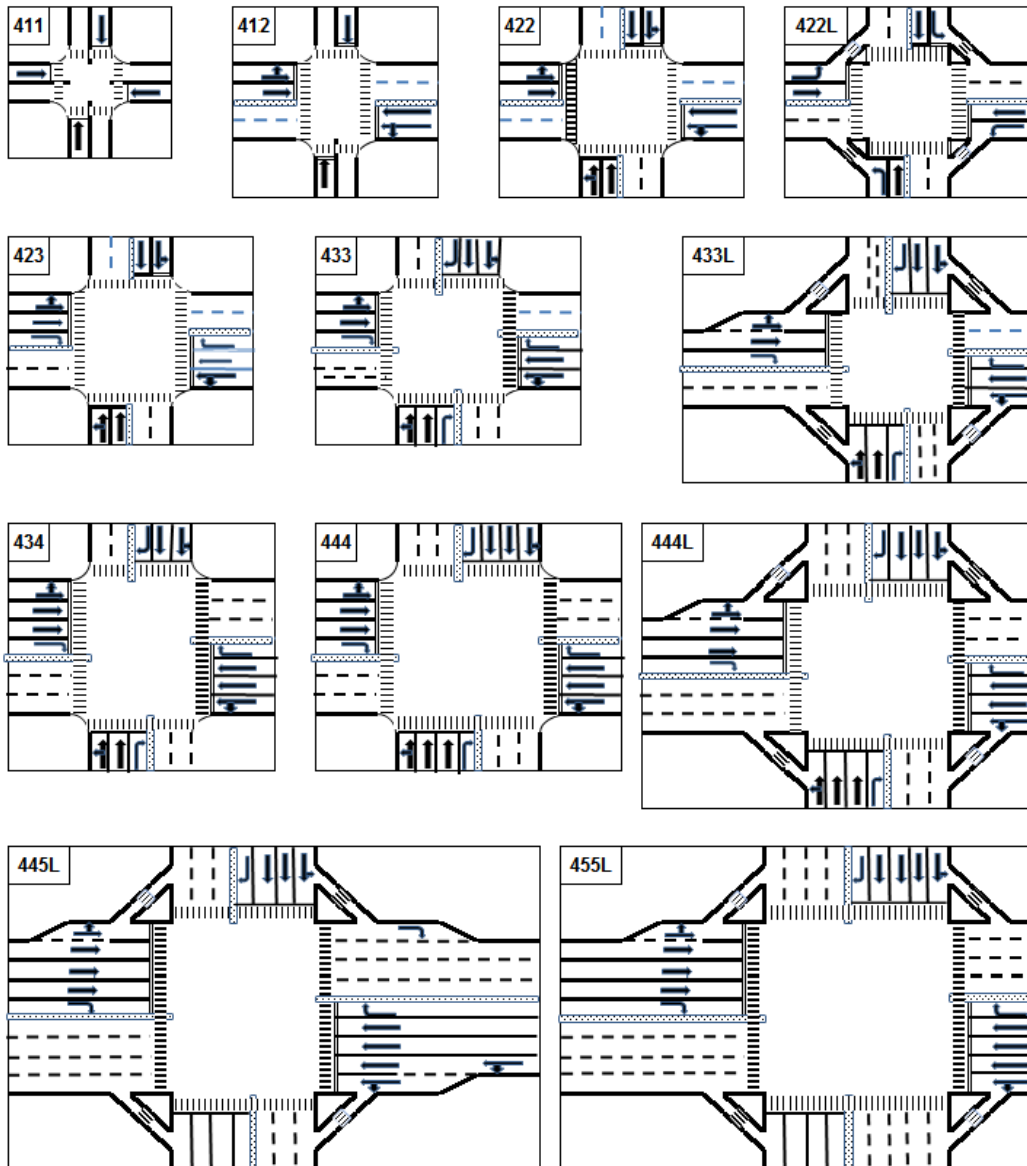
Hitung rasio kendaraan terhenti (R_{KH}) untuk masing-masing pendekat menggunakan persamaan 19) atau gunakan Gambar B.13. untuk mendapatkannya. Rasio tersebut sebagai fungsi dari N_Q dibagi dengan waktu siklus c , dan rasio waktu hijau (R_H).

Jumlah kendaraan henti (N_H) dalam satuan skr, dihitung menggunakan persamaan 20).

Rasio rata-rata kendaraan berhenti untuk seluruh simpang atau angka henti seluruh simpang ($R_{KH Total}$), dihitung menggunakan persamaan 32.

$$R_{(KH Total)} = (\Sigma N_H) / Q_{Total} \dots\dots\dots 32)$$

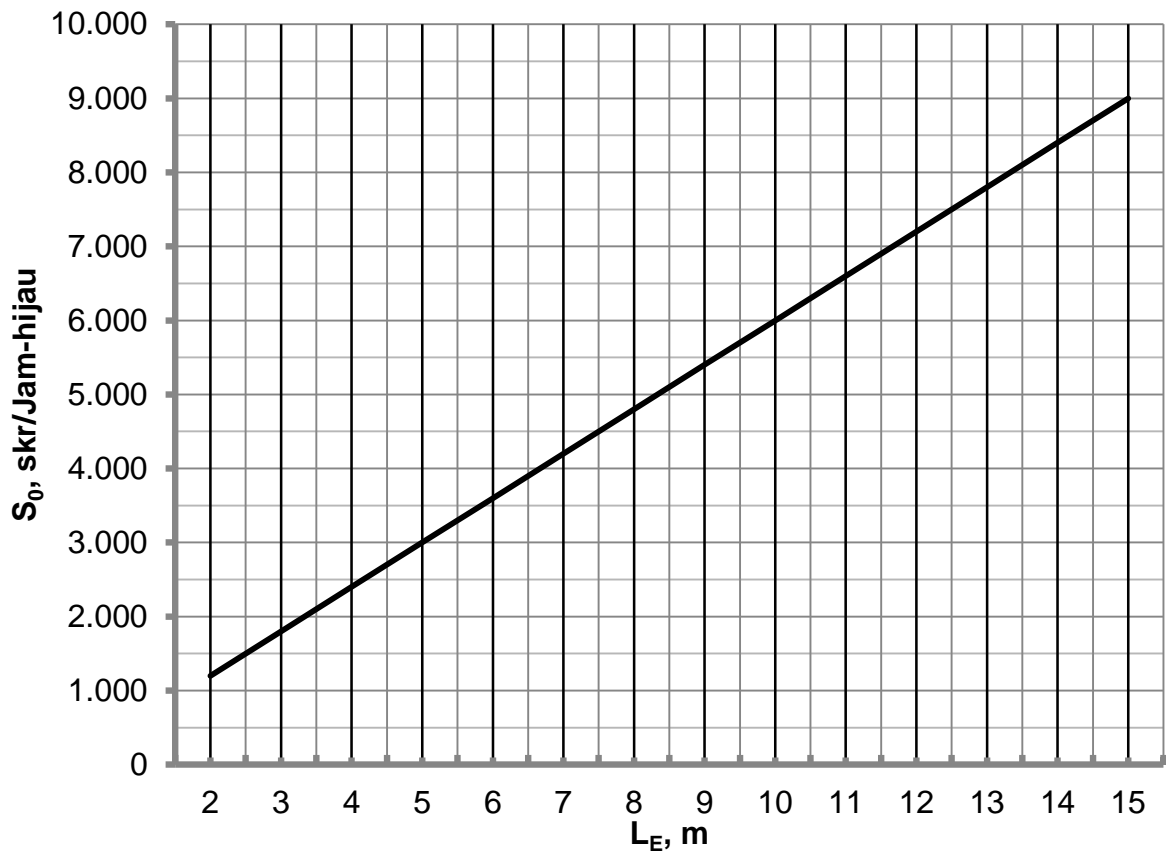
Lampiran B (normatif):
Diagram-diagram dan tabel-tabel ketentuan teknis



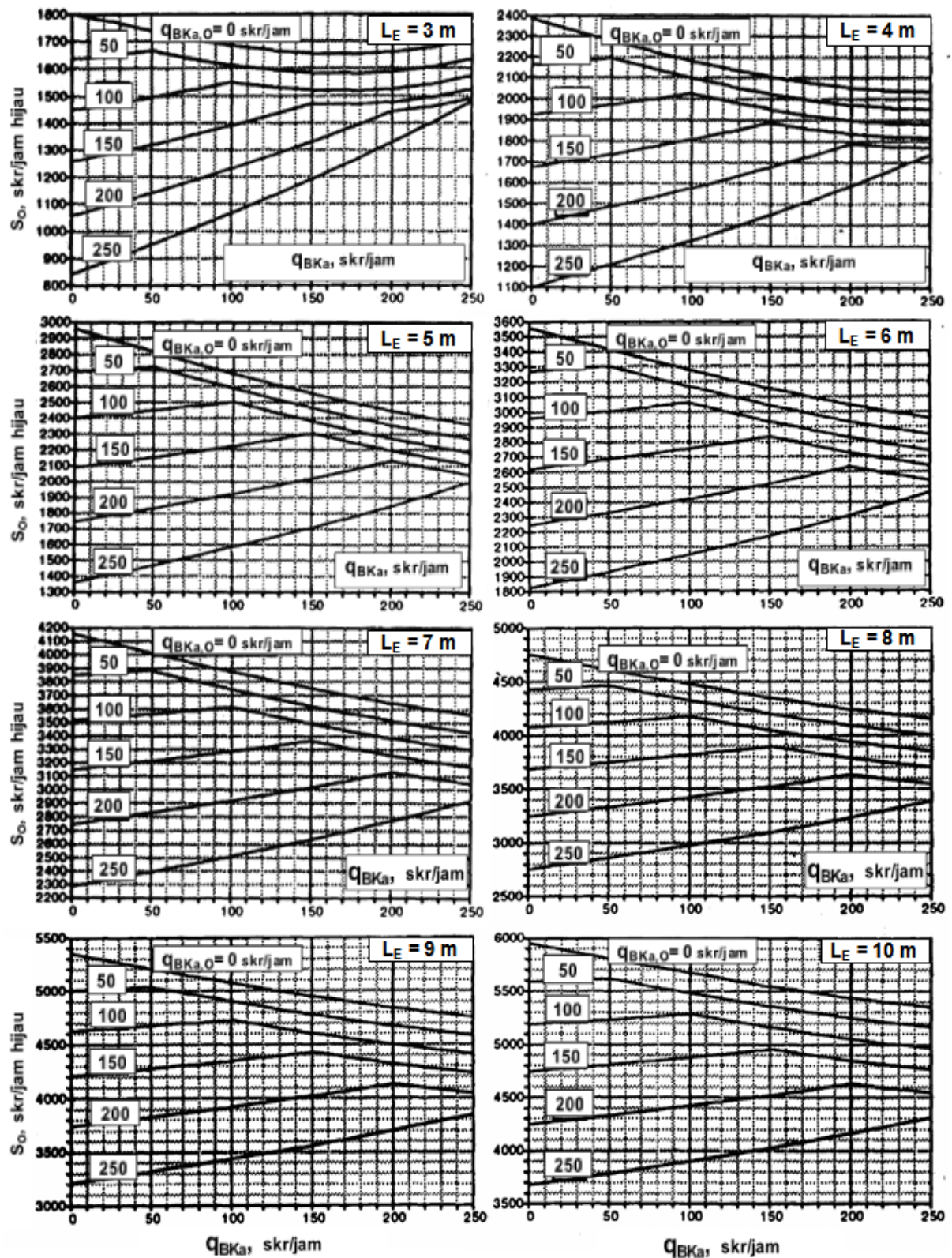
Gambar B. 1. Tipikal geometrik simpang-4



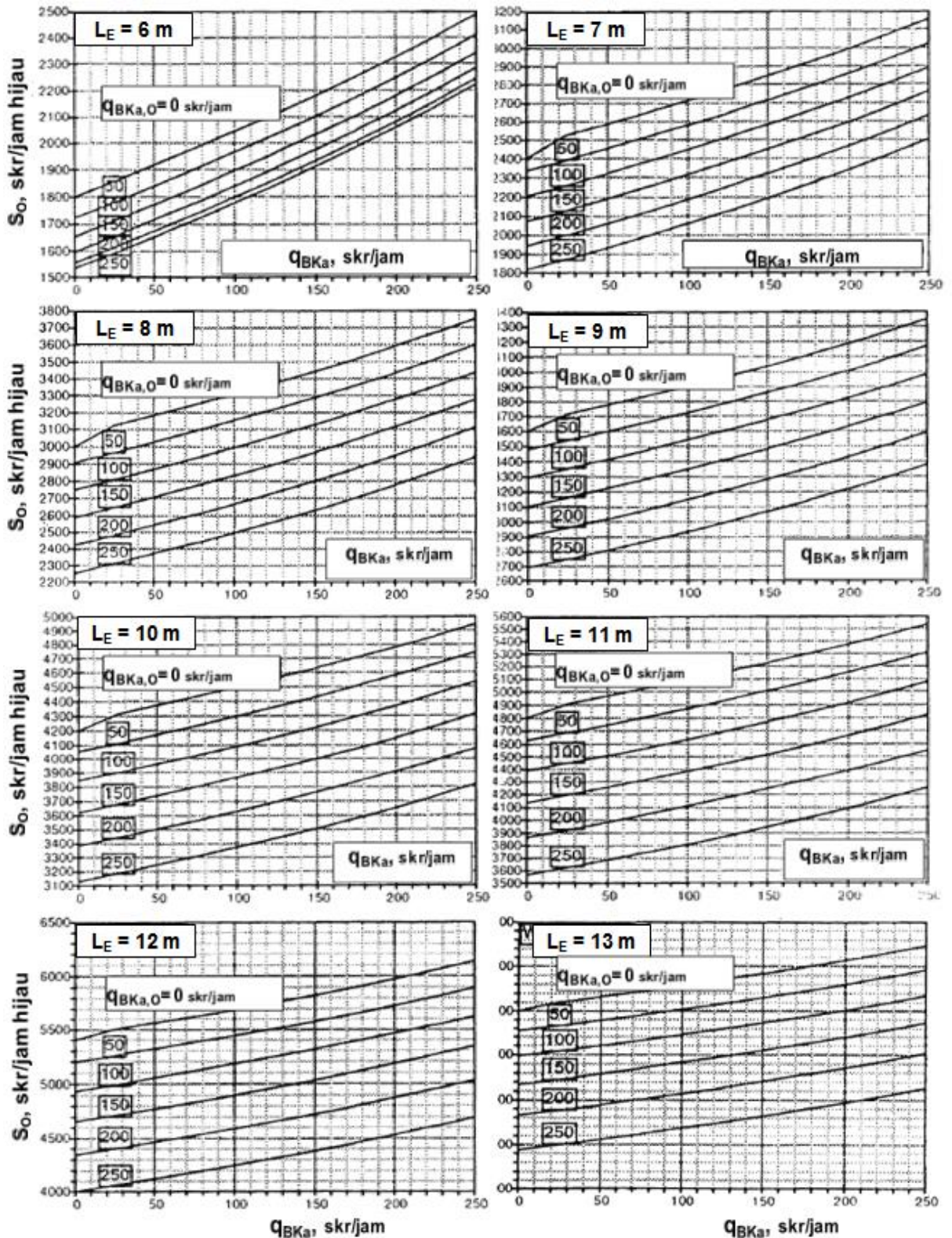
Gambar B. 2. Tipikal geometrik simpang-3



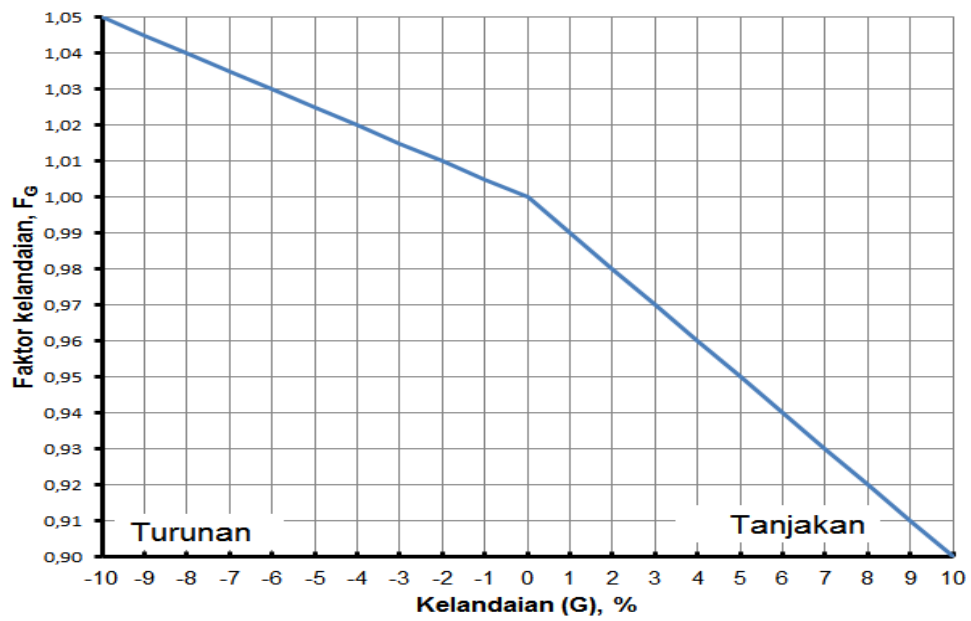
Gambar B. 3. Arus jenuh dasar untuk pendekat terlindung (tipe P)



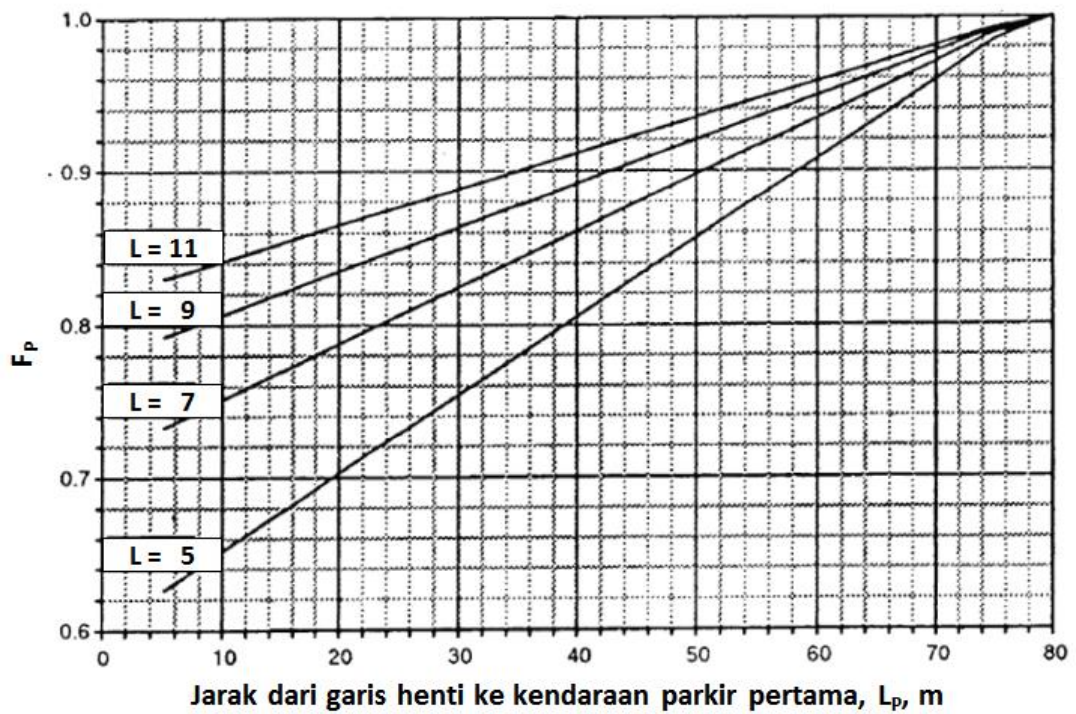
Gambar B. 4. Arus jenuh untuk pendekat tak terlindung (tipe O) tanpa lajur belok kanan terpisah



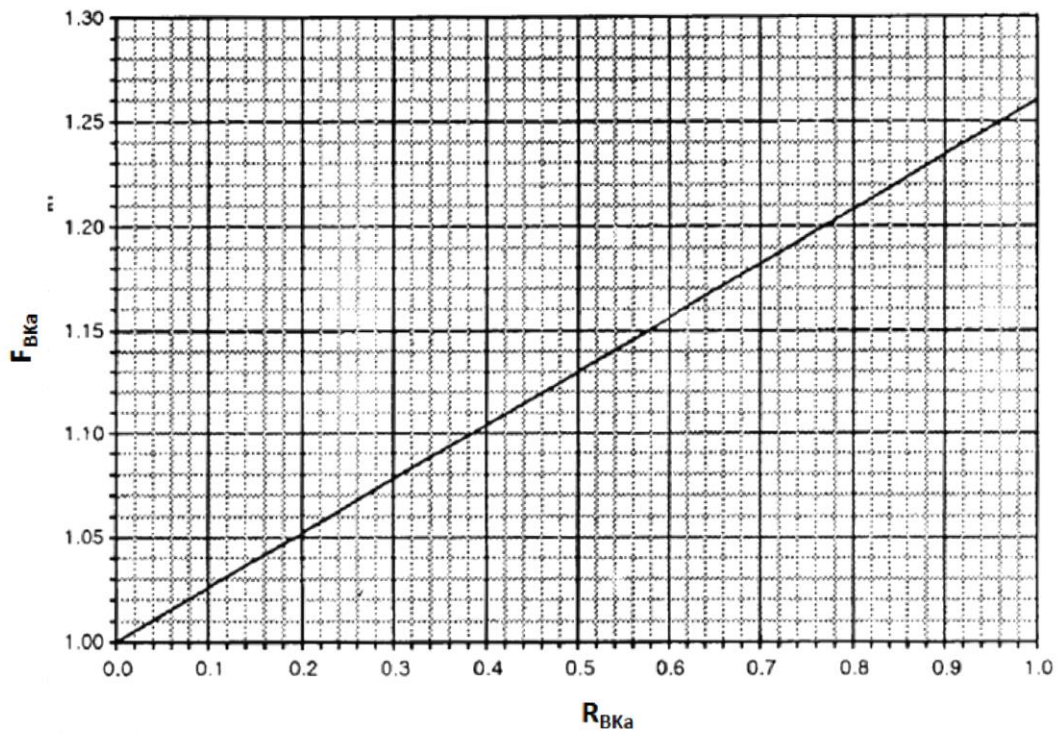
Gambar B. 5. Arus jenuh untuk pendekat tak terlindung (tipe O) yang dilengkapi lajur belok kanan terpisah



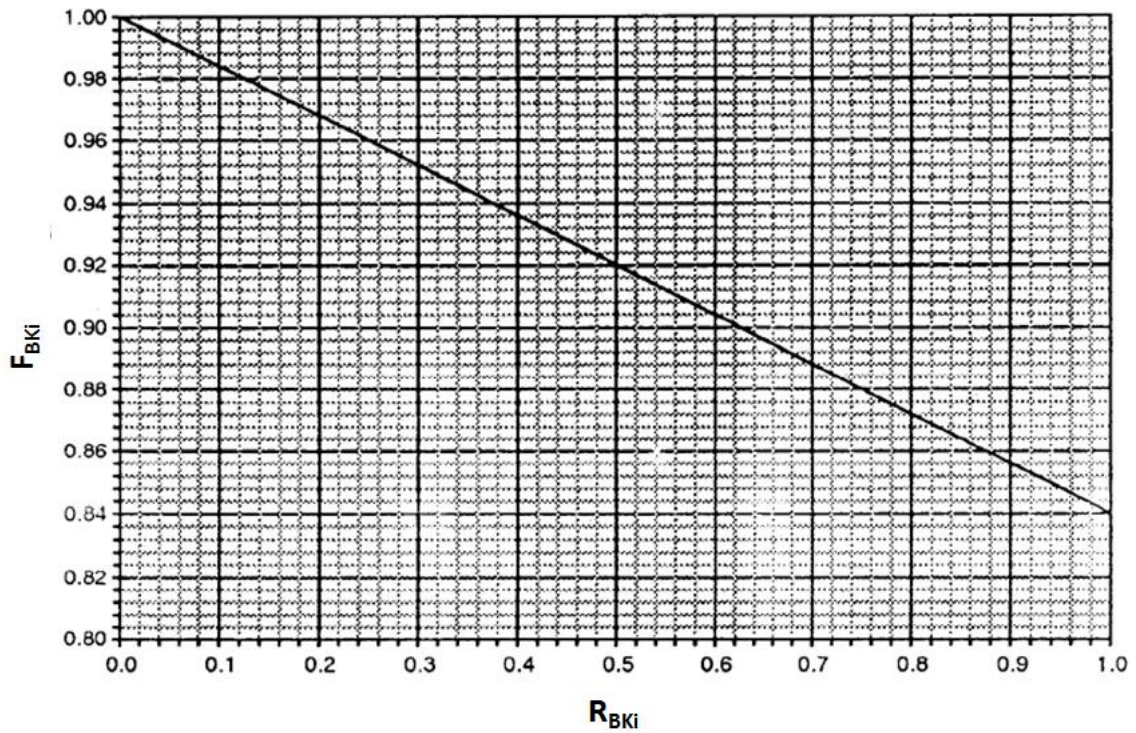
Gambar B. 6. Faktor penyesuaian untuk kelandaian (F_G)



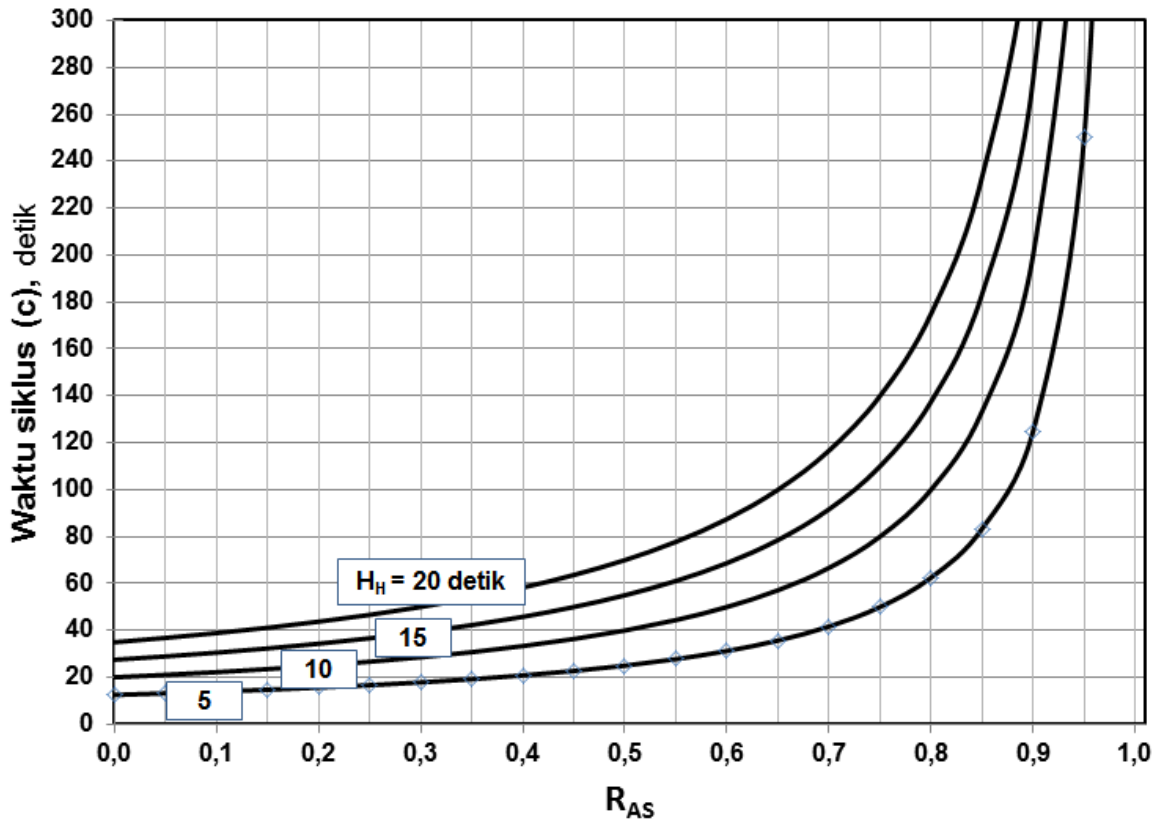
Gambar B. 7. Faktor penyesuaian untuk pengaruh parkir (F_P)



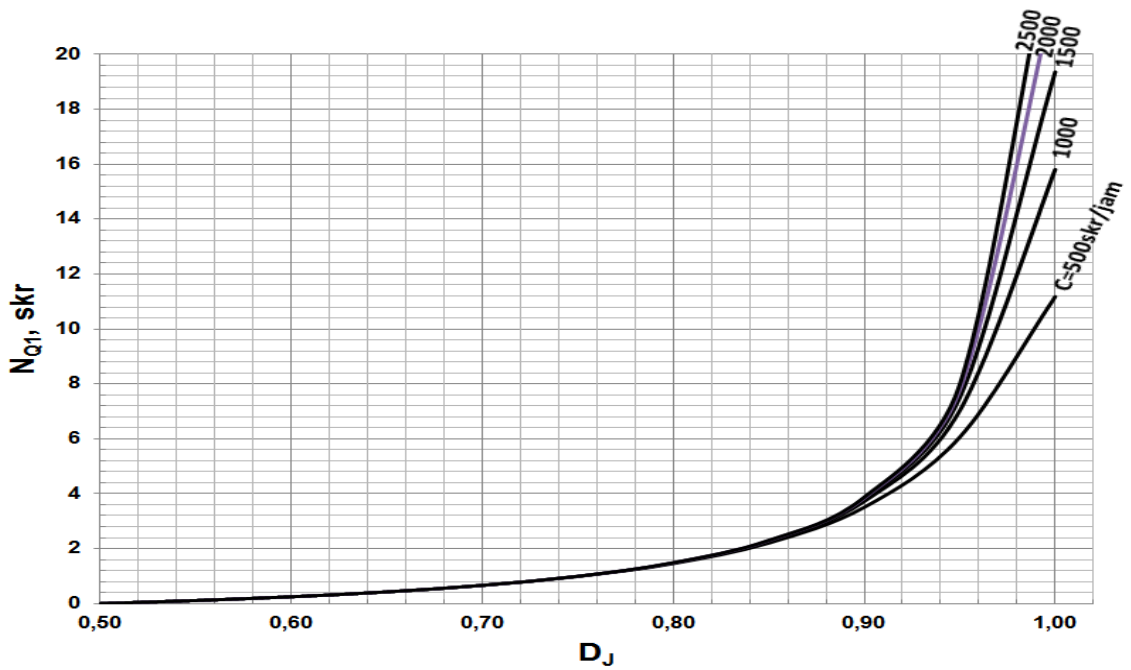
Gambar B. 8. Faktor penyesuaian untuk belok kanan (F_{BKa}), pada pendekatan tipe P dengan jalan dua arah, dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk



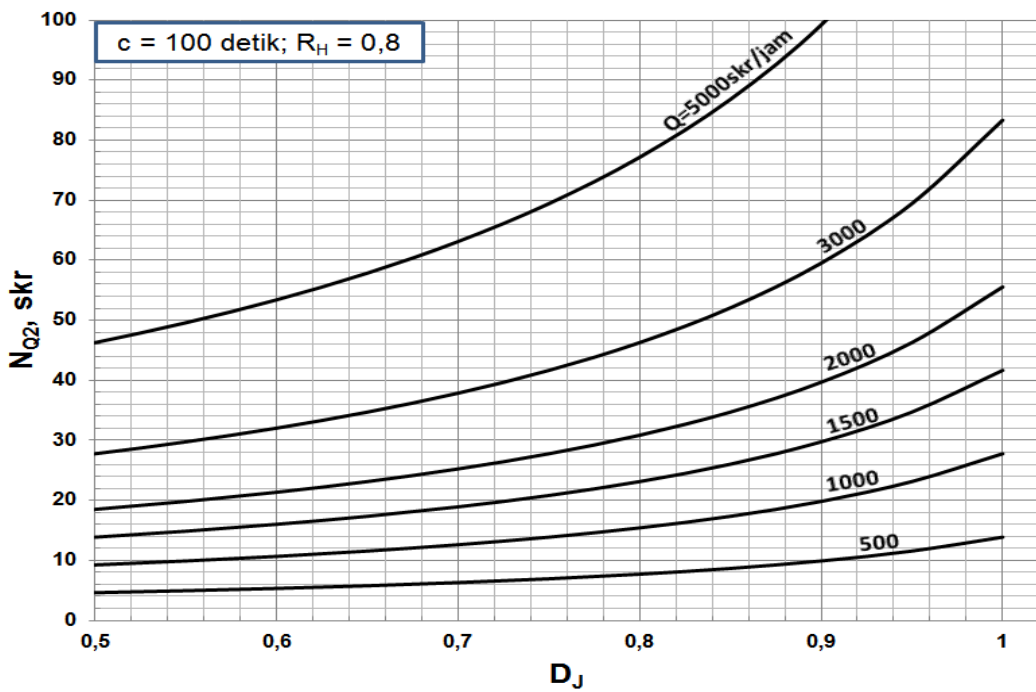
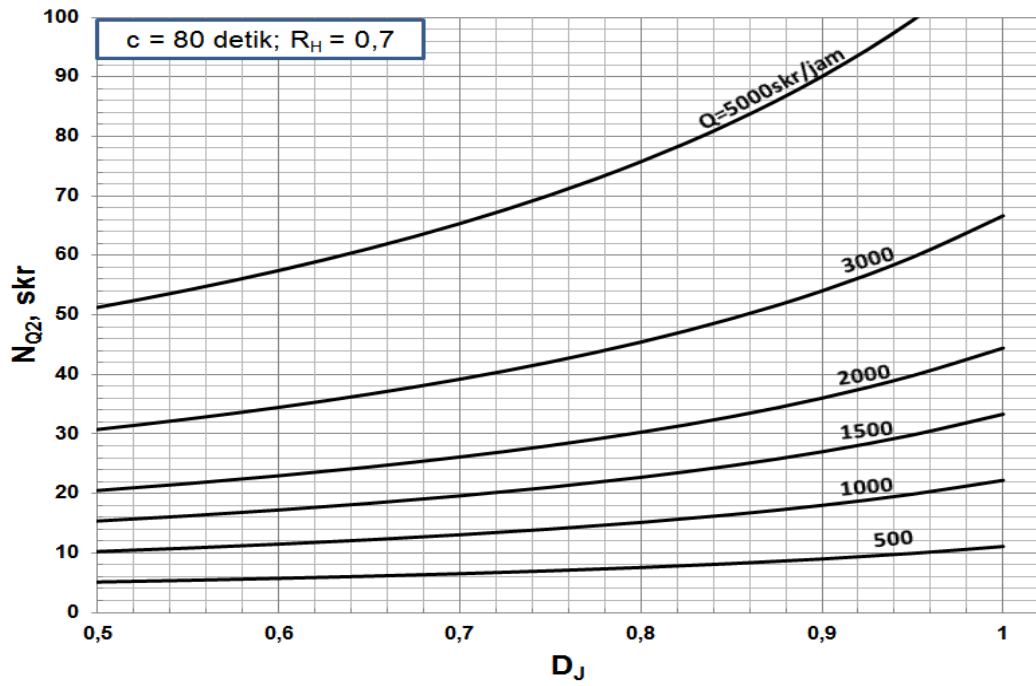
Gambar B. 9. Faktor penyesuaian untuk pengaruh belok kiri (F_{BKi}) untuk pendekatan tipe P, tanpa B_{KiJT} , dan L_e ditentukan oleh L_M



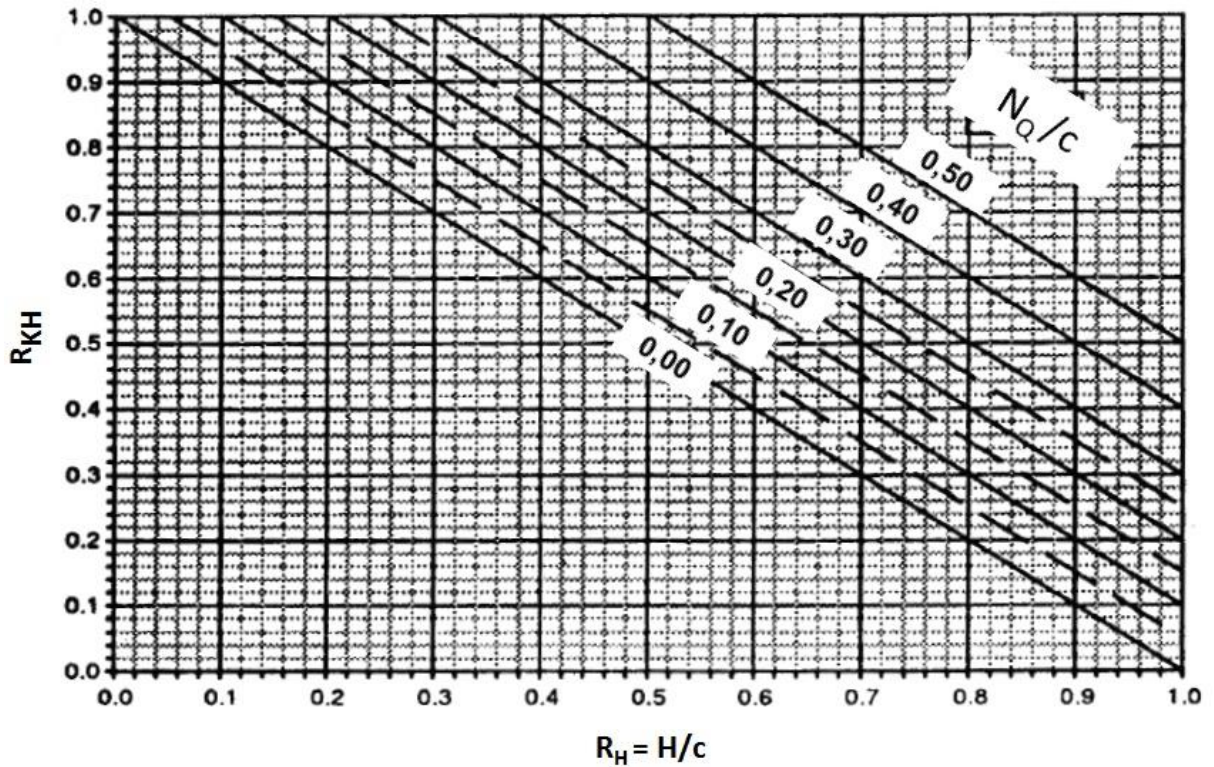
Gambar B. 10. Penetapan waktu siklus sebelum penyesuaian, c_{bp}



Gambar B. 11. Jumlah kendaraan tersisa (skr) dari sisa fase sebelumnya



Gambar B. 12. Jumlah kendaraan yang datang kemudian antri pada fase merah



Gambar B. 13. Penentuan rasio kendaraan terhenti, R_{KH}

Tabel B. 1. Tipikal geometrik dan pengaturan jenis fase

Tipe simpang	Pendekat jalan mayor			Pendekat jalan minor			Jenis fase	
	jumlah lajur	median	BKijT	jumlah lajur	median	BKijT	BK _i / BK _a (%)	
							10/10	25/25
411	1	Tanpa	Tanpa	1	Tanpa	Tanpa	42	42
412	2	Ada	Tanpa	1	Tanpa	Tanpa	42	42
422	2	Ada	Tanpa	2	Ada	Tanpa	42	42
422L	2	Ada	Ada	2	Ada	Ada	42	42
423	3	Ada	Tanpa	2	Ada	Tanpa	43A	43C
433	3	Ada	Tanpa	3	Ada	Tanpa	44C	44B
433L	3	Ada	Ada	3	Ada	Ada	44A	44B
434	4	Ada	Tanpa	3	Ada	Tanpa	44C	44B
444	4	Ada	Tanpa	4	Ada	Tanpa	44C	44B
444L	4	Ada	Ada	4	Ada	Ada	44C	44B
445L	5	Ada	Ada	4	Ada	Ada	44C	44B
455L	5	Ada	Ada	5	Ada	Ada	44C	44B
311	1	Tanpa	Tanpa	1	Tanpa	Tanpa	32	32
312	2	Ada	Tanpa	1	Tanpa	Tanpa	32	32
322	2	Ada	Tanpa	2	Ada	Tanpa	32	32
323	3	Ada	Ada	2	Ada	Ada	33	33
333	3	Ada	Tanpa	3	Ada	Tanpa	33	33
333L	3	Ada	Ada	3	Ada	Ada	33	33

Catatan: Lihat Gambar A.1.-A.3. dalam Lampiran A untuk kode pengaturan Jenis fase

Tabel B. 2. Ekvivalen Kendaraan Ringan

Jenis kendaraan	ekr untuk tipe pendekatan	
	Terlindung	Terlawan
KR	1,00	1,00
KB	1,30	1,30
SM	0,15	0,40

Tabel B. 3. Nilai normal waktu antar hijau

Ukuran simpang	Lebar jalan rata-rata (m)	Nilai normal A_H (detik/fase)
Kecil	6-<10	4
Sedang	10-<15	5
Besar	≥15	≥6

Tabel B. 4. Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{UK})

Jumlah penduduk kota (Juta jiwa)	Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{UK})
>3,0	1,05
1,0-3,0	1,00
0,5 – 1,0	0,94
0,1 – 0,5	0,83
<0,1	0,82

Tabel B. 5. Faktor penyesuaian untuk tipe lingkungan simpang, hambatan sampang, dan kendaraan tak bermotor (F_{HS})

Lingkungan jalan	Hambatan sampang	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥ 0,25
Komersial (KOM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Permukiman (KIM)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses terbatas	Tinggi/ Sedang/ Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
	Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88	

Tabel B. 6. Waktu siklus yang layak

Tipe pengaturan	Waktu siklus yang layak (detik)
Pengaturan dua-fase	40 -80
Pengaturan tiga-fase	50 - 100
Pengaturan empat-fase	80 - 130

RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Sufriandi
Tempat, Tanggal Lahir : Kutacane, 06 Oktober 1998
Alamat : Jl. Karya wisata Komplek Perumahan J. City

Jenis Kelamin : Laki –Laki
Agama : Islam
No. HP/Telp. Seluler : 0823 - 6604 - 8987
E-Mail : Sufriandiporang@gmail.com
Nama Orang Tua
Ayah : Rasyidin Porang
Ibu : Nurmasidah

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1607210146
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA, No.3, Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SDN 1 Blangkejeren	2010
2	SMP	SMP IT Al-Fitiyan School Banda Aceh	2013
3	SMA	SMA Al- Azhar Medan	2016
4	Melanjutkan Kuliah di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2016 Hingga Selesai		