

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Mhd. Ihsan Putra Lubis

NPM : 1307210024

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisa Traffic Light (Apill) Pada Persimpangan Jalan Tritura (Jalan Bajak) Medan Dengan Menggunakan Metode Mkji & Webster (Studi Kasus)

Bidang ilmu : Tansportasi.

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, Oktober 2017

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji

Dosen Pembimbing II / Peguji

Ir. Sri Asfiati, MT

Hj. Irma Dewi, ST, MSi

Dosen Pembanding I / Penguji

Dosen Pembanding II / Peguji

Andri, ST, MT

Dr. Ade Faisal, ST, MSc

Program Studi Teknik Sipil
Ketua,

Dr. Ade Faisal, ST, MSc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Mhd. Ihsan Putra Lubis

Tempat /Tanggal Lahir: Gunungsitoli / 05 September 1990

NPM : 1307210024

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil,

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

“Analisa Traffic Light (Apill) Pada Persimpangan Jalan Tritura (Jalan Bajak) Medan Dengan Menggunakan Metode Mkji & Webster”,

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, Oktober 2017

Saya yang menyatakan,



Mhd. Ihsan Putra Lubis

ABSTRAK

ANALISA TRAFFIC LIGHT (APILL) PADA PERSIMPANGAN JALAN TRITURA (JALAN BAJAK) MEDAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE MKJI & WEBSTER (STUDI KASUS)

Mhd. Ihsan Putra Lubis

1307210024

Ir. Sri Asfiati, M.T

Irma Dewi, S.T, M.Si

Persimpangan adalah lokasi / daerah dimana dua atau lebih ruas jalan yang saling bertemu atau bersilangan / berpotongan. Persimpangan dapat dipengaruhi kemampuan (*Capability*) jalan dalam melayani volume kendaraan dan volume pejalan kaki sebab “gangguan” kepada lalu lintas sering terjadi di persimpangan sehingga persimpangan harus dirancang sedemikian rupa, baik dari pengaturan geometriknya maupun dari pengaturan / pengendalian *Traffic Light* sehingga pergerakan arus lalu lintas pada persimpangan dapat terkendali aman dan nyaman. Persimpangan pada Jl. Marendal Jl. Bajak (arah Sp. Limun) Jl. A.H Nasution (arah Jl. Johor) Jl. A.H Nasution (arah SM. Raja) Medan. Adapun analisa yang dilakukan penulis adalah dengan menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI, 1997) yang meliputi analisa terhadap kapasitas persimpangan, waktu siklus, panjang antrian, system fase dan lain-lain dan menggunakan metode Webster meliputi analisa terhadap arus jenuh, waktu hijau efektif, waktu siklus dan tundaan. Setelah dilakukan survey terhadap volume lalu lintas, waktu siklus, dan geometrik persimpangan selama tujuh hari serta penganalisaan data dengan menggunakan MKJI 1997, maka penulis mendapatkan hasil yaitu untuk 4 fase sebesar 101 detik. Sedangkan waktu siklus yang ada dengan 4 fase sebesar 98 detik. Hal ini disebabkan oleh karena meningkatnya pertumbuhan lalu lintas yang sangat cepat sehingga melampaui kapasitas perencanaan sebelumnya.

Kata Kunci : persimpangan, lampu lalu lintas, arus jenuh, waktu siklus.

ABSTRACT

ANALYSIS OF TRAFFIC LIGHT (APILL) AT THE CROSSROADS TRITURA (ROAD BAJAK) MEDAN USING MKJI & WEBSTER METHOD (CASE STUDY)

Mhd. Ihsan Putra Lubis

1307210024

Ir. Sri Asfiati, M.T

Irma Dewi, S.T, M.Si

Intersection is the location or area where two or more roads meet or cross / intersect. Junctions can be affected capability way to serve the volume of vehicles and pedestrian volumes cause “disruption” to the frequent traffic at intersections so that the intersection should be designed in such a way, both of the geometric arrangement and comfortably. Intersection on Jl. Marendal Jl. Bajak (arah Sp. Limun) Jl. A.H Nasution (arah Jl. Johor) Jl. A.H Nasution (arah SM. Raja) Medan observed by the author, particularly in the peak hours often experience congestion. The author tries to analyze the Traffic Light system at the intersection of Jl. Marendal-Jl. Bajak (arah Sp. Limun) – Jl. A.H Nasution (arah Jl. Johor)-Jl. A.H Nasution (arah SM. Raja) Medan. The analysis conducted by the author is using the capacity Manual Highway Capacity 1997 (MKJI, 1997) that includes an analysis of the capacity of the intersection, cycle time, long queues, system phase and the others and use the Webster method includes an analysis of the saturation flow, effective green time, cycle time and delay. After a survey of traffic volume, cycle time, and geometric intersection for seven days and analyzing the data using MKJI 1997, the authors find that the results for the 4 phase of 101 seconds. While the existing cycle time by 4 phases of 98 seconds. This is caused by the increasing growth of traffic very quickly that exceed the capacity of the previous plan.

Keywords: intersection, traffic light, the saturated, cycle time.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Traffic Light (Apill) Pada Persimpangan Jalan Tritura (Jalan Bajak) Medan Dengan Menggunakan Metode Mkji & Webster” 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. Ibu Ir. Sri Asfiati, M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Hj. Irma Dewi, S.T, M.Si selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Andri S.T, M.T, selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, ST, MSc yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Rahmatullah ST, MSc selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.

7. Orang tua penulis: Maswan Lubis dan Ganto Sori Caniago beserta kakanda Sri Sumarni Syahputri Lubis, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Meilin Waruwu Spd sebagai teman hidup yang mendampingi serta memberikan semangat dalam menyelesaikan penulisan ini. Serta teman-teman seperjuangan teknik sipil 2013 Mayaldi Caesar Hasibuan, Erick Yulian Ujung, Zainal Bakti Harahap, Anggy Pura Ariandy Hsb, M. Sulaiman Syahputra terutama untuk bidang transportasi, dan lainnya 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, Oktober 2017

Mhd. Ihsan Putra Lubis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
1.6. Sistematis Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pengertian Persimpangan	4
2.2. Kondisi dan Karakteristik Lalu Lintas	6
2.3. Tujuan Pengaturan Simpang	8
2.4. Gerakan Lalu Lintas pada Persimpangan	9
2.5. Simpang Bersinyal	12
2.6. Pengaturan Lalu Lintas pada Persimpangan	13
2.6.1. Simpang Tanpa Prioritas (<i>Non Priority Junction</i>)	14
2.6.2. Simpang dengan Prioritas (<i>Priority Junction</i>)	14
2.6.3. Simpang dengan Lampu Lalu Lintas (<i>Signalized Junction</i>)	16
2.6.4. Karakteristik <i>Traffic Light</i>	19
2.6.5. Pengaturan Fase	20
2.7. Ruas Jalan dan Persimpangan	25
2.7.1. Kapasitas Tingkat Pelayanan	25

2.7.2. Jenis – Jenis Persimpangan	28
2.8. Metode Perhitungan dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)	29
2.9. Pertumbuhan Lalu Lintas	42
2.10. Metode Perhitungan Dengan Metode Webster	42
2.10.1. Arus Jenuh	43
2.10.2. Tundaan	45
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	47
3.1. Tahapan Persiapan	48
3.2. Tahapan Kerja Penelitian	48
3.3. Metode Survey	49
3.3.1. Pengumpulan Data	49
3.4. Perancangan Survei Lalu Lintas	52
3.4.1. Survei untuk prosedur perhitungan MKJI	52
3.5. Survei untuk Prosedur Perhitungan Metode Webster	54
3.5.1. Parameter Kinerja	54
BAB 4 ANALISA DATA	56
4.1. Pengumpulan Data	56
4.1.1. Road Inventory Survey	56
4.1.2. Waktu Tempuh	57
4.1.3. Volume Lalu Lintas	57
4.1.4. Pengaturan sinyal	58
4.2. Analisa data persimpangan eksisting dan proyeksi lalu lintas	61
4.2.1. Analisis data persimpangan eksisting waktu puncak	61
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	78
5.1. KESIMPULAN	78
5.2. SARAN	79
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Nilai Normal Waktu Antar Hijau	21
Tabel 2.2.	Penentuan tipe pendekat	22
Tabel 2.3.	Kriteria Tingkat Pelayanan Pada Persimpangan Bersinyal	25
Tabel 2.4.	Tipe Kendaraan	30
Tabel 2.5.	Nilai Konversi Satuan Mobil Penumpang pada Simpang	30
Tabel 2.6.	Faktor Penyesuaian ukuran kota Fcs	32
Tabel 2.7.	Faktor Penyesuaian Untuk tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (Fsf)	32
Tabel 2.8.	Waktu Siklus yang Layak Untuk Simpang	36
Tabel 2.9.	Arus Jenuh Untuk Lebar Pendekat < 5,5 m	43
Tabel 4.1.	Kondisi Lapangan Jl. Marendal – Jl. Bajak (Arah Sp. Limun) – Jl. A.H Nasution (Arah Jl. Johor) – Jl. A.H Nasution (Arah SM. Raja)	56
Tabel 4.2.	Data Arus Lalu Lintas Jl. Marendal – Jl. Bajak (Arah Sp. Limun) – Jl. A.H Nasution (Arah Jl. Johor) –Jl. A. H Nasution (Arah Jl. SM. Raja)	58
Tabel.4.3.	Hasil Pengamatan waktu sinyal dan siklus tiap fase pada waktu jam puncak pagi, siang, sore	61
Tabel 4.4.	Arus jenuh untuk lebar pendekat	72
Tabel 4.5.	Menghitung Y kritis	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Tipe Dasar Gerakan Diverging	9
Gambar 2.2.	Tipe Dasar Gerakan Merging	9
Gambar 2.3.	Tipe Dasar Gerakan Weaving	10
Gambar 2.4.	Tipe Dasar Gerakan <i>Crossing</i>	10
Gambar 2.5.	Konflik Lalu lintas pada persimpangan sebidang tak bersinyal	11
Gambar 2.6.	Konflik Lalu lintas pada persimpangan sebidang bersinyal	13
Gambar 2.7.	Persimpangan tanpa Prioritas	14
Gambar 2.8.	Persimpangan dengan Prioritas	15
Gambar 2.9.	Rambu Lalu Lintas untuk Simpang dengan Prioritas	16
Gambar 2.10.	Persimpangan dengan <i>Traffic Light</i>	17
Gambar 2.11.	Pengaturan Simpang dengan Dua Fase	23
Gambar 2.12.	Pengaturan Simpang Tiga Fase dengan <i>Late Cut-Off</i>	23
Gambar 2.13.	Pengaturan Simpang Tiga Fase dengan <i>Early-Start</i>	23
Gambar 2.14.	Pengaturan Simpang Tiga Fase dengan Pemisahan Belok Kanan	24
Gambar 2.15.	Pengaturan Simpang Empat Fase dengan Pemisahan Belok Kanan	24
Gambar 2.16.	Pengaturan Simpang Empat Fase dengan Arus Berangkat dari Satu per satu Pendekat pada Saatnya Masing-masing	24
Gambar 2.17.	Kelompok umum Simpang susun jalan bebas hambatan	29
Gambar 2.18.	Lebar efektif ruas jalan (W_e)	33
Gambar 2.19.	Faktor koreksi untuk kemiringan jalan (F_g)	33
Gambar 2.20.	Faktor penyesuaian untuk pengaruh parkir (F_p)	34
Gambar 2.21.	Faktor penyesuaian untuk kendaraan belok kanan (F_{rt})	34
Gambar 2.22.	Faktor penyesuaian untuk kendaraan belok kiri (F_{lt})	35
Gambar 2.23.	Peluang Untuk Pembebanan Lebih (POL)	38
Gambar 2.24.	Bagan Prosedur Perhitungan dengan MKJI	41
Gambar 3.1.	Diagram Alir Langkah – Langkah penelitian	47
Gambar 3.2.	Peta Lokasi	51

Gambar 4.1.	Fase 1 arah Utara	59
Gambar 4.2.	Fase 2 arah Selatan	59
Gambar 4.3.	Fase 3 arah Barat	60
Gambar 4.4.	Fase 4 arah Timur	60

DAFTAR NOTASI

NOTASI	ISTILAH	DEFENISI
emp	Ekivalen Mobil Penumpang	Faktor dari berbagai tipe kendaraan sehubungan dengan keperluan waktu hijau untuk keluar dari antrian apabila dibandingkan dengan sebuah kendaraan ringan (untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan ringan yang sasisnya sama, $emp=1,0$)
smp	Satuan Mobil Penumpang	Satuan arus lalu lintas dari berbagai tipe kendaraan yang diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan faktor emp
Type O	Arus berangkat terlawan	Keberangkatan dengan konflik antara gerak belok kanan dan gerak lurus/belok kiri dari bagian pendekat dengan lampu hijau pada fase yang sama
Type P	Arus berangkat terlindung	Keberangkatan tanpa konflik antara gerakan lalu lintas belok kanan dan lurus
LT	Belok kiri	Indeks untuk lalu lintas belok kiri
LTOR	Belok kiri langsung	Indeks untuk lalu lintas yang belok kiri
ST	Lurus	Indeks untuk lalu lintas yang lurus
RT	Belok kanan	Indeks untuk lalu lintas yang belok kekanan
T	Pembelokan	Indeks untuk lalu lintas yang berbelok
PRT	Rasio belok kanan	Rasio untuk lalu lintas yang belok kekanan
Q	Arus lalu lintas	Jumlah arus lalu lintas yang melalui titik tak terganggu di hulu, pendekat per satuan waktu (sbg. Contoh: kebutuhan lalu lintas kend/jam;smp/jam)

QO	Arus melawan	Arus lalu lintas dalam pendekat yang berlawanan, yang berangkat dalam fase hijau yang sama
QRTO	Arus melawan, belok kanan	Arus dari lalu lintas belok kanan dari pendekat yang berlawanan (kend/jam; smp/jam)
S	Arus jenuh	Besarnya keberangkatan antrian di dalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan (smp/jam hijau)
SO	Arus jenuh dasar	Besarnya keberangkatan antrian di dalam pendekat selama kondisi ideal (smp/jam hijau)
DS	Derajat kejenuhan	Rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat (Q_{xc}/S_{xg})
FR	Rasio arus	Rasio arus terhadap arus jenuh (Q/S) dari suatu pendekat
IFR	Rasio arus Simpang	Jumlah dari rasio arus kritis (=tertinggi) untuk semua fase sinyal yang berurutan dalam suatu siklus ($IFR = \sum(Q/S)_{CRIT}$)
PR	Rasio fase	Rasio arus kritis dibagi dengan rasio arus Simpang (sbg. Contoh: untuk fase I : $PR = FR/IFR$)
C	Kapasitas	Arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan (sbg. Contoh, untuk bagian pendekat j: $C_j = S_j x g_j / c$; kend/jam, smp/jam)
F	Faktor penyesuaian	Faktor koreksi untuk penyesuaian dari nilai ideal ke nilai sebenarnya dari suatu variabel
D	Tundaan	Waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui Simpang apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui suatu simpang Tundaan terdiri dari Tundaan Lalu Lintas (DT) dan Tundaan Geometri (DG). DT adalah waktu

		menunggu yang disebabkan interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang bertentangan. DG adalah disebabkan oleh perlambatan dan percepatan kendaraan yang membelok disimpangan dan/atau yang terhenti oleh lampu merah
QL	Panjang antrian	Panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat (m)
NQ	Antrian	Jumlah kendaraan yang Antri dalam suatu pendekat (kend; smp)
NS	Angka henti	Jumlah rata-rata berhenti per kendaraan (termasuk berhenti berulang-ulang dalam antrian)
PSV	Rasio kendaraan terhenti	Rasio dari arus lalu lintas yang terpaksa berhenti sebelum melewati garis henti akibat pengendalian sinyal
	Pendekat	Daerah dari suatu lengan persimpangan jalan untuk kendaraan mengantri sebelum keluar melewati garis henti. (Bila gerakan lalu lintas kemiri atau kekanan dipisahkan dengan pulau lalu lintas, sebuah lengan persimpangan jalan dapat mempunyai dua pendekat)
WA	Lebar pendekat	Lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, diukur di bagian tersempit Di sebelah hulu (m)
WMASUK	Lebar masuk	Lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, diukur pada garis henti (m)
WKELUAR	Lebar keluar	Lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, yang digunakan oleh lalu lintas buangan setelah melewati persimpangan jalan (m)

We	Lebar efektif	Lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, yang digunakan dalam perhitungan kapasitas (yaitu dengan pertimbangan terhadap WA, WMASUK dan WKELUAR dan gerakan lalu lintas membelok; m)
L	Jarak	Panjang dari segmen jalan (m)
GRAD	Landai jalan	Kemiringan dari suatu segmen jalan dalam arah perjalanan (+/-%)
COM	Komersial	Tata guna lahan komersial (sbg. Contoh: toko, restoran, kantor) dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan
RES	Permukiman	Tata guna lahan tempat tinggal dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan
RA	Akses terbatas	Jalan masuk langsung terbatas atau tidak ada sama sekali (sbg. Contoh: karena adanya hambatan fisik, jalan samping dsb.)
CS	Ukuran kota	Jumlah penduduk dalam suatu daerah perkotaan
SF	Hambatan samping	Interaksi antara arus lalu lintas dan kegiatan di samping jalan yang menyebabkan pengurangan terhadap arus jenuh di dalam pendekat
I	Fase	Bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijau disediakan bagi kombinasi tertentu dari gerakan lalu lintas (i=indeks untuk nomor fase)
c	Waktu siklus	Waktu untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal (sbg. Contoh: di antara dua saat permulaan hijau yang berurutan di dalam pendekat yang sama; det)
g	Waktu hijau	Waktu nyala hijau dalam suatu pendekat(det.)

Gmax	Waktu hijau maksimum	Waktu hijau maksimum yang diijinkan dalam suatu fase untuk kendali lalu lintas aktuasi kendaraan (det)
gmin	Waktu hijau minimum	Waktu hijau minimum yang diperlukan (sbg. Contoh: karena penyeberangan pejalan kaki, det)
GR	Rasio hijau	Perbandingan antara waktu hijau dan waktu siklus dalam suatu pendekat ($GR=g/c$)
ALL-RED	Waktu merah semua	Waktu dimana sinyal merah menyala bersamaan dalam pendekat-pendekat yang dilayani oleh dua fase sinyal yang berurutan (det)
AMBER	Waktu kuning	Waktu dimana lampu kuning dinyalakan setelah hijau dalam sebuah pendekat (det)
IG	Antar hijau	Periode kuning+merah semua antara dua fase sinyal yang berurutan (det)
LTI	Waktu hilang	Jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap (det). Waktu hilang dapat juga diperoleh dari beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau dalam semua fase yang berurutan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan merupakan bagian dari prasarana transportasi darat yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan pengembangan suatu daerah serta dapat membuka hubungan sosial, ekonomi dan budaya antar daerah. Kapasitas dari suatu jaringan jalan di daerah perkotaan dapat dipengaruhi oleh perilaku lalu lintas dari suatu fasilitas pada kondisi lalu lintas, geometric jalan dan juga keadaan lingkungan tertentu.

Seiring dengan perkembangan kota Medan, maka arus transportasi di Jalan Tritura (Bajak) juga semakin padat. Kemacetan lalu lintas (*congestion*) di jalan Tritura terjadi karena ruas jalan tersebut sudah mulai tidak mampu menerima/melewatkan luapan arus kendaraan yang datang secara lancar. Hal ini dapat terjadi karena pengaruh hambatan/ gangguan samping (*side friction*) yang tinggi, sehingga mengakibatkan penyempitan ruas jalan (*bottleneck*), seperti: parkir di badan jalan (*on road parking*), pangkalan becak dan angkot, kegiatan sosial yang menggunakan badan jalan (pesta atau kematian) dan pedestrian (berjalan di badan jalan dan menyeberang jalan). Selain itu, kemacetan juga sering terjadi akibat manajemen persimpangan (dengan atau tanpa lampu) yang kurang tepat, ditambah lagi meningginya aksesibilitas penggunaan lahan (*and use*) di sekitar sisi jalan tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan latar belakang sebagaimana disajikan di atas, maka permasalahan yang diperlukan untuk kajian adalah:

1. Bagaimana system *traffic light* pada persimpangan jalan tritura yang meliputi: kapasitas persimpangan, derajat kejenuhan, tundaan, panjang antrian dan waktu siklus yang tepat pada pertumbuhan lalu lintas

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Seiring dengan pertumbuhan dan perkembangan kota Medan, khususnya ruas jalan Tritura (jalan Bajak) dan proporsi badan jalan serta aktifitas segmen samping maka diperlukan suatu pemikiran untuk mengatasinya. Untuk mendapatkan suatu sasaran yang lebih terarah dan jelas, dimana ruang lingkup dalam penelitian “Analisa Traffic Light Pada Persimpangan Jalan Tritura (Jalan Bajak) Medan Dengan Menggunakan Metode Mkji & Webster” maka ruang lingkup dan batasan masalah ini dilakukan sebagai berikut:

1. Meninjau dan menganalisa kembali system *traffic light* pada persimpangan jalan tritura yang meliputi : kapasitas persimpangan, derajat kejenuhan, tundaan, panjang antrian dan waktu siklus yang tepat pada pertumbuhan lalu lintas dengan menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997) dan Metode Webster.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tujuan yaitu :

1. Untuk memeriksa dan menganalisa kembali system *traffic light* pada persimpangan jalan tritura yang meliputi : kapasitas persimpangan, derajat kejenuhan, tundaan, panjang antrian dan waktu siklus yang tepat pada pertumbuhan lalu lintas dengan menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997) dan Metode Webster.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk melakukan pengamatan terhadap kapasitas persimpangan, derajat kejenuhan, tundaan, panjang antrian dan waktu siklus yang tepat pada pertumbuhan lalu lintas dengan menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997) dan Metode Webster, serta untuk dapat mengetahui penyebab lain yang mengakibatkan kemacetan.

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 METODOLOGI

Bab ini membahas tentang pendeskripsian dan langka-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. Pengertian Persimpangan

Persimpangan adalah tempat dimana dua atau lebih ruas jalan yang saling bertemu atau bersilangan/ berpotongan, termasuk di dalamnya fasilitas jalur jalan dan tepi jalan. Jaringan lalu lintas dan angkutan jalan adalah serangkaian simpul dan/atau ruang kegiatan yang saling terhubung untuk penyelenggaraan lalu lintas dan angkutan jalan (UU No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, pasal 1 ayat 4). Artinya, lalu lintas dan angkutan jalan mempunyai peran strategis dalam mendukung pembangunan dan integrasi nasional sebagai bagian dari upaya memajukan kesejahteraan umum sebagaimana diamanatkan oleh Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945. Sebagai bagian dari sistem transportasi nasional, lalu lintas dan angkutan jalan harus dikembangkan potensi dan perannya untuk mewujudkan keamanan, kesejahteraan, ketertiban berlalu lintas dan angkutan jalan dalam rangka mendukung pembangunan ekonomi dan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, otonomi daerah, serta akuntabilitas penyelenggaraan negara.

Kondisi jalan yang lancar merupakan ukuran kualitatif yang menggambarkan kondisi operasional lalu lintas dan persepsi pengguna jalan terhadap kecepatan, waktu tempuh, kebebasan bermanuver, kenyamanan, gangguan lalu lintas dan jalan, selanjutnya pada penelitian ini disebut sebagai tingkat kelancaran jalan.

Tingkat kelancaran lalu lintas tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Kondisi kegiatan penduduk dan pola penggunaan lahan sekitar ruas jalan;
2. Kondisi persimpangan sepanjang jalan;
3. Kondisi trase jalan;
4. Kondisi volume lalu lintas;
5. Kondisi kecepatan kendaraan.

Segmen jalan perkotaan/semi perkotaan adalah suatu segmen jalan yang mempunyai perkembangan secara permanen dan menerus sepanjang seluruh atau

hampir seluruh jalan, minimum pada satu sisi jalan, apakah berupa perkembangan lahan atau bukan. Jalan di atau dekat pusat perkotaan dengan lebih dari 100,000 selalu digolongkan dalam kelompok ini. Jalan di daerah perkotaan dengan penduduk kurang dari 100,000 juga digolongkan dalam kelompok ini jika mempunyai perkembangan samping jalan yang permanen dan menerus.

Indikasi lebih lanjut tentang daerah perkotaan atau semi perkotaan adalah karakteristik arus Lalu lintas puncak pada pagi hari dan sore hari, secara umum lebih tinggi dan terdapat perubahan komposisi lalu lintas (dengan persentase kendaraan pribadi dan sepeda motor yang lebih tinggi dan persentase truk berat yang lebih rendah dalam arus lalu lintas). Peningkatan arus yang berarti pada jam puncak biasanya menunjukkan perubahan distribusi arah lalu lintas (tidak seimbang), dan arena itu batas segmen jalan harus dibuat antara segmen jalan luar kota dan jalan semi perkotaan. Dengan cara yang sama, perubahan arus yang berarti biasanya juga menunjukkan batas segmen. Indikasi lain yang membantu (walaupun tidak pasti) yaitu keberadaan kereb; jalan luar kota jarang dilengkapi kereb.

Karakteristik jalan pada jalan perkotaan adalah:

1. Tipe jalan: berbagai tipe jalan akan menunjukkan kinerja berbeda pada pembebanan lalu lintas tertentu. Berbagai tipe jalan seperti disebutkan di atas;
2. Lebar jalur lalu lintas: kecepatan arus bebas dan kapasitas meningkat dengan penambahan lebar jalur Lalu lintas;
3. Kereb: kereb sebagai batas antara Lalu lintas dan trotoar berpengaruh terhadap dampak hambatan samping pada kapasitas dan kecepatan. Kapasitas jalan dengan kereb lebih kecil dari jalan dengan bahu. Selanjutnya kapasitas berkurang jika terdapat penghalang tetap dekat tepi jalur Lalu lintas, tergantung apakah jalan mempunyai kereb atau bahu jalan;
4. Bahu: jalan perkotaan tanpa kereb pada umumnya mempunyai bahu pada kedua sisi jalur lalu lintasnya. Lebar dan kondisi permukaannya mempengaruhi penggunaan bahu, berupa penambahan kapasitas, dan kecepatan pada arus tertentu, akibat penambahan lebar bahu, terutama karena pengurangan hambatan samping yang disebabkan kejadian di sisi jalan seperti kendaraan angkutan umum berhenti, pejalan kaki dan sebagainya;

5. Median: median yang direncanakan dengan baik bias mengoptimalkan kapasitas;
6. Alinyemen jalan: lengkung horizontal dengan jari-jari kecil mengurangi kecepatan arus bebas. Tanjakan yang curam juga mengurangi kecepatan arus bebas. Dikarenakan secara umum kecepatan arus bebas di daerah perkotaan adalah rendah maka pengaruh ini diabaikan.

Untuk masing-masing tipe jalan tersebut, prosedur perhitungan dapat digunakan untuk analisa operasional, perencanaan dan perancangan jalan perkotaan (sering disebut jalan kota) Beberapa hasil studi dan identifikasi menunjukkan bahwa lokasi kemacetan secara umum terjadi pada persimpangan atau titik-titik tertentu yang terletak di sepanjang ruas jalan. Sebab-sebab terjadinya kemacetan di persimpangan antara lain adanya permasalahan dari konflik akibat pergerakan-pergerakan kendaraan yang membelok dan adanya masalah pada pengendaliannya. Sedangkan permasalahan yang timbul pada ruas jalan karena adanya gangguan terhadap kelancaran arus lalu lintas yang ditimbulkan dari berbagai akses jalan yang berkumpul pada suatu ruas jalan, bercampurnya segala jenis kendaraan atau dari tingkah laku para pengemudi kendaraan itu sendiri. Karena ruas jalan pada suatu persimpangan digunakan secara bersama-sama maka kondisi suatu persimpangan harus dapat direncanakan sebaik mungkin.

2.2. Kondisi dan Karakteristik Lalu Lintas

1. Ekuivalen mobil penumpang adalah variabel berbagai tipe kendaraan sehubungan dengan keperluan waktu hijau untuk keluar masuk antrian apabila dibandingkan dengan sebuah kendaraan ringan (untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan yang sasisnya sama, $emp = 1,0$).
2. Satuan mobil penumpang adalah satuan arus lalu lintas dari berbagai tipe kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan variabel emp .

3. Arus berangkat terlawan adalah keberangkatan dengan konflik antara gerak belok kanan dengan gerak lurus/belok kiri dari bagian pendekat dengan lampu hijau pada fase yang sama.
4. Arus berangkat terlindung adalah keberangkatan tanpa konflik antara gerakan lalu lintas belok kanan dan lurus.
5. Belok kiri adalah indeks untuk lalu lintas belok kiri.
6. Belok kiri langsung adalah indeks untuk lalu lintas belok kiri yang diijinkan lewat pada saat sinyal merah.
7. Lurus adalah indeks untuk lalu lintas lurus.
8. Belok kanan adalah indeks untuk lalu lintas yang belok ke kanan.
9. Rasio belok kanan adalah rasio untuk lalu lintas yang belok kanan dengan keseluruhan total.
10. Arus lalu lintas adalah jumlah harian lalu lintas yang melalui titik yang tak terganggu di hulu.
11. Arus melawan adalah arus lalu lintas dalam pendekat yang berlawanan, yang berangkat dari fase hijau yang sama.
12. Arus belok kanan yang terlawan adalah arus lalu lintas belok kanan dari pendekat yang berlawanan.
13. Arus jenuh adalah besarnya keberangkatan antrian di dalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan.
14. Arus jenuh dasar besarnya keberangkatan antrian di dalam pendekat selama kondisi yang ideal.
15. Derajat kejenuhan adalah rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat.
16. Rasio arus adalah rasio arus terhadap arus jenuh (Q/S) dari suatu pendekat.
17. Rasio arus simpang adalah jumlah dari rasio arus kritis (=tertinggi) untuk semua fase sinyal yang berurutan dalam suatu siklus.
18. Rasio fase adalah rasio arus kritis dibagi dengan rasio arus simpang.
19. Kapasitas adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan.
20. Faktor penyesuaian adalah variabel koreksi untuk penyesuaian dari nilai ideal ke nilai sebenarnya dari suatu variabel.

21. Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui suatu simpang.
22. Tundaan lalu lintas adalah waktu menunggu yang disebabkan oleh interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang bertentangan.
23. Tundaan geometri adalah disebabkan oleh perlambatan dan percepatan kendaraan yang membelok di simpangan atau yang terhenti oleh lampu merah.
24. Panjang antrian adalah panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat.
25. Antrian adalah jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekat.
26. Angka henti adalah jumlah rata-rata berhenti per kendaraan (termasuk berhenti berulang-ulang dalam antrian).
27. Rasio kendaraan terhenti adalah rasio dari arus lalu lintas yang terpaksa berhenti sebelum melewati garis henti akibat pengendalian sinyal.

2.3. Tujuan Pengaturan Simpang

Tujuan utama dari pengaturan lalu lintas umumnya adalah untuk menjaga Keselamatan arus lalu lintas dengan memberikan petunjuk-petunjuk yang jelas dan terarah, tidak menimbulkan keraguan. Pengaturan lalu lintas di simpang dapat dicapai dengan menggunakan lampu lalu lintas, marka dan rambu-rambu yang mengatur, mengarahkan, dan memperingati serta pulau-pulau lalu lintas.

Selanjutnya dari pemilihan pengaturan Simpang dapat ditentukan tujuan yang ingin dicapai seperti:

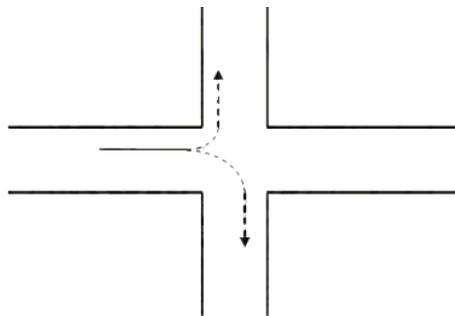
1. Mengurangi maupun menghindarkan kemungkinan terjadinya kecelakaan yang berasal dari berbagai kondisi titik konflik;
2. Menjaga kapasitas dari Simpang agar dalam operasinya dapat dicapai pemanfaatan Simpang yang sesuai dengan rencana;
3. Dalam operasinya dari pengaturan simpang harus memberikan petunjuk yang jelas dan pasti serta sederhana, mengarahkan arus lalu lintas pada tempatnya yang sesuai.

2.4. Gerakan Lalu Lintas pada Persimpangan

Terdapat empat bentuk tipe dasar pergerakan lalu lintas pada persimpangan yang dilihat dari sifat dan tujuan gerakan, yaitu:

a. Gerakan Memisah (*Diverging*)

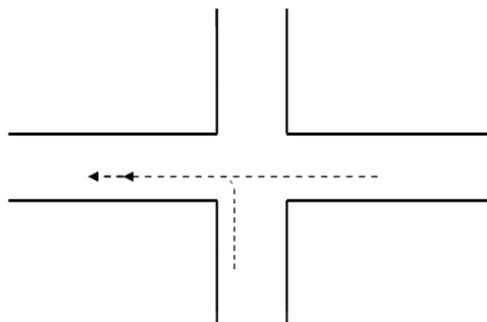
Peristiwa berpecahnya kendaraan yang melewati suatu ruas jalan ketika kendaraan tersebut sampai pada titik persimpangan. Konflik ini dapat terjadi pada saat kendaraan melakukan gerakan membelok atau berganti jalur.



Gambar 2.1: Tipe dasar gerakan *diverging*.

b. Gerakan Bergabung (*Merging*)

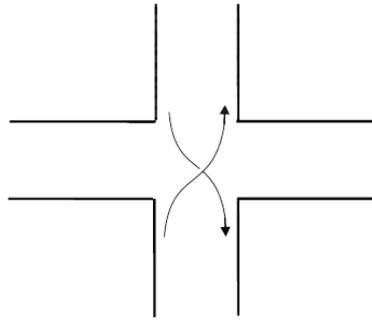
Peristiwa bergabungnya kendaraan yang bergerak dari beberapa ruas jalan ketika bergabung pada suatu titik persimpangan, dan juga pada saat kendaraan melakukan pergerakan membelok dan bergabung.



Gambar 2.2: Tipe dasar gerakan *merging*.

c. Bersilangan (*Weaving*)

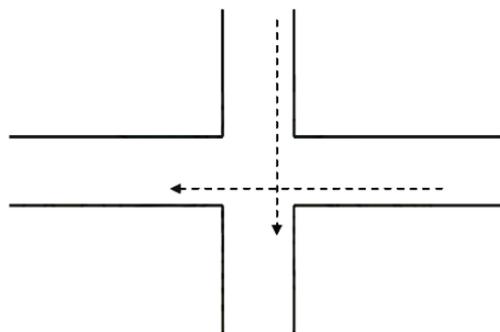
Peristiwa terjadinya perpindahan jalur atau jalinan arus kendaraan menuju pendekat lain. Gerakan ini merupakan perpaduan dari gerakan *diverging* dan *merging*.



Gambar 2.3: Tipe dasar gerakan *weaving*.

d. Berpotongan (*Crossing*)

Peristiwa perpotongan antara arus kendaraan dari satu jalur ke jalur lain pada persimpangan, biasanya keadaan demikian akan menimbulkan titik konflik pada persimpangan. Tipe dasar gerakan *crossing* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



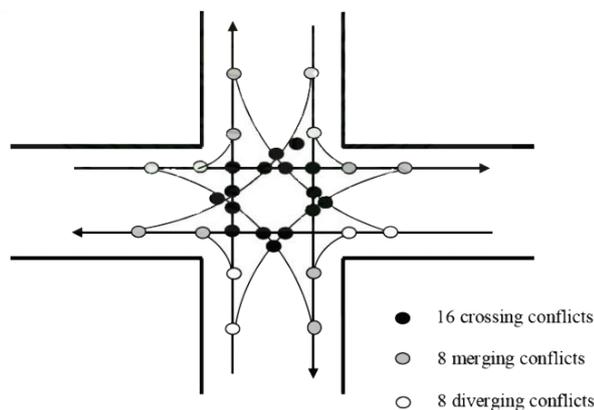
Gambar 2.4: Tipe dasar gerakan *crossing*.

Keberadaan persimpangan pada suatu jaringan jalan ditujukan agar kendaraan bermotor, para pejalan kaki, dan kendaraan tidak bermotor dapat bergerak dalam

arah yang berbeda pada waktu yang bersamaan. Dengan demikian pada persimpangan akan terjadi suatu keadaan yang menjadi karakteristik yang unik dari persimpangan yaitu munculnya konflik yang berulang sebagai akibat dari dasar pergerakan tersebut. Berdasarkan sifatnya konflik terbagi dua, yaitu:

1. Konflik primer (*primary conflict*) adalah konflik antara arus lalu lintas yang bergerak lurus dari ruas jalan yang saling berpotongan dan termasuk konflik dengan pejalan kaki, sedangkan;
2. Konflik sekunder (*secondary conflict*) adalah konflik yang terjadiantara arus lalu lintas kanan dengan arus lalu lintas arah lainnya (*opposing straight-through traffic*) dan atau lalu lintas belok kiridengan para pejalan kaki (*crossing pedestrians*).

Konflik dapat dibedakan atas dua jenis berdasarkan ada tidaknya alat pengatur simpang yaitu konflik yang terjadi pada persimpangan sebidang tidak bersinyal dan konflik yang terjadi pada simpang sebidang bersinyal. Pada persimpangan sebidang tidak bersinyal terdapat lebih banyak konflik dibandingkan pada persimpangan bersinyal. Konflik lalu lintas pada persimpangan sebidang empat lengan tidak bersinyal memiliki 16 titik *crossing conflicts*, 8 *diverging conflicts*, dan 8 *merging conflicts* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5: Konflik lalu lintas pada persimpangan sebidang tak bersinyal (MKJI, 1997).

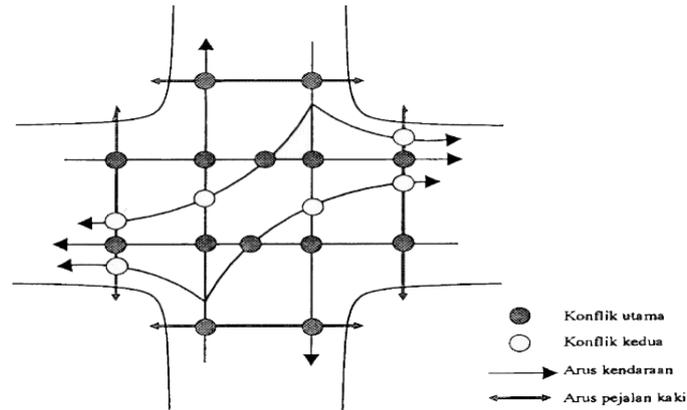
2.5. Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal adalah suatu persimpangan yang terdiri dari beberapa lengan dan dilengkapi dengan pengaturan sinyal lampu lalu lintas (*traffic light*). Berdasarkan MKJI 1997, adapun tujuan penggunaan sinyal lampu lalu lintas (*traffic light*) pada persimpangan antara lain:

1. Menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas kendaraan dari masing-masing lengan.
2. Memberi kesempatan kepada kendaraan/dan pejalan kaki yang berasal dari jalan kecil untuk memotong ke jalan utama.
3. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang bertentangan.

Kinerja suatu persimpangan dapat dilihat dari beberapa parameter pada persimpangan. Salah satu parameter ini adalah waktu tundaan per mobil yang dialami oleh arus yang melalui simpang. Tundaan terdiri atas tundaan geometri (*geometric delay*) dan tundaan lalu lintas (*traffic delay*). Parameter persimpangan yang lain adalah angka henti dan rasio kendaraan terhenti pada suatu sinyal. Nilai angka henti merupakan jumlah berhenti kendaraan rata-rata akibat adanya hambatan simpang, juga termasuk kendaraan berhenti berulang-ulang dalam suatu antrian. Sedangkan rasio kendaraan yang terhenti menggambarkan rasio dari arus lalu lintas yang terpaksa terhenti sebelum mencapai garis henti. Kendaraan yang berhenti ini akibat adanya pengendalian sinyal. Hal lain yang perlu juga mendapat perhatian adalah besarnya panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekatan. Parameter-parameter ini yang mampu menggambarkan hambatan-hambatan yang terjadi pada suatu persimpangan.

Penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna pada *traffic light* (merah, kuning, hijau) dilakukan untuk dapat memisahkan lintasan dari gerak-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu yang terjadi bersamaan. Konflik-konflik gerakan lalu lintas di persimpangan bersinyal dapat dibagi menjadi dua, yaitu konflik-konflik utama dan konflik-konflik kedua, yang dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6: Konflik lalu lintas pada persimpangan sebidang bersinyal (MKJI, 1997).

Pada dasarnya jumlah potensial terjadinya titik-titik konflik di persimpangan tergantung pada beberapa faktor, seperti jumlah kaki persimpangan yang ada, jumlah lajur pada setiap kaki persimpangan, jumlah pergerakan yang ada dan sistem pengaturan yang ada.

2.6. Pengaturan Lalu Lintas pada Persimpangan

Masalah-masalah yang ada di persimpangan dapat diatasi dengan cara meningkatkan kapasitas simpang dan mengurangi volume lalu lintas. Untuk meningkatkan kapasitas dapat dilakukan dengan cara melakukan perubahan rancang simpang, serta pelebaran cabang simpang, pengalihan arus lalu lintas kerute-rute lain. Akan tetapi kedua cara tersebut kurang efektif, karena akan mengarah pada peningkatan jarak tempuh suatu perjalanan.

Pemecahan masalah terbatasnya kapasitas simpang maupun masalah ruas jalan dapat diantisipasi dengan cara dilakukan pelebaran jalan akan tetapi hal tersebut memerlukan biaya yang tidak sedikit serta tidak selamanya mampu memecahkan permasalahan yang terjadi. Pemecahan manajemen lalu lintas semacam itu sering kali menyebabkan permasalahan lalu lintas semakin buruk.

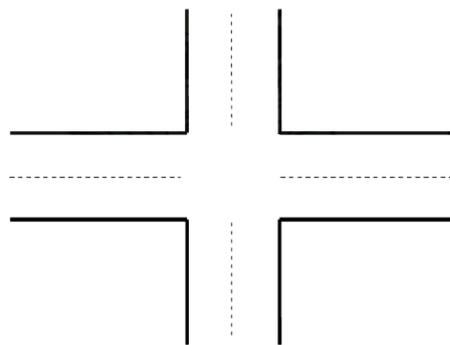
Alternatif pemecahan lain adalah dengan metode sistem pengendalian simpang yang bergantung kepada besarnya volume lalu lintas. Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam memilih suatu sistem pengendalian simpang yang akan digunakan yaitu volume lalu lintas dan jumlah kendaraan yang belok, tipe

kendaraan yang tersedia, kecepatan kendaraan, akses kendaraan pada ruas jalan, pertumbuhan lalu lintas dan distribusinya, strategi manajemen lalu lintas, biaya pemasangan dan pemeliharaan.

Dari kriteria di atas dapat ditentukan jenis-jenis sistem pengendalian simpang yang digunakan antara lain:

2.6.1. Simpang Tanpa Prioritas (*Non Priority Junction*)

Simpang tanpa prioritas ini umumnya digunakan pada daerah volume lalu lintas yang kecil pada masing-masing cabang simpang. Apabila pada simpang itu terjadi konflik lalu lintas maka salah satu pihak memperoleh hak utama untuk berjalan berdasarkan pada kebiasaan (peraturan pemerintah yang berlaku) sementara pihak lain akan memperlambat gerakannya atau berhenti. Meningkatnya volume lalu lintas pada salah satu cabang simpang mempertinggi tingkat konflik antara cabang simpang dengan arus yang rendah dengan arus yang tinggi pada simpang tersebut. Untuk mengatasi konflik lalu lintas ini maka diberikan hak utama tertentu pada suatu simpang yang biasa dengan prioritas. Contoh simpang tanpa prioritas dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7: Persimpangan tanpa prioritas.

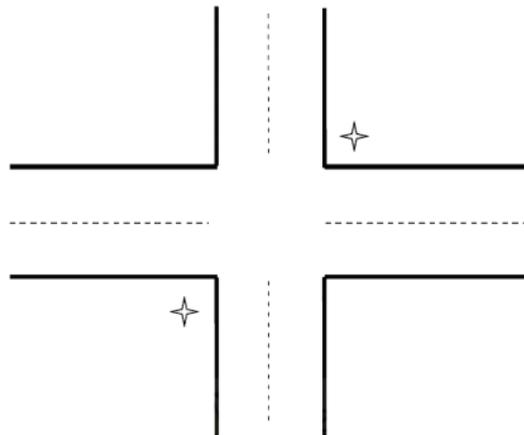
2.6.2. Simpang dengan Prioritas (*Priority Junction*)

Simpang pengendalian semacam ini cocok untuk simpang dimana lalu lintas pada jalan yang lebih kecil (*minor road*) tidak terlalu besar. Dengan

meningkatnya arus pada jalan yang lebih kecil maka semakin banyak kendaraan yang memotong arus jalan yang lebih besar (*major road*). Arus kendaraan di jalan yang lebih kecil dikendalikan oleh rambu lalu lintas, misalnya tanda stop atau tanda untuk mengalah (*giveaway sign*). Fungsi rambu atau marka ini adalah untuk memberikan hak utama untuk bergerak pada jalan yang fungsinya lebih tinggi.

Pada simpang dengan prioritas, diasumsikan tidak ada tundaan yang terjadi pada arus lalu lintas utama. Aspek yang paling penting adalah tingkat pengaruh dari arus lalu lintas pada jalan yang lebih kecil. Kendaraan dari jalan yang lebih kecil akan datang menuju rambu sebelum memasuki simpang dengan prioritas, kemudian menunggu suatu jarak kendaraan yang memberi waktu aman pada ruas jalan yang lebih besar.

Tundaan kendaraan pada jalan yang lebih kecil tergantung dari ukuran waktu antara kendaraan pada jalan yang lebih besar. Ukuran waktu antarakendaraan yang terjadi tergantung pada volume lalu lintas pada jalan utama. Jika volume lalu lintas pada jalan utama bertambah maka lama tundaan kendaraan pada jalan yang lebih kecil akan semakin besar. Dengan terus meningkatnya arus lalu lintas maka simpang prioritas akan mengalami banyak kesulitan.



Gambar 2.8: Persimpangan dengan prioritas.

Rambu Lalu Lintas berupa



Prioritas bagi Lalu Lintas dari muka

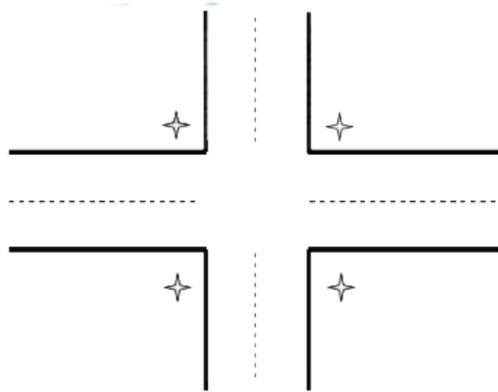
Rambu Berhenti

Gambar 2.9: Rambu lalu lintas untuk simpang dengan prioritas (PP. No. 43 tahun 1993 tentang rambu lalu lintas).

2.6.3. Simpang dengan Lampu Lalu Lintas (*Signalized Junction*)

Sistem pengendalian simpang yang berikutnya adalah dengan pemasangan lampu lalu lintas (*traffic light*). Pengendalian persimpangan seperti ini memberikan hak berjalan pertama kepada fase tertentu kemudian rambu lalu lintas berupa kepada fase lainnya. Masing-masing pergerakan mendapatkan kesempatan melintasi persimpangan dalam suatu jangka waktu tertentu dan pada saat yang berbeda-beda, serta dipengaruhi oleh susunan fisik persimpangan, jenis pengontrolan, volume lalu lintas, pola dan arah lalu lintas.

Lampu lalu lintas (*traffic light*) adalah suatu alat kendali dengan menggunakan lampu yang terpasang pada persimpangan dengan tujuan untuk mengatur arus lalu lintas. Pengaturan arus lalu lintas pada persimpangan pada dasarnya dimaksudkan untuk bagaimana pergerakan kendaraan pada masing-masing kelompok pergerakan kendaraan (*vehicle group movements*) dapat bergerak secara bergantian sehingga tidak saling mengganggu antar arus yang ada. Ada berbagai jenis kendali dengan menggunakan lampu lalu lintas dimana pertimbangan ini sangat tergantung pada situasi dan kondisi persimpangan yang ada seperti volume, geometrik simpang dan sebagainya. Sketsa persimpangan ini dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10: Persimpangan dengan *traffic light*.

Berdasarkan cakupannya, jenis kendali dengan lampu lalu lintas (*traffic light*) pada persimpangan dibedakan antara lain:

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

Berdasarkan pengoperasiannya, jenis kendali *traffic light* pada persimpangan dibagi atas tiga bagian, yaitu:

- a. *Fixed time traffic signals*: yaitu pengoperasian *traffic light* di mana pengaturan waktunya (*setting time*) tidak mengalami perubahan (tetap). Pada tipe ini panjang siklus fase, waktu hijau, waktu kuning, waktu merah dan perubahan interval telah diatur menurut selang waktu tertentu. Tipe ini merupakan bentuk pengendalian *traffic light* yang paling umum digunakan di Indonesia. Dalam situasi-situasi tertentu tipe ini memiliki efisiensi yang lebih kecil daripada sistem lainnya karena tidak memiliki respon terhadap

perubahan arus kendaraan yang terjadi. Beberapa keuntungan *traffic light* dengan bentuk waktu sinyal tetap ini antara lain: waktu start dan lama interval tetap sehingga memudahkan koordinasi dengan *traffic light* yang berdekatan, tidak dipengaruhi oleh kondisi pergerakan pada suatu waktu tertentu misalnya ada kendaraan yang berhenti, adanya pembangunan disekitar ruas jalan dan sebagainya, dengan sistem ini lebih sesuai bagi daerah yang volume pejalan kaki tetap dan besar, pengemudi dapat memperkirakan lamanya fase.

- b. *Semi actuated traffic signals*: pada tipe ini digunakan peralatan deteksi yang diletakkan hanya pada jalan minor. *Traffic light* telah diatur sedemikian rupa, sehingga jalan mayor selalu mendapat indikasi warna hijau selama tidak diterima isyarat dari jalan minor. Apabila diterima adanya suatu isyarat dari jalan minor maka waktu hijau diterima untuk jalan minor adalah waktu yang paling lama sebesar waktu maksimum yang telah ditentukan. Ketika nyala indikasi warna hijau diterima kembali dan jalan minor oleh jalan mayor maka nyala hijau akan tetap pada jalan mayor sampai diterima kembali isyarat hijau dari jalan minor. Pada umumnya tipe *traffic light* ini dipakai pada persimpangan-persimpangan dimana jalan minor memiliki arus yang kecil.
- c. *Fully Actuated traffic signals*: yaitu pengoperasian *traffic light* di mana pengaturan waktunya (*setting time*) mengalami perubahan dari waktu ke waktu sesuai dengan kedatangan kendaraan (*demand*) dari berbagai pendekat/kaki simpang (*approaches*).

Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, penggunaan *traffic light* bertujuan untuk memenuhi satu atau lebih fungsi-fungsi sebagai berikut:

- a. Untuk menghindari hambatan (*blockage*) akibat adanya konflik arus lalu lintas dari berbagai arah pergerakan kendaraan. Hal ini dimaksudkan untuk mempertahankan kapasitas simpang terutama pada jam puncak.
- b. Untuk memfasilitasi persilangan antara jalan utama dengan untuk kendaraan dan pejalan kaki dengan jalan sekunder sehingga kelancaran pada jalan utama dapat lebih terjamin.
- c. Untuk mengurangi tingkat kecelakaan yang diakibatkan oleh tubrukan(*collisions*) antara kendaraan pada arah yang terdapat konflik.

2.6.4. Karakteristik *Traffic Light*

Kondisi geometrik dan lalu lintas (*demand*) akan berpengaruh terhadap kapasitas dan kinerja lalu lintas pada persimpangan. Oleh karena itu, perencana harus dapat merancang sedemikian rupa sehingga mampu mendistribusikan waktu kepada masing-masing kelompok pergerakan kendaraan secara proporsional sehingga memberikan kinerja yang sebaik-baiknya. Menurut Hobbs (1995) optimasi lampu berdasarkan tundaan yang minimum.

Sistem perlampuan lalu lintas menggunakan jenis lampu sebagai berikut:

- a. Lampu hijau (*green*): kendaraan yang mendapatkan isyarat harus bergerak maju.
- b. Lampu kuning (*amber*): kendaraan yang mendapatkan isyarat harus melakukan antisipasi, apabila memungkinkan harus mengambil keputusan untuk berlakunya lampu yang berikutnya (apakah hijau atau merah).
- c. Lampu merah (*red*): kendaraan yang mendapatkan isyarat harus berhenti pada sebelum garis henti (*stop line*).

Perlu diketahui dengan adanya peraturan lalu lintas yang baru (PP 42 dan PP 43 Tahun 1993) untuk kendaraan yang belok kiri selama tidak diatur secara khusus maka kendaraan boleh belok kiri jalan terus. Perlampuan dengan berbagai nyala lampu tersebut diterapkan untuk memisahkan pergerakan lalu lintas berdasarkan waktu. Pemisahan ini diperlukan dengan khususnya untuk jenis konflik primer, namun dalam hal tertentu dapat juga diterapkan pada kondisi konflik primer.

Dalam pengaturan sinyal *traffic light*, terdapat beberapa parameter, yaitu:

1. Fase adalah bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijau disediakan bagi kombinasi tertentu dari gerakan lalu lintas (i = indeks untuk nomor fase).
2. Waktu siklus adalah waktu untuk urutan lengkap dengan indikasi sinyal.
3. Waktu hijau adalah waktu nyala hijau dalam suatu pendekat.
4. Rasio hijau adalah perbandingan antara waktu hijau dan waktu siklus dalam suatu pendekat.

5. Waktu merah semua (*all red*) adalah waktu dengan merah menyala bersamaan dalam pendekat-pendekat yang dilayani oleh dua fase sinyal yang berurutan.
6. Waktu kuning adalah waktu dengan lampu kuning dinyalakan setelah hijau dalam suatu pendekat.
7. Antar hijau adalah periode kuning+merah semua antar dua fase sinyal yang berurutan.
8. Waktu hilang adalah jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap. Waktu hilang dapat juga diperoleh dari beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau dalam semua fase yang berurutan.
9. Sinyal diterapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam satu dimensi waktu.

2.6.5. Pengaturan Fase

Pemisahan berdasarkan waktu untuk menghindari/ mengurangi adanya konflik baik primer maupun sekunder dikenal dengan istilah pengaturan fase. Pengaturan fase harus dilakukan analisis terhadap kelompok pergerakan kendaraan dari seluruh yang ada sehingga terwujud:

- a. pengurangan konflik baik primer maupun sekunder;
- b. urutan yang optimum dalam pergantian fase;
- c. mempertimbangkan waktu pengosongan (*clearance time*) pada daerah persimpangan.

Jika hanya untuk memisahkan konflik primer yang terjadi maka pengaturan fase dapat dilakukan dengan dua fase. Hal ini dilakukan dengan masing-masing fase untuk masing-masing jalur jalan yang saling bersilangan, yaitu kaki simpang yang saling lurus menjadi dalam satu fase. Pengaturan dua fase ini juga dapat diterapkan untuk kondisi yang ada larangan belok kanan.

Pengaturan antar fase diatur dengan jarak waktu penyela/waktu jeda supaya terjadi kelancaran ketika pergantian antar fase. Istilah ini disebut dengan waktu antar hijau (*intergreen*) yang berfungsi sebagai waktu pengosongan (*clearance*

time). Waktu antar hijau terdiri dari waktu kuning dan waktu merah semua (*all red*). Waktu antar hijau bertujuan untuk:

- a. Waktu kuning: peringatan bahwa kendaraan akan berangkat maupun berhenti. Besaran waktu kuning ditetapkan berdasarkan kemampuan seorang pengemudi untuk dapat melihat secara jelas namun singkat sehingga dapat sebagai informasi untuk ditindaklanjuti dalam pergerakannya. Penentuan ini biasanya ditetapkan sebesar tiga detik dengan anggapan bahwa waktu tersebut sudah dapat mengakomodasi ketika terjadi kedipan mata.
- b. Waktu semua merah: untuk memberikan waktu pengosongan (*clearance time*) sehingga resiko kecelakaan dapat dikurangi. Hal ini dimaksudkan supaya akhir rombongan kendaraan pada fase sebelumnya tidak berbenturan dengan awal rombongan kendaraan fase berikutnya. Besaran waktu semua merah sangat tergantung pada kondisi geometrik simpang sehingga benar-benar cukup untuk sebagai *clearance time*. Pertimbangan yang harus diperhitungkan adalah waktu percepatan dan jarak pada daerah *clearance time* pada simpang.

Tabel 2.1 : Nilai normal waktu antar hijau (MKJI, 1997).

Ukuran Simpang	Lebar jalan Rata-rata (m)	Nilai Lost Time (LT) (detik/fase)
Kecil	6 - 9	4
Sedang	10 - 14	5
Besar	> 15	>6

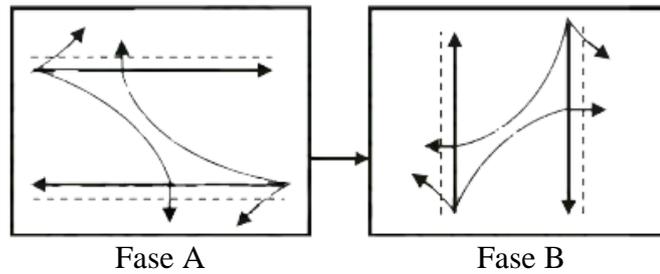
Jika diinginkan tingkat yang tinggi pada gerakan belok kanan maka pengaturan fase dapat ditambah jumlahnya lebih dari dua fase. Hal ini tentunya akan berpengaruh pada penurunan kapasitas dan perpanjangan waktu siklus. Dengan demikian apabila tidak ada pergerakan kendaraan lain yang menghalangi dengan melakukan gerakan yang berlawanan dengan menyilang (*crossing*) maka disebut dengan istilah *Protected(P)* dan sebaliknya disebut dengan istilah *Opposite (O)*.

Tabel 2.2 : Penentuan tipe pendekat (MKJI, 1997).

Tipe Pendekat	Keterangan	Contoh Pola-pola Pendekat			
Terlindung P	Arus berangkat tanpa konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan satu Arah	Jalan satu Arah	Simpang T	
		Jalan dua Arah		Gerakan Belok Kanan Terbatas	
		Jalan Dua Arah, Fase sinyal terpisah untuk masing-masing arah			
Terlawan O	Arus berangkat dengan konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan dua arah	arus berangkat dari arah berlawanan dalam fase yang sama	Semua belok kanan tidak terbatas	

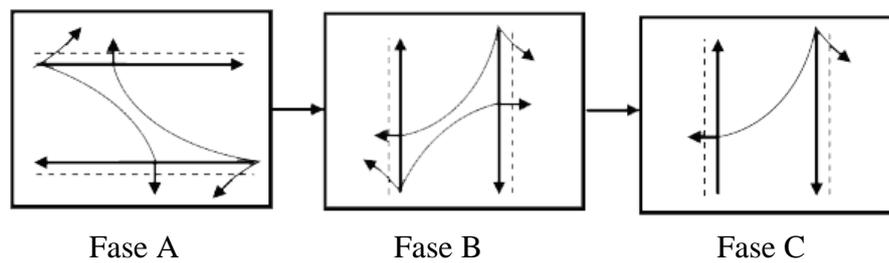
Berdasarkan buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, berbagai contoh kasus pengaturan fase adalah sebagai berikut:

- a. pengaturan dua fase: pengaturan ini hanya diperlukan untuk konflik primer yang terpisah



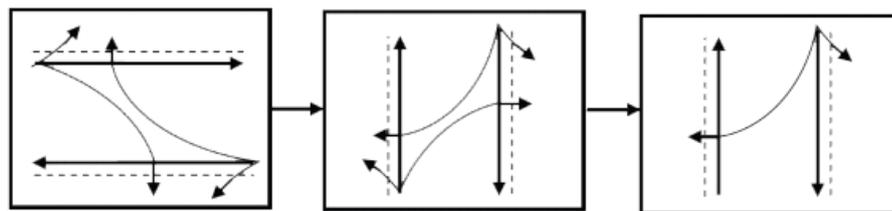
Gambar 2.11: Pengaturan simpang dengan dua fase (MKJI, 1997).

- b. pengaturan tiga fase: pengaturan ini digunakan untuk kondisi penyisaan akhir (*late cut-off*) untuk meningkatkan kapasitas arus belok kanan



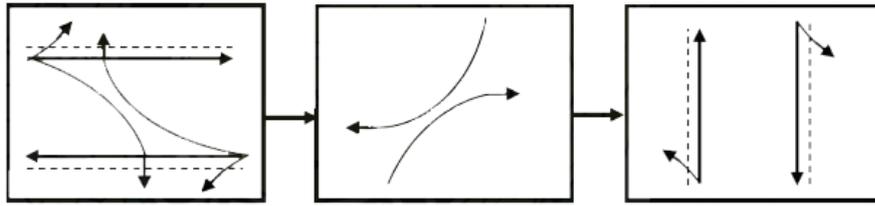
Gambar 2.12: Pengaturan simpang tiga fase dengan *late cut-off* (MKJI, 1997).

- c. pengaturan tiga fase: dilakukan dengan cara memulai lebih awal (*early start*) untuk meningkatkan kapasitas belok kanan.



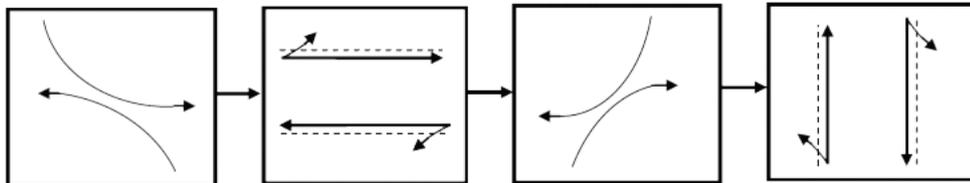
Gambar 2.13: Pengaturan simpang tiga fase dengan *early-start* (MKJI, 1997).

- d. pengaturan tiga fase: dengan memisahkan belok kanan dalam satu jalan.



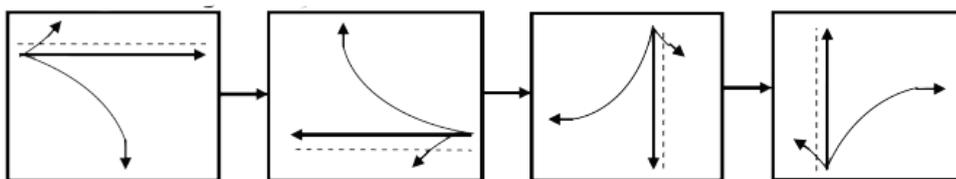
Gambar 2.14: Pengaturan simpang tiga fase dengan pemisahan belok kanan (MKJI, 1997).

- e. pengaturan empat fase; dengan belok kanan terpisah pada kedua jalan.



Gambar 2.15: Pengaturan simpang empat fase dengan pemisahan belok kanan (MKJI, 1997).

- f. Pengaturan empat fase; dengan arus berangkat dari satu persatu pendekat pada saatnya masing-masing.



Gambar 2.16: Pengaturan simpang empat fase dengan arus berangkat dari satu per satu pendekat pada saatnya masing-masing (MKJI, 1997).

Perhitungan untuk menentukan waktu hijau, kapasitas, derajat kejenuhan, dan tundaan pada simpang bersinyal digunakan acuan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) yang dituangkan dalam formulir-formulir isian SIG.

2.7. Ruas Jalan dan Persimpangan

2.7.1. Kapasitas Tingkat Pelayanan

Secara umum dalam penganalisaan kapasitas ada suatu prinsip dasar yang objektif yaitu perhitungan jumlah maksimum lalu lintas yang dapat ditampung oleh fasilitas yang ada serta bagaimana kualitas operasional fasilitas tersebut di dalam pemeliharaan serta peningkatan peningkatan fasilitas itu sendiri yang tentunya sangat berguna di kemudian hari. Dalam merencanakan suatu fasilitas jalan kita jumpai suatu perencanaan agar fasilitas itu dapat mendekati kapasitasnya. Pada umumnya operasi atau pemakaian terhadap fasilitas yang tersedia jarang sekali dimanfaatkan pada tingkat kapasitas penuh. Kapasitas dari suatu fasilitas akan menurun fungsinya jika dipergunakan saat atau mendekati kapasitasnya. Oleh karena itu analisa kapasitas lebih merupakan sebuah penilaian terhadap jumlah maksimum lalu lintas yang dapat disalurkan pada tingkat atau kualitas operasional yang telah ditentukan dan selama masih dapat dipertahankan.

Kriteria dan operasional dan suatu fasilitas diwujudkan dengan istilah tingkat pelayanan (*level of service*). Setiap tipe fasilitas telah ditentukan suatu interval dan kondisi operasional, yang dihubungkan dengan jumlah lalu lintas yang mampu ditampung di setiap tingkat.

Tabel 2.3: Kriteria tingkat pelayanan pada persimpangan bersinyal (highway capacity manual 1985).

Tingkat Pelayanan	Tundaan Henti Tiap Kendaraan (Detik)	Tingkat Kejenuhan
A	$\leq 5,0$	$\leq 0,35$
B	5,1 – 15,0	$\leq 0,54$
C	15,1 – 25,0	$\leq 0,77$
D	25,1 – 40,0	$\leq 0,93$
E	40,1 – 60,0	$\leq 1,00$
F	$\geq 60,0$	$\geq 1,00$

- a. Tingkat Pelayanan A: Pengoperasian dengan penundaan sangat rendah yaitu kurang dari 5.0 detik per kendaraan. Ini terjadi jika gerak maju sangat menguntungkan dan kebanyakan kendaraan tidak berhenti sama sekali. Panjang putaran pendek dapat juga mengurangi penundaan.
- b. Tingkat Pelayanan B: Pengoperasian dengan penundaan antara 5.1 sampai 15 detik per kendaraan. Ini terjadi dengan adanya gerak maju yang baik atau waktu putar pendek. Kendaraan yang berhenti lebih banyak dari pada tingkat pelayanan A, maka penundaan rata-rata lebih tinggi.
- c. Tingkat Pelayanan C: Pengoperasian dengan penundaan antara 15.1 sampai 25.0 detik per kendaraan. Penundaan ini bisa disebabkan karena gerak maju kendaraan sedang-sedang saja dan panjang putaran waktu lebih lama. Jumlah kendaraan yang berhenti sudah cukup banyak walaupun beberapa di antaranya masih dapat melewati persimpangan tanpa henti.
- d. Tingkat Pelayanan D: Pengoperasian dengan penundaan antara 25.1 sampai 40.0 detik per kendaraan, di mana pengaruh kemacetan mulai terlihat jelas, penundaan yang lebih lama mungkin disebabkan oleh kombinasi gerak maju yang tidak menguntungkan atau waktu putar yang lama atau rasio V/C yang tinggi. Banyak kendaraan yang berhenti, serta proporsi kendaraan yang tidak berhenti menurun.
- e. Tingkat Pelayanan E: Pengoperasian dengan penundaan antara 40.1 sampai 60.1 detik per kendaraan. Ini dianggap sebagai batas penundaan yang masih dapat diterima. Kendaraan ini pada umumnya menunjukkan gerak maju yang tidak baik, waktu putaran yang panjang dan rasio V/C tinggi.
- f. Tingkat Pelayanan F: Pengoperasian dengan penundaan lebih dari 60 detik per kendaraan. Keadaan ini sudah tidak dapat diterima oleh pengemudi. di mana angka arus kedatangan melebihi kapasitas persimpangan jalan dan dapat di katakan keadaan lewat jenuh. Ini terjadi pada rasio $V/C > 1.0$ dengan beberapa kemacetan, Gerak maju kendaraan tersendat dan waktu putaran yang panjang mungkin merupakan penyebab utama dari tingkat penundaan demikian.

Dari tabel 2.3 dapat diketahui bahwa tingkat pelayanan pada persimpangan bersinyal terbagi atas enam tingkatan yaitu: A, B, C, D, E dan F. Pada kondisi

operasional yang paling baik dan suatu fasilitas dinyatakan dengan tingkat pelayanan A, sedangkan untuk kondisi yang paling jelek dinyatakan dengan tingkat pelayanan F.

Kapasitas yang didefinisikan oleh Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 adalah jumlah maksimum arus lalu lintas yang dapat dipertahankan tetap yang melewati suatu titik atau bahagian jalan dalam kondisi tertentu.

Kondisi arus lalu lintas maksimum yaitu kondisi lalu lintas yang meliputi volume setiap kendaraan, distribusi kendaraan berdasarkan pergerakannya (belok kiri, terus dan belok kanan), lokasi dan pemakaian *bus stop* di dalam wilayah persimpangan, arus penyeberang jalan dan pergerakan parkir di dalam wilayah persimpangan. Selain itu juga meliputi keadaan geometrik persimpangan yang meliputi jumlah lajur, kemiringan jalan dan alokasi tata guna lahan.

Dalam penganalisaan digunakan periode waktu 15 menit dengan mempertimbangkan waktu tersebut sebagai interval terpendek selama arus yang ada stabil pada perhitungan kapasitas harus ditetapkan bahwa kondisi yang ada seperti kondisi jalan, kondisi lalu lintas dan pengendalian tetap. Hal-hal yang terjadi yang membuat suatu perubahan dan kondisi yang ada mengakibatkan terjadinya perubahan kapasitas pada fasilitas tersebut. Sangat dianjurkan dalam penentuan kapasitas dilakukan pada cuaca yang baik (cerah).

Dalam penentuan kapasitas ada beberapa kondisi yang harus diperhatikan antara lain:

1. Kondisi Jalan (*road condition*)

Kondisi ini berkaitan dengan karakteristik geometrik suatu ruas jalan antara lain: tipe fasilitas, lingkungan sekitar jalan, bahu jalan, lebar lajur, kebebasan lateral, kecepatan rencana, alinyemen horizontal dan vertikal.

Perancangan geometrik dengan karakteristik geometrik persimpangan yang merupakan titik pertemuan antara dua atau lebih jalan, dalam artian perancangan fasilitas jalan dan suatu kaki persimpangan tidak dapat terlepas dari perancangan fasilitas jalan pada lengan persimpangan lainnya. Konflik yang timbul akibat pertemuan jalan-jalan yang berpotongan baik antara kendaraan dengan kendaraan ataupun antara kendaraan dengan pejalan kaki harus dikendalikan melalui

perancangan yang baik sehingga dapat dihindari kemungkinan konflik yang berakibat timbulnya kecelakaan.

Perencanaan geometrik yang baik secara keseluruhan akan menghasilkan kondisi medan persimpangan yang dapat dikenal dengan baik oleh pengguna jalan, sehingga para pengguna jalan tersebut dapat bergerak melakukan manuvermanuver dengan baik.

2. Kondisi lalu lintas (*traffic condition*)

Kondisi lalu lintas bergantung pada karakteristik lalu lintas yang menggunakan fasilitas lalu lintas tersebut yaitu: pendistribusian tipe kendaraan, jumlah kendaraan dan pembagian jalur yang ada serta arah distribusi lalu lintas.

3. Pengendalian (*control condition*)

Kondisi ini tergantung pada tipe dan rencana khusus dan alat pengendalian yang terpenting yaitu peraturan yang ada (peraturan lokal yang ada). Hal yang sangat mempengaruhi ini adalah lokasi, jenis dan waktu sinyal lalu lintas disamping tanda-tanda stop dan *yield* dari lajur yang digunakan.

2.7.2. Jenis–Jenis Persimpangan

Adanya Simpang susun akan memberikan peranan yang sangat penting dalam pengembangan wilayah, lalu lintas, serta aktivitas sosial dan ekonomi, maka penempatannya harus direncanakan sejak tahap awal bersamaan dengan perencanaan jaringan jalan raya agar jaringan jalan keseluruhan dapat memberikan manfaat maksimal terhadap kebutuhan masyarakat akan transportasi. Dengan demikian penetapan lokasi simpang susun, bukan hanya memperhatikan tata guna lahan dan fasilitas lalu lintas yang ada, tetapi juga harus meliputi semua perencanaan wilayah dan perencanaan di masa yang akan datang.

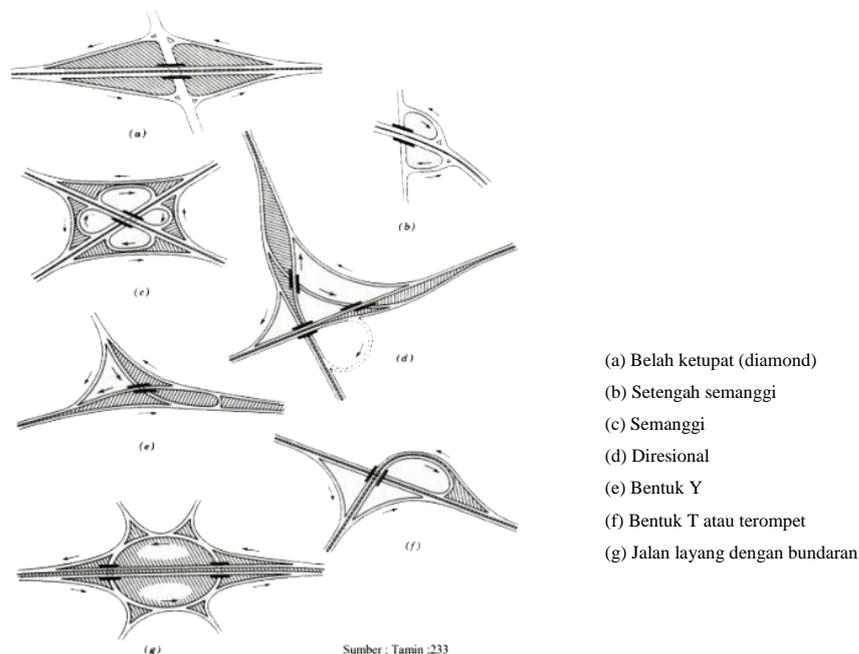
Desain geometrik simpang susun meliputi pemilihan bentuk terbaik yang sesuai dengan situasi tertentu. Faktor-faktor yang dipertimbangkan adalah topografi medan, proyeksi dan karakter lalu lintas, lahan yang tersedia, dampak terhadap daerah sekitarnya serta lingkungan keseluruhan, kelangsungan hidup ekonomi, serta kendala-kendala segi pembiayaan. Hal ini merupakan tugas yang cukup rumit.

Fungsi simpang susun adalah:

1. Menyediakan persimpangan tak sebidang pada pertemuan dua atau lebih lalu lintas arteri;
2. Mempermudah kemungkinan perpindahan kendaraan dari satu jalan arteri ke arteri lainnya atau dari jalan lokal ke jalan bebas hambatan.

Suatu pengujian sekilas pada beberapa penempatan simpang susun menunjukkan sedikitnya alasan yang mendasari proses. Namun sebenarnya terdapat bentuk dasar yang nampaknya ruwet. Sebagai contoh pada situasi umum di mana dua buah jalan arteri berpotongan membentuk sudut yang tajam, umumnya pilihan jatuh di antara bentuk belah ketupat (*diamond*), setengah semanggi (*partial cloverleaf*), semanggi (*full cloverleaf*), atau membuat hitungan langsung untuk satu atau lebih.

Adapun Kelompok umum Simpang susun jalan bebas hambatan dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.17: Kelompok umum simpang susun jalan bebas hambatan.

2.8. Metode Perhitungan dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)

Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) adalah suatu metode yang dirancang untuk memudahkan dalam menyelesaikan permasalahan yang terkait dengan kapasitas jalan di Indonesia, termasuk untuk masalah persimpangan bersinyal.

1. Geometri

Perhitungan dikerjakan secara terpisah untuk setiap pendekat. Satu lengan simpang dapat terdiri lebih dari satu pendekat, yaitu dipisahkan menjadi dua atau lebih sub-pendekat. Hal ini terjadi jika arus belok kanan dan belok kiri mendapat sinyal waktu hijau yang berbeda fase dengan arus lurus, atau jika dipisahkan secara fisik oleh pulau-pulau lalu lintas dalam pendekat.

2. Arus Lalu Lintas

Perhitungan dilakukan per satuan jam untuk satu atau lebih periode, misalnya didasarkan pada kondisi arus lalu lintas rencana jam puncak pagi, siang dan sore, terlihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4: Tipe kendaraan (MKJI, 1997).

No.	Tipe Kendaraan	Defenisi
1	Kendaraan bermotor (UM)	Sepeda, Becak
2	Sepeda bermotor (MC)	Sepeda Motor, Sekuter
3	Kendaraan Ringan (LV)	Colt, Pick Up, Taksi
4	Kendaraan Berat (HV)	Bus Kecil, Bus Besar, Truk

Tabel 2.5: Nilai konversi satuan mobil penumpang pada simpang (MKJI, 1997).

Jenis Kendaraan	Nilai emp untuk tiap pendekat	
	Terlindung (P)	Terlawan (O)
HV	1,0	1,0
LV	1,3	1,3
MC	0,2	0,4

Arus jenuh yang terjadi di persimpangan merupakan suatu hal yang harus menjadi perhatian karena dipengaruhi oleh lebar jalur, kemiringan permukaan, dan sebagainya.

Tingkat kepadatan lalu lintas (*Saturation Flow*) atau tingkat arus jenuh adalah arus kendaraan per jam yang dapat diakomodasi oleh kelompok lajur tersebut dengan anggapan bahwa fase hijau selalu tersedia untuk jalan, yakni perbandingan g/c adalah 1,00. Perhitungan dimulai dengan memilih suatu tingkat arus jenuh yang ideal biasanya 1800 mobil penumpang per jam dan waktu hijau tiap lajur, dan penyesuaian nilai ini untuk berbagai kondisi yang ada bukan merupakan kondisi yang ideal.

Arus jenuh (*saturation flow*) pada suatu persimpangan dapat dihitung dengan Pers. 2.1

$$S = S_o \cdot F_{cs} \cdot F_{sf} \cdot F_g \cdot F_{rt} \cdot F_{lt} \quad (2.1)$$

Dimana :

- S = Arus jenuh, besarnya keberangkatan antrian di dalam suatu pendekatan selama kondisi yang ditentukan (smp/jam hijau).
- S_o = Arus jenuh dasar, besarnya keberangkatan antrian di dalam pendekatan selama kondisi ideal (smp/jam).
- F_{cs} = Faktor koreksi untuk ukuran kota (jumlah penduduk kota) dapat dilihat pada tabel 2.7
- F_{sf} = Faktor koreksi untuk hambatan samping dan lingkungan jalan dan kendaraan bermotor, ditunjukkan dalam tabel 2.8
- F_g = Faktor koreksi untuk kemiringan jalan, diberikan dalam gambar 2.15
- F_p = Faktor koreksi untuk parkir kendaraan di sepanjang jalan pada areal persimpangan, dalam gambar 2.16
- F_{rt} = Faktor koreksi untuk kendaraan belok kanan, diberikan dalam gambar 2.17
- F_{lt} = Faktor koreksi untuk kendaraan belok kiri dalam kelompok lajur, diberikan dalam gambar 2.18

Akan tetapi untuk pendekatan terlindung arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dan lebar efektif pendekatan (W_e):

$$S_o = 600 \cdot W_e \quad (2.2)$$

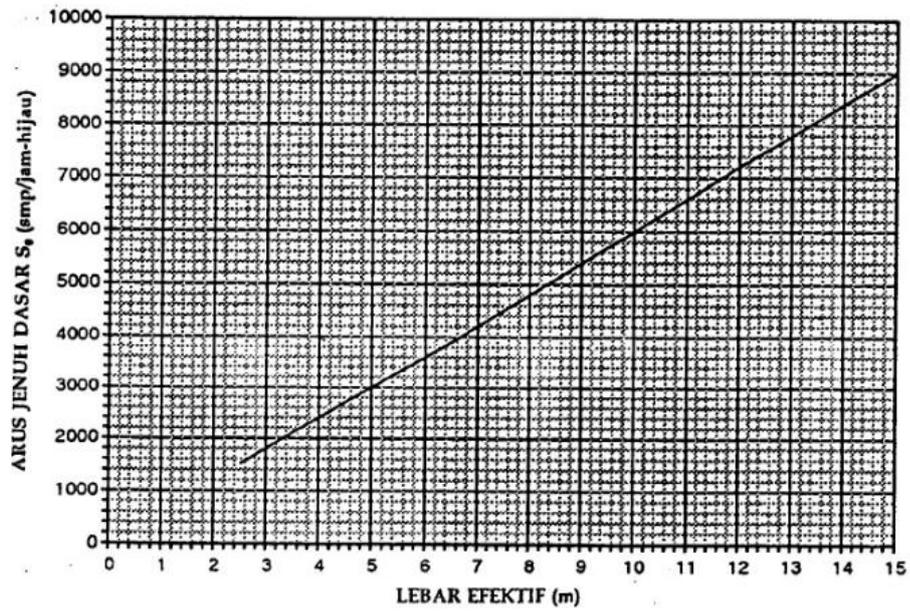
Untuk perhitungan arus jenuh (S) maka diperlukan beberapa tabel yang berisikan faktor-faktor koreksi yaitu:

Tabel 2.6: Faktor Penyesuaian ukuran kota Fcs (MKJI 1997).

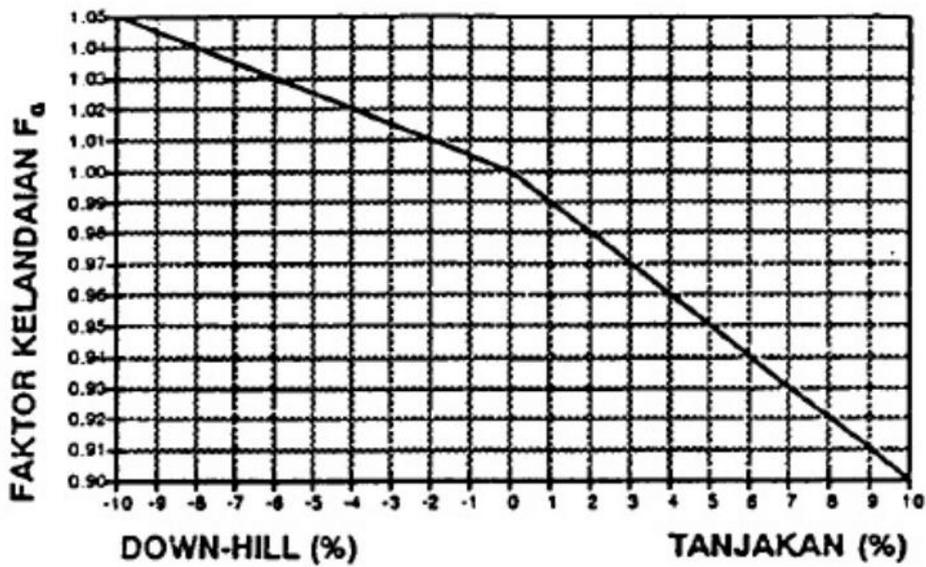
Penduduk Kota (Juta Jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)
>3,0	1,05
1,0 – 3,0	1,00
0,5 – 1,0	0,94
0,1 – 0,5	0,83
<0,1	0,82

Tabel 2.7 : Faktor Penyesuaian Untuk tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (Fsf) (MKJI, 1997).

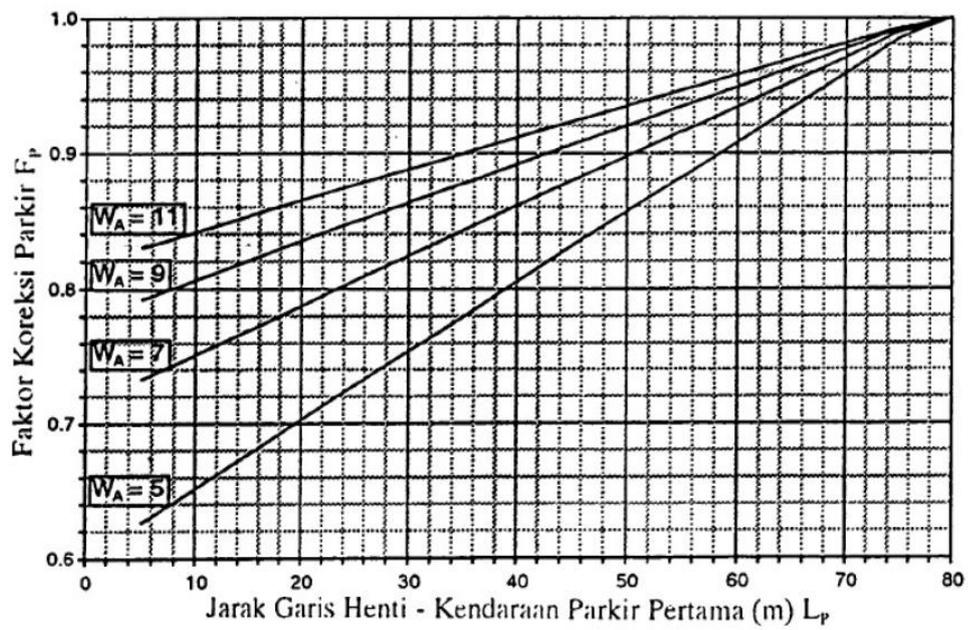
Lingkungan jalan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	>0,25
Komersil (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	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 (RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,89	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 (RA)	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



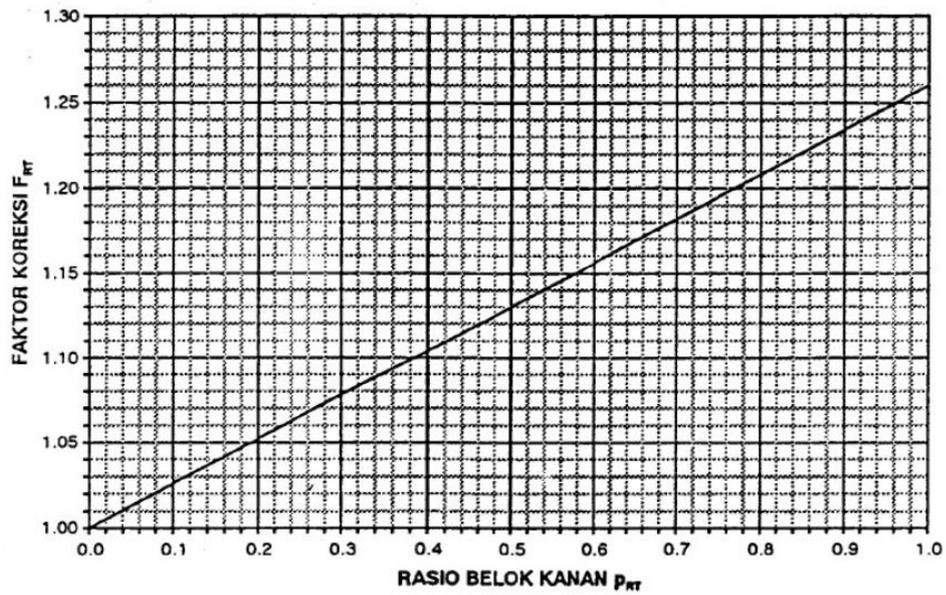
Gambar 2.18: Lebar efektif ruas jalan (W_e) (MKJI, 1997).



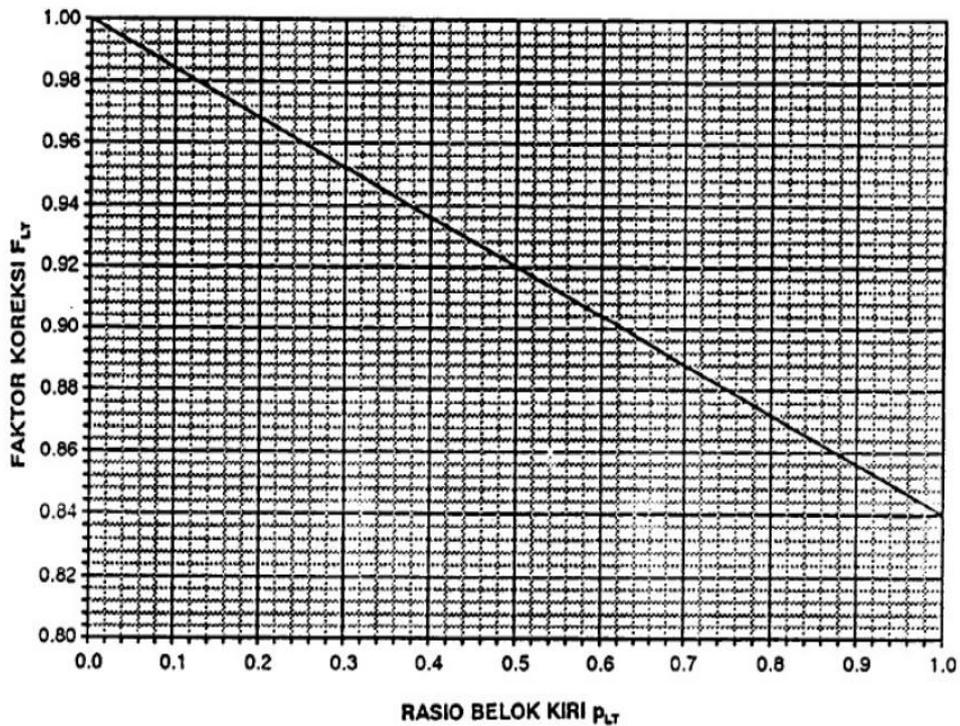
Gambar 2.19: Faktor koreksi untuk kemiringan jalan (F_g) (MKJI, 1997).



Gambar 2.20: Faktor penyesuaian untuk pengaruh parkir (F_p) (MKJI, 1997).



Gambar 2.21: Faktor penyesuaian untuk kendaraan belok kanan (F_{rt}) (MKJI, 1997).



Gambar 2.22: Faktor penyesuaian untuk kendaraan belok kiri (F_{LT}) (MKJI, 1997).

3. Model Dasar

Tujuan yang penting dari analisis kapasitas yaitu penilaian jumlah maksimum lalu lintas yang dapat disalurkan oleh fasilitas yang tersedia. Pada umumnya operasi atau pemakaian terhadap fasilitas yang tersedia jarang sekali dimanfaatkan pada tingkat kapasitas penuh. Oleh karena itu penilaian terhadap jumlah maksimum lalu lintas yang dapat disalurkan pada tingkat yang telah ditentukan dan selama masih dapat dipertahankan desain dan kriteria operasional yang dinyatakan dalam tingkat pelayanan.

Defenisi kapasitas (C) yaitu jumlah arus lalu lintas yang maksimum yang dapat melalui suatu lengan persimpangan dalam kondisi yang tersedia yang dapat dipertahankan. Kondisi lalu lintas yang dimaksud yaitu volume setiap kedatangan kendaraan, distribusi kendaraan berdasarkan pergerakannya (belok kiri, terus, dan belok kanan), pergerakan parkir di sekitar lengan yang ditinjau.

Kapasitas pendekat simpang bersinyal dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$C = S \times \frac{g}{c} \quad (2.3)$$

Dimana :

C = kapasitas (smp/jam)

S = arus jenuh (smp/jam hijau)

g = waktu hijau (det)

c = waktu siklus, yaitu selang waktu untuk urutan perubahan sinyal yang lengkap.

Oleh karena itu perlu diketahui atau ditentukan waktu sinyal agar dapat menghitung kapasitas dan ukuran perilaku lalu lintas lainnya. Waktu Siklus yang layak untuk simpang terlihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8: Waktu siklus yang layak untuk simpang (MKJI, 1997).

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus (detik)
2 fase	40 – 80
3 fase	50 – 100
4 fase	60 – 130

4. Penentuan Waktu Sinyal

Penentuan waktu sinyal untuk keadaan dengan kendali waktu tetap dilakukan berdasarkan metode Webster (1996) untuk meminimumkan tundaan total pada suatu simpang.

$$c \text{ optimum} = \frac{1,5xLTI+5}{1-\sum FRcrit} \quad (2.4)$$

dimana :

coptimum = Waktu siklus optimum (detik)

LTI = Jumlah waktu hilang per siklus (detik)

FR = Arus dibagi dengan arus jenuh (Q/S)

Frcrit = Nilai FR tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal.

Σ Frcrit = Jumlah Frcrit dari semua fase pada siklus tersebut (rasio arus simpan).

Jika siklus tersebut lebih kecil dari nilai ini maka ada resiko serius akan terjadinya lewat jenuh pada persimpangan tersebut.

Waktu hijau (*green time*) untuk masing-masing fase menggunakan rumus:

$$g_i = (cua - LTI) \times Pri \quad (2.5)$$

dimana:

g_i = waktu hijau dalam fase-I (detik)

LTI = total waktu hilang per siklus (detik)

cua = waktu siklus pra penyesuaian sinyal (detik)

PRi = perbandingan fase $FR_{crit}/\Sigma(FR_{crit})$

Waktu hijau yang telah disesuaikan (c) berdasarkan waktu hijau yang diperoleh dan telah dibulatkan dan waktu hilang (LTI) dihitung dengan rumus:

$$c = \Sigma g + LTI \quad (2.6)$$

dimana :

c = waktu hijau (detik)

LTI = total waktu hilang per siklus (detik)

Σg = total waktu hijau (detik)

5. Kapasitas dan Jarak Kejenuhan

Kapasitas pendekat diperoleh dengan perkalian arus jenuh dengan rasio hijau (g/c) pada masing-masing pendekat.

Derajat kejenuhan diperoleh sebagai:

$$DS = \frac{Q}{C} = \frac{Q \times c}{C \times g} \quad (2.7)$$

dimana:

C = kapasitas (smp/jam)

Q = arus lalu lintas pada pendekat tersebut (smp/jam)

6. Perilaku Lalu Lintas

a. Panjang Antrian

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

$$NQ = NQ1 + NQ2 \quad (2.8)$$

Dengan :

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

Jika $DS > 0.5$; selain itu $NQ1 = 0$

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

dimana:

$NQ1$ = jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

$NQ2$ = jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau

c = waktu siklus

C = kapasitas (smp/jam)

Q = arus lalu lintas pada pendekat tersebut (smp/jam)

Panjang antrian (QL) dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$QL = NQ_{max} \times 20 / W_{masuk} \quad (2.9)$$

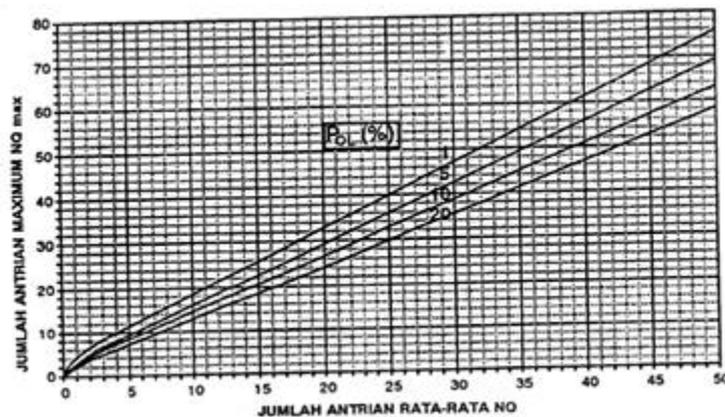
Keterangan:

QL = panjang antrian

NQ_{max} = jumlah antrian

W_{masuk} = lebar masuk

Nilai NQ_{max} diperoleh dari Gambar E-2:2 MKJI yang terlihat pada Gambar 2.17 dengan anggapan peluang untuk pembebanan (POL) sebesar 5% untuk kegiatan perancangan.



Gambar 2.23: Peluang untuk pembebanan lebih (POL) (MKJI, 1997).

b. Angka Henti

Angka henti (*Number of Stop*), yaitu jumlah rata-rata berhenti per kendaraan (termasuk terhenti berulang dalam antrian sebelum melewati persimpangan).

$$NS = 0.9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \quad (2.10)$$

dimana c adalah waktu siklus (detik) dan Q arus lalu lintas (smp/jam) dari pendekat yang ditinjau.

c. Tundaan

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

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

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

Tundaan pada suatu Simpang dapat terjadi karena dua hal:

- a. Tundaan Lalu Lintas (DT) karena interaksi lalu lintas dengan gerakan lainnya pada suatu Simpang
- b. Tundaan Geometri (DG) karena perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu Simpang dan/atau terhenti karena lampu merah

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

$$DT = \frac{c \times 0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)} + \frac{NQ_1 \times 3600}{c} \quad (2.11)$$

di mana:

DT = Tundaan Lalu lintas rata-rata pada pendekat (det/jam)

GR = Rasio hijau (g/c)

DS = Derajat kejenuhan

C = Kapasitas (smp/jam)

NQ1 = Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya.

Tundaan geometri rata-rata pada suatu pendekat dapat diperkirakan sebagai berikut:

$$DG = (1 - psv) \times pT \times 6 + (psv \times 4) \quad (2.12)$$

dimana:

DG = Tundaan geometri rata-rata pada pendekat (det/smp)

psv = Rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat

pT = Rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat.

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat j dihitung sebagai:

$$D = DT + DG \quad (2.13)$$

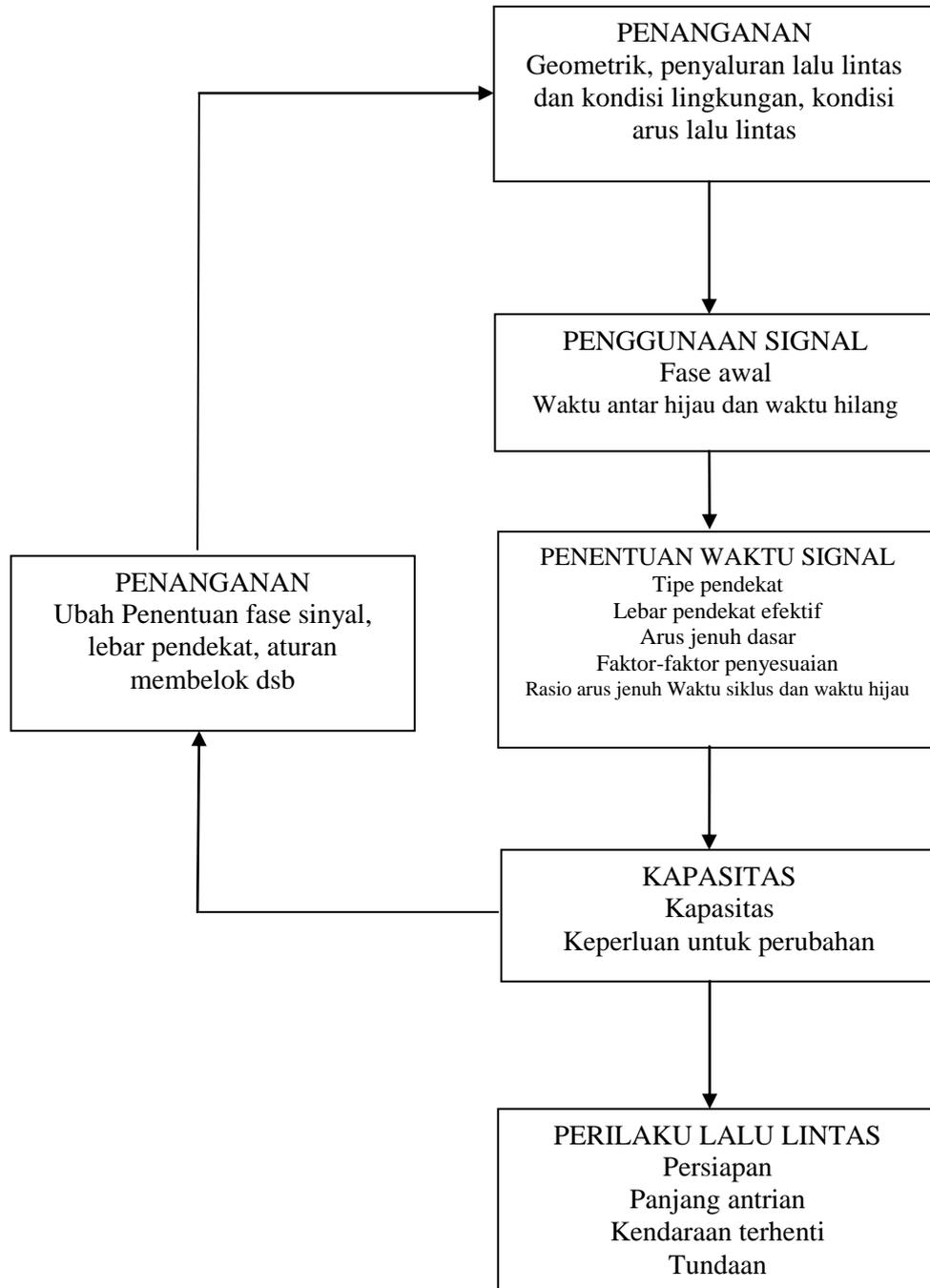
dimana:

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

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

DT = Tundaan geometric rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

Gambar 2.24 menjelaskan bagan prosedur perhitungan simpang bersinyal dengan menggunakan MKJI:



Gambar 2.24: Bagan prosedur perhitungan dengan MKJI.

2.9. Pertumbuhan Lalu Lintas

Dalam merencanakan pembangunan/peningkatan suatu jalan sangat penting untuk diketahui tingkat pertumbuhan Lalu lintas. Hal ini dimaksudkan untuk menentukan perkiraan jumlah kendaraan yang akan menggunakan jalan tersebut dimasa yang akan datang, atau pada umur rencana.

Dengan diketahuinya perkiraan jumlah kendaraan yang akan lewat, maka dapat direncanakan suatu jalan dengan tingkat pelayanan (“Level of Service”) seperti yang diharapkan. Volume Lalu lintas dimasa yang akan datang jumlahnya didapat dari volume Lalu lintas masa kini ditambah volume Lalu lintas yang terjadi pada tahun-tahun yang bersangkutan.

Pertumbuhan Lalu lintas dihitung berdasarkan data jumlah kendaraan dari tahun-tahun sebelumnya. Angka pertumbuhan Lalu lintas sebetulnya tidaklah sama untuk setiap tahunnya. Pada tahun pertama mungkin lebih besar dari tahun-tahun sebelumnya atau sebaliknya. Namun karena waktu peninjauannya cukup lama, maka pertumbuhannya dirata-ratakan.

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan pertumbuhan Lalu lintas sebesar 6.67% per tahun. Pertumbuhan Lalu lintas ini dipengaruhi oleh jumlah kendaraan dan dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk.

Untuk menghitung jumlah LHR pada tahun ke n , dihitung dengan rumus:

$$\text{LHR}_n = \text{LHR}_{2005} (1 + I)^n \quad (2.14)$$

Dimana :

i = Angka pertumbuhan Lalu lintas/tahun dalam %

n = Umur rencana

LHR = LHR tahun ke n

2.10. Metode Perhitungan dengan Metode Webster

Metode ini dikembangkan di Road Research Laboratory (RRL), Inggris pada awal tahun 1960-an dan merupakan pertama untuk menganalisis kinerja persimpangan bersinyal.

2.10.1. Arus Jenuh

A. Pengaruh Lebar Laju

Arus jenuh (s) dinyatakan dalam satuan mobil penumpang per jam tanpa lalu lintas yang membelok ke kanan dan tanpa kendaraan parkir, dihitung dengan rumus berikut :

$$S = 525 \times W \text{ smp/ jam} \quad (2.15)$$

Dimana :

w = Lebar lajur dalam meter

Rumus tersebut dapat digunakan untuk lebar lajur lebih dari 5,5 m kurang dari 5,5 m hubungan tersebut tidak linear dan arus jenuh dapat diperkirakan dari Tabel 2.9.

Tabel 2.9 : Arus jenuh untuk lebar pendekat < 5,5 m (pusat pengembangan bahan ajar fak. teknik sipil univ. mercu buana).

w (m)	3	3,5	4	4,5	5	5,5
S(Smp/Jam)	1850	1875	1975	2175	2550	2900

Arus jenuh pada periode tidak sibuk di dapatkan 6 % lebih rendah, hal ini mungkin karena pengemudi tidak/ kurang terburu-buru.

B. Pengaruh Gradient

1 % tanjakan, arus jenuh turun 3%

1 % turunan, arus jenuh meningkat 3%

C. Pengaruh Komposisi Kendaraan

1 Kendaraan berat atau sedang = 1,75 smp

1 Bus = 2,25 smp

1 Tram = 2,50 smp

1 Mobil Penumpang = 1,00 smp

1 Sepeda Motor = 0,33 smp

1 Sepeda = 0,20 smp

D. Pengaruh Kendaraan Belok Kanan

- a. Tidak ada arus berlawanan, tidak ada lajur khusus belok kanan, semua penggambaran untuk arus jenuh pada pendekat (dengan mengabaikan

pergerakan membelok) dapat ditentukan dengan menggunakan rumus di atas.

- b. Tidak ada arus berlawanan, ada lajur khusus belok kanan. Arus jenuh untuk belok kanan harus ditentukan terpisah. Telah ditemukan bahwa arus jenuh (s) belok kanan terganggu pada jari –jari tikungan (r) dan dinyatakan dengan.

$$S = \frac{1800}{1+1,52/r} \text{ Smp/Jam untuk satu lajur atau 1600 Smp/Jam.....(2.16)}$$

$$S = \frac{3000}{1+1,52/r} \text{ Smp/Jam untuk satu lajur atau 2700 Smp/Jam.....(2.17)}$$

Dimana : r dinyatakan dalam mete

- c. Ada arus berlawanan, tidak ada lajur khusus untuk belok kanan. Pengaruh belok kanan dalam hal ini terdapat tiga kemungkinan :

- Karena arus berlawanan mereka memperlambat diri sendiri dan akibatnya memperlambat kendaraan lain (yang tidak belok kanan) dalam arus yang sama.
- Kehadiran mereka cenderung menghalangi penggunaan lajur paling kanan oleh kendaraan lurus, yang memberikan resiko tundaan
- Kendaraan belok kanan yang tersisa dalam persimpangan pada akhir waktu hijau memerlukan beberapa waktu untuk melepas dan mungkin menghambat start dari arus yang memotong.

Dua pengaruh pertama dapat diasumsikan bahwa rata- rata setiap kendaraan belok kanan adalah ekivalen dengan 1,75 kendaraan lurus. Pengaruh ketiga lebih kompleks. Kendaraan belok kanan mungkin lepas melalui *gap* yang cukup dalam arus berlawanan. Pengamatan menunjukkan bahwa *gap* umumnya 5 atau 6 detik. Jumlah kendaraan maksimum per siklus (nr) dinyatakan sebagai berikut :

$$nr = \frac{Sr (gs-qc)}{s-q} \tag{2.18}$$

Dimana :

- Q = arus
- s = arus jenuh dari arus yang berlawanan
- g = waktu hijau (detik)
- c = waktu siklus (detik)

S_r = arus teoritis dari kendaraan belok kanan yang melewati gap dalam arus berlawanan (harus dinyatakan dalam kendaraan/detik)

- d. Arus berlawanan, dengan lajur khusus belok kanan. Tidak ada perlambatan bagi lalu lintas yang menggunakan pendekat yang sama dengan lalu lintas belok kanan tetapi akan ada pengaruh pada fase berlawanan dan ini harus dihitung seperti cara di atas.

E. Pengaruh Kendaraan Belok Kiri

Pengaruh kendaraan belok kiri pada arus jenuh tergantung pada ketajaman tikungan pada arus pejalan kaki. Pengaruh belok kiri dinyatakan sebagai berikut :

Arus belok kiri > 10 %, maka 1 kendaraan belok kiri = 1,25 kendaraan lurus

G. Pengaruh Pejalan Kaki

Pengaruh pejalan kaki belum ditentukan secara tepat dan kemungkinan tergantung pada banyak kondisi khusus dari lapangan. Dianjurkan bahwa untuk arus pejalan kaki rata-rata tidak diperlukan koreksi, tetapi untuk arus pejalan kaki yang sangat tinggi pengaruhnya harus diperhitungkan pada waktu mengklasisikan lokasi.

H. Pengaruh Kendaraan Parkir

Dapat ditemukan bahwa pengurangan arus jenuh yang diakibatkan oleh kendaraan parkir dekat pada garis henti pada pendekat tertentu adalah sama dengan kehilangan lebar lajur pada garis henti dan dapat dinyatakan mendekati sebagai berikut :

$$\text{Pengurangan lebar lajur efektif} = 1,6 - (0,9 (z - 7,5)) / k \text{ meter} \quad (2.19)$$

Dimana :

$Z (\geq 7,5 \text{ m})$ adalah jarak bebas dari kendaraan parkir yang terdekat dari garis henti (m).

k adalah waktu hijau (detik)

jika didapatkan nilai negative harus diambil nilai nol.

2.10.2. Tundaaan

Tundaaan rata-rata pada suatu persimpangan yang diatur dengan sinyal waktu tetap dapat dihitung dengan :

$$d = \frac{c(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2q(1-x)} - \frac{0,65(c)^{1/3}x^{(2+5\lambda)}}{q} \quad (2.20)$$

Dimana :

d = tundaan rata – rata per kendaraan

c = waktu siklus (detik)

λ = proporsi waktu hijau efektif

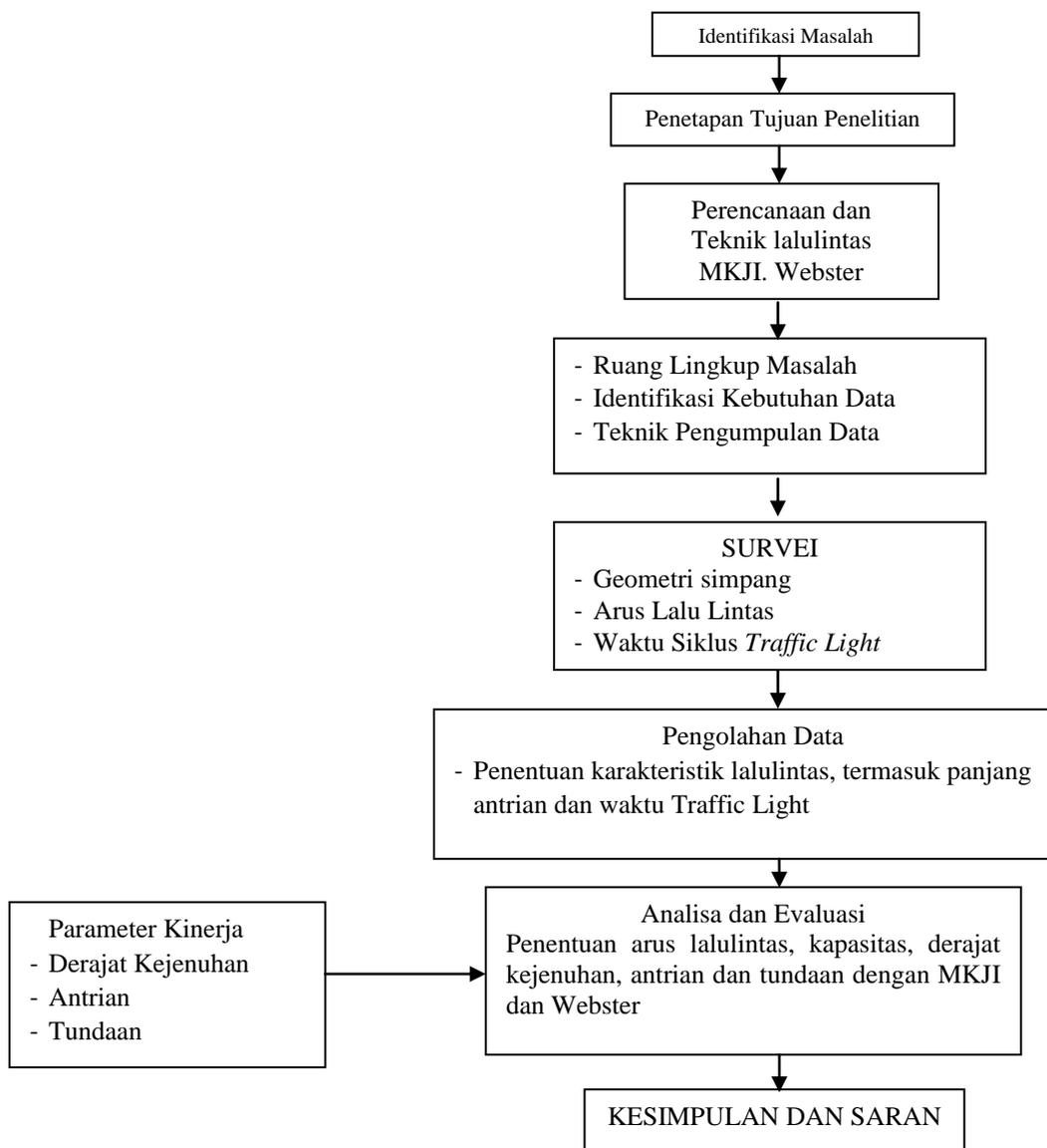
q = arus Jenuh

x = derajat kejenuhan, merupakan perbandingan arus dengan arus maksimum yang dapat lepas dari garis stop

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam melakukan suatu Tugas akhir dibutuhkan mtodologi yang akan digunakan agar kegiatan yang dilaksanakan tetap berada pada koridor yang telah direncanakan sejak awal. Secara umum penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan kerja seperti terlihat dalam bagan alir pada Gambar 4.1.



Gambar 3.1: Diagram alir langkah-langkah penelitian.

3.1. Tahapan Persiapan

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

1. Studi pustaka terhadap materi terkait dengan penelitian yang dilakukan.
2. Menentukan kebutuhan data

3.2. Tahapan Kerja Penelitian

Untuk mendapatkan data yang diinginkan serta memperoleh hasil yang diharapkan dalam penelitian ini, berikut diberikan tahapan – tahapan pekerjaan penelitian, sebagai berikut :

1. Tugas Akhir ini dibagi atas tiga tahapan penelitian, yaitu tahap persiapan, perancangan dan analisis, serta kesimpulan dan rekomendasi.
2. Penelitian ini dimulai dengan proses identifikasi masalah kemudian dirumuskan menjadi tujuan penelitian, seperti yang telah dijelaskan pada Bab I.
3. Setelah dirumuskannya tujuan penelitian, tahapan selanjutnya adalah studi/survei pendahuluan (*pilot study*) untuk menentukan ruang lingkup pembahasan dan pembatasan masalah yang akan dibahas, identifikasi data yang dibutuhkan, teknik/cara pengumpulan data, termasuk waktu pelaksanaan survei.
4. Tahapan pengumpulan data adalah proses pengumpulan data yang akan diolah sehingga dapat digunakan sebagai input dalam proses analisis selanjutnya. Pengumpulan data dan analisis dalam penelitian ini secara garis besar dapat dikelompokkan dengan karakteristik lalu lintas (perilaku lalu lintas) yang ada di persimpangan yakni kondisi geometrik simpang yang diamati, arus lalu lintas, panjang antrian, waktu siklus *traffic light*.

5. Survei perilaku pada satu jenis persimpangan, untuk simpang ditetapkan pada simpang pertemuan Jalan arah Simpang Limun dan Jalan Tritura, simpang pertemuan Jalan arah Sisingamangaraja dan jalan marendal, survey dilakukan pada jam puncak (*peak hour*)dimana kondisi lalu lintas padat.
6. Setelah dilakukan survei lalu lintas di persimpangan Jalan Tritura (Bajak 1) yang diamati, tahap selanjutnya adalah pengolahan data. Analisis untuk mengetahui waktu siklus *traffic light*dengan MKJI dan Metode Webster menggunakan formulir isian MKJI SIG II, IV dan V berdasarkan data yang diperoleh.
7. Setelah dilakukan pengolahan data, tahap berikutnya adalah analisa dan evaluasi. Pada tahap ini ditentukan waktu siklus *traffic light* dengan MKJI 1997 dan Metode Webster dengan memperhatikan parameter kinerja yakni derajat kejenuhan, antrian, waktu siklus dan tundaan.
8. Setelah tahap-tahap di atas dilakukan, maka akan diperoleh beberapa kesimpulan terutama perbandingan efektivitas waktu *traffic light* pada persimpangan jenuh dan tidak jenuh baik menggunakan perhitungan metode MKJI maupun dengan menggunakan metode Webster.

3.3. Metode Survei

Metode survey yaitu dengan mengadakan pengamatan langsung kondisi eksisting di lapangan. Hal ini mutlak dilakukan agar dapat diketahui kondisi aktual pada saat ini, sehingga diharapkan tidak terjadi kesalahan dalam pengambilan keputusan dan kesimpulan atas permasalahan yang ingin diselesaikan. Data yang diperoleh dalam kegiatan survei ini adalah data primer.

3.3.1 Pengumpulan Data

3.3.1.1 Penentuan Lokasi

Sesuai dengan tujuan tugas akhir yaitu untuk menentukan efktivitas waktu *traffic light* pada persimpangan maka untuk pemilihan lokasi persimpangan yang dipilih adalah dua persimpangan masing–masing mewakili kondisi lalu lintas yang berbeda. Pemilihan persimpangan didasarkan pada kendala kemacetan,

antrian yang cukup panjang pada masing–masing lengan terutama yang terjadi pada jam – jam sibuk (*peak hour*). Hal tersebut memungkinkan terjadinya kondisi arus lalu lintas menjadi jenuh pada persimpangan sehingga apabila kendaraan yang melewati persimpangan tersebut harus mengalami lampu merah dua kali.

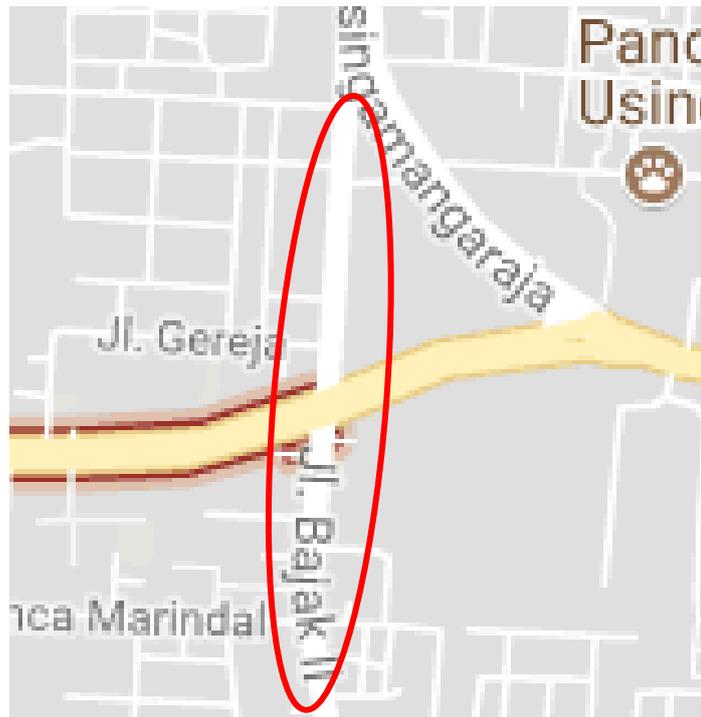
Pengamatan lalu lintas tidak hanya menghitung volume lalu lintas actual, akan tetapi juga perhitungan mengenai arus lalu lintas pada saat kondisi jenuh dengan tujuan untuk melihat gambaran jumlah kendaraan tiap jam tiap lajur pada masing–masing lengan jika waktu hijau efektif yang tersedia selama satu jam penuh dan diusahakan agar arus kendaraan tidak pernah berhenti.

Pada saat lampu merah menyala arus lalu lintas pada satu kelompok lajur akan berhenti lalu diperlukan suatu waktu keamanan bagi setiap lengan persimpangan yang disebut jarak kehilangan (*clearance lost time*). Saat ini tidak satupun arus lalu lintas yang dapat melintasi persimpangan dan kemudian barulah arus lalu lintas dari arah yang lain dapat melintasi persimpangan tersebut. Di lapangan sinyal lalu lintas menyediakan interval perubahan yang berupa indikasi kuning dan atau semuanya merah bagi jarak kehilangan waktu ini.

Waktu hijau efektif berarti dapat dihasilkan dengan waktu hijau yang tersedia ditambah dengan interval perubahan dikurangi dengan waktu awal dan jarak kehilangan waktu.

Dengan demikian lokasi pengamatan diusahakan pada persimpangan yang memiliki pembagian lajur dan rambu yang melarang kendaraan parkir pada lengan persimpangan selain instalasi persinyalan *traffic light* yang ada. Kondisi ini dapat dianggap mewakili kondisi persimpangan yang tertib.

Berikut ini dilampirkan peta lokasi Simpang yang diamati :



Gambar 3.2 : Peta lokasi survei jalan tritura/bajak I (www.googlemap.com).

3.3.1.2 Periode Survei

a. Perhitungan Arus Lalu Lintas Aktual

Pengamatan arus lalu lintas didasarkan pada pengamatan arus rata-rata pada satu periode jam puncak. Berdasarkan pengamatan pendahuluan yang dilakukan secara visual pada persimpangan yang diamati didapat bahwa perkiraan terjadinya jam puncak adalah selama satu periode pagi antara pukul 06.00 wib s.d 09.00 wib, antara pukul 12.00 wib s.d 14.00 wib dan sore hari pukul 17.00 wib s.d 18.30 wib.

Survey untuk memperoleh volume lalu lintas dilakukan selama satu hari sejak pagi pukul 06.00 wib sampai dengan sore pukul 18.00 wib. Arus lalu lintas yang melewati persimpangan dilakukan pengelompokkan berdasarkan jenis kendaraan dan distribusi pergerakan yakni membelok ke kiri, ke kanan dan lurus.

3.4 Perancangan Survei Lalu Lintas

3.4.1 Survei untuk prosedur perhitungan MKJI

3.4.1.1. Waktu pelaksanaan

Sesuai dengan pertimbangan untuk memperoleh gambaran kondisi lalu lintas yang sibuk maka survei lalu lintas untuk digunakan dalam perhitungan MKJI dilakukan pada hari kerja selama satu hari penuh dimulai pada pukul 06.30 wib sampai dengan sore pukul 18.00 wib. Hal ini dilakukan agar dapat diperoleh data yang lebih akurat sehingga hasilnya dapat digunakan untuk perencanaan dan perbaikan dimasa akan datang.

3.4.1.2. Prosedur Pelaksanaan Perhitungan Arus Lalu Lintas Aktual

Menentukan komposisi jenis kendaraan yang diamati menurut pengelompokan yang dibuat oleh MKJI 1997, angka ekivalen tersebut dibagi atas 4 jenis. Adapun 4 jenis kendaraan tersebut antara lain kendaraan ringan (Light Vehicle = LV), kendaraan berat (Heavy Vehicle = HV), jenis sepeda motor (Motor Cycle = MC), dan kendaraan tak bermotor (Un-Motorcycle = UM). Perhitungan arus kendaraan didasarkan pada time slice traffic light.

Formulir data yang dibuat akan berisikan hal sebagai berikut :

Arah pergerakan kendaraan berdasarkan asal tujuan yang meliputi pergerakan membelok ke kiri, lurus dan berdasarkan jenis kendaraan. Perhitungan jenis kendaraan berdasarkan jumlah tiap jenis kendaraan berdasarkan jumlah tiap jenis kendaraan selama periode pengamatan dalam interval 15 menit serta tersebar dihitung 4 x 15 menit selama periode pagi, siang dan sore.

3.4.1.3. Keadaan Sinyal dan Geometrik Simpang

Keadaan persimpangan yang perlu diamati selanjutnya adalah keadaan sinyal *traffic light* yang meliputi satu siklus yakni periode merah, kuning (*amber*), dan hijau untuk setiap fase. Demikian juga dengan jumlah fase yang beroperasi pada persimpangan tersebut.

Pelaksanaan pengukuran waktu sinyal diperoleh dengan cara Membuat formulir pencatatan, dengan mempergunakan stop watch, lama sinyal dicatat dengan pertama kali melakukan pencatatan waktu merah, hijau, dan kuning

periode merah dan kuning. Kemudian mencatat waktu siklus untuk mencocokkan pencatatan waktu sinyal (merah, kuning, hijau). Pencatatan dilakukan sebanyak tiga kali dalam waktu yang berbeda secara berturut-turut. Dalam hal ini pencatatan dilakukan pada waktu pagi dan siang hari. Tujuannya untuk mengetahui apakah ada perubahan lama waktu sinyal pada waktu tertentu.

3.4.1.4. Tenaga dan Peralatan

- Tenaga (*Surveyor*)

Survey yang dilakukan untuk mengambil data-data volume lalu lintas yang digunakan untuk perhitungan MKJI, masing-masing tim ditugaskan untuk melakukan pengamatan pada jeda simpang yang berbeda. Jumlah anggota dalam satu tim tergantung situasi simpang yang akan dihitung volume lalu lintasnya.

Hal pertama yang harus dilakukan adalah survey pendahuluan yang bertujuan untuk mengetahui mengenai data-data awal mengenai pola arus lalu lintas, lokasi survey yang akan dipilih dan jam- jam sibuk/ puncak (*peak hour*) dan juga kondisi lingkungan disekitar simpang. Adapun hal- hal yang berfungsi diadakan survey ini yaitu :

1. Penempatan tempat/ titik lokasi survey yang memudahkan pengamat.
2. Penentuan arah lalu lintas dan jenis kendaraan yang disurvei.
3. Membiasakan para penyurvei dalam menggunakan alat yang akan digunakan
4. Memahami kesulitan yang memungkinkan muncul pada pelaksanaan survei dan melakukan revisi sesuai dengan keadaan lapangan serta kondisi yang mungkin dihadapi

Untuk memudahkan mendapatkan hasil survey yang baik, harus diadakan penjelasan kepada seluruh surveyor yang bersangkutan dengan tugas dan tanggung jawab masing-masing, terdiri dari :

- a. Cara dan pengisian formulir penelitian terkait dengan arus lalu lintas yang dibagi dalam periode tertentu yaitu: 15 menit tiap periode selama 1 jam untuk setiap pengamat
- b. Pembagian tugas, yang menyangkut pembagian arah dan jenis kendaraan bagi tiap penyurvei sesuai dengan formulir yang dipegang

- c. Mencatat waktu *traffic light* dan perubahan siklus yang terjadi selama 1 hari pengamatan
- Peralatan

Untuk memperoleh data yang akurat, perlu didukung peralatan yang lengkap dan baik. Peralatan yang dibutuhkan antara lain sebagai berikut :Formulir penelitian jumlah kendaraan yang keluar dari simpang, untuk prosedur survey MKJI 1997.

 - a. Alat tulis
 - b. Stopwatch
 - c. Meteran gulung untuk mendapatkan data geometrik jalan
 - d. Kamera
 - e. *Handy tally counter*

3.4.1.5 Penempatan Surveyor

Masalah penempatan surveyor pada persimpangan yang diteliti sangat penting untuk diperhatikan, hal ini terkait dengan keakuratan data lalu lintas yang ingin diperoleh, seperti jumlah kendaraan yang dilewatkan oleh masing – masing lengan dan data waktu sinyal *traffic light*. Penempatan surveyor dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa hal, yaitu :

- a. Pertimbangan jenis data yang ingin diperoleh, seperti jumlah kendaraan yang bergerak lurus atau belok kanan, dan lain sebagainya
- b. Pertimbangan visual surveyor, seminimal mungkin posisi yang dipilih terhindar dari halangan untuk mengamati kondisi arus lalu lintas
- c. Pertimbangan kelancaran lalu lintas, posisi penempatan surveyor jangan sampai mengganggu kondisi lalu lintas yang ada.

3.5 Survei untuk Prosedur Perhitungan Metode Webster

3.5.1 Parameter Kinerja

Parameter kinerja digunakan untuk menilai kinerja persimpangan yang diamati. Untuk jenis persimpangan parameter yang digunakan untuk menilai kinerjanya, yaitu :

1. Arus Jenuh

Pada saat awal Hijau, kendaraan membutuhkan beberapa waktu untuk memulai pergerakan dan kemudian sesaat setelah bergerak sudah mulai terjadi antrian pada kecepatan relatif normal

2. Waktu Hijau Efektif

Merupakan lamanya waktu hijau tampilan sinyal dikurangi dengan kehilangan awal dan ditambah waktu hijau tambahan akhir.

3. Waktu Siklus

Waktu yang diperlukan untuk serangkaian fase dimana semua pergerakan dilakukan. Waktu siklus perlu dioptimumkan karena waktu siklus yang terlalu panjang akan mengakibatkan tundaan yang besar.

4. Total Waktu Hilang

Waktu hilang terjadi pada saat awal periode hijau berupa terlambatnya memulai pergerakan (*lost start*) dan pada saat akan berakhirnya periode kuning (*end lost*)

5. Tundaan

Perbedaan antara waktu perjalanan melintasi simpang dengan waktu perjalanan yang tanpa berhenti atau mengalami perlambatan akibat adanya sinyal lalu lintas pada persimpangan.

BAB 4
ANALISA DATA

4.1. Pengumpulan Data

4.1.1 Road Inventory Survey

Dalam melakukan *road inventory survey*, yang dilakukan adalah survei geometrik simpang untuk memperoleh data fisik lengan simpang yang selanjutnya digunakan untuk menghitung kapasitas *link* dan survei rambu dan marka jalan.

Hasil pengumpulan data inventarisasi jalan yang dilakukan pada daerah studi adalah seperti Tabel 4.1.

Tabel 4.1 : Kondisi Lapangan Jl. Marendal Jl. Bajak (Arah Sp. Limun) Jl. A.H Nasution (Arah Jl. Johor) Jl. A.H Nasution (Arah SM. Raja) (hasil survei, Juli 2017).

Nama Jalan	Median	Belok Kiri Langsung Ya/Tidak	Predekat			
			Lebar Pendekat (Wa)	Lebar Masuk (Wmasuk)	Lebar LTOR	Lebar Keluar
Utara Jl. Marendal	Tidak	T	3 m	3m	-	3m
Selatan Jl. Bajak/ Arah simp. Limun	Tidak	T	3 m	3 m	-	3 m
Timur Jl. A.H Nasution/ Arah Jl. Johor	Ya	T	8 m	8 m	-	8 m
Barat Jl. A.H Nasution/ Arah Jl. SM. Raja	Ya	T	8 m	8 m	-	8 m

Rambu–rambu lalu lintas dan marka jalan yang ada pada simpang tersebut. Adapun hasilnya adalah :

1. Jl. Marendal Jl. Bajak (Arah Sp. Limun) Jl. A.H Nasution (Arah Jl. Johor) Jl. A.H Nasution (Arah SM. Raja), rambu dan marka yang terdapat pada jalan tersebut adalah :
 - a. Rambu :
 1. Lampu pengatur lalu lintas
 2. Rambu dilarang berhenti
 - b. Marka :

Marka yang terdapat pada jalan tersebut adalah marka yang membagi lajur pada jalur jalan dengan bentuk garis putus-putus serta garis henti yang berbentuk garis lurus tidak putus-putus.

4.1.2 Waktu Tempuh

Survei ini menyediakan informasi tentang kecepatan dalam menempuh suatu jalur atau rute dari suatu jalan atau keseluruhan rute. Kecepatan perjalanan digambarkan sebagai jarak tempuh perjalanan yang dibagi oleh total waktu perjalanan. Waktu tempuh ini meliputi waktu yang diperlukan ketika kendaraan sedang bergerak dan waktu berhenti, yaitu ketika kendaraan pada posisi terhenti di *traffic light*, kemacetan lalu lintas, dan lain-lain.

4.1.3 Volume Lalu Lintas

Hasil dari survei arus lalu lintas pada persimpangan disajikan dalam bentuk tabel sebagaimana diperlihatkan dalam lampiran survei perhitungan lalu lintas untuk tiap arah pergerakan. Gambar dibawah ini menunjukkan grafik fluktuasi arus lalu lintas hasil survei pada jam puncak pagi, siang, dan sore hari. Perhitungan arus lalu lintas yang dilakukan dari hasil survei merupakan hasil perhitungan yang dilakukan tiap 15 menit.

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam melakukan survei pengumpulan data volume lalu lintas ini adalah :

- a. Menentukan kategori jenis kendaraan yaitu kendaraan ringan (sedan, minibus, jeep, opelet, dan pick up), kendaraan berat (bus, truk 2 sumbu, truk 3 sumbu, truk gandeng, truk semi trailer), dan sepeda motor.

- b. Melakukan survei pengumpulan data dengan cara pencacahan manual, dengan mencatat jumlah pergerakan setiap kendaraan yang melintasi titik yang telah ditentukan.

Tabel 4.2: Data Arus Lalu Lintas pada persimpangan Jl. Tritura (Jl. Bajak) pada jam sibuk (07.00-09.00).

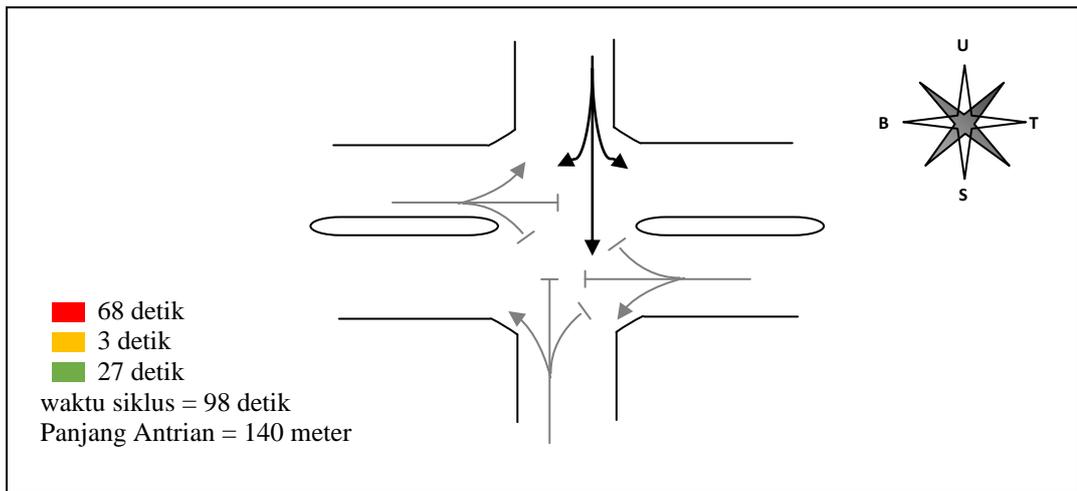
Tipe Kendaraan	Jumlah Arus Lalu Lintas											
	Lengan Utara			Lengan Selatan			Lengan Timur			Lengan Barat		
	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT
LV	7	36	178	102	92	25	225	802	25	165	821	102
HV	1	0	14	1	0	1	2	76	0	23	55	1
MC	20	135	182	50	212	242	270	612	48	125	132	64

4.1.4. Pengaturan Sinyal

Survei sistem sinyal dilakukan untuk memperoleh data waktu/sistem operasi yang mengatur pergantian pergerakan kendaraan yang masuk simpang. Data yang dikumpulkan adalah jumlah fase, bentuk fase, urutan fase dan durasi waktu siklus yang terdiri dari 3 (tiga) aspek yaitu hijau, kuning, dan merah.

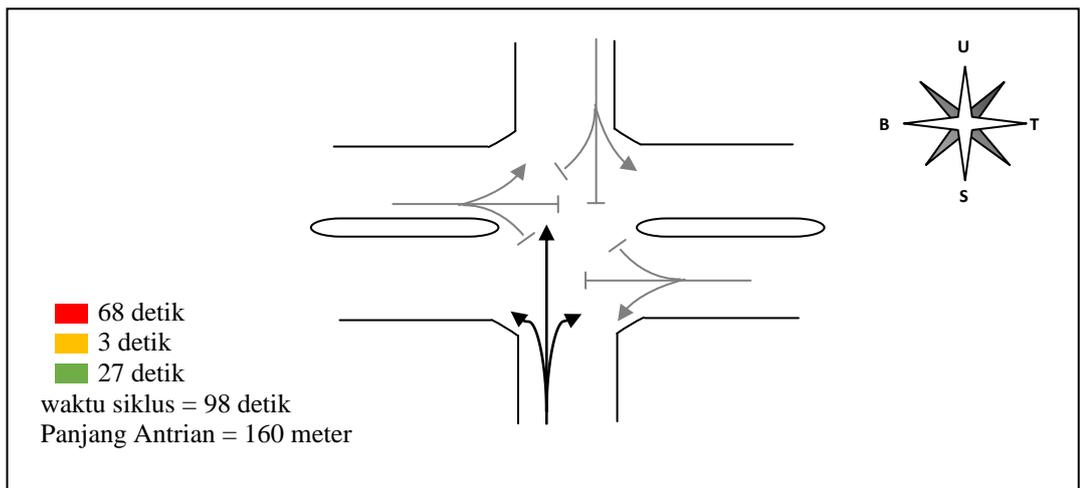
Dari survei lapangan diperoleh pembagian fase, waktu sinyal dan siklus tiap fase. Memperhatikan kondisi di lapangan, maka fase yang diperoleh meliputi arah Utara (Jl. Marendal), arah Selatan (Jl. Bajak), arah Timur (Jl. A.H. Nasution / Arah Jl. Johor), arah Timur (Jl. A.H. Nasution / arah Jl. S.M Raja).

a. Fase 1



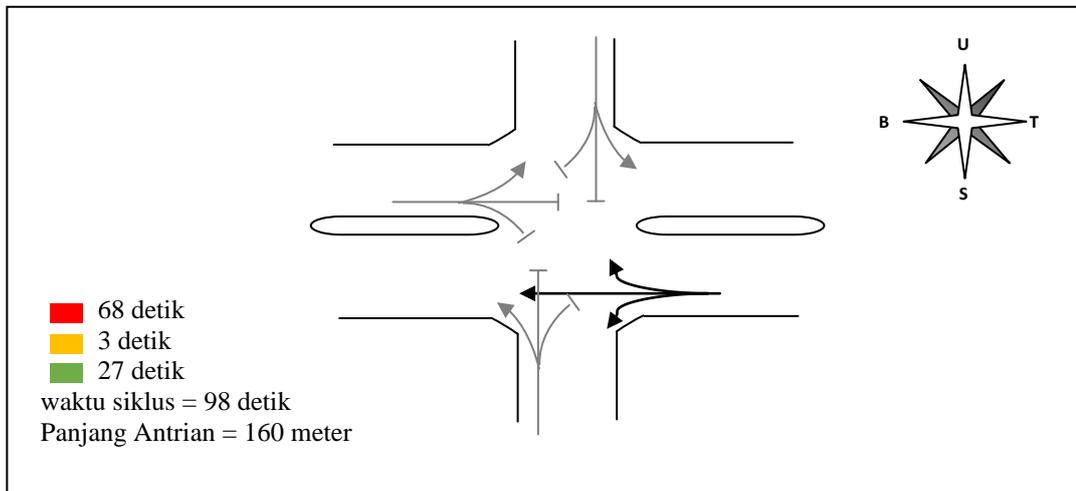
Gambar 4.31: Fase 1 arah Utara.

b. Fase 2



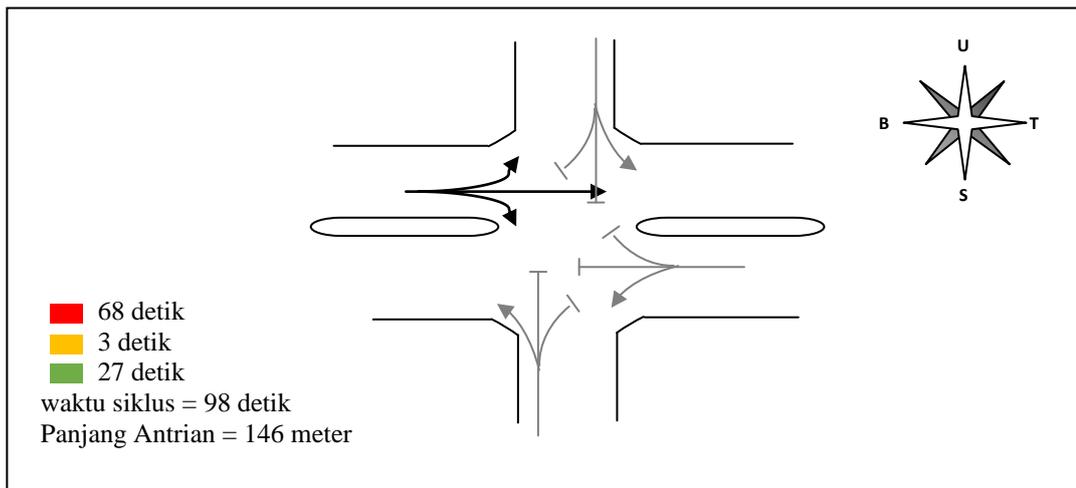
Gambar 4.2: Fase 2 arah Selatan.

c. Fase 3



Gambar 4.3: Fase 3 arah Timur.

d. Fase 4



Gambar 4.4: Fase 4 arah Barat.

Hasil pencatatan waktu sinyal dan siklus tiap fase untuk masing-masing jam puncak disajikan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Hasil pengamatan waktu sinyal dan siklus tiap fase pada waktu jam puncak pagi, siang, sore.

Sinyal	Fase	Pengamatan tiap fase (detik)				
		I	II	III	IV	
	I – II	2	2	2	2	Siklus (Detik)
	II – III	2	2	2	2	
	III – IV	2	2	2	2	
	IV - I	2	2	2	2	
MERAH	PAGI	68	68	68	68	98
KUNING		3	3	3	3	
HIJAU		37	37	37	37	
MERAH	SIANG	68	68	68	68	98
KUNING		3	3	3	3	
HIJAU		37	37	37	37	
MERAH	SORE	68	68	68	68	98
KUNING		3	3	3	3	
HIJAU		37	37	37	37	

4.2. Analisa data persimpangan eksisting dan proyeksi lalu lintas

4.2.1. Analisis data persimpangan eksisting waktu puncak

Dari data – data yang diperoleh dari lokasi survei dibuat perhitungan sistem analisa traffic light dengan metode MKJI 1997. Berikut ini contoh analisis perhitungan sistem analisa *traffic light* untuk persimpangan pada lengan Jl. Marendal – Jl. Bajak (Arah Sp. Limun) – Jl. A.H Nasution (Arah Jl. Johor) – Jl. A.H Nasution (Arah SM. Raja) pada jam puncak pagi (07.00 – 18.00 wib) dari hasil survey pada hari selasa, 22 Agustus 2017, 24 Agustus 2017, dan 25 Agustus 2017.

Contoh perhitungan Sistem Analisa Traffic Light dengan Metode MKJI 1997

Fase 1

- a. Total arus lalu lintas pada lengan utara (Jl. Marendal)

$$LV = 221 \text{ Kend/ Jam}$$

$$HV = 15 \text{ Kend/ Jam}$$

$$MC = 337 \text{ Kend/ Jam} +$$

$$\text{Total} = 573 \text{ Kend/ Jam}$$

Sehingga jumlah kendaraan seluruhnya = 573 kend/Jam

Selanjutnya perlu diketahui jumlah kendaraan dalam satuan smp/ jam dengan mengekivalenkan mobil penumpang.

$$LV = 221 \times 1,0 = 221 \text{ smp/ jam}$$

$$HV = 15 \times 1,3 = 19,5 \text{ smp/ jam}$$

$$MC = 337 \times 0,4 = 134,8 \text{ smp/ jam} +$$

$$\text{Total} = 375 \text{ smp/ jam}$$

Sehingga total jumlah kendaraan = 375 smp/ jam

- b. Rasio Kendaraan Berbelok

$$PLTOR = \frac{QLTOR \text{ (smp/jam)}}{\text{Total (smp/jam)}} = \frac{28}{375} = 0,042$$

$$PRT = \frac{Qrt \text{ (smp/jam)}}{\text{Total (smp/jam)}} = \frac{269}{375} = 0,717$$

- c. Lebar efektif (We)

Lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, yang digunakan dalam perhitungan kapasitas (yaitu dengan pertimbangan terhadap W_a , W_{masuk} , dan W_{keluar} dan gerakan lalu lintas membelok).

Berdasarkan survei langsung dilapangan didapat $W_e = 3$ meter.

- d. Arus jenuh (S)

Besarnya keberangkatan antrian didalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan (smp/ jam hijau).

Nilai disesuaikan smp/jam hijau

$$S = S_o \times FCS \times FSF \times FFG \times FP \times FRT \times FLT$$

$$= 1800 \times 1,00 \times 0,93 \times 1,00 \times 1,00 = 1674 \text{ smp/ jam}$$

Dimana :

Faktor–faktor penyesuaian

FCS = Faktor penyesuaian ukuran kota, berdasarkan jumlah penduduk kota medan± 3 juta jiwa, Fcs = 1,00

FSF = Faktor penyesuaian hambatan samping, berdasarkan kelas hambatan samping dari lingkungan jalan tersebut, maka dinyatakan lingkungan jalan adalah termasuk kawasan pendidikan, perumahan, perdagangan dan jasa jalan yang ditinjau merupakan jalan arah tipe fase adalah terlawanFSF = 0,93

FG = Faktor penyesuaian terhadap kelandaian (G), berdasarkan naik (+) atau turun (-) permukaan jalan, FG = 1,00

FP = Faktor penyesuaian parkir (P), berdasarkan jarak henti kendaraan parkir, Fp = 1,00

e. Rasio Arus (FR)

Rasio Arus terhadap arus jenuh (Q/S) dari suatu pendekat.

$$Q_1 = 375 \text{ smp/ jam}$$

$$S = 1674 \text{ smp/ jam}$$

Menghitung rasio Arus :

$$FR = \frac{Q}{s} = \frac{375}{1674} = 0,22$$

f. Rasio Arus Simpang (IFR)

Jumlah dari rasio kritis (tertinggi) untuk semua fase sinyal yang berurutan dalam suatu siklus.

$$\begin{aligned} IFR &= \Sigma (Q/S)_{crit} \\ &= \Sigma FR_{crit} = 0,879 \end{aligned}$$

g. Rasio Fase (PR)

Rasio untuk kritis dibagi dengan rasio arus simpang.

$$\begin{aligned} PR &= \frac{FR_{crit}}{IFR} \\ &= \frac{0,22}{0,879} = 0,25 \text{ det} \end{aligned}$$

h. Waktu Siklus (c)

Waktu untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal (sebagai contoh, diantara dua saat permulaan hijau yang berurutan di dalam pendekat yang sama).

$G_i = (Cua - LTI) \times PR_i \rightarrow Cua = \text{Waktu siklus sebelum penyesuaian}$

$$Cua = \frac{1,5 \times LTI + 5}{(1 - IFR)}$$

LTI = Waktu hilang total persiklus (det)

= Σ (merah semua + kuning)

= 4 det + 6 det

= 10 det

Waktu hilang total = LT1 Fase 1 + LT1 fase 2

= 3 detik + 1 detik = 4 detik

$$Cua = \frac{1,5 \times LTI + 5}{(1 - IFR)}$$

$$Cua = \frac{1,5 \times 7 + 5}{(1 - 0,879)}$$

= 165,289 det

$g_1 = (Cua - LTI) \times PR_1$

= $(165,289 - 10) \times 0,227 = 31,160 \text{ detik} \rightarrow 31 \text{ detik}$

$c = \Sigma g + LTI$

= $g_1 + g_2 + LTI$

= 31 det + 40 det + 10 det = 81 det

i. Kapasitas(C) dan Derajat Kejenuhan (DS)

Kapasitas (C) arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan.

Kapasitas (C) = Nilai dasar x waktu hijau/waktu siklus

= $S \times g/c$; $g = 31$. $c = 81 = 1674 \times 31/81 = 641 \text{ smp/jam}$

Derajat kejenuhan (DS) rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat ($Q \times c/S \times g$).

Derajat kejenuhan (DS) = $296/641$

= 0,461

j. Antrian

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

$NQ = NQ1 + NQ2$

Dimana :

$$\begin{aligned}NQ1 &= 0,25 \times c \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right] \\ &= 0,25 \times 641 \times \left[(0,461 - 1) + \sqrt{(0,461 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,461 - 0,5)}{641}} \right] \\ &= 1,728 \text{ smp}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}NQ2 &= c \times ((1 - GR) / (1 - GR \times DS)) \times Q / 3600 \\ &= 641 \times ((1 - 0,19) / (1 - 0,19 \times 0,936)) \times 296 / 3600 \\ &= 5,630 \text{ smp}\end{aligned}$$

$$\text{Total} = NQ1 + NQ2 = 1,728 + 5,630 = 7,358 \text{ smp}$$

$$Nq_{maks} = 21 \text{ (dari buku MKJI 1997)}$$

k. Panjang antrian (QL)

$$\begin{aligned}QL &= \frac{NQ_{Total} \times 20}{W_{masuk}} \\ &= \frac{7,358 \times 20}{3} = 49,053 \text{ m} = 49 \text{ m}\end{aligned}$$

Untuk $Nq_{maks} = 21$ maka QL :

$$QL = \frac{NQ_{Total} \times 20}{W_{masuk}} = \frac{21 \times 20}{3} = 140 \text{ m}$$

l. Rasio kendaraan berhenti (NS)

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 = 0,9 \times \frac{7,358}{296 \times 81} \times 3600 = 0,995$$

m. Jumlah Kendaraan berhenti (smp)

$$\begin{aligned}N_{sv} &= Q \times NS \\ &= 296 \times 0,995 \\ &= 294,520 \text{ smp/ jam}\end{aligned}$$

n. Tundaan (Delay)

Tundaan lalu lintas rata-rata (detik/ smp)

$$DT = C \times \frac{0,5 \cdot (1 - GR)^2}{1 - GR \times DS} \times \frac{3600 \times NQ_1}{c}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}A &= \frac{0,5 \cdot (1 - GR)^2}{1 - GR \times DS} \\ &= \frac{0,5 \cdot (1 - 0,19)^2}{1 - 0,19 \times 0,936} = 0,534\end{aligned}$$

$$DT = c \times A \times \frac{3600 \times NQ_1}{c}$$

$$= 81 \times 0,534 \times \frac{3600 \cdot 1,728}{641}$$

$$= 41,977 \text{ det/smp}$$

o. Tundaan Geometrik (DG)

$$\begin{aligned} DG &= (1 - Psv) \times PRT \times 6 + (Psv \times 4) \\ &= (1 - 0,995) \times 0,755 \times 6 + (0,995 \times 4) \\ &= 4,002 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

p. Tundaan Rata – Rata (D)

$$\begin{aligned} D &= DT + DG \\ &= 41,977 \text{ det/smp} + 4,002 \text{ det/smp} \\ &= 45,979 \text{ det/smp} \\ &= 46 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tundaan rata-rata} &= D \times Q \\ &= 46 \text{ det/smp} \times 296 \text{ det/smp} \\ &= 13616 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

Fase 3

a. Total arus lalu lintas pada lengan utara (Jl. Marendal)

$$LV = 219 \text{ Kend/ Jam}$$

$$HV = 2 \text{ Kend/ Jam}$$

$$\underline{MC = 504 \text{ Kend/ Jam} +}$$

$$\text{Total} = 725 \text{ Kend/ Jam}$$

Sehingga jumlah kendaraan seluruhnya = 725 kend/Jam

Selanjutnya perlu diketahui jumlah kendaraan dalam satuan smp/ jam dengan mengekivalenkan mobil penumpang.

$$LV = 219 \times 1,0 = 219 \text{ smp/ jam}$$

$$HV = 2 \times 1,3 = 2,6 \text{ smp/ jam}$$

$$\underline{MC = 504 \times 0,4 = 201,6 \text{ smp/ jam} +}$$

$$\text{Total} = 423 \text{ smp/ jam}$$

Sehingga total jumlah kendaraan = 423 smp/ jam

b. Rasio Kendaraan Berbelok

$$PLTOR = \frac{QLTOR \text{ (smp/jam)}}{\text{Total (smp/jam)}} = \frac{123}{423} = 0,291$$

$$PRT = \frac{Qrt \text{ (smp/jam)}}{\text{Total (smp/jam)}} = \frac{123}{423} = 0,291$$

c. Lebar efektif (W_e)

Lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, yang digunakan dalam perhitungan kapasitas (yaitu dengan pertimbangan terhadap W_a , W_{masuk} , dan W_{keluar} dan gerakan lalu lintas membelok).

Berdasarkan survei langsung dilapangan didapat $W_e = 8$ meter.

d. Arus jenuh (S)

Besarnya keberangkatan antrian didalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan (smp/ jam hijau).

Nilai disesuaikan smp/jam hijau

$$S = S_o \times FCS \times FSF \times FFG \times FP \times FRT \times FLT$$
$$= 1800 \times 1,00 \times 0,93 \times 1,00 \times 1,00 = 1674 \text{ smp/ jam}$$

Dimana :

Faktor-faktor penyesuaian

FCS = Faktor penyesuaian ukuran kota, berdasarkan jumlah penduduk kota medan ± 3 juta jiwa, Fcs = 1,00

FSF = Faktor penyesuaian hambatan samping, berdasarkan kelas hambatan samping dari lingkungan jalan tersebut, maka dinyatakan lingkungan jalan adalah termasuk kawasan pendidikan, perumahan, perdagangan dan jasa jalan yang ditinjau merupakan jalan arah tipe fase adalah terlawan FSF = 0,93

FG = Faktor penyesuaian terhadap kelandaian (G), berdasarkan naik (+) atau turun (-) permukaan jalan, FG = 1,00

FP = Faktor penyesuaian parkir (P), berdasarkan jarak henti kendaraan parkir, Fp = 1,00

e. Rasio Arus (FR)

Rasio Arus terhadap arus jenuh (Q/S) dari suatu pendekat.

$$Q_1 = 296 \text{ smp/ jam}$$

$$S = 1674 \text{ smp/ jam}$$

Menghitung rasio Arus :

$$FR = \frac{Q}{S}$$
$$= \frac{296}{1674} = 0,177$$

f. Rasio Arus Sempang (IFR)

Jumlah dari rasio kritis (tertinggi) untuk semua fase sinyal yang berurutan dalam suatu siklus.

$$\begin{aligned} IFR &= \Sigma (Q/S)_{crit} \\ &= \Sigma FR_{crit} = 0,879 \end{aligned}$$

g. Rasio Fase (PR)

Rasio untuk kritis dibagi dengan rasio arus sempang.

$$PR = \frac{FR_{crit}}{IFR} = \frac{0,2}{0,879} = 0,227 \text{ det}$$

h. Waktu Siklus (c)

Waktu untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal (sebagai contoh, diantara dua saat permulaan hijau yang berurutan di dalam pendekat yang sama).

$$Gi = (Cua - LTI) \times PR_i \rightarrow Cua = \text{Waktu siklus sebelum penyesuaian}$$

$$Cua = \frac{1,5 \times LTI + 5}{(1 - IFR)}$$

$$\begin{aligned} LTI &= \text{Waktu hilang total persiklus (det)} \\ &= \Sigma (\text{merah semua} + \text{kuning}) \\ &= 4 \text{ det} + 6 \text{ det} \\ &= 10 \text{ det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu hilang total} &= LT1 \text{ Fase 1} + LT1 \text{ fase 2} \\ &= 3 \text{ detik} + 1 \text{ detik} = 4 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$Cua = \frac{1,5 \times LTI + 5}{(1 - IFR)}$$

$$Cua = \frac{1,5 \times 7 + 5}{(1 - 0,879)}$$

$$= 165,289 \text{ det}$$

$$\begin{aligned} g1 &= (Cua - LTI) \times PR1 \\ &= (165,289 - 10) \times 0,227 = 31,160 \text{ detik} \rightarrow 31 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \Sigma g + LTI \\ &= g1 + g2 + LTI \\ &= 31 \text{ det} + 40 \text{ det} + 10 \text{ det} \\ &= 81 \text{ det} \end{aligned}$$

i. Kapasitas(C) dan Derajat Kejenuhan (DS)

Kapasitas (C) arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan.

$$\text{Kapasitas (C)} = \text{Nilai dasar} \times \text{waktu hijau/waktu siklus}$$

$$= S \times g/c ; g = 31. c = 81 = 1674 \times 31/81 = 641 \text{ smp/jam}$$

Derajat kejenuhan (DS) rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat ($Q \times c/S \times g$).

$$\begin{aligned} \text{Derajat kejenuhan (DS)} &= 296/ 641 \\ &= 0,461 \end{aligned}$$

j. Antrian

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

$$NQ = NQ1 + NQ2$$

Dimana :

$$\begin{aligned} NQ1 &= 0,25 \times Cx \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right] \\ &= 0,25 \times 641 \times \left[(0,461 - 1) + \sqrt{(0,461 - 1)^2 + \frac{8 \times (0,461 - 0,5)}{641}} \right] \\ &= 1,728 \text{ smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NQ2 &= c \times ((1 - GR) / (1 - GR \times DS)) \times Q/3600 \\ &= 641 \times ((1 - 0,19) / (1 - 0,19 \times 0,936)) \times 296/ 3600 \\ &= 5,630 \text{ smp} \end{aligned}$$

$$\text{Total} = NQ1 + NQ2 = 1,728 + 5,630 = 7,358 \text{ smp}$$

$$Nq_{maks} = 21 \text{ (dari buku MKJI 1997)}$$

k. Panjang antrian (QL)

$$\begin{aligned} QL &= \frac{NQ_{Total} \times 20}{W_{masuk}} \\ &= \frac{7,358 \times 20}{3} = 49,053 \text{ m} = 49 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk NQmaks = 21 maka QL :

$$QL = \frac{NQ_{Total} \times 20}{W_{masuk}} = \frac{21 \times 20}{3} = 140 \text{ m}$$

l. Rasio kendaraan berhenti (NS)

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 = 0,9 \times \frac{7,358}{296 \times 81} \times 3600 = 0,995$$

m. Jumlah Kendaraan berhenti (smp)

$$\begin{aligned} N_{sv} &= Q \times NS \\ &= 296 \times 0,995 \\ &= 294,520 \text{ smp/ jam} \end{aligned}$$

n. Tundaan (Delay)

Tundaan lalu lintas rata-rata (detik/ smp)

$$DT = C \times \frac{0,5 \cdot (1-GR)^2}{1-GR \times DS} \times \frac{3600 NQ_1}{C}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} A &= \frac{0,5 \cdot (1-GR)^2}{1-GR \times DS} \\ &= \frac{0,5 \cdot (1-0,19)^2}{1-0,19 \times 0,936} = 0,534 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DT &= c \times A \times \frac{3600 NQ_1}{c} \\ &= 81 \times 0,534 \times \frac{3600 \cdot 1,728}{641} \\ &= 41,977 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

o. Tundaan Geometrik (DG)

$$\begin{aligned} DG &= (1 - P_{sv}) \times PRT \times 6 + (P_{sv} \times 4) \\ &= (1 - 0,995) \times 0,755 \times 6 + (0,995 \times 4) \\ &= 4,002 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

p. Tundaan Rata-Rata (D)

$$\begin{aligned} D &= DT + DG \\ &= 41,977 \text{ det/smp} + 4,002 \text{ det/smp} \\ &= 45,979 \text{ det/smp} \\ &= 46 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tundaan rata-rata} &= D \times Q \\ &= 46 \text{ det/smp} \times 296 \text{ det/smp} \\ &= 13616 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

Contoh perhitungan Sistem Analisa Traffic Light dengan Metode Webster

1. Arus Jenuh

Pada saat awal hijau, kendaraan membutuhkan beberapa waktu untuk memulai pergerakan dan kemudian sesaat setelah bergerak sudah mulai terjadi antrian pada kecepatan relative normal. Waktu hijau tiap fase adalah waktu untuk melewati arus jenuh menerus. Besarnya arus jenuh dipengaruhi beberapa hal yaitu :

a. Pengaruh lebar pendekat

Arus jenuh pada pendekat yang tanpa kendaraan yang berbelok dan tanpa kendaraan yang parkir. Hubungan lebar jalan dan arus jenuh sebagai berikut:

Tabel 4.4: Arus jenuh untuk lebar pendekat (pusat pengembangan bahan ajar fak. teknik sipil univ. mercu buana).

W (ft)	10	11	12	13	14	15	16	17
W (m)	3,05	3,35	3,65	4,00	4,25	4,60	4,90	5,20
S (smp/jam)	1675	1700	1725	1775	1875	2025	2250	2450
	1850	1875	1900	1950	2075	2250	2475	2700

Untuk lebar pendekat 5,20 s/d 18,30 m atau sekitar dan lebih besar dari 17 feet

Bila w dalam feet : $S = 145 w$ smp/jam

Bila w dalam meter : $S = 525 w$ smp/jam

Pengaruh Lebar Pendekat

$$\begin{aligned} S &= 525 \times W \\ &= 525 \times 3 \text{ m} = 1575 \text{ smp/ jam} \end{aligned}$$

b. Pengaruh Gradient

Gradient rata – rata pada pendekat diukur 200 m dari garis henti/ stop. Pendekat yang menaik setiap 1 % arus jenuh akan berkurang sebesar 3 % dan setiap pendekat yang menurun 1 % maka arus jenuh akan bertambah 3 %.

- c. Pengaruh Komposisi Kendaraan Pengaruh dari tipe kendaraan yang berbeda, maka arus jenuh dihitung berdasarkan nilai SMP sebagai berikut :

1 Kendaraan berat atau sedang = 1,75 smp

1 Bus = 2,25 smp

1 Tram = 2,50 smp

1 Mobil Penumpang = 1,00 smp

1 Sepeda Motor = 0,33 smp

1 Sepeda = 0,20 smp

- d. Pengaruh kendaraan Belok Kanan

Tergantung dari apakah ada konflik kendaraan dari fase yang sama atau kendaraan yang belok kanan disediakan lajur tersendiri. Ada tiga kemungkinan, yaitu :

- Tanpa arus berlawanan dan tanpa disediakan lajur khusus, maka arus jenuh diasumsikan sama dengan lalu lintas tanpa kendaraan yang berbelok.
- Dengan arus yang berlawanan dan tanpa disediakan lajur khusus belok kanan. Dalam situasi ini, kendaraan yang belok kanan akan tertunda dengan sendirinya dan sebagai akibatnya akan menunda arus kendaraan jalan terus pada lajur yang sama. Arus jenuh dapat disesuaikan dengan mengasumsikan bahwa rata-rata kendaraan yang belok kanan diekivalenkan menjadi 1,75 kendaraan yang berlawanan.

- e. Pengaruh Kendaraan Belok Kiri

Pengaruh kendaraan belok kiri pada arus jenuh tergantung pada ketajaman tikungan pada arus pejalan kaki. Pengaruh belok kiri dinyatakan sebagai berikut :

Arus belok kiri > 10 %, maka 1 kendaraan belok kiri = 1,25 kendaraan lurus

- f. Pengaruh Pejalan Kaki

Pengaruh pejalan kaki belum ditentukan secara tepat dan kemungkinan tergantung pada banyak kondisi khusus dari lapangan. Dianjurkan bahwa untuk arus pejalan kaki rata-rata tidak diperlukan koreksi, tetapi untuk arus pejalan kaki yang sangat tinggi pengaruhnya harus diperhitungkan pada waktu mengklasisikan lokasi.

g. Pengaruh Kendaraan Parkir

Dapat ditemukan bahwa pengurangan arus jenuh yang diakibatkan oleh kendaraan parkir dekat pada garis henti pada pendekat tertentu adalah sama dengan kehilangan lebar lajur pada garis henti dan dapat dinyatakan mendekati sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Pengurangan lebar lajur efektif} &= 1,6 - (0,9 (z - 7,5)) / k \text{ meter} \\ &= 1,6 - (0,9 (7,0 - 7,5)) / 27 = 0\end{aligned}$$

Dimana :

$Z (\geq 7,5 \text{ m})$ adalah jarak bebas dari kendaraan parkir yang terdekat dari garis henti (m)

k adalah waktu hijau (detik)

jika didapatkan nilai negative harus diambil nilai nol.

h. Pengaruh Karakter Site

Faktor lain yang mempengaruhi arus jenuh adalah pejalan kaki, jarak pandang, lingkungan simpang dll yang semuanya dikelompokkan dalam karakter site. Dalam penilaian karakter site, dibagi dalam penilaian sebagai berikut :

Baik, maka koreksi arus jenuh 120%

Sedang, maka koreksi arus jenuh 100%

Kurang, maka koreksi arus jenuh 80%

2. Waktu hijau efektif

Merupakan lamanya waktu hijau tampilan sinyal dikurangi dengan kehilangan awal dan ditambahkan waktu hijau tambahan akhir. Waktu hijau efektif tiap fase dalam satu siklus adalah :

$$GU : GS : GT : GB = 0,164 : 0,205 : 0,220 : 0,215$$

$$\begin{aligned}GU &= \frac{y^{Kritis}}{\Sigma y} (Co - L) \\ &= \frac{0,164}{0,804} (120 - 8) \\ &= 19,174 \text{ detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}GS &= \frac{y^{Kritis}}{\Sigma y} (Co - L) \\ &= \frac{0,205}{0,804} (120 - 8) \\ &= 28,557 \text{ detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 GT &= \frac{y_{Kritis}}{\Sigma y} (Co - L) \\
 &= \frac{0,220}{0,804} (120 - 8) \\
 &= 30,646 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 GB &= \frac{y_{Kritis}}{\Sigma y} (Co - L) \\
 &= \frac{0,215}{0,804} (120 - 8) \\
 &= 29,950 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Dimana :

g = Waktu hijau masing – masing fase (detik)

c = Waktu siklus (detik)

L = Total waktu hilang

y = Derajat kejenuhan tiap fase

Y = Jumlah y pada semua ruas

Waktu hijau efektif harus dikonversikan kedalam waktu hijau sebenarnya/
actual yaitu:

$$\begin{aligned}
 K &= g + I - a \\
 &= 27 + 2 - 3 = 26
 \end{aligned}$$

Dimana :

k = Waktu hijau sebenarnya (detik)

I = Lost time (detik)

A = Amber (detik)

Waktu hijau actual :

$$\begin{aligned}
 GU &= Ghit + l - a \\
 &= 19,174 + 2 - 3 \\
 &= 18,174 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 GS &= Ghit + l - a \\
 &= 28,557 + 2 - 3 \\
 &= 27,557 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 GT &= Ghit + l - a \\
 &= 30,646 + 2 - 3 \\
 &= 29,646 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$GB = Ghit + l - a$$

$$= 29,950 + 2 - 3$$

$$= 28,950 \text{ detik}$$

3. Waktu Siklus

Waktu siklus adalah waktu yang diperlukan untuk serangkaian fase dimana semua pergerakan dilakukan atau selang waktu dari awal hijau sampai kembali hijau. Satu siklus dapat terdiri dari 2 fase atau lebih. Waktu siklus perlu dioptimumkan karena waktu siklus yang terlalu panjang akan mengakibatkan tundaan yang besar. Dikenal beberapa macam waktu siklus yaitu :

- Waktu siklus minimum (cm), merupakan waktu siklus teoritis cukup untuk melewati arus di semua kaki simpang

$$CmU = L / (1 - y) \text{ detik}$$

$$= 12 / (1 - 0,164) = 14,354$$

$$CmS = L / (1 - y) \text{ detik}$$

$$= 12 / (1 - 0,205) = 15,094$$

$$CmT = L / (1 - y) \text{ detik}$$

$$= 12 / (1 - 0,220) = 15,384$$

$$CmB = L / (1 - y) \text{ detik}$$

$$= 12 / (1 - 0,215) = 15,286$$

Dimana : $Y = \Sigma y$

y = rasio maksimum arus yang ada terhadap arus jenuh = q/s

Tabel 4.5. Menghitung Y kritis.

	Kaki Simpang			
	Utara	Selatan	Barat	Timur
q	296	370	1058	1035
s	1800	1800	4800	4800
$y = q/s$	0,164	0,205	0,220	0,215
y kritis	0,164	0,205	0,220	0,215
Ey	0,804			

- Waktu siklus optimum (C_o), yaitu waktu siklus yang memberikan tundaan bagi kendaraan yang menggunakan simpang

Waktu hilang Total =

$$L = \Sigma (I - a) + \Sigma l$$

$$= 4 \times (3 - 3) + 4 \times 2 = 8 \text{ detik}$$

Keterangan :

Integreen = 4 detik

Lost Time = 2 detik

Amber = 3 detik

Waktu siklus optimum :

$$C_o = \frac{(1,5L+5)}{(1-\gamma)} \text{ detik}$$

$$= \frac{(1,5 \times 8+5)}{(1-0,804)} = 86,734 \text{ detik}$$

Menurut Webster : bahwa panjang siklus paling maksimum = 120 detik karena C_o hitung > C_o teoritis maka C_o terpakai = 120 detik.

- Waktu siklus praktis, merupakan waktu siklus berdasar kapasitas praktis ini dihitung berdasar 90% dari maksimum arus yang dapat terjadi untuk memberikan tundaan yang dapat diterima

$$C_{\text{prakt}} = \frac{(0,9 \times L)}{(0,9-\gamma)} \text{ detik}$$

$$\frac{(0,9 \times 8)}{(0,9-0,804)} = 75 \text{ detik}$$

4. Tundaan

Tundaan rata-rata pada suatu persimpangan yang diatur dengan sinyal waktu tetap dapat dihitung dengan :

$$d = \frac{c(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2q(1-x)} - \frac{0,65(c)^{\frac{1}{3}} x^{(2+5\lambda)}}{q}$$

atau dapat disederhanakan :

$$d = 0,9 \left(\frac{c(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2q(1-x)} \right)$$

$$= 0,9 \left(\frac{14,354(1-0,164)^2}{2(1-0,164 \times 0,936)} + \frac{0,936^2}{2 \times 0,2(1-0,936)} \right) = 36,132$$

Dimana : d = tundaan rata-rata per kendaraan
 c = waktu siklus (detik)
 λ = proporsi waktu hijau efektif
 q = arus Jenuh
 x = derajat kejenuhan, merupakan perbandingan arus dengan arus maksimum yang dapat lepas dari garis stop.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengamatan dan analisa dengan menggunakan metode MKJI 1997 mengenai sistem *Traffic Light* pada persimpangan Jl. Marendal – Jl. Bajak (Arah Sp. Limun) – Jl. A.H Nasution (Arah Jl. Johor) – Jl. A.H Nasution (Arah SM. Raja) Medan dapat disimpulkan seperti dibawah ini :

1. Volume lalu lintas maksimum yang terjadi di persimpangan Bajak adalah hari senin pukul 17.00 – 18.00 Wib.
2. Didapat total kendaraan dalam satuan smp/ jam sebagai berikut :
 - Utara (Jl. Marendal) : 573 smp/jam
 - Selatan (Jl. Bajak/Arah Sp. Limun) : 886 smp/ jam
 - Timur Jl. A.H Nasution (Arah Jl. Johor) : 2060 smp/ jam
 - Barat Jl. A.H Nasution (Arah Jl. SM.Raja) : 1488 smp/ jam
3. Dari hasil perhitungan menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997) diperoleh data sebagai berikut :
 - Utara (Jl. Marendal)
Sinyal merah : 68 detik, sinyal kuning : 3 detik, sinyal hijau = 27 detik, waktu siklus = 98 detik dan panjang antrian = 140 meter
 - - Selatan (Jl. Bajak/Arah Sp. Limun)
Sinyal merah : 68 detik, sinyal kuning : 3 detik, sinyal hijau = 27 detik, waktu siklus = 98 detik dan panjang antrian = 160 meter.
 - Timur Jl. A.H Nasution (Arah Jl. Johor)
Sinyal merah : 68 detik, sinyal kuning : 3 detik, sinyal hijau = 27 detik, waktu siklus = 98 detik dan panjang antrian = 160 meter.
 - Barat Jl. A.H Nasution (Arah Jl. SM.Raja)
Sinyal merah : 68 detik, sinyal kuning : 3 detik, sinyal hijau = 27 detik, waktu siklus = 98 detik dan panjang antrian = 146 meter.

4. Menurut Webster hasil waktu siklus :

- Waktu siklus minimum (cm)

$$\begin{aligned} \text{CmU} &= L / (1 - y) \text{ detik} \\ &= 12 / (1 - 0,164) = 14,354 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CmS} &= L / (1 - y) \text{ detik} \\ &= 12 / (1 - 0,205) = 15,094 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CmT} &= L / (1 - y) \text{ detik} \\ &= 12 / (1 - 0,220) = 15,384 \end{aligned}$$

- Waktu siklus optimum (Co), yaitu waktu siklus yang memberikan tundaan bagi kendaraan yang menggunakan simpang

$$\begin{aligned} \text{Co} &= \frac{(1,5L+5)}{(1-Y)} \text{ detik} \\ &= \frac{(1,5 \times 8 + 5)}{(1-0,804)} = 86,734 \text{ detik} \end{aligned}$$

Menurut Webster : bahwa panjang siklus paling maksimum = 120 detik karena Co hitung > Co teoritis maka Co terpakai = 120 detik.

- Waktu siklus praktis, merupakan waktu siklus berdasar kapasitas praktis ini dihitung berdasar 90% dari maksimum arus yang dapat terjadi untuk memberikan tundaan yang dapat diterima.

$$\begin{aligned} \text{Cprakt} &= \frac{(0,9 \times L)}{(0,9 \times Y)} \text{ detik} \\ &= \frac{(0,9 \times 8)}{(0,9 \times 0,804)} = 75 \text{ detik} \end{aligned}$$

5.2. Saran

Pengamatan dilakukan pada lokasi penelitian adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan perubahan waktu siklus dan waktu sinyal pada lampu lalu lintas yang terdapat pada Jl. Marendal – Jl. Bajak (Arah Sp. Limun) – Jl. A.H Nasution (Arah Jl. Johor) – Jl. A.H Nasution (Arah SM. Raja);
2. Perlu ditertibkan lingkungan sekitar jalan seperti mobil penumpang yang menaikkan atau menurunkan penumpang secara sembarang, para becak dayung dan para pejalan kaki yang menyeberang jalan;
3. Dari kemungkinan yang didapatkan dari Fase yang digunakan seharusnya dibutuhkan perubahan fase, yang seharusnya menggunakan 4 fase dari

masing-masing arah untuk mengurangi panjang antrian yang mengakibatkan kemacetan.

4. Untuk menambah tingkat pelayanan pada persimpangan tersebut maka perlu dipasang rambu-rambu yang berfungsi sebagai tambahan alat pengatur selain lampu lalu lintas, misalnya rambu dilarang berhenti disepanjang lengan persimpangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, A.A. (2005) *Rekayasa Lalu Lintas*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Oglesby, C. Dkk. (1988) *Teknik Jalan Raya (Edisi keempat)*, Jakarta: Erlangga.
- Depertemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997) *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta: Dirjen Bina Marga.
- Direktorat Jendral Perhubungan Darat. (1999) *Pedoman Perencanaan dan Pengoperasian Lalu Lintas di Wilayah Perkotaan*. Jakarta: Dirjen Bina Marga.
- Hobbs, F. (1995) *Perencanaan dan Teknik Lalu lintas*. Jogjakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sitanggang, JF, Dkk. (2007) *Rencana Pengadaan Sistem Traffic Light pada Persimpangan*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Kwintaryana WP. (2000) *Koordinasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas*. Bandung: Tesis Bidang khusus Rekayasa Transportasi Program Studi Rekayasa Sipil Program Pasca Sarjana Institut Teknologi.
- Nugroho, DA. (2008) *Analisis Penerapan Belok Kiri Langsung Terhadap Tundaaan Lalu Lintas Pada Pendekat Persimpangan Bersinyal*. Semaarang: Universitas Diponegoro.
- Purnawan. (2008) *Rekayasa Lalu Lintas*. Padang: Transportasi Jurusan Teknik Sipil, Universitas andalas.
- Sukirman, S. (1999) *Dasar - Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Bandung: Nova.
- Shirley, LH. (2000) *Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung Jurusan Teknik Sipil.
- Soedidjo, TL. (2002) *Rekayasa Lalu Lintas*; Bandung.
- Warpani, S. (2002) *Pengelolaan Lalu lintas dan Angkutan Jalan*. Bandung: ITB.





Tabel L1: Jumlah Kendaraan arah Utara Pada Pukul 06.00 s.d 09.00 (Belok Kiri)

	Kendaraan Berat	Kendaraan ringan	Sepeda Motor
06.00-06.15	0	4	2
06.15-06.30	0	3	4
06.30-06.45	1	5	3
06.45-07.00	0	3	4
07.00-07.15	0	6	6
07.15-07.30	1	3	8
07.30-07.45	4	5	6
07.45-08.00	1	4	6
08.00-08.15	2	6	5
08.15-08.30	1	5	7
08.30-08.45	1	6	10
08.45-09.00	3	5	5

Tabel L2: Jumlah Kendaraan arah Utara Pada Pukul 12.00 s.d 14.00 (Belok Kiri)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
12.00-12.15	1	11	10
12.15-12.30	0	8	6
12.30-12.45	2	10	4
12.45-13.00	2	9	6
13.00-13.15	0	7	9
13.15-13.30	2	5	8
13.30-13.45	0	6	8
13.45-14.00	1	5	6

Tabel L3: Jumlah Kendaraan arah Utara Pada Pukul 17.00 s.d 18.30 (Belok Kiri)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
17.00-17.15	1	12	12
17.15-17.30	3	9	12
17.30-17.45	2	9	14
17.45-18.00	3	15	17
18.00-18.15	3	10	15
18.15-18.30	2	8	12

Tabel L4: Jumlah Kendaraan arah Utara Pada Pukul 06.00 s.d 09.00 (Lurus)

	Kendaraan Berat	Kendaraan ringan	Sepeda Motor
06.00-06.15	0	3	20
06.15-06.30	0	5	23
06.30-06.45	0	4	27
06.45-07.00	0	4	25
07.00-07.15	0	5	33
07.15-07.30	2	8	49
07.30-07.45	3	10	52
07.45-08.00	1	15	64
08.00-08.15	0	19	55
08.15-08.30	0	18	42
08.30-08.45	0	15	59
08.45-09.00	0	15	61

Tabel L5: Jumlah Kendaraan arah Utara Pada Pukul 12.00 s.d 14.00 (Lurus)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
12.00-12.15	0	12	55
12.15-12.30	1	14	48
12.30-12.45	0	15	44
12.45-13.00	1	19	42
13.00-13.15	1	21	51
13.15-13.30	2	18	43
13.30-13.45	0	20	50
13.45-14.00	1	18	46

Tabel L6: Jumlah Kendaraan arah Utara Pada Pukul 17.00 s.d 18.30 (Lurus)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
17.00-17.15	0	23	72
17.15-17.30	0	20	75
17.30-17.45	1	22	81
17.45-18.00	0	25	88
18.00-18.15	1	28	95
18.15-18.30	0	33	102

Tabel L7: Jumlah Kendaraan arah Utara Pada Pukul 06.00 s.d 09.00 (Belok Kanan)

	Kendaraan Berat	Kendaraan ringan	Sepeda Motor
06.00-06.15	0	7	18
06.15-06.30	0	12	23
06.30-06.45	1	15	27
06.45-07.00	0	14	33
07.00-07.15	2	18	49
07.15-07.30	5	17	62
07.30-07.45	1	20	69
07.45-08.00	1	22	79
08.00-08.15	2	38	104
08.15-08.30	4	32	101
08.30-08.45	1	29	92
08.45-09.00	2	38	78

Tabel L8: Jumlah Kendaraan arah Utara Pada Pukul 12.00 s.d 14.00 (Belok Kanan)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
12.00-12.15	2	30	54
12.15-12.30	8	32	48
12.30-12.45	3	24	45
12.45-13.00	5	19	56
13.00-13.15	2	21	58
13.15-13.30	2	18	43
13.30-13.45	1	20	51
13.45-14.00	2	15	39

Tabel L9: Jumlah Kendaraan arah Utara Pada Pukul 17.00 s.d 18.30 (Belok Kanan)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
17.00-17.15	3	29	99
17.15-17.30	3	22	95
17.30-17.45	1	27	97
17.45-18.00	4	38	119
18.00-18.15	2	45	127
18.15-18.30	1	56	114

Tabel L10: Jumlah Kendaraan arah Selatan Pada Pukul 06.00 s.d 09.00 (Belok Kiri)

	Kendaraan Berat	Kendaraan ringan	Sepeda Motor
06.00-06.15	0	9	10
06.15-06.30	0	8	8
06.30-06.45	0	11	9
06.45-07.00	0	10	13
07.00-07.15	0	12	10
07.15-07.30	0	15	12
07.30-07.45	1	16	15
07.45-08.00	0	20	19
08.00-08.15	0	22	13
08.15-08.30	0	25	10
08.30-08.45	1	21	14
08.45-09.00	0	19	18

Tabel L11: Jumlah Kendaraan arah Selatan Pada Pukul 12.00 s.d 14.00 (Belok Kiri)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
12.00-12.15	0	11	11
12.15-12.30	1	10	11
12.30-12.45	0	9	12
12.45-13.00	2	10	10
13.00-13.15	4	12	14
13.15-13.30	1	8	9
13.30-13.45	0	11	12
13.45-14.00	2	13	10

Tabel L12: Jumlah Kendaraan arah Selatan Pada Pukul 17.00 s.d 18.30 (Belok Kiri)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
17.00-17.15	0	21	11
17.15-17.30	0	18	9
17.30-17.45	1	28	12
17.45-18.00	0	31	17
18.00-18.15	0	31	20
18.15-18.30	1	35	22

Tabel L13: Jumlah Kendaraan arah Selatan Pada Pukul 06.00 s.d 09.00 (Lurus)

	Kendaraan Berat	Kendaraan ringan	Sepeda Motor
06.00-06.15	0	7	9
06.15-06.30	0	9	6
06.30-06.45	0	6	12
06.45-07.00	0	11	10
07.00-07.15	0	10	11
07.15-07.30	0	12	11
07.30-07.45	0	12	13
07.45-08.00	0	16	16
08.00-08.15	0	12	13
08.15-08.30	0	9	9
08.30-08.45	0	11	11
08.45-09.00	0	9	11

Tabel L14: Jumlah Kendaraan arah Selatan Pada Pukul 12.00 s.d 14.00 (Lurus)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
12.00-12.15	0	15	14
12.15-12.30	0	17	11
12.30-12.45	0	20	15
12.45-13.00	0	15	10
13.00-13.15	0	19	9
13.15-13.30	0	14	12
13.30-13.45	0	22	11
13.45-14.00	0	17	12

Tabel L15: Jumlah Kendaraan arah Selatan Pada Pukul 17.00 s.d 18.30 (Lurus)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
17.00-17.15	0	20	13
17.15-17.30	0	23	9
17.30-17.45	1	26	14
17.45-18.00	0	31	17
18.00-18.15	1	35	21
18.15-18.30	0	33	26

Tabel L16: Jumlah Kendaraan arah Selatan Pada Pukul 06.00 s.d 09.00 (Belok Kanan)

	Kendaraan Berat	Kendaraan ringan	Sepeda Motor
06.00-06.15	0	4	2
06.15-06.30	0	3	4
06.30-06.45	0	14	19
06.45-07.00	0	11	17
07.00-07.15	0	19	21
07.15-07.30	1	23	40
07.30-07.45	1	24	49
07.45-08.00	2	41	52
08.00-08.15	1	22	56
08.15-08.30	0	29	45
08.30-08.45	0	25	47
08.45-09.00	1	21	39

Tabel L17: Jumlah Kendaraan arah Selatan Pada Pukul 12.00 s.d 14.00 (Belok Kanan)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
12.00-12.15	2	39	52
12.15-12.30	1	31	47
12.30-12.45	1	25	42
12.45-13.00	0	29	28
13.00-13.15	0	24	31
13.15-13.30	1	26	25
13.30-13.45	0	28	22
13.45-14.00	0	30	21

Tabel L18: Jumlah Kendaraan arah Selatan Pada Pukul 17.00 s.d 18.30 (Belok Kanan)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
17.00-17.15	0	41	64
17.15-17.30	0	45	61
17.30-17.45	0	40	63
17.45-18.00	0	45	69
18.00-18.15	1	46	59
18.15-18.30	0	43	62

Tabel L19: Jumlah Kendaraan arah Timur Pada Pukul 06.00 s.d 09.00 (Belok Kiri)

	Kendaraan Berat	Kendaraan ringan	Sepeda Motor
06.00-06.15	0	25	22
06.15-06.30	0	27	25
06.30-06.45	0	30	20
06.45-07.00	0	29	28
07.00-07.15	0	38	32
07.15-07.30	1	50	45
07.30-07.45	1	63	59
07.45-08.00	0	70	65
08.00-08.15	1	65	60
08.15-08.30	0	69	51
08.30-08.45	0	70	57
08.45-09.00	0	55	72

Tabel L20: Jumlah Kendaraan arah Timur Pada Pukul 12.00 s.d 14.00 (Belok Kiri)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
12.00-12.15	2	56	61
12.15-12.30	0	50	52
12.30-12.45	0	41	50
12.45-13.00	1	55	55
13.00-13.15	0	49	52
13.15-13.30	0	51	49
13.30-13.45	0	46	43
13.45-14.00	0	42	30

Tabel L21: Jumlah Kendaraan arah Timur Pada Pukul 17.00 s.d 18.30 (Belok Kiri)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
17.00-17.15	1	60	59
17.15-17.30	0	63	68
17.30-17.45	1	65	71
17.45-18.00	0	78	78
18.00-18.15	1	89	75
18.15-18.30	0	85	70

Tabel L22: Jumlah Kendaraan arah Timur Pada Pukul 06.00 s.d 09.00 (Lurus)

	Kendaraan Berat	Kendaraan ringan	Sepeda Motor
06.00-06.15	9	97	79
06.15-06.30	8	89	81
06.30-06.45	10	109	90
06.45-07.00	12	122	88
07.00-07.15	10	139	93
07.15-07.30	15	168	113
07.30-07.45	19	196	135
07.45-08.00	22	225	152
08.00-08.15	30	261	180
08.15-08.30	27	259	155
08.30-08.45	18	244	150
08.45-09.00	12	198	145

Tabel L23: Jumlah Kendaraan arah Timur Pada Pukul 12.00 s.d 14.00 (Lurus)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
12.00-12.15	0	118	103
12.15-12.30	0	105	88
12.30-12.45	3	100	125
12.45-13.00	2	89	131
13.00-13.15	0	91	98
13.15-13.30	1	95	86
13.30-13.45	0	89	75
13.45-14.00	0	72	79

Tabel L24: Jumlah Kendaraan arah Timur Pada Pukul 17.00 s.d 18.30 (Lurus)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
17.00-17.15	22	269	226
17.15-17.30	19	287	217
17.30-17.45	25	255	220
17.45-18.00	24	288	210
18.00-18.15	27	252	198
18.15-18.30	21	248	211

Tabel L25: Jumlah Kendaraan arah Timur Pada Pukul 06.00 s.d 09.00 (Belok kanan)

	Kendaraan Berat	Kendaraan ringan	Sepeda Motor
06.00-06.15	0	4	7
06.15-06.30	0	7	9
06.30-06.45	0	5	6
06.45-07.00	0	6	10
07.00-07.15	0	10	12
07.15-07.30	0	4	10
07.30-07.45	0	7	13
07.45-08.00	0	6	14
08.00-08.15	0	4	12
08.15-08.30	0	2	11
08.30-08.45	0	5	10
08.45-09.00	0	3	9

Tabel L26: Jumlah Kendaraan arah Timur Pada Pukul 12.00 s.d 14.00 (Belok kanan)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
12.00-12.15	12	52	61
12.15-12.30	16	54	63
12.30-12.45	14	41	61
12.45-13.00	11	45	62
13.00-13.15	9	40	58
13.15-13.30	10	45	60
13.30-13.45	12	39	54
13.45-14.00	8	33	51

Tabel L27: Jumlah Kendaraan arah Timur Pada Pukul 17.00 s.d 18.30 (Belok kanan)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
17.00-17.15	0	5	12
17.15-17.30	0	5	12
17.30-17.45	0	8	15
17.45-18.00	0	9	18
18.00-18.15	0	6	12
18.15-18.30	0	7	15

Tabel L28: Jumlah Kendaraan arah Barat Pada Pukul 06.00 s.d 09.00 (Belok kiri)

	Kendaraan Berat	Kendaraan ringan	Sepeda Motor
06.00-06.15	1	12	2
06.15-06.30	0	16	4
06.30-06.45	2	15	3
06.45-07.00	0	13	4
07.00-07.15	2	18	47
07.15-07.30	3	19	49
07.30-07.45	5	23	58
07.45-08.00	8	27	63
08.00-08.15	4	21	38
08.15-08.30	3	19	31
08.30-08.45	6	24	22
08.45-09.00	9	29	21

Tabel L29: Jumlah Kendaraan arah Barat Pada Pukul 12.00 s.d 14.00 (Belok kiri)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
12.00-12.15	3	17	27
12.15-12.30	6	16	23
12.30-12.45	6	15	18
12.45-13.00	4	16	15
13.00-13.15	5	18	17
13.15-13.30	6	15	14
13.30-13.45	4	12	13
13.45-14.00	4	11	11

Tabel L30: Jumlah Kendaraan arah Barat Pada Pukul 17.00 s.d 18.30 (Belok kiri)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
17.00-17.15	9	27	32
17.15-17.30	7	22	35
17.30-17.45	4	24	40
17.45-18.00	6	31	49
18.00-18.15	5	28	46
18.15-18.30	7	30	50

Tabel L31: Jumlah Kendaraan arah Barat Pada Pukul 06.00 s.d 09.00 (Lurus)

	Kendaraan Berat	Kendaraan ringan	Sepeda Motor
06.00-06.15	14	125	53
06.15-06.30	12	135	58
06.30-06.45	18	129	62
06.45-07.00	17	130	65
07.00-07.15	16	133	60
07.15-07.30	20	151	72
07.30-07.45	12	160	79
07.45-08.00	18	165	89
08.00-08.15	19	180	72
08.15-08.30	20	178	73
08.30-08.45	20	166	62
08.45-09.00	22	161	65

Tabel L32: Jumlah Kendaraan arah Barat Pada Pukul 12.00 s.d 14.00 (Lurus)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
12.00-12.15	20	136	41
12.15-12.30	18	123	40
12.30-12.45	16	100	31
12.45-13.00	17	98	25
13.00-13.15	16	105	29
13.15-13.30	14	96	25
13.30-13.45	13	101	22
13.45-14.00	15	95	21

Tabel L33: Jumlah Kendaraan arah Barat Pada Pukul 17.00 s.d 18.30 (Lurus)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
17.00-17.15	18	200	51
17.15-17.30	27	185	45
17.30-17.45	30	173	20
17.45-18.00	32	206	62
18.00-18.15	32	209	58
18.15-18.30	29	207	61

Tabel L34: Jumlah Kendaraan arah Barat Pada Pukul 06.00 s.d 09.00 (Belok Kanan)

	Kendaraan Berat	Kendaraan ringan	Sepeda Motor
06.00-06.15	0	14	9
06.15-06.30	0	12	10
06.30-06.45	1	13	12
06.45-07.00	0	15	11
07.00-07.15	0	15	11
07.15-07.30	1	23	16
07.30-07.45	0	24	18
07.45-08.00	1	29	22
08.00-08.15	0	26	19
08.15-08.30	1	25	17
08.30-08.45	0	24	15
08.45-09.00	1	20	12

Tabel L35: Jumlah Kendaraan arah Barat Pada Pukul 12.00 s.d 14.00 (Belok Kanan)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
12.00-12.15	1	13	14
12.15-12.30	2	12	13
12.30-12.45	0	14	11
12.45-13.00	0	11	9
13.00-13.15	1	9	10
13.15-13.30	0	10	8
13.30-13.45	0	11	9
13.45-14.00	0	9	9

Tabel L36: Jumlah Kendaraan arah Barat Pada Pukul 17.00 s.d 18.30 (Belok Kanan)

	Kendaraan Berat	Kendaraan Ringan	Sepeda Motor
17.00-17.15	0	19	15
17.15-17.30	0	22	17
17.30-17.45	1	28	18
17.45-18.00	0	30	22
18.00-18.15	0	32	25
18.15-18.30	0	30	21